



Universitat de Lleida

Caracterización del zumo de limón español (Citrus limon (L.) Burm.) y valorización de subproductos industriales

José Lorente Fernández

<http://hdl.handle.net/10803/664901>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



TESIS DOCTORAL

**“ Caracterización del zumo de Limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.)
y valorización de subproductos industriales”**

José Lorente Fernández

Lleida, 12 de Octubre de 2015



Universitat de Lleida
Departament Tecnologia d'Aliments
Av. Alcalde Rovira Roure, 191
25198 Lleida
Tel.: (+34 973 702521 / 973 702500
Fax :(+34 973 702596
dta@tecal.udl.es



El Dr. Albert Ibarz Ribas, Catedrático de Universidad del Área de Tecnología de Alimentos del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Lleida y la Dra. Nuria Martí Bruñá, Profesor Contratado Doctor del Área de Tecnología de Alimentos del Departamento de Tecnología de Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández

Hacen constar:

Que la Tesis Doctoral titulada “**Caracterización del zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.) y valorización de subproductos industriales**”, de la que es autor José Lorente, ha sido realizada bajo su dirección, su contenido se corresponde con el proyecto de tesis aprobada en su momento y cumple las condiciones requeridas para optar al grado de Doctor por la Universidad de Lleida. Por todo ello,

Autorizan:

A que esta memoria se presente para su defensa oral.

Lleida y Orihuela, 8 de octubre de 2015

Fdo: Albert Ibarz Ribas

Fdo: Nuria Martí Bruñá

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de esta Tesis ha llegado a término por la ayuda, insistencia, aportación de ideas y empuje de la Dra. Nuria Martí, directora de esta Tesis a la que quiero sinceramente agradecer el resultado final y su ayuda. Sin el apoyo insistente e inteligente del Dr. Albert Ibarz, co-director de esta Tesis, difícilmente hubiese tenido la facilidad para acabar el trabajo.

Quiero además agradecer especialmente al Dr. Domingo Saura por su ayuda, estímulo y apoyo incondicional.

También agradezco a los miembros de la Planta Piloto de Zumos de la UMH, especialmente a Ángel Galindo y Miguel Ángel Sánchez por su apoyo y ayuda en la finalización de este trabajo.

A mis compañeros de JBT FoodTech, gracias por todo el apoyo y la información recibida, Monzelli, Maria, Patricia, Juan Toledo, gracias.

No hay nada más revolucionario que un trabajo bien hecho porque cambia la mirada de quien lo observa, decía mi abuelo, con la mirada estética de un barbero y ética de alguien que luchó por un país mejor. Mi familia tiene este lema como bandera y yo agradezco a todos ellos esta lección y dedico este trabajo, tanto a los que viven como a los que ya no. Enseñaremos a los nuevos esta referencia.

A todos: Os debo una

Resumen de la Tesis

Este trabajo, inicialmente concebido para la caracterización del Zumo de Limón español, fue posteriormente ampliado y acabó en la estructuración de la presente tesis que comprende dos partes:

I. Caracterización del Zumo de Limón español:

- Análisis de los parámetros recogidos en la Guía de Referencia del Zumo de Limón de AIJN.
- Influencia del cambio climático en los parámetros de calidad de zumo de limón español
- Medida del color e influencia de las características del Zumo en este.

Se ha comprobado que todos los valores analíticos del Zumo de Limón español, no están en concordancia con los definidos en la Guía de Referencia de AIJN y que esto supone un problema importantísimo para la comercialización del Zumo español. Estos valores de caracterización servirán además para hacer una propuesta de cambio de los parámetros recogidos en la Guía de Referencia de AIJN para adaptarla a las características de nuestro zumo.

Los valores obtenidos en la caracterización del zumo de Limón español, pueden ser interpretados parcialmente por razones climáticas, especialmente las que se vienen repitiendo en los últimos 20 años como periodos largos de sequía extrema y el fenómeno de noches tropicales en verano, desconocido hasta hace unos años y usual en los últimos años.

La medida del color del zumo de Limón español, nos llevó también a relacionar esta medida con determinadas características del zumo como el contenido en Pulpa, sólidos solubles, acidez y grado de concentración. De esta forma se observó que en función de estos parámetros, el color varía claramente.

Por ello todos los parámetros analizados en el zumo de Limón español contribuyen a definir este y explicar sus peculiaridades, además de proponer recogerlas en la Guía de Referencia de AIJN y se convierten en una información imprescindible para la industria de procesado.

II. Aprovechamiento de Subproductos procedentes del procesado industrial de Cítricos y fundamentalmente del Limón

En esta segunda parte se ha realizado el análisis de los productos susceptibles de ser recuperados en el procesado industrial del limón:

- **Fibra alimentaria.** Los datos analizados de la fibra recuperada procedente de subproductos o desechos de la industria cítrica, nos define nutricionalmente esta dándonos datos de la capacidad de retención de agua y aceites o grasas. Este estudio además ha trabajado en parámetros de la fibra que definan su uso industrial y sus beneficios en la posible aplicación de estas en diferentes productos industriales. Los resultados han sido claros y muy positivos tanto para la industria de producción como para aquella de posible aplicación de estas fibras.
- **Recuperación de Aceites Esenciales.** La recuperación de aceites en frutas cítricas es un proceso en marcha desde hace muchos años con procedimientos tecnológicos no renovados e ineficiente. Con el presente estudio de ensayo de una nueva tecnología de recuperación de estos aceites, en un proceso previo a la extracción del zumo, se puede demostrar que es posible aumentar la eficiencia de recuperación y mejorar la calidad de estos aceites extraídos. La aplicación de esta nueva tecnología es una herramienta muy valiosa para la industria de procesado de cítricos.

Ambas recuperaciones suponen mejorar la eficiencia de las plantas de procesado, aumentar la diversidad de los productos procesados y mejorar la sostenibilidad de estas plantas, disminuyendo el impacto ambiental por la reducción de residuos y el consumo energético.

Relacionados con la presente tesis doctoral se relacionan los siguientes trabajos:

- **Lorente, J.**, Vegara, S., Martí, N., Ibarz, A., Coll, L., Hernández, J., Valero, M. y Saura, D., 2014. Chemical guide parameters for Spanish lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) juices. *Food Chemistry*, **162**, pp. 186-191.
- Martí, N., Saura, D., Fuentes', E., Lizama, V., García, E., Mico-Ballester, M.J. y **Lorente, J.**, 2011. Fiber from tangerine juice industry. *Industrial Crops and Products*, **33**(1), pp. 94-98.
- Pérez-López, A.J., Saura, D., **Lorente, J.** y Carbonell-Barrachina, A.A., 2006. Limonene, linalool, α -terpineol, and terpinen-4-ol as quality control parameters in mandarin juice processing. *European Food Research and Technology*, **222**(3-4), pp. 281-285.
- Valero, M., Micol, V., Saura, D., Muñoz, N., **Lorente, J.** y Martí, N., 2010. Comparison of antimicrobial treatments for citrus juices. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, **5**, pp. 1-12.
- Martí, N., **Lorente, J.**, Valero, M., Ibarz, A. y Saura, D. 2014. Chapter 4. Recovery and Use of By-Products from Fruit Juice Production en *Juice Processing: Quality, Safety and Value-Added Opportunities*, Editores V. Falguera y A. Ibarz. CRC Press. Páginas 41 – 74. ISBN 9781466577336.
- Martí, N., **Lorente, J.**, Valero, M., Ibarz, A. y Saura, D. 2014. Chapter 9. Advances in Fruit Juice Conventional Thermal Processing. *Juice Processing: Quality, Safety and Value-Added Opportunities*, Editores V. Falguera y A. Ibarz. CRC Press. Páginas 171 – 196. ISBN 9781466577336.

ÍNDICES



ÍNDICES I

OBJETO	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Los Cítricos en el Mundo	1
1.2. El limón cítrico mediterráneo	4
1.2.1. Producción de Limón en el área Mediterránea	4
1.2.2. Producción en España	6
1.2.3. Principales Variedades de Limón en España	7
1.2.3.1. Limón Fino	9
1.2.3.2. Limón Verna	10
1.2.3.3. Otras Variedades	11
1.3. El limón industrializado	13
1.3.1. Datos sobre limón industrializado	14
1.3.2. Tecnologías de procesado del Limón	15
1.3.2.1. Sistema de procesado JBT “in Line”	16
1.3.2.2. Sistema de procesado Brown	22
1.3.2.3. Etapas en el proceso industrial de zumo	24
1.3.3. Derivados del Limón industrializado	28
1.3.3.1. Zumo de Limón	31
1.3.3.2. Aceite esencial	32
1.3.3.3. Pulpa	36
1.3.3.4. Derivados de la Corteza	37
1.4. Legislación y criterios de calidad del zumo	39
1.4.1. Legislación	39
1.4.2. Criterios de Calidad del Zumo	55
1.5. Cambio Climático	55
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	65
2.1. Materiales y metodología específica del Capítulo III. Caracterización del zumo de limón español (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.)	65
2.1.1. Producción de Zumo de limón	65
2.2. Materiales y metodología específica del Capítulo IV. Estudio sobre los efectos del cambio climático en los parámetros de calidad de zumo de limón español (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm)	65

ÍNDICES II

2.2.1. Procedimiento de extracción para la producción de Zumo de limón	66
2.3. Materiales y metodología específica del BLOQUE 1.	67
2.3.1. Contenido en sólidos solubles	67
2.3.2. Acidez	68
2.3.3. Índice de formol	68
2.3.4. Azúcares y ácidos orgánicos	68
2.3.5. Hidroximetilfurfural	69
2.3.6. Determinación de aminoácidos	70
2.3.7. Determinación de minerales	70
2.3.8. Determinación de etanol	70
2.3.9. Flavonoides	70
2.3.10. Pectina soluble	71
2.3.11. Tratamiento estadístico de datos	73
2.4. Materiales y metodología específica del Capítulo V. Factores que influyen en los parámetros de color del zumo de limón español (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.)	74
2.4.1. Extracción del zumo	74
2.4.2. Determinación con el colorímetro triestímulo	74
2.4.3. Análisis Estadístico	77
BLOQUE 2. APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS	77
2.5. Materiales y metodología específica del Capítulo VI Producción de fibra dietética de alta calidad procedente de subproductos naranja y limón	
2.5.1. Procesado de los cítricos para la extracción del zumo y subproductos	77
2.5.1.1. Descripción del proceso de extracción de zumo y obtención de subproductos	78
2.5.1.2. Descripción del sistema utilizado para obtener fibra dietética	78
2.5.2. Determinación del rendimiento	80

ÍNDICES III

2.5.3. Determinación de la capacidad de retención de agua (WHC)	81
2.5.4. Determinación de la capacidad de retención de aceite (OHC)	81
2.5.5. Determinación del pH	82
2.5.6. Determinación de parámetros triestímulo de color	82
2.5.7. Viscosidad	83
2.5.8. Evaluación de la estructura de fibra dietética	83
2.5.9. Estudio estadístico	84
2.5.10. Análisis de correspondencia múltiple mediante SPSS	84
2.6. Materiales y metodología específica del Capítulo VII Recuperación de aceite esencial de cítricos	86
2.6.1. Descripción del Prototipo MORE empleado en la recuperación de aceite esencial de cítricos	86
2.6.2. Determinación cuantitativa del aceite esencial	88
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO DE LIMÓN ESPAÑOL (<i>CITRUS LIMON</i> (L.) BURM.)	92
3.1. Introducción	93
3.2. Resultados y discusión	93
3.2.1. Contenido en sólidos solubles	93
3.2.2. Determinación de acidez	95
3.2.3. Acidez valorable	95
3.2.4. Acidez volátil	97
3.2.5. Determinación de ácidos orgánicos	98
3.2.6. Determinación de azúcares	105
3.2.7. Determinación de minerales	109
3.2.8. Determinación de fosfatos y sulfatos	115
3.2.9. Determinación de cenizas	118
3.2.10. Determinación de pectina soluble	119
3.2.11. Determinación de Hesperidina	122
3.2.12. Determinación de Hidroximetilfurfural (HMF)	124

3.2.13. Determinación de Índice de formol	125
3.2.14. Aminoácidos	126
3.2.15. Análisis estadístico	146
3.3. Conclusiones	164
CAPÍTULO IV. INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ZUMO DE LIMÓN ESPAÑOL (<i>CITRUS LIMON (L.) BURM</i>)	167
4.1. Introducción	167
4.2. Resultados y discusión	167
4.2.1 .Contenido en sólidos solubles	167
4.2.2. Acidez	170
4.2.3. Ácidos orgánicos	174
4.2.4. Azúcares	182
4.2.5. Minerales	187
4.2.6. Pectina soluble	203
4.2.7. Flavonoides	204
4.2.8. Hidroximetilfurfural (HMF)	205
4.2.9. Determinación de Índice de formol	206
4.3. Conclusiones	208
CAPÍTULO V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS PARÁMETROS DE COLOR DEL ZUMO DE LIMÓN ESPAÑOL (<i>CITRUS LIMON (L.) BURM.</i>)	210
5.1. Introducción	210
5.2. Resultados y discusión	212
5.2.1. Influencia del porcentaje de pulpa en el color triestímulo del zumo de limón.	212
5.2.2. Influencia de los °Brix en el color triestímulo del zumo de limón.	215
5.2.3. Influencia de la acidez en el color triestímulo del zumo de limón.	219
5.2.4. Influencia del concentrador en el color triestímulo del zumo de limón.	222
5.2.5. Diferenciación de zumos, procedentes de diferentes variedades de limón, según los parámetros triestímulo del color y según el sistema de medida utilizado.	226

5.3. Conclusiones	230
BLOQUE 2. SUBPRODUCTOS EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL LIMÓN	
CAPÍTULO VI. PRODUCCIÓN DE FIBRA DIETÉTICA DE ALTA CALIDAD PROCEDENTE DE SUBPRODUCTOS DE NARANJA Y LIMÓN	233
6.1. Introducción	233
6.2. Resultados y Discusión	236
6.2.1. Determinación del rendimiento de fibra dietética	236
6.2.2. Capacidad de retención de agua	237
6.2.3. Capacidad de retención de aceites	240
6.2.4. Determinación de pH	243
6.2.5. Parámetros triestímulo de color	245
6.2.6. Medidas de viscosidad al 5% de fibra dietética	247
6.2.7. Evolución de la estructura de la fibra de cítricos	249
6.3. Análisis estadístico	255
6.4. Conclusiones	265
CAPÍTULO VII. RECUPERACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN	267
7.1. Introducción	267
7.2. Resultados y Discusión	269
7.2.1. Variables del proceso: funcionamiento del equipo	269
7.2.2. Ensayo de extracción de aceite esencial de limón con M.O.R.E.	270
7.3. Conclusiones	283
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES	285
CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA	287
CAPÍTULO X. ANEXOS	301

ÍNDICE DE FIGURAS	
Capítulo I	
Figura 1.1. Datos producción y consumo de naranja en el mundo. FAOSTAT-Agriculture (2015)	1
Figura 1.2. Datos de producción y consumo de limón en el mundo. FAOSTAT-Agriculture (2015)	3
Figura 1.3. Datos producción y consumo mundial de mandarina . FAOSTAT-Agriculture (2015)	3
Figura 1.4. Producción de limón por países. USDA, Freshel (CLAM)	5
Figura 1.5. Producción de limón en los países del mediterráneo. USDA, Freshel (CLAM)	6
Figura 1.6. Principales países procesadores de limón en el mundo. USDA, Freshel (CLAM)	6
Figura 1.7. Distribución porcentual de la producción del Limón en España (CLAM, 2014)	14
Figura 1.8. Componentes de extracción de JBT. Cortesía de JBT	17
Figura 1.9. Etapas del proceso de extracción cítrica con tecnología JBT in line	19
Figura 1.10. Etapas fundamentales del procesado de cítricos con el sistema JBT	20
Figura 1.11. Rendimientos tipo de extracción de Limón español. Cortesía de JBT	21
Figura 1.12. Fracciones obtenidas en el procesado de limón. JBT	22
Figura 1.13. Planta de procesado de Cítricos de Brown	24
Figura 1.14. Descripción del proceso de lavado de fruta en procesado de cítricos	26
Figura 1.15. Corte de un fruto cítrico. <i>Fuente: Girard y Mazza, 2000</i>	29
Figura 1.16. Esquema general de proceso simplificado de la extracción de Limón. JBT	30
Figura 1.17. Esquema general de una planta de Zumos Cítricos. JBT Corporation	31
Figura 1.18. Esquema recuperación de aceites esenciales en extractora de Cítricos, JBT	33
Figura 1.19. Esquema básico de recuperación de aceites esenciales de Cítricos	34
Figura 1.20. Esquema de separación de aceite esencial fuera de la extractora. Brown	35

Figura 1.21. Esquema de Recuperación de Pulpa Cítrica. Cortesía de JBT Corporation	36
Figura 1.22. Diagrama del sistema Tierra. IGBP, 1994	57
Figura 1.13. Ilustración esquemática de los escenarios IE-EE. Grupo III de trabajo del IPCC, 2000	58
Figura 1.24. Emisiones de dióxido de carbono mundiales en gigatoneladas de carbón (GtC/año). Escenarios. Fuente Grupo III IPCC, 2000	61
Figura 1.25. Cambios en la precipitación, temperatura máxima, intensidad de lluvia y días de lluvia en la Comunidad Valenciana. AEMET 2014	63
Figura 1.26. Datos meteorológicos de 2014 en España	64
Capítulo III	
Figura 3.1. Sólidos solubles totales (º Brix) en zumo de limón directo	94
Figura 3.2. Acidez valorable en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	96
Figura 3.3. Acidez volátil en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	97
Figura 3.4. Ácido Ascórbico en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	100
Figura 3.5. Ácido Cítrico en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.5)	101
Figura 3.6. Ácido D - Isocítrico en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.6)	102
Figura 3.7: Ratio A. Cítrico / A. Isocítrico.	103
Figura 3.8. Ácido L- Málico en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	104
Figura 3.9. Glucosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	106
Figura 3.10. Fructosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	107
Figura 3.11. Sacarosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	108
Figura 3.12. Calcio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	110
Figura 3.13. Magnesio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	111
Figura 3.14. Potasio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	113
Figura 3.15. Sodio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	114
Figura 3.16. Valores de P (Anexo 3.16)	116
Figura 3.17. Sulfatos en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	117
Figura 3.18. Cenizas en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	119
Figura 3.19. Pectina soluble en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	121

ÍNDICES VIII

Figura 3.20. Hesperidina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	123
Figura 3.21. Hidroximetilfurfural en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	124
Figura 3.22. Índice de formol en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	126
Figura 3.23. Ácido Aspártico en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	127
Figura 3.24. Alanina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	128
Figura 3.25. Arginina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	130
Figura 3.26. Asparragina en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	131
Figura 3.27. Fenilalanina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	132
Figura 3.28. Glicina en zumo de limón fresco (A) e industrial (B)	133
Figura 3.29. Ácido Glutámico en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	134
Figura 3.30. Glutamina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	135
Figura 3.31. Histidina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	136
Figura 3.32. Isoleucina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	137
Figura 3.33. Leucina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	138
Figura 3.34. Lisina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	139
Figura 3.35. Metionina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	140
Figura 3.36. Prolina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	141
Figura 3.37. Serina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	142
Figura 3.38. Tirosina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	143
Figura 3.39. Treonina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B)	144
Figura 3.40. Valina en zumo de limón directo (A) e industrial (B)	145
Figura 3.41. Representación de la variabilidad de las dos componentes PC1 y PC2	148
Capítulo IV	
Figura 4.1. Sólidos solubles totales (°Brix) en zumo de limón directo de las diferentes campañas	167
Figura 4.2. Contenido en sólidos solubles, precipitaciones y temperaturas máximas, Junio 2014	169
Figura 4.3. Acidez (g/l) del zumo de Limón de las campañas.	171
Figura 4.4. Relación Acidez-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	172

ÍNDICES IX

Figura 4.5. Acidez volátil (g/l ácido acético) en zumo de limón directo durante las diferentes campañas.	173
Figura 4.6. Ácido ascórbico (mg/l) en zumo de limón directo durante las diferentes campañas.	175
Figura 4.7. Ácido cítrico (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas	176
Figura 4.8. Relación Ácido cítrico-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	178
Figura 4.9. Ácido Isocítrico (g/l) en zumo de limón español directo de las diferentes campañas	178
Figura 4.10. Ácido málico (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas	180
Figura 4.11. Relación A. L- Málico - Climatología. Zumo Limón español directo 2014.	181
Figura 4.12 Glucosa (g/l) en zumo de limón directo de diferentes campañas.	182
Figura 4.13. Relación Glucosa-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	183
Figura 4.14. Fructosa (g/l) Zumo de limón directo de las diferentes campañas	183
Figura 4.15. Relación Fructosa-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	184
Figura 4.16. Sacarosa (g/l) en zumo de limón directo, campañas estudiadas	185
Figura 4.17. Relación Sacarosa-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	186
Figura 4.28. Bulbo húmedo de suelos franco-arcillosos y distribución de minerales (Salas <i>et al</i> , 2008)	187
Figura 4.19. Calcio (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas.	189
Figura 4.20. Relación Calcio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	190
Figura 4.21. Magnesio (mg/l) Zumo de limón directo de diferentes campañas	191
Figura 4.22. Relación Magnesio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	192

Figura 4.23. Potasio (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas	193
Figura 4.24. Relación Potasio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	194
Figura 4.25. Sodio (mg/l) en zumo de limón directo de las campañas estudiadas.	195
Figura 4.26. Situación bulbo húmedo antes (Izquierda) y justo después de una lluvia (Derecha) (Jasso-Chaverría et al, 2001)	196
Figura 4.27. Relación Sodio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	197
Figura 4.28. P total (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas	198
Figura 4.29. Relación entre Fósforo-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO	199
Figura 4.30. Sulfatos (mg/l) Zumo de limón directo de las diferentes campañas.	200
Figura 4.31. Cenizas (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas.	201
Figura 4.32. Relación Cenizas – Climatología, Junio 2014. Finca EPSO.	203
Figura 4.33. Pectinas solubles (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas.	203
Figura 4.34. Hesperidina (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas.	204
Figura 4.35. HMF (mg/l) en zumo de limón directo durante la campaña 2002/03.	206
Figura 4.36. Índice de formol en zumo de limón directo de las diferentes campañas.	207
Capítulo V	
Figura 5.1. Luminosidad en zumo de Limón, según % de pulpa (Hunter)	213
Figura 5.2. Valores del parámetro a de color en Zumo de Limón español, con distintos % de pulpa.	213
Figura 5.3. Valores de b dependiendo del porcentaje de pulpa del zumo según Hunter.	214
Figura 5.4. Valores del ángulo hue según el porcentaje de pulpa, en Zumo de Limón.	214
Figura 5.5. Valores del C para un zumo de Limón con distinto % de pulpa, Hunter	215
Figura 5.6. Luminosidad en el color de un zumo de Limón, dependiendo del °Brix	216

.	
Figura 5.7. Valores del parámetro a del color, en un zumo de limón español con distintos °Brix.	216
Figura 5.8. Valores de la componente b del color, en un zumo de Limón según los °Brix.	217
Figura 5.9. Parámetro del color h0, de un Zumo de Limón según el °Bx.	218
Figura 5.10. Valores del cromatismo, C de un zumo de limón español de distintos °Brix	218
Figura 5.11. Valores del componente L del color, zumo de limón con distinta acidez (% ACA).	219
Figura 5.12. Valores del componente a del color, zumo de limón con distinta acidez (% ACA).	220
Figura 5.13. Valores de b, según Hunter, para un zumo de limón con diferente acidez.	221
Figura 5.14. Valores de hue (Hunter), para zumo de limón español de distinta acidez (%ACA).	221
Figura 5.15. Valores del C, según Hunter, para un zumo de limón con distinta acidez (% ACA)	222
Figura 5.16. Luminosidad del zumo de limón español según su grado de concentración. Hunter	223
Figura 5.17. Valores de a del zumo de limón español según su grado de concentración	223
Figura 5.18. Parámetro b de color del zumo de Limón español según su concentración	224
Figura 5.19. Variación del parámetro h en zumo de limón, efecto de concentración	225
Figura 5.20. Variación del parámetro de color C* del Zumo de Limón español, en función de la concentración	225
Figura 5.21. Luminosidad del zumo de limón español de las 2 variedades estudiados	226
Figura 5.22. Valores del parámetro de color a del zumo de Limón español de las 2 variedades	227

Figura 5.23. Valores del componente de color b de zumo de limón español de las 2 variedades	228
Figura 5.24. Valores del componente h del color en Zumos de Limón de las 2 variedades estudiadas	229
Figura 5.25. Valores del Croma del Zumo de Limón, según la variedad de fruta	230
Capítulo VI	
Figura 6.1. Proceso de extracción de Fibra procedente de fracciones del procesado de cítricos.	234
Figura 6.2. Valores de WHC en las muestras de fibra procedentes de <i>Core</i>	237
Figura 6.3.- WHC de la fibra extraída del Frit de cada una de las variedades.	238
Figura 6.4.- WHC de la fibra extraída de la Piel de cada una de las variedades.	239
Figura 6.5. OHC de la fibra extraída del Core de cada una de las variedades.	240
Figura 6.6. OHC de la fibra extraída del Frit de cada una de las variedades.	241
Figura 6.7. OHC de la fibra extraída de la Corteza de las variedades de Cítricos estudiadas	242
Figura 6.8. Valores de pH en fibras del Core según la variedad de fruta.	243
Figura 6.9. Valores de pH de fibras del Frit según la variedad de fruta.	244
Figura 6.10. Valores de pH de fibras del Piel según variedad de fruta.	244
Capítulo VII	
Figura 7.1. Evolución del % de aceite esencial en la emulsión durante extracción en prototipo M.O.R.E	278
Figura 7.2. Evolución del % de ácido cítrico en la emulsión durante extracción en prototipo More	278
Figura 7.3. Rendimientos en zumo y rechazo obtenidos en extractora JBT - in line antes y después del procesado en prototipo More	279

ÍNDICE DE TABLAS	
Capítulo I	
Tabla 1.1. Producción de limón por países y utilización. USDA, Freshel (FAO)	5
Tabla 1.2. Taxonomía del limón.	7
Tabla 1.3. Datos sobre las exportaciones y transformación del limón en España	14
Tabla 1.4.- Modo de aprovechamiento de diferentes subproductos cítricos	38
Tabla 1.5. Contenido final en grados Brix en zumos de fruta	42
Tabla 1.6. Parámetros A. Parámetros de definición y calidad. Guía del Zumo de Limón. CoP.	48
Tabla 1.7. Parámetros B. Criterios para la evaluación de la identidad y autenticidad del zumo de limón. Guía del Zumo de Limón. CoP	54
Tabla 1.8. Parámetros B. Aminoácidos (mg/L)	55
Tabla 1.9. Clasificación de la intensidad de lluvias. AEMET.	63
Capítulo II	
Tabla 2.1. Configuración extractora P. Piloto EPSO.	66
Tabla 2.2. Gradiente HPLC	71
Tabla 2.3. Preparación de muestra para análisis de pectina soluble (Método Carbazol)	73
Tabla 2.4 Fechas de almacenamiento de materia prima y fechas de procesado de las fibras.	78
Capítulo III	
Tabla 3.1. (%) de compuestos de zumo de naranja en sólidos solubles (°Brix) <i>*Roberts y Gaddum, 1937</i>	93
Tabla 3.2. Cantidad y % de Glucosa, Fructosa y Sacarosa en frutos Cítricos (Southmayd.,1970)	105
Tabla 3.3. Análisis de Componentes principales	149
Tabla 3.4. Matriz de componentes rotados	151
Tabla 3.5. Requerimientos mínimos para la modificación de las guías referencia (AIJN)	152
Tabla 3.6. Requerimientos de calidad en zumo de limón directo	153
Tabla 3.7. Requerimientos de calidad en zumo de limón industrial	154

Tabla 3.8. Parámetros de calidad para la evaluación de la autenticación y caracterización de parámetros de zumos de limón directo.	157
Tabla 3.9. Parámetros de calidad para la evaluación de la autenticación y caracterización de zumos de limón industrial.	158
Tabla 3.10. Índice de formol y contenido en aminoácidos en zumos de limón directo.	161
Tabla 3.11. Índice de formol y contenido en aminoácidos en zumos de limón industrial.	162
Capítulo IV	
Tabla 4.1. ° Brix zumo de limón del mes de Junio de 2014. EPSO	169
Tabla 4.2. ° Brix zumo de limón meses de Junio de las diferentes campañas	169
Tabla 4.3. Precipitaciones mes de Junio de 2014. Estación meteorológica Orihuela-Desamparados	170
Tabla 4.4 Temperaturas mes de Junio de 2014. Estación meteorológica Orihuela-Desamparados (Anexo 4.3)	170
Tabla 4.5. Acidez total en g/l de ácido cítrico anhidro en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	172
Tabla 4.6. Acidez Total (g de ácido cítrico/l) zumo de limón de los meses de Junio de las diferentes campañas.	173
Tabla 4.7. Ácido ascórbico (mg/l) zumo de limón de los meses de Junio de las diferentes campañas	176
Tabla 4.8. G/l de ácido cítrico en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO.(Anexos 4.2 y 4.3)	178
Tabla 4.9. Ácido cítrico (g/l) zumo de limón de los meses de Junio diferentes campañas.	178
Tabla 4.10. Ácido Isocítrico (g/l) zumo de limón español directo. Junio de las diferentes campañas estudiadas.	180
Tabla 4.11. Ratio cítrico/ isocítrico en zumo de limón, meses de Junio de las diferentes campañas.	180
Tabla 4.12. Ácido L-málico (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)	181

Tabla 4.13. Ácido L- Málico (g/l) zumo de Limón de Junio de las diferentes campañas.	182
Tabla 4.14. Glucosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)	183
Tabla 4.15. Glucosa (g/l) zumo de limón español en Junio de las diferentes campañas	183
Tabla 4.16. Fructosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. Finca EPSO	185
Tabla 4.17. Fructosa (g/l) zumo de limón, Junio de las diferentes campañas y 2014	185
Tabla 4.18. Sacarosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. Finca EPSO	186
Tabla 4.18. Sacarosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. Finca EPSO	187
Tabla 4.20. Calcio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	190
Tabla 4.21. Calcio (mg/l) en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas	191
Tabla 4.22. Magnesio (mg/l) en zumo de limón, Junio de 2014. EPSO	192
Tabla 4.23. Magnesio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas.	192
Tabla 4.24. Potasio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	195
Tabla 4.25. Potasio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas	195
Tabla 4.26. Sodio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014	197
Tabla 4.27. Sodio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas	197
Tabla 4.28. Fósforo total (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	199
Tabla 4.29. Fósforo total (mg/l) en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas	200
Tabla 4.30. Sulfatos (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	201
Tabla 4.11. Sulfatos (mg/l) en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas	202
Tabla 4.32. Cenizas (g/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO	203
Tabla 4.33. Cenizas (g/l) en zumo de limón, meses de junio de las diferentes campañas	203
Tabla 4.34. Hesperidina (mg/l) en zumo de limón, de junio de las diferentes campañas	206

Capítulo VI	
Tabla 6.1. - Rendimientos de fibra dietética en diferentes porciones de desechos	236
Tabla 6.2.- Parámetros de color de fibras dietética estudiadas de diferentes Cítricos.	246
Tabla 6.3.- Viscosidad al 5% de fibra dietética	247
Tabla 6.4.- Tabla de contingencia de medias obtenidas de las observaciones	256
Tabla 6.5.- Tabla de percentiles	257
Tabla 6.6.- Variables tabuladas por categorías	257
Tabla 6.7.- Determinación de dimensiones	258
Tabla 6.8. Tabla de cuantificaciones donde vemos las coordenadas	259
Tabla 6.7. Matriz de contribuciones relativas	260
Capítulo VII	
Tabla 7.1. Ensayos de procesado de limón español	272
Tabla 7.2. Resultados analíticos de los ensayos de A. Esencial	273
Tabla 7.3. datos del ensayo de raspado con el More para la recuperación de aceites esenciales	274
Tabla 7.4. Resultados de los ensayos de recuperación de aceites en MORE, Proceso industrial continuo	276
Tabla 7.5. Valores de eficiencia de recuperación de aceite esencial de Cítricos en M.O.R.E.	279
Tabla 7.6. Valores de eficiencia de recuperación de Aceites esenciales según la agresividad	279
Tabla 7.7. Diferencia en composición de algunos componentes de los aceites esenciales de 3 sistemas. R: resultados	281
Tabla 7. 8. Comparativa de aceite recuperado: Sistema Tradicional Vs M.O.R.E	282
Tabla 7.9. Cantidades de A. Esencial recuperado con los 2 diferentes sistemas	283

ÍNDICE DE IMÁGENES	
Capítulo I	
Imagen 1.1. Partes del limón	8
Imagen 1.2. Limón Fino	10
Imagen 1.3. Limón Verna	11
Imagen 1.4. Limón Eureka	12
Imagen 1.5. Limón Lisbon	12
Imagen 1.6. Extractoras en serie JBT. Cortesía de JBT	16
Imagen 1.7. Extractora JBT de 5 copas	16
Imagen 1.8. Extractor de Cítricos Brown.	23
Imagen 1.9. Perfil del cepillo de lavado.	26
Imagen 1.10. Calibres de fruta y copas de procesado	27
Imagen 1.11. Aceite esencial de Limón	33
Imágenes 1.12 y 1.13. Sistema de raspado de la piel del limón en cama de agua. JBT.	35
Capítulo II	
Imagen 2.1. Escala de colores	75
Imagen 2.2. Gráfica tridimensional del color, cortesía de Hunter.	76
Imagen 2.3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de fibra dietética	79
Imagen 2.4. Esquema orientativo sobre la aplicación de los métodos utilizados para la producción de fibra. Elaboración propia	80
Imagen 2.5. Colorímetro HUNTER Lab	83
Imagen 2.6. Detalle de ensamblaje de discos en el eje	87
Imagen 2.7. Rodillo de discos en un eje del MORE	87
Imagen 2.8. Movimiento del More	87
Imagen 2.9 y 2.10. Fotografías de la unidad piloto de MORE en funcionamiento en la P. Piloto de la UMH	87
Capítulo V	
Imagen 5.1 . Referencia de color para el Zumo de Naranja USDA	210
Capítulo VI	
Imagen 6.1.- ÓPTIMO	249

Imagen 6.2.- ÓPTIMO	249
Imagen 6.3.- Core Valencia Late Almería-M1	250
Imagen 6.4.- Core Valencia Late Almería - M2	250
Imagen 6.5.- Frit <i>Valencia Late Almería</i> - M1	250
Imagen 6.6.- Frit Valencia Late Almería - M2	250
Imagen 6.7.- Piel Valencia Late Almería - M1	250
Imagen 6.8.- Piel Valencia Late Almería - M2	250
Imagen 6.9.- Core Valencia Late Murcia -M 1	251
Imagen 6.10.- Core Valencia Late Murcia - M 2	251
Imagen 6.11.- Frit Valencia Late Murcia - M 1	251
Imagen 6.12.- Frit Valencia Late Murcia - M 2	251
Imagen 6.13.- Piel Valencia Late Murcia - M 1	252
Imagen 6.14.- Piel Valencia Late Murcia - M 2	252
Imagen 6.15.- Core Navel Lane Late - M 1	252
Imagen 6.16.- Core Navel Lane Late - M 2	252
Imagen 6.17.- Frit Navel Lane Late – M 1	253
Imagen 6.18.- Frit Navel Lane Late - M 2	253
Imagen 6.19.- Piel Navel Lane Late - M 1	253
Imagen 6.20.- Piel Navel Lane Late – M 2	253
Imagen 6.21.- Core Limón Fino - M 1	254
Imagen 6.22.- Core Limón Fino - M 2	254
Imagen 6.23.- Frit Limón Fino - Método 1	254
Imagen 6.24.- Frit Limón Fino - Método 2	254
Imagen 6.25.- Piel Limón Fino - Método 1	254
Imagen 6.26.- Piel Limón Fino - Método 2	254
Imagen 6.27.- Albedo de naranja.	255
Capítulo VII	
Imagen 7.1. Esquema de procesado de Limón clásico, para extracción de aceites esenciales, zumo y pulpa	272
Imagen 7.2. Esquema de procesado de Limón con incorporación del equipo MORE, para la optimización de la recuperación de aceites esenciales	272

Imagen 7.3. Fotos de fruta antes y después del paso por el M.O.R.E.	273
Imagen 7.4. Extracción de aceite esencial en Limón español con prototipo M.O.R.E. de JBT	275
Imagen 7.5. Fotografía de diferentes muestras de aceite esencial obtenido con diferentes tecnologías	280
Imagen 7.6. Sistema tradicional de extracción de aceites esenciales de cítricos en extractora de Zumo	282
Imagen 7.7. Sistema M.O.R.E. de recuperación de A. Esenciales	283

OBJETO



Objeto de la Tesis

El cultivo del limón se encuentra extendido por toda la geografía mundial. La mayor parte de esta fruta se dedica al consumo en fresco y los excedentes procedentes de los almacenes envasadores (descartados por calidad visual o tamaño para consumo en fresco), son enviados a la industria de procesamiento de cítricos. La transformación de frutas cítricas en Zumos, es una industria consolidada en España y representa un 50 % del volumen procesado en la cuenca Mediterránea y un porcentaje mayor en la UE.

La caracterización del Zumo de Limón en la UE (Guía del Zumo de Limón de AIJN) no se ajusta a todos los parámetros del Zumo de Limón español por lo que resulta necesario una actualización de dicha guía, siguiendo los criterios de cambio establecidos por AIJN. Este estudio pretende conocer los parámetros del Zumo de Limón español (Directo e Industrial) de 3 campañas, comparar los datos entre sí y con los datos de la Guía de AIJN para Zumo de Limón y aclarar las diferencias donde las haya. También pretende explicar estas diferencias con los parámetros climáticos y relacionarlos en su caso con el Cambio climático. Con ello se pretende realizar una caracterización completa del Zumo de Limón español con datos válidos para cambiar los parámetros necesarios en la Guía de Zumo de Limón de AIJN.

El limón, debido a su bajo coste de adquisición y la elevada cantidad de propiedades beneficiosas que posee, se presenta como un producto muy atractivo. Además, existe un amplio abanico de subproductos que se podrían obtener de él como zumo, aceites esenciales y pulpa como principales. Por ello otro tema abordado en la presente tesis es la optimización del proceso de extracción de Zumo de Limón en la industria española, en este sentido se intentará proponer y evaluar vías de aprovechamiento de Subproductos o de optimización en la recuperación de estos:

- Aceite esencial de Limón.
- Fibra de Limón.

CAPÍTULO I



Capítulo I. Introducción

1. Introducción

Los cítricos son el principal tipo de fruta tropical y subtropical cultivada en el mundo, con un promedio de producción anual de unos 118 millones de toneladas y con una tendencia evolutiva basada en altibajos en la que se pueden observar máximos y mínimos de 116 y 100 millones de toneladas respectivamente, según datos de cantidad de producción, para el periodo comprendido entre los años 1.997-2.007 (FAOSTAT- Agriculture 1.997-2.007).

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre.

La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los movimientos migratorios: conquista de Alejandro Magno, expansión del islam, cruzadas, descubrimiento de América...

Los árabes introdujeron los Cítricos en el área Mediterránea entre los años 1000 a 1200, siendo descrito en la literatura árabe a finales del siglo XIII.

1.1. Los Cítricos en el Mundo

La producción Mundial de Cítricos está muy distribuida en los 5 continentes, en climas tropicales y subtropicales. Son las frutas más producidas y más procesadas en el Mundo. Según la zona de producción el destino de estas frutas está más orientado al consumo en fresco o al procesado. Para las más importantes zonas de producción mundial de Cítricos, el principal destino de dicha producción sería:

- **China:**
 - Mandarina: consumo en fresco, interno. Solo 3 % se procesa.
 - Naranja: consumo en fresco, interno. Menos del 5 % procesada.

- Limón: consumo interno en fresco. Menos del 2 % procesado.
- **Brasil:**
 - Naranja: Procesada más del 70 %, resto consumo en fresco interno.
 - Limón y Mandarina: Consumida en fresco fundamentalmente.
- **Florida:**
 - Naranja; Fundamentalmente procesada.
 - Limón y Mandarina: 50 % Procesado, resto consumo en fresco.
- **Mediterráneo:**
 - Naranja: 80 % consumo en fresco. 20 % procesada.
 - Mandarina: 80 % consumo en fresco. 20 % procesada.
 - Limón: 80 % consumo en fresco. 20 % procesado.

Por tipo de fruta, la producción Mundial, según el Comité de Liaison de l'Agriculture Méditerranéenne, (**CLAM**) es la siguiente:

Naranja: La producción ha tenido un descenso importante en los últimos años en el Mundo, fundamentalmente en Florida y Brasil debido a la proliferación de enfermedades como el **Greening** y a la sustitución de cultivos cítricos por otros más productivos (Fig. 1)

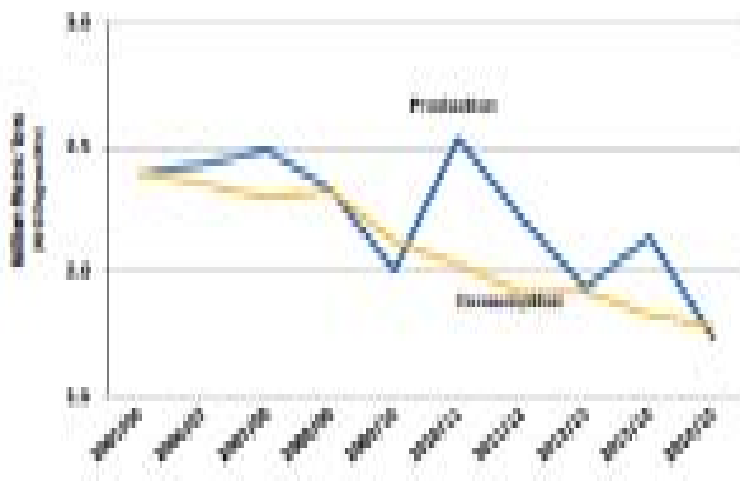


Figura 1.1. Datos producción y consumo de naranja en el mundo. FAOSTAT- Agriculture (2015)

Limón: La producción Mundial crece. La producción de México es la mayor en el Mundo y la que más crece si se incluye la Lima porque muchas estadísticas consideran juntas ambas frutas. India es un país donde existe también una importante producción que está empezando a ser procesada, sumando la Lima, es el principal productor Mundial.

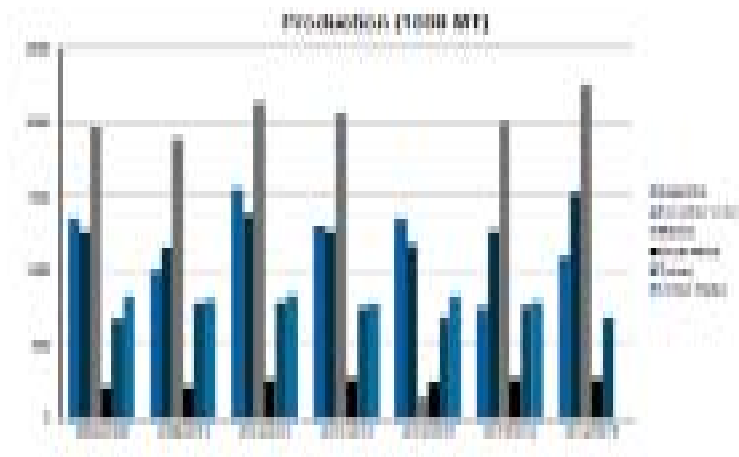


Figura 1.2. Datos de producción y consumo de limón en el mundo. FAOSTAT- Agriculture (2015)

Mandarina: China es el mayor productor mundial seguida, de lejos, por España y Japón. Es una fruta muy consumida en fresco por sus especiales características como la gran cantidad de azúcares, acidez media (que propicia un alto ratio o grado de madurez, °Bx / % Acidez ACA), atractivo color y fácil pelado.

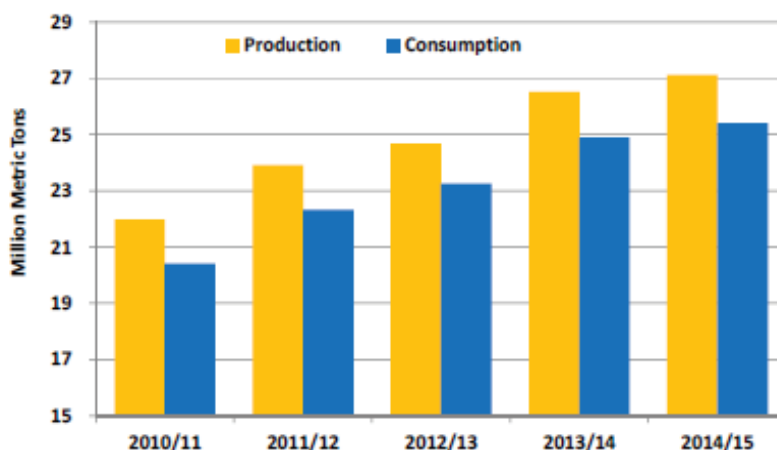


Figura 1.3. Datos producción y consumo mundial de mandarina . FAOSTAT- Agriculture (2015)

Considerando la producción mundial de cítricos, los países que más producen actualmente son, ordenados de mayor a menor, China, Brasil, EE.UU, Méjico, India y España. Destaca la diferente evolución de estos países, en los que se observa un ligero descenso en EE.UU. y Brasil, un aumento considerable en China, India y Méjico y una estabilidad en España (FAOSTAT- Agriculture).

1.2. El Limón, Cítrico Mediterráneo

Este trabajo se centrará en el Zumo de Limón. El árbol del limón, el Limonero (*Citrus limón*) es una planta más sensible al frío y al calor que la mayoría de los otros cítricos cultivados. Requiere para vegetar buen clima tipo semitropical o tropical. En climas tropicales el limonero crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial por ser demasiado gruesos y con bajísima acidez, por ello en dichas zonas se prefiere el cultivo de la lima (*Citrus aurantifolia*).

El clima más adecuado para el cultivo del limonero es el tipo mediterráneo. Las principales zonas productoras del mundo están localizadas en las zonas costeras del sur de California, Sicilia, Levante y sur de España, sur de Grecia, sur de Turquía, Noroeste de Argentina, etc.

La importancia del limonero es menor que la del naranjo en el Mundo, como consecuencia de una menor demanda de consumo y por tener unas exigencias mayores en producción relacionadas con clima y suelo, para poder satisfacer unos niveles de calidad y productividad adecuados.

1.2.1. Producción de Limón en el área Mediterránea

La cuenca Mediterránea es uno de los mayores productores Mundiales de Cítricos, incluido el Limón. Las producciones se concentran en España, Turquía y Sicilia, fundamentalmente. En España e Italia se concentra además gran parte de la Industria de procesado del Limón, reuniendo la producción de los derivados de este, una reputada calidad internacional. Los últimos años están suponiendo un relanzamiento de la industria de procesado de Limón en la zona Mediterránea

por el aumento de la demanda, el incremento de los precios de mercado y el aumento de la calidad de sus derivados.

En la gráfica (Fig. 4) se muestran las producciones más importantes de Limón en diferentes países del Mundo, donde vemos que la participación porcentual de la cuenca Mediterránea es muy importante, más del 50 %.

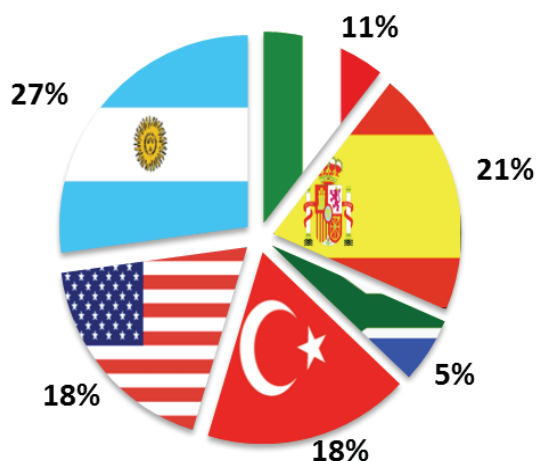


Figura 1.4. Producción de limón por países. USDA, Freshel (CLAM)

El desglose de esta producción de Limón en los diferentes países de la cuenca Mediterránea, reflejado en la tabla siguiente (Tabla 1), muestra además la utilización de dicha producción. Observando en detalle la producción Mediterránea de Limón, vemos que en España se produce más de 1/3 del total de la cuenca.

	Italy(t)	Spain(t)	S.Africa(t)	Turkey(t)	USA(t)	Argentina(t)	TOTAL(t)
Fresco**	384,6	694,6	184,9	762,7	538,7	274,0	2.839,5
Procesado	90,9	240,0	63,6	28,0	274,0	942,0	1.638,5
Producción	475,5	934,6	248,5	790,7	812,7	1.216,0	4.478,0

Tabla 1.1. Producción de limón por países y utilización. USDA, Freshel (FAO)

1.2.2. Producción de Limón en España

España, país Mediterráneo europeo, es uno de los diez países que más limones producen en el Mundo, con 800.000 - 1.200.000 toneladas anuales (Faostat - Agriculture) (Fig. 5). España es, además, el país exportador de Limón, como fruta fresca, más importante en el Mundo y también uno de los mayores procesadores de esta fruta en Zumo, Aceite esencial, Pulpa, etc. El limón procesado en la industria española representa un 15 % de la producción Mundial (Fig. 6). Existe un importante número de plantas de procesado de Limón, localizadas en Murcia y Valencia, con tecnología muy avanzada que obtienen diferentes derivados de este. La importancia de esta producción hace que la caracterización de los derivados del Limón español, sea una referencia en la elaboración de los estándares cualitativos Mundiales. El Zumo de limón español ha de contribuir, de forma decisiva, a la caracterización de este en las Guías de AIJN (Asociación de la Industria de Zumos y Néctares de Europa).

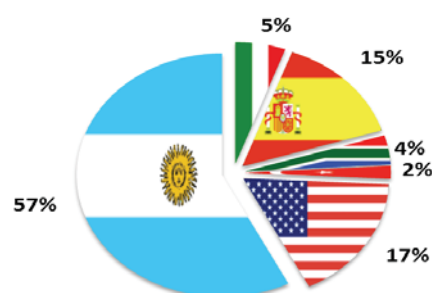
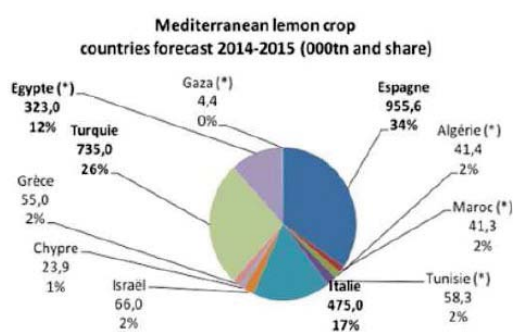


Figura 1.5. Producción de limón en los países del mediterráneo. USDA, Freshel (CLAM)

Figura 1.6. Principales países procesadores de limón en el mundo. USDA, Freshel (CLAM)

En los últimos años los precios de la fruta, la demanda de derivados del Limón, se ha incrementado notablemente por los problemas de producción habidos en Argentina en las 3 últimas campañas.

La producción de limones en España se centra básicamente en tres Comunidades Autónomas. La primera en importancia es Murcia con un 50% de la producción, seguido de la Comunidad Valenciana con un 32%, un 17% para

Andalucía y el 1% restante para otras Comunidades como Cataluña o Castilla La Mancha.

El Servicio de Estudios Agrarios y Comunitarios ha elaborado una estimación sobre la producción española de cítricos y augura que continuará creciendo ligeramente en los próximos 20 años y se diversificará esta con el objetivo de cubrir un mayor periodo anual de producción fundamentalmente.

1.2.3. Principales variedades de Limón en España

Botánicamente, los cítricos y en concreto el limón, pertenecen a la familia de las Rutáceas, del orden Geraniales (Tabla 2). De acuerdo al sistema morfológico establecido por Tanaka (Tanaka, 1969), el limón se clasifica como *Citrus limón*.

Categoría taxonómica	Limón
Orden	<i>Geraniales</i>
Suborden	<i>Geraniineae</i>
Familia	<i>Rutaceae</i>
Subfamilia	<i>Aurantioideae</i>
Tribu	<i>Citreae</i>
Subtribu	<i>Citrinae</i>
Género	<i>Citrus</i>
Subgénero	<i>Eucitrus</i>
Especie	<i>Citrus limón</i>

Tabla 1.2. Taxonomía del limón

La constitución de la fruta, desde el punto de vista del procesado, tiene 2 partes fundamentales:

1. Corteza o parte exterior, constituida por dos tejidos diferentes, el flavedo (epicarpio) y el albedo (mesocarpio)
2. El endocarpio corresponde a la parte interior central del fruto.

El flavedo, en la región subepidérmica contiene cromoplastos, que confieren a la fruta los colores verde o amarillo, y numerosas glándulas llenas de aceites esenciales aromáticos. El albedo o mesocarpio está formado por capas esponjosas de células parenquimáticas ricas en pectina. La pulpa interna o endocarpio está formado por segmentos o gajos (carpelos) distribuidos alrededor de un núcleo blando y consistente que forma el eje central de la fruta. Cada segmento está recubierto de una delgada membrana carpelar llamada *septum*, y está lleno de vesículas de zumo, de las que se extrae el zumo. Los segmentos contienen semillas situadas cerca del núcleo (Girard y Mazza, 2000).

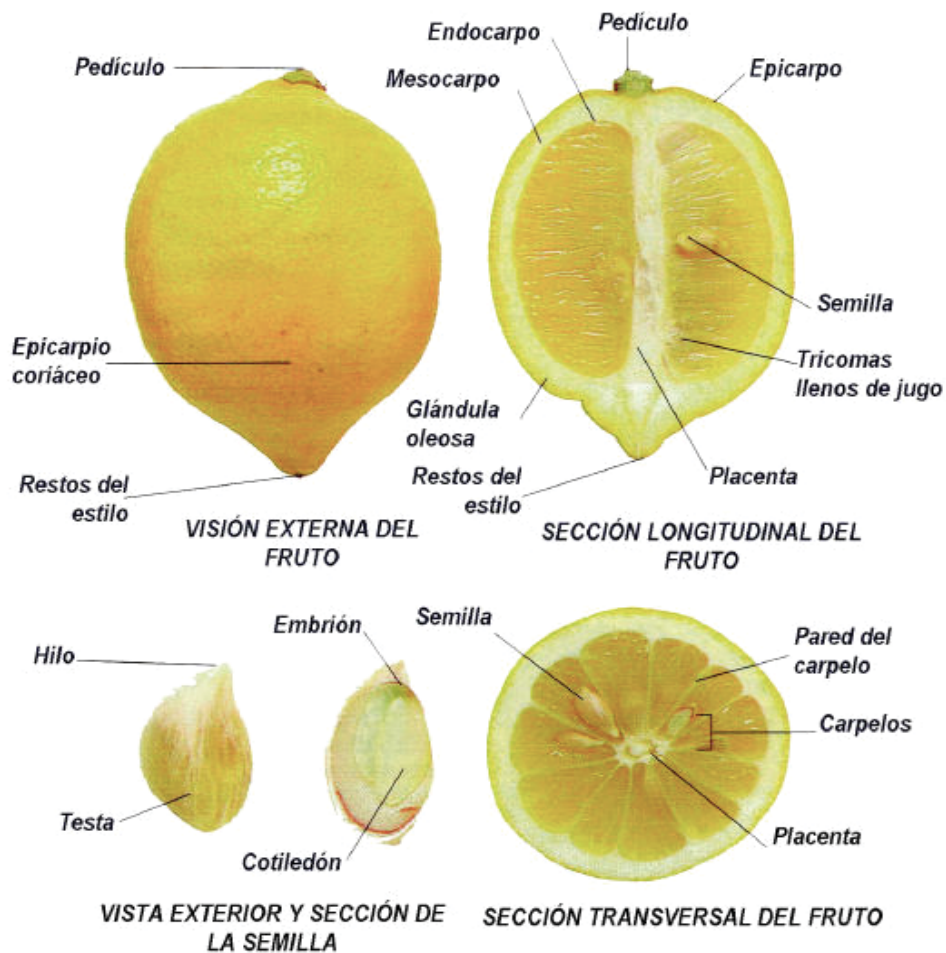


Imagen 1.1. Partes del limón

La mayoría de las variedades de limón han surgido como mutaciones genéticas naturales estables. Esto se debe a que los cítricos se hibridan de modo

espontáneo con bastante facilidad incluso entre diferentes géneros (Pérez-Pérez *et al.*, 2005).

El limonero (*Citrus limón*) es la tercera especie de cítricos en importancia en el mundo después del naranjo y mandarino.

Las variedades españolas autóctonas “Fino” y “Verna” representan más del 95% del total de la superficie de cultivo de esta fruta en nuestro país. La superficie de cultivo y producción de limón “Fino” va en aumento (principalmente con pie *Macrophylla*), debido principalmente a las buenas cotizaciones que ha tenido en los últimos años el limón temprano (septiembre-octubre) y su mayor productividad. Los agricultores están además realizando plantaciones de nuevas selecciones que permiten recolecciones más tempranas y productivas.

El aumento de la superficie dedicada al cultivo del limonero, ha pasado de 40.000 Ha en la década de los 90 a más de 50.000 en los últimos tiempos.

1.2.3.1. Limón Fino

Probablemente deriva del limón tipo *Común*, procedente de la Vega Alta del Segura. Es la primera variedad en importancia de España, con un 70 % aproximado de la producción. Florece con intensidad una vez al año, normalmente entre la primera mitad de abril y primeros de mayo. La floración del limón *Fino* es posterior a la del limón *Verna* y durante un periodo más reducido. También existe una segunda floración de verano (“rodrejos”), ésta es muy escasa. Los frutos de esta floración son mucho más gruesos que los de la cosecha normal. La recolección de frutos de “cosecha” se inicia a primeros de octubre y se prolonga hasta febrero-marzo. Los primeros frutos alcanzan altas cotizaciones en los mercados internacionales debido a la falta de producción en los países competidores, de ahí el interés de obtener producciones precoces de esta variedad.

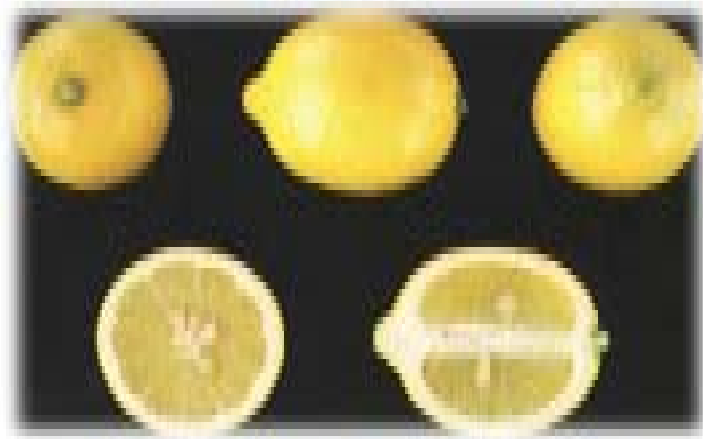


Imagen 1.2. Limón Fino

Las hojas del limonero *Fino* son más largas y anchas que las de limonero *Verna*. Los frutos están mejor conformados en general que los del *Verna*, con la piel más lisa y fina. Su forma varía de esférica a ovalada y su mamelón es puntiagudo y pequeño. En la inserción del fruto al pedúnculo, la base no presenta cuello. El tamaño del fruto es mediano y la corteza delgada. El Limón *Fino* tiene un alto contenido en zumo y elevada acidez, parámetro de referencia en la calidad del Zumo de esta fruta. Es una variedad muy apreciada por la industria de los derivados de agrios por el dato anterior. El fruto en el árbol tiene menor conservación que el *Verna* y es menos resistente al transporte. La modernización de los sistemas frigoríficos, manipulación y transporte está haciendo que esta variedad tenga cada vez más demanda en el mercado y está haciendo que la superficie cultivada continúe aumentando.

1.2.3.2. Limón Verna

Su origen es desconocido, probablemente procede de las introducciones de limones italianos tipo *Monachelo* en la huerta española. Es la segunda variedad en importancia en España, con un 25 % aproximado de la producción, y la quinta del mundo después de *Eureka*, *Lisbon*, *Femminello* y *Fino*. También se cultiva en Argelia y Marruecos. Es re-floreciente, con mayor o menor intensidad, según la climatología del lugar donde se encuentra y las técnicas culturales. La floración principal que da lugar a los frutos llamados de cosecha, es muy dilatada y se extiende desde marzo hasta agosto, dependiendo de la climatología,

localización y estado fisiológico de los árboles. El inicio de la floración que se produce en el mes de marzo es muy lento, debido a que las temperaturas, aún bajas de dicha época, retrasan la evolución de los botones florales. Con el aumento de la temperatura los meses de Abril y Mayo, dicha evolución es más rápida, dándose entonces el periodo de máxima floración. En cualquiera de los casos, desde la aparición de las primeras flores hasta las últimas, pueden transcurrir de uno a dos meses, por lo que el desarrollo de los frutos a que dan origen unas y otras es muy desigual.

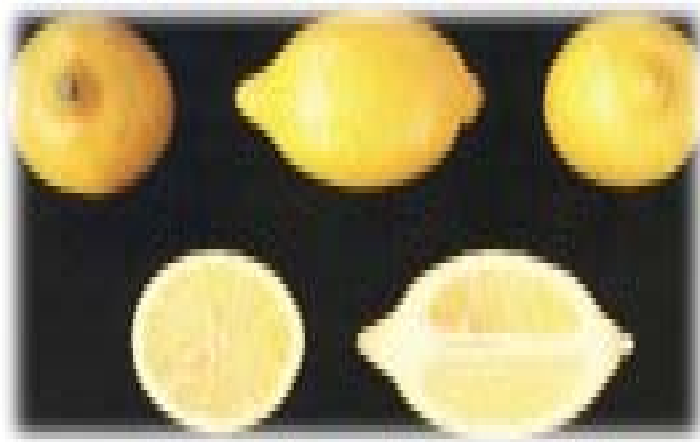


Imagen 1.3. Limón Verna

Los frutos de cosecha se recolectan de forma escalonada iniciándose ésta en febrero y finalizándose en agosto.

En Agosto - Septiembre tiene lugar otra floración, cuyos frutos se denominan *segundos* y se recolectan en el verano del año siguiente. Dichos frutos tienen la piel más fina que los de cosecha, son más redondeados y tienen una coloración verde pálida.

1.2.3.3. Otras variedades de Limón

La tercera variedad por importancia en España es el **Eureka**. Es la variedad más importante de California (75% de las plantaciones) y la primera variedad del mundo. Se cultiva, además de en California, en Sudáfrica, Argentina

e Israel. Florece con mayor o menor intensidad según el lugar donde se encuentre.



Imagen 1.4. Limón Eureka

Su fruto es de tamaño mediano, de forma elíptica u oblonga, ordinariamente con cuello pequeño en la base, mamelón apical delgado y de longitud variable, frecuentemente circundado por un surco aureolar. Posee pulpa de color verde amarillento, tierna y jugosa, y sabor muy ácido. Su producción está distribuida a lo largo de todo el año, principalmente al final de invierno, primavera y principios de verano.

Otra variedad importante es el **Lisbon**. De origen probable Portugués, derivado de unas plantas de semilla del limón “Gallego”, de esta variedad existen en Argelia, Marruecos y Portugal son difíciles de distinguir del limonero “Lisbon”.

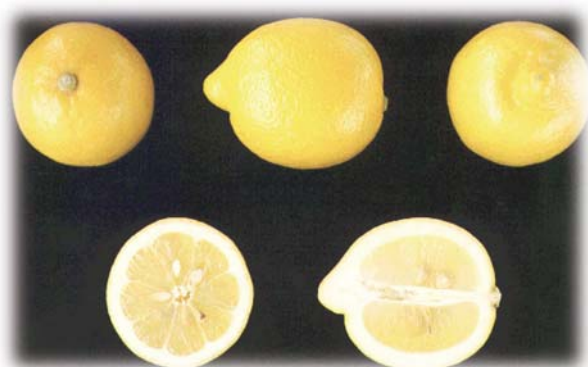


Imagen 1.5. Limón Lisbon

El gran vigor, rusticidad y la alta productividad de Lisbon, hacen que sea una de las variedades más populares. Eureka es el principal rival mundial de la variedad Lisbon sobre todo cuando se trata de zonas costeras. Debido a su mayor productividad está desplazando al Eureka en California.

Por último, **Femminello** es la variedad italiana más antigua y de mayor importancia en Italia con un 60% de la producción en dicho país. Se caracteriza por su marcada re-florescencia.

1.3. El limón industrializado

La industria de procesado de Limón está enfocada fundamentalmente a la obtención de unos productos de mercado muy específicos: Zumo, Aceite esencial y Pulpa son productos comercialmente consolidados y con una demanda creciente. Los usos de estos productos son diversos tanto en alimentación como en cosmética e industria. Otros componentes en la fruta son recuperados de una manera más irregular, como las pectinas presentes en la corteza, etc.

El estudio de los componentes fisiológicamente activos del limón y su contribución a la salud humana es un campo de investigación creciente. Se ha comprobado que los productos derivados del limón contienen numerosos componentes que sirven para la prevención o tratamiento de enfermedades y para el mantenimiento de la salud (Girard y Mazza, 2000), como han afirmado a lo largo de la historia personajes como Virgilio, Galeno y Avicena (VV.AA., 1971). El limón es una rica fuente de nutrientes como flavonoides, ácido cítrico, vitamina C y minerales. Tradicionalmente, las propiedades saludables del limón se han atribuido a su alto contenido en vitamina C, pero recientemente se ha mostrado que los flavonoides pueden tener importantes propiedades antioxidantes y anti carcinogénicas (González-Molina *et al.*, 2008). Hay muchos más estudios en marcha que podrán dar una visión más completa sobre las propiedades de esta fruta y sus opciones de utilización.

1.3.1. Datos sobre limón industrializado

El Secretariado de la Comisión de Industria del CLAM, emite informes en los que figuran los datos correspondientes a la industrialización de los principales cítricos. En dichos informes vemos la cantidad de Limón dedicada a la industrialización y el porcentaje que representa sobre el total producido. **Tabla 3 y Fig. 7.**

	Campaña 10/11 (kg)	Campaña 11/12 (kg)	Campaña 12/13 (kg)	Campaña 13/14 (kg)	Media (kg)
Exportación UE	431.094	485.040	483.108	529.100	482.085
Exportación fuera UE	35.151	44.992	35.523	54.929	42.648
Consumo interno	136.800	136.800	136.800	136.800	136.800
Pérdias	30.152	33.342	32.772	36.041	33.077
Procesado	303.502	277.091	142.097	237.280	239.992
TOTAL	936.700	977.264	830.298	994.151	934.603

Tabla 1.3. Datos sobre las exportaciones y transformación del limón en España

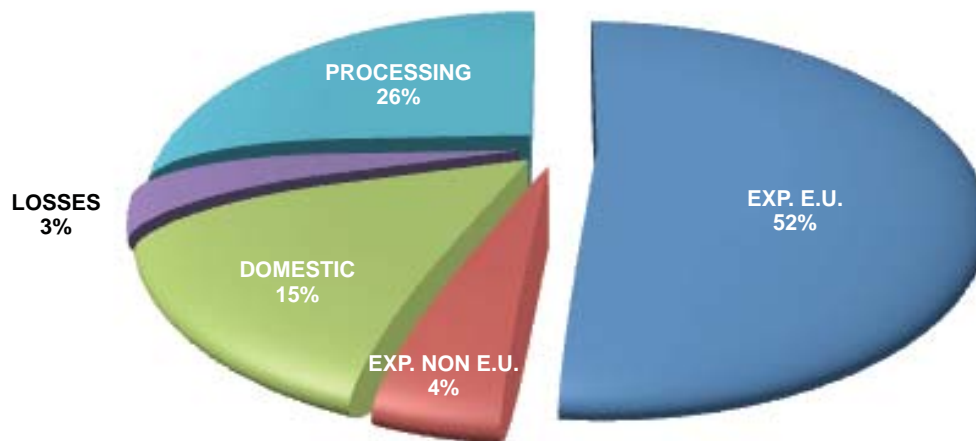


Figura 1.7. Distribución porcentual de la producción del Limón en España (CLAM, 2014)

España es el primer país en importancia en procesado de Cítricos en el Mediterráneo. El procesado industrial de Limón anual en España es de 150.000 – 300.000 Toneladas (15 – 30 % de la producción), es el tercer cítrico en importancia en procesado. Otros países Mediterráneos también procesan importantes cantidades de Limón (Italia) y creciente (Turquía y Egipto).

Como se ha comentado anteriormente, el principal uso de los limones es el consumo en fresco, pero hay un gran porcentaje que no se puede consumir

por razones de mercado, estéticas o de tamaño, o que directamente se utiliza para otros campos. El procesamiento industrial del limón para la obtención de Zumos, Aceites esenciales u otros derivados, tiene gran peso con respecto a la producción total, como se ve en el

Como se observa, el porcentaje de fruta destinada a transformación se sitúa alrededor del 25 % en la última década, es decir, que aproximadamente uno de cada cuatro limones que se recolecta se utiliza para la industria de extracción.

1.3.2. Tecnologías de Procesado del Limón

La legislación Europea define el Zumo en la DIRECTIVA 2012/12/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de abril de 2012 por la que se modifica la Directiva 2001/112/CE del Consejo relativa a los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana;

“El producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de las partes comestibles de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por refrigeración o congelación, de una o varias especies mezcladas, que posea el color, el aroma y el sabor característicos de la fruta de la que procede”

Se podrán reincorporar al zumo el aroma, la pulpa y las células obtenidos por los medios físicos apropiados que procedan de la misma especie de fruta.

En el caso de los cítricos, el zumo procederá del endocarpio. No obstante, el zumo de lima podrá obtenerse a partir del fruto entero.

Esta definición junto con el argumento de que la extracción ha de ser mecánica, limita la tecnología a aplicar en el procesado de estas frutas.

Actualmente, son dos las principales tecnologías utilizadas en la extracción de Zumos Cítricos por las industrias de procesado, los extractores JBT y los Brown.

1.3.2.1. Sistema de Extracción de Cítricos JBT “In Line”

Este sistema de extracción, fue denominado “*In line*” debido a la disposición en serie de las copas extractoras situadas a lo largo de una línea de alimentación. El sistema actual funciona con la misma filosofía desde los años 60 del siglo XX, con las actualizaciones tecnológicas correspondientes.

Este Sistema de extracción es utilizado para mandarinas, naranjas, tangelos, limones, limas y pomelos. El extractor JBT “*In line*” es una de las tecnologías más utilizadas en el mundo. Entre el 75 - 80 % de las industrias de extracción de Zumo Cítrico del Mundo utilizan esta tecnología de extracción.



Imagen 1-6. Extractoras en serie JBT. Cortesía de JBT



Imagen 1.7. Extractora JBT de 5 copas.

Extractor JBT.

Consta de tres a ocho cabezales, según el tamaño de la fruta a procesar, cada uno formado por un par de copas, superior e inferior, acompañada de otros componentes que consiguen la completa extracción del Cítrico. Un extractor JBT de cinco cabezales, puede procesar entre 500 y 575 piezas de fruta por minuto según la velocidad de este.

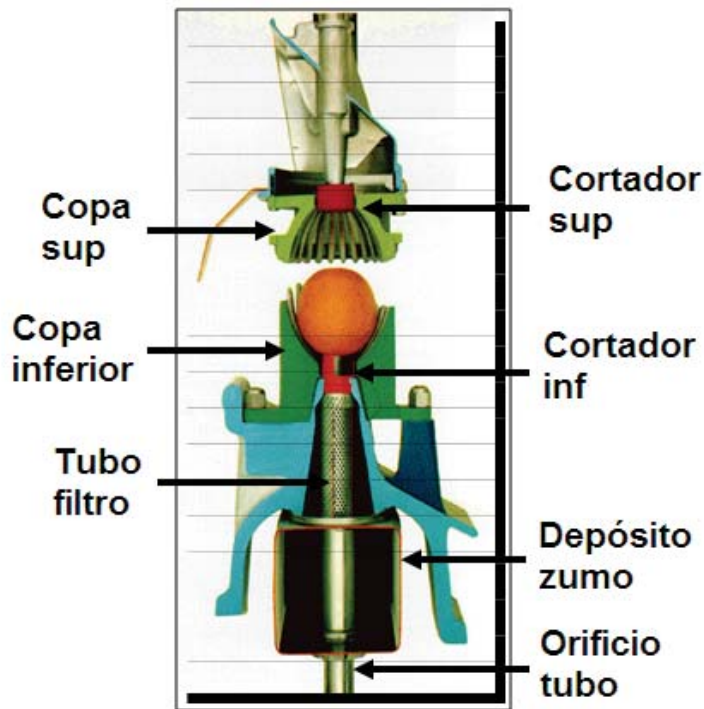


Figura 1.8. Componentes de extracción de JBT. Cortesía de JBT

El principio de funcionamiento, se basa en la separación instantánea del Zumo procedente del endocarpio, del resto de los constituyentes de la fruta (Corteza, membrana, semillas, etc) que, de permanecer demasiado tiempo en contacto con el zumo, pueden tener una influencia adversa para la calidad final de este. La extracción rápida (0.66 segundos, standard) evitará que pasen, al zumo, sustancias procedentes de las semillas, membranas y corteza que pueden producir amargor y sabores extraños. Se obtiene un zumo de gran calidad. Es muy importante para la eficiencia de la extracción y la calidad del Zumo extraído, las operaciones preliminares de selección, lavado y calibración de la fruta por tamaños.

El proceso de extracción consta de cuatro etapas descritas a continuación

Etapas 1

La fruta, previamente calibrada por tamaños, llega al extractor a través de una cinta transportadora y se posiciona automáticamente en la copa inferior.

Etapa 2

La copa superior se desplaza hacia la inferior, provocando una presión en la fruta de forma que las cuchillas, superior e inferior, comienzan a cortar los extremos superior e inferior del fruto. El diseño de las copas permite que el fruto quede perfectamente sujeto, consiguiendo una extracción uniforme durante todo el proceso.

En esta etapa, cuando la fruta adopta el perfil de las 2 copas entrelazadas y debido a la presión, las glándulas que contienen el aceite esencial, situadas en el Flavedo, estallan y liberan este aceite. Una pulverización de agua desde la copa superior, arrastra este aceite a través del puente y lo separa del resto. Junto con la emulsión Aceite – Agua, hay pequeñas partículas de corteza que se arrastran.

Etapa 3

El aumento de presión sobre la fruta hace que el endocarpio, (zumo, pulpa, membranas y semillas) pase, través del cortador inferior, al cilindro tamizador o tubo filtro. Al mismo tiempo, la corteza comienza a salir por la parte superior, entre la copa y la cuchilla.

Etapa 4

Una vez finalizada la extracción, las porciones interiores del cítrico se hallan localizadas en el interior del tubo filtro. En este momento, el tubo de orificio se desplaza, en el interior del tubo filtro, hacia arriba presionando el contenido del tubo filtro, provocando que el zumo y la pulpa pasen a través de las perforaciones del tubo filtro, depositándose en el colector de zumo. Las partes del fruto de mayor tamaño, que no pueden atravesar el tamiz, junto a los dos redondeles de corteza, cortados en la etapa 2 para facilitar la extracción, son descargadas por un orificio en el interior del tubo de orificio o pistón y evacuadas separadamente (Core). La corteza pasa a través de la separación entre el

cortador superior y la copa superior, por la parte superior de la extractora, depositándose en un tornillo sinfín o en un colector.

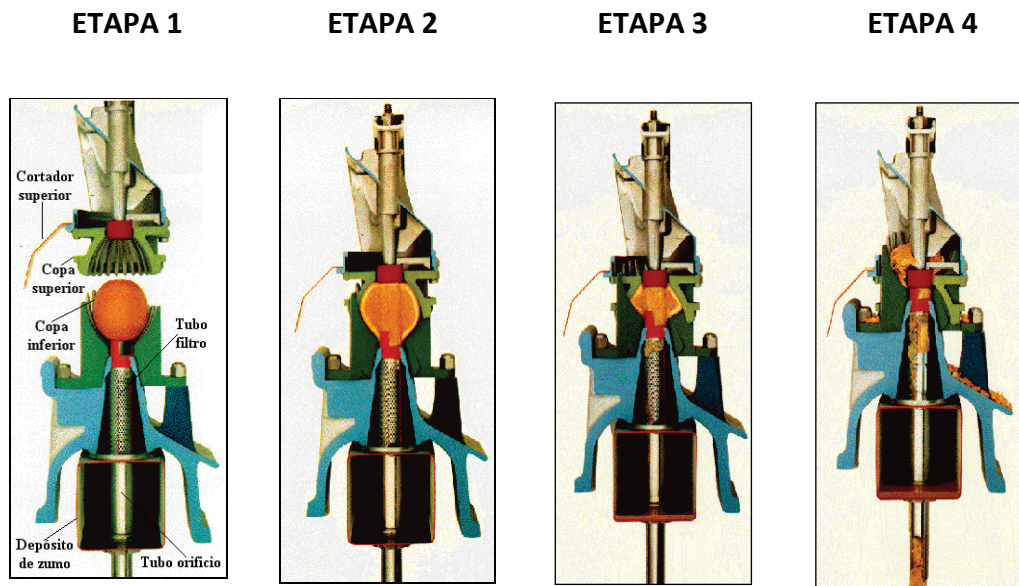


Figura 1.9. Etapas del proceso de extracción cítrica con tecnología JBT in line

Existen diferentes configuraciones posibles para las extractoras JBT, dependiendo del tamaño de fruta a procesar y de la calidad de Zumo o Pulpa a obtener en el proceso. Las opciones más comunes son:

- a. Fruta de tamaño inferior a 60 mm de diámetro: Copas de 2" 3/8" en Premium (PJE) y standard (STD).
- b. Fruta de tamaño 60 – 75 mm de diámetro: copas de 3" PJE, STD y PJE II.
- c. Fruta de tamaño 75 – 108 mm de diámetro: copas de 4" Premium y Standard.

Las configuraciones STD obtienen máximo rendimiento y calidad estándar, ideales para Zumo que posteriormente va a ser concentrado. Su diferencia principal respecto a los componentes Premium es el tamaño del corte de corteza para la extracción que condiciona el contenido en aceite esencial del Zumo.

Las configuraciones Premium (PJE), consiguen una mejor calidad de Zumo (Menor contenido en Aceite esencial, sabor menos astringente...) a costa, en algún caso de un menor rendimiento (1-3 % inferior).

Planta de procesamiento JBT

En la figura vemos las principales etapas del proceso de procesamiento de cítricos.

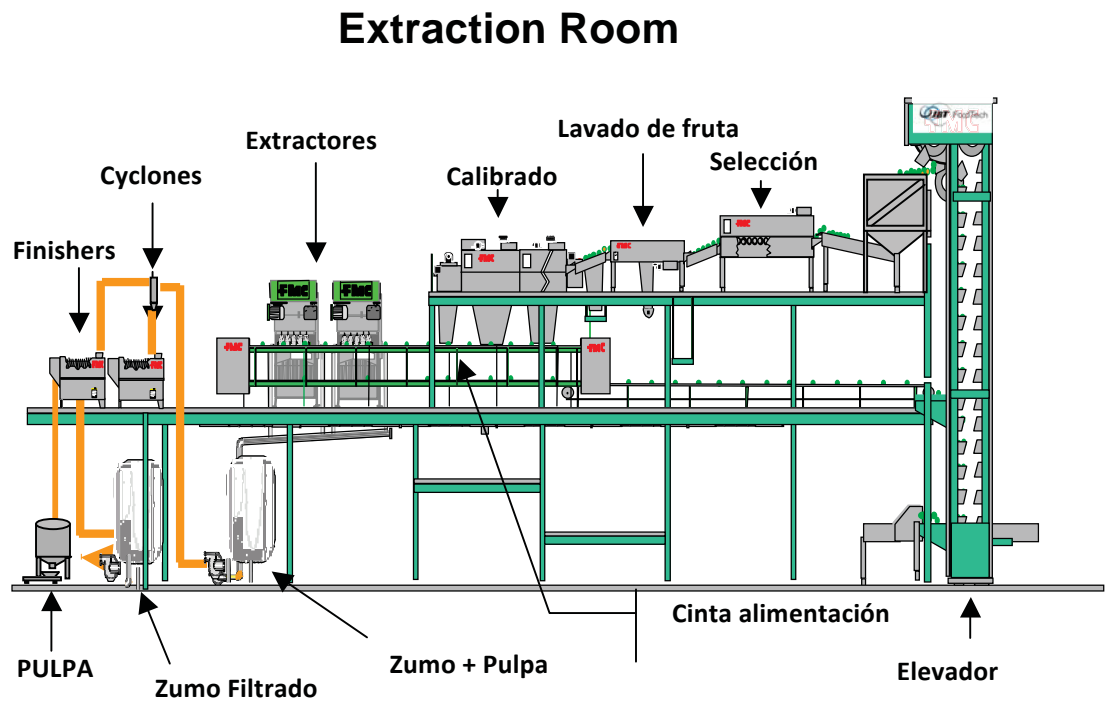


Figura 1.10. Etapas fundamentales del procesamiento de cítricos con el sistema JBT

Rendimiento

El rendimiento de extracción depende de la variedad de fruta procesada, estado de madurez, tiempo de almacenamiento, configuración de la extractora, etc. Se mide en % respecto a fruta:

$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{\text{Kg de Zumo producido}}{\text{Kg de Fruta procesada}} \right) \times 100$$

Balance de masas (%)/Mass balance (%)

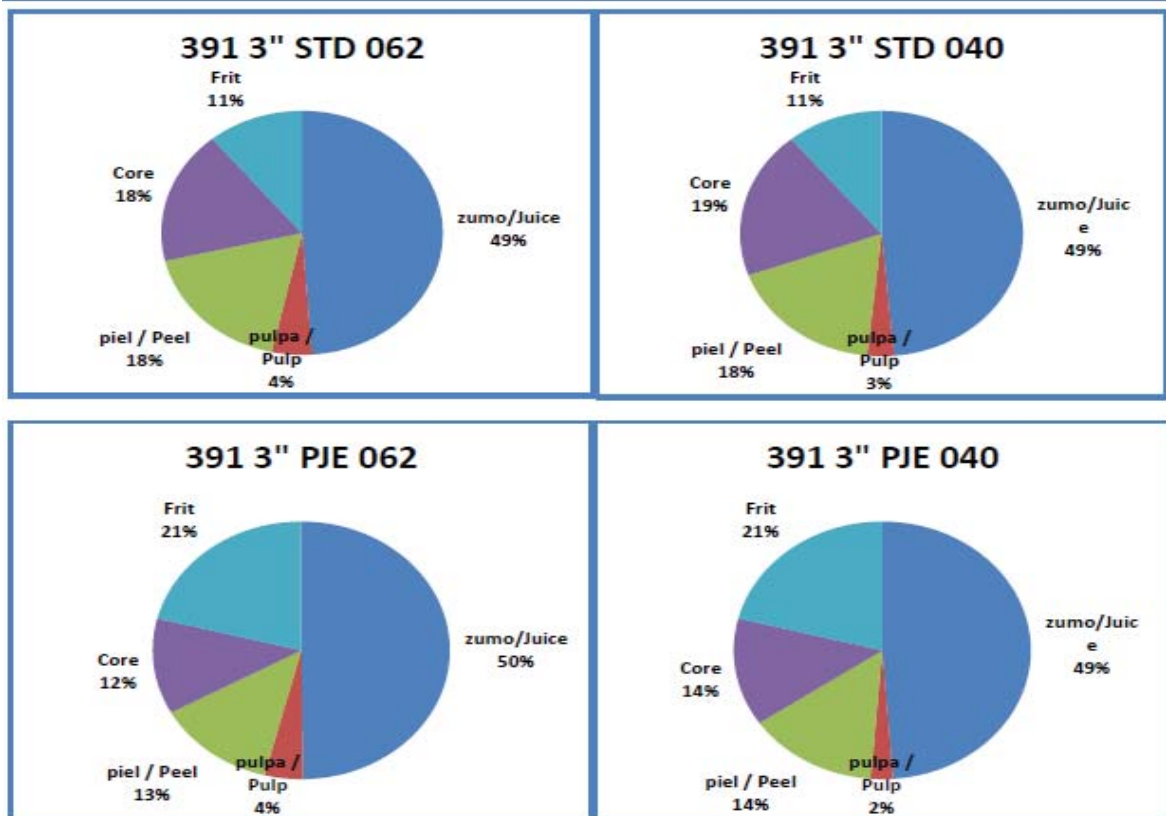


Figura 1.11. Rendimientos tipo de extracción de Limón español. Cortesía de JBT

En el gráfico se muestran rendimientos de extracción en Limón, realizados en la Planta Piloto de Cítricos de JBT, de Ceutí. Murcia. Se aprecian diferencias en las diferentes fracciones de extracción, según el tipo de configuración utilizada en la extractora, al procesar Limón del mismo lote, tamaño y características.

Productos de Extracción. JBT

Las diferentes fracciones obtenidas en el proceso de extracción, separadamente:



Figura 1.12. Fracciones obtenidas en el procesamiento de limón. JBT

1.3.2.2. Sistema de extracción de Cítricos Brown

Los extractores Cítricos tipo Brown son más comunes en EE.UU, Brasil y Argentina que en el Mediterráneo o Asia. Existen varios modelos de extractores de zumo Brown, con el mismo principio de funcionamiento. Los modelos más comunes instalados, 400 y 720 producen zumos de buena calidad. En algún caso puede ser necesario utilizar un extractor de aceite Brown previo, para reducir el contenido de aceite, en la fruta antes de la extracción del Zumo, para así conseguir niveles bajos en este. El modelo 720 puede procesar aproximadamente 700 piezas de fruta por minuto, mientras que el modelo 400 procesa aproximadamente 350 piezas de fruta por minuto.

Otro modelo, el 1100, permite utilizar tres líneas de procesamiento de fruta paralelas y puede procesar hasta 11 toneladas de fruta por hora. Este modelo no exprime las mitades de fruta contra una piña rotatoria, sino que las aplasta entre discos giratorios oblicuos y, debido a esta acción de frotamiento, el modelo 1100, no produce un zumo de tan buena calidad, ni acorde con la Directiva

comunitaria sobre Zumo porque componentes de la corteza acabarán formando parte del producto final.

Como en el sistema JBT, la fruta se debe lavar, seleccionar y clasificar por tamaños previamente. Tanto el extractor modelo 720 como el 400, cortan la fruta por la mitad y, seguidamente, exprimen el contenido del interior de la fruta mediante un exprimidor de piña rotatoria tradicional. El zumo cae por la parte baja a una tolva y la corteza se desecha, cayendo a un transportador sin fin. A continuación, pasa por filtros o pasadoras (finishers), primario y secundario, en los que se separa la pulpa antes de la evaporación o tratamiento térmico.

El sistema de extracción por rotación de la piña contra las mitades de fruta, propicia una incorporación de aire indeseada en el Zumo, provocando una oxidación de componentes del Zumo y que provoca un cambio inmediato del color del Zumo, comparado con el Zumo de la extractora JBT.



Imagen 1.8. Extractor de Cítricos Brown

En los extractores Brown, hay una mayor probabilidad de que, el zumo, entre en contacto con la parte externa de la fruta que en los extractores JBT y es frecuente encontrar trozos de corteza flotando en el zumo extraído, antes del filtrado primario. El rendimiento de extracción es similar en ambas extractoras.

En la figura 1.12 se observa un diagrama del procesado de Cítricos de Brown.

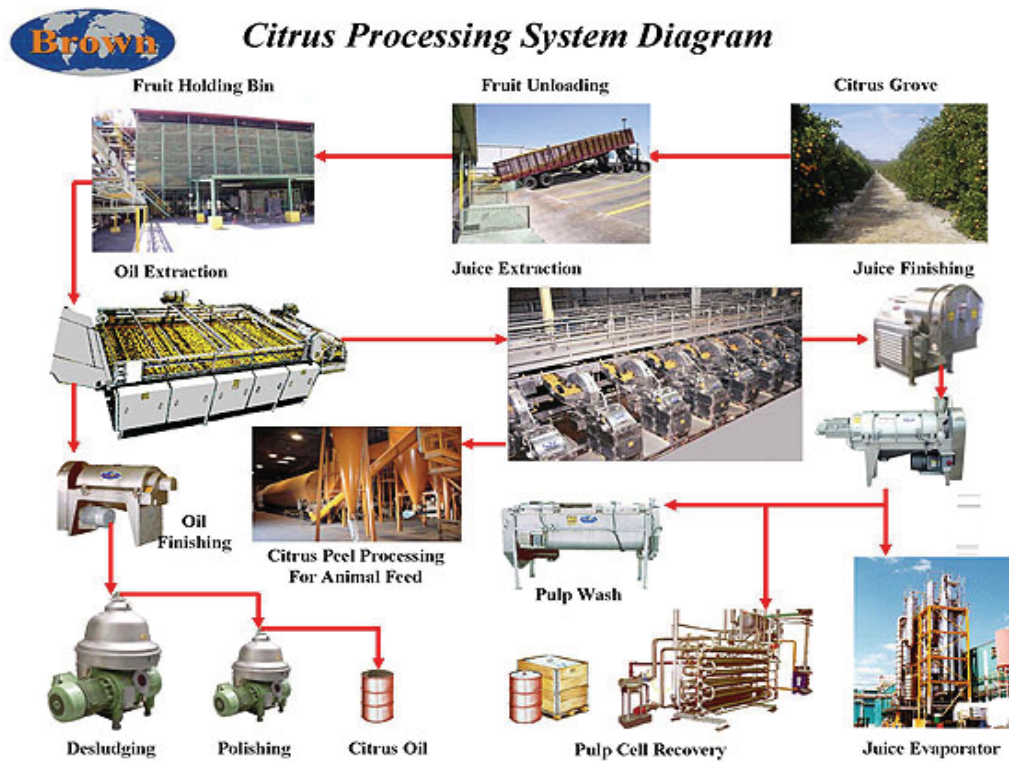


Figura 1.13. Planta de procesado de Cítricos de Brown

De los dos tipos de extractores, el de JBT produce un zumo más higiénico.

1.3.2.3. Etapas en el proceso industrial de zumo

La industrialización de cítricos para la producción de zumos, que comenzó en el mundo occidental a lo largo del siglo XVIII, ha estimulado tanto los cambios sociológicos como tecnológicos del sector de la transformación de frutas y actualmente también en vegetales.

La producción frutícola familiar ha sido sustituida por cultivos a gran escala, con alta tecnología que permiten la producción de materias primas de alta calidad. La fruta recolectada se selecciona, clasifica, almacena y posteriormente se procesa en plantas industriales de extracción de zumo. Las técnicas avanzadas en post-cosecha de frutas permiten su almacenamiento prolongado en óptimas condiciones y la transformación industrial en cualquier época del año. En este sentido y para preservar la máxima calidad del producto final es fundamental el conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima pues así se

optimizan todas las operaciones que comprenden la transformación industrial del fruto.

Las características del producto final están condicionadas por diversos factores, como la materia prima, madurez, procedencia, condiciones de producción, transporte y almacenamiento del producto. La variabilidad que existe en la materia prima implica la obtención de zumos cuya composición fisicoquímica varía notablemente a lo largo de la campaña de procesado. Debido a esto, la industria tiende a utilizar una mezcla equilibrada de varios zumos con el fin de obtener un producto de calidad homogénea.

En España, algunas plantas de procesado de cítricos de reciente creación han sido instaladas próximas a las zonas de producción de la fruta, facilitando así su manipulación y transporte, repercutiendo positivamente en la calidad final del zumo (Libro del Zumo, Asozumos 2012). En otras ocasiones la fruta destinada para zumos proviene principalmente de excedentes de fruta destinada a consumo en fresco que ha sido almacenada durante la cosecha y no tiene cabida en el mercado. Pero como se mencionó anteriormente, la fruta directa del árbol representa una mayor proporción en el total de fruta transformada.

A continuación se describirán las etapas de un sistema de producción de zumos cítricos, así como algunos de los procesos más importantes para la producción de zumos de calidad. Estas etapas son comunes en los dos sistemas principales de procesado de Cítricos que abarcan el 100 % de la producción mundial, JBT y Brown.

a. Recepción de Fruta

La fruta se recibe en camiones a granel normalmente aunque también y, cada vez más, en palets. Puede ser descargada en grandes balsas o silos (dependiendo del tamaño de la empresa). En esta etapa se realiza un rápido chequeo de la calidad del producto determinando los °Brix y acidez de la fruta y calculando así el Ratio ($\text{°Bx} / \text{Acidez en \% ACA}$) de esta. También se realiza una rápida inspección visual de la fruta. almacenado.

b. Selección y Lavado de Fruta

Antes y después de la etapa de lavado se realiza la selección de la materia prima con el fin de eliminar la fruta que presenta alteraciones en superficie, tallos u objetos que puedan dañar el sistema de extracción como piedras o trozos de maderas o plásticos procedentes de los embalajes de la fruta que puedan dañar el sistema de extracción (**etapa 3 en la Imagen 6**).

La fruta pasa, tras la selección, a través de una de una lavadora de cepillos, con perfil y material especiales, donde se elimina la suciedad, aceites esenciales remanentes y residuos de pesticidas post cosecha aplicados a frutas procedentes de almacén. Para aumentar la eficacia en el proceso de lavado de la fruta es recomendable añadir un detergente que además reduce la población microbiana de la superficie del fruto.



Imagen 1.9. Perfil del cepillo de lavado

"FMC" BRUSH/WASHER MACHINE

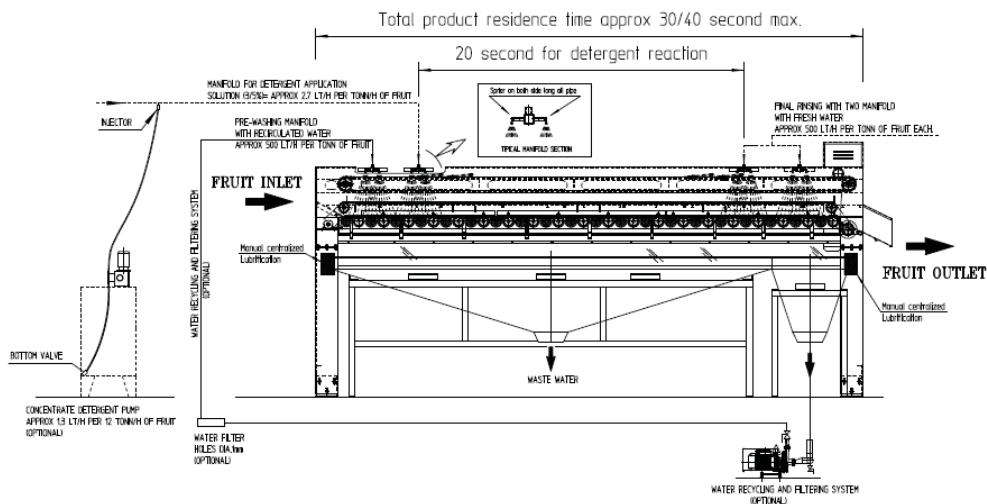


Figura 1.14. Descripción del proceso de lavado de fruta en procesado de cítricos

En la figura 14 se ve las diferentes fases de la etapa de lavado de fruta en el procesado de cítricos.

c. **Calibrado de la Fruta**

La fruta se separa en calibres diferenciados para que se adapte al tamaño de las copas del sistema de extracción de zumo, lo que permite obtener un zumo de alta calidad y con un óptimo rendimiento de extracción. La etapa de calibrado se realiza haciendo girar la fruta a través de unos rodillos dispuestos horizontalmente y de forma paralela a una cinta de transporte.

Después del calibrado, la fruta de tamaño óptimo se dirige a las bandejas de las extractoras a través de una cinta de alimentación inclinada y a su vez dividida en varios canales para la correcta alimentación del sistema de copas de extracción.

En la imagen 10 se puede ver el resultado de casar la fruta calibrada con las copas adecuadas a su tamaño y las copas inadecuadas. En el incorrecto acople se produce una pérdida de rendimiento y calidad del Zumo.



Imagen 1.10. Calibres de fruta y copas de procesado

d. Extracción del Zumo. Sistema JBT / JBT In Line

Este sistema de extracción, previamente descrito y mostrado en la figura 9 es ampliamente utilizado en el Mundo y es el que ha sido utilizado para la extracción de los productos de referencia para este estudio. Con él pueden procesarse los cítricos más comunes: mandarinas, naranjas, tangelos, limones, limas y pomelos.

e. Tamizado

El zumo procedente de las extractoras se filtra a través de finishers o tamizadoras, donde se elimina el contenido de pulpa flotante. La pulpa se procesa como producto diferenciado. Existen varios tipos de finishers con los que conseguimos eliminar de forma eficiente la pulpa y las celdillas de zumo a través

de un tamiz o malla perforada de acero inoxidable. Tras esta etapa, la pulpa remanente en el zumo es pulpa precipitable que le da turbidez al zumo.

f. Etapas finales

A continuación se aplica a los productos obtenidos el tratamiento requerido según el tipo de producto final requerido. Los principales productos son:

- Zumos directos o frescos almacenados a 0 - 5º C
- Directos o NFC con un leve tratamiento térmico (pasteurización) a 70-90ºC durante 20-30 segundos y mantenidos en refrigeración.
- Zumos NFC pasteurizados y conservados a Temperatura ambiente.
- Zumos Concentrados mediante procesos de evaporación alcanzando productos a 65º Brix y posterior almacenado a -20º C.
- Pulpa congelada o Pasteurizada y envasada en Aséptico.
- Aceite esencial: conservado en condiciones especiales.

1.3.3. Derivados del Limón Industrializado

En el procesado industrial de Limón, se obtienen fundamentalmente Zumos, Aceites y Pulpas. La producción de Zumos Cítricos es una industria agroalimentaria de gran importancia en Europa y en el Mundo. La Unión Europea tiene un consumo alto y regular de Zumos y bebidas a base de Zumos además la ampliación de la Unión Europea, ha supuesto un incremento del consumo de Zumos en los nuevos países miembros. Un 50 % aproximado de este consumo, es de Naranja. El Zumo de limón tiene un uso más parcial como tal Zumo y más común como ingrediente en mezclas con otros Zumos, refrescos u otros alimentos (AIJN, 2015).

De los cítricos se puede obtener, además de los zumos, un amplio abanico de productos comerciales como pulpa, aceites esenciales, ingredientes alimentarios y piensos para animales. También combustibles, cosméticos e ingredientes para la industria. Los avances tecnológicos y la evolución de los estilos de vida y gustos de los consumidores incentivan el desarrollo de nuevos

productos y nuevos métodos de procesado de cítricos (Kimball, 2002), lo que sin duda contribuirá a un desarrollo del sector cítrico. Conviene detallar las características principales del fruto para ver sus opciones de aprovechamiento. El limón (*Citrus limon*), así como el resto de los cítricos, consta de una envoltura exterior o cáscara, que incluye la epidermis, el flavedo y el albedo (Imagen 1 y figura 15).

El flavedo, en la región subepidérmica contiene cromoplastos, que confieren a la fruta los colores verde o amarillo, y numerosas glándulas llenas de aceites esenciales aromáticos. El albedo (mesocarpo) está formado por capas esponjosas de células parenquimáticas ricas en pectina. La pulpa interna o endocarpo está formada por segmentos o gajos (carpelos) distribuidos alrededor de un núcleo blando y consistente que forma el eje central de la fruta. Cada segmento está recubierto de una delgada membrana carpelar llamada *septum*, y está lleno de vesículas de zumo. Los segmentos contienen semillas situadas cerca del núcleo (Girard y Mazza, 2000).

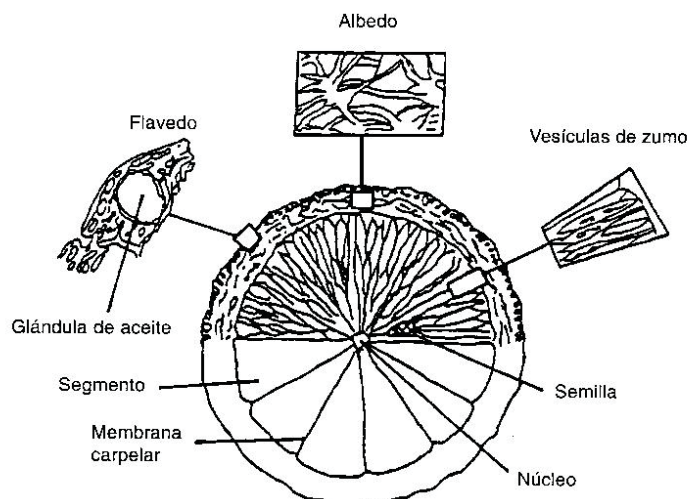


Figura 1.15. Corte de un fruto cítrico. Fuente: Girard y Mazza, 2000

La saturación de los mercados centroeuropeos, la complicación que el mercado de EE.UU. ofrece a la importación, la dificultad de acceso al mercado japonés y los limitados mercados de los países del Este propician, como alternativa posible para una parte de la producción, la transformación industrial

del limón, en una amplia gama de elaborados de alto valor añadido que permitan el aprovechamiento integral de los frutos (Albaladejo, 1999).

Considerando un esquema general de procesado, podemos ver los principales productos a obtener al procesar el Limón.

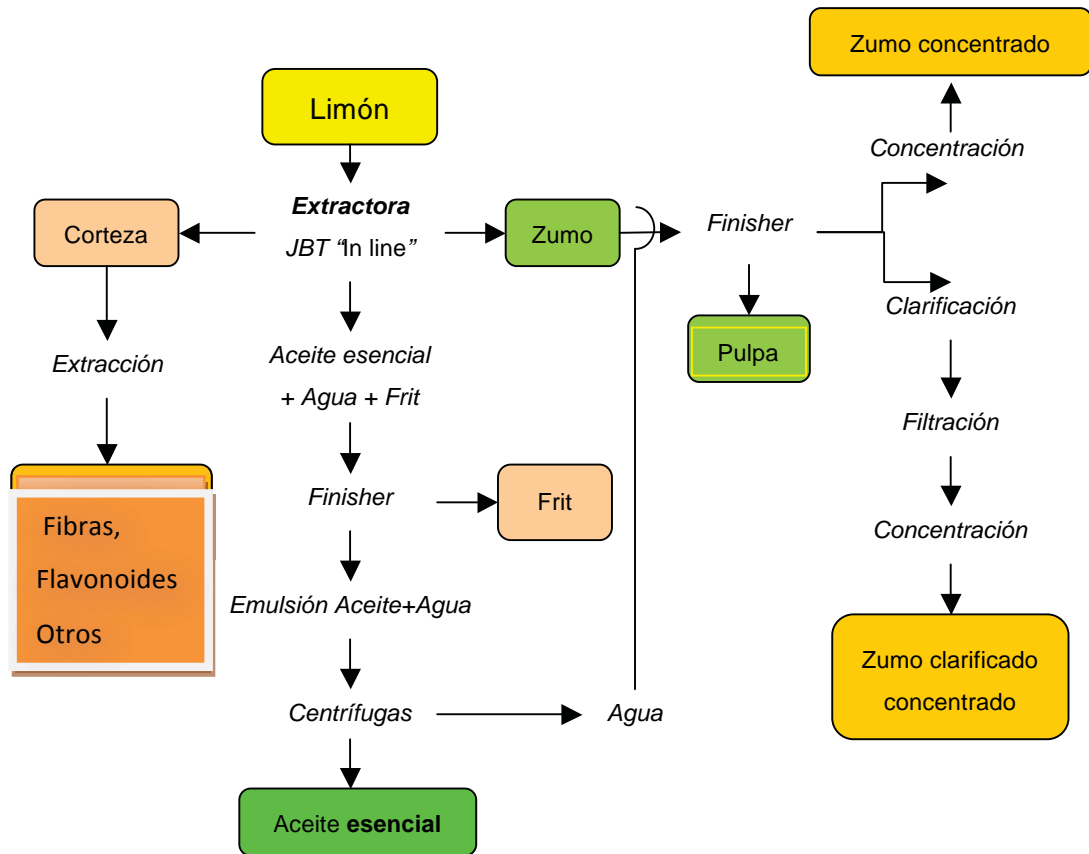


Figura 1.16. Esquema general de proceso simplificado de la extracción de Limón. JBT

En el esquema, en verde, pueden verse los tres productos fundamentales que se obtienen simultáneamente en el proceso de extracción de Limón y otros cítricos. Hay otras opciones que se recogen en el esquema y que son de extracción más compleja.

1.3.3.1. Zumo de Limón

La obtención de zumo de Limón es un proceso mecánico. El Zumo se obtiene del endocarpio de la fruta. En el proceso de extracción de JBT se obtienen simultáneamente otros productos como Aceites y Pulpas.

El Zumo de limón obtenido tras la extracción, o zumo bruto, contiene una parte de Pulpa flotante (5 – 10 %) y otra de Zumo (90 – 95 %). El Zumo ya filtrado tiene además una parte de Pulpa fina o precipitable que es la que da turbidez al Zumo y que varía en función de las condiciones de la fruta y las condiciones de extracción, entre 6 – 12 %.

La figura siguiente muestra una planta de procesado, donde se observan las principales etapas, con la tecnología asociada.

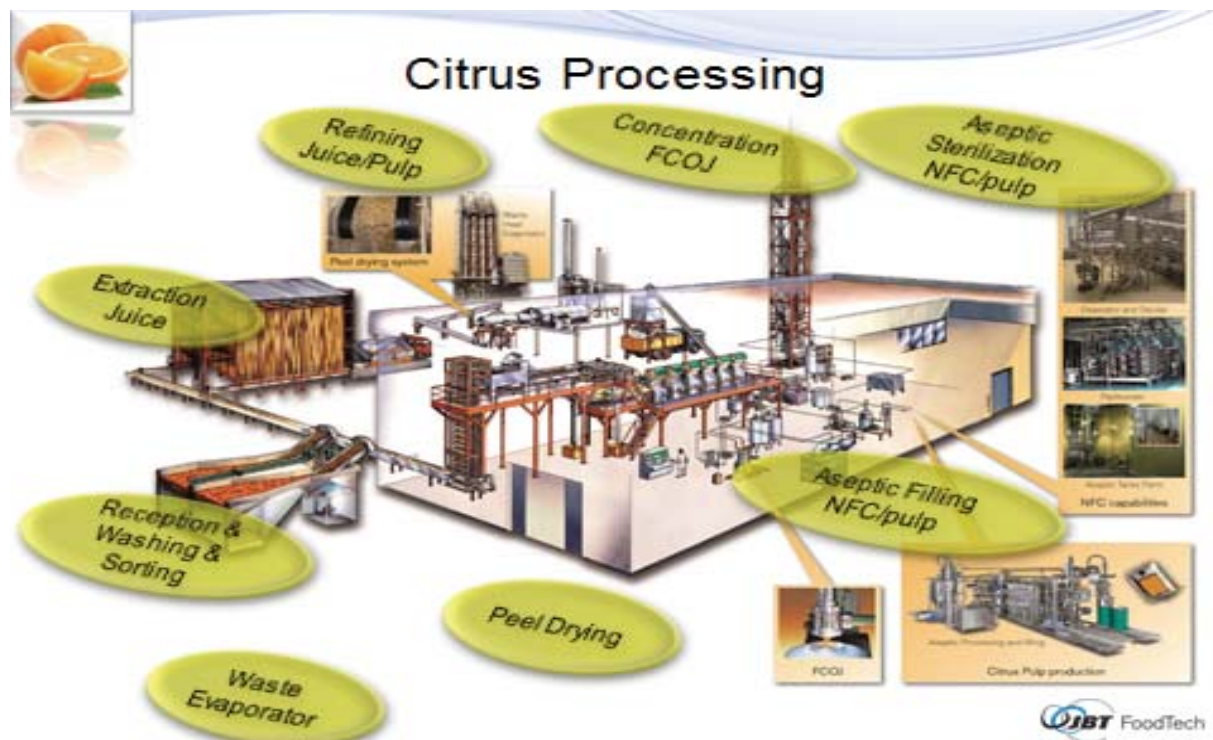


Figura 1.17. Esquema general de una planta de Zumos Cítricos. JBT Corporation

El Zumo es el producto más abundante en la fruta y por tanto el recuperado en mayor proporción. El rendimiento está alrededor de un 50 – 55 % respecto a fruta, de Zumo Bruto, antes de refinar.

Una vez separados Pulpa y Zumo, tienen aplicaciones convergentes y divergentes. El Zumo suele utilizarse como:

- Zumo directo o formando parte de un Néctar (Zumo + Agua + Azúcares o edulcorantes) y como mezcla con otros Zumos y néctares.
- Base en Bebidas a base de Zumo.

- Ingrediente en Bebidas refrescantes.
- Acidulante en productos alimentarios, incluidos otros Zumos o Néctares.
- Otros: Jaleas, conservas, etc. Normalmente usado como concentrado clarificado.
- Ingrediente en cosméticos y productos industriales como detergentes, etc.

Puede ser conservado como tal Zumo, clarificado o turbio, tras someterse a una pasteurización o puede concentrarse para eliminar parte del agua de composición.

1.3.3.2. Aceite esencial de Limón

El aceite esencial de Limón es el segundo producto en importancia, desde el punto de vista comercial, recuperado del procesado de Limón. Está presente en el flavedo, parte externa de la fruta, contenida en unas glándulas. El aceite ha de ser extraído de la fruta en frío, llamado CPO (Cold Press Oil) y en este caso está constituido por 2 fracciones fundamentales:

- D - Limoneno: es el componente fundamental con más del 90 % del total.
- Fracción aromática: es un conjunto de componentes volátiles, en concentraciones muy bajas. Aunque el sabor es importante, la parte del Flavor es la que marca la diferencia entre los alimentos y esta viene marcada por la percepción de los volátiles a nivel retronasal cuando el alimento entra en la boca (Land, 1996). Sin el Aroma, un zumo de frutas no sería más que una solución azucarada y acidulada.

Este aceite forma parte del Zumo en pequeñas proporciones y le da el aroma característico de este tipo de fruta



Imagen 1.11. Aceite esencial de Limón.

El sistema de recuperación de Aceites esenciales de Limón más usual en la cuenca Mediterránea, es la recuperación en la propia extractora, durante el proceso de extracción del Zumo, como se ha descrito anteriormente. Se forma una emulsión con agua del aceite durante la extracción y se separa este aceite del agua centrifugando dicha emulsión.

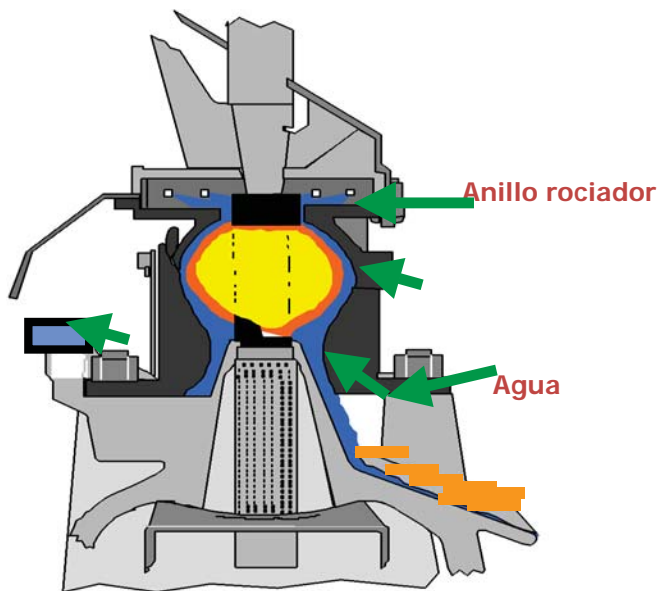


Figura 1.18. Esquema recuperación de aceites esenciales en extractora de Cítricos, JBT

La eficiencia de recuperación de aceite se mide como % del aceite disponible en fruta extraído, en Kg /t de fruta procesada. En el caso de recuperación en la extractora de Zumo, la eficiencia es del 70 – 75% respecto al disponible en fruta.

Existen otros tipos de recuperación del aceite esencial, fuera de la extractora, basados en el raspado de la corteza, previo a la extracción del Zumo, en una cama de agua. El aceite pasa al agua, formando una emulsión. Después hay una separación del aceite del agua por centrifugación.

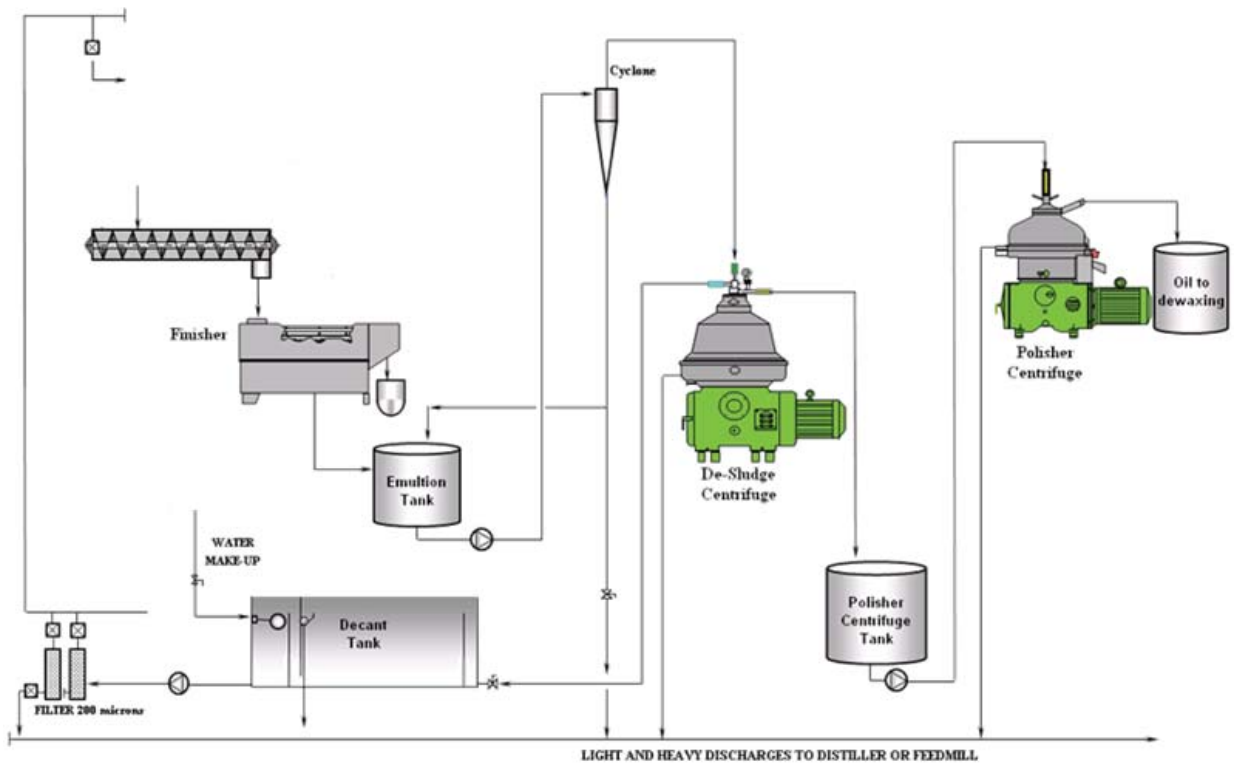


Figura 1.19. Esquema básico de recuperación de aceites esenciales de Cítricos

Una vez extraído el Aceite en la emulsión, esta es tratada por centrifugación para separar ambas fracciones, Aceite y Agua.

Existen otros sistemas de extracción para el aceite esencial de los cítricos, como el raspado suave de la corteza. Estos sistemas se han desarrollado para mejorar la eficiencia en la recuperación que además mejoraría la sostenibilidad del sistema global porque el aceite esencial es un biocida que impide tratamientos de fermentación posteriores en el remanente. Varía exclusivamente la forma de obtener la emulsión o hacer estallar las glándulas que lo contienen, la separación del aceite de la emulsión es similar a la anterior.

Abajo pueden verse fotos del sistema de extracción MORE por raspado o pinchado de la corteza, abriendo las glándulas y facilitando la salida del aceite.



Imágenes 1.12 y 1.13. Sistema de raspado de la piel del Limón en cama de agua. JBT

Los precios del aceite esencial en el mercado y la necesidad de hacer más sostenible los procesos industriales ha hecho que se desarrollen estos nuevos sistemas de extracción de aceite esencial de cítricos más eficientes. Uno de los últimos desarrollos en este sentido ha sido el sistema MORE.

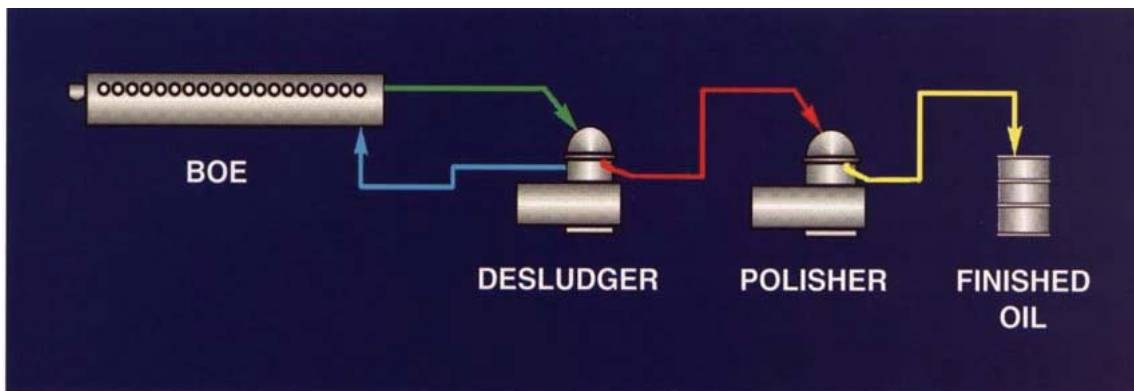


Figura 1.20. Esquema de separación de aceite esencial fuera de la extractora. Brown

El aceite esencial separado es después sometido a un proceso de decantación para separar las ceras naturales, filtrado y conservado en frío (5/-18 °C).

La aplicación del aceite de Limón es muy diversa:

1. Alimentación, como aromatizante.
2. Cosmética y perfumería.
3. Productos industriales de limpieza, etc.

1.3.3.3. Pulpa de Limón

La Pulpa flotante de Cítricos es la parte sólida del zumo bruto, obtenido en la extracción y separada por filtración. Tiene similares características químicas que el Zumo de Limón, en cuanto a °Brix, Acidez, Color, etc. La extracción de la Pulpa de Limón se hace a partir del Zumo bruto, procedente de la extractora, previo paso por un sistema de eliminación de defectos mediante ciclones y utilización de un tamiz o finisher final.



Figura 1.21. Esquema de Recuperación de Pulpa Cítrica. Cortesía de JBT Corporation

Para optimizar la recuperación de pulpa en cantidad y en calidad (Tamaño e integridad) hay que adaptar la configuración de la extractora, cambiando los tubos filtro por otros de perforación mayor, 0.062” Versus 0,040” utilizados para producción de Zumo, sin recuperación de Pulpa. La Pulpa recuperada puede conservarse en aséptico previa pasteurización de esta y preservar en frío a 0 °C o congelada.

La utilización de la Pulpa de Limón es diversa: Recuperación de la pulpa origina en Zumos procedentes de concentrado, Bebidas a base de zumo, Pastelería industrial, Fabricación de Snacks de fruta, etc.

1.3.3.4. Derivados de Corteza

Uno de los problemas medioambientales más significativos de la industria alimentaria, y en particular de la industria cítrica, es la gran cantidad de subproductos y residuos generados, suponiendo su gestión un gran coste para el sector. La minimización y valorización de estos residuos presenta una doble ventaja: reducir la carga contaminante contribuyendo al desarrollo sostenible del sector y obtener un mejor rendimiento de las materias primas mediante su uso integral. Así pues, dado su interés y sus posibilidades de aplicación, el procesado de los subproductos de cítricos se puede traducir para el fabricante de zumos Cítricos, en beneficios económicos.

Son varias las posibilidades de uso de las fracciones de extracción, en función de la composición de estos: ricos en Pectinas, Sólidos soluble, etc. Algunas de estas opciones quedan recogidas en la Tabla 1.4.

Hay futuro para seguir imaginando y desarrollando productos alternativos a partir de subproductos y convertir el procesado industrial de Frutas en un proceso Sostenible y muy rentable.

<i>Subproducto</i>	<i>Modo de aprovechamiento</i>
--------------------	--------------------------------

<p>Corteza</p>	<p>Producción de pectinas para la industria agroalimentaria</p> <p>Producción de ácido cítrico y ácido láctico</p> <p>Producción de bioetanol</p> <p>Producción de fibra dietética</p> <p>Extracción de flavonoides para la industria agroalimentaria y farmacéutica</p> <p>Extracción de carotenoides para la industria agroalimentaria y farmacéutica</p> <p>Materia prima para la industria confitera</p> <p>Alimentación para el ganado</p>
<p><i>Frit</i> o ralladura de corteza</p>	<p>Obtención de aceites esenciales y terpenos</p> <p>Mermeladas de Cítricos</p> <p>Alimentación para el ganado</p>
<p>Core o pulpa</p>	<p>Recuperación de los sólidos solubles, producción de Azúcares de Frutas</p> <p>Producción de fibra dietética de Fruta.</p> <p>Producción de Productos enturbiantes para su utilización en Bebidas refrescantes</p> <p>Producción de comminuted para Bebidas refrescantes y otros.</p> <p>Alimentación para el ganado</p>

Tabla 1.4.- Modo de aprovechamiento de diferentes subproductos cítricos

1.4. Legislación y Criterios de Calidad del Zumo de Limón

1.4.1 .Legislación

Actualmente, la legislación referente a los zumos se regula mediante el [Real Decreto 781/2013](#) en el Boletín Oficial del Estado (BOE), que establece las normas relativas a la elaboración, composición, etiquetado, presentación y publicidad de los **zumos de frutas** y otros productos similares destinados a la alimentación humana.

Este real decreto corresponde a la trasposición de la **Directiva 2012/12/UE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de abril de 2012, por la que se modifica la **Directiva 2001/112/CE** del Consejo relativa a los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana.

Su principal objetivo es adaptar al progreso técnico las normas sobre elaboración, composición y **etiquetado de los zumos de frutas** y otros productos similares destinados a la alimentación humana. Lo que significará un paso definitivo en la adaptación europea a las nuevas tecnologías y a las normas internacionales.

Las principales novedades legales derivadas de esta nueva legislación son las siguientes:

- La principal novedad de la nueva legislación, a iniciativa de la propia industria europea, es que **se prohibirá definitivamente la adición de azúcar** a los zumos, práctica tecnológica que apenas se usaba ya y que condicionaba además la declaración y denominación de zumo azucarado para estos productos con azúcares añadidos.
- Con la nueva norma **las mezclas de dos o más zumos se denominarán en orden decreciente** en el etiquetado, de acuerdo a la cantidad que contenga de cada uno en el producto y en correspondencia con la declaración que figure en la lista de ingredientes.
- Se introduce también expresamente en la definición de fruta un párrafo para aclarar que aquella que haya sido **sometida a tratamientos post cosecha**, puede ser empleada en la elaboración de zumos.

- Se sustituirá definitivamente la denominación legal 'Zumos a base de concentrado' por '**Zumos a partir de concentrado**'.
- Se autoriza también la **reincorporación facultativa de aromas** que procedan de la misma especie de fruta en los zumos, zumos a partir de concentrado y néctares.
- **Se autoriza el proceso de difusión** para la obtención de zumos concentrados en frutas deshidratadas.
- **Se reducen ligeramente los grados Brix** para los zumos de grosella, guayaba, mango y fruta de la pasión para adaptar sus características a la norma internacional.
- Por último, y como otra novedad principal, **se incluye y se legaliza definitivamente el zumo de tomate**, reconociendo el carácter de fruta de este producto y autorizando la adición exclusiva para este zumo de sal, especias y hierbas aromáticas, como viene siendo habitual en los zumos envasados comerciales de tomate.

Esta **nueva norma para zumos entrará en vigor** simultáneamente el **28 de octubre de 2013** en todos los Estados miembros de la **Unión Europea (UE)** y a partir de esta fecha se fija un **periodo transitorio de 18 meses (hasta el 28 de abril de 2015)** en el que los productos elaborados antes de la vigencia de la norma se podrán seguir comercializando hasta agotar sus stocks.

Además, para permitir a la industria informar a los consumidores adecuadamente, se autorizará desde el del 28 de abril de 2015 y hasta el 28 de octubre de 2016 del uso en las etiquetas de los zumos de una alegación provisional especial para informar de que a partir de esa fecha los zumos ya no contendrán azúcares añadidos.

Los tres productos básicos del sector zumos y néctares de acuerdo con la legislación vigente son:

Zumo de frutas: Es el producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas

por el frío, de una o varias especies, que posea el color, el aroma y el sabor característicos de los zumos de la fruta de la que procede. Se podrá reincorporar al zumo el aroma, la pulpa y las celdillas que haya perdido con la extracción. Los zumos de frutas deben obtenerse por procedimientos mecánicos de extracción.

Zumo de frutas a base de concentrado: Es el producto obtenido mediante la incorporación al zumo de frutas concentrado de la cantidad de agua extraída al zumo en el proceso de concentración y la restitución de los aromas, y en su caso, la pulpa y celdillas perdidas del zumo, pero recuperados en el proceso de producción del zumo de frutas de que se trate o de zumos de frutas de la misma especie. El agua añadida deberá presentar las características adecuadas, especialmente desde el punto de vista químico, microbiológico y organoléptico, con el fin de garantizar las propiedades esenciales del zumo. El producto así obtenido deberá presentar características organolépticas y analíticas por lo menos equivalentes a las del tipo medio de zumo obtenido de frutas de la misma especie. Los zumos procedentes de concentrado pueden obtenerse excepcionalmente a partir de concentrados elaborados por extracción (difusión) de agua in line. Los zumos a base de concentrado deben cumplir en su reconstitución con agua unas estrictas condiciones legales que están determinadas por su contenido final en grados Brix, siempre superior al del zumo directo y de acuerdo con la tabla legal (**Tabla 2**) que recoge los zumos de las frutas más comunes. Para el resto de frutas, aunque no estén reguladas legalmente, también existen referencias a los grados Brix en el Codex y en el Código de Buenas Prácticas de Fabricación de la Asociación europea de la Industria de Zumos y Néctares (AIJN).

Nombre común de la fruta	Nombre botánico	Valores mínimos de grados Brix para zumo de fruta reconstituido y puré de fruta reconstituido
Manzana	<i>Malus domestica</i> Borkh.	11,2
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i> L.	11,2
Plátano	<i>Musa</i> sp.	21,0
Grosella negra	<i>Ribes nigrum</i> L.	11,6
Uva	<i>Vitis vinifera</i> L. o sus híbridos. <i>Vitis labrusca</i> L. o sus híbridos.	15,9
Pomelo	<i>Citrus x paradise</i> Macfad.	10,00
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	9,5
Limón	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	8,0
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	15,0
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	11,2
Granadilla	<i>Passiflora edulis</i> Sims	13,5
Melocotón	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>Persica</i>	10,00
Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	11,9
Piña	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	12,8
Frambuesa roja	<i>Rubus idaeus</i> L.	7,0
Cereza agria	<i>Prunus cerasus</i> L.	13,5
Fresa	<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.	7,0
Mandarina/ Tangerina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	11,2

Tabla 1.5. Contenido final en grados Brix en zumos de frutas

Néctar de frutas: Es el producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, que se obtiene por adición de agua y de azúcares y/o miel a los zumos, al puré de frutas o a una mezcla de estos productos, y que esté conforme con el contenido legal mínimo de zumo de cada fruta. La adición de azúcares y/o

miel se autoriza en una cantidad no superior al 20 por ciento del peso total del producto acabado. En el caso de la elaboración de néctares de frutas sin azúcares añadidos o de valor energético reducido, los azúcares podrán sustituirse total o parcialmente por edulcorantes.

Zumo de frutas concentrado: Es el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies, por eliminación física de una parte determinada del agua. Cuando el producto esté destinado al consumo directo, dicha eliminación será de al menos un 50 por ciento. Se trata de un producto común en los EEUU pero de escasa o nula presencia comercial en Europa y en España.

Zumo de frutas deshidratado o en polvo: Es el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies por eliminación física de la práctica totalidad del agua. Se trata de un producto generalmente destinado al ámbito deportivo

Zumo de fruta extraído con agua: el producto obtenido por difusión en agua de:

- a) fruta pulposa entera cuyo zumo no puede extraerse por procedimientos físicos, o
- b) fruta entera deshidratada.

Zumo de limón: clarificado y turbio

La composición, físico – química, del Zumo de Limón , sus componentes fitoquímicos y bioactivos, depende de múltiples factores: variedad, patrón, madurez, condiciones ambientales, post-cosecha, almacenamiento y procesado. La presencia de compuestos bioactivos incrementa la capacidad antioxidante del zumo (Lorente et al., 2014). Aunque en la industrialización del limón se producen mayoritariamente Zumos turbios y sus concentrados, algunas cantidades de zumo se han destinado a su clarificación.

Los zumos turbios de Limón son aquellos que contienen pulpa en suspensión. El

contenido de estas puede controlarse por tamizado del zumo. Se utilizan y comercializan como tales y para la preparación de Zumos multifrutas, Néctares, bebidas refrescantes, Limonadas y todos aquellos productos que requieran turbidez y color.

Los Zumos clarificados de limón, tradicionalmente se han destinado a la preparación de bebidas, jaleas y productos de confitería; conviene destacar la importancia económica de las bebidas refrescantes a base de limón. La demanda por parte del consumidor de productos alimentarios naturales, elaborados sin la incorporación de aditivos, hacen que el Zumo clarificado de Limón haya despertado un interés creciente en la industria de conservas vegetales, como acidulante sustituyendo al Ácido Cítrico u otros acidulantes (Núñez, 1988). Especialmente la elaboración de productos “todo-fruta”.

La acidificación de alimentos tiene distintas funciones. Por un lado, bajar el pH permite excluir como posibles contaminantes a la mayoría de las bacterias y recluir el grupo de candidatos a mohos y levaduras. Por otro lado, ciertos ácidos no inhiben el crecimiento microbiano sólo porque disminuyen el pH sino también porque tienen interferencias metabólicas específicas con el desarrollo microbiano. Otra función de ciertos ácidos, fundamentalmente el cítrico, es la de actuar como complejante de ciertos iones metálicos que actúan como promotores de procesos de oxidación durante el pardeamiento.

Las ventajas que el zumo de limón clarificado tiene sobre otros acidificantes, como el zumo de limón turbio y el ácido cítrico (E-330), fueron demostradas por Saura (1993). Éste indica que la utilización de Zumo de limón clarificado por Ultrafiltración tangencial como acidulante en néctares de albaricoque y melocotón disminuye el contenido final de furfural e hidroximetilfurfural respecto a néctares elaborados con E-330, después de almacenamiento en condiciones adversas (45°C durante 20 días), disminuyendo, por tanto, los efectos del desarrollo de productos del pardeamiento. La adición de zumo de limón, tanto turbio como clarificado, a melocotones enlatados en almíbar mejora los parámetros de color, contenido en vitamina C y destrucción

de azúcares, respecto del acidulado con E-330. Según este mismo autor, las ventajas del zumo de limón clarificado sobre el turbio son variadas. Por un lado, las acciones favorables del zumo de limón clarificado en la protección del color y la inversión de la sacarosa se manifiestan antes que en el Zumo turbio. Por otro lado, y como sólido argumento, el análisis organoléptico de melocotones enlatados revela un rechazo de las muestras con jugo de limón turbio, en las que se aprecian olores y sabores extraños y aspereza; los acidificados con Zumo de limón clarificado, sin embargo, son más apreciados incluso que las muestras de referencia, debido al perfil aromático enriquecedor que este zumo aporta como consecuencia de la ausencia de hidrocarburos terpénicos en el clarificado (Saura, 1993).

El proceso de clarificación de Zumos cítricos más usado actualmente es la filtración tangencial, de donde se obtiene como subproducto un retenido o retentado enriquecido en componentes del zumo, siendo muy interesante como enturbiantes naturales, para su empleo en bebidas (Núñez, 1988). De este modo continúa la línea de aprovechamiento integral del limón.

Un proceso habitual, posterior a la clarificación del zumo, es su concentración. El mayor constituyente del zumo de limón es el agua, eliminarla es fundamental para facilitar su almacenamiento, conservación y transporte. En el proceso de concentración se pierden la mayor parte de compuestos aromáticos del zumo, reduciéndose incluso hasta el 5% de la cantidad inicial (Núñez, 1988; Saura, 1993), disminuye aún más las posibilidades de formación de sabores y olores extraños y desagradables como consecuencia de la degradación de estos compuestos.

Algunos de los compuestos bioactivos más importantes del zumo de limón son la vitamina C, los flavonoides y los terpenos del aceite esencial. Durante la filtración tangencial de zumo de limón para su clarificación se da una pérdida casi total de los terpenos del aceite esencial. Respecto a la vitamina C y los ácidos orgánicos, la clarificación conlleva un descenso del porcentaje inicial poco significativo (Saura, 1993).

1.4.2 .Criterios de Calidad en Zumos Cítricos

Las exigencias legales para los frutos destinadas a su transformación están fijadas (REGLAMENTO (CE) Nº 1092/2001 DE LA COMISIÓN del 30 de mayo de 2.001), donde se especifica las condiciones de calidad que deben reunir los frutos entregados a la industria sobre todo en cuanto a rendimientos de extracción de zumo y concentración de sólidos solubles se refiere. Pero además, existen componentes ya mencionados anteriormente como es el caso del aceite esencial, que con pequeñas modificaciones en su concentración, ocasiona graves problemas sensoriales en el zumo. Por otro lado, existen componentes realmente valiosos de los zumos cítricos, como pueden ser: ácido cítrico, vitamina C, flavonoides, carotenoides etc, cuyo efecto beneficioso para la salud es ya bien conocido (Benavente-García, *et al.*, 1.997; Rouseff y Nagy, 1.994). El conocimiento objetivo de la calidad de cada variedad procesada y de su posible variación debido a las prácticas culturales, zonas de procedencia, época de recolección, condiciones climatológicas, características del fruto (tamaño, índice de madurez), e incluso en las etapas de producción, contribuiría a la mejora de la calidad sensorial y nutritiva de los zumos obtenidos. Una vez más, es importante resaltar la diferenciación, que en otros países se lleva a cabo, entre los cultivares destinados o idóneos para el consumo en fresco y los orientados a la obtención de zumos en la industria.

Guías de Referencia para Zumos. Código de Prácticas de AIJN

Existe, en la Unión Europea, un código de prácticas (CoP), publicado por AIJN (Asociación de la Industria de Zumos y Néctares en Europa), basado en la definición de unos estándares para los diferentes parámetros que definen los diferentes Zumos y referenciados en guías para cada Zumo. Estos se obtienen del análisis de todas las variedades que son de especial interés para la industria de procesado en conjunto y cuya revisión periódica se lleva a cabo por un grupo de expertos. Ya que son muchos los factores que influyen, tanto en la materia prima como en la calidad final del zumo: exprimido, tamizado, conservación (López, 1.995), sería difícil la implantación de estándares universales.

El sistema de extracción también es un importante condicionante de la calidad

del zumo obtenido, debido a su influencia directa sobre los siguientes parámetros: contenidos en sólidos insolubles en agua (SIA), pulpa, pectinas, turbidez (nube), actividad pectinesterásica (UPE), y aceites esenciales (Lafuente, 1.985), sería interesante la comparativa entre los existentes.

A.I.J.N. es la representante de las asociaciones de productores, envasadores y comercializadores de Zumos y derivados en la Unión Europea. El propósito general de A.I.J.N es representar, promover y proteger los intereses profesionales y corporativos de la industria europea de zumos de frutas. Una de las principales actividades de A.I.J.N. es el desarrollo de instrumentos como guías de referencia, códigos de prácticas, etc., para el beneficio de la industria de zumos de frutas, como anteriormente citado. Las Guías de los diferentes Zumos se agrupan en el Código de prácticas para la industria de Zumos de AIJN.

En las guías del CoP de A.I.J.N se recogen una serie de valores de referencia para considerar a un zumo como aceptable. Hay dos tipos de parámetros.

- Parámetros A. Aquellos que tienen un absoluto requerimiento respecto a la calidad del zumo (**Tabla 1.6**).
- Parámetros B. Aquellos que tienen un criterio relevante para la evaluación de la identidad y autenticidad del zumo (**Tablas 1.7 y 1.8**).

A continuación se incluyen algunos de los principales parámetros de los grupos A y B, de la Guía del Zumo de Limón con los valores de referencia. Estos parámetros son continuamente revisados y actualizados con nuevas publicaciones o valores de Zumos auténticos procedentes de la Industria.

Densidad (Kg/L)	Zumo directo: min	
------------------------	----------------------	--

	1.028	
	Zumo concentrado: min 1.032	
° Brix	Zumo directo: min 7 Zumo concentrado: min 8	
Ácido Ascórbico (mg/L)	Min: 150	El contenido está sujeto a variaciones según variedad, maduración y condiciones de almacenamiento. El contenido en ácido ascórbico en zumo fresco está alrededor de los 300 mg/L.
Aceites Volátiles (ml/L)	Max: 0,5	
Etanol (g/L)	Max: 3.0	
Ácido Láctico (g/L)	Max: 0.2	
D-Ácido Málico (mg/L)	No presenta	El D-Ácido Málico no está presente en el fruto. Pequeñas cantidades medidas pueden deberse a la metodología analítica seguida.
Ácido Sulfuroso (mg/L)	No presenta	El Ácido sulfuroso no está presente en la fruta. Sin embargo, la adicción de sulfuroso está permitida acorde con la legislación nacional y debe ser citado en la etiqueta del producto.

Hidroximetilfurfural (mg/L)	Max: 20	
Arsénico y Metales Pesados		
Arsénico (mg/L)	Max: 0.1	En productos almacenados los valores máximos de hierro y estaño son posibles pero no deberían pasar de los límites oficiales.
Plomo (mg/L)	Max: 0.2	
Cobre (mg/L)	Max: 5.0	
Zinc (mg/L)	Max: 5.0	
Hierro (mg/L)	Max: 5.0	
Estaño (mg/L)	Max: 1.0	
Mercurio (mg/L)	Max: 0.01	
Cadmio (mg/L)	Max: 0.02	

Tabla 1.6. Parámetros A. Parámetros de Definición y calidad. Guía del Zumo de Limón. CoP

A continuación se detallan los parámetros para la evaluación de la Identidad y Autenticidad, parámetros B del Zumo de Limón, según AIJN. Tabla 1.7.

		<u>Comentarios</u>
Acidez a p.H 8.1 (mval)	700-900	La acidez es esencialmente determinada por la proporción de ácido cítrico y está sujeto a variaciones. Los valores indicados corresponden desde 44.8 hasta 62 g/l calculados como ácido cítrico anhídrido a p.H 8.1

Ácido cítrico (g/L)	45-63	
D-Ácido Isocítrico (mg/l)	230-500	Los zumos Americanos e Israelís se sitúan en rangos elevados, mientras que los zumos Italianos en rangos bajos. Valores por debajo de los 230 mg/L no se observan.
Ratio: Cítrico/ Isocítrico	Max: 200	Las concentraciones de ácido cítrico están correlacionadas con los de D-Isocítrico. Además, el ratio puede ser usado para detectar una acidificación con ácido cítrico. Ratios por debajo de 100 fueron encontrados en algunos casos. Sólo en algunos casos se ha superado el ratio en 240. Mientras que los zumos Italianos muestran los valores más altos (180 aprox), en zumos de Sudamérica, California, España e Israel están normalmente por debajo.
L-Ácido Málico (g/L)	1.0-7.5	El L-Ácido Málico depende de la procedencia, por ésta razón el valor central no está definido. Zumos que provienen de Sudamérica están normalmente por la parte alta del rango y el valor central está por encima de 4 g/L, zumo del área Mediterránea rara vez exceden de 4 g/L y tienen un valor central en 2 g/L. Algunos zumos Italianos pueden estar por debajo del rango. Valores inferiores a 1 g/L pueden ser el resultado de una degradación microbológica.
Cenizas (g/L)	2,3-4,3	Los valores de cenizas están influenciados entre otras cosas por la técnica de extracción. El contenido en cenizas no presenta correlación con la procedencia de la fruta. En casos con un alto contenido junto con un bajo porcentaje de potasio

		en las cenizas, el zumo tiene que estar aislado de un posible tratamiento de sulfitado.
Sodio (mg/L)	Max: 30	Valores por encima de 30 mg/L indican un procesado inadecuado o tratamientos inadmisibles. Debido a los métodos tecnológicos de procesado usados en el procedimiento de la extracción del aceite de la corteza, el contenido en sodio puede elevarse hasta los 40 mg/L. Para zumos que provienen de concentrados, los valores pueden estar influenciados a través del agua usada para su reconstitución.
Potasio (mg/L)	1100-2000	La concentración de potasio está relacionada con la de cenizas. Entre zumos procedentes de países distintos no se han observado diferencias en su concentración. No se han encontrado valores por encima del límite superior del rango. Sólo algunos zumos italianos se han situado por debajo del límite inferior del rango.
Magnesio (mg/L)	70-120	El contenido en magnesio no está relacionado con la variedad ni el origen de la fruta. Para zumos procedentes de concentrados, los valores pueden estar influenciados por el agua de reconstitución.
Calcio (mg/L)	45-160	El contenido en calcio está muy relacionado con la textura de la fruta. El contenido en calcio es observado en zumos procedentes de regiones Mediterráneas, los cuales pueden sobrepasar el valor máximo específico, que podría ser resultado de la tecnología. Valores por debajo de los 50 mg/L rara vez se han observado. Para zumos procedentes de concentrados, los valores pueden

		estar influenciados por el agua de reconstitución.
Fosforo (mg/L)	80-150	Ocasionalmente se han alcanzado valores cercanos al mínimo. No hay correlación respecto al contenido en fosforo y la procedencia de la fruta analizada, no obstante los zumos Italianos y Españoles tienden hacia valores bajos. El porcentaje de fosforo en las cenizas es independiente de la procedencia de la fruta y el rango está entre 2,5-4,5.
Nitratos (mg/L)	Max. 10	Los limones no absorben nitratos; en la producción del zumo de limón y, como resultado de la técnica de procesado, la absorción del nitrato no es posible. Normalmente los zumos de limón tienen un contenido en nitratos menor a 5 mg/L. Para zumos procedentes de concentrados, los valores pueden estar influenciados por el agua de reconstitución.
Sulfatos (SO₄) (mg/L)	Max. 100	En zumos sulfitados el valor máximo puede ser sobrepasado.
Índice de Formol (ml NaOH0,1/100ml)	13-26	En zumos de procedencia industrial los valores se aproximan mucho al rango establecido.
Flavonoides (mg/L)	Max. 1500	El contenido está altamente influenciado por la textura de la fruta y la tecnología aplicada. Adiciones de pulpa o piel pueden elevar su contenido. La eriocitrina es el flavonoide más característico de los limones y limas. El contenido en hesperidina lo determinados mediante HPLC

		con un rango comprendido entre los 200-800 mg/L para zumos turbios. Para productos clarificados los valores indicados son inferiores, especialmente el de hesperidina. El contenido en narangina es la mayoría de las ocasiones superior a 10mg/L.
Pectina soluble en agua (mg/L)	Max. 700	El contenido en sustancias pecticas está influenciado por la textura de la fruta y la tecnología utilizada. Especialmente el crecimiento en zumos Italianos e Israelís de sustancias pecticas fueron debido a la tecnología utilizada. En general, los valores de zumos procedentes de las áreas Mediterráneas son mayores que los procedentes de otras regiones.
Glucosa (g/L)	3-12	
Fructosa (g/L)	3-11	
Ratio Glucosa/Fructosa	0,95-1,3	Ratios Glucosa/Fructosa inferiores a 1 es raro; valores inferiores a 0,95 indican un alto grado de degradación microbológica de la glucosa. Ratios por encima de 1,2 son considerados como una excepción. La mayor concentración de Glucosa y Fructosa está detectada en zumos con procedencia Israelí. En algunas casos, los zumos Israelís exceden del límite superior del rango.
Sacarosa (g/L)	Max. 7	
Extracto de azúcares libres (g/L)	65-82	La cantidad del extracto de azúcares libres es principalmente determinado a través del contenido en ácido del zumo. Especialmente los zumos Sudamericanos tienden a estar en la parte alta del rango, mientras que los de la zona Mediterránea

en la parte inferior.

Tabla 1.7. Parámetros B. Criterios para la evaluación de la identidad y autenticidad del zumo de limón. Guía del Zumo de Limón. CoP

También se incluyen los valores de Aminoácidos.

Ácido Aspártico	300-800	<p>La concentración de prolina depende directamente de la procedencia de la fruta. Zumos Sudamericanos presentan los valores más bajos de prolina; en algunos casos por debajo de los 100 g/L. Los zumos procedentes del área Mediterránea presentan valores por encima de los 350 mg/L, sobrepasando en algunos casos los 800. En zumos de Italia, hay una cierta tendencia a observar valores de ácido aspártico muy bajos, sin embargo, los valores de ácido glutámico están en la zona elevada del rango. Ningún zumo está por debajo del mínimo valor de ácido aspártico; valores en la parte alta del rango corresponden especialmente a zumos de lima. En algunos casos valores en el límite superior de serina y alanina pueden ser ligeramente excesivos. Un aumento en el contenido en arginina indica el uso de zumos procedentes de otras especies de cítricos.</p>
Treonina	10-30	
Serina	135-370	
Asparagina	130-600	
Ácido Glutámico	160-400	
Glutamina	Max. 45	
Prolina	100-800	
Glicina	7-25	
Alanina	80-260	
Valina	8-35	
Metionina	Max. 5	
Iso-Leucina	3-10	
Leucina	3-10	
Tirosina	Max. 7	
Fenilalanina	8-40	
Lisina	5-20	
Histidina	Max. 10	
Arginina	Max. 100	

Tabla 1.8. Parámetros B. Aminoácidos (mg/L)

Todos estos criterios juntos forman la Guía de Referencia para el Zumo de Limón. Su actualización se hace cada 6 meses por un Comité de expertos independiente que evalúa los trabajos que sobre el tema se hayan hecho.

La interpretación de la calidad y autenticidad de un zumo, una vez analizados los parámetros expuestos, debe hacerse por un grupo de expertos para evitar errores y debe evaluarse teniendo en cuenta factores analíticos y otros como procedencia, climatología, etc.

1.5. Cambio climático

El cambio climático se refiere a cualquier cambio en el estado del clima que puede ser identificado por una variación persistente de sus propiedades durante un periodo determinado de tiempo, normalmente referido a décadas o incluso periodos mayores. El cambio climático puede ser debido a procesos naturales internos o fuerzas externas tales como los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera o del uso del suelo. Según “The United Nations Framework Convention on Climate Change” (UNFCCC), en su artículo 1, se define cambio climático como: “Un cambio climático que es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana la cual altera la composición global de la atmósfera y que representa un cambio respecto a la variabilidad natural del clima durante un periodo de tiempo comparable”. Además, la UNFCCC hace distinción entre el cambio climático

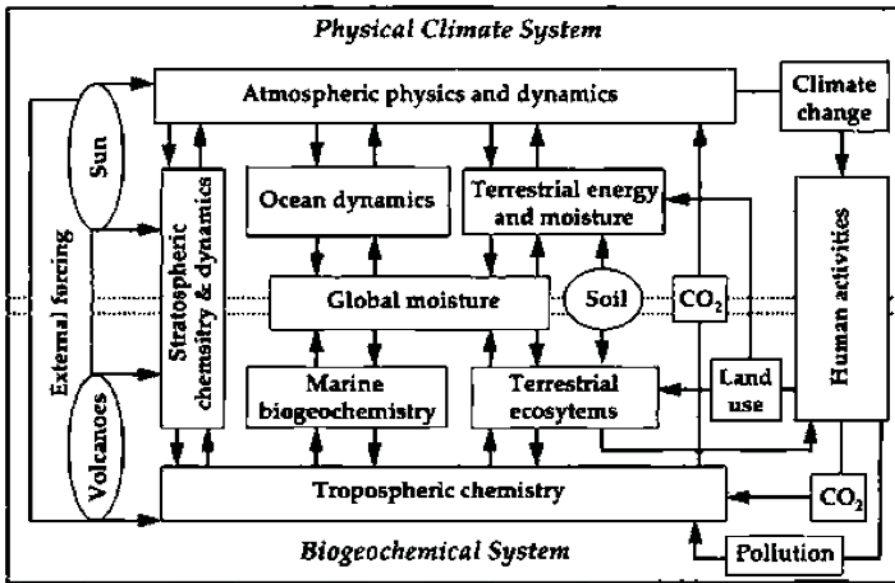
atribuido a la actividad humana alterando la composición atmosférica, y la variabilidad atribuida a causas naturales.

Durante las últimas dos décadas, el segundo grupo de trabajo del “Intergovernmental Panel on Climate Change” (*IPCC*), ha desarrollado una serie de evaluaciones sobre impactos, adaptación y vulnerabilidad ante el cambio climático. El informe AR5, desarrollado a partir del “Informe AR4” (2007) y el “Informe Especial sobre Manejo de los Riesgos de Eventos Extremos y Desastres como Adaptación al Cambio Climático” publicado en 2012, refleja, abordando desde un enfoque multidisciplinar y regional, una extensa base bibliográfica sobre los diferentes impactos de la sociedad en el Clima (IPCC WGII, 2014).

La Agencia Estatal de Meteorología ofrece, a través de su plataforma online, una serie de estudios y gráficos sobre la tendencia evolutiva del clima en España hasta el año 2100. Dichos gráficos son resultado de complejos estudios llevados a cabo de modo global y que han sido extrapolados a las situaciones locales teniendo en cuenta diversos factores que acompañan a los diferentes fenómenos meteorológicos tales como corrientes, geografía y relieve, crecimiento demográfico, índices de contaminación o ciclos naturales como el fenómeno de “El niño”.

Figura 1.22. Diagrama del sistema Tierra. IGBP, 1994

Los modelos de cambio climático como el reflejado en la figura 22 son a menudo objeto de numerosas críticas debido a la cantidad de factores que integran. No obstante, las técnicas de estimación y previsión, así como la integración de nuevos estudios y teorías hacen que cada vez sean más completos. Son muchas las disciplinas que tienen que aportar su granito de arena para completar los modelos de cambio climático. Por ejemplo el cambio previsto en el uso del suelo vinculado a su vez con la erosión y el crecimiento económico-demográfico de países emergentes (Leemans *et al*, 2014). Los modelos más avanzados son los “General Circulation Models” (GCMs) ya que simulan las características espacio-temporal del sistema clima, y los modelos “Ccycle” que simulan el conjunto global de clima. Los más diversos grupos de modelos se clasifican por impactos.



Muchos
sectores
han

desarrollado su propio modelo de estimación teniendo en cuenta uno o más aspectos del cambio en la composición de la atmosfera y/o el cambio climático. En particular los modelos agronómicos, hidrológicos y ecológicos son ejemplos de estos desarrollos. Los esfuerzos ahora se centran en armonizar la gran cantidad de impactos para estandarizar y mejorar la metodología empleada (Carter *et al.*, 1994).

Uno de los modelos más extendido o popularizados fue el IMAGE 2 pero ya han surgido competidores que se adaptan mejor a nivel local o regional. No obstante, los modelos evolucionan constantemente con mejores algoritmos, mejor diseño de escenarios e incorporación de diferentes disciplinas.

Con todo esto, es necesario realizar una definición técnica de “escenario”. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. La posibilidad de que en la realidad las emisiones evolucionen tal como se describe en alguno de estos escenarios es muy remota (Grupo III IPCC, 2000).

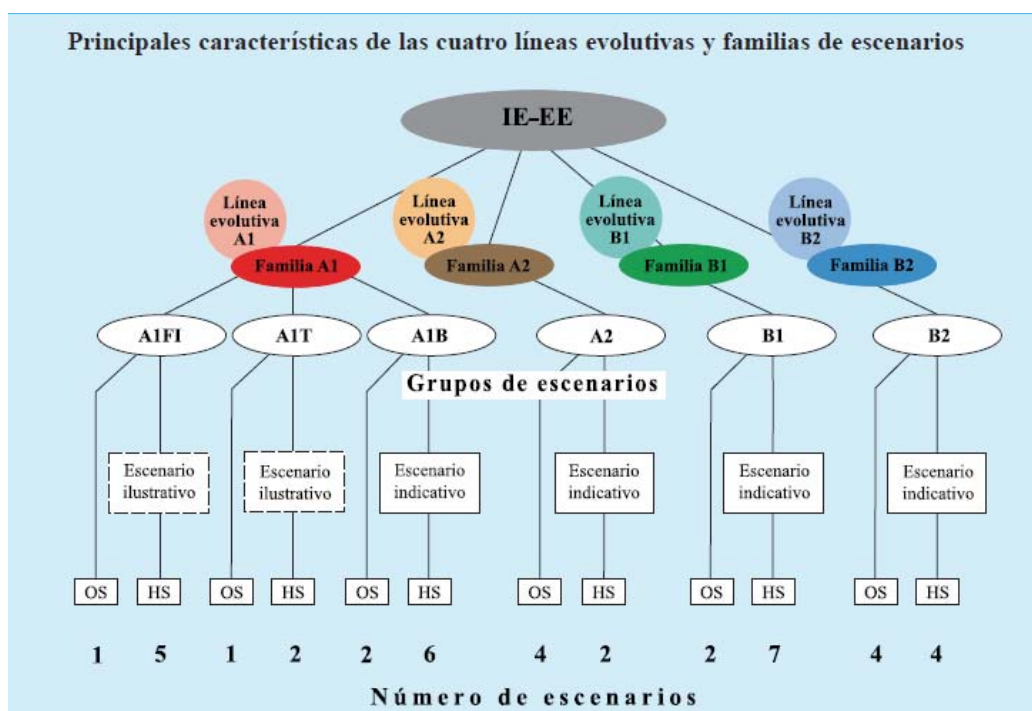


Figura 1.13. Ilustración esquemática de los escenarios IE-EE. Grupo III de trabajo del IPCC, 2000

Cuatro líneas evolutivas cualitativas proporcionan cuatro conjuntos de escenarios denominados “familias”: A1, A2, B1 y B2 (Figura 24). En total, seis equipos de modelizadores desarrollaron 40 escenarios IE-EE. Todos ellos son igualmente válidos, y no tienen asignadas probabilidades de hacerse realidad. El conjunto de escenarios se compone de seis grupos de escenarios tomados de las cuatro familias: un grupo de cada una de las familias A1, B1 y B2, y tres grupos de la familia A1, que caracterizan el desarrollo alternativo de tecnologías de energía: A1FI (utilización intensiva de combustibles de origen fósil), A1B (equilibrado) y A1T (predominantemente con combustibles no de origen fósil). Dentro de cada familia y grupo de escenarios, algunos de ellos comparten supuestos “armonizados” sobre la población mundial, el producto interior bruto y la energía final. Éstos están marcados con los grupos de letras “HS”, en el caso de los escenarios armonizados, y con “OS” para los escenarios que exploran las incertidumbres asociadas a las fuerzas determinantes más allá de los escenarios armonizados. Se indica también el número de escenarios desarrollados en cada categoría. Para cada uno de los seis grupos de escenarios se ofrece un escenario ilustrativo (que será siempre armonizado). En el proceso abierto del IE-EE de

1998 se utilizaron cuatro proyectos de escenario indicativos, uno para cada familia. Se incluyen también otros dos escenarios ilustrativos de los grupos A1FI y A1T, con lo que se obtiene un total de seis escenarios ilustrativos de todos los grupos de escenarios. Todos ellos son igualmente correctos (IPCC, 2000).

Sin embargo, en el año 2100 el mundo habrá experimentado cambios que resulta difícil imaginar, tan difícil como habría sido concebir, a finales del siglo XIX, los cambios acaecidos en los 100 años subsiguientes. Cada línea evolutiva está basada en una dirección de los acontecimientos futuros claramente diferenciada, de tal manera que las cuatro líneas evolutivas difieren con un grado de irreversibilidad creciente. En su conjunto, describen futuros divergentes que cubren una parte considerable de las incertidumbres inherentes a las principales fuerzas determinantes. Abarcan una gran diversidad de características “futuras” decisivas, como el cambio demográfico, el desarrollo económico o el cambio tecnológico. Por esa razón, su plausibilidad o su viabilidad no deberían considerarse solamente en base a una extrapolación de las tendencias económicas, tecnológicas y sociales actuales (Grupo III IPCC, 2000).

La línea evolutiva y familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B) (Grupo III IPCC, 2000).

La familia de líneas evolutivas y escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (Grupo III IPCC, 2000).

La familia de líneas evolutivas y escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima (Grupo III IPCC, 2000).

La familia de líneas evolutivas y escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional (Grupo III IPCC, 2000).

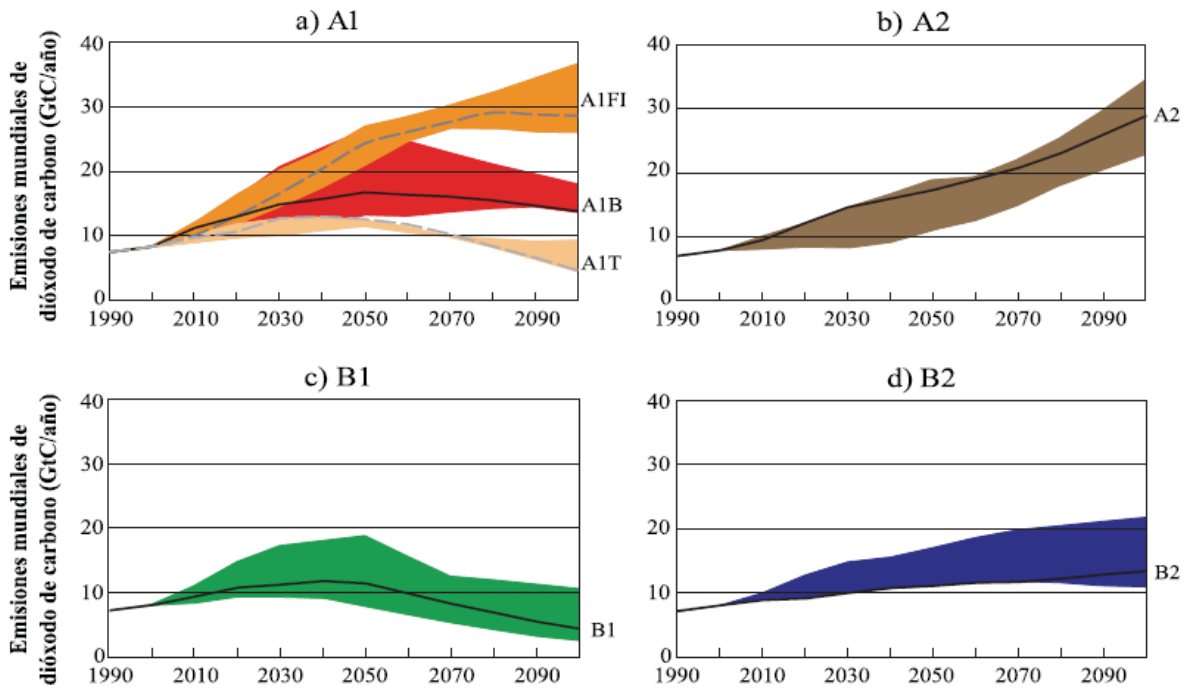
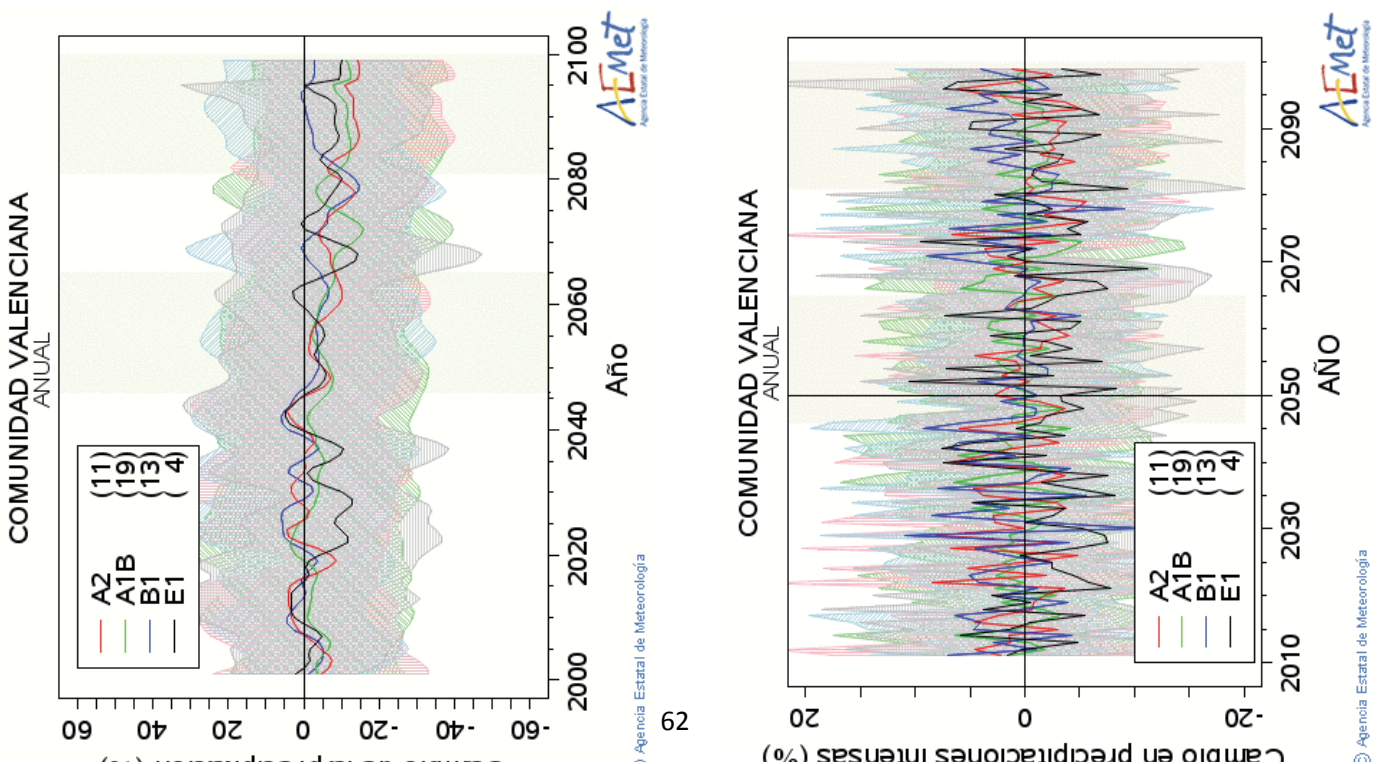


Figura 1.24. Emisiones de dióxido de carbono mundiales en gigatoneladas de carbono (GtC/año). Escenarios. Fuente Grupo III IPCC, 2000

A continuación, los gráficos de la AEMET ilustrando los modelos de cambio climático a nivel nacional y regional por categorías. Dichos gráficos son resultado de la adaptación, a nivel local, de los modelos anteriores desarrollados por IPCC.



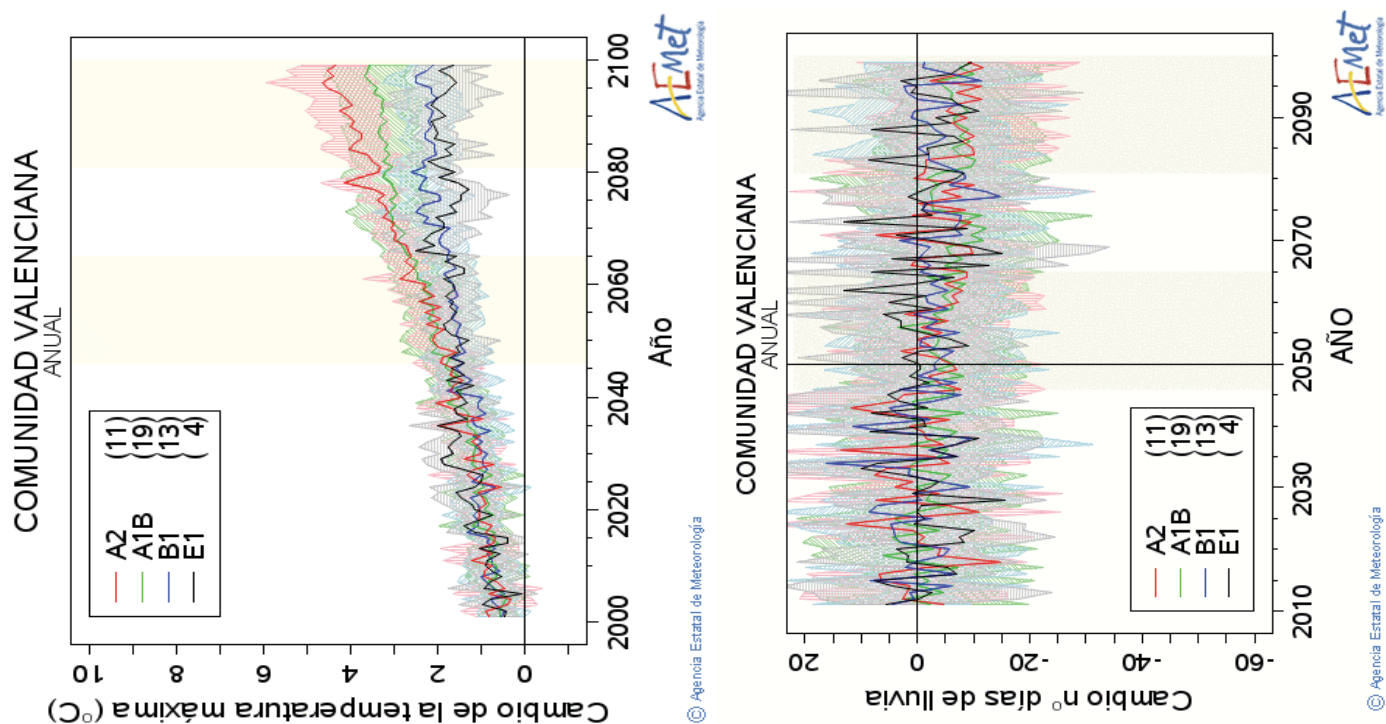


Figura 1.25. Cambios en la precipitación, temperatura máxima, intensidad de lluvia y días de lluvia en la Comunidad Valenciana. AEMET 2014

Según las estimaciones de la AEMET, siguiendo los modelos del IPCC, el clima se caracterizará por la mayor frecuencia de episodios extremos donde las precipitaciones disminuirán al igual que lo harán los días de lluvia anuales. Habrán más episodios de noches tropicales, donde la diferencia entre temperatura diurna y nocturna no será tan acentuada. Efecto que se acentúa al incrementar la intensidad de las lluvias.

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$>15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$

Torrenciales	>60
--------------	-----

Tabla 1.9. Clasificación de la intensidad de lluvias. AEMET

Al mismo tiempo las temperaturas máximas aumentarán batiendo los records registrados hasta el momento.

Año 2014.

En el año 2014 se registraron temperaturas inusuales del agua del mar llegando a valores de 25 °C en las costas del Levante para los meses de Octubre y principios de Noviembre y lluvias torrenciales con episodios de “Gota fría” en Septiembre. Además se registraron 2 años de sequía meteorológica anteriormente.

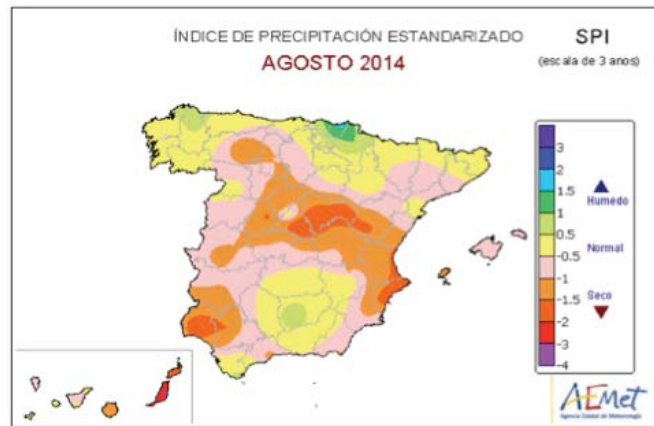


Figura 1.26. Datos meteorológicos de 2014 en España

El presente estudio se basa en el estudio de los parámetros de calidad de zumo de limón de frutos recogidos a lo largo del mes de Junio de 2014. Periodo en el que se registraron hasta dos episodios de lluvias clasificadas como “fuertes” y “muy fuertes”, tras un periodo de sequía de 3 años (AEMET Junio 2014).

Además se recogieron datos climáticos de la estación meteorológica situada en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (E.P.S.O.). De este modo se pretende vincular los efectos de un clima extremo en los diferentes parámetros del zumo de limón.

Por otro lado se estudiarán los resultados obtenidos en un estudio paralelo sobre caracterización de zumo de limón español utilizando las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05, además de la información climática facilitada por la AEMET

CAPÍTULO II



CAPITULO II. Materiales y métodos

BLOQUE 1. CARACTERIZACION DEL ZUMO DE LIMON INDUSTRIAL

2.1. Materiales y metodología específica del Capítulo III. “Caracterización del zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.) ”

2.1.1. Producción de Zumo de limón

Para la realización de este estudio se seleccionaron dos variedades típicas de limón cultivadas en Murcia: 'Verna' y 'Fino'. Los limones fueron proporcionados por diferentes fábricas locales de extracción y procesado de zumos cítricos. Los limones fueron procesados en la Planta Piloto de la Universidad Miguel Hernández, que forma parte de la alianza IBMC-JBT Corp., FoodTech para la extracción de zumo. El extractor utilizado para la extracción fue proporcionado por JBT FoodTech, separando el zumo de los otros componentes de la fruta, permitiendo la obtención de un zumo de alta calidad. Una vez obtenido el zumo, se separó la pulpa en suspensión del zumo en un finisher, quedando únicamente 8.12% de pulpa precipitable. Noventa y dos muestras de zumo de limón sin pulpa se concentraron en un evaporador de película descendente (Inoxpaser, Molina de Segura, Murcia, España) con un flujo de alimentación de 100 L/h y efecto de vacío adiabático. El evaporador elimina la mayor parte del agua hasta que el zumo alcanza una alta concentración de azúcares (65 °Brix). Las muestras fueron recolectadas durante tres campañas diferentes (2002-2003, 2003-2004, 2004-2005) y se analizaron por duplicado conforme a los métodos descritos a continuación.

2.2. Materiales y metodología específica del Capítulo IV. “Estudio sobre los efectos del cambio climático en los parámetros de calidad de zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm)

2.2.1. Procedimiento de extracción para la producción de Zumo de limón

Se realiza una selección de la materia prima, en la que se elimina la fruta en mal estado, rota o deteriorada y restos de hojas, tierra, etc. Después se procede al lavado de la fruta con agua a presión y detergente FC-395 de FMC Food Tech, (Lakeland, Fla, U.S.A). La fruta se conduce a un calibrador de rodillos de JBT Food Tech, (Lakeland, Fla, U.S.A), en el que es separada en fracciones de talla comprendida entre valores normalizados en función del tamaño de copa en la que se va a procesar y del ensayo a realizar. La fruta, una vez calibrada, se distribuye en fracciones de peso conocido (de 20 a 30 Kg) de manera aleatoria en tres contenedores diferentes. El pesado de las fracciones se realiza en una Balanza de Mobba (Alcobendas, Madrid, España) cuyo peso máximo son 100 Kg y precisión ± 0.05 kg .Cada prueba de extracción se realiza por triplicado.

La extracción del fruto se realiza en una extractora industrial FMC "In Line", modelo 291 de 75 golpes por minuto, equipada con cinco copas de extracción, dos con configuración STD (Estándar) o normal (sin restrictor) y tres con configuración PJE (Premium Juice Extraction) o mejorada de FMC Food Tech, (Lakeland, Fla, U.S.A) convenientemente modificadas para los ensayos en planta piloto. Los componentes de extracción utilizados se recogen en la siguiente tabla:

	COPA DE EXTRACCIÓN				
	2 ^{3/8} "	3" PJE	3" STD	4" PJE	4"STD
Cuchilla tubo orificio	3/4"	3/4"	1"	1"	1 ^{1/4} "
Restrictor	NO	NO	NO	7/16" Largo	NO
Strainer (Tubo Filtro)	0.040"	0.040"	0.040"	0.040"	0.040"
Beam Setting	-----3/4"-----				

Tabla 2.1. Configuración extractora P. Piloto EPSO

La configuración mejorada ha permitido reducir la parte del flavedo que entra en contacto con el zumo y que procede del tapón de corteza extraído por la acción de los cortadores de la copa superior e inferior de la extractora (Core). El diámetro máximo del cortador en la configuración mejorada se ha disminuido hasta un diámetro inferior a 1" (en las copas de 2" ^{3/8} y 3"PJE) lo que permite lograr un menor contenido de aceite esencial en el zumo (Cross *et al.*, 1.993 y Saura *et al.*, 2.002) El tamaño de las copas y

la talla óptima de la fruta a procesar es de 2^{3/8} para procesado de fruta con diámetro latitudinal inferior a 66 mm, 3" PJE y 3" STD para fruta cuyo diámetro latitudinal se encuentra comprendido entre 66 y 80 mm y 4" PJE y 4" STD para la fruta con diámetro latitudinal superior a 80 mm (Citrus Extractor Reference Guide).

Por tanto, en un ensayo con fruta calibrada se considera, que el diámetro latitudinal de toda la materia prima procesada se encuentra dentro del rango de tamaño establecido para cada copa de extracción a utilizar. Por el contrario, en un ensayo con fruta no calibrada se considera que el diámetro latitudinal de la materia prima no se encuentra dentro de la talla adecuada a la copa de extracción, lo que significa que la fruta es procesada sin calibrar, tal y como llega a las industrias de extracción procedente de los almacenes de exportación en fresco.

De la fruta procesada, durante la fase de extracción, se obtienen, por separado, las fracciones de zumo con pulpa, raspadura de corteza (Frit), corteza (piel) y la descarga del tubo de orificio que contiene la parte central de la fruta (core), junto con membranas, semillas y los dos cortes circulares de corteza que sirvieron para la extracción del zumo por el tubo filtro. Los rendimientos de extracción se calculan a partir del peso de zumo obtenido expresado en porcentaje con respecto al peso de fruta procesada.

La configuración de la extractora en Brasil y Florida es diferente a la que se tiene en la Planta Piloto de Orihuela.

2.3. Materiales y metodología específica del BLOQUE 1.

2.3.1. Contenido en sólidos solubles

Los sólidos solubles disueltos en los zumos se analizaron con un refractómetro manual (Abbe WYA-S, Optic Ivymen® System, Barcelona, Spain) a 25° C. Los valores se expresaron como ° Brix.

2.3.2. Acidez

La determinación de la acidez valorable en los zumos de limón se determinó siguiendo la norma IFU nº 3. Los zumos se valoraron con hidróxido de sodio 1 N utilizando como indicador fenoftaleína y monitorizando el pH de la muestra con un pH-metro hasta que alcance un pH de 8,1 y se mantenga en él 20 segundos.

2.3.3. Índice de formol

El principio de la determinación del índice de formol se basa en la reacción que se produce entre, el grupo básico amínico (-NH₂) y el grupo carboxílico (-COOH), en una solución neutralizada que se encuentran en equilibrio. Por adición de solución de formaldehído (formol) neutralizada se libera un H⁺ por cada molécula de ácido aminado, que posteriormente se valora potenciométricamente (pH 8,1) con solución de NaOH 0,1 N (Norma IFU nº 30).

Para la determinación, se valoraron 25 mL de zumo de limón con NaOH 0,1 N y el resultado fue expresado en mL NaOH 0,1N /100 mL.

2.3.4. Azúcares y ácidos orgánicos

La determinación de azúcares y ácidos orgánicos se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Para ello, las muestras fueron acondicionadas centrifugándose a 15000 rpm durante 5 minutos y filtrando el sobrenadante a través de un filtro PVDF de 0,45 µm. Posteriormente este filtrado se introduce en un cartucho de separación en fase sólida Sep-Pak C18 previamente activado con volúmenes iguales de metanol, agua y aire (10:10:10), donde los compuestos fenólicos quedan retenidos.

El análisis de 10 µL se llevó a cabo en un equipo La Chrom (Merck-Hitachi) dotado con un detector de arreglo de diodo L-7450 y un detector de índice de refracción. La utilizada fue una columna Supelcogel C610H (30 cm x 7,8 mm)

precalentada a 30 °C, protegida con una precolumna Supelcogel C610H (5 cm x 4,6 mm). Para el análisis de los ácidos orgánicos, se fijó una longitud de onda de 210 nm. La fase móvil consistía en ácido fosfórico al 0,1% con un flujo de 0,5 mL/min.

Los diferentes azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa) y ácidos orgánicos (Ácido D y L-Málico, Ácido Cítrico, Ácido Isocítrico, Ácido Ascórbico) se identifican y cuantificación por cromatografía con patrones externos. Los resultados se expresan en g por litro o mg por litro. Los patrones fueron preparados entre 0-100 mg/mL para azúcares y de 0-5 mg/mL para ácidos.

2.3.5. Hidroximetilfurfural

La determinación de hidroximetilfurfural (HMF) se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta resolución. El equipo utilizado fue un LaChrom (Merck-Hitachi) dotado con un detector de arreglo de diodo L-7450. La columna utilizada fue una columna de fase reversa LiChrospher RP-18 (210 x 5 mm, tamaño de partícula de 5 µm). Como fase móvil se utilizó A) 80:20 agua:metanol 5% de ácido acético y B) metanol en modo isocrático con un flujo de 1 mL/min. La longitud de onda de detección se fijó a 285 nm y el volumen de muestra analizado fue de 20 µL.

Las muestras de zumo se centrifugaron a 14000 rpm durante 10 min y se filtraron por filtro de jeringa de 0,45 µm.

La identificación y cuantificación se determina mediante la comparación de espectros de absorción y tiempos de retención con patrones puros de hidroximetilfurfural (Sigma).

2.3.6. Determinación de aminoácidos

La determinación de aminoácidos libres en el zumo de limón se realizó en un laboratorio certificado por AENAC externo siguiendo la norma IFU 57 revisada en 2005.

2.3.7. Determinación de minerales

El contenido de sodio, potasio, magnesio y calcio en los zumos de limón se realizó en un laboratorio certificado externo siguiendo la norma IFU 33, utilizando un fotómetro de llama directamente en el zumo y comparando con patrones externos.

2.3.8. Determinación de etanol

El contenido en etanol en zumo de limón se realizó mediante la identificación y cuantificación con un cromatógrafo acoplado a un detector de masas siguiendo el protocolo descrito en la norma IFU 2 revisada en 2005.

2.3.8. Cenizas

Al igual que en el caso anterior, el contenido en cenizas de las muestras de zumo de limón se realizaron por un laboratorio certificado externo mediante un método fisicoquímico siguiendo la norma IFU 9, revisada en 2005.

2.3.9. Flavonoides

El flavonoide predominante en limón es la hesperidina. Las muestras de zumo se centrifugaron durante 5 minutos a 10500 rpm a temperatura ambiente. El sobrenadante se filtra a través de un filtro de PVDF de 0,45 μm . El equipo utilizado fue un cromatógrafo líquido (Merck-Hitachi L6200) acoplado a una bomba Intelligent (Tokio, Japón) equipada con un Detector de Diodo Array-UV-Vis (Shimadzu SPD-M6A, Kyoto, Japón) y un autoinyector (Gilson International, modelo 234, Barcelona, España). La columna utilizada fue una columna de fase reversa Lichrocart RP18 (250 x 4mm) con un tamaño de poro de 5 μm y equipada con una precolumna C18.

La fase móvil utilizada es agua con 1% fórmico:acetonitrilo 90:10 como eluyente A y acetonitrilo calidad HPLC como eluyente B. El caudal de flujo empleado en la separación fue de 0,5 mL/min.

Tiempo (min)	% A	% B
0	95	5
20	70	30
30	10	90
35	95	5
40	95	5

Tabla 2.2. Gradiente HPLC

Se inyectaron 20 µl de muestra en el sistema RPHPLC-DAD para identificar, por su espectro ultravioleta, y cuantificar hesperidina por comparación con estándar externo. La recta patrón se realizará entre 0-200 mg/L de hesperidina 98 % disuelta en Metanol:DMSO:2-Propanol 50:25:25.

2.3.10. Pectina soluble

Se conocen varios métodos colorimétricos para la cuantificación de sustancias pécticas, entre ellos los métodos del carbazol (McCready y McComb, 1952) y del m-hidroxifenilfenol (Blumenkrantz y Asboe-Hansen, 1973). Estas técnicas se fundamentan en la reacción del ácido 5-formil-2 furanocarboxílico, procedente de la acción en caliente del ácido sulfúrico sobre el ácido galacturónico, con un reactivo colorimétrico para obtener un producto coloreado que se absorbe a una determinada longitud de onda máxima (Ros et al., 1992).

El método del carbazol ha sido el más difundido como análisis de rutina (Visciglio y San Juan, 2000). Sin embargo, trabajos recientes prefieren el método del m-

hidroxifenilfenol por su mayor sensibilidad y especificidad en presencia de azúcares y componentes fenólicos (Ibarz et al., 2006).

La pectina soluble en agua en las muestras de zumo de limón fue determinada mediante el método Carbazol.

Inicialmente se realizó la precipitación de las sustancias pécticas en el zumo de limón. Para ello, 15 mL de zumo se colocaron junto con 12 mL de agua en los tubos de centrífuga graduados hasta 50 mL con acabado cónico. Los tubos fueron enrasados hasta 40 mL con etanol caliente (75°C , $\omega=95\%$), y se calentaron en un baño durante 10 min a 85°C , con agitación. Posteriormente los tubos se enrasaron con etanol hasta los 50 mL. Los tubos fueron centrifugados durante 15 min a 3000 rpm, y el sobrenadante fue desechado por decantación. El precipitado se lavó con etanol ($\omega=63$) y se mantuvo en agitación en un baño de agua durante 15 min a 85°C , se centrifugó y se desechó el sobrenadante.

Para la extracción de la pectina soluble en agua, se añadieron 5 mL de agua destilada al precipitado, dentro del tubo de centrifuga, agitándolo con la varilla de cristal con punta de goma. Posteriormente, se enrasó hasta 35 mL con agua destilada agitándolo con el agitador magnético. Se añaden otros 5 mL de agua más y se centrifugó a 3000 rpm durante 15 min. El sobrenadante fue decantado y colocado en un frasco de 100 mL filtrándolo con papel de filtro. Repetimos esta acción dos veces y los sobrenadantes fueron añadidos al mismo frasco en el cual añadimos 5 mL de NaOH y se enrasa hasta 100 mL. La muestra se deja hidrolizando durante 30 minutos a temperatura ambiente.

La determinación del contenido en pectina soluble de las muestras se realizó mediante la mezcla de ácido sulfúrico y carbazol y se comparó con una recta patrón de ácido monogalacturónico preparado a distintas concentraciones.

	Muestra (μL)	Etanol (μL)	H₂O destilada(μL)	Carbazol (μL)	H₂SO₄ (mL)
Muestras	200	-	-	100	1,2
Patrón	200	-	-	100	1,2
Blanco 1	200	100	-	-	1,2
Blanco 2	-	-	200	100	1,2

Tabla 2.3. Preparación de muestra para análisis de pectina soluble (Método Carbazol)

Una vez finalizada la reacción, se leyó la absorbancia a 525 nm.

2.3.11. Tratamiento estadístico de datos

Los datos fueron procesados utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, Warrenton, VA, USA). Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y un Test de Rangos Múltiples (Test HSD de Tukey). El análisis de correlación de Pearson se realizó para comprobar la relación entre los parámetros seleccionados. El análisis clúster se aplicó en los datos estandarizados para obtener las asociaciones jerárquicas existentes entre las muestras empleando para ello la distancia euclídea, como medida de la desigualdad, y el método Ward, como regla de aglutinación. El Análisis de Componentes Principales (PCA) fue llevado a cabo con el programa SPSS 15.0 (Chicago, Illinois, USA).

En el caso de los estudios de correlaciones, se utilizó también el test de Fisher y se utilizó el programa estadístico Origin8.

2.4. Materiales y metodología específica del Capítulo V. Factores que influyen en los parámetros de color del zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.)

2.4.1. Extracción del zumo

La materia prima *Citrus limon* (L.) procesada para la obtención de zumos en los ensayos de Planta Piloto de Extracción de Zumos de la Universidad Miguel Hernández procede de las empresas de extracción de zumos cítricos del sector, localizadas en la zona. El limón utilizado pertenece a las variedades Verna y Fino.

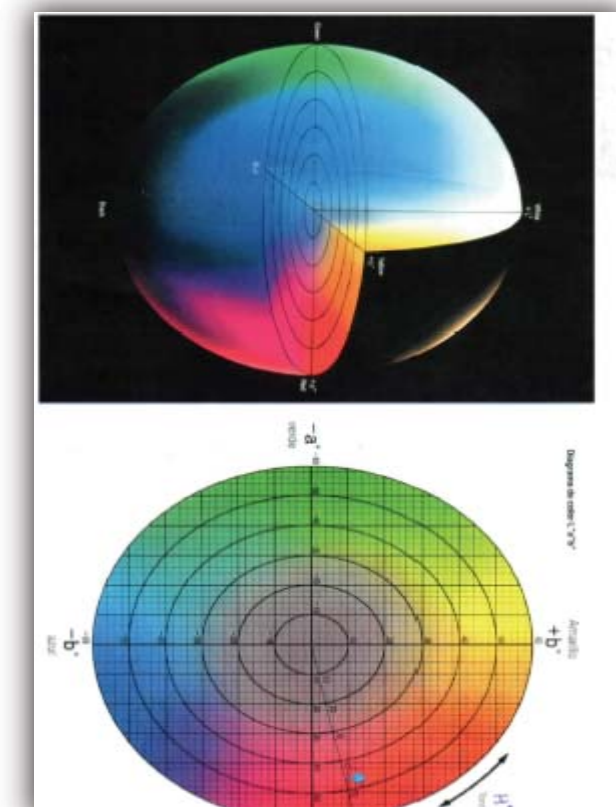
El procedimiento de extracción de zumo realizado corresponde al descrito en el apartado 2.2.1 de Materiales y métodos de la presente memoria. **2.2.1. Procedimiento de extracción para la producción de Zumo de limón**

2.4.2. Determinación del color mediante colorímetro triestímulo

La determinación del color de los zumos cítricos se realizó el colorímetro HunterLab ColorFlex Citrus Color Meter (Reston, Virginia): el cual es un compacto espectrofotómetro que puede ser usado en la medida del color tanto del zumo fresco como concentrado de naranja, limón y pomelo, contenido en un tubo de vidrio. Este equipo puede dar las medidas como colorímetro (dando los valores XYZ ó L, a, b), y puede mostrar los valores de las marcas cítricas en concordancia con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) D45 Citrus Meter. Este instrumento tiene una geometría de medida de 45°/0°, y por tanto excluye la componente especular de

su medida, posee una pulgada (25,4mm) de área de visión.

Básicamente los equipos de lectura requieren 3 parámetros triestímulo: x , y , z que mediante cálculo matemático transforma los valores en tres ejes : L , a , b. El equipo más ampliamente utilizado para medir el color es el colorímetro de Hunter. Es un sistema de medición del color basado en tres parámetros: la escala de rojo a verde (a), la escala de amarillos a azul (b) y la de



luminosidad (L), que se puede representar de forma gráfica según se muestra en la siguiente Imagen (Imagen 2.1).

La utilidad del valor de a indicativo de la cantidad de rojo o verde, como índice del color visual del zumo, ha sido ampliamente estudiada. Wenzel y Huggart (1962) han encontrado un coeficiente de correlación de $+0,927$ entre este parámetro y la calificación organoléptica de 215 muestras de zumo de naranja reconstituidos **Imagen**

2.1. Escala de colores

(Francis y Clydesdale, 1975).

El parámetro de luminosidad L presenta buena correlación con la calificación sensorial del color. Cuando consideramos este parámetro junto con el coeficiente a/b se obtiene una información más completa del color del zumo. Varía de 0 a 100, siendo el valor 100 el máximo de Luminosidad.

El parámetro a varía del color rojo, con valores positivos, al color verde, donde los valores de a son negativos.

El parámetro b varía desde valores positivos que indican el color amarillo hasta valores negativos que representan el color azul.

En la figura 3 podemos ver representadas las tres dimensiones del color.



Imagen 2.2. Gráfica tridimensional del color, cortesía de Hunter

METODOLOGÍA DE MEDIDA

En primer lugar se atempera el laboratorio a 25°C y seguidamente se filtran las muestras de zumo tomadas de cada variedad de fruto cítrico, procedentes de cada una de las extracciones realizadas en la Planta Piloto. Estas muestras son filtradas por un tamiz de 40 mesh, 40 agujeros por cm² de maya, para así poder normalizar el porcentaje de pulpa en el zumo.

Una vez el zumo filtrado, debíamos fijar su cantidad de sólidos solubles en 11,8 °Brix a una temperatura de 20°C. Posteriormente el zumo era introducido en un baño termostático hasta alcanzar los 26°C, esto viene especificado en el manual del HunterLab ColorFlex. Este, antes de utilizarlo, era estandarizado con la teja negra, blanca y verde, y posteriormente se calibraba con el tubo de color OJ4 del USDA, siguiendo las instrucciones del fabricante del equipo. El Minolta, en cambio, sólo era

estandarizado utilizando la teja blanca y no era calibrado de ninguna manera. En ambas equipos elegíamos la escala a utilizar, en este caso elegimos la escala Hunter Lab (L, a, b) y seleccionábamos el iluminante C, con 2º de apertura, para así poder comparar los resultados con la única referencia de color existente hasta ahora, es decir, con los tubos OJ de la USDA.

Una vez se tienen fijados todos estos parámetros introducimos la muestra de zumo en un tubo de ensayo de una pulgada de diámetro y lo agitamos durante 15 segundos. Transcurridos éstos, el zumo es introducido en el equipo y comienza la medición de los parámetros de color. Este procedimiento se repite tres veces, de manera que se obtienen tres repeticiones de tres lecturas cada una, lo que hace un total de 9 lecturas por muestra y por equipo.

2.4.3. Análisis Estadístico.

Todos los análisis se realizan por triplicado, la comparación estadística de los resultados se llevó a cabo mediante el análisis de la varianza con el paquete estadístico STATGRAPHIC 3.01 PLUS. Las diferencias significativas fueron definidas a una $P < 0,05$.

BLOQUE 2. APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS

2.5. Materiales y metodología específica del Capítulo VI Producción de fibra dietética de alta calidad procedente de subproductos naranja y limón

Los subproductos con los que se ha trabajado han sido obtenidos de los ensayos de extracción de zumo de naranjas y limones realizados en la planta piloto de Orihuela.

La producción de fibra dietética conlleva una serie de etapas. En todas las partes del proceso de producción cabe destacar el estudio de aquellos factores que, de un modo significativo, estén relacionados con la producción de la misma. Inicialmente se efectuó el ensayo para la obtención de subproductos (core, frit y piel) a partir de la extracción del zumo de naranja y limón. Posteriormente se realiza la producción de la fibra a partir de las fracciones obtenidas del proceso de extracción de zumos cítricos.

2.5.1. Procesado de los cítricos para la extracción del zumo y subproductos

Las extracciones del zumo de las que se obtuvo la biomasa orgánica, se hicieron de acuerdo al calendario de ensayos realizado con la multinacional JBT englobado en el proyecto de “Optimización del rendimiento de extracción y caracterización de los parámetros de calidad en zumos cítricos mediterráneos” que viene realizándose una vez por semana desde el año 2000, en el Laboratorio y Planta Piloto de Extracción de Zumos. Las fechas del procesado y obtención de fibra se encuentran reflejadas en la tabla 4.

VARIEDAD	FECHA DE OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA	FECHA DE PROCESADO DE FIBRA
Valencia Late (Murcia)	09/07/2009	13/07/2009
Valencia Late (Almería)	08/05/2009	19/06/2009
Lane Late (----)	03/04/2009	14/05/2009
Limón fino (Murcia)	23/04/2009	01/06/2009

Tabla 2.4 Fechas de almacenamiento de materia prima y fechas de procesado de las fibras

2.5.1.1. Descripción del proceso de extracción de zumo y obtención de subproductos

El procedimiento de extracción de zumo realizado corresponde al descrito en el apartado 2.2.1 de Materiales y métodos de la presente memoria. **2.2.1. Procedimiento de extracción para la producción de Zumo de limón**

2.5.1.2. Descripción del sistema utilizado para obtener fibra dietética

Como se ha mencionado anteriormente, los subproductos obtenidos de la extracción del zumo quedan divididos en tres fracciones core, frit y piel. A cada una de estas fracciones, se le realizaron por separado los procesos pertinentes para la obtención de fibra. El proceso de obtención de fibra ha sido realizado mediante dos metodologías diferentes (Imagen 2.3).

En el siguiente diagrama de flujo se observa en detalle la sucesión de etapas del proceso llevado a cabo para la producción de las fibras del presente trabajo.

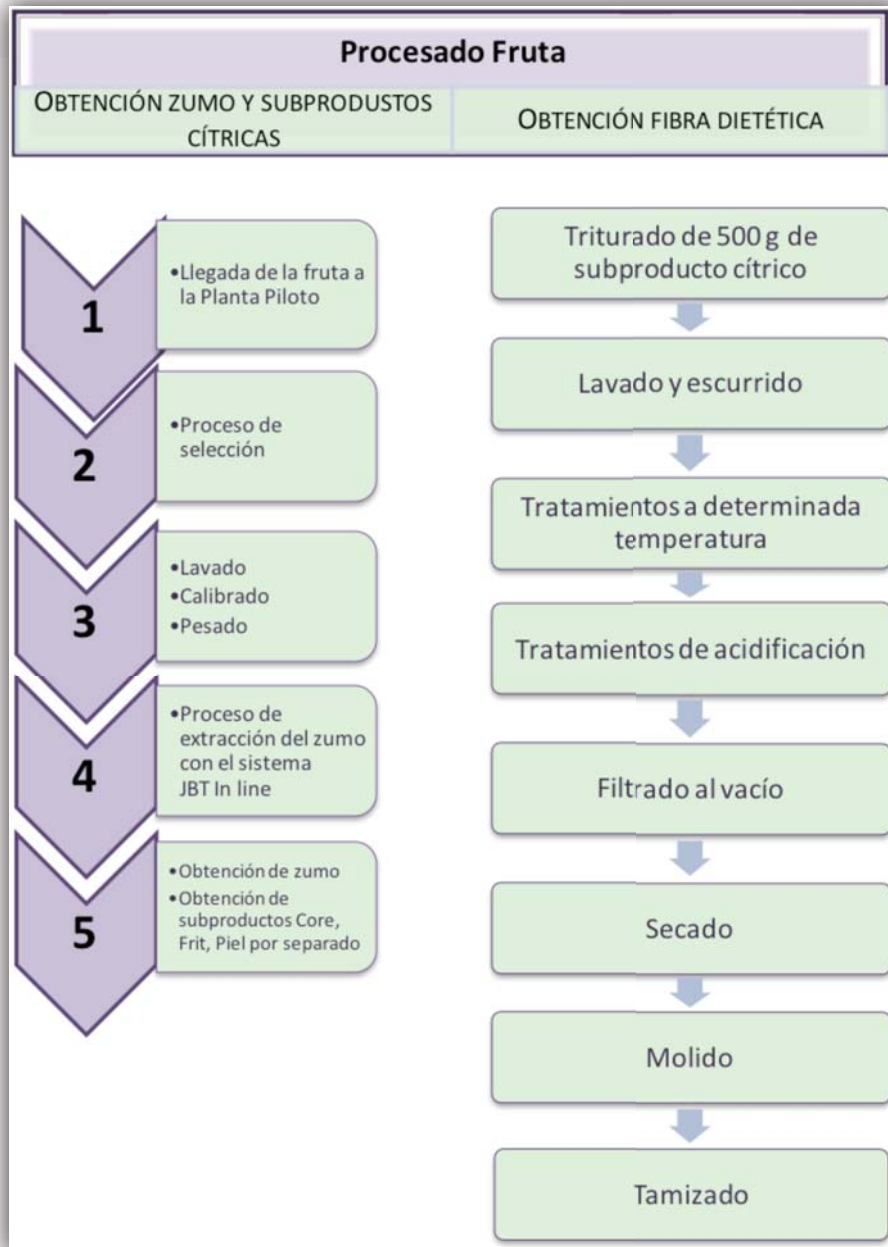


Imagen 2.3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de fibra dietética

Una vez descritas las etapas a realizar, se estima conveniente repetir las mismas etapas aplicando dos tratamientos diferentes METODO A- 30 minutos de vapor y METODO B - 60 minutos de vapor.

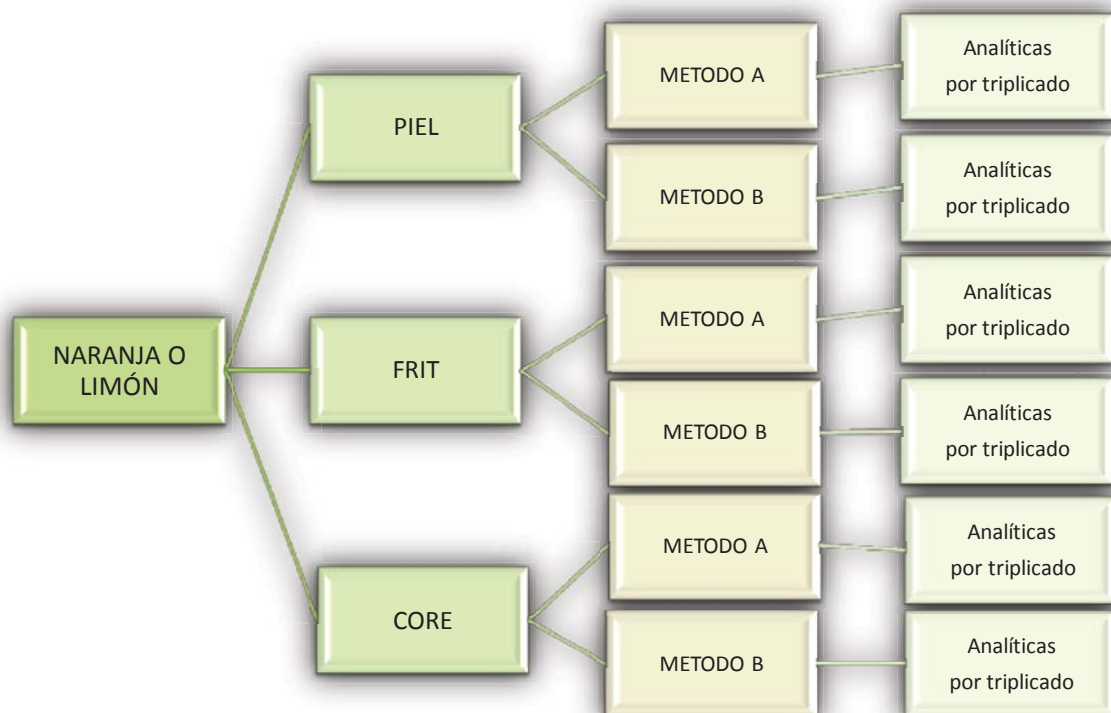


Imagen 2.4. Esquema orientativo sobre la aplicación de los métodos utilizados para la producción de fibra. Elaboración propia

2.5.2. Determinación del rendimiento

Se entiende por rendimiento la cantidad de fibra obtenida a partir de los subproductos adquiridos de naranjas y limones (Amiot, 1991). El rendimiento ha sido expresado como los gramos de fibra seca obtenidos a partir de 500 g de materia prima, es decir, de subproducto cítrico. Para hallar el rendimiento de las 24 muestras de fibra se tomaron entre 0,20 - 0,22 g de cada una de ellas.

2.5.3. Determinación de la capacidad de retención de agua (WHC)

La capacidad de retención de agua (WHC) es la capacidad de un el material húmedo, para retener el agua cuando se someten a una fuerza centrífuga o de gravedad de compresión. Se compone de la suma de agua ligada, es decir, físicamente

atrapada (Vázquez *et al.*, 2009). La WHC se expresó en ml de agua retenida por g de muestra (Sánchez *et al.*, 2009).

La WHC de la fibra está estrechamente relacionada con la capacidad de absorber nutrientes, minerales, vitamina etc., necesarias para el organismo. Estos procesos de absorción dependen a su vez, de la estructura y del contenido de pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina presentes en la fibra (Kimalainan, 2004).

Disolver 1 gramo de fibra en 30 ml de agua destilada (el agua a temperatura ambiente) y dejar a reposo. Al cabo de 1 horas, centrifugar 20 minutos a 15000 rpm y se dejar a reposar 24 h. Extraer el agua sobrante con mucho cuidado para pesar las muestras “Peso total”, que es el peso de la fibra con el agua que ha retenido (Vergara *et al.*, 2007).

2.5.4. Determinación de la capacidad de retención de aceite (OHC)

La capacidad de retención de aceites (OHC) es la capacidad de un el material húmedo para retener aceite cuando se somete a una fuerza centrífuga o de gravedad de la compresión. Aceite físicamente atrapado (Robertson *et al.*, 2000). La OHC se expresó como ml de aceite retenido por g de muestra.

La capacidad de retención de aceites es un agente importante ya que nos ayuda a digerir mejor los alimentos más grasos. Para ello se debe calentar aceite vegetal hasta llegar a 50°C. Utilizar 1ml para disolver 1 g de fibra y dejar a reposo. Al cabo de 1 h, centrifugar 20 minutos a 15000 rpm y dejar reposar 24 h. Extraer el aceite sobrante con mucho cuidado para pesar las muestras “Peso total”, que el peso de la fibra en con el aceite que ha retenido (Sánchez *et al.*, 2009)

2.5.5. Determinación del pH

Medida directa mediante potenciometría sobre el producto. El pH es un parámetro indispensable, del cual existe un rango ideal para fibra alimentaria que está entre alrededor de 4. Si el pH es más bajo o más elevado de lo estimado es necesario tratar el producto. El pH se mide en una suspensión resultante de la combinación de

10 g de fibra con 10 ml de agua destilada después de ser agitada durante 2 min (Sánchez *et al.*, 2009)

2.5.6. Determinación de parámetros triestímulo de color

El color es un atributo muy importante para la aceptación o rechazo de un alimento o su preferencia respecto a otro, siendo la primera característica sensorial apreciada por el consumidor. La impresión óptica de inmediato forma parte de los distintos aspectos vinculados a la calidad del producto (Tafoya & García, 1993).

Las determinaciones de parámetros triestímulo de color de color se le realizaron de la materia prima que posteriormente se utilizó para la elaboración de la fibra, a la fibra ya elaborada y fibra diluida en agua. El color es un factor muy importante para optimizar el proceso de obtención de una fibra dietética comercial.

Es un analizador compacto de color por triestímulo, para la medida del color por reflexión de superficies. Consta de un cabezal con un área de medida de 8 mm de diámetro y usa iluminación difusa con ángulo de visión a 0° (con componente especular incluida) para medidas exactas de una amplia variedad de materiales, además consta de un accesorio CR-A70 para la determinación del color en líquidos. La escala de medida utilizada es la HUNTER Lab con iluminante D65 y observador a 10° (Universal manual, 2002) (Figura 2.5)



Imagen 2.5. Colorímetro HUNTER Lab

2.5.7. Viscosidad

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Puede definirse como el rozamiento interno que actúa dentro de un fluido, es decir, su resistencia a fluir. La medición de viscosidad es a menudo muy importante para el control de la calidad. Nos referimos a la viscosidad dinámica medida en mPas que posee la fibra al añadir cierta cantidad de agua. Para medir la viscosidad se ha utilizado un viscosímetro con rotor de eje simple, donde se hace girar un eje en un fluido que remite el par de torsión necesario para vencer la resistencia viscosa. La viscosidad ha sido determinada al 5%. Se disuelven 5 g de fibra en agua destilada hasta que la suspensión llegue a los 100 ml. La muestra se agita durante 5 min. Se mide a 20°C (con ayuda de baño) y con el viscosímetro.

2.5.8. Evaluación de la estructura de fibra dietética

Como ya se menciona en la introducción los subproductos que se generan en el proceso de fabricación de zumo de naranja y limón son aproximadamente el 50% del peso del fruto, material que tiene un gran potencial como fuente de fibra (Santana, 2009). Sin embargo, ha sido de gran interés principalmente en forma de partículas, debido a su mayor aceptación y facilidad de incorporación en el procesamiento de

productos tradicionales como panes, cereales, embutidos, dulces, lácteos etc. (Grigelmo & Beloso, 1999).

La estructura de la fibra dietética se estudió interpretando imágenes de microscopía electrónica. Es estudio ha consistido en la comparación entre las microfotografías de las 24 fibras con las de la fibra óptimo escogida.

2.5.9. Estudio estadístico

Para representar los resultados optamos por realizar un intervalo de confianza basado en la distribución T-STUDENT $[P(-t_{\alpha/2} \leq T \leq t_{\alpha/2}) = 1-\alpha]$ de tal manera que los intervalos inferior y superior vendrán dados por la siguiente fórmula:

$$Y \pm t \frac{\alpha}{2} \times \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

Tras realizar los cálculos con un nivel de confianza al 95% se han obtenido unos intervalos de confianza lo suficientemente pequeños para afirmar que los resultados obtenidos son significativos (Mendenhall *et al.*, 1993).

2.5.10. Análisis de correspondencia múltiple mediante SPSS

El análisis de correspondencia múltiple se realizado con el programa estadístico SPSS, utilizando diferentes comandos como HOMALS, COMPUTE, DISCRIM, etc.

El análisis de correspondencia múltiple nos permite evaluar las similitudes entre todas las variables cualitativas y cuantitativas (pertenecientes a analíticas de laboratorio realizadas).

El Análisis de Correspondencias Múltiple (ACM), recure tanto las relaciones entre las variables, como las relaciones entre las categorías de cada variable. Es una técnica estadística que se aplica al análisis de tablas de contingencia y construye un diagrama cartesiano basado en la asociación entre las variables analizadas. En dicho gráfico se

representan conjuntamente las distintas modalidades de la tabla de contingencia, de forma que la proximidad entre los puntos representados está relacionada con el nivel de asociación entre dichas modalidades.

EL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA MÚLTIPLE NO ES UN ANÁLISIS DE INFERENCIA ESTADÍSTICA, SI NO DE SIMILITUDES ya que el objeto del estudio son las similitudes entre de las variables estudiadas, es decir, las distancias entre las observaciones.

El análisis de correspondencia múltiple es fiable cuando se controla a partir del 40% de la variabilidad total. En el análisis del presente trabajo se controla el 52,7%. La *variabilidad explicada* de este estudio es del 52,7%.

Habitualmente solo se recurre a análisis de la varianza en forma individual de cada atributo evaluado, pero esta técnica de análisis de los resultados puede que no lleve a las mejores conclusiones. Los **MÉTODOS MULTIVARIANTES**, entre los que se encuentran el análisis de correspondencias múltiple (ACM), parecen ser más adecuados. Con este método se recurre a la agrupación de atributos correlacionados en factores por categorías. Estos factores pueden ser más convenientes para describir los datos que las variables originales (Martínez, 1999).

En las representaciones gráficas permiten visualizar la proximidad o lejanía entre las categorías que forman parte de las variables estudiadas. Así, para cada variable, aquellas categorías situadas cerca unas de otras, estarán reflejando similitud en cuanto a su distribución mientras las categorías lejanas la situación contraria.

El ACM por su parte utiliza variables cualitativas, lo cual le permite una gran flexibilidad puesto que cualquier variable puede transformarse a una escala cualitativa, detecta cualquier tipo de relación, no sólo relaciones lineales y puede describir las relaciones entre las categorías de una variable así como la relación entre las variables que forman la tabla de contingencia.

2.6. Materiales y metodología específica del Capítulo VII Recuperación de aceite esencial de cítricos

2.6.1. Descripción del Prototipo MORE empleado en la recuperación de aceite esencial de cítricos

El prototipo MORE (Modular Oil Recovery Extractor) es un sistema de extracción de aceite esencial de los cítricos, en frío (CPO) y basado en la escarificación de la corteza de estos. Su desarrollo a principios del nuevo siglo, por parte de John Bean Technologies Corporation, tiene como objetivo aumentar el % de recuperación de aceite esencial, respecto al disponible, de Cítricos, especialmente de frutas como el Limón, la Lima y el Pomelo cuya dureza y grosor de corteza, hace que en la escarificación se mantenga la integridad de la fruta y no se pierda rendimiento en la operación de extracción de zumo posterior.

Descripción del proceso de escarificación

Un set de discos dentados de acero inoxidable se montan en un eje como un rodillo, con unos separadores plásticos entre los discos. Estos rodillos de discos giran sobre el eje y se desplazan en transversal a diferentes velocidades. El paso de la fruta por encima de estos rodillos en movimiento, provoca la punción de las glándulas de aceite liberando la esencia que contienen. Este aceite esencial es recogido en una cama de agua, obteniéndose una emulsión que se separa posteriormente por centrifugación.

Imagen 2.6. Detalle de ensamblaje de discos en el eje. Imagen 2.7. Rodillo de discos en un eje del MORE.

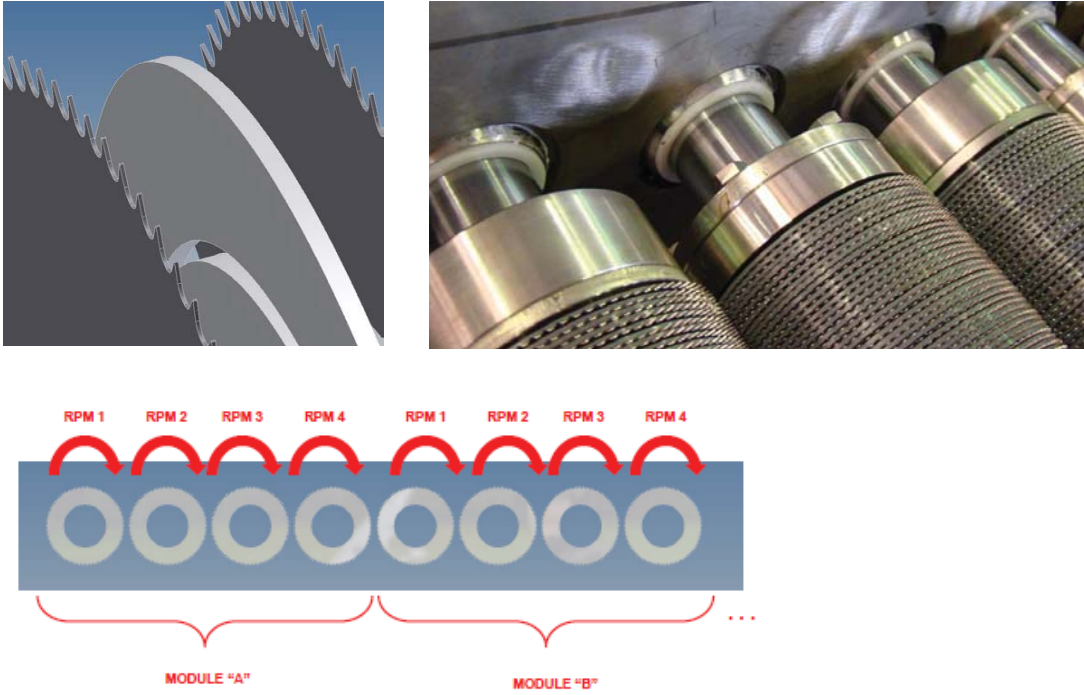


Imagen 2.8. Movimiento del More



Imagen 2.9 y 2.10. Fotografías de la unidad piloto de MORE en funcionamiento en la P. Piloto de la UMH

2.6.2. Determinación cuantitativa del aceite esencial

La determinación del aceite contenido en las emulsiones generadas durante el proceso de recuperación del aceite esencial, permite la identificación de las zonas donde

existan pérdidas de aceite y la medida de la cantidad perdida. Si se conoce el contenido en aceite de entrada y salida para cada fase del proceso, se pueden ajustar las máquinas para una mayor eficiencia en la operación. Además, los datos del contenido de aceite y de los volúmenes de las emulsiones pueden ser utilizados para llevar un control detallado de las operaciones y estimar las eficiencias y el rendimiento del proceso.

La determinación del contenido en aceite esencial presente en las emulsiones de cítricos presenta problemas considerablemente mayores que para las muestras de zumo. Su alto contenido en aceite y su rápida tendencia a cambiar sus propiedades físicas hacen que su muestreo sea extremadamente complicado. El análisis se complica aún más por la naturaleza heterogénea de estas emulsiones; son una mezcla de gotículas de aceite, agua, pequeñas partículas de la corteza y sólidos insolubles muy finos. Estas mezclas resultan bastante inestables; la separación entre estos elementos comienza tan pronto como la muestra es recogida, y si se les deja reposar pueden llegar a desarrollar geles. Además, el contenido en aceite puede decrecer con el almacenamiento o deterioro de las muestras (Leete & Scott, 1968).

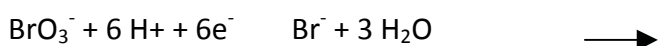
Para la valoración del aceite esencial se ha utilizado el Método de la bromación propuesto por Leete y Scott (1968) conocido normalmente como el método de Scott, que estima el aceite recuperable en zumos de cítricos basándose en la combinación cuantitativa en disolución ácida del bromo con el d- limoneno, principal constituyente de los aceites destilados del limón.

Este método presenta algunos problemas debido a que todos los terpenos no reaccionan con el bromo en la misma proporción que el d- limoneno, y en el aceite esencial de limón estos compuestos pueden suponer un porcentaje significativo en su composición cuantitativa, aproximadamente el 25%. Este es el caso de muchos hidrocarburos terpénicos oxigenados, como citral, acetato de linalino, linalol, etc., que en estas condiciones experimentales sólo responden en un 50% a la adición de bromo, lo que supone un error considerable. Actualmente es el método más utilizado para la medida cuantitativa del aceite esencial.

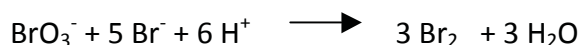
Para esta determinación, que se realiza en unos tres minutos, se añaden a la muestra alcohol isopropílico y la mezcla se acidifica con ácido clorhídrico y se valora

con disolución de bromuro-bromato potásico, hasta la desaparición del color del indicador por exceso de bromo.

Como el bromo es muy volátil en forma pura o en disolución, el método de Scott utiliza una disolución de sales de bromuro-bromato para valorar el destilado acidificando el bromato potásico, que es un poderoso agente oxidante en reacción ácida, reduciéndose a bromuro:



Al final de la reacción, cuando aparece un exceso de bromuro, se produce la liberación de bromo:



La energía de activación (E°) para esta reacción es de +0,43 V, por lo tanto es termodinámicamente favorable. Tan pronto como el bromo es generado, procede a reaccionar con el d-limoneno, y con otros componentes minoritarios del aceite.

Procedimiento

En fruta fresca y procesada

Se determinó el contenido en aceite esencial en los limones frescos antes de ser procesados en prototipo More para obtener la cantidad de aceite que presenta la fruta. Igualmente se realiza la determinación para los limones, una vez que han sido raspados en el More. La valoración del contenido en aceite de los frutos completos se calcula a partir de los contenidos de esencia determinados en la corteza, mediante la relación en peso limón/corteza de las muestras correspondientes.

Sobre 1 Kg de limones obtenidos al azar, se procede al exprimido manual separando de esta forma el zumo de la corteza, y obteniéndose la relación peso de la corteza por kilo de fruto. La corteza resultante se tritura y se destila durante una hora (a partir del momento que empieza a hervir). De esta forma, se obtienen los mililitros de aceite esencial contenidos por kilo de corteza, y mediante la relación en peso limón/corteza se obtiene el contenido en aceite esencial por kilo de fruto (mL AE / Kg. limón).

En emulsiones

Las muestras de emulsiones se recogieron cada 30 minutos durante el tiempo de duración de los ensayos para conocer la evolución del contenido en aceite de las mismas. Para todas las determinación de contenido en aceite de las emulsiones se utilizó la misma cantidad de muestra, 5 mL de emulsión.

Determinación del contenido en aceite:

a.- Con una pipeta , añadir 5 mL de emulsión al matraz de ebullición. Se puede añadir gravilla para facilitar la ebullición.

b.- Añadir, con el cilindro graduado, 25 mL de alcohol isopropílico y 25 mL de agua destilada al matraz de ebullición y calentar hasta alcanzar la ebullición utilizando la instalación de la figura.

c.- Destilar hasta que se detecten gotitas de humedad en el interior del serpentín de destilación. Aunque se añaden a la muestra 25 mL de alcohol, en la destilación se deben recoger más de 25 mL debido a la naturaleza azeotrópica de las mezclas de agua y alcohol. Si la destilación se interrumpe demasiado pronto el contenido de aceite obtenido será más bajo del real.

d.- Añadir al destilado, 10 mL de HCl diluido y una gota de indicador de naranja de metilo. Se pueden añadir 25 mL más de alcohol isopropílico al destilado para que el mayor volumen facilite la agitación mecánica, pero no es necesario para la valoración.

e.- Valorar el destilado con la disolución de bromuro-bromato, sin dejar de agitar, hasta alcanzar el punto final en el que desaparece el color rosado.

f.- Valoración de un blanco de 25 mL de 2-propanol y 10 mL de disolución ácida con indicador. Este volumen de disolución de bromuro-bromato requerido para la valoración del blanco es necesario para la determinación cuantitativa del aceite.

El contenido de aceite para las emulsiones suele expresarse como porcentaje y se determina mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Aceite esencial. (v/v)} = \frac{(ml.Br - Br) - (ml.blanco) * 0.001 * 100}{(ml.muestra)}$$

CAPÍTULO III



Capítulo III. Caracterización del zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.)

3.1. Introducción

La caracterización del zumo de limón español, mediante análisis físico-químicos de los parámetros de calidad, presenta un especial interés porque hasta ahora no ha sido realizada como tal, y porque interesa ser comparada y recogida su especificidad, si la hay, con los estándares internacionales, especialmente con el Código de Prácticas de AIJN que es la referencia en Europa para la producción y comercialización de Zumos, y el más importante referente global para la definición de estos.

La Guía de Referencia para el Zumo de Limón de AIJN recoge los parámetros de definición de este Zumo en Europa. La demanda de Zumo de Limón ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, junto con otros derivados del Limón como Aceites esenciales, Pectinas, etc. Esto ha producido un crecimiento del procesamiento de esta fruta y una apreciación de su producción que está llevando a un ligero aumento de esta, fundamentalmente en España.

A continuación se van a ir desarrollando cada uno de los parámetros que definen el zumo de limón en la guía AIJN, comparando los valores obtenidos en diferentes campañas de estudio y las diferencias obtenidas entre los zumos directo o fresco y los zumos de concentrado.

Objeto de este trabajo

El Zumo de Limón producido en España tiene unas características diferenciales respecto a otros Zumos de Limón de diferentes zonas de producción. Siendo el que se produce en mayor cantidad en la Unión Europea y el segundo en importancia en el mundo, es importante conocerlo y caracterizarlo que hasta ahora no ha sido hecho.

Este estudio pretende establecer la caracterización del Zumo de Limón español, siguiendo la Guía de Referencia de AIJN. Se han analizado los parámetros de definición establecidos en dicha Guía de Referencia, durante tres campañas de producción consecutivas (como fija AIJN para la introducción de cambios en las Guías de Referencia para Zumos) y se han comparado los datos obtenidos con los establecidos en la Guía de Referencia. Los Zumos analizados se han obtenido de la siguiente forma:

- En la Planta Piloto de la UMH/JBT, utilizando tecnología JBT: Zumos directos.
- En plantas industriales de procesado de Limón, establecidas en diferentes áreas de producción, utilizando tecnología JBT: Zumos Industriales.

En ambos casos la fruta utilizada correspondía al mismo lote y las muestras están correlacionadas y procesadas el mismo día.

Este estudio nos permitirá ver si la especificidad del Zumo de Limón español está recogida en la Guía de Referencia de AIJN o si hay parámetros que no se encuadran perfectamente. La especificidad del Limón español deriva de la variedad de la fruta utilizada, de la climatología de la zona de producción y de las condiciones agronómicas de dicho cultivo. Se pretende también dar alguna explicación de las variaciones de determinados parámetros, recogidos en la Guía de Referencia de AIJN para el Zumo de Limón para que dicha especificidad quede reflejada y el Zumo de Limón español pueda ser garantizado por esta.

3.2. Resultados y discusión

Se analizarán los diferentes parámetros, recogidos en la Guía de Referencia de AIJN para Zumo de Limón y se estudiará su comportamiento, comparados con los allí establecidos y verificará si hay especificidad en cada uno para el Zumo de Limón español.

3.2.1. Contenido en sólidos solubles

Los sólidos solubles totales en los zumos cítricos incluyen todos los constituyentes de la fruta que son solubles en el zumo extraído. En la **Tabla 3.1**, se muestra la contribución de algunos componentes del zumo de naranja en el contenido en sólidos solubles.

Compuesto	%
Carbohidratos	76.0
Ácidos orgánicos	9.6
Aminoácidos libres	5.4
Vitaminas	3.2
Lípidos	2.5
Compuestos nitrogenados	1.2
Flavonoides	0.9
Compuestos volátiles	0.8
Carotenoides	0.38
Enzimas	0.013

Tabla 3.1. (%) de compuestos de zumo de naranja en sólidos solubles (^oBrix) *Roberts y Gaddum, 1937

Los dos principales componentes en los sólidos solubles totales en zumos cítricos son los azúcares y los ácidos orgánicos. En los zumos de naranja, los azúcares

predominan y la cantidad de ácidos es baja, por el contrario, en el zumo de limón los ácidos predominan sobre los azúcares (Sinclair, 1961).

A continuación, en las diferentes figuras se observa la evolución de los diferentes parámetros del Zumo de Limón español:

- A: Directo, obtenido por extracción de fruta en la P. Piloto de la UMH
- B: Industrial, procedente de concentrado, ajustados los °Brix al valor de referencia de AIJN.

En la Figura siguiente (**Figura 3.1**), se muestra la evolución del contenido en sólidos solubles totales en zumo de limón fresco o directo durante las tres campañas de estudio. Los datos en zumo de limón industrial no se muestran ya que, como se ha comentado en el capítulo de materiales y métodos, éste zumo es normalmente concentrado en la industria y luego reconstituido, ajustado a 8 °Brix, mínimo recogido en la Guía de Referencia de AIJN (GR) para Zumo de Limón.

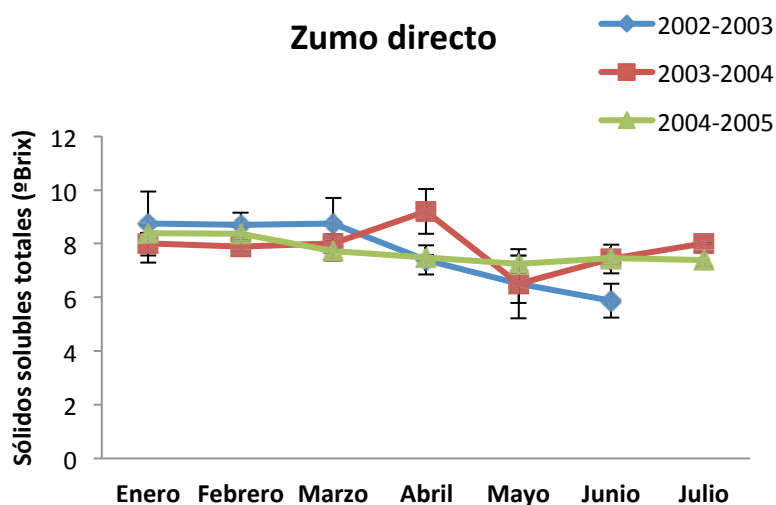


Figura 3.1. Sólidos solubles totales (° Brix) en zumo de limón directo (Anexo 3.1)

Se puede observar cómo la evolución del contenido en sólidos solubles totales se mantiene constante a lo largo del periodo de producción y durante las tres campañas de estudio, alcanzándose los valores más bajos en los meses de verano en el caso de la campaña 2002-2003. El °Brix mínimo (7) establecido en la Guía para Zumos directos, se cumple en casi todas las muestras y podemos considerar que este valor es válido para el Zumo de Limón español. Los valores fuera de rango son pocos, no se dan en las tres

campañas, no son repetitivos, ni pueden considerarse referencia. Esta bajada puntual puede producirse por un madurado insuficiente de la fruta que al ser cosechada según la demanda del mercado en fresco, a veces no es idónea para ser procesada.

3.2.2 Determinación de acidez

Los ácidos orgánicos son los principales constituyentes solubles del zumo de limón. A medida que aumenta la maduración de la fruta, la acidez del zumo aumenta y el pH disminuye. La acidez total en el zumo de limón, se debe principalmente a los ácidos cítrico y málico, pero las variaciones en los valores de acidez se deben esencialmente a los cambios en la concentración de ácido cítrico (Sinclair, 1984). Por otro lado, la acidez de los cítricos está directamente asociada con la calidad. Limones con buena calidad, tienen altos valores de acidez (50-60 g de ácido cítrico /l).

3.2.3. Acidez valorable

La acidez valorable analizada en las muestras de zumo de limón, determina el contenido de los distintos ácidos (cítrico, málico, láctico o acético) durante los meses de las campañas estudiadas. En la **Figura 3.2** se muestra la evolución de este parámetro.

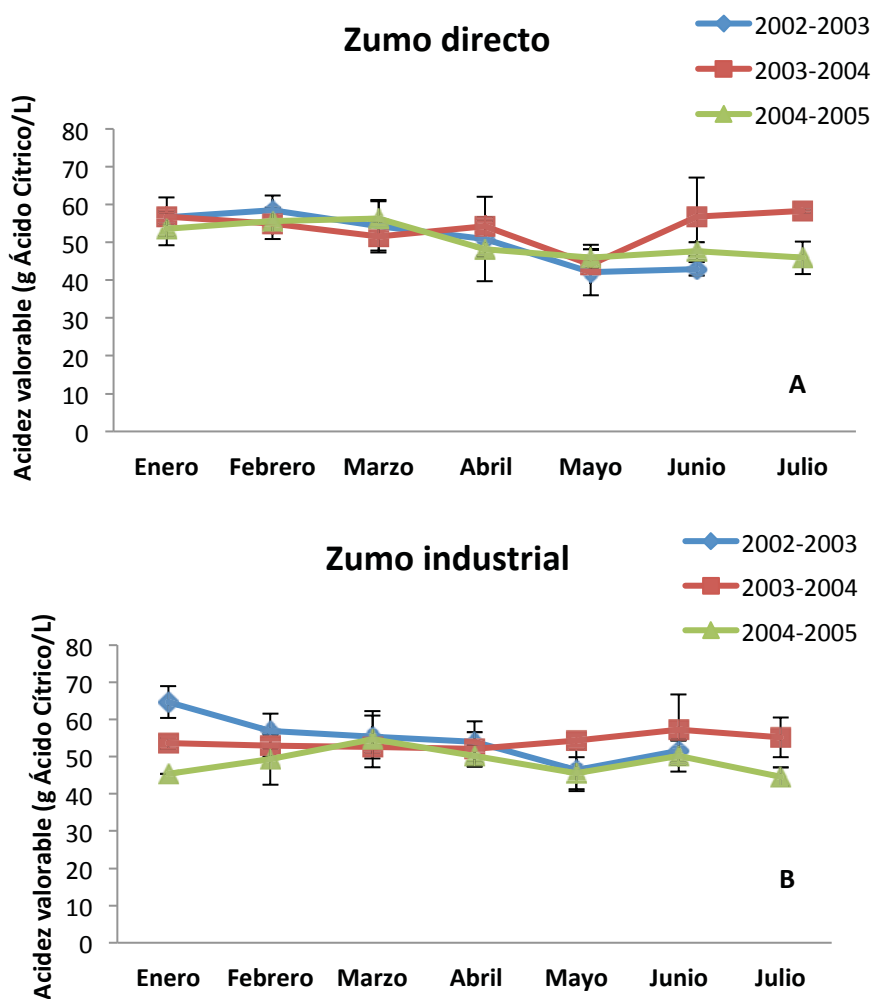


Figura 3.2. Acidez valorable en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.2)

Como se observa, en el zumo de limón directo (**Figura 3.2 A**), la acidez valorable media de todos los zumos en las distintas campañas se encontró que a medida que avanzan los meses, esta acidez va disminuyendo hasta el mes de mayo. A partir de Mayo aumenta ligeramente hasta el valor inicial. Esto es debido a que la variedad de limón procesada de Enero a Abril fue Fino y a partir de Mayo Verna. El zumo de limón industrial (**Figura 3.2 B**) se comporta de manera más constante a lo largo de las tres campañas y, al igual que en el zumo directo, la campaña 2003-2004 presentó el valor más alto en los meses de verano (junio y julio). En ambos casos, zumo directo y zumo industrial, los valores encontrados están en consonancia con los recogidos en la GR para Zumo de Limón.

3.2.4. Acidez volátil

La determinación de la acidez volátil en las muestras de zumo de limón directo e industrial, valora la calidad de la Fruta procesada, si es sana y está en buenas condiciones o está degradada e iniciando una fermentación. La contaminación suele ser con bacterias acéticas que disminuye la calidad del aroma y sabor de los zumos y sus niveles, además de la calidad de la fruta, nos dan idea de las buenas prácticas de fabricación y vida útil de los zumos.

La **Figura 3.3** muestra los resultados de la acidez volátil en los zumos directo e industrial

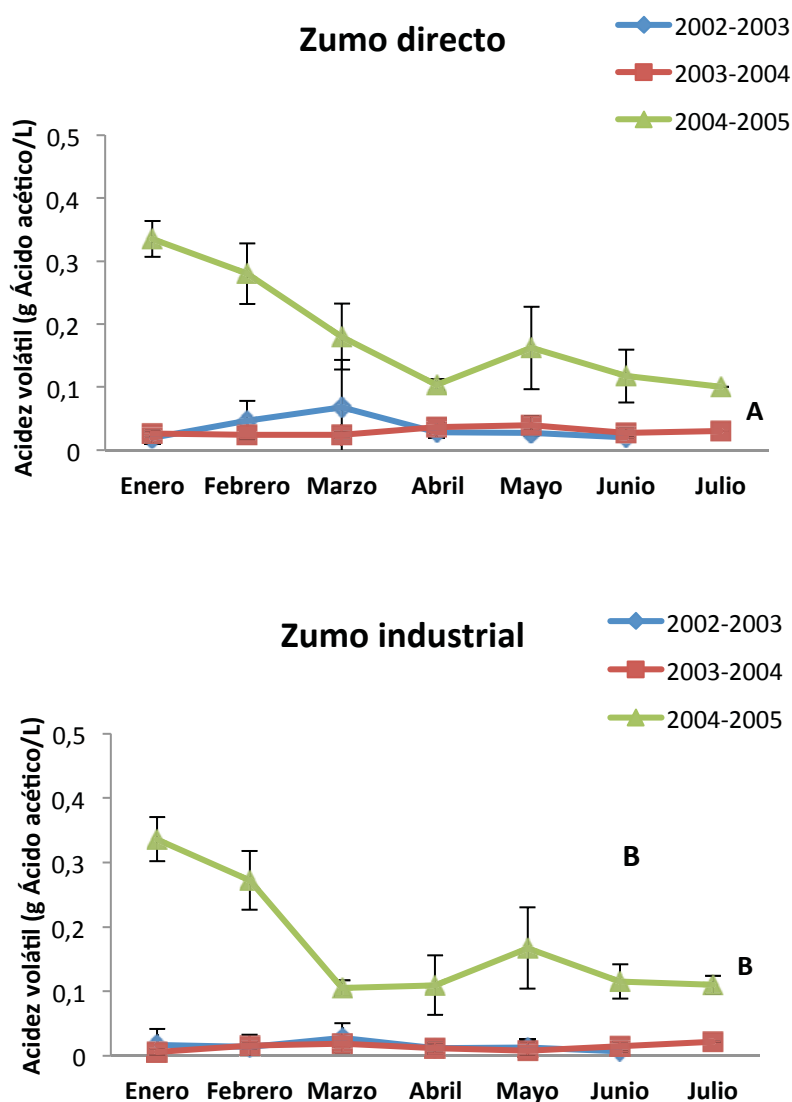


Figura 3.3. Acidez volátil en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.3)

La acidez volátil de las muestras se mantiene muy baja durante todas las campañas, tanto en el zumo directo como en el zumo industrial, con valores de 0,02 - 0,04 g ácido

acético/ L. en las campañas 2002 - 2003 y 2003 - 2004. La campaña 2004 - 2005, como se observa en ambas figuras (**Figura 3.3 A y B**), las muestras de zumo experimentaron mayor acidez volátil sin ser un valor elevado como para concluir que han existido problemas durante el proceso de elaboración. La cantidad de fruta producida en dicha campaña fue inferior a las anteriores y la mayor demanda del mercado en fresco, disminuyó la fruta procesada y desplazó la calidad de esta un escalón por debajo de años anteriores.

Todas las muestras están muy por debajo del valor máximo establecido en la GR para Zumo de Limón, de 0,4 g. ácido acético/ L.

3.2.5. Determinación de ácidos orgánicos

La identificación y el análisis cuantitativo de los ácidos orgánicos principales en las frutas se considera muy importante para la alimentación y la tecnología de bebidas así como la evaluación de su calidad (Hasib et al., 2002). Los ácidos orgánicos son un índice útil de la autenticidad en los productos derivados de frutas, ya que tienen menor susceptibilidad de cambiar durante el procesado y almacenamiento que otros componentes de frutas (Camara et al., 1994). El conocimiento preciso de los niveles de ácidos orgánicos (y sus proporciones) podría ser útil para la detección de posibles adulteraciones en zumos de frutas, ya que cada fruta tiene un patrón único de ácidos orgánicos. La composición de ácidos orgánicos de frutas también es de interés debido a su impacto en las propiedades sensoriales. A pesar de que son componentes menores, en combinación con azúcares, son atributos importantes de la calidad sensorial de frutas tanto frescas como y procesadas.

Las frutas cítricas se clasifican como frutas ácidas, ya que sus sólidos solubles se componen principalmente de ácidos orgánicos y azúcares, que se utilizan como el índice principal de madurez y una de las principales medidas analíticas de la calidad del sabor. Los principales ácidos de frutas cítricas son los ácidos cítrico y málico con trazas de tartárico, benzoico, oxálico y succínico (Karadeniz, 2004).

La acumulación de ácidos orgánicos en las vacuolas de las células de los cítricos es un proceso regulado por el desarrollo, el grado y el momento y que varía mucho entre las especies y variedades y es altamente susceptible al clima (Canel et al., 1995).

La mayoría de los estudios sobre el contenido de ácidos orgánicos se han realizado durante la maduración de la fruta de especies tales como naranja, pomelo, mandarina y limón (Moufida et al., 2003). En estos estudios se demostró que la acidez se debe principalmente al ácido cítrico, disminuyendo este durante la maduración de naranja, toronja y mandarina, mientras que se mantiene constante en el limón.

3.2.5.1. Ácido Ascórbico

El Ácido Ascórbico o Vitamina C ($C_3H_4O_3$) es un ácido orgánico hidrosoluble con propiedades antioxidantes y es un referente cualitativo de muchas frutas.

Los limones y otros cítricos sirven como fuente de vitamina C. El contenido de Ácido Ascórbico en algunos limones ha sido superior a los 680 mg/l de zumo. El contenido en Ácido Ascórbico en zumo de limón se ve afectado según el área de crecimiento del cultivo, color del fruto cuando se recolecta y tiempo, junto con condiciones de almacenamiento, antes de procesarla.

El contenido en Ácido Ascórbico varía también según la variedad, edad, tipo de tejido, estación y condiciones ambientales. El contenido en Vitamina C en frutos individuales pueden sufrir variaciones considerables, ya que por ejemplo un limón dentro de un lote, puede contener hasta un 60% más de Ácido Ascórbico que otro.

La **Figura 3.4** muestra los resultados Ácido Ascórbico en los zumos directo e industrial

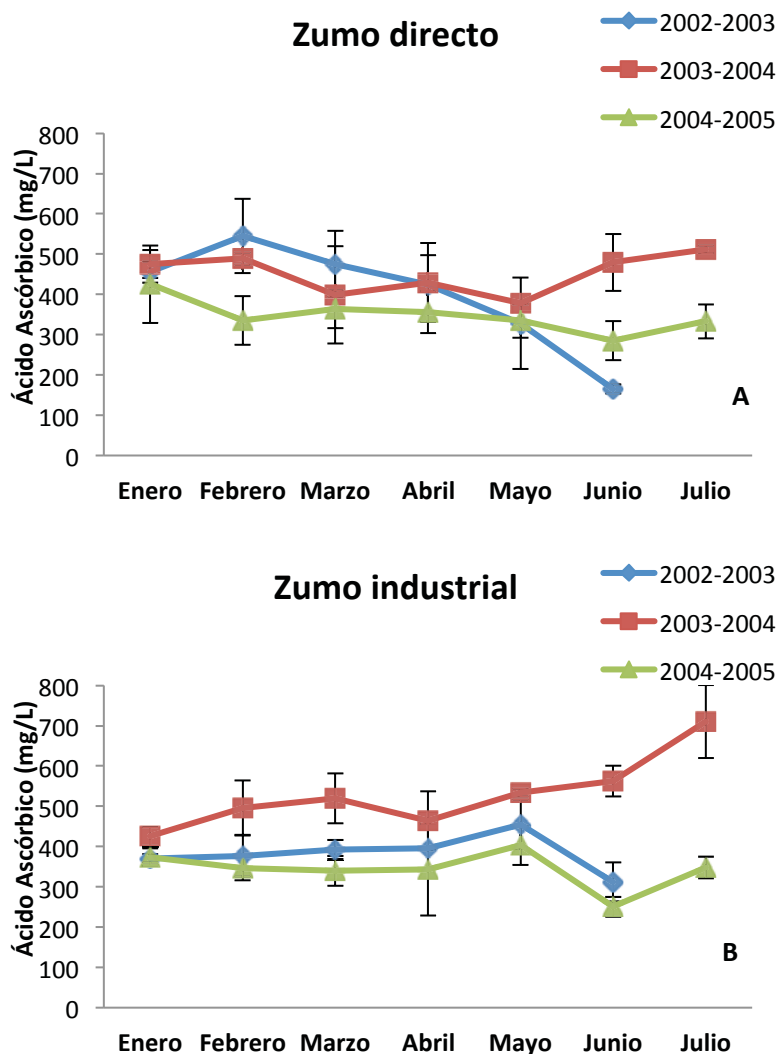


Figura 3.4. Ácido Ascórbico en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.4)

En la Figura anterior se observan concentraciones de ácido ascórbico comprendidas entre 300-700 mg/L en la mayoría de las muestras, sin diferencias entre unidades productivas. Destaca un ligero aumento en limón Verna y en la campaña 2003-2004. **Todas los valores analizados superan el valor mínimo de la GR para Zumo de Limón.**

3.2.5.2 Ácido Cítrico

El Ácido Cítrico es un ácido orgánico ($C_6H_8O_7$) presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos (ácido mayoritario). La mayor concentración de ácido cítrico en los limones la podemos encontrar en el zumo y la más baja en la corteza.

En la **Figura 3.5** se muestra la evolución del contenido de ácido cítrico durante las tres campañas en las que se realizó el estudio.

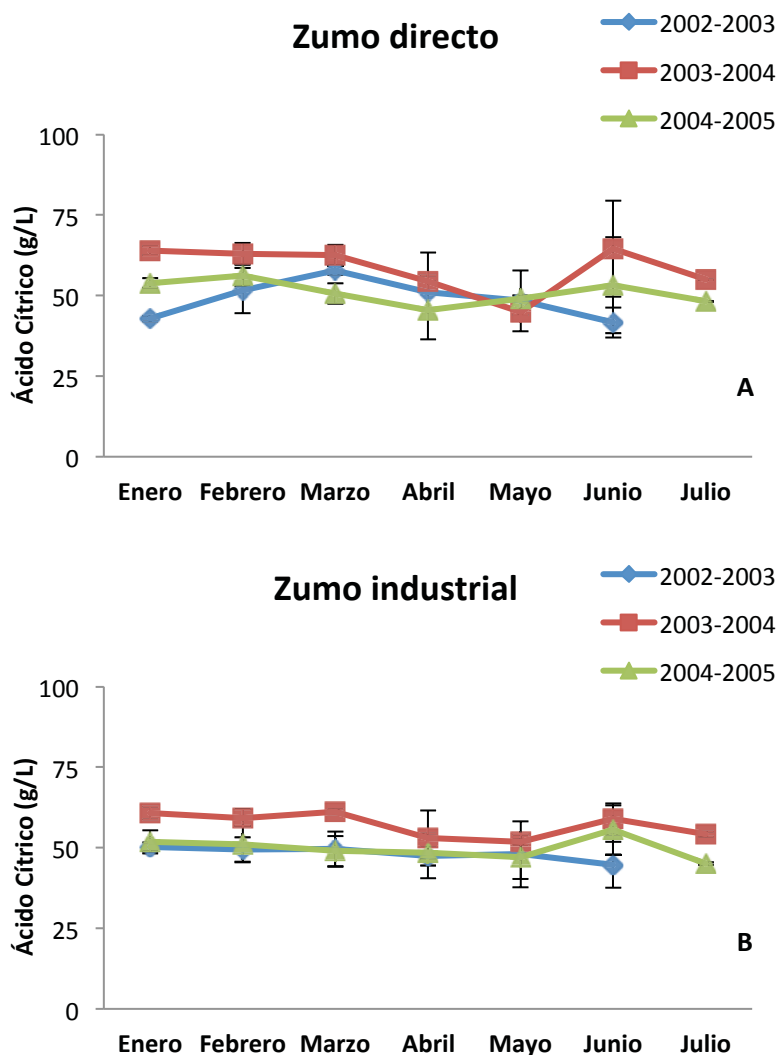


Figura 3.5. Ácido Cítrico en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.5)

Como se puede ver, no existe prácticamente diferencia entre el zumo directo y el industrial. También se aprecia la semejanza entre las gráficas de valores de acidez y de ácido cítrico, es el ácido mayoritario y el referente en que se expresa la acidez.

18% de valores analizados inferiores al mínimo de la GR para Zumo de Limón.

3.2.5.3. Ácido D - Isocítrico

El Ácido D - Isocítrico ($C_6H_8O_7$) es un ácido orgánico importante del Zumo de Limón, metabolito del ciclo de Krebs que se genera después de la reacomodación de ácido cítrico. Se encuentra en menores concentraciones que el A. cítrico, solo en zumo, no en albedo o flavedo, con valores diferentes según el origen de la fruta.

La **Figura 3.6** muestra los valores del Ácido D - Isocítrico en los zumos directo e industrial analizados en las tres campañas de estudio.

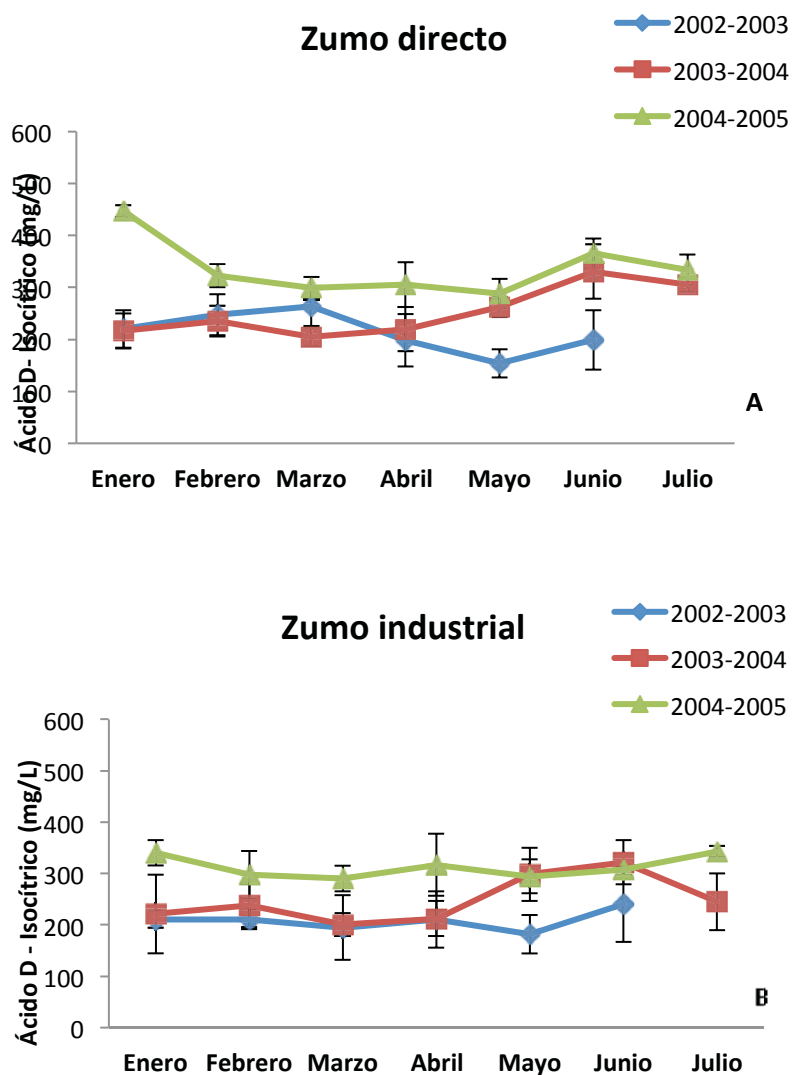


Figura 3.6. Ácido D - Isocítrico en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.6)

En la figura se observa una gran correlación entre ambos zumos, siendo la campaña 2004-2005 en la que se obtienen valores más elevados de ácido D - Isocítrico. No existen grandes variaciones entre unidades productivas.

Los valores obtenidos presentan bastantes discordancias con los valores de la GR del Zumo de Limón, más de un 30 % de muestras con valores por debajo del mínimo.

3.2.5.4. Ratio A. Cítrico / A. D - Isocítrico

Las concentraciones de ácido cítrico están correlacionadas con las de Isocítrico. Además, el ratio puede ser usado para detectar una acidificación adulterada de Zumo de Limón, con ácido cítrico exógeno. Ratios por debajo de 100 fueron encontrados en algunos casos. En bastantes muestras se ha superado el ratio máximo, fijado por la GR para Zumo de Limón, de 200. Los zumos Italianos muestran valores altos (180 aprox), en zumos de Sudamérica, California, España e Israel están normalmente por debajo (A.I.J.N).

La **figura 3.7** muestra los valores analizados del Ratio A. Cítrico / A. D- Isocítrico en las tres campañas y en Zumos directos e industriales

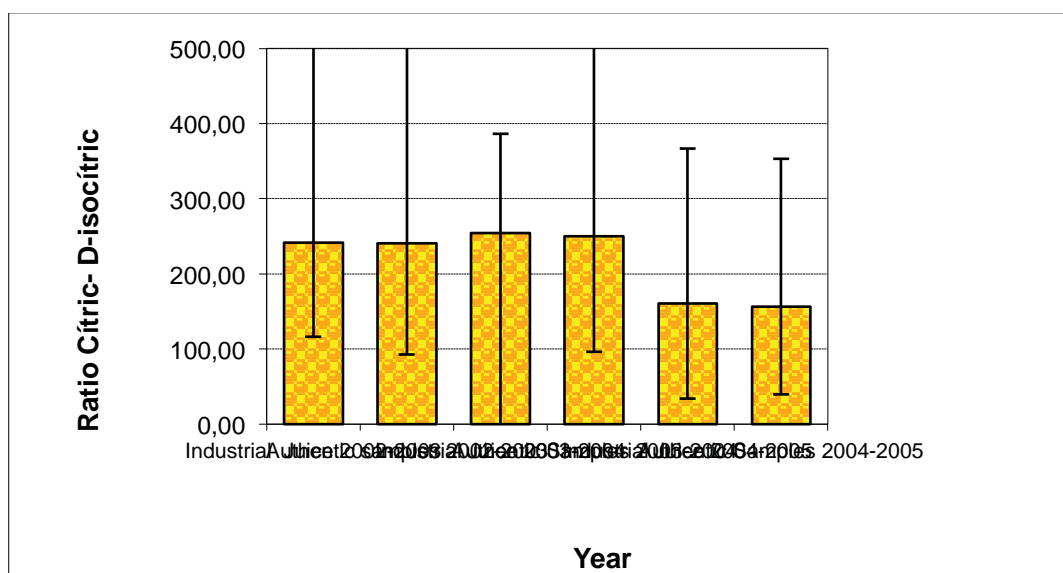


Figura 3.7: Ratio A. Cítrico / A. Isocítrico

Como hay variación en los valores de A. Cítrico y de A. D – Isocítrico, el Ratio A. Cítrico / A. D – Isocítrico tiene también grandes variaciones y se desvía del estándar fijado en la Guía de AIJN.

Hay una gran cantidad de valores (43 %) que difieren del máximo establecido por la GR del Zumo de Limón, tanto zumos directos como industriales, de las 2 primeras campañas (69 %).

3.2.5.5. Ácido L-Málico

Hay que distinguir entre ácido D-Málico y L-Málico. El D-Málico no lo encontramos en zumo de limón.

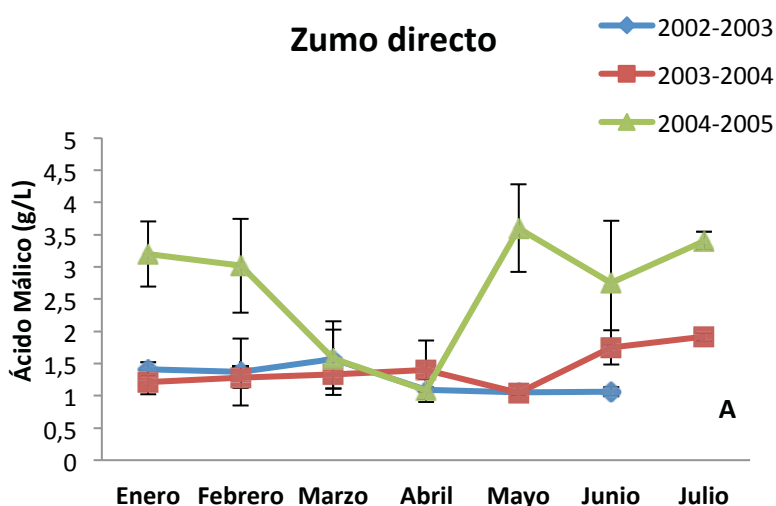
El Ácido Málico ($C_4H_6O_5$) es uno de los ácidos orgánicos predominantes en la naturaleza y fácilmente metabolizable por los microorganismos (concentraciones muy bajas de ácido málico nos indica gran degradación microbiana en la muestra analizada).

Éste ácido lo encontramos en frutas y verduras con sabor ácido. En el limón la mayor concentración de ácido L- Málico lo encontramos en las hojas (Sinclair y Eny, 1947).

Existe gran correlación entre dos ácidos muy importantes, el cítrico y el d-málico. Dicha relación se mide en ratio cítrico/d-málico, que en caso del limón actúa como ratio de madurez, aumenta a la vez que se desarrolla el fruto. Justo lo contrario ocurre en las naranjas. Valores de ratio de 15-20 en frutos inmaduros son correctos, y los comprendidos entre 20-30 cuando la fruta alcanza su madurez.

Uno de los cambios más importantes en la composición del fruto durante el periodo de almacenado es el significativo descenso del contenido de ácido L-málico que conlleva también un aumento de ácido cítrico debido a la pérdida de agua del fruto (Sinclair y Eny, 1945).

La **figura 3.8** muestra los valores en Zumo directo e industrial en las 3 campañas



B

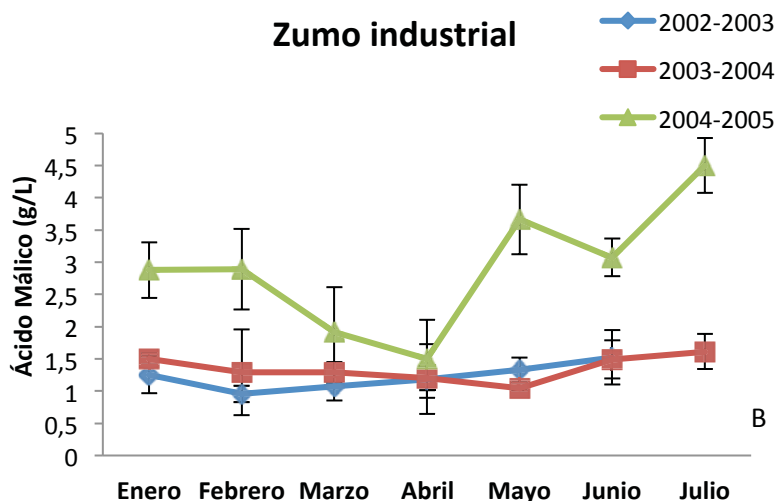


Figura 3.8. Ácido L- Málico en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.8)

Como se observa en los resultados obtenidos no hay variaciones apreciables entre unidades productivas, pero sí entre campañas, ya que las concentraciones en la campaña 2004-2005 son superiores a las otras dos.

Todos los valores son acordes con los establecidos en la GR de Zumo de Limón

3.2.6. Determinación de azúcares

Los azúcares predominantes en los cítricos son Sacarosa, Fructosa y Glucosa, siguiendo el siguiente perfil de azúcares expresado en % en la tabla 3.2.

Limón	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	g/100g	% total	g/100g	% total	g/100g	% total
Zumo	0,18	11	0,52	32	0,92	57
Fruta Entera	0,41	13	1,4	44	1,35	43
Naranja	Sacarosa		Glucosa		Fructosa	
	g/100g	% total	g/100g	% total	g/100g	% total
Zumo	4,7	49	2,36	25	2,38	25
Fruta Pelada	4,19	49	2,51	30	1,81	21

Tabla 3.2. Cantidad y % de Glucosa, Fructosa y Sacarosa en frutos Cítricos (Southmayd.,1970)

3.2.6.1. Glucosa

La Glucosa es un monosacárido ($C_6H_{12}O_6$) que se absorbe directamente al torrente sanguíneo durante la digestión. Las células lo utilizan como fuente primaria de

energía. Es uno de los principales productos de la fotosíntesis y combustible para la respiración celular.

La glucosa es el segundo azúcar predominante en el zumo de limón. Un estudio Estadounidense muestra una media de 5,2 g/L de glucosa. 32% del total (**Tabla 3.2**). Los valores obtenidos en los zumos de Limón de este estudio, son 8,12 g/L de promedio en zumo industrial y 7,93 g/L en zumo directo. Ambos resultados son próximos y superiores a los valores Americanos. El mayor contenido en Zumo industrial sería por la mayor inversión de la sacarosa en estos, debido a los procesos térmicos más intensos.

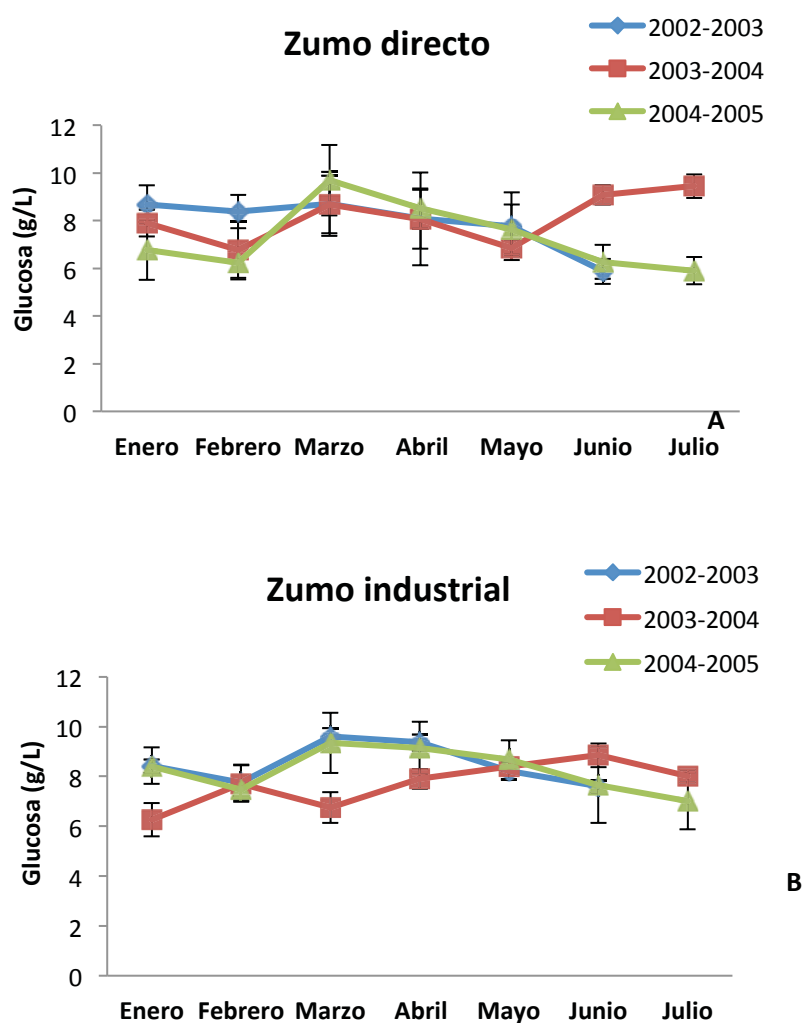


Figura 3.9. Glucosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.9)

Como se observa en la figura anterior los valores de glucosa en zumos españoles oscilan entre los 6 y 9 g/L, y no se observan variedades significativas entre unidades productivas.

Todos los valores analizados son concordantes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.6.2. Fructosa

La fructosa es otro monosacárido, isómero de la glucosa. La fructosa es el azúcar que encontramos en mayor concentración en el zumo de limón. Proviene de la hidrólisis de la sacarosa, como la glucosa. El mayor porcentaje del fruto está en el zumo.

En California los valores medios de fructosa se sitúan en 9,2 mg/L (Southmayd, 1970). En zumo español industrial los valores se muestran en la figura (figura 3.10) .

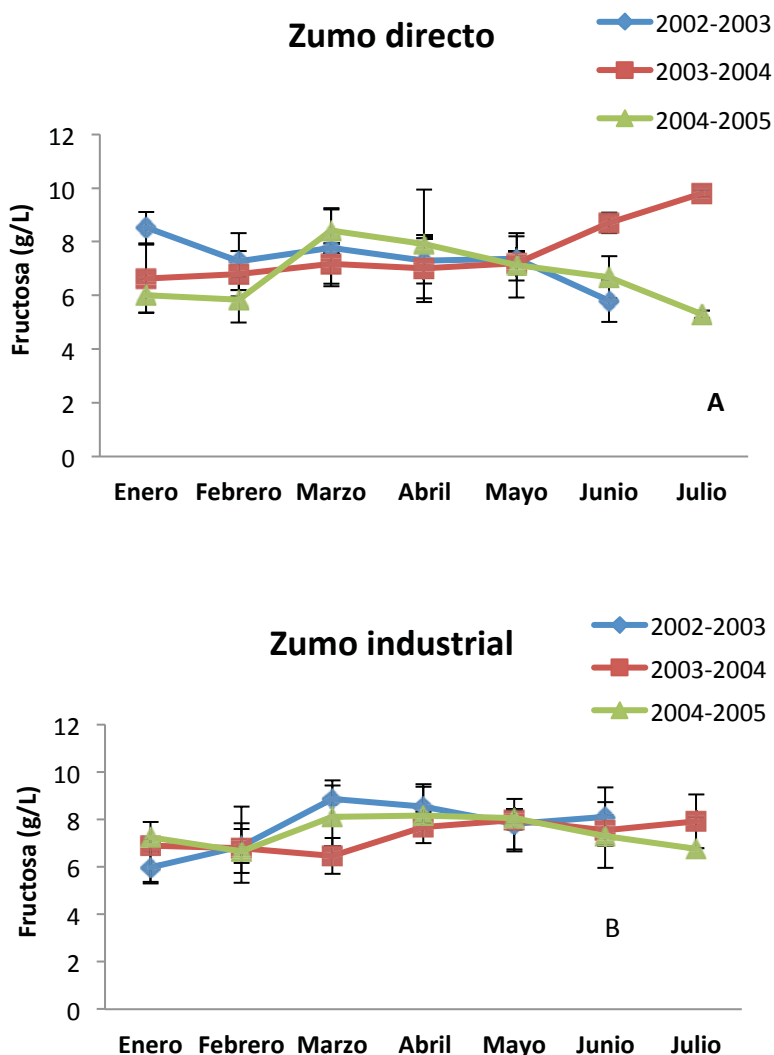


Figura 3.10. Fructosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.10)

Todos los valores analizados son concordantes con la GR para Zumo de Limón.

En las Figuras 3.9 y 3.10 podemos observar la similitud de valores en el contenido de Glucosa y Fructosa, sin grandes diferencias entre campañas o producción.

3.2.6.3. Sacarosa

La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), es el azúcar menos predominante en el zumo de limón, y por el contrario el más abundante en el zumo de naranja (Tabla 3.2).

La composición de limones comerciales de California muestran concentraciones de sacarosa de 0,9 g/L en la corteza, 1,8 g/L en la parte comestible y 0,9 g/L en zumo (Birdsall et al., 1961). En los zumos españoles analizados en este estudio, los valores de sacarosa son mayores, 3,49 g/L en zumo industrial y 4,52 g/L en zumo directo (superiores por la menor inversión). La GR para Zumo de Limón fija valores de 0-7 g/L.

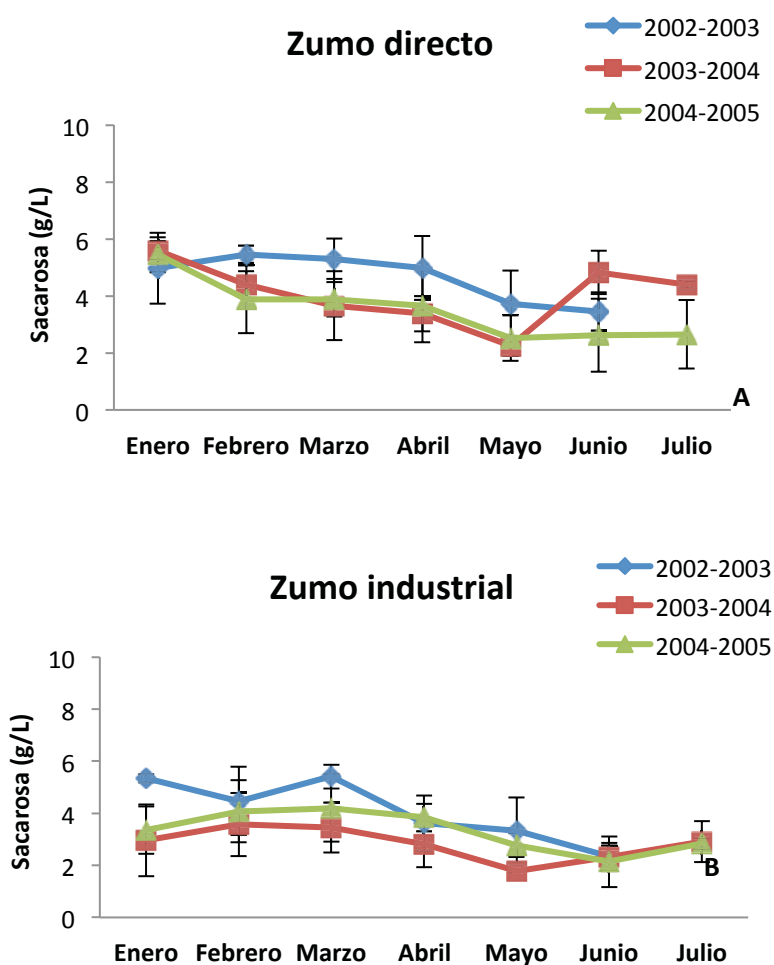


Figura 3.11. Sacarosa en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.11)

Como observamos en la Figura 3.11, existe gran similitud entre unidades productivas. Los valores de la campaña 2002-2003 fueron superiores, debido probablemente a las condiciones climáticas.

Todos los valores analizados están en concordancia con la GR para Zumo de Limón.

3.2.7. Minerales

Los minerales son elementos básicos en el desarrollo de las plantas y los procesos metabólicos. Concentraciones de Calcio, Magnesio, Fosforo y Potasio son significativamente superior en la piel que en la parte comestible o zumo. El contenido en hierro es mayor en la piel y parte comestible que en el zumo. El contenido en sodio es relativamente bajo, encontrándose la mayor concentración en los tejidos de la piel. El Potasio es el macronutriente que se encuentra en mayor concentración en el limón (Sinclair, 1984).

3.2.7.1. Calcio

El calcio es uno de los macronutrientes indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas y animales. Un cuerpo normal contiene más calcio que cualquier otro componente mineral. El calcio es uno de los componentes esenciales de los tejidos de las plantas. Está presente en grandes cantidades como sales insolubles (oxalato de calcio) y es mucho menos móvil que otros elementos minerales. Se acumula en los tejidos de la fruta y las hojas pero no migra libremente a otros tejidos. El calcio se encuentra a bajas concentraciones en las hojas jóvenes de los cítricos, y aumenta rápidamente hasta que las hojas tienen 3 o 4 meses (Jones and Parker, 1950). Las plantas acumulan cuatro veces más calcio si crecen en suelos básicos, que si se desarrollan en suelos ácidos.

La abundancia de calcio en la corteza indica que alguna cantidad de ácido oxálico es almacenada en esta y podría ser inmediatamente convertido en sales insolubles de calcio (Sinclair y Eny, 1947). Con solo una pequeña traza de ácido oxálico que aparezca en la piel puede ser señal suficiente para evidenciar que el calcio presente como ácido oxálico está pasando a oxalato de calcio insoluble. Valores elevados de pH en la piel es también evidencia que el ácido oxálico esté en forma de sal cálcica. A continuación se muestran los valores en Zumo de limón español en la figura 3.12.

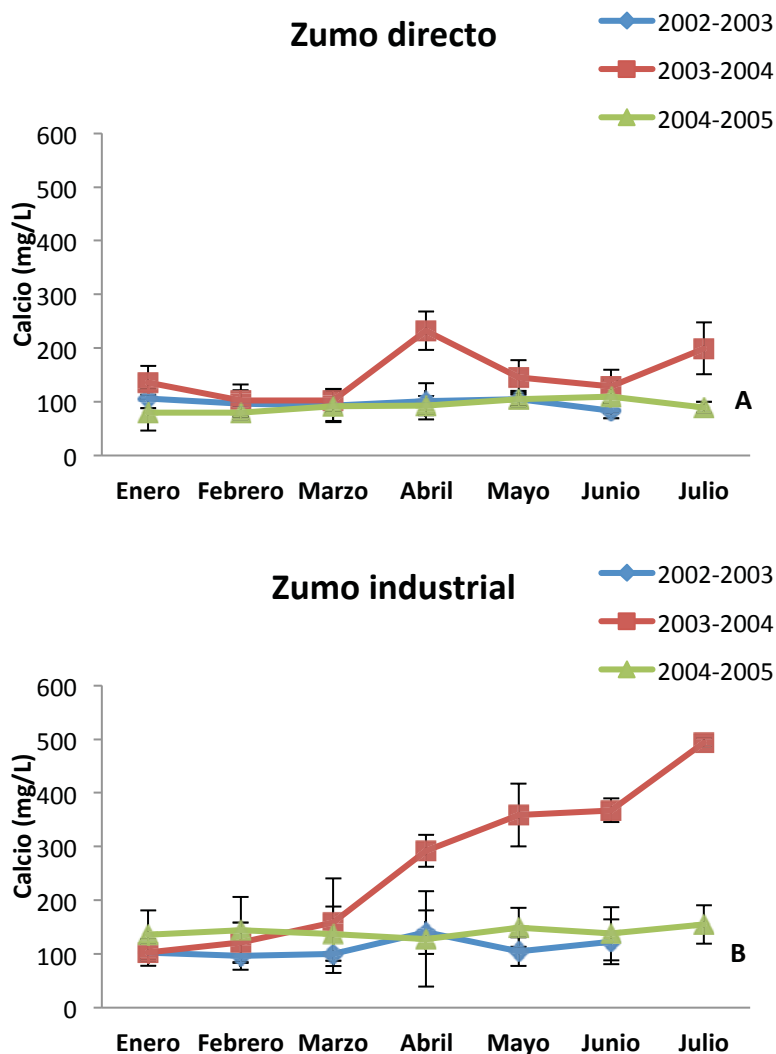


Figura 3.12. Calcio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.12)

Como se observa en la **Figura 3.12**, las concentraciones de calcio en la campaña 2003-2004 fueron mucho más elevadas que las otras. En dicha campaña, las concentraciones de calcio en zumo industrial, se dispararon a partir del mes de marzo.

Las zonas de cultivo de Limón en España tienen suelos calcáreos con elevado contenido en Calcio que copa gran parte de la capacidad de cambio catiónico del complejo de cambio del suelo, esto hace que la disponibilidad de calcio para la planta, sea muy grande, especialmente tras periodos de lluvia en que el suelo se acidifica solubilizando ese calcio, haciéndolo más disponible para las raíces. Esto es lo que ha sucedido en las diferentes muestras con valores de Calcio muy elevados.

Todas las muestras analizadas en este trabajo cumplen con los valores mínimos de calcio de la GR para Zumo de limón y un porcentaje importante supera el valor máximo: 25 %

campaña 2003 – 04 en Zumo directo e industrial, 10 % en 2002 – 03; 25 % 2004 – 05 y 50 % en 2003 – 04.

3.2.7.2. Magnesio

El magnesio es otro macronutriente que podemos encontrar en el zumo de limón. El contenido en magnesio no está relacionado con la variedad ni el origen de la fruta. Es junto con el sodio el que se encuentra en menor cantidad y los resultados obtenidos en las muestras de Zumo de limón español estudiadas están en la figura 3.13:

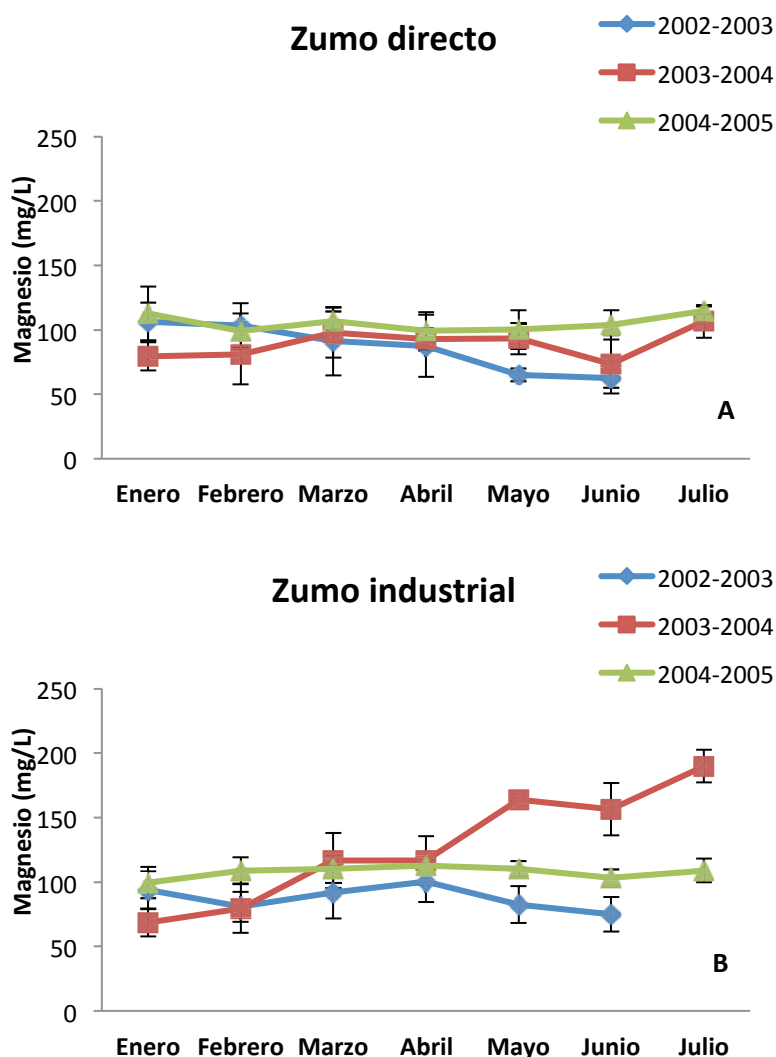


Figura 3.13. Magnesio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.13)

Como se observa en la figura 3.13 los análisis de magnesio obtenidos de las muestras del estudio, son muy semejantes y con gran correlación entre zumo directo y zumo de procedencia industrial. Al igual que con el Calcio, a partir de abril, la

concentración de magnesio en Zumo Industrial durante la campaña 2003-2004, aumenta considerablemente por la misma razón aunque el Magnesio es menos abundante en el suelo.

20 % de los valores analizados en Zumo directo en la campaña 2002 /03 y 15 % de Zumos directos e industrial, campaña 2003 /04 (menos precipitaciones) y fundamentalmente en la variedad Verna, dieron los valores son inferiores a los mínimos de la GR para Zumo de Limón.

3.2.7.3. Potasio

Es el mineral (macronutriente) que se encuentra en mayores concentraciones en el fruto. Se encuentra en mayor proporción en la piel, y a partes iguales en la zona comestible y zumo. La concentración de potasio cuenta con un 60-70% del total de los cationes de las cenizas en los limones, y es muy probable que los citratos estén presentes en el zumo como citratos potásicos. Un alto contenido en potasio en frutos cítricos, está asociado con una gran acidez (Sinclair y Eny, 1947) y conductividad.

El potasio es un elemento esencial en la alimentación de las plantas. Es típico que uno de los elementos esenciales se combine con componentes orgánicos para formar componentes estructurales de las células y tejidos de las plantas. El potasio aparece fundamentalmente para jugar un papel regulatorio o catalítico, y es importante para el control de la hidratación de los tejidos. El sistema radicular absorbe potasio en mayor grado que el sodio.

En numerosos estudios realizados sobre los efectos de las aplicaciones de potasio sobre el rendimiento de los limones (Embleton y Jones, 1968), se ha demostrado que la nutrición de los árboles con potasio tiene un efecto sobre el crecimiento de la calidad del fruto. El contenido en Potasio, encontrado en diferentes zumos de diversos orígenes, no difiere mucho (AIJN, 2015), es un valor bastante constante y estable. En suelos calizos Mediterráneos, según las precipitaciones puede encontrarse más o menos potasio a disposición radicular por su movilidad capilar en el suelo. Los datos analizados en las muestras objeto del estudio se ven en la **figura 3.14**:

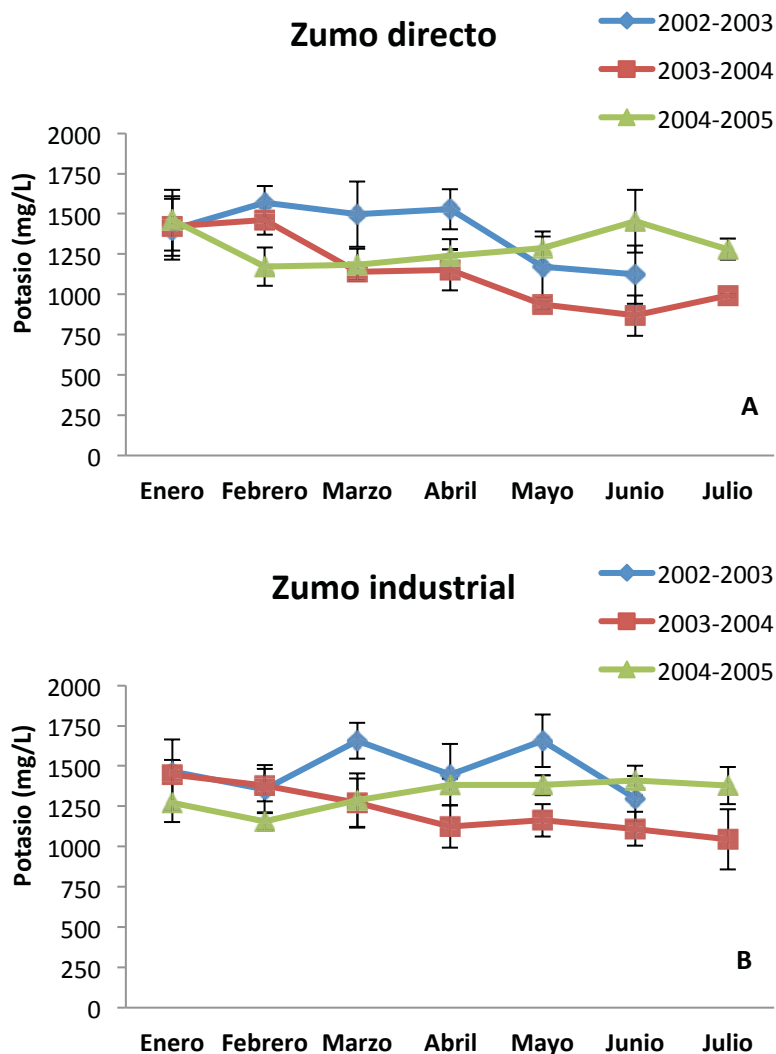


Figura 3.14. Potasio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.14)

Los valores de las campañas 2002 - 03 son ligeramente superiores a los de la campaña 2005, además se observa como los valores correspondientes a limón Verna son inferiores a los de limón fino, sin diferenciar unidades productivas. Los minerales Potasio-Magnesio guardan gran correlación.

Prácticamente todas las muestras presentan valores acordes con la GR para Zumo de Limón. Existe un número inferior al 10 % de la campaña 2003 - 04 con valores por debajo del mínimo.

3.2.7.4. Sodio

Podemos encontrar los siguientes valores de sodio en el fruto expresados en (mg / 100 mg de peso fresco): 6,5 en la piel, 2,5 en la fracción comestible y 1 en el zumo (Birdsall et al., 1961).

La cantidad de sodio almacenada en los limones es relativamente baja, independientemente de la variedad. El contenido en Calcio guarda una gran correlación con el contenido en Sodio en el zumo de limón.

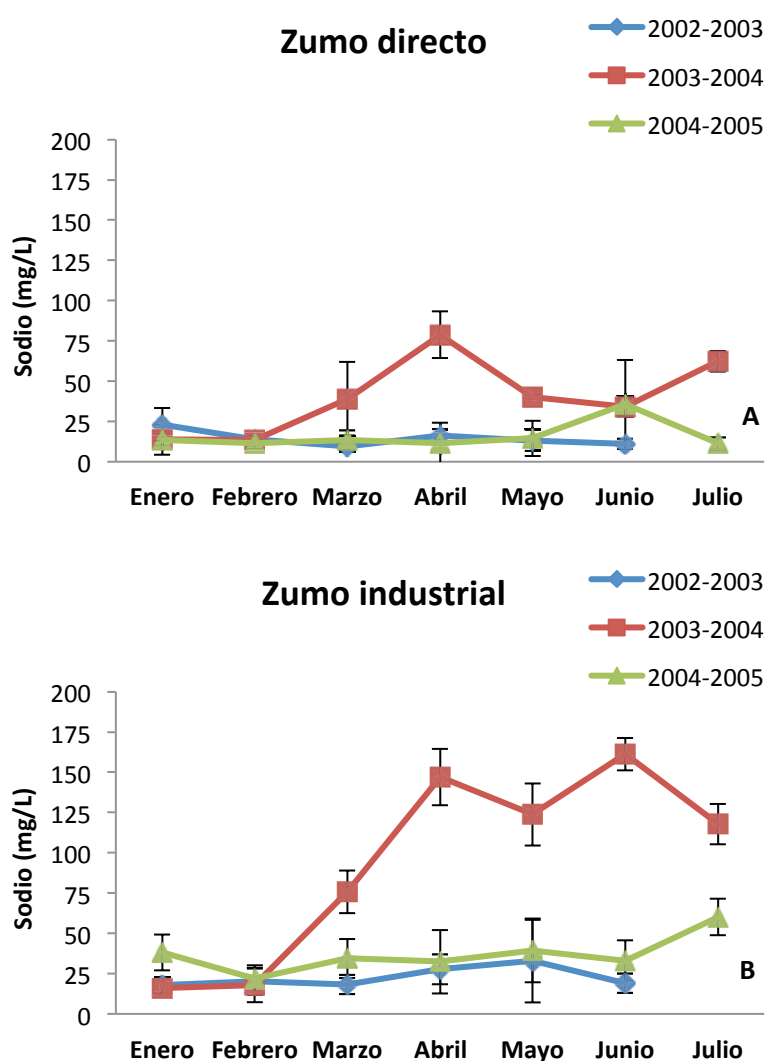


Figura 3.15. Sodio en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.15)

Como se ha observado, hay gran paralelismo entre ambas unidades productivas. En la campaña 2003-2004, los valores de Sodio se disparan en comparación con las otras dos

campañas, debido principalmente a la escasez de precipitaciones. El sodio tiene una gran movilidad en el suelo y puede situarse a nivel radicular, por capilaridad, en periodos de sequía. En estos periodos la absorción radicular de sodio es más alta y los valores que pueden obtenerse en el zumo son realmente altos, muy por encima de los admitidos por la guía AIJN.

Muchas muestras no están dentro del valor de la GR del CoP de AIJN para Zumo de Limón.

3.2.8. Determinación de fosfatos y sulfatos

Fosfatos y Sulfatos son nutrientes que encontramos de forma minoritaria dentro del zumo de limón. Estos compuestos varían mucho según los abonados aplicados a los cultivos, aguas de riego utilizadas, disponibilidad en el suelo y condiciones climatológicas.

3.2.8.1. Fósforo total

El fósforo es otro de los macronutrientes presentes en las plantas. El contenido de fósforo total en el suelo guarda una pequeña relación con el fósforo disponible para el crecimiento de la planta. El fósforo se encuentra en el suelo en diversas formas químicas, la mayoría lo encontramos como insoluble, por lo que, debemos aportar suficiente fosfato soluble para el crecimiento y maduración de las plantas y frutos. La cantidad total presente en el suelo de fosfato soluble en agua es casi siempre menor que la cantidad consumida durante el crecimiento del fruto.

El fósforo tiene una notable influencia en la calidad del fruto, aunque no se han observado efectos sobre el rendimiento. En campos de prueba, deficiencias de fósforo nos muestran un fruto largo, grueso con cortezas también de gran grosor y con centros huecos (Embleton et al., 1952), además un fruto con deficiencia en fósforo tiene un color naranja más profundo que un fruto normal (Chapman y Rayner, 1951).

El contenido en fósforo no guarda ninguna relación con el contenido en ácido ascórbico en zumo de limón, como sí ocurre con otros minerales. En cambio, en zumos de naranja y mandarina si guardan una relación inversa el contenido en fósforo y el contenido en vitamina C.

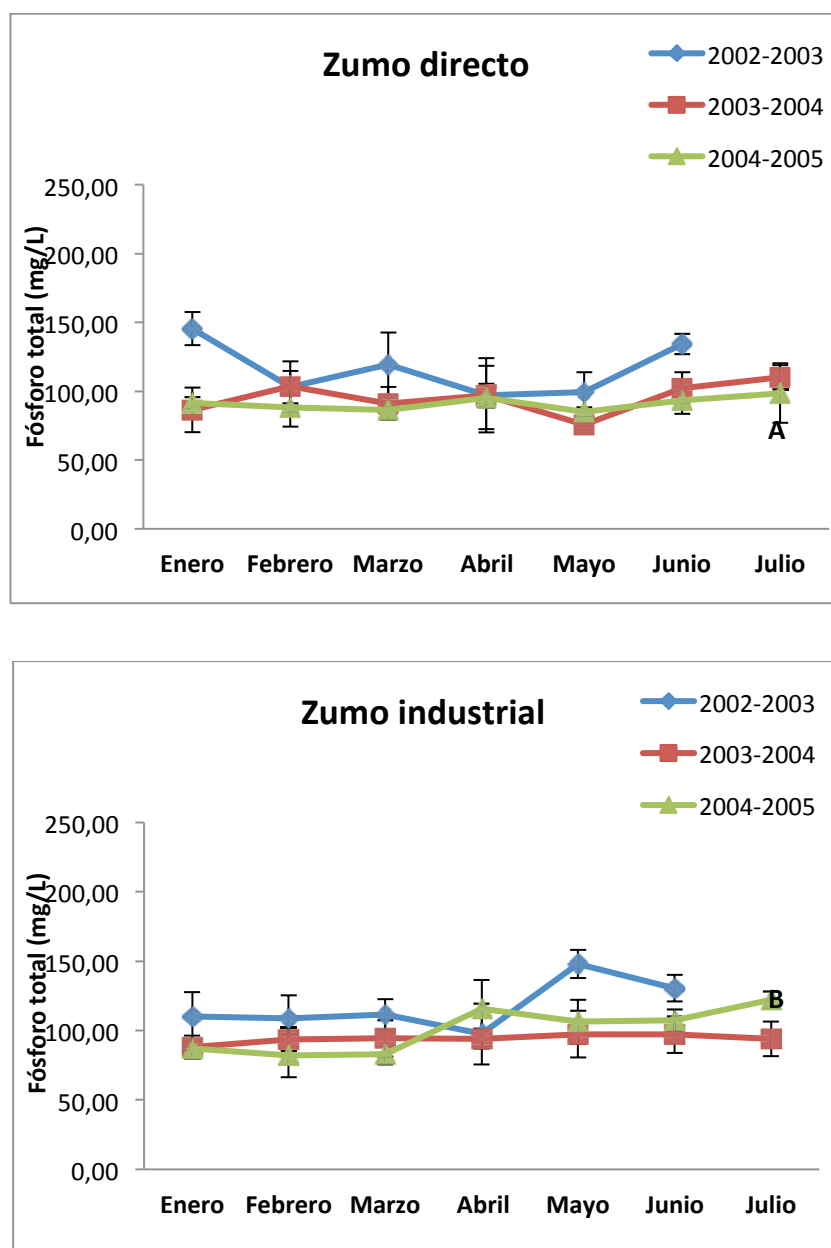


Figura 3.16. Valores de P total en Zumo de Limón. (Anexo 3.16)

Como se aprecia en la **Figura 3.16**, no hay diferencias significativas entre unidades productivas ni entre campañas, ya que los datos obtenidos son muy homogéneos.

Los valores de Fósforo total están dentro del rango fijado por la RG de AIJN para Zumo de Limón.

En general los valores industriales son ligeramente más bajos que los de zumos directos probablemente debido al proceso diferenciado, más agresivo el industrial.

3.2.8.2. Sulfatos

Los sulfatos no se presentan en elevadas concentraciones en los zumos cítricos. Hay que tener en cuenta las prácticas agronómicas aplicadas, ya que puede ser un factor importante en el contenido final. Otra propiedad a tener en cuenta cuando obtenemos valores elevados es la cantidad presente de sulfatos que tenemos en el agua de reconstitución procedente del tratamiento de sulfitado. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

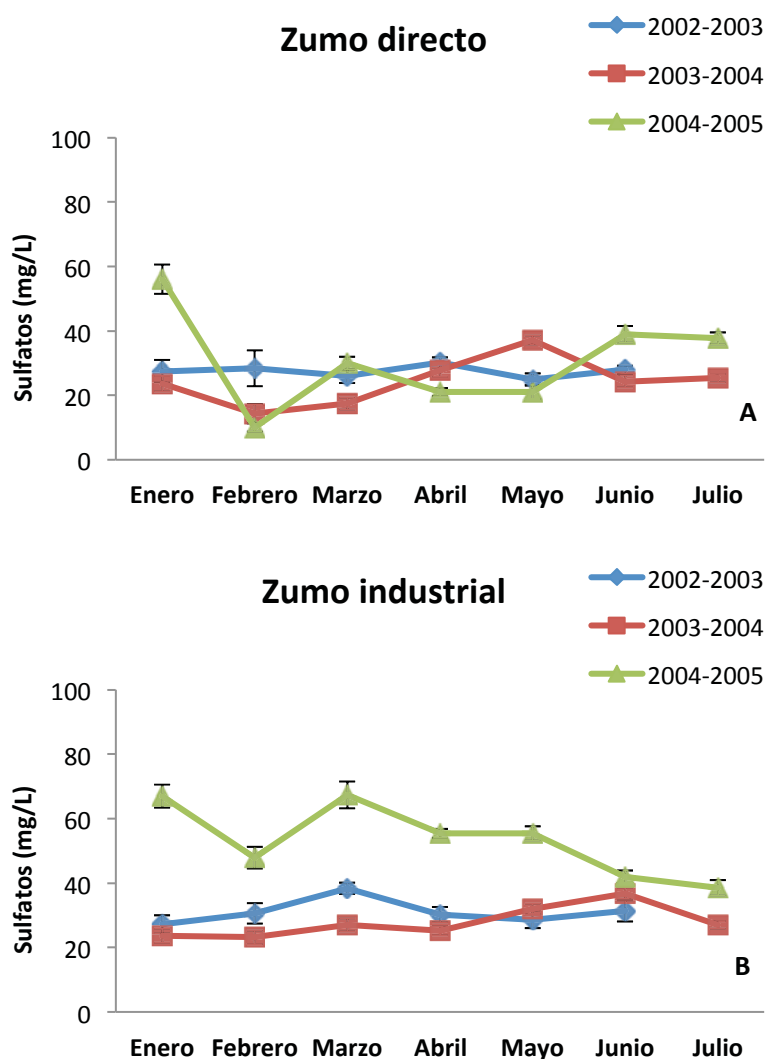


Figura 3.17. Sulfatos en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.17)

Como se ha observado en la **Figura 3.17**, el contenido en sulfatos en las muestras guarda gran similitud. Como cabía esperar, el contenido en sulfatos en Zumo Industrial es relativamente superior al de Zumo directo. Esto se debe al proceso de sulfitación usual en la producción de Zumos concentrados de Limón.

Todos los valores analizados están en concordancia con la GR para Zumo de Limón.

90

3.2.9 Determinación de cenizas

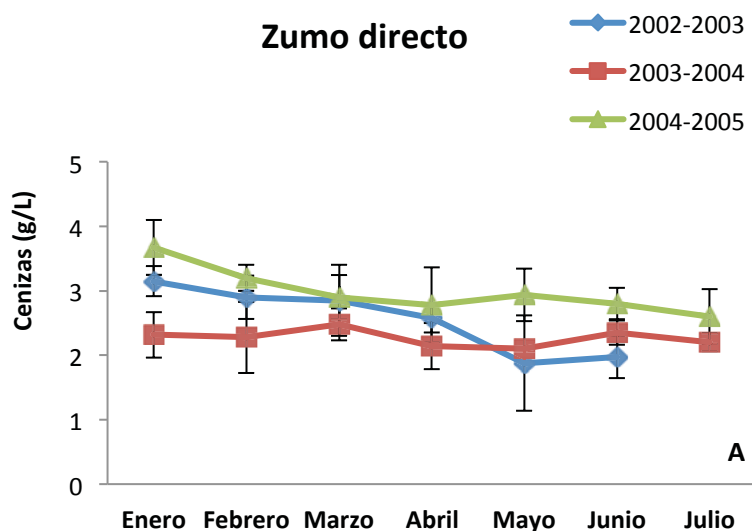
Los constituyentes de las cenizas varían en el Limón. El contenido de cenizas de la parte comestible, es de 0,29 gramos por cada 100 gramos, prácticamente igual que el zumo (0,25 gramos por 100 g), indica que todos los constituyentes minerales de la porción comestible del limón son solubles en la extracción del zumo.

Las cenizas están formadas principalmente por minerales y dentro de estos nos encontramos diferentes concentraciones (Birdsall et al., 1961):

1. Más del 1% de las cenizas (K, Ca, Mg, Na)
2. Menos del 1% de cenizas (P, Si, Fe, Mn, B, Sr, Al).
3. Trazas, menor al 0,01% de las cenizas (Cu, Li, Ti, Ni, Mb, Va, Zn...).

La cantidad total de cationes del zumo son derivados de los constituyentes de las cenizas, pero no todos los constituyentes están combinados con ácidos orgánicos. Algunos son combinados con algunos aniones como fosfatos, sulfatos y pequeñas cantidades de clorados. También encontramos pectinas en las cenizas. También se encuentra que un pequeño porcentaje de cenizas (2,97%) sobre el peso seco, procede de las semillas del fruto (Chapman et al., 1972).

Los valores de Cenizas analizados en las muestras objeto del estudio son;



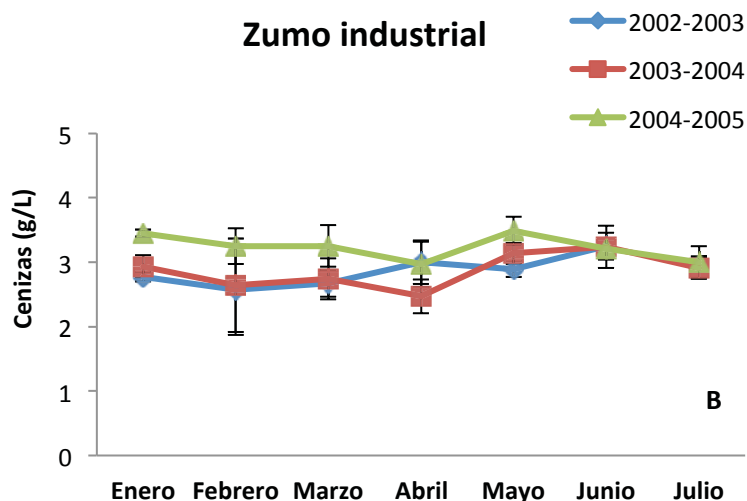


Figura 3.18. Cenizas en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.18)

Como se observa en la **Figura 3.18**, los datos obtenidos de concentración de cenizas guardan gran semejanza tanto entre campañas, como entre unidades productivas.

Los valores de Cenizas de las muestras analizadas, están en concordancia con la GR para Zumo de Limón.

3.2.10. Determinación de pectina soluble

Las sustancias pécticas pertenecen al grupo de los carbohidratos, con componentes comparables en tamaño molecular y estructura. Están compuestos principalmente por un ácido poligalacturónico. Además, la unidad básica de las sustancias pécticas es el ácido galacturónico. En estado natural el ácido galacturónico está frecuentemente asociado con azúcares galactosa o arabinosa.

Las pectinas insolubles en agua se llaman normalmente protopectinas. La transformación de protopectinas en pectina soluble es a través de una hidrólisis enzimática, así como aplicando calor a una concentración correcta de hidrógeno o pH. Cuando el material solubilizado retiene gran cantidad de grupos metoxilo y forma geles bajo condiciones definidas, se llama pectina.

La mayor parte de las sustancias pécticas las encontramos en la corteza y en el flavedo y en menor cantidad en el zumo. En zumo procedente de Florida encontramos valores de pectina soluble en agua que oscilan entre los 250-1390 (mg/L) (Rouse y

Knorr, 1971). Por otro lado, en zumos italianos barajamos valores medios de 540 mg/L (Green y Wells, 1971).

Los valores de pectina soluble en agua más altos los encontramos en zumos industriales, y reconstituidos a partir de concentrados y los más bajos en zumo directo recién exprimido.

Los volares obtenidos en zumo de procedencia industrial y en planta piloto son los siguientes (**Figura 3.19**):

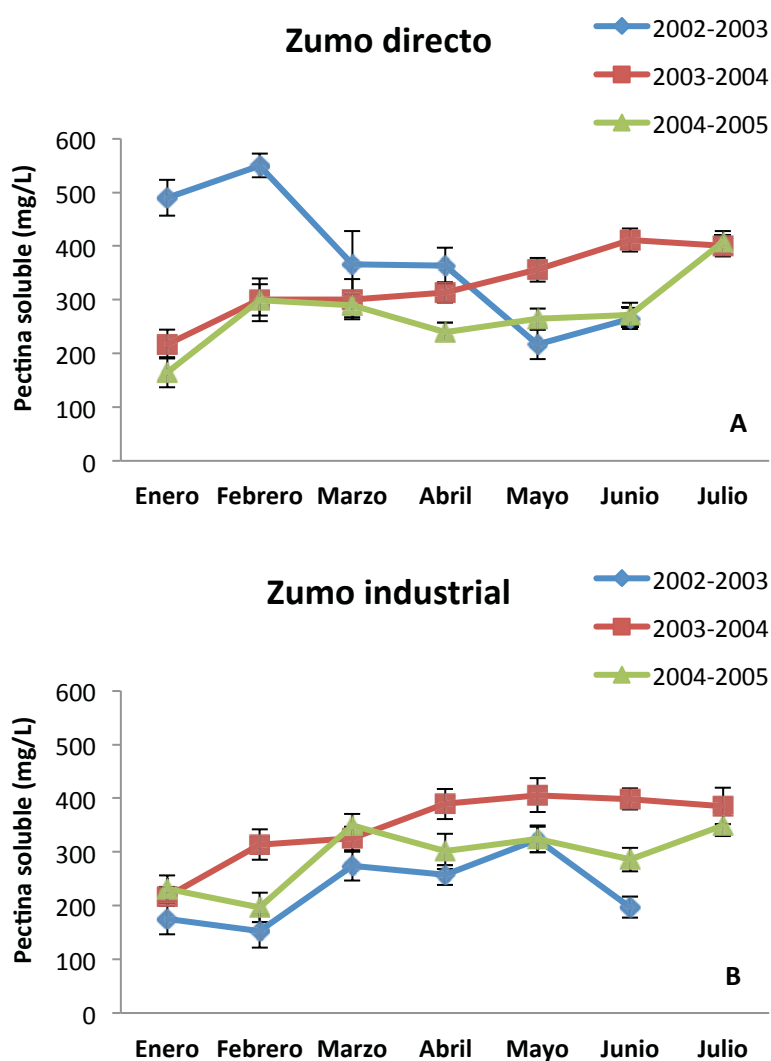


Figura 3.19. Pectina soluble en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.19)

En zumo de limón español tenemos unos valor medios de 518 (mg/L) en zumo industrial y 326 (mg/L) en zumo directo extraído en planta piloto. Los valores de la guía

de referencia AIJN se sitúan entre los 0-700 (mg/L) de pectinas soluble en agua. Durante el proceso industrial la degradación de las pectinas insolubles en solubles es mayor, por los tiempos de procesado y la actividad enzimática natural presente en el zumo extraído. De ahí el valor medio más alto en zumos industriales.

Como se observa en la **Figura 3.19**, podemos comprobar la gran correlación existente en los valores obtenidos en datos de procedencia industrial. Lo mismo ocurre con los datos de Zumo directo, salvo en la campaña 2002-2003, donde los datos no siguen la misma tendencia que el resto.

Todos los valores están en concordancia con la GR para Zumo de Limón

3.2.11 Determinación de Hesperidina

Los Flavonoides son componentes que contienen un complejo que incluye flavanonas y glicósidos. La mayor concentración de flavonoides los encontramos en el albedo de la fruta. El flavonoide predominante en limón es la hesperidina.

La eriocitrina y la hesperidina son los dos flavonoides más abundantes en el zumo de limón (Yoshiaki et al., 2007). Hesperidina y Diosmetina muestran efectos terapéuticos, favoreciendo la circulación del tránsito sanguíneo en pequeñas venas (Struckmann y Nicolaidis, 1994). La eriocitrina muestra gran efecto oxidativo (Miyake et al., 1998; Minato et al., 2003). Además tratamientos combinados de hesperidina y diometina muestran propiedades oxidativas beneficiosas, así como la disminución de hemorroides internas durante los embarazos (Buckslee et al., 1997).

La eriocitrina, hesperidina y diosmetina constituyen aproximadamente el 95% del contenido total de flavonoides presentes en el zumo de limón fino (Elena Gonzalez-Molina et al., 2008).

El contenido en flavonoides glicosidos es altamente influenciado por la textura de la fruta y la tecnología empleada. El valor máximo determinado debe estar en 1500 mg/L. el valor genuino de Hesperidina en zumos turbios se sitúa entre los 200-800 mg/L siendo bastante menor en zumos clarificados. La **figura 3.20** nos muestra los valores del estudio realizado.

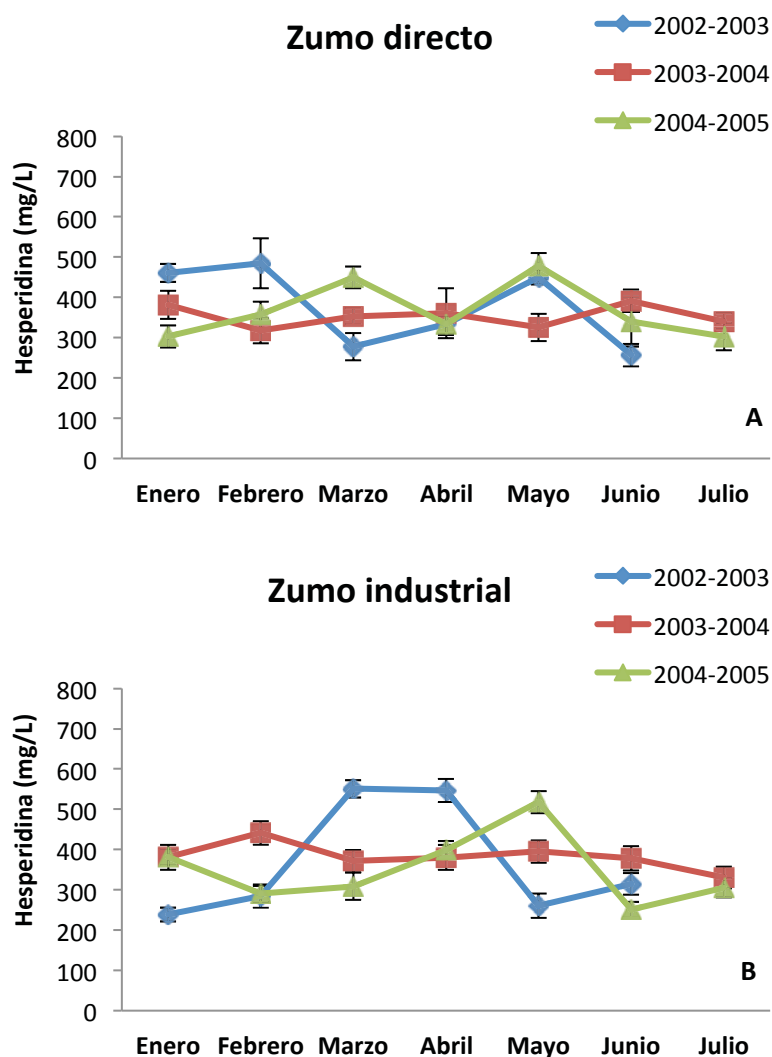


Figura 3.20. Hesperidina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.20)

La concentración media de hesperidina se sitúa entre 252,21 - 399,47 mg/L y 352,95 - 377,35 mg/L, en zumo español industrial y directo respectivamente. Por otro lado, en Zumos de Limón de California encontramos valores medios de 197 mg/L, y 237 mg/L en zumo de China. La **Figura 3.20** muestra la gran similitud entre ambas unidades productivas y en las diferentes campañas. Existe gran correlación entre valores de Hesperidina y cenizas en zumo.

Todos los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

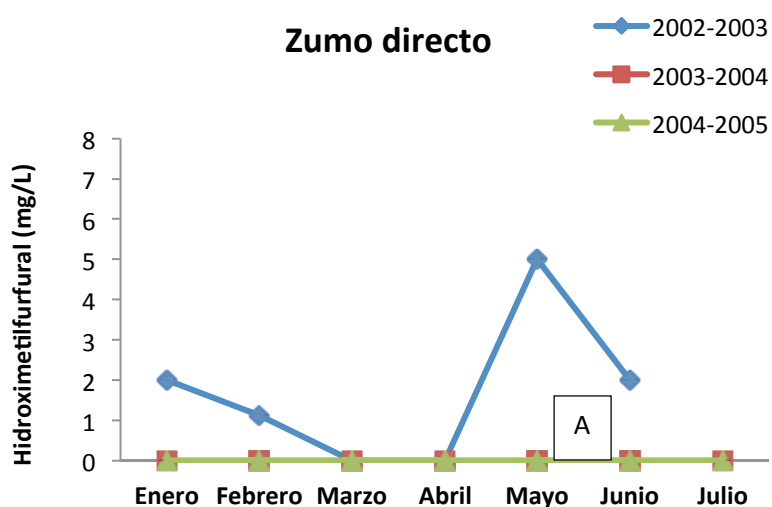
3.2.12. Determinación de Hidroximetilfurfural (HMF)

La importancia de la determinación de hidroximetilfurfural (HMF) en zumos de frutas radica en su uso como indicador de la historia del tratamiento térmico. Valores altos suponen una acusada modificación del aroma, sabor y color del producto y la destrucción de algunas de sus vitaminas, debido a condiciones de procesado y almacenamiento inadecuadas. (Dinsmore y Nagy, 1972; Nagy et al., 1972; Maraulja et al., 1973).

El HMF generado procede de la reacción en medio ácido de hexosas o como producto secundario de la degradación de Strecker en reacciones aminocarbonilo (Kurata y Sakurai, 1967).

En ensayos realizados en zumos de limón concentrados a diferentes temperaturas a lo largo de un mes, se observa claramente el aumento de hidroximetilfurfural desde cero, hasta valores superiores a los recogidos en la Guía AIJN (20 mg/L), cuando se aumenta la Temperatura de conservación. Cuando se conserva el concentrado por encima de los 50-55°C (Núñez, 1988). Es un parámetro de medida de la degradación del Zumo y por ello en zumos directos se obtienen valores muy bajos.

Los datos obtenidos en la campaña 2003 se muestran en la **figura 3.21**:



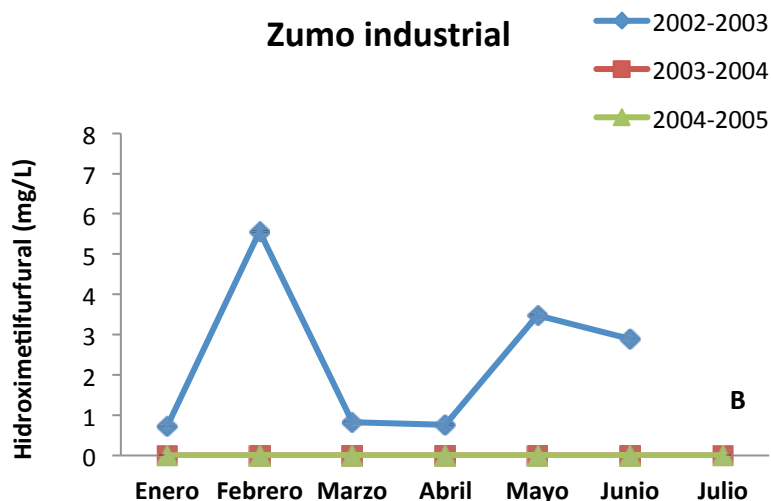


Figura 3.21. Hidroximetilfurfural en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.21)

Como se observa en la **Figura 3.21**, solamente disponemos de datos de la campaña 2002-2003, con lo que es imposible comparar posibles evoluciones entre las diferentes campañas. Dentro de la misma campaña, tampoco se aprecian grandes diferencias entre unidades productivas.

Todos los valores analizados están en concordancia con la GR para Zumo de Limón

3.2.13. Determinación de Índice de formol

El nitrógeno lo podemos encontrar en diferentes formas en el zumo de limón como nitratos, compuestos de amonio y aminoácidos. El Índice de Formol en el zumo de limón varía aproximadamente entre 13 y 26 (valores expresados como ml de NaOH 0.1 Normal por 100 ml de zumo). Dichos valores pueden variar por múltiples factores, entre otros la fertilización, clima, velocidad de reacción de componentes en el suelo...

Este valor también nos sirve de orientación para tener una ligera idea de la carga aminoacídica que tendrá nuestro zumo.

En datos promedios de los últimos años de zumo israelí, se obtuvo una media de 20,9 de índice de formol, por otro lado en los zumos de Limón de España, analizados en este estudio de tres campañas diferentes se observan unos valores que se reflejan en la figura 3.22.

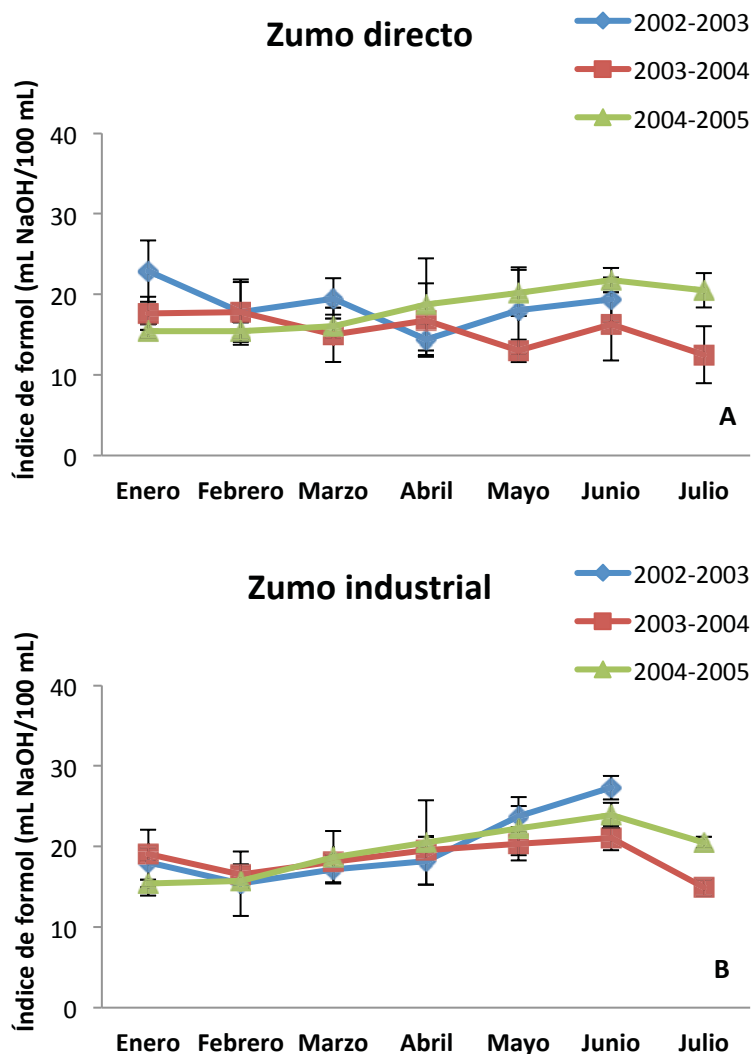


Figura 3.22. Índice de formol en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.22)

Como se observa en la **Figura 3.22**, los valores de Índice de Formol obtenidos son totalmente homogéneos, siguiendo un ligero incremento en el valor de las muestras a partir del mes de Febrero hasta Junio.

Todos los valores analizados son acordes con los fijados en la GR para Zumos de Limón.

3.2.14. Aminoácidos

Los aminoácidos son los monómeros de las proteínas. Estos componentes están formados por un grupo carboxilo (COOH), ácido orgánico y un grupo amino (NH₃). El nitrógeno es requerido por las plantas para la síntesis de aminoácidos en el proceso de fotosíntesis. Diez grupos reactivos están presentes en la lista de los aminoácidos, entre otros, grupo amino (-NH₂), grupo carboxilo (-COOH), grupo alcohol alifático (-OH), grupo fenólico (-OH, alcohol aromático), grupo alcohol intermedio entre alifático (-OH) y aromático (-OH) como el (-OH) en oxiprolina, grupo imino (=NH), grupo amida (-CO-NH₂), y grupo (-SH) en cisteína.

Los resultados de nuestros estudios muestran que el Ácido Aspártico, Prolina, Ácido Glutámico y la Asparagina son los principales aminoácidos en el zumo de limón español. Serina y Alanina están considerados en el segundo grupo de aminoácidos más importante dentro del zumo de limón. Otros aminoácidos como la Arginina, Glicina, Valina, Treonina, Isoleucina, Fenilalanina, Lisina, Tirosina, Glutamina, Histidina y Metionina se encuentran en pequeñas cantidades en el zumo de limón.

5.1.14.1 Ácido Aspártico

En la **Figura 3.23** se pueden observar los valores analizados de ácido Aspártico en zumo de limón español directo e industrial durante las tres campañas que abarca este estudio.

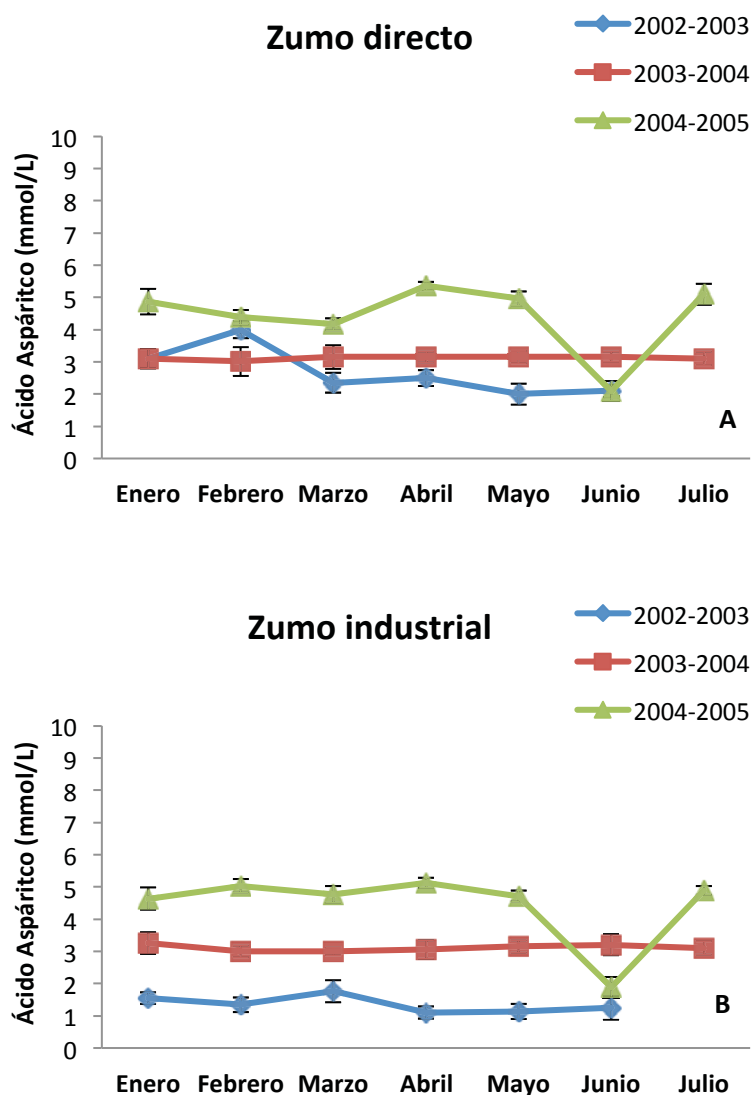


Figura 3.23. Ácido Aspártico en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.23)

La concentración de ácido Aspártico es muy similar entre ambas unidades productivas, destacando concentraciones inferiores en la campaña 2002-2003 en zumos de procedencia industrial, tendencia que se mantiene aunque de forma menos evidente en los zumos procedentes de la planta piloto o zumos directos.

Todos los valores analizados están en concordancia con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.1 Alanina

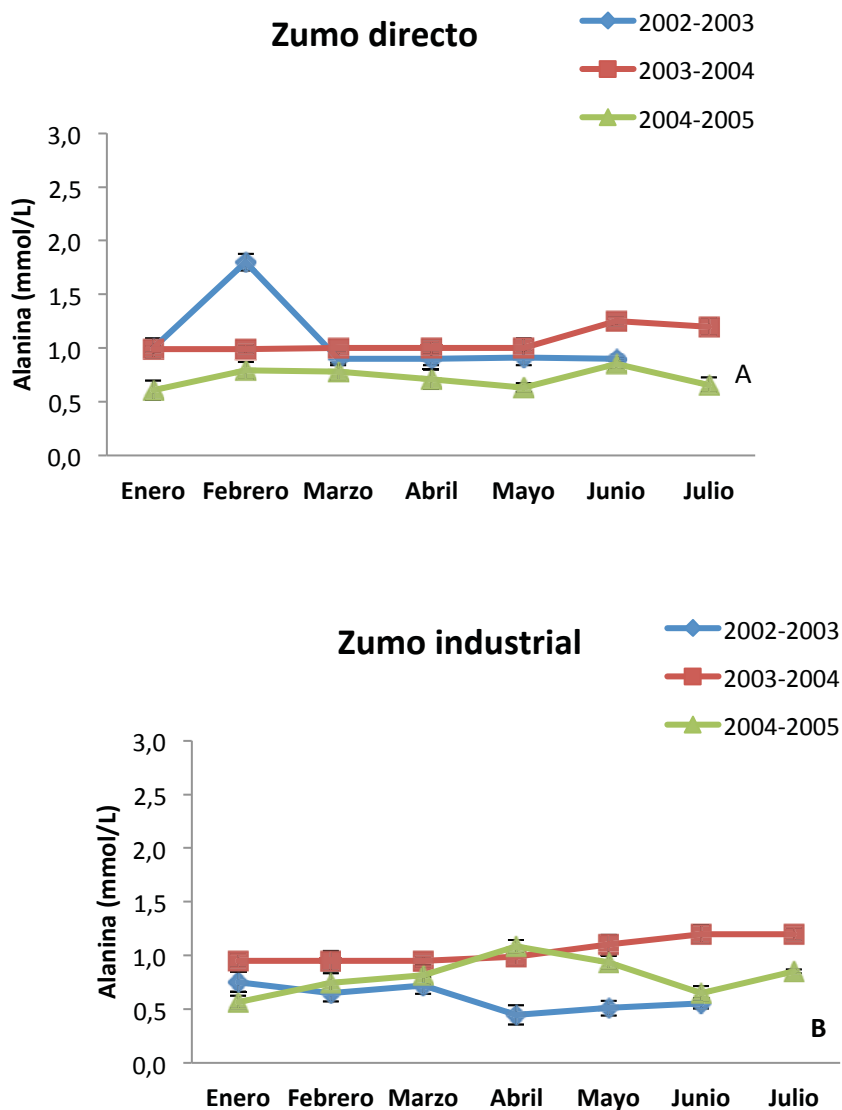


Figura 3.24. Alanina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.24)

Se aprecian, en la **figura 3.24**, valores completamente similares, con concentraciones de Alanina situados entre los 0,5 - 1,5 (mmol/L) en más del 90 % de las muestras analizadas.

Valores de Alanina muy bajos en el Zumo español, no acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.2 Arginina

Los resultados de la concentración de Arginina se muestran en la **Figura 3.25**

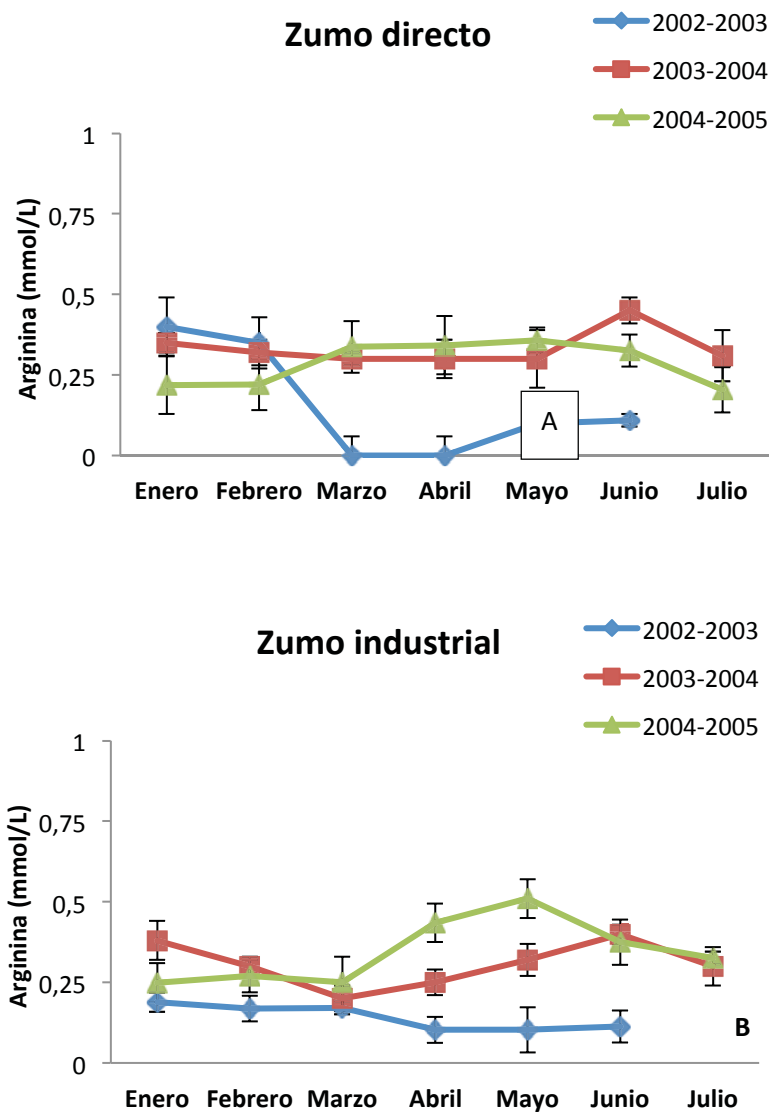


Figura 3.25. Arginina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.25)

En los valores analizados de este aminoácido en las muestras de limón español, no se aprecian diferencias significativas entre unidades productivas, sí entre campañas.

Los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.3 Asparragina

Los valores analizados de Asparragina en los zumos de limón español directo e industrial se presentan en la **Figura 3.26**.

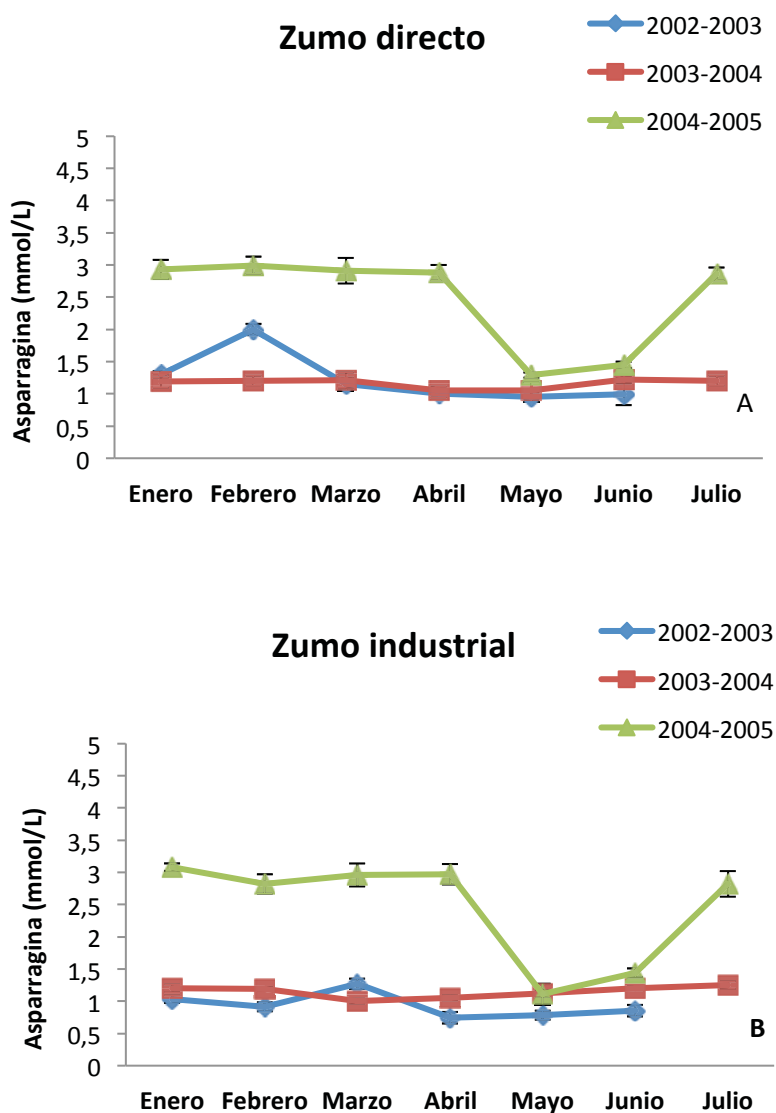


Figura 3.26. Asparragina en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.26)

La concentración de Asparragina en zumo de limón español no muestra ninguna diferencia entre unidades productivas. Se observa que en la campaña 2004-2005 fue donde se obtuvieron concentraciones muy superiores al resto de campañas.

Los valores analizados de la Campaña 2002 – 2003 está fuera de rango de la GR para Zumo de Limón, el resto esta en concordancia con esta.

3.2.14.4 Fenilalanina

En la figura 3.27 valores analizados de las campañas en estudio y de Zumo directo e industrial.

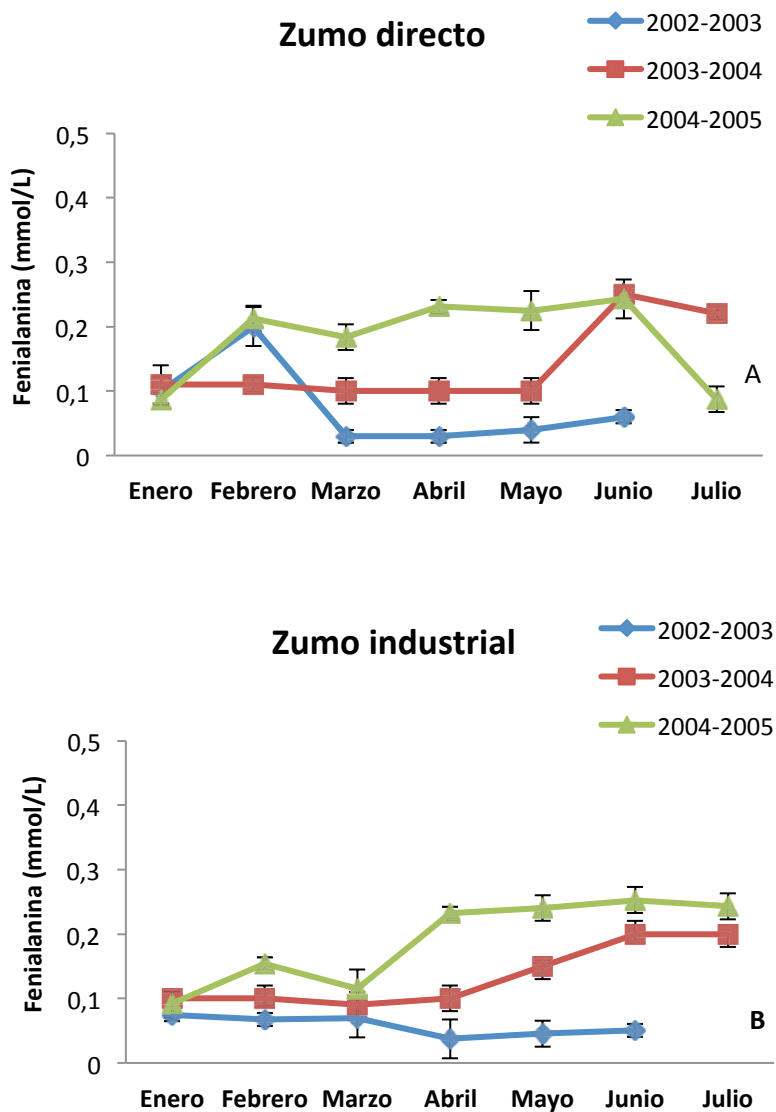


Figura 3.27. Fenilalanina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.27)

Las concentraciones de Fenilalanina son relativamente bajas, obteniendo valores muy similares entre el zumo de limón directo y el industrial. La campaña 2004-2005 es donde las concentraciones de Fenilalanina fueron más elevadas.

Todos los Valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.5 Glicina

El aminoácido Glicina también se determinó en las muestras de zumo de limón directo e industrial durante las tres campañas de estudio (Figura 3.28).

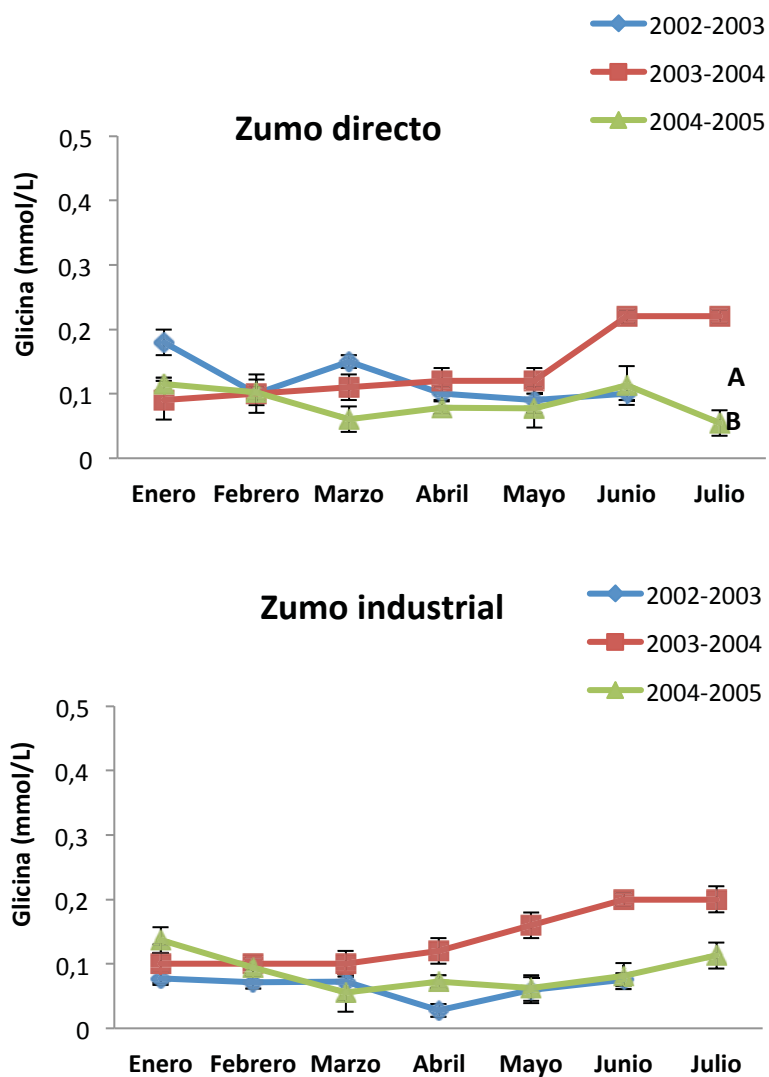


Figura 3.28. Glicina en zumo de limón fresco (A) e industrial (B) (Anexo 3.28)

Como se observa en la **Figura 3.28**, las concentraciones de Glicina en muestras de zumo de limón Español rara vez sobrepasan los valores de 0,2 mmol/L. Se obtuvieron valores muy similares en las tres campañas.

Todos los valores analizados son acordes con los de la GR para Zumo de Limón

3.2.14.6 Ácido Glutámico

En la figura 29 se reflejan los valores analizados de A. Glutámico en este estudio.

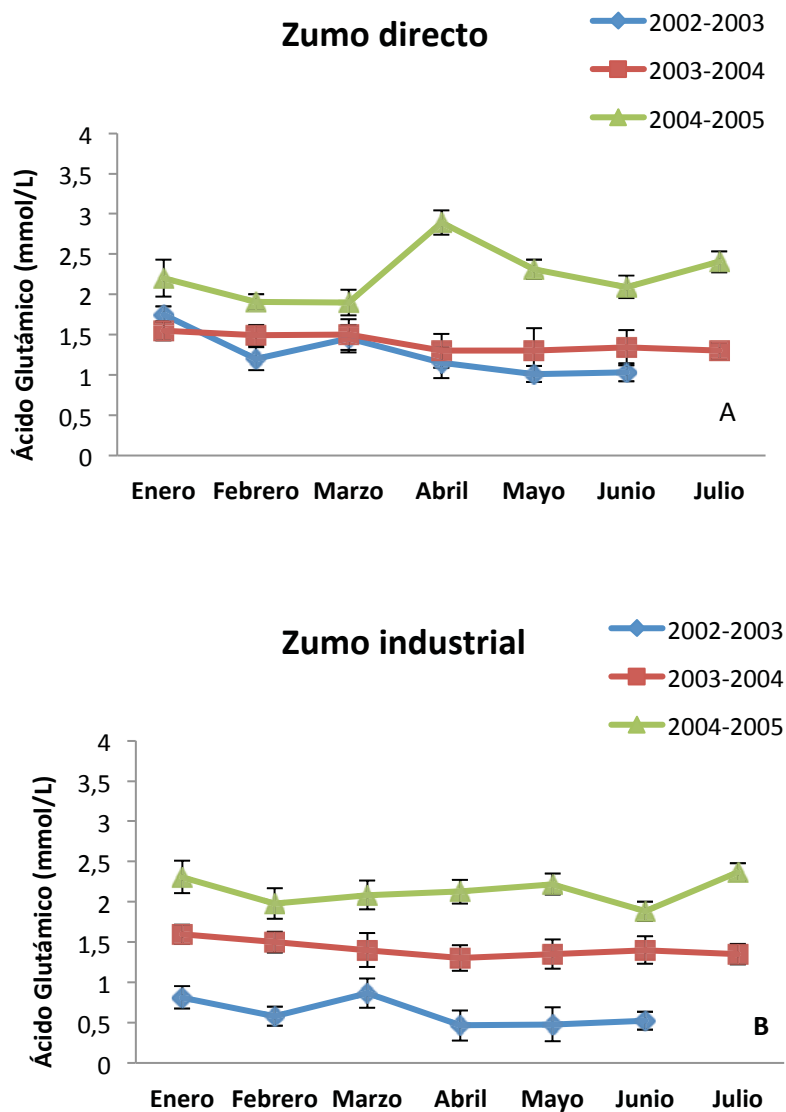


Figura 3.29. Ácido Glutámico en zumo de limón español directo (A) e industrial (B). Anexo 3.29

Las concentraciones de Ácido Glutámico en zumo de limón son elevadas, no observándose diferencias significativas entre el zumo directo y el industrial. Sin embargo, en la campaña 2002-2003 fue donde las concentraciones fueron más bajas y en la campaña 2004-2005 más altas.

Los valores analizados no son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.7 Glutamina

Los valores de Glutamina analizados en Zumo de Limón español se reflejan en la figura 3.30.

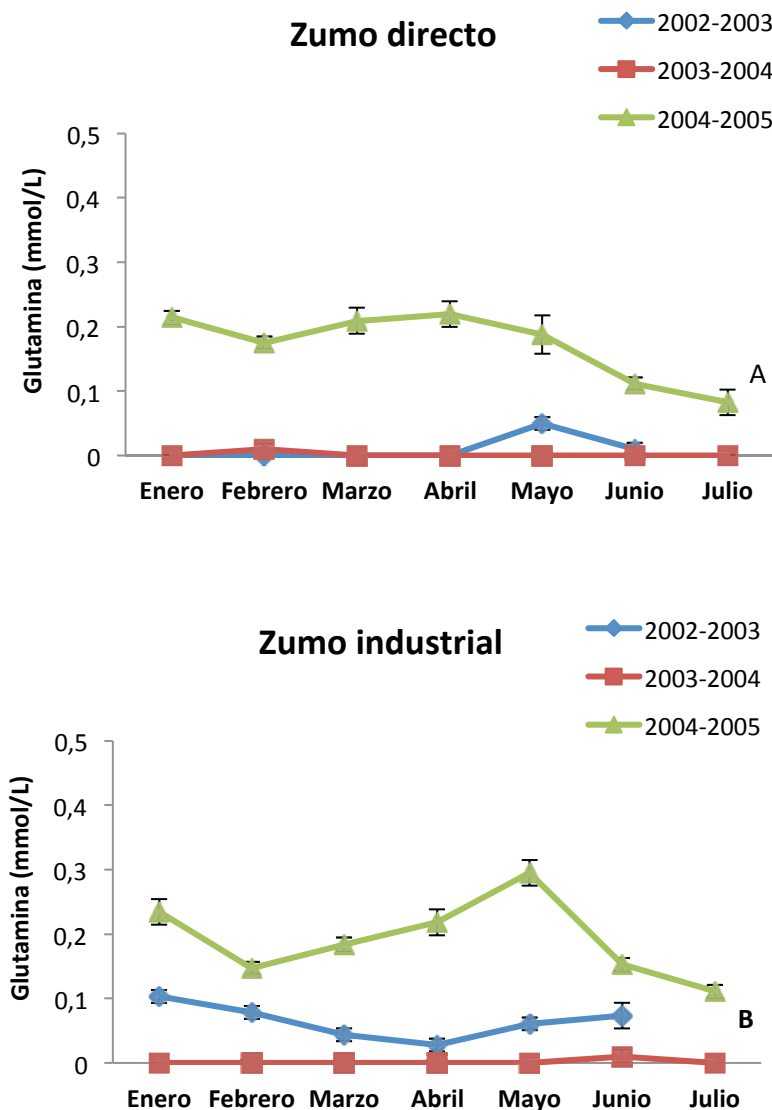


Figura 3.30. Glutamina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.30)

Se aprecian concentraciones de Glutamina por debajo de 0,3 (mmol/L) en general y no se aprecian diferencias entre el zumo directo y el zumo industrial, pero sí entre campañas. Como en la mayoría de aminoácidos la campaña 2004-2005, presenta los valores más elevados. La campaña 2003-2004 presenta valores casi nulos.

Todos los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.8 Histidina.

Valores de Histidina de las campañas del estudio en zumo de limón español (Fig. 3.31).

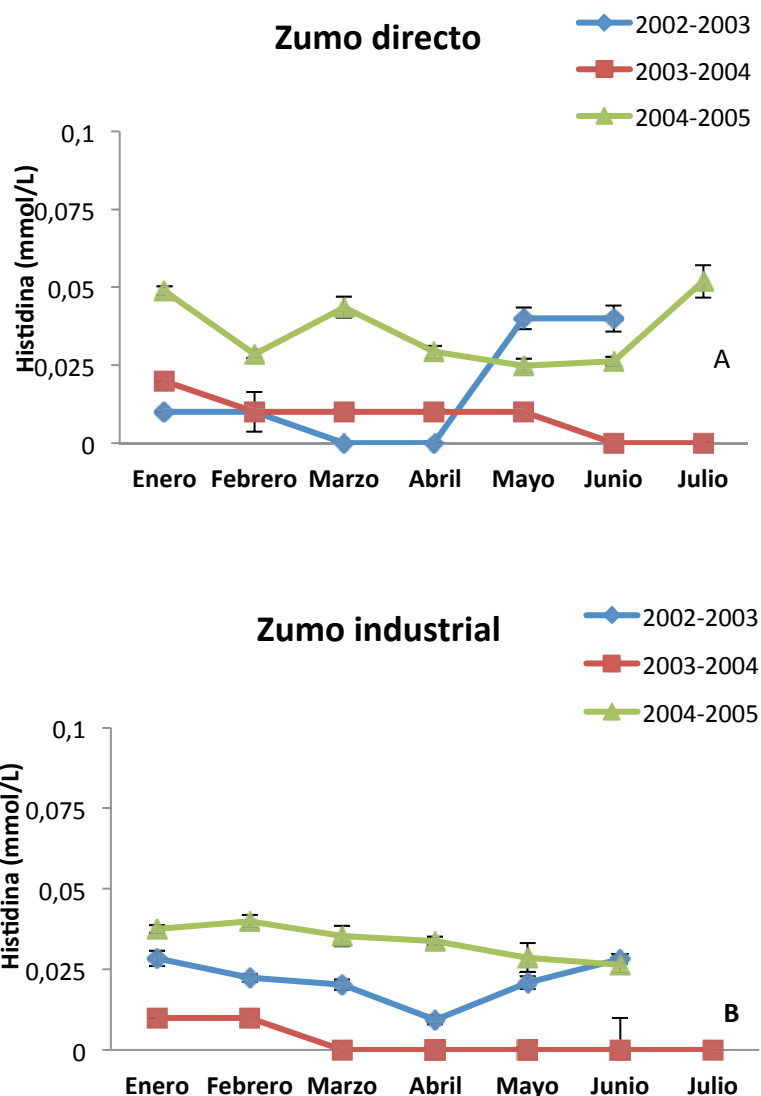


Figura 3.31. Histidina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.31)

Los valores de Histidina en zumo de limón español están por debajo de 0,05 (mmol/L). La campaña 2004 - 2005 presenta los valores más elevados y la 2003-2004 los más bajos. Además, no se observaron diferencias entre el zumo directo e industrial.

Todos los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.9 Isoleucina

El contenido en Isoleucina en zumo de limón español se muestra en la **Figura 3.32**.

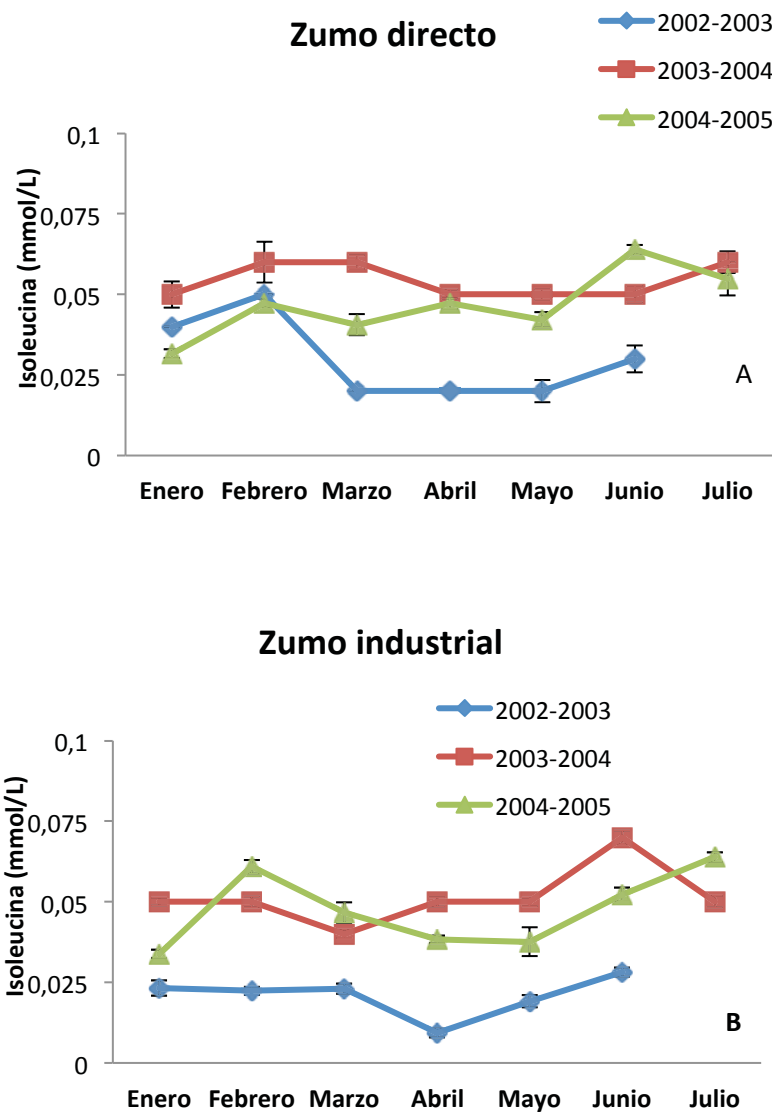


Figura 3.32. Isoleucina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.32)

Las concentraciones medias de Isoleucina en muestras de zumo de limón españolas las hallamos en 0,05 mmol/L. No se observan diferencias entre zumo directo e industrial. La campaña 2002-2003 presenta los valores más bajos de las tres.

Valores de campaña 2002 – 2003 No acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.10 Leucina

Los valores analizados de Leucina de este estudio se muestran en la **Figura 3.33**.

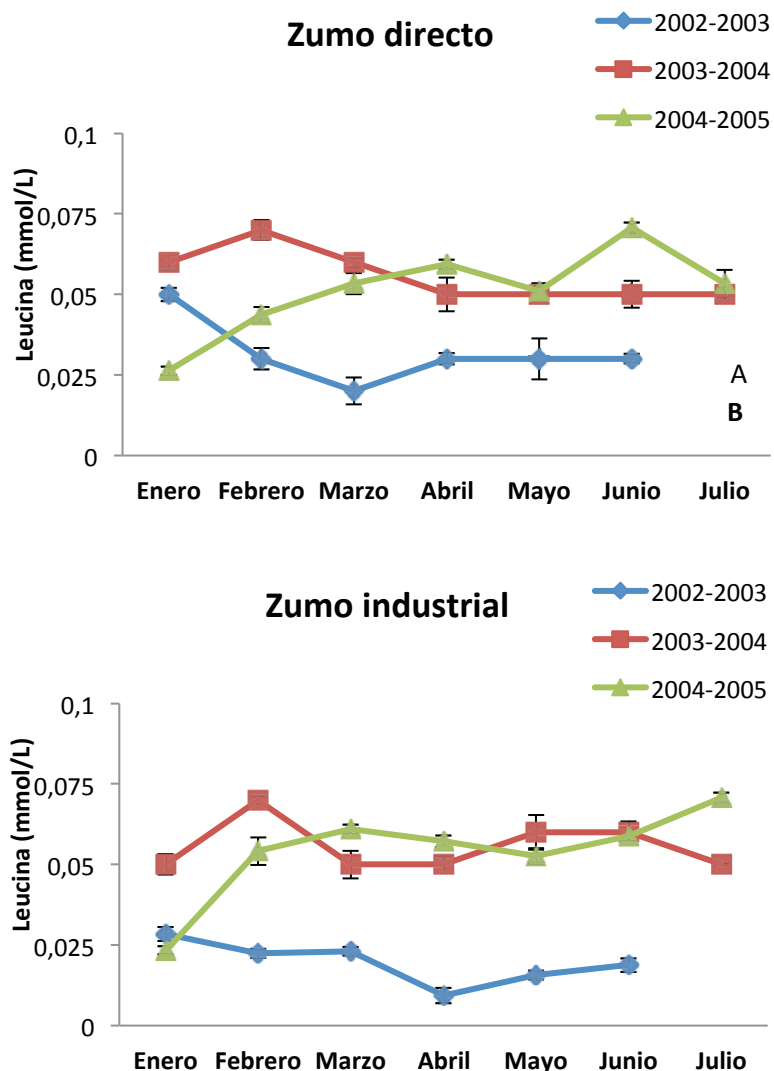


Figura 3.33. Leucina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.33)

Las concentraciones de Leucina obtenidas en muestras de zumo de limón español se encuentran mayoritariamente entre los 0,025 y 0,075 mmol/L. No se aprecian diferencias entre zumo directo e industrial, pero si entre campañas. En la campaña 2002-2003 fue donde las concentraciones fueron más bajas.

Valores de la campaña 2002 – 2003 No acordes con la GR para Zumo de Limón

3.2.14.11. Lisina

En la figura 34 se muestran los valores de Lisina en Zumo de Limón español de este estudio

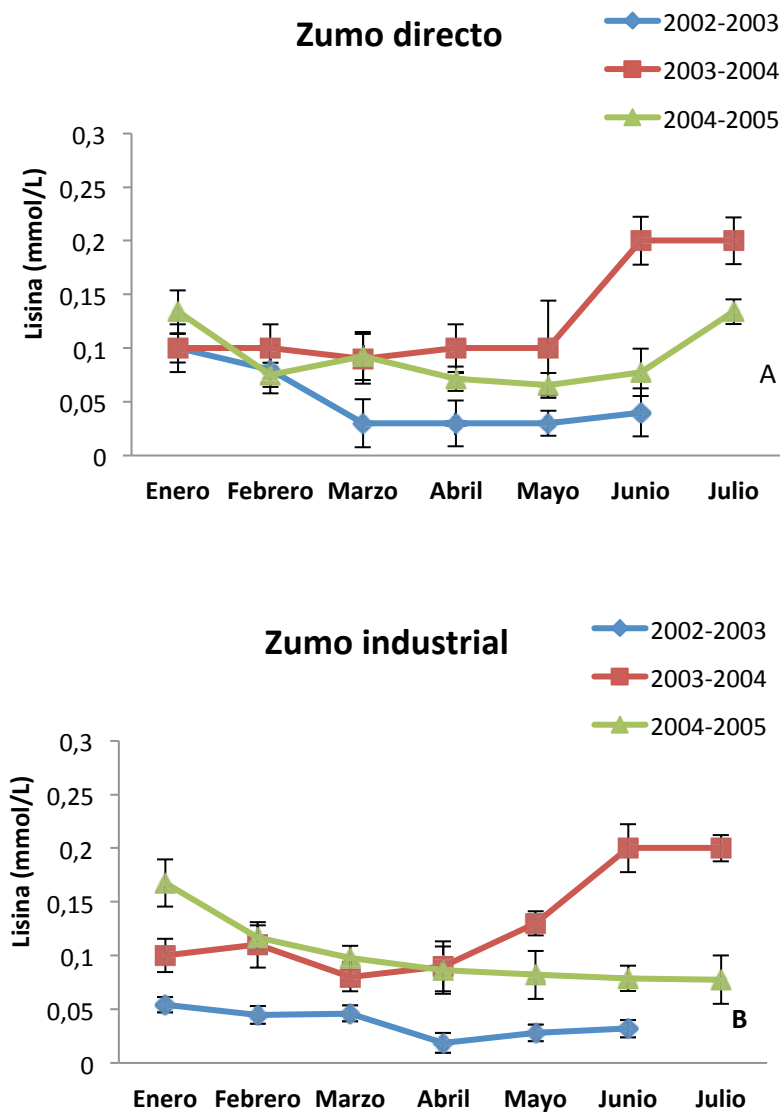


Figura 3.34. Lisina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.34)

Las concentraciones de Lisina en zumo de limón español son relativamente bajas (< 0,02mmol/L). Entre los dos tipos de zumo distinto no se aprecian diferencias, pero si entre campañas. La campaña 2002-2003 presenta las concentraciones más bajas (**figura 3.34**).

Los valores analizados No son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.12 Metionina

La figura 35 muestra los valores de Metionina en Zumo de Limón español de este estudio.

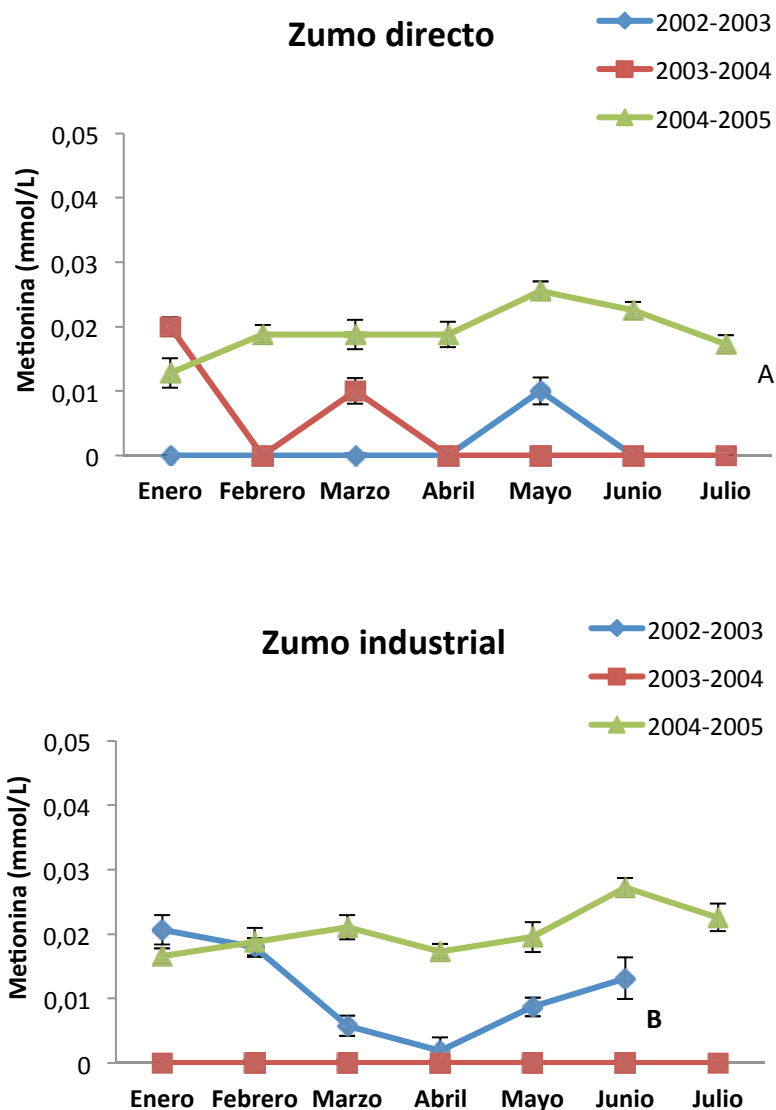


Figura 3.35. Metionina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.35)

Las concentraciones de Metionina están por debajo de los 0,02 mmol/L. Se observa una gran diferencia en la concentración de Metionina en la campaña 2004-2005 y las otras dos campañas de este estudio.

Todos los valores analizados acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.13 Prolina

Los resultados de la concentración de Prolina se presentan en la **Figura 3.36**.

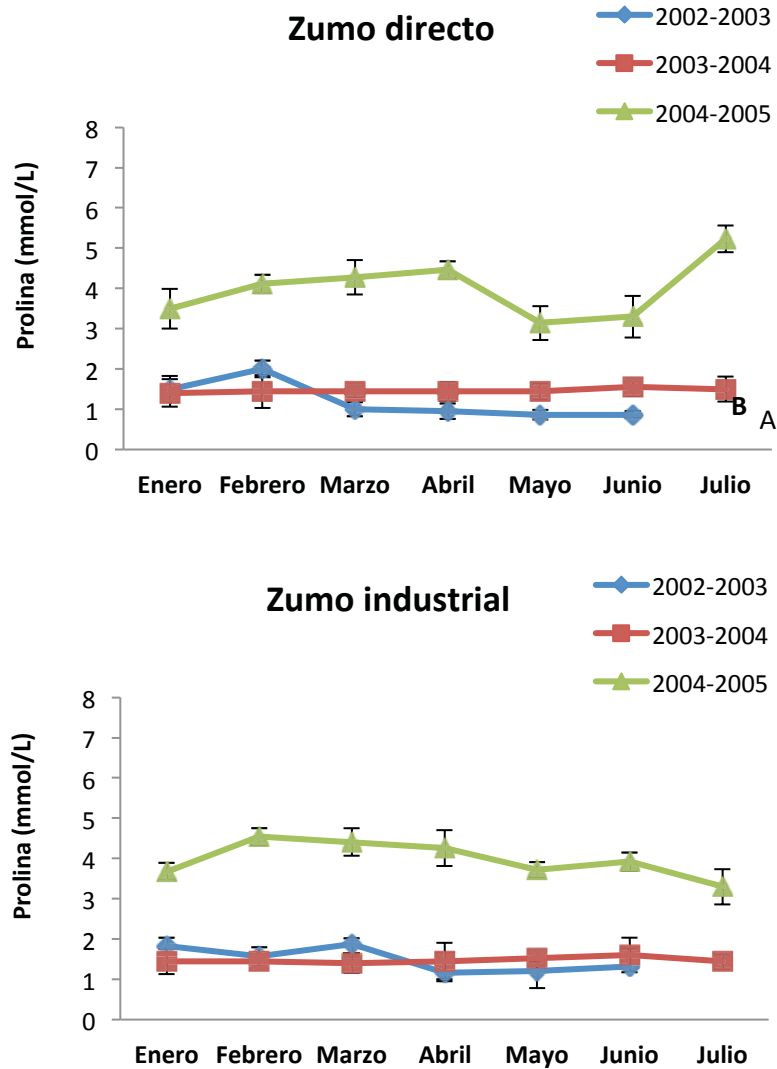


Figura 3.36. Prolina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.36)

La Prolina es otro de los aminoácidos importantes en el zumo de limón. Se obtuvieron concentraciones entre 1-5 mmol/L como se observa en la figura 3.36 y no hay diferencias entre los distintos zumos pero si entre campañas. Las concentraciones más altas se encontraron en la campaña 2004 - 2005.

Todos los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.14 Serina

En la figura 3.37 vemos los valores de Serina en las muestras de Zumo de Limón del estudio.

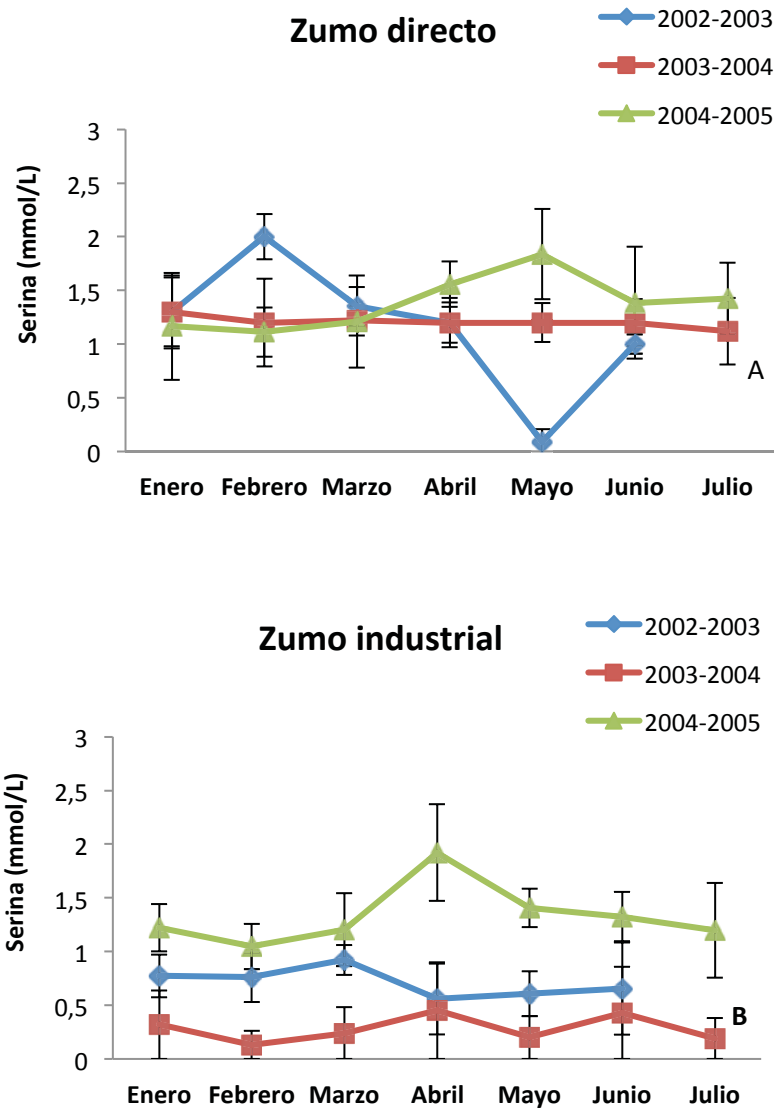


Figura 3.37. Serina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.37)

Serina es un Aminoácido importante en zumo de limón español, existe una gran oscilación de resultados en muestras obtenidas de un mismo mes. No hay diferencias claras entre el zumo directo e industrial y hay diferencias claras entre las campañas.

Valores analizados No acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.15. Tirosina

Los valores de Tirosina analizados en las muestras de este estudio pueden verse en la figura 3.38.

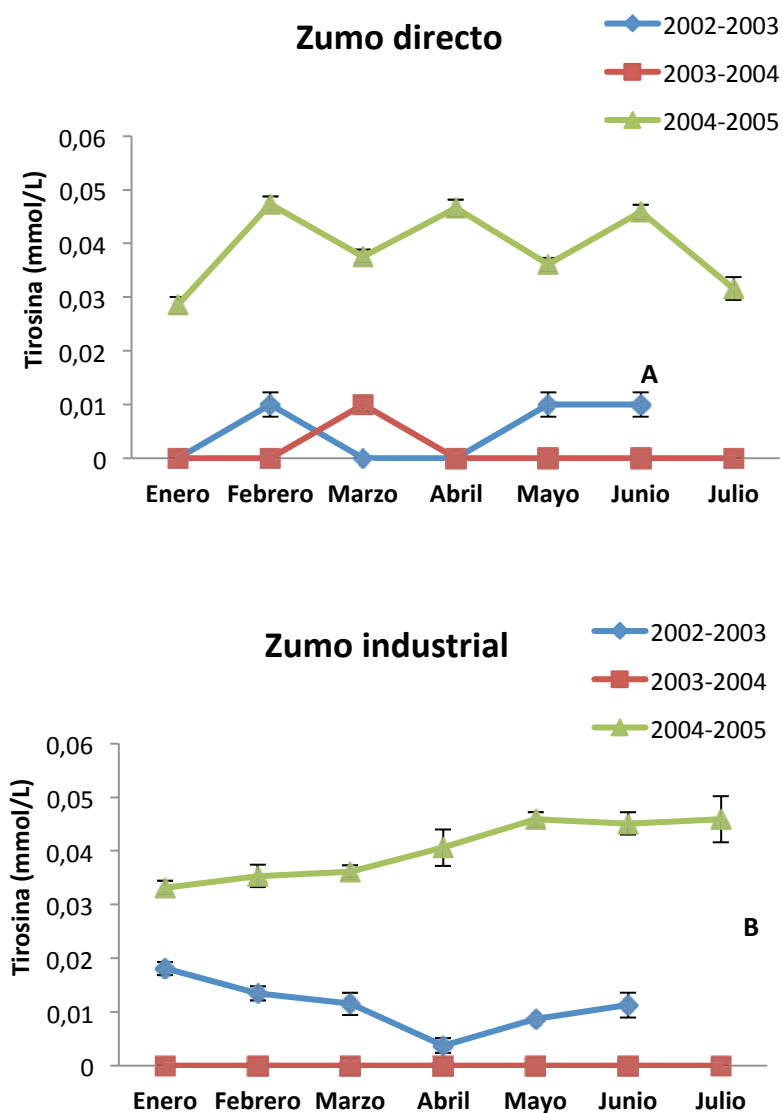


Figura 3.38. Tirosina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.38)

No se observan diferencias entre el zumo de limón directo e industrial pero sí destaca los bajos valores de la campaña 2003-2004 comparada con la 2004-2005.

Todos los valores analizados son acorde con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.16 Treonina

Valores de Treonina analizados en el Zumo de Limón español de las muestras de este estudio, de pueden ver en la **figura 3.39**.

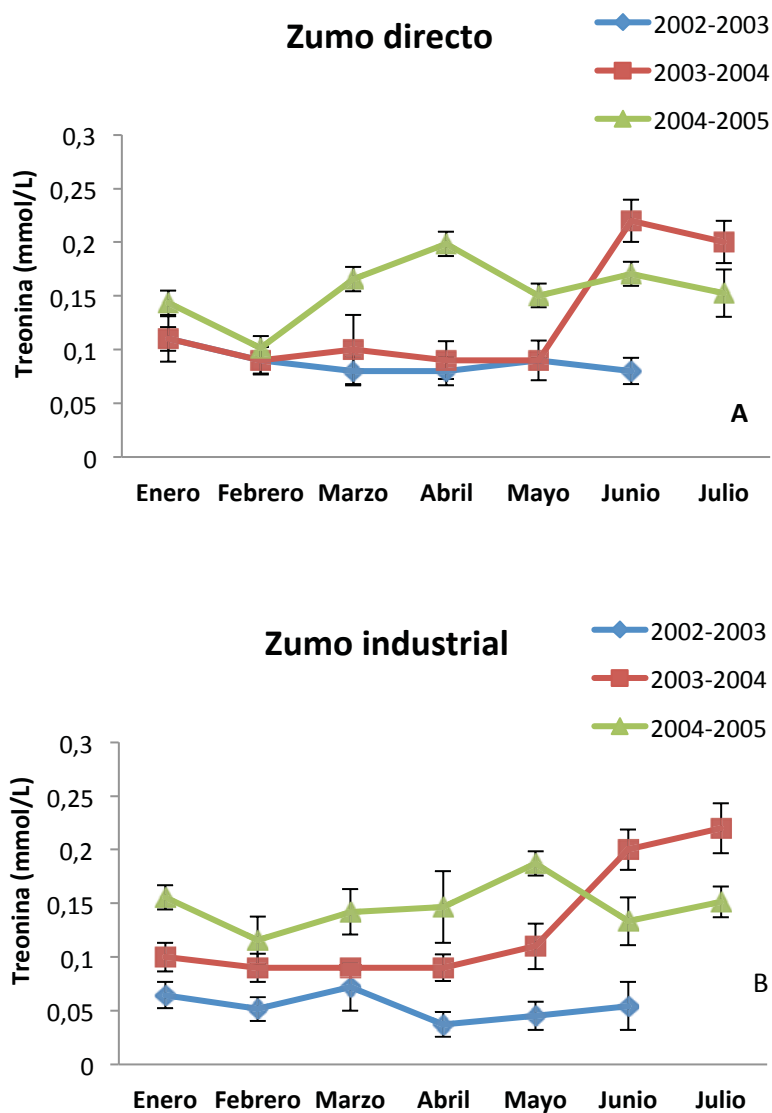


Figura 3.39. Treonina en zumo de limón español directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.39).

Las concentraciones de Treonina en zumos de limón español son relativamente bajas. En los datos analizados no se observan diferencias entre los dos tipos de zumos estudiados. Los valores más bajos se dieron en las campañas 2002-2003.

Todos los valores analizados son acordes con la GR para Zumo de Limón.

3.2.14.17. Valina

Los valores analizados de Valina en Zumo de Limón del estudio se ven en figura 3.40.

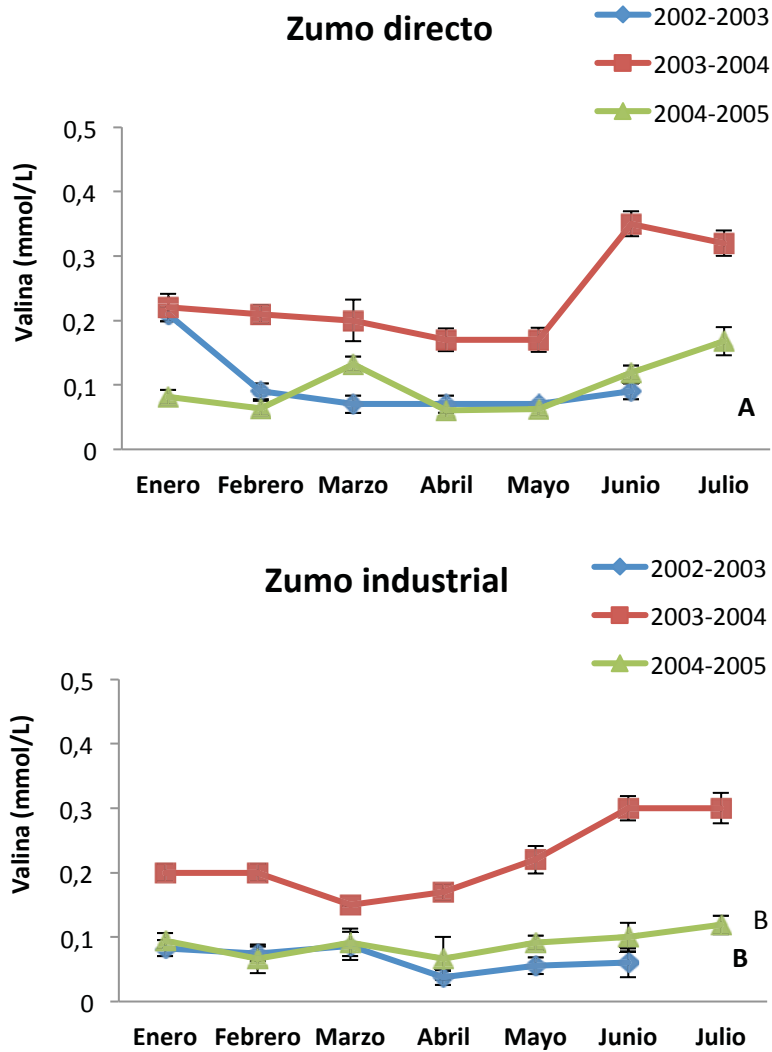


Figura 3.40. Valina en zumo de limón directo (A) e industrial (B) (Anexo 3.40)

Las concentraciones de Valina en muestras de zumo de limón español son relativamente bajas (0-0.3 mmol/L). No se ven diferencias entre el zumo de limón directo e industrial y se observan valores más elevados en la campaña 2003-2004 (Figura 3.40).

Todos los valores analizados son acordes con los de la GR para Zumo de Limón

Discusión de resultados de los valores de Aminoácidos en Zumo de Limón español.

Como se observa en las figuras anteriores, el ácido Aspártico es el Aminoácido de mayor concentración en el zumo de limón español. Las diferencias entre el zumo de limón directo e industrial son mínimas, cabe destacar la mayor concentración en la campaña 2004-2005 es comparación al resto y la gran regresión lineal que siguen los valores a lo largo de meses y años.

Lo mismo ocurre con otros Aminoácidos principales como Prolina, Ác. Glutámico y Asparragina, en los que hay una gran diferencia entre la campaña 2004-2005 y las otras dos. Ocurre lo mismo en aminoácidos secundarios, por lo que llegamos a la conclusión de que el contenido de aminoácidos en la campaña 2004-2005 es muy superior al del resto, no presentándose grandes variaciones entre zumo directo e industrial.

El zumo Español es el que presenta un mayor contenido en Ácido Aspártico y el más pobre en Prolina. El zumo Italiano es el más pobre en general en aminoácidos totales y el zumo Americano es el más rico en Prolina (Giacomo et al., 1974).

3.2.15. Análisis estadístico

Vamos a realizar un análisis de datos con la finalidad de ver la semejanza entre ambas unidades productivas (Zumo planta y Zumo Industrial), y dentro de cada campaña para ver si se producen variaciones significativas o no.

3.2.15.1. Comparación entre unidades de producción

Analizando el global de las comparaciones entre cada unidad de producción (directo e industrial) para cada año dado (2003, 2004, 2005) se puede destacar que en general no hay diferencias importantes para ningún año entre cada unidad de producción. Esto parece indicar que la extracción de zumo de limón en planta piloto ofrece datos reproducibles y equiparables a aquellos obtenidos en la industria. En definitiva, que la planta es representativa del proceso productivo de zumo de limón.

Y, aunque en general no hay diferencias entre planta e industria, se dan algunas más para el año 2003 que para los años siguientes (ver anexo xls pl Vs Ind).

3.2.15.2 Comparación para cada unidad de producción a lo largo de los años

Diferencias anuales cuando se produce en planta: En general no hay grandes diferencias interanuales. Donde más se aprecia es en el año 2005 y sobre todo para la serie aminoacídica, ya que se encontraron mayores cantidades de aminoácidos para este año 2005 que para el resto de años (2003 y 2004) donde los contenidos fueron, en general, muy similar. Menores diferencias se encontraron para el resto de parámetros estudiados.

Diferencias anuales cuando se produce en industria: En general hay grandes diferencias interanuales, sobre todo para los ácidos orgánicos y los aminoácidos. Para estos parámetros, a veces 2004 y a veces 2005, se dan valores superiores a 2003 que casi siempre presenta menores valores de ácidos orgánicos y aminoácidos que los otros dos años (ver anexo ANOVA PL y ANOVA IND, además de la columna a la derecha de la SD (JJJ)).

Entre los parámetros analizados que más cambian anualmente para los dos sistemas productivos cabe destacar los ácidos orgánicos y, sobre todo, los aminoácidos. Los parámetros clásicos de calidad de zumos se mantienen prácticamente invariables a lo largo de los años, así como el contenido en azúcares individuales, pectina soluble y hesperidina. Los cationes varían ligeramente.

Todos estos datos están hechos con las medias anuales. De ahí que las desviaciones estándar en algunos casos sean muy grandes y pese a que las medias parecen distintas los datos estadísticos indican que son iguales puesto que hay tal variación intra-anual que las inter-anuales no son contundentes. Se ha relacionado de esta forma, ya que nuestro objetivo es el estudio anual, y los datos mensuales se representarán más adelante en el estudio de caracterización de limón, para tener datos más representativos de toda la campaña.

3.2.15.3 Análisis de Componentes Principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales es una herramienta estadística que en base a todas las variables y la variabilidad de cada muestra, para cada variable busca reducir-aglutinar los datos en base a la similitud que estos presentan para todas las variables consideradas.

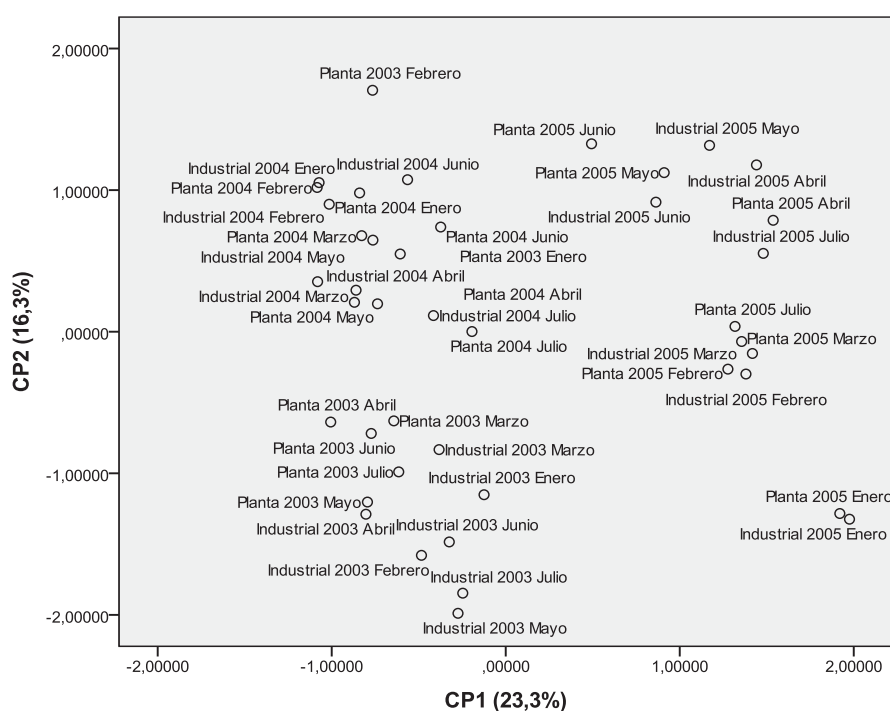


Figura 3.41. Representación de la variabilidad de las dos componentes PC1 y PC2

En la **Figura 3.41**, se puede ver como se distribuyen los datos después de ver las diferencias o similitudes que hay entre todos ellos. Este gráfico indica cómo se distribuyen las muestras en dos componentes principales (CP) que representan el 40% del total de la variabilidad existente. De él se deduce que las muestras se agrupan principalmente por años y no por modelo productivo. Esto significa que es el año y no la unidad de producción la que, en su caso, da variabilidad al zumo. Esto se traduce en una variabilidad “anual”. Cada año el zumo varía y lo hace sin ninguna tendencia

definida, a priori. Más adelante estudiaremos si los cambios en precipitación y temperatura producidos durante años diferentes influyen.

Cada año o cada punto está definido por una característica. Por ejemplo, puede que los datos del 2003 estén referenciados principalmente por zumos con una menor cantidad de aminoácidos y de ácidos málico e isocítrico (datos obtenidos de los valores positivos que para estas variables se obtienen para la CP1 y la CP2 – y que se puede ver en la tabla de abajo). En todas se hablan de mayor o menor cantidad de ciertos aminoácidos y ácidos. En general se resume lo ya avanzado en los ANOVA anteriores: no hay muchas diferencias entre Planta (directo) e Industria pero sí entre años para ambas “unidades productivas”. En las siguientes tablas (**Tablas 3.3 y 3.4**) se muestran los resultados de lo comentado anteriormente.

Tabla 3.3. Análisis de Componentes principales

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	9,616	27,474	27,474	8,161	23,318	23,318
2	8,180	23,370	50,844	5,691	16,260	39,578
3	2,862	8,178	59,022	4,288	12,251	51,830
4	2,388	6,822	65,845	2,683	7,667	59,497
5	1,912	5,462	71,306	2,535	7,244	66,741
6	1,660	4,743	76,049	2,195	6,271	73,011
7	1,199	3,425	79,474	1,963	5,607	78,618
8	1,149	3,284	82,758	1,449	4,139	82,758
9	,928	2,651	85,409			
10	,733	2,096	87,504			
11	,696	1,987	89,492			
12	,607	1,734	91,226			
13	,490	1,400	92,626			
14	,426	1,218	93,844			
15	,339	,968	94,812			
16	,301	,861	95,672			
17	,262	,749	96,422			
18	,241	,690	97,111			
19	,200	,571	97,682			

Capítulo III

20	,175	,500	98,182		
21	,163	,466	98,649		
22	,097	,277	98,926		
23	,084	,241	99,167		
24	,072	,204	99,371		
25	,056	,160	99,531		
26	,043	,124	99,655		
27	,031	,089	99,743		
28	,029	,084	99,827		
29	,020	,058	99,885		
30	,015	,042	99,927		
31	,010	,028	99,954		
32	,007	,020	99,975		
33	,004	,013	99,987		
34	,004	,011	99,999		
35	,000	,001	100,000		

Tabla 3.4. Matriz de componentes rotados

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Prolina	,915	,247	-,138	-,031	-,014	,034	-,055	,030
Glutamina	,908	,011	-,234	,128	-,062	-,080	,058	,095
Tirosina	,890	,153	-,251	-,095	-,090	-,130	,139	,006
Asparagina	,855	,122	,065	-,075	-,053	,204	-,226	-,117
Metionina	,761	,020	-,302	-,069	-,192	-,168	,167	,252
Ác_Isocrítico	,737	,288	,350	-,123	,086	,060	-,030	,138
Glutámico	,735	,546	,023	-,130	-,009	-,012	-,152	-,104
Histidina	,723	-,315	-,254	-,176	-,223	-,228	-,057	-,093
Ác_LMálico	,696	,120	,030	-,307	,003	-,168	,150	,016
Aspartico	,685	,488	,100	-,023	,078	,104	-,290	-,183
Arginina	,260	,816	,177	,214	,007	-,113	,041	,210
Leucina	,135	,815	,132	-,154	,134	-,169	-,044	,139
Serina	,295	,768	-,018	-,020	,006	,298	-,068	-,275
Isoleucina	,112	,751	,318	-,212	,250	-,076	-,113	,150
Fenilalanina	,471	,700	,245	,119	,032	-,118	,169	,109
Alanina	-,382	,628	,393	,101	-,049	,136	-,075	-,290
HMF	-,241	-,494	-,071	,071	-,328	-,261	,392	-,021
Glicina	-,239	,219	,858	,088	,131	-,013	-,077	-,083
Lisina	,180	,444	,728	,043	,246	-,032	-,265	,154
Valina	-,359	,456	,686	,075	,139	-,083	-,156	,214
Ác_ascórb	-,378	,258	,570	,248	,205	,387	,015	,133
Treonina	,507	,524	,525	,187	,076	-,187	-,056	,056
Glucosa	-,070	-,104	,148	,915	-,039	,041	-,018	-,084
Fructosa	-,153	-,076	,281	,878	,054	-,036	,160	-,029
Hesperidina	-,114	,201	-,355	,639	,027	,053	-,128	,123
Calcio	-,242	,118	,344	,098	,821	-,003	,197	,079
Sodio	-,219	,221	,355	,113	,784	-,009	,045	,113
Sacarosa	-,101	,006	,392	,325	-,681	,333	-,117	,004
Brix	,003	-,051	-,054	-,036	,002	,838	,003	-,034
Acidez	-,301	,002	,302	,265	-,172	,598	-,172	,271
Potasio	-,034	-,174	-,433	,002	-,301	,563	,413	,032
I_Formol	,096	,182	-,318	,020	,105	-,047	,765	,051
Pectina_sol	-,067	-,331	,063	-,019	,208	,067	,707	-,080
Cenizas	,517	,053	-,004	,017	,392	,020	,055	,700
Ác_Cítico	-,277	,392	,372	-,125	,000	,277	-,158	,564

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser

Discusión de resultados

3.2.16.1. Comparación con valores de AIJN

La Asociación de la Industria europea de Zumos y Néctares (AIJN) tiene editadas las Guías de Referencia para diferentes Zumos. La suma de estas Guías forma el Código de Prácticas (CoP), para la evaluación de la calidad y autenticidad de zumos y néctares. Es el documento de referencia internacional para la comercialización de Zumos y Néctares en la UE. En 2015 se publicó la revisión de la Guía de Zumo de Limón.

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de las características químicas de zumos de limón español, de las variedades mayoritarias “Fino y Verna”.

Según las directrices establecidas por AIJN, si existen diferencias, en un Zumo, con los parámetros establecidos en la actual Guía de Referencia, puedan realizarse estudios para su modificación, si procede. Estas directrices se muestran en la **Tabla 3.5**:

Tabla 3.5. Requerimientos mínimos para la modificación de las guías referencia (AIJN)

REQUERIMIENTOS	NORMA A CUMPLIR
1. Requerimientos para realizar una nueva guía	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo 50 análisis por campaña para cada parámetro de las categorías A y B - Mínimo 3 campañas - Cubrir las principales zonas productoras
2. Requerimientos para cambiar valores mínimo y máximo y/o rangos	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo 25 análisis por campaña para cada parámetro - Mínimo 3 campañas - Cubrir las principales zonas productoras
3. Requerimientos para cambiar notas o comentarios	<p>Con el fin de cambiar las notas de comentarios relacionados con desviaciones para una zona geográfica específica o de una condición climática específica, tienen que ser suministrados siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> 4. Mínimo 25 análisis por campaña para cada parámetro 5. Mínimo 3 campañas

En este estudio se ha realizado el análisis de 92 muestras, de 3 campañas (28, 32, 32) y llevando a cabo réplicas de cada uno de los análisis. Los resultados se han dividido en dos secciones para mostrarlos de igual formato que el establecido por la guía de AIJN. En la *sección A* se mostrarán los resultados de los parámetros que caracterizan los requerimientos absolutos de calidad y en la *sección B* los resultados de los criterios más relevantes evaluadores de la autenticidad y caracterización de los zumos de limón españoles.

3.2.16.2. Sección A: Requerimientos de calidad en zumo de limón

Los resultados relacionados con la composición, higiene y los requerimientos industriales de los zumos de limón directo e industrial se muestran en las **Tabla 3.6 y**

3.7. En estas tablas se puede observar el valor medio y su desviación de las muestras estudiadas durante las 3 campañas, el rango de variación dentro del cual se encuentran los datos recopilados, los valores de la GR para Zumo de Limón de AIJN y el porcentaje de valores que se encuentran fuera de este rango de variación, tanto por debajo del valor mínimo (m) como por encima del valor máximo (M).

Tabla 3.6. Requerimientos de calidad en zumo de limón directo

1. Requerimientos industriales						
	Unidades	Media ± SD	Rango de variación	Valores Guía AIJN	Valores fuera de rango (%)	
					m	M
Densidad relativa 20/20	-	1.03155 ± 0.01	1.0013 - 1.0612	Min. 1.0277	23.53	---
Sólidos solubles	°Brix	7.8 ± 1.0	5 - 10.5	Min. 7	8.79	----
2. Requerimientos higiénicos						
Acidez volátil (ácido acético)	g/L	0.1 ± 0.01	0 - 0.4	Max. 0.4		
Etanol	g/L	ND		Max. 3.0		
D/L Ácido láctico	g/L	ND		Max. 0.2		
3. Requerimientos ambientales						
<i>Arsénico y metales pesados</i>						
Arsénico (As)	mg/L	< 0.005		Max. 0.1		
Plomo (Pb)	mg/L	< 0.01		Max. 0.05		
Mercurio (Hg)	mg/L	< 0.01		Max. 0.01		
Cadmio (Cd)	mg/L	< 0.01		Max. 0.05		
4. Requerimientos de composición						
Ácido L-Ascórbico	mg/L	408.1 ± 108.7	154.2 - 667.0	Min. 150		
5-Hidroximetilfurfural (5-HMF)	mg/L	0.54 ± 0.02	0 - 5	Max. 20		

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

Tabla 3.7. Requerimientos de calidad en zumo de limón industrial

1. Requerimientos industriales

	Unidades	Media ± SD	Rango de variación	Valores Guía AIJN	Valores fuera de rango (%)	
					m	M
Densidad relativa 20/20	-	1.1222 ± 0.10	1.0177 - 1.3821	1.0318	30.77	----
Sólidos solubles	°Brix	8 ± 1.0		8	----	----

2. Requerimientos higiénicos

Acidez volátil (ácido acético)	g/L	0.1 ± 0.01	0 - 0.4	Max. 0.4	----	-----
Etanol	g/L	ND		Max. 3.0		
D/L Ácido láctico	g/L	ND		Max. 0.2		

3. Requerimientos ambientales

Arsénico y metales pesados

Arsénico (As)	mg/L	< 0.005		Max. 0.1		
Plomo (Pb)	mg/L	< 0.01		Max. 0.05		
Mercurio (Hg)	mg/L	< 0.01		Max. 0.01		
Cadmio (Cd)	mg/L	< 0.01		Max. 0.05		

4. Requerimientos de composición

Ácido L-Ascórbico	mg/L	403.6 ± 114.0	175.1 - 774.7	Min. 150		
5-Hidroximetilfurfural (5-HMF)	mg/L	0.71 ± 0.05	0 - 6	Max. 20		

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

De acuerdo con los resultados mostrados, la **densidad relativa** de los zumos de limón directo varía entre 1.0013 y 1.061 y en el caso del zumo de limón industrial, estos valores son 1.0177 - 1.3821. Según la guía de AIJN 2012 para el zumo de limón, los valores mínimos aceptables son 1.0277 y 1.0318 en zumo de limón directo e industrial respectivamente. El 23,5% de los resultados obtenidos en los zumos directo son más bajos que la GR.

Los **sólidos solubles totales** de los zumos de limón directos variaron de 5 a 10.5 °Brix y solo el 5,8% de los valores presentaron valores más bajos que la GR. González-Molina, et al., 2009, encontraron que los zumos de limón 'Verna' presentaron una concentración de sólidos solubles totales de entre 6 - 7,5 °Brix y en la variedad 'Fino' entre 8.2 y 9.5 °Brix (García-Sánchez et al., 2003). Además, en el estudio de Marín et al., 2002, los sólidos solubles totales fueron de alrededor de 6.5 a 9.2° Brix. Los resultados obtenidos en cualquiera de estos estudios y en el presente muestran que los limones españoles tienen valores superiores de sólidos solubles totales a los propuestos por AIJN (2015).

El **ácido acético**, **etanol** y **ácido láctico** no están presentes en las frutas sanas; son indicadores de contaminación por microorganismos como levaduras, bacterias acéticas y bacterias lácticas. La detección de estos compuestos a bajas concentraciones pueden ser indicadores de una buena calidad de los limones de partida así como de buenas prácticas de procesado.

Destacar también la importancia del **ácido L-ascórbico** que está presente en una concentración media de 408,1 y 403,6 mg / l en los zumos directos e industriales, respectivamente. Estos resultados son más altos los obtenidos para diferentes autores en zumos de limón españoles (González-Molina et al., 2008, 2009a, 2009b; Marín et al., 2002) y limones chinos (Xu et al., 2008). El contenido en L-ascórbico puede presentar variaciones dependiendo de las condiciones de cultivo, variedad, madurez, procesado y almacenamiento. Según AIJN (2015), el contenido de L-ascórbico natural en zumo de limón directo, como regla general, debe ser superior a 150 mg / l.

Los **metales pesados** presentes en los fertilizantes y los suelos contaminados pueden transmitirse a las frutas y en consecuencia, pasar a los productos y subproductos de las mismas durante el procesado. Ejemplos de metales pesados perjudiciales que causan graves efectos en la salud de los seres humanos son el arsénico, plomo, mercurio, cadmio y cromo. Los análisis de metales pesados realizados por espectrometría de absorción atómica realizados en los zumos de limón de este trabajo indicaron que se encontraban por debajo del límite de detección y por tanto, los valores son aceptables.

El color es una característica importante del Zumo. El pardeamiento producido durante el procesado es una desventaja en la calidad de los zumos. Cuando la reacción de Maillard tiene lugar entre compuestos amino y carbonilo se produce la formación de **5-hidroximetilfurfural** (HMF) y otros productos que causan el desarrollo indeseable de color marrón (Bozkurt, 1999). HMF está prácticamente ausente en zumos frescos y sin tratar, su concentración aumenta como resultado de los procesos de calentamiento o almacenamiento a largo plazo. HMF se puede utilizar como un índice de la frescura y la calidad de los zumos (Min, 2007; Arena et al., 2001; Esteve et al., 2005). En todas las muestras de zumos de limón analizados en este trabajo, la concentración de 5-HMF fue inferior a 20 mg/L. La presencia limitada de 5-HMF (desde 0,54 hasta 0,71 mg / L) está de acuerdo con la falta de tratamiento térmico de los zumos y la conservación adecuada de las muestras como se confirma por el alto contenido de ácido L-ascórbico (Burdurlu et al., 2006).

3.2.15.4.2. Sección B: Criterios para la autenticación y caracterización de los zumos de limón

Los resultados de los análisis químicos de los zumos de limón directo e industrial se muestran en las **Tablas 3.8 y 3.9** .

Tabla 3.8. Parámetros de calidad para la evaluación de la autenticación y caracterización de zumos de limón directo

Parámetro	Unidades	Media ± SD	Rango de variación	Valores GuíaAIJN	Valores fuera de rango (%)	
					m	M
Acidez valorable a pH 8.1	g/L	52.4 ± 6.9	35.1 - 65.6	44.8 - 62.0	15.38	8.79
Ácido Cítrico	g/L	53.8 ± 9.0	35.1 - 84.2	45.0 - 63.0	19.78	18.68
Ácido D-Isocítrico	mg/L	268.9 ± 73.8	114.0 - 455.7	230 - 500	35.16	---
Cítrico/Isocítrico ratio	-	214.8 ± 68.3	117.0 - 466.4	Max. 200	na	49.45
Ácido L-málico	g/L	1.8 ± 0.9	1.0 - 4.4	1 - 7.5	---	---
Ácido D-málico	mg/L	NP		NP		
Cenizas	g/L	2.6 ± 0.6	1.2 - 5	2.2 - 4.3	17.58	1.10
Sodio (Na)	mg/L	23.1 ± 20.1	3 - 98.4	Max. 30	---	25.27
Potasio (K)	mg/L	1264.2 ± 267.8	673.6-1953.8	1100 - 2000	25.27	---
Magnesio (Mg)	mg/L	92.6 ± 20.4	37.5 - 136.7	70 - 120	16.48	6.59
Calcio (Ca)	mg/L	112.0 ± 43.8	46.8 - 278.4	45 - 160	---	10.99
Fósforo total (P)	mg/L	306.0 ± 73.7	182.7 - 694.7	80 - 150	12.09	4.40
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	27.47 ± 9.89	10 - 56	Max. 100	---	----
Flavonoides-Hesperidina	mg/L	364.88 ± 67.26	257 - 484.82	Max. 1500	---	---
Pectina soluble en agua	mg/L	324.34 ± 94.95	164.8 - 550	Max. 700	---	---
Glucosa	g/L	7.9 ± 2.1	3 - 15.7	3 - 12	---	3.30
Fructosa	g/L	7.3 ± 1.8	3.4 - 13.6	3 - 11	---	3.30
Glucosa/Fructosa	-	1.1 ± 0.2	0.6 - 1.6	0.95 - 1.3	43.75	31.25
Sacarosa	g/L	4.5 ± 2.2	1 - 15	Max. 7.0		13.19

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

Tabla 3.9. Parámetros de calidad para la evaluación de la autenticación y caracterización de zumos de limón industrial

	Unidades	Media ± SD	Rango de variación	Propuesta	Valores fuera de rango (%)	
				AIJN	m	M
Acidez valorable a pH 8.1	g/L	52.4 ± 6.6	38.4 - 78.1	44.8 - 62.0	13.19	5.49
Ácido Cítrico	g/L	53.4 ± 10.8	34.2 - 67.4	45 - 63.0	12.09	4.40
Ácido D-Isocítrico	mg/L	258.7 ± 66.6	138.1 - 396.4	230 - 500	42.86	---
Cítrico/Isocítrico ratio	-	217.8 ± 63.1	125.2 - 362.2	Max. 200	---	51.65
Ácido L-málico	g/L	1.8 ± 1.0	0.5 - 5.0	1 - 7.5	10.99	---
Ácido D-málico	mg/L	NP		NP		
Cenizas	g/L	3.0 ± 0.5	1.4 - 3.9	2.2 - 4.3	6.59	---
Sodio (Na)	mg/L	51.6 ± 54.4	6.8 - 220.4	Max. 30	---	46.15
Potasio (K)	mg/L	1313.6 ± 246.1	398.5 - 2067.6	1100 - 2000	10.99	2.20
Magnesio (Mg)	mg/L	105.5 ± 30.9	57.0 - 198.8	70 - 120	10.99	18.68
Calcio (Ca)	mg/L	167.9 ± 109.6	56.4 - 489.8	45 - 160	---	32.97
Fósforo total (P)	mg/L	312.7 ± 65.2	164.8 - 606.4	80 - 150	10.99	2.20
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	37.73 ± 13.88	23.16 - 67.40	Max. 100		
Flavonoides-Hesperidina	mg/L	367.03 ± 91.57	238.9 - 550.9	Max. 1500		
Pectina soluble en agua	mg/L	293.20 ± 77.75	152.4 - 405.6	Max. 700		
Glucosa	g/L	8.1 ± 2.0	1.0 - 15.5	3 - 12	1.10	4.40
Fructosa	g/L	7.5 ± 1.3	3 - 13	3 - 11	---	2.20
Glucosa/Fructosa	-	1.1 ± 0.1	0.8 - 1.3	0.95 - 1.3	18.75	---
Sacarosa	g/L	3.4 ± 1.6	0.5 - 10.5	Max. 7.0	---	2.20

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

El perfil de **ácidos orgánicos** de un zumo es una importante fuente de información sobre las características sensoriales de los mismos, puesto que cada ácido otorga unas propiedades organolépticas distintas al producto.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la **acidez valorable** de los zumos de limón, calculada como ácido cítrico anhidro a pH 8.1, oscila entre 35,1-65,6 g / L en los zumos directos y de 38,4 a 78,1 g / L los industriales. Estos valores son similares a los obtenidos por diferentes autores para los limones españoles y chinos (Pérez-Pérez et al., 2005; Xu et al., 2008).

El **ácido cítrico** fue el ácido orgánico predominante en todas las muestras, variando desde 35,1 hasta 84,2 g / L y 34,2 a 67,4 g / L en zumos directos e industriales, respectivamente. El siguiente ácido encontrado en gran cantidad fue el ácido **L-málico**, entre 0,5-5,0 g / L en ambos tipos de zumo. El ácido **D-isocítrico** estaba presente en una concentración de 268,9 mg / L en el zumo directo y en 258.7 mg / L en el industrial. El 35,2% y el 42,9% de resultados obtenidos para el ácido D-isocítrico en ambos zumos eran inferiores al límite mínimo propuesto por AIJN (2015). La concentración de ácido cítrico se correlaciona con la concentración de ácido isocítrico hasta cierto punto.

La relación de ácido de **ácido cítrico / isocítrico**, por lo tanto, puede ser utilizado para detectar una acidificación adulterada con ácido cítrico exógeno. Por lo general, la relación se encuentra entre 100 y 200, pero valores de hasta 240 puede ser observado en los zumos de limón Argentinos (AIJN, 2015). En este estudio, un 49,5% y un 51,7% de las relaciones de ácido cítrico / ácido isocítrico en zumos directos e industriales fueron mayores que el límite máximo establecido en la guía de referencia. Además, los valores por encima de 240 se observaron tanto en zumo de limón directo (valor máximo: 466,4) o industrial (valor máximo: 362,2).

Las **cenizas**, que representa el contenido mineral total del zumo fue de entre 2,6 y 3 g / L. El mineral predominante en el zumo de limón fue el **potasio** con una concentración media de 1264,2 y 1313,6 mg / L en zumo directo e industrial, respectivamente, seguidos por el **fósforo, calcio, magnesio y sodio**. Los valores de potasio exceden el límite superior del rango establecido (1100 - 2000 mg / L), pero pocos zumos se mantienen por debajo del límite inferior. En este estudio un 25,3% de los resultados obtenidos en el caso del potasio en el zumo de limón directo se encontraban por debajo del valor de referencia mínimo. Los niveles de sodio y calcio encontrados por encima de los límites máximos supusieron el 25,3% y el 11% de las muestras de zumo directo. En el zumo industrial, el 46,15% y el 33% de los resultados

obtenidos para el sodio y el calcio fueron mayores a los límites máximos respectivos establecidos en la guía de referencia. Según AIJN (2015), los valores de sodio superiores a 30 mg / L se pueden encontrar de forma esporádica en zumos de limón procedentes del sur de España, como consecuencia de la fluctuación de los niveles de sodio en el agua subterránea. Valores muy altos de hasta 98,4 mg / L en zumo directo y 220,4 mg / L en industrial también se encontraron entre las muestras analizadas en este estudio.

La concentración de **glucosa**, **fructosa** y **sacarosa**. Los valores medios de sacarosa en zumo de limón directo e industrial es baja: 4,5 y 3,4 g / L, respectivamente. El 13,19% de los resultados del contenido en sacarosa en el zumo de limón directo fueron superiores al límite máximo propuesto por AIJN (2015). El contenido medio de glucosa fue similar en ambos tipos de zumo (7,9 y 8,1 g / L) y lo mismo ocurrió con el contenido medio de fructosa (7,3 y 7,5 g / L). El ratio glucosa / fructosa varió entre 0,6 y 1,6 en el zumo directo y había grandes diferencias con el rango de variación AIJN. Casi la mitad de los resultados (43,8%) estaban por debajo del límite mínimo establecido para este ratio, mientras que un 31,3% estaba por encima del valor superior de referencia.

Por otro lado, flavanonas son la clase de flavonoides dominante en el género de cítricos. El perfil flavanona de limones está dominado por hesperidina y eriocitrina (Peterson et al., 2006). La **hesperidina** se encontró en una concentración media de 364,88 y 367,03 mg / L en los zumos directos e industrial respectivamente. El nivel de hesperidina fue superior a los encontrados por otros autores previamente (Gironés-Vilaplana et al., 2012; González-Molina et al., 2008, 2009a, 2009b.; Xu et al., 2008). Esta diferencia tal vez es debida al método de extracción de zumo. En todos los estudios, los zumos se obtuvieron manualmente. A diferencia, en este estudio tanto los Zumos directos como los industriales, se han obtenido con equipos JBT de extracción de Cítricos.

Los **aminoácidos**, presentes en alimentos, son importantes para la nutrición y afectan a la calidad de los alimentos incluyendo sabor, aroma, y color (Kirimura, 1969). Los resultados obtenidos de su cuantificación se ven en las **Tablas 3.10 y 3.11**

Tabla 3.10. Índice de formol y contenido en aminoácidos en zumos de limón directo

	Unidades	Media ± SD	Rango de variación	Valor Guía	Valores fuera de	
				AIJN	rango (%)	
					m	M
Número Formol	mL NaOH 0.1 N/100 mL	17.5 ± 4.0	10 – 33	13 - 26	8.8	2.20
<i>Aminoácidos</i>						
Ácido Aspártico	mmol/L	3.34 ± 1.05	2 - 5.36	2.26 - 6.02	15	
Treonina	mmol/L	0.13 ± 0.05	0.08 - 0.22	0.08 - 0.25		
Serina	mmol/L	1.32 ± 0.25	0.9 - 2	1.29 - 3.52	55	
Asparagina	mmol/L	1.64 ± 0.79	0.95 - 2.99	0.99 - 4.55	5	
Ácido Glutámico	mmol/L	1.65 ± 0.51	1.01 - 2.89	1.09 - 2.72	10	5
Glutamina	mmol/L	0.06 ± 0.09	0 - 0.22	Max. 0.31		
Prolina	mmol/L	2.32 ± 1.45	0.86 - 5.26	0.87 - 6.96	10	
Glicina	mmol/L	0.12 ± 0.05	0.05 - 0.22	0.09 - 0.33	20	
Alanina	mmol/L	0.94 ± 0.26	0.61 - 1.80	0.90 - 2.92	35	
Valina	mmol/L	0.15 ± 0.09	0.06 - 0.35	0.07 - 0.30	15	10
Metionina	mmol/L	0.01 ± 0.01	0 - 0.03	Max. 0.03		
Isoleucina	mmol/L	0.04 ± 0.01	0.02 - 0.06	0.02 - 0.08		
Leucina	mmol/L	0.05 ± 0.01	0.02 - 0.07	0.02 - 0.08		
Tirosina	mmol/L	0.02 ± 0.02	0 - 0.05	Max. 0.04		15
Fenilalanina	mmol/L	0.14 ± 0.08	0.03 - 0.25	0.05 - 0.24	15	10
Lisina	mmol/L	0.09 ± 0.05	0.03 - 0.20	0.03 - 0.14		10
Histidina	mmol/L	0.02 ± 0.02	0 - 0.05	Max. 0.07		
Arginina	mmol/L	0.26 ± 0.13	0 - 0.45	Max. 0.58		

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

Tabla 3.11. Índice de formol y contenido en aminoácidos en zumos de limón industrial

	Unidades	Media \pm SD	Rango de variación	Propuesta	Valores fuera de	
				AIJN	rango (%)	
					m	M
	mL NaOH 0.1 N					
Número Formol	/100 mL	19.3 \pm 4.1	9.4 - 29.7	13 - 26	2.20	5.49
<i>Aminoácidos</i>						
Ácido Aspártico	mmol/L	3.05 \pm 1.43	1.10 - 5.13	2.26 - 6.02	15	
Treonina	mmol/L	0.17 \pm 0.06	0.09 - 0.29	0.08 - 0.25		10
Serina	mmol/L	1.11 \pm 0.32	0.56 - 1.92	1.29 - 3.52	80	
Asparagina	mmol/L	1.54 \pm 0.84	0.74 - 3.08	0.99 - 4.55	20	
Ácido Glutámico	mmol/L	1.43 \pm 0.65	0.47 - 2.37	1.09 - 2.72	30	
Glutamina	mmol/L	0.09 \pm 0.09	0 - 0.29	Max. 0.31		
Prolina	mmol/L	2.37 \pm 1.27	1.16 - 4.55	0.87 - 6.96	4.35	
Glicina	mmol/L	0.1 \pm 0.05	0.03 - 0.20	0.09 - 0.33	50	
Alanina	mmol/L	0.83 \pm 0.23	0.45 - 1.20	0.90 - 2.92	55	
Valina	mmol/L	0.13 \pm 0.08	0.04 - 0.30	0.07 - 0.30	25	
Metionina	mmol/L	0.01 \pm 0.01	0 - 0.03	Max. 0.03		
Isoleucina	mmol/L	0.04 \pm 0.02	0.01 - 0.07	0.02 - 0.08	10	
Leucina	mmol/L	0.04 \pm 0.02	0.01 - 0.07	0.02 - 0.08	15	
Tirosina	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0 - 0.05	Max. 0.04		20
Fenilalanina	mmol/L	0.13 \pm 0.07	0.04 - 0.27	0.05 - 0.24	10	15
Lisina	mmol/L	0.09 \pm 0.05	0.02 - 0.20	0.03 - 0.14	10	15
Histidina	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0 - 0.05	Max. 0.07		
Arginina	mmol/L	0.27 \pm 0.11	0.10 - 0.51	Max. 0.58		

SD, desviación estándar; ND, no detectado; m, mínimo; M, máximo

El número de formol, no es más que un índice que refleja la cantidad de aminoácidos libres. Este índice y el perfil de aminoácidos completo de los zumos directo

e industrial españoles se muestran en las tablas anteriores. El número de formol medio fue de 17,5 y 19,3 ml de NaOH 0,1 N / 100 ml en directo e industrial respectivamente. Los aminoácidos que se encontraron de forma mayoritaria, en orden decreciente, ácido aspártico> prolina> ácido glutámico> asparragina > serina> alanina; treonina, glutamina, glicina, valina, metionina, iso-leucina, leucina, tirosina, fenilalanina, lisina, histidina y arginina se encontraron en niveles mínimos. De acuerdo con los valores establecidos por las guías de AIJN para el zumo de limón, la distribución de los aminoácidos individuales no está ni por la variedad de fruta ni por la procedencia, a excepción de la prolina. En el presente estudio, sin embargo, el 55% y el 35% de los resultados para Serina y Alanina están por debajo de los valores mínimos establecidos para estos aminoácidos. Estos porcentajes se elevan al 80% y 55% en zumos de limón industriales.

3.3. Conclusiones

- Después de analizar estadísticamente ambas unidades productivas, zumo de procedencia industrial y planta piloto (directo), no se observan diferencias entre ambas unidades productivas dentro de una misma campaña, pero sí entre campañas diferentes, con lo que observamos que la **planta piloto de zumos ofrece valores equiparables a los obtenidos industrialmente y es representativa del proceso productivo del zumo de limón.**
- La comparación del perfil químico completo de Zumo de limón español de las variedades Fino y Verna de Procedencia Industrial (Concentrado) y Planta Piloto (directo) con los recogidos en la guía de referencia de AIJN para zumo de limón nos indica que no siempre son concordantes los valores. **En los Zumos españoles hay parámetros que no llegan, ó pasan los límites propuestos por la guía AIJN.**
- A destacar los valores de aminoácidos del Zumo de limón obtenidos en la campaña 2004 – 2005, con valores muy superiores en 12 de los aminoácidos referenciados.

- Los procesos de extracción y concentración no contribuyen a cambiar la composición del zumo.
- **Es necesario considerar la revisión de la GR para Zumo de Limón en algunos de los parámetros, se ha demostrado que zumos de gran calidad no son aceptables en el mercado de la UE, con la Guía de Referencia para Zumo de Limón de AIJN actualmente existente.**

CAPÍTULO IV



Capítulo IV. Influencia del cambio climático en los parámetros de calidad de zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm)

4.1. Introducción

La caracterización de zumos de limón español a través de análisis físico-químicos presenta un especial interés para ser comparados con los estándares internacionales actuales definidos por el Código de Prácticas de AIJN. A continuación se van a ir desarrollando cada uno de los parámetros que definen el zumo de limón en la guía AIJN, comparando los valores obtenidos en las diferentes campañas de estudio y los zumos obtenidos en una época de sequía climática con episodios de lluvia intensa. Se intentará encontrar patrones que sugieran cómo un posible cambio climático podría afectar a los rangos establecidos por AIJN como indicadores de calidad.

Objeto de este capítulo

El establecimiento de normas internacionales de calidad para Zumos aunque revisable continuamente es un objetivo difícil si la vigencia de los parámetros está afectada por los cambios en el clima. Con este estudio pretendemos buscar justificaciones a determinados cambios que se están produciendo en las características de definición del Zumo de Limón español que le hacen situarse fuera de la Guía de Referencia de AIJN para este zumo. El objetivo es ver si estos cambios están relacionados con el cambio climático y abrir caminos para el día después.

Si el cambio climático fuese en alguna medida responsable de alguno de los cambios que hemos definido para el Zumo de Limón español, en el capítulo anterior, puede abrir al puerta otros muchos estudios de otras frutas y sobre todo abre muchos interrogantes sobre el qué hacer a partir de ese momento.

4.2. Resultados y discusión

4.2.1 .Contenido en sólidos solubles

Los sólidos solubles totales en los zumos cítricos incluyen a todos los constituyentes de la fruta que están disueltos en el zumo una vez extraído.

Como se comentó en el capítulo 3, los dos principales componentes en los sólidos solubles totales en zumos cítricos son los azúcares y los ácidos orgánicos. En los zumos de naranja, los azúcares predominan y la cantidad de ácidos es baja, por el contrario, en el zumo de limón los ácidos predominan sobre los azúcares (Sinclair, 1961).

En la Figura 4.1, se muestra la evolución del contenido en sólidos solubles totales en zumo de limón fresco o directo.

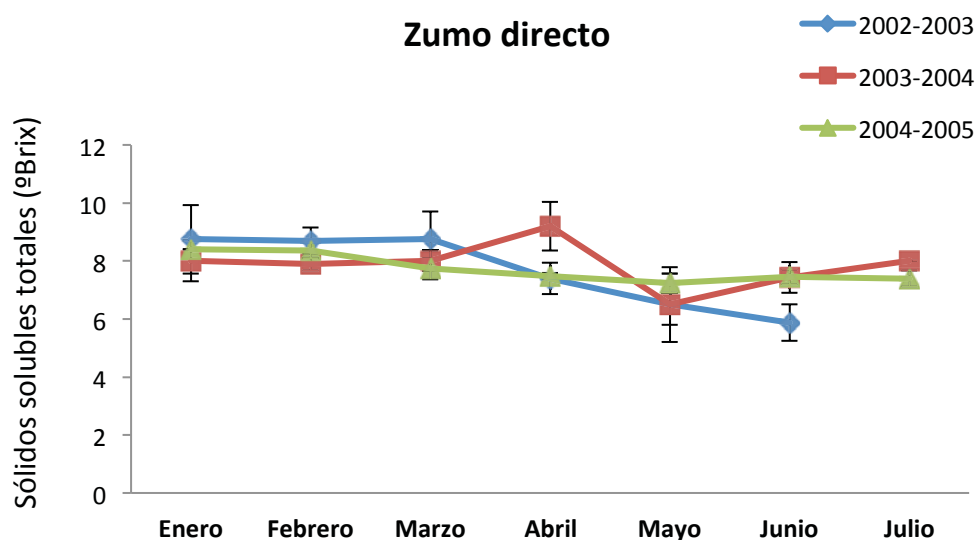


Figura 4.1. Sólidos solubles totales (°Brix) en zumo de limón directo durante las diferentes campañas. (Anexo 4.1)

Se puede observar cómo la evolución del contenido en sólidos solubles totales se mantiene constante a lo largo del tiempo durante las tres campañas de estudio, alcanzándose los valores más bajos en los meses de verano en el caso de la campaña 2002-2003 (Lorente et al., 2014). A continuación, los resultados de las muestras

recogidas a lo largo del mes de Junio de 2014 tras sufrir dos episodios de lluvias intensas al final de un largo periodo de sequía meteorológica.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
°Brix	8,03	8,77	8,87	7,1	7,23	7,33	7,57	7,97	6,93	7,37	6,87	7,57	8,87	6,87	7,63	0,66

Tabla 4.1. ° Brix zumo de limón del mes de Junio de 2014. EPSO. (Anexo 4.2)

Comparando con la media de los datos de Junio de las tres campañas estudiadas en el capítulo 3:

Junio de	Media	SD
2003	5,88	0,63
2004	7,43	0,53
2005	7,45	0,25
2014	7,63	0,66
AIJN limites	min. 7	

Tabla 4.2. ° Brix zumo de limón de Junio de las diferentes campañas (Anexos 4.1 y 4.2)

El límite fijado por AIJN es de 7 Brix para zumo de limón directo y 8 para los procedentes de concentrado (Anexo I). En los resultados se puede observar que el año 2014 se corresponde con los valores normales del zumo de limón español, siendo éste muy cercano al límite fijado por AIJN, pero ligeramente superior al de las campañas 03/04 y 04/05.

2014 fue un año marcado por la sequía, las temperaturas fueron elevadas para el mes de junio pero con una buena diferencia entre la temperatura diurna y nocturna, Fenómeno que favorece una correcta maduración de los frutos cítricos. Las tablas 4.3 y 4.4 y la figura 4.2, muestran el resumen del mes de Junio de 2014 según la estación meteorológica de Orihuela-Desamparados (EPSO).

	Máx.	Mín.	Media	Días de lluvia
Precipitaciones (mm)	12	3,3	0,7	3
	23-jun	17-jun		
Intensidad	Fuerte*	Moderada*		
	(> 30 mm/h)	(> 2 y ≤ 15 mm/h)		

*Clasificación AEMET (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)

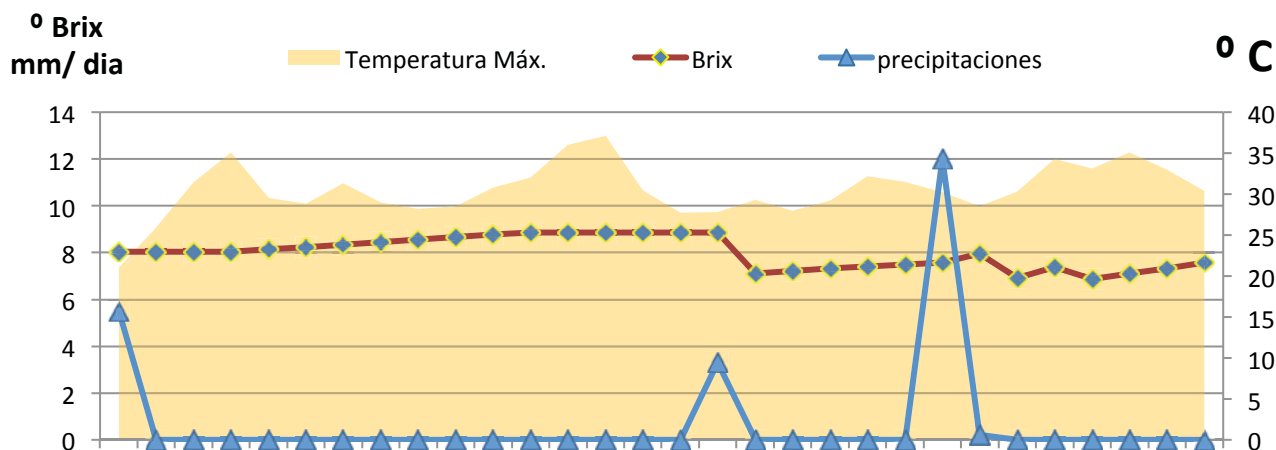
Tabla 4.3. Precipitaciones mes de Junio de 2014. Estación meteorológica Orihuela-Desamparados (Anexo 4.3)

	Media de media de las Máximas	Media de las Mínimas	Media	Oscilación extrema día-noche	Oscilación media día-noche
Temperatura °C	30,5	17,6	24,1	24,4	12,9
	37,1 máx. 14-jun	12,7 mín. 03-jun			

Tabla 4.4 Temperaturas mes de Junio de 2014. Estación meteorológica Orihuela-Desamparados (Anexo 4.3)

Los días después de lluvias intensas se registran descensos en los °Brix de los zumos de limón que llegan, en algunos casos, a ser inferiores o iguales al límite de 7 fijado por AIJN (días 18, 25 y 27). La razón de este descenso se podría encontrar en la absorción de agua del suelo por el árbol, tras una lluvia intensa acompañada de altas temperaturas que favorecen la transpiración (Syvertsen *et al*, 1984).

La figura 4.2, ilustra la relación entre el clima y el contenido en sólidos solubles.



Por otro lado, el año 2003 presenta una anomalía en el contenido de sólidos solubles con una media de 5,88 Brix, muy por debajo de la media de las campañas siguientes y del límite exigido por AIJN (Anexo 4.1).

En la bibliografía y efemérides de la base de datos de la AEMET se recogen datos e informes sobre el año 2003 que es descrito como “fuera de lo común” con unas temperaturas muy elevadas y noches tropicales. Este año se batieron records de temperaturas máximas en toda Europa occidental con una ola de calor que provocó cerca de 11000 muertes en Francia y un incremento en los registros de defunciones de España (directa e indirectamente según fuentes de los respectivos ministerios), sobre todo de ancianos al alcanzarse temperaturas de 47 grados en algunas capitales como Murcia (AEMET).

Así pues, los resultados observados en el año 2003 se podrían deber a unas condiciones climáticas anormales con noches tropicales que impidieron la correcta maduración de los limones de aquel año.

4.2.2. Acidez

4.2.2.1. Acidez valorable

Los ácidos orgánicos son los principales constituyentes solubles del zumo de limón. A medida que aumenta la maduración de la fruta, la acidez del zumo aumenta y el pH disminuye. La acidez total en el zumo de limón, se debe principalmente a los ácidos cítrico y málico, pero las variaciones en los valores de acidez se deben esencialmente a los cambios en la concentración de ácido cítrico (Sinclair, 1961). Por otro lado, la acidez de los cítricos está directamente asociada con la calidad. Limones con buena calidad, tienen altos valores de acidez (50-60 g de ácido cítrico por litro de zumo) (Sinclair, 1961).

La acidez valorable se ha determinado en todas las muestras de zumo de limón para obtener resultados sobre el aumento o la disminución de los distintos ácidos que puede haber en la muestra (cítrico, málico o láctico) durante los distintos meses de las distintas campañas estudiadas y, concretamente, durante el mes de Junio de 2014 para observar un posible efecto del clima.

La figura 4.3 muestra los resultados de la evolución de este parámetro en las distintas campañas estudiadas.

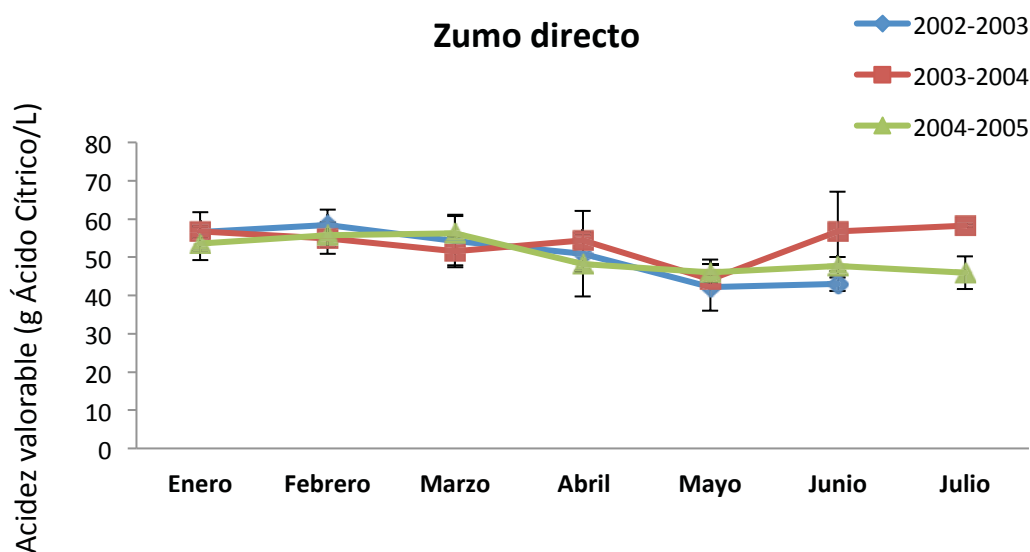


Figura 4.3. Acidez (g/l) del zumo de Limón de las campañas. (Anexo 4.4).

Como se observa en la figura 4.3, la acidez inicial de todos los zumos de Limón en las distintas campañas, a medida que avanzaron los meses, esta acidez fue disminuyendo hasta el mes de mayo, momento a partir del cual esta concentración aumenta ligeramente hasta el valor inicial. Esto es debido a que, a partir de mayo, la variedad de limón utilizada fue Verna, y de enero hasta abril, la variedad utilizada fue Fino. En Tabla 4.5, valores de muestras analizadas en junio de 2014.

	4-jun	jun 12	jun 16	jun 19	jun 23	jun 26	jun 29	jun 30	jun 31	jun 31	jun 31	jun 31	MAX	MIN	MEDI	A	SD
Acidez (g ác. cítrico/l)	55,0	64,0	65,3	52,7	56,8	57,8	58,8	60,0	54,8	56,5	51,0	57,4	65,3	51,0	57,51		4,17

Tabla 4.5. Acidez total en g/l de ácido cítrico anhidro en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO. (Anexo 4.2).

En la Tabla 4.6 se recogen los valores medios de Acidez en Zumo de Limón español en el mes de Junio de las campañas estudiadas.

Junio de	Media	SD
2003	42,98	1,78

2004	56,79	10,39
2005	47,68	2,38
2014	57,51	4,17
AIJN Rango	45-63	

Tabla 4.6. Acidez Total (g de ácido cítrico/l) zumo de limón de Junio de las diferentes campañas.

En cuanto a la acidez total, no se observa ninguna variación importante por efecto del clima en junio de 2014, únicamente se observa un ligero descenso tras las precipitaciones de los días 17 y 23 de junio al igual que ocurría con el contenido en sólidos solubles. Dicho fenómeno pudo ser inducido por la absorción de gran cantidad de agua tras las lluvias. Las elevadas temperaturas provocaron una mayor transpiración y por ello absorción, disminuyendo la concentración de solutos en fruto.

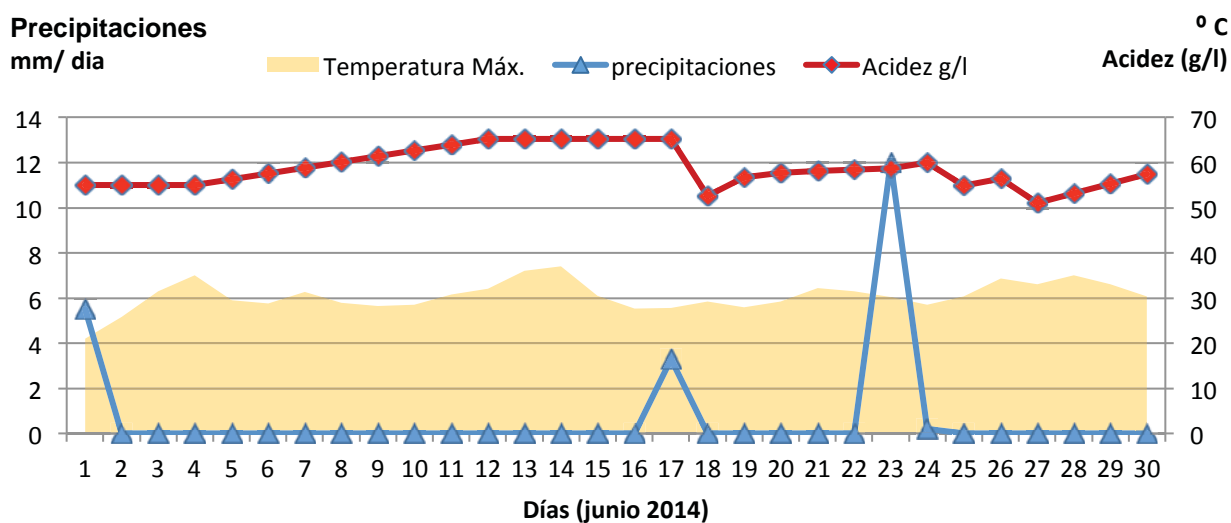


Figura 4.4. Relación Acidez-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

En el año 2003 se registraron ciertas anomalías en la maduración de los frutos. Es posible que las noches tropicales con elevadas temperaturas (Anexos 4.2 y 4.3) tuviesen un efecto adverso en la evolución natural de la acidez a lo largo de la maduración y formación de los frutos.

4.2.2.2. Acidez volátil

El análisis de la acidez volátil en las muestras de zumo de limón directo de las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05 nos permite observar si la muestra ha sufrido algún tipo de contaminación microbiana, por ejemplo con bacterias acéticas o se está produciendo otro tipo de fermentación, que disminuya la calidad del zumo. Este parámetro influye en el aroma y el sabor de los zumos y sus niveles pueden ser un índice de buenas prácticas de procesado y vida útil de los zumos (Lorente *et al*, 2014).

Los resultados obtenidos de la acidez volátil en los zumos directos se muestran en la figura siguiente.

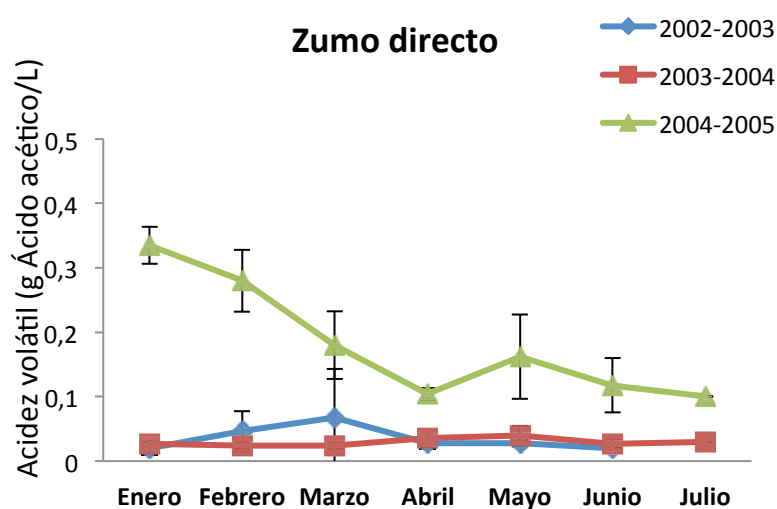


Figura 4.5. Acidez volátil (g/l ácido acético) en zumo de limón directo durante las diferentes campañas. (Anexo 4.5.)

Los resultados de acidez volátil de las muestras se mantiene bajos durante todas las campañas, 0,02-0,04 g ácido acético/L en los casos de las campañas 2002/03 y 2003/04. No obstante, los resultados para el principio de campaña de 2004/2005, son algo mayores a las campañas anteriores, como se observa en el gráfico. Sin embargo, el valor no es tan elevado como para poder concluir que ha habido problemas o contaminaciones durante el proceso de elaboración.

4.2.3. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos son uno de los índices más útiles de la autenticidad en los productos derivados de frutas, ya que tienen menor susceptibilidad de ser alterados

durante el procesado y almacenamiento que otros componentes de frutas (Cámara *et al.*, 1999).

Los principales ácidos presentes en los cítricos son el ácido cítrico y el málico con cantidades muy pequeñas de tartárico, benzoico, oxálico y succínico (Karadeniz, 2004).

Es necesario comentar que la acumulación de dichos ácidos en las vacuolas de las células de los cítricos es un proceso regulado por el desarrollo, la concentración y el cambio en el tiempo varía mucho entre especies y variedades y es altamente susceptible al clima (Canel *et al.*, 1995). Lo último es de vital importancia para el trabajo de estudio que concierne a este proyecto.

Numerosos estudios sobre el contenido de ácidos orgánicos se han realizado durante la maduración de la fruta de especies tales como naranja, pomelo, mandarina y limón. En estos estudios se demostró que la acidez se debe principalmente al ácido cítrico, disminuyendo este durante la maduración de la naranja, toronja y mandarina, mientras que se mantiene constante en el limón (Moufida *et al.*, 2003).

4.2.3.1. Ácido Ascórbico

Como bien es conocido, el ácido ascórbico o vitamina C ($C_3H_4O_3$) es un ácido orgánico hidrosoluble con propiedades antioxidantes bien estudiadas.

En la dieta mediterránea, los cítricos son una importante fuente de vitamina C. El contenido de Ácido Ascórbico en algunos limones ha sido superior a los 680 mg /L de zumo (Lorente *et al.*, 2014).

A continuación, la figura 4.6, muestra los resultados de zumo de limón español directo obtenidos a lo largo de las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05.

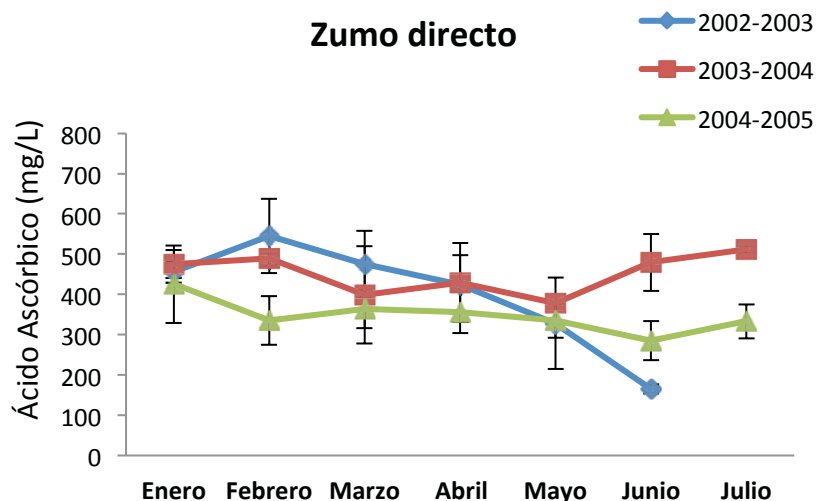


Figura 4.6. Ácido ascórbico (mg/l) en zumo de limón directo durante las diferentes campañas. (Anexo 4.6).

Los resultados muestran, en general, unas concentraciones acorde con la Guía de AIJN para Zumo de Limón, (Anexo I), es decir superiores al mínimo fijado en 150 mg/l de ácido ascórbico. En la campaña 2002/03 se observa una bajada anómala comparada con los otros años como muestra la tabla 4.7.

Junio de	Media	SD
2003	164,83	11,22
2004	479,3	70,62
2005	285,15	49,17
AIJN Rango	min 150 mg/l	

Tabla 4.7. Ácido ascórbico (mg/l) zumo de limón de Junio de las diferentes campañas

Al igual que se comentó anteriormente, las anomalías registradas en el clima pudieron tener un efecto en la maduración incompleta de los frutos (Canel *et al.*, 1995), que puede dar lugar a valores fuera del rango o muy cercanos a su mínimo.

4.2.3.2. Ácido Cítrico

El ácido cítrico es un ácido orgánico (C₆H₈O₇) presente en la mayoría de las frutas, sobretodo en cítricos (ácido mayoritario).

Existe una gran correlación entre el ácido cítrico y el ácido málico, y el ratio Cítrico / Isocítrico se usa como parámetro de calidad del zumo de limón en la Guía de AIJN.

En la Figura 4.7, se muestra la evolución del contenido de ácido cítrico durante las campañas de 2002/03, 2003/04 y 2004/05 en zumo de limón español directo.

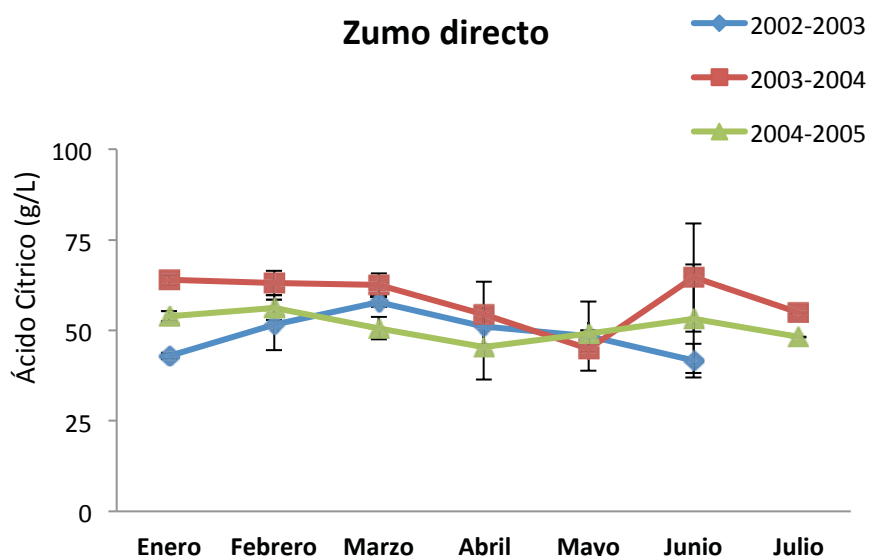


Figura 4.7. Ácido cítrico (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas (Anexo 4.7).

En la Tabla 4.8. se muestran los valores del ácido cítrico en Zumo de Limón directo en Junio 2014

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Ácido cítrico (g/l)	64,9	54,1	68,8	61,5	63,8	66,4	66,0	67,7	63,1	64,5	60,6	67,7	68,8	54,1	64,08	4,02

Tabla 4.8. G/l de ácido cítrico en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO.(Anexos 4.2 y 4.3)

En la tabla 4.9 valores medios de ácido cítrico en zumo de Limón español directo durante los meses de Junio de todas las campañas analizadas.

Junio de	Media	SD
2003	41,67	4,67
2004	64,61	14,96
2005	58,96	477
2014	64,08	4,02
AIJN Rango	45-63	

Tabla 4.9. Ácido cítrico (g/l) zumo de limón de Junio diferentes campañas.

Los resultados muestran concentraciones de ácido cítrico por encima y por debajo del rango fijado por AIJN. Por debajo del rango encontramos valores de 41,67 g/l de ácido cítrico en junio de 2003. Año que ha sido considerado como extraordinario desde el punto de vista climático al registrarse noches tropicales y valores de temperaturas medias mínimas y medias máximas más elevadas de lo habitual que dificultarían la maduración correcta de los frutos y por lo tanto sería lógico encontrar valores por debajo del rango fijado en 45 g/l. Se observa además que la mayoría de los resultados obtenidos en junio de 2014 están ligeramente por encima del límite superior del rango AIJN.

La figura 4.8 podría dar explicación a la elevada concentración de ácido cítrico para el mes de junio de 2014 ya que se observa que, justo después de una lluvia, los valores se acercan al rango. Esto podría ser debido a la sequía sufrida durante 2014. Dicha sequía podría haber hecho disminuir la cantidad de agua en los frutos y como consecuencia, el correspondiente aumento de la concentración de solutos, en este caso el ácido cítrico. Con esta teoría se explicaría cómo tras una precipitación la concentración de ácido cítrico tiende a valores normales dentro del rango.

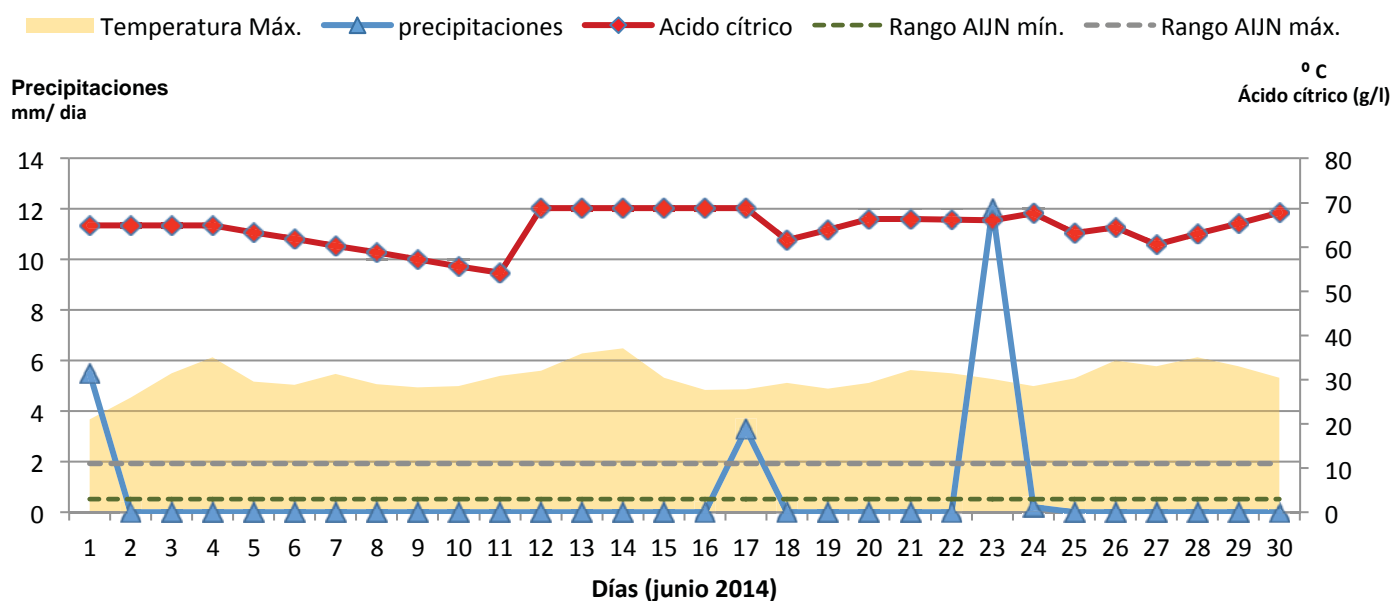


Figura 4.8. Relación Ácido cítrico-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

4.2.3.3. Ácido Isocítrico

El ácido isocítrico ($C_6H_8O_7$) es otro ácido orgánico, metabolito del ciclo de Krebs que se genera después de la reacomodación del ácido cítrico. La concentración del ácido isocítrico es menor que la del ácido cítrico y solamente lo encontramos en zumo. La Figura 4.9. muestra los valores de A. Isocítrico en el Zumo de Limón analizado

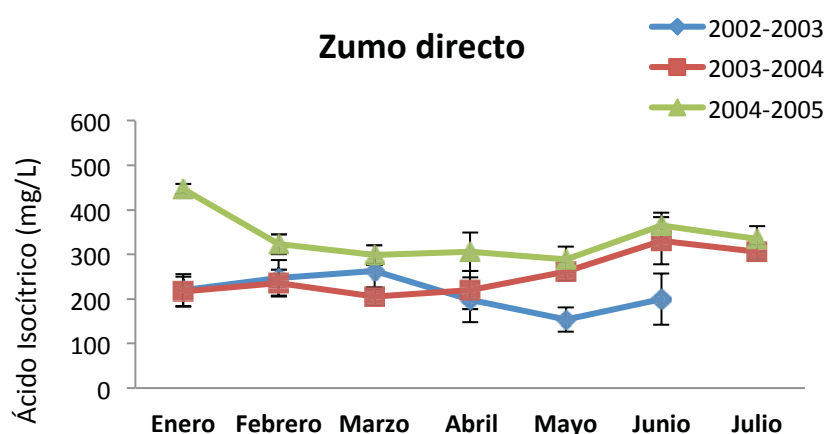


Figura 4.9. A. Isocítrico (g/l) zumo de limón directo de las diferentes campañas. (Anexo 4.8)

Al igual que con la mayoría de parámetros, en el año 2003 se registran anomalías climáticas que afectaron la maduración de los frutos. En este caso se observa que para dicho año, los valores se sitúan fuera del rango de la Guía de AIJN para Zumo de Limón. El resto de campañas muestran resultados dentro de los rangos, tabla 4.10.

Junio de	Media	SD
2003	199,19	57,33
2004	330,62	52,77
2005	365,48	28,48
AIJN Rango	230-500 mg/l	

Tabla 4.10. Ácido Isocítrico (g/l) zumo de limón español directo. Junio de las diferentes campañas estudiadas.

En la tabla 4.11 vemos los valores del Ratio Cítrico / Isocítrico de los meses de Junio en Zumo de Limón español directo, de las diferentes campañas.

Junio de	Isocítrico (mg/l)	Cítrico (g/l)	Ratio Cítrico/Isocítrico
2003	199,19	41,67	209,1
2004	330,62	64,61	195,4
2005	365,48	53,2	145,5
AIJN Rango			Máx. 200

Tabla 4.11. Ratio cítrico/ isocítrico en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas.

En la campaña de 2002/03, se han observado varios resultados fuera de los rangos fijados por la Guía de AIJN para Zumo de Limón. De ahí la importancia de saber cómo un posible cambio climático tendría un efecto perjudicial sobre la comercialización y el carácter nutritivo de los limones y posiblemente otros frutos.

4.2.3.4. Ácido L-málico

El D-Málico no lo encontramos en zumo de limón de forma natural. Para este estudio solo analizaremos el contenido de L-Málico en zumo. Este ácido lo encontramos en frutas y verduras con sabor ácido. En el limón la mayor concentración de A. málico la encontramos en hojas (Sinclair y Eny, 1945).

Uno de los cambios más importantes en la composición del fruto durante el periodo de almacenado es el significativo descenso del contenido de ácido L-málico, y un aumento de ácido cítrico debido éste último a la pérdida de agua del fruto (Sinclair & Eny, 1945).

La Figura 4.10, muestra los valores de ácido málico obtenidos en las muestras de zumo de limón español directo analizadas.

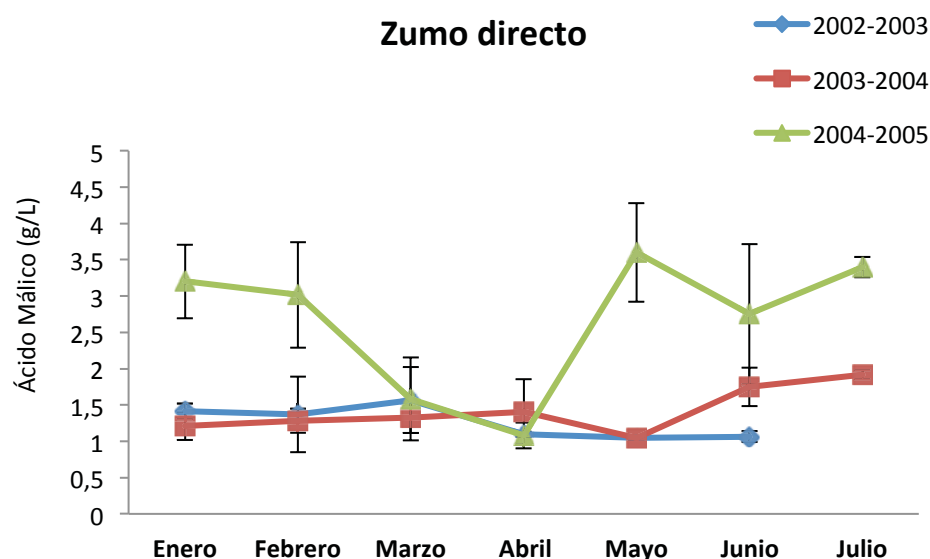


Figura 4.10. Ácido málico (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. (Anexo 4.9)

La Tabla 4.12. muestra valores de Junio - 14 de A. L-Málico en Zumo de limón español directo. La Tabla 4.13. muestra valores medios de Junio de las campañas analizadas.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Ácido málico(g/l)	4,0	2,2	2,4	2,0	1,9	2,2	2,2	2,1	2,0	1,7	1,6	2,0	4,0	1,6	2,18	0,61

Tabla 4.12. Ácido L-málico (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	1,06	0,07
2004	1,75	0,26
2005	2,75	0,97
2014	2,18	0,61
AIJN Rango	1-7,5	

Tabla 4.13. Ácido L- Málico (g/l) zumo de Limón de Junio de las diferentes campañas.

Para la campaña 2002/03 se observan valores de ácido L- Máfico cercanos al límite inferior del rango de la Guía AIJN para Zumo de Limón, fijado entre 1-7,5 g/l. El contenido de Ácido L-Máfico en Limón depende de la procedencia (Sinclair & Eny, 1945). En este caso se descartó la degradación microbiológica al no registrarse ninguna anomalía en los valores de las diferentes muestras analizadas. El año 2003, y como comentado, las condiciones climáticas tuvieron un efecto adverso en la maduración de los frutos pero el contenido en ácido L-máfico estuvo en el rango dela Guía de AIJN.

La figura 4.11, muestra la relación del A. L-Malico en Zumo de Limón con la climatología

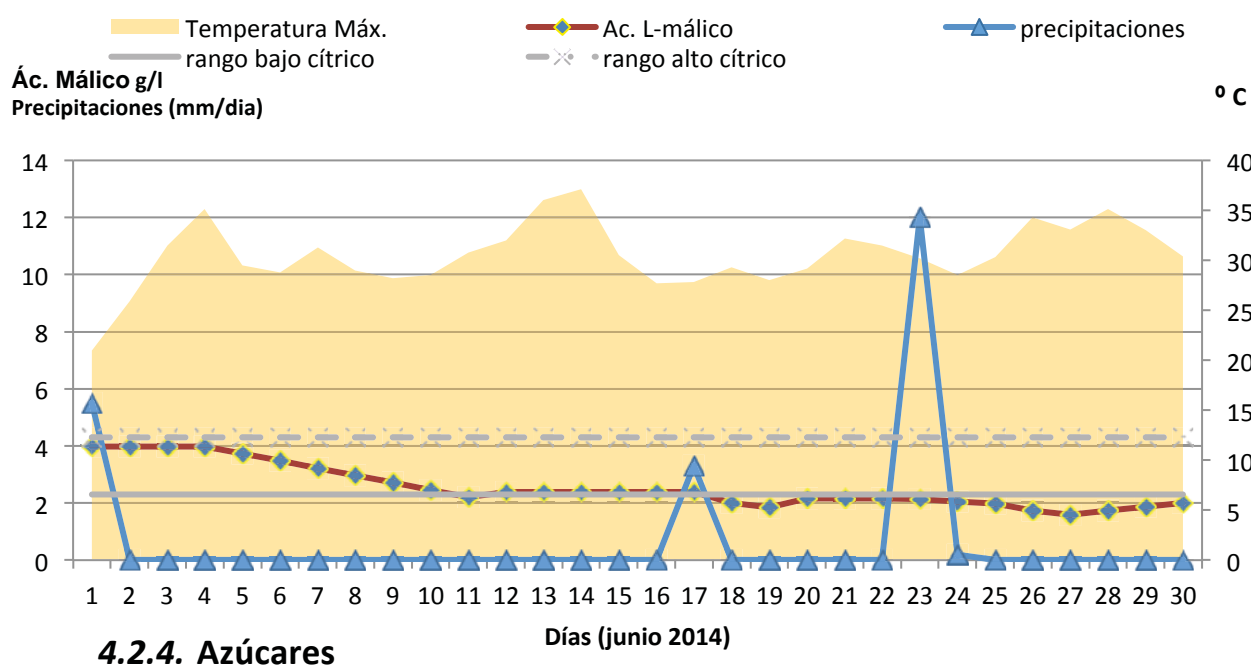


Figura 4.11. Relación A. L- Máfico - Climatología. Zumo Limón español directo 2014. (Anexos 4.2 y 4.3)

Los valores medios obtenidos en zumos de procedencia Española (Figura 4.12) son 7,93 g/L en zumo directo en planta piloto.

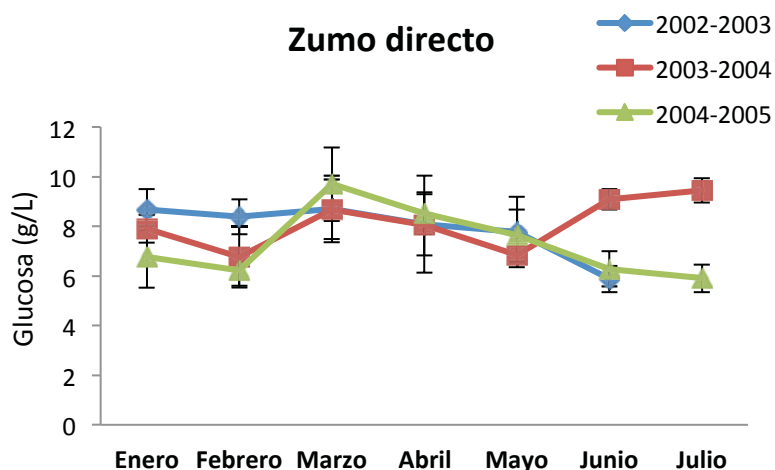


Figura 4.12 Glucosa (g/l) en zumo de limón directo de diferentes campañas. (Anexo 4.10).

No se observan variaciones significativas en los resultados de las 3 campañas y 2014 mostrado en las Tablas 4.14 y 4.15 para el mes de Junio.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Glucosa (g/l)	7,7	6,8	6,3	6,1	5,9	5,3	7,0	7,4	6,2	7,1	5,6	7,2	7,7	5,3	6,55	0,76

Tabla 4.14. Glucosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3).

Junio de	Media	SD
2003	5,88	0,53
2004	9,09	0,41
2005	6,28	0,71
2014	6,55	0,76
AIJN Rango	3-12 (g/l)	

Tabla 4.15. Glucosa (g/l) zumo de limón español en Junio de las diferentes campañas.

Los resultados muestran valores acordes con la Guía CoP de AIJN para zumo de Limón. El año 2003, considerado inusual desde el punto de vista climático, observamos que los valores medios de glucosa son menores que la media habitual de zumos españoles, acercándose a la media para zumos estadounidenses (Southmayd, 1970).

La Figura 4.13, muestra la relación entre climatología y valores de Glucosa. Junio 2014

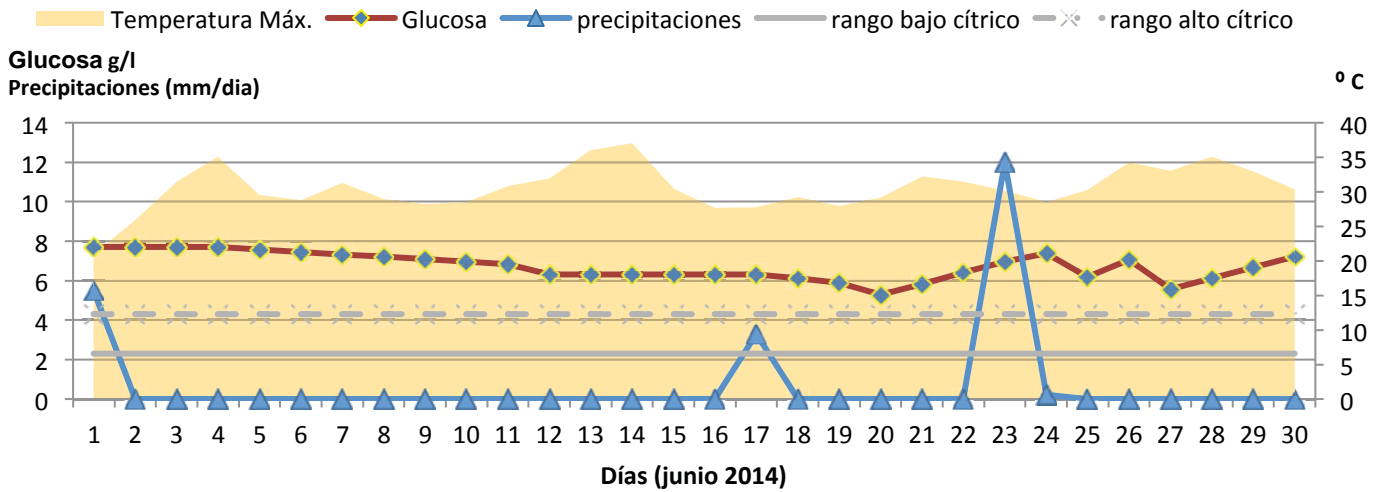


Figura 4.13. Relación Glucosa-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

4.2.4.2. Fructosa

Isómero de la glucosa. La fructosa es el azúcar que encontramos en mayor concentración en el zumo de limón, hasta un 57 % del total. En la figura 4.14, valores de Fructosa en Zumo de limón español directo.

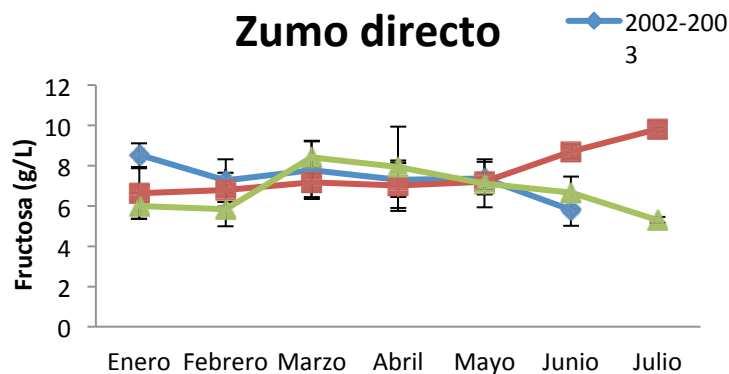


Figura 4.14. Fructosa (g/l) Zumo de limón directo de las diferentes campañas. (Anexo 4.11)

En la tabla 4.16 se observan valores de Fructosa en Junio del 2014 en Zumo directo de limón español y en Tabla 4.17 comparativa de los meses de Junio de las campañas analizadas.

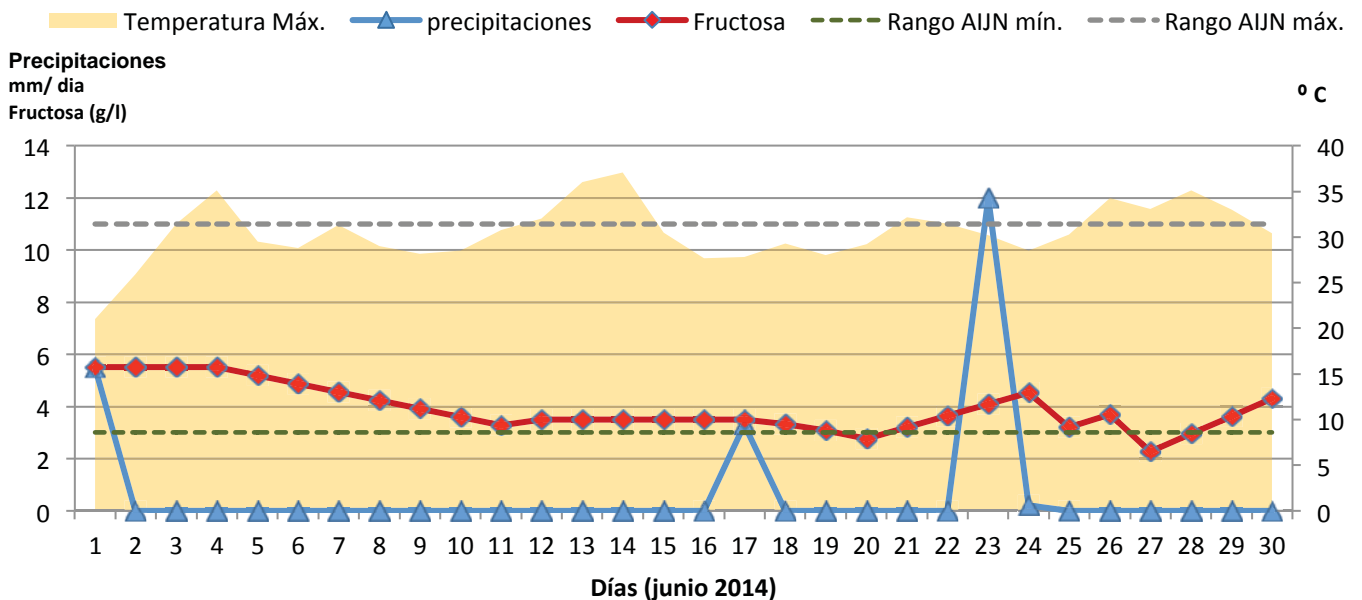
	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Fructosa (g/l)	5,5	3,3	3,5	3,3	3,1	2,8	4,1	4,5	3,2	3,7	2,3	4,3	5,5	2,3	3,63	0,87

Tabla 4.16. Fructosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	5,8	0,79
2004	8,7	1,22
2005	6,68	7,3
2014	3,63	0,87
AIJN Rango	3-11 (g/l)	

Tabla 4.17. Fructosa (g/l) zumo de limón, Junio de las diferentes campañas y 2014.

En general no se observan resultados fuera de los rangos del CoP de AIJN. Se registraron algunos valores por debajo del límite inferior (3 g/l) que podrían ser explicados por la absorción de agua tras una precipitación. La figura 4.15, muestra la evolución de la concentración de fructosa tras las lluvias registradas de intensidad moderada en el mes de junio de 2014, en Zumo directo de Limón español.



4.2.4.5. Sacarosa

La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), es el azúcar menos predominante en el zumo de limón con un 11% del total de azúcares, pero el más abundante en el zumo de naranja con un 49% (Southmayd, 1970).

En zumo procedente de industrias Españolas los valores de sacarosa son elevados, 3,49 g/L en zumo industrial y 4,52 g/L en zumo directo extraído en planta piloto (anexo XIII). La guía de referencia AIJN para Zumo de Limón establece un máximo de 7 g/l.

Figura 4.16, muestra los valores de sacarosa en Zumo de Limón español directo

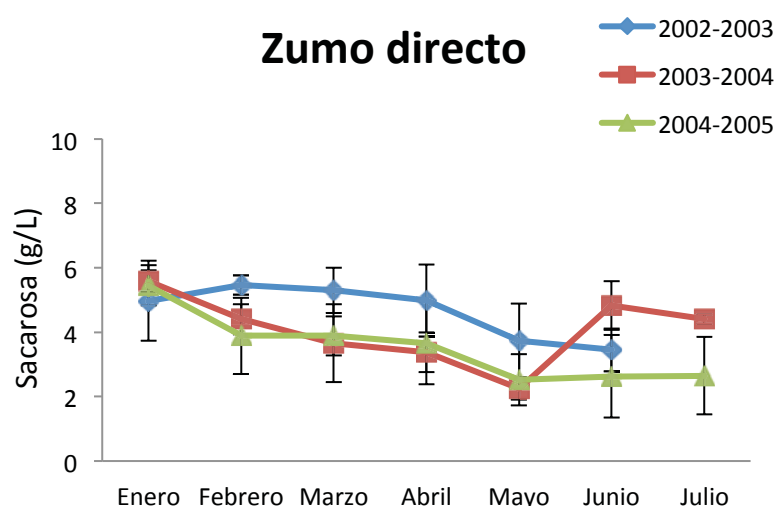


Figura 4.16. Sacarosa (g/l) en zumo de limón directo, campañas estudiadas. (Anexo 4.12).

Las campañas estudiadas observan valores inferiores a 7 g/l , máximo del CoP de AIJN. También en Junio - 2014 los valores fueron inferiores, mostrado en la Tabla 4.18.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Sacarosa (g/l)	2,3	1,6	1,3	0,8	0,4	0,8	1,0	1,1	0,6	0,6	1,1	0,8	2,3	0,4	1,03	0,53

Tabla 4.18. Sacarosa (g/l) de zumo de limón de Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

La Tabla 19 muestra una comparativa de valores de Sacarosa de meses de Junio de todas las campañas en Zumo de Limón español directo

Junio de	Media	SD
2003	3,45	0,67
2004	4,83	0,76
2005	2,63	1,28
2014	1,03	0,53
AIJN Rango	máx. 7 g/l	

Tabla 4.1. Sacarosa (g/l) en zumo de Limón de Junio de las diferentes campañas.

Aunque todos los resultados se encuentran dentro del rango < 7 g/l, en junio de n2014 el valor analizado de sacarosa disminuye considerablemente respecto a las otras campañas. Las lluvias registradas durante ese mes también ayudan a disminuirlo debido a la disminución de solutos después de una lluvia y temperaturas altas que favorecen la absorción de agua, datos reflejados en figura 4.17.

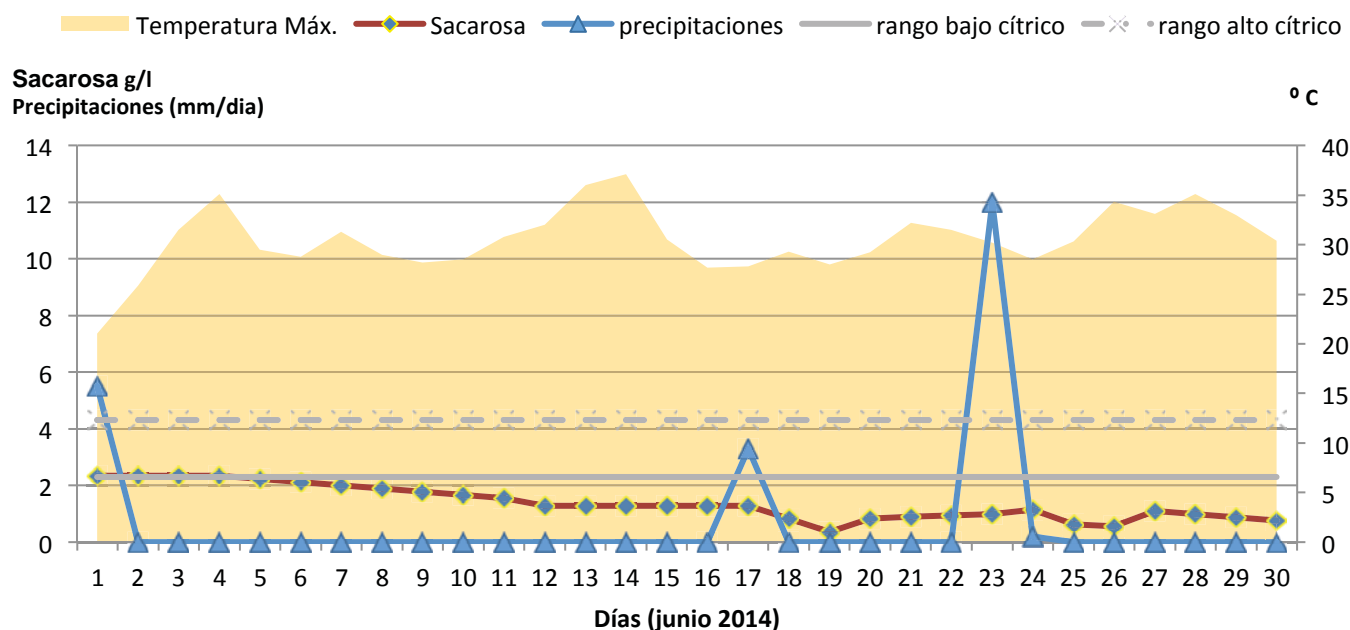


Figura 4.17. Relación Sacarosa-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO. (Anexos 4.2 y 4.3)

4.2.5. Minerales

La importancia de los minerales en los procesos metabólicos y en el desarrollo de las plantas es bien conocida. Para entender cómo funciona la matriz suelo-agua y cómo

una lluvia puede afectar a la disponibilidad de los nutrientes del suelo, es necesario conocer el concepto de “bulbo húmedo” en un sistema de riego localizado (Figura 4.18).

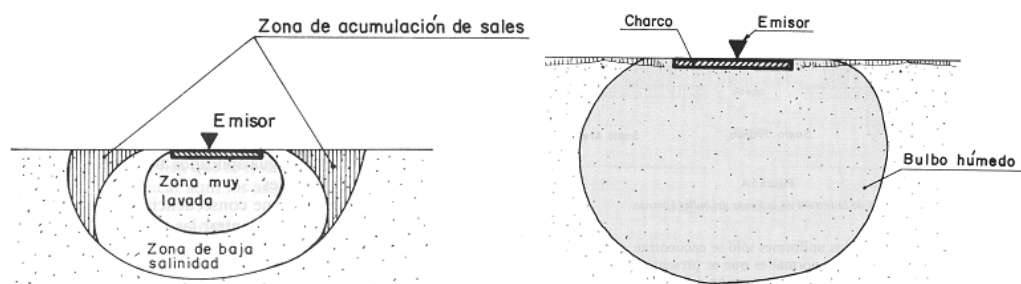


Figura 4.18. Bulbo húmedo de suelos franco-arcillosos y distribución de minerales (Salas et al, 2008)

Los iones Na^+ , Cl^- y NO_3^- , debido a su menor interacción con el suelo y a su alta solubilidad, tienden a lixiviarse con mayor facilidad, por lo que las mayores concentraciones se presentan en los límites del bulbo húmedo. Los iones que tienen mayor interacción con el complejo de intercambio del suelo (Ca^{2+} y Mg^{2+}), se concentran más cerca del emisor. El K^+ registra movilidad vertical y horizontal; la concentración en el suelo es mayor durante la dormancia, y menor, durante la fase de maduración del fruto. La concentración de los iones estudiados está vinculada esencialmente al aporte de nutrimentos aplicados a través de la fertirrigación, mientras que su distribución está condicionada por la absorción de la planta. Además no se han observado efectos significativos que relacionen las adiciones de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ con la disminución en las concentraciones de Na^+ y Cl^- en el bulbo húmedo (Jasso-Chaverría et al, 2001).

A este modelo de bulbo húmedo (Figura 4.18) hay que sumarle el efecto de una lluvia torrencial sobre la distribución de sales. Dichas sales estarían acumuladas en función de su solubilidad en mayor medida en las paredes del bulbo húmedo. Una lluvia tendría un efecto lixivador barriendo las sales acumuladas en las paredes y distribuyéndolas hasta la zona radicular. Por lo tanto aumentaría la cantidad de sales disponibles para la planta (Syvertsen et al., 1984).

4.2.5.1. Calcio

El calcio está presente en las plantas en grandes cantidades como sales insolubles (oxalato de calcio), es mucho menos móvil que otros elementos minerales. Se acumula en los tejidos de la fruta y las hojas pero no migra libremente a otros tejidos. El calcio se encuentra a bajas concentraciones en las hojas jóvenes de los cítricos, y aumenta rápidamente hasta que las hojas tienen 3 o 4 meses (Jones y Parker, 1950). Las plantas acumulan cuatro veces más calcio si crecen en suelos básicos, que si se desarrollan en suelos ácidos. Dicha propiedad tiene mucha importancia desde el punto de vista de un posible cambio climático ya que el suelo sufre constantemente los agentes meteorológicos y es aquí donde radica la importancia de este estudio. Fenómenos como formación y deformación del bulbo húmedo en sistema de riego localizado son importantes para entender la matriz suelo-agua.

Una cantidad de ácido oxálico almacenada en la corteza podría ser inmediatamente convertida en sales insolubles de calcio (Sinclair y Eny, 1945). Es cierto, sólo si hay una cantidad de calcio por encima del requerido puede formarse cristales de calcio en la corteza. Solamente una pequeña traza de ácido oxálico que aparezca en la corteza puede ser señal suficiente para evidenciar que el calcio presente como ácido oxálico está pasando a oxalato de calcio insoluble. Valores altos de pH en la corteza también evidencian que el ácido oxálico esté en forma de sal.

En la figura 4.19, se muestran los valores de Calcio de las diferentes campañas estudiadas, en Zumo de Limón español directo, obtenido en planta piloto. Se observan concentraciones de calcio elevadas en la campaña 2003-2004 siendo mucho más elevadas que en las otras campañas.

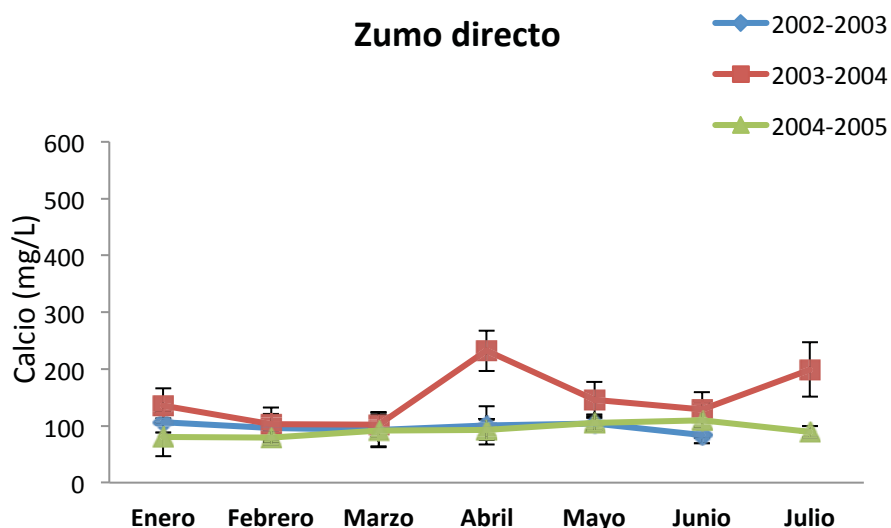


Figura 4.19. Calcio (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. (Anexo 4.13)

La tabla 4.20 muestra valores de calcio en el mes de Junio del año 2014, en Zumo de Limón español directo procedente de Limones de la finca de la EPSO. La Tabla 4.21 muestra la comparativa de los meses de Junio de las campañas analizadas.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Calcio (mg/l)	116,0	107,0	96,8	85,9	55,9	55,1	60,3	62,5	56,2	57,1	84,1	54,3	116,0	54,3	74,27	22,59

Tabla 4.20. Calcio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	83,28	13,96
2004	128,86	30,73
2005	109,43	30,88
2014	74,27	22,59
AIJN Rango	45-160 mg/l	

Tabla 4.21. Calcio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas

No se observan datos fuera de los rangos de calidad del CoP de AIJN para Zumo de Limón pero, en el mes de junio de 2014, se registraron valores muy cercanos al límite inferior. Se puede decir que los dos resultados más bajos en calcio corresponden a los dos años con incidencias meteorológicas inusuales. Por un lado 2003, con noches tropicales y elevadas temperaturas y, por otro, 2014 con una sequía considerable.

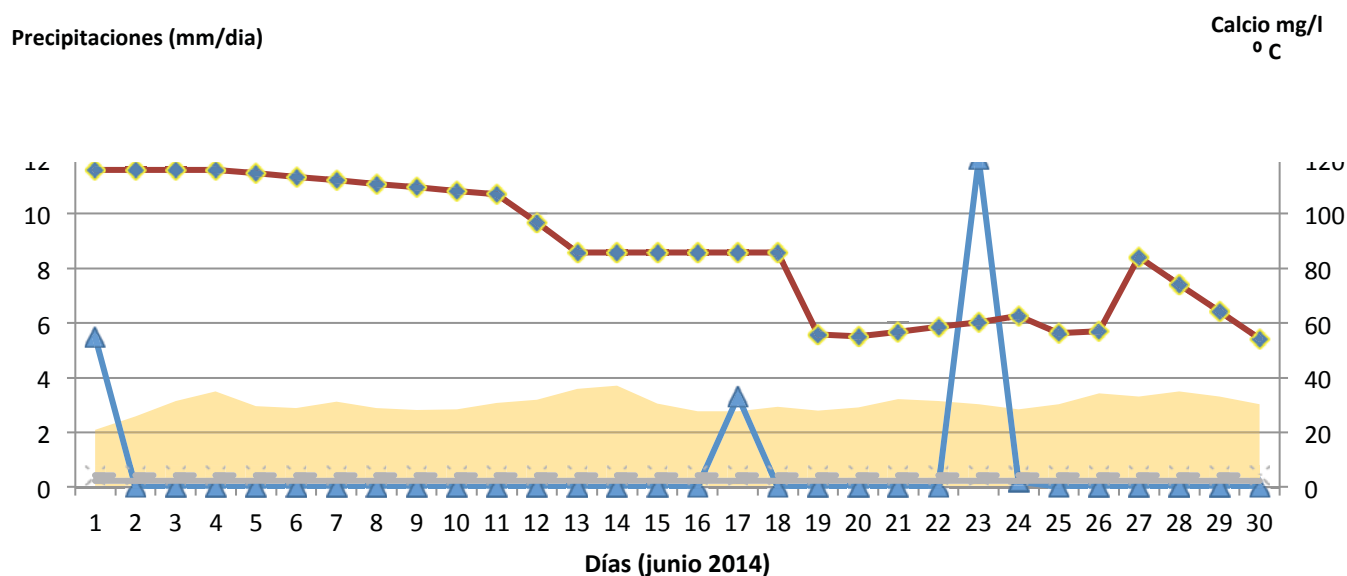


Figura 4.20. Relación Calcio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (anexos 4.2 y 4.3)

La figura 4.20, compara la evolución del Calcio en Zumo de Limón español directo y las condiciones meteorológicas en el mes de Junio de 2014

4.2.5.2. Magnesio

El contenido en magnesio no está relacionado con la variedad ni el origen de la fruta. Junto con el sodio es el que se encuentra en menor cantidad y los resultados obtenidos para las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05 están reflejados en la figura 4.21, apareciendo valores muy estables.

La Tabla 4.22 refleja el valor del magnesio analizado en Zumo de Limón español durante el mes de Junio de 2014 obteniendo valores comparables a la media de los valores de las diferentes campañas anteriores, reflejadas en la Tabla 4.23.

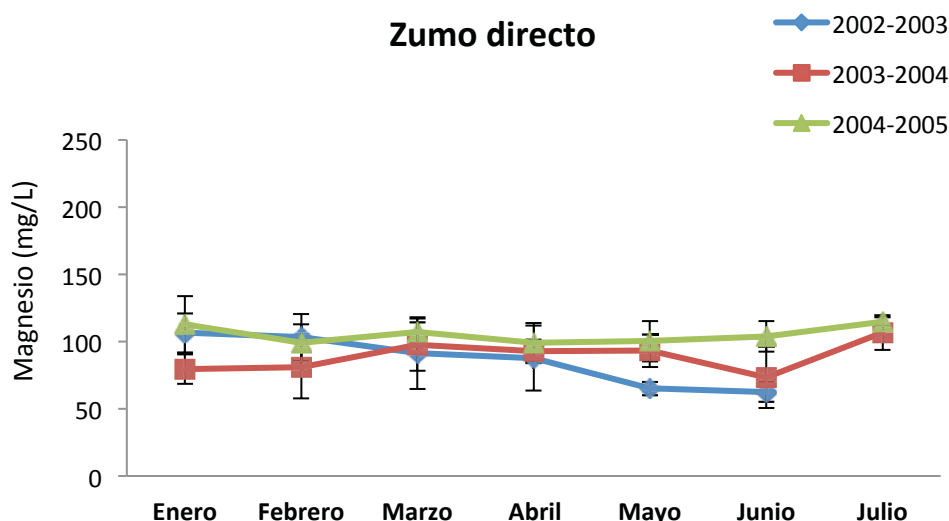


Figura 4.21. Magnesio (mg/l) Zummo de limón directo de diferentes campañas. Anexo 4.14

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Magnesio (mg/l)	74,7	73,8	82,1	70,7	68,6	68,0	73,4	70,0	65,0	67,5	74,5	70,7	82,1	65,0	71,58	4,50

Tabla 4.22. Magnesio (mg/l) en zumo de limón, Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	62,4	7,41
2004	76,33	22,75
2005	103,8	11,33
2014	71,58	4,50
AIJN Rango	70-120 mg/l	

Tabla 4.23. Magnesio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas

Destaca el bajo valor de Magnesio del mes de Junio del 2003, año meteorológicamente distinto a los anteriores. La razón de este valor podría explicarse, como ya se ha hecho anteriormente con la alteración de otros parámetros ese mismo año.

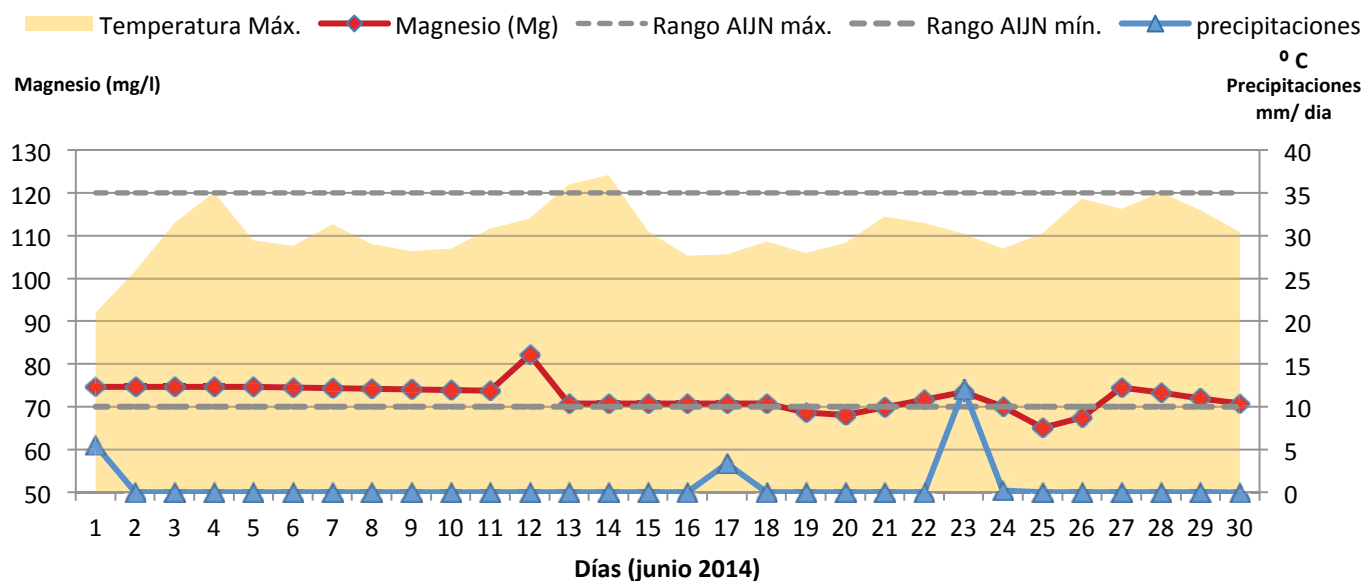


Figura 4.22. Relación Magnesio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Los resultados observados muestran los mismos patrones que han sido comentados anteriormente para el calcio. Para los años 2003 y 2014 se registraron valores fuera del rango. La razón podría ser meteorológica.

Los resultados muestran una vez más el efecto del clima sobre los parámetros de calidad de un zumo de limón. Así pues, después de una lluvia, los niveles decrecen por la rápida absorción de agua y, además, se observa un ligero incremento de las concentraciones paralelamente a la temperatura hasta niveles dentro del rango de referencia de AIJN para Zumo de Limón.

4.2.5.3. Potasio

Es el mineral mayoritario en el zumo de limón. La concentración de potasio cuenta con un 60-70% del total de los cationes de las cenizas en los limones, y es muy probable que los citratos estén presentes en el zumo como citratos potásicos.

Es un macronutriente de vital importancia en la alimentación de las plantas,. Juega un papel regulatorio o catalítico, y es importante para el control de la hidratación de los tejidos.

La fertirrigación con potasio obtiene muy buenos resultados en cuanto a crecimiento y calidad en limones (Embleton y Jones, 1968). Tras el experimento con dos tipos de fertilizantes, uno rico en potasio y otro no rico, se demostró que en los

árboles tratados con fertilizantes ricos en potasio, se obtenían frutos con una piel más fina, creció el porcentaje de zumo, la acidez y la cantidad de ácido ascórbico en Zumo. Los valores estudiados se reflejan en la figura 4.23.

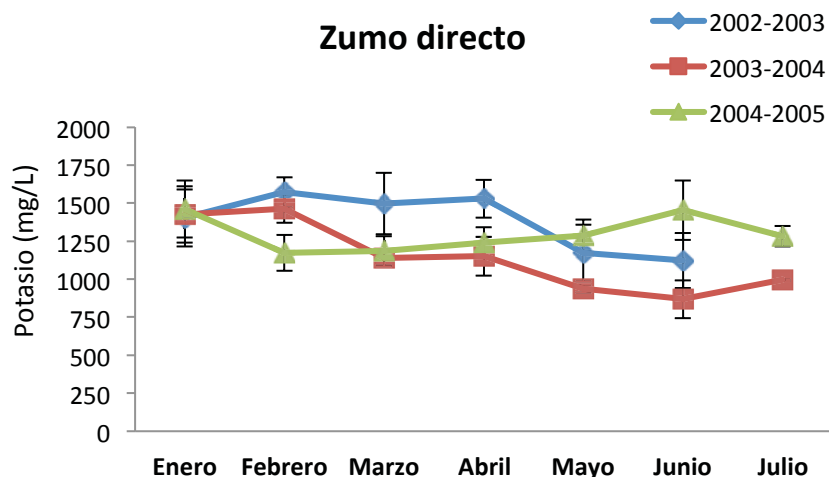


Figura 4.23. Potasio (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.15

Los resultados obtenidos en la campaña 2004/05 difieren ligeramente de las dos campañas anteriores presentando valores más altos. El potasio compite con los cationes de calcio por los lugares de intercambio catiónico del suelo pero no se encuentra, a priori, una razón clara para dicha variación entre campañas. La concentración de potasio está relacionada con la de cenizas. Entre zumos procedentes de países distintos no se han observado diferencias en su concentración. No se han encontrado valores por encima del límite superior del rango y, sólo, algunos zumos italianos se han situado por debajo del límite inferior del rango (AIJN). La razón climática podría tener un efecto en dicha diferencia. No obstante, los datos de la campaña 2004/05 corresponden a datos dentro del rango 1100-2000 mg/l , mientras que las dos campañas anteriores muestran resultados por debajo o muy cerca del límite inferior. Las Tablas 4.24 y 4.25 y la Figura 4.24, nos dan datos meteorológicos relacionados con los valores de Potasio en el Zumo de Limón español.

4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-----	-----	-------	----

Potasio (mg/l)	1248	1211	1372	1152	1154	1127	1275	1224	1400	1330	1208	1268	1400	1127	1247	87
-------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----

Tabla 4.24. Potasio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	1123,1	181,4
2004	868,11	125,54
2005	1454,4	196,25
2014	1247,42	86,64
AIJN Rango	1100 -2000 mg/l	

Tabla 4.2. Potasio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas.

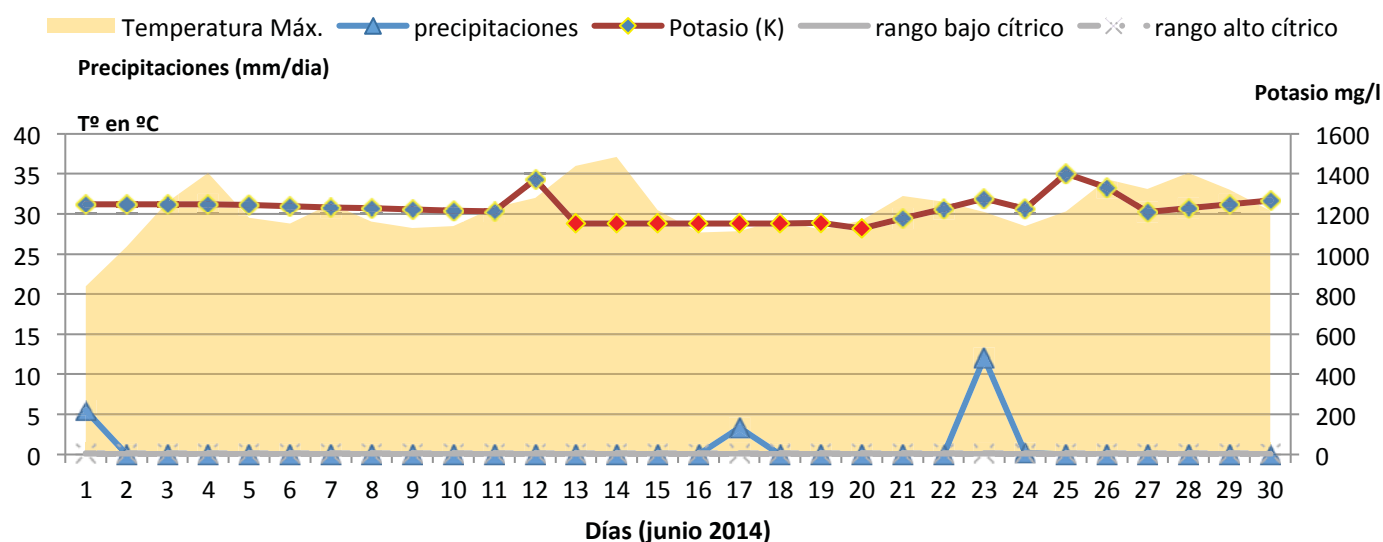


Figura 4.24. Relación Potasio - Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

4.2.5.4. Sodio

El sodio es, como el potasio, un macronutriente esencial para el desarrollo de los procesos metabólicos. La cantidad de sodio almacenada en los limones es relativamente baja. La figura 4.25, muestra los resultados obtenido desde la campaña 2002/03 hasta 2004/05.

En la campaña 2003-2004, los valores de Sodio son mayores que para las otras dos campañas. Esta variación puede deberse a la falta de precipitaciones durante ese periodo. Dichos valores son realmente altos y están muy por encima de los admitidos por la guía para Zumo de Limón de AIJN fijado en un máximo de 30 mg/l. Valores por encima de 30 mg/L indican un procesado inadecuado o tratamientos inadmisibles. Debido a la tecnología de procesado usados en la extracción del aceite de la corteza, el contenido en sodio puede elevarse hasta los 40 mg/L.

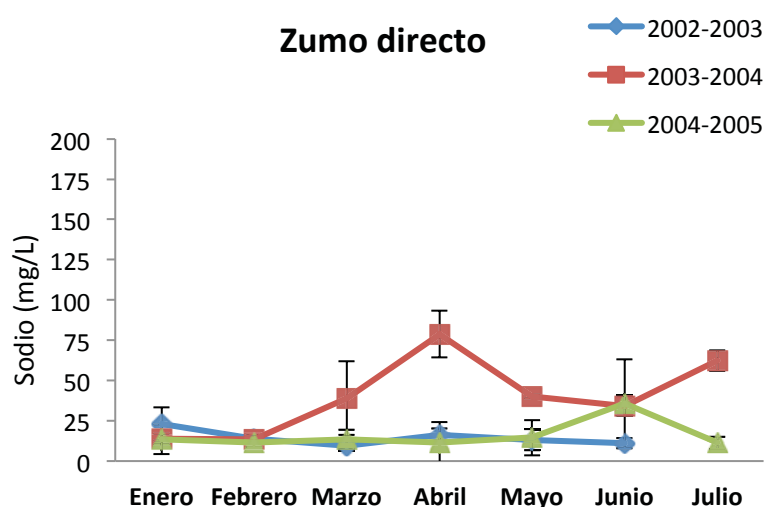


Figura 4.25. Sodio (mg/l) en zumo de limón directo de las campañas estudiadas. Anexo 4.16.

Observando la tabla 4.26 vemos los valores de Sodio obtenidos en 2014, y en la tabla 4.27, la comparativa de los valores medios en las diferentes campañas estudiadas:

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Sodio (mg/l)	10,0	9,8	8,8	3,4	8,8	5,8	3,4	6,3	10,1	3,0	5,0	3,6	10,1	3,0	6,5	2,8

Tabla 4.26. Sodio (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	11,13	3,2

2004	34,29	6,28
2005	35,65	27,65
2014	6,50	2,84
AIJN Rango	Máx. 30 mg/l	

Tabla 4.27. Sodio (mg/l) en zumo de limón de Junio de las diferentes campañas.

Los iones Na^+ , Cl^- y NO_3^- , debido a su menor interacción con el suelo y a su alta solubilidad, tienden a lixiviarse con mayor facilidad, por esta razón las mayores concentraciones se presentan en los límites del bulbo húmedo (Jasso-Chaverría et al, 2001). Esta propiedad podría explicarse porqué los resultados de 2003/04 y 2004/05, son mayores a 2002/03 y 2014. Las precipitaciones en 2003 y en 2014 fueron inferiores a los otros años. El Na^+ se pudo acumular en las paredes del bulbo húmedo sin que una precipitación los volviese a diluir en la zona radicular. Este fenómeno ocurre a menudo en fincas con riego localizado, de ahí la recomendación de dar un riego post-lluvia, a fin de devolver a la pared del bulbo, las sales más solubles (Figura 4.26.)

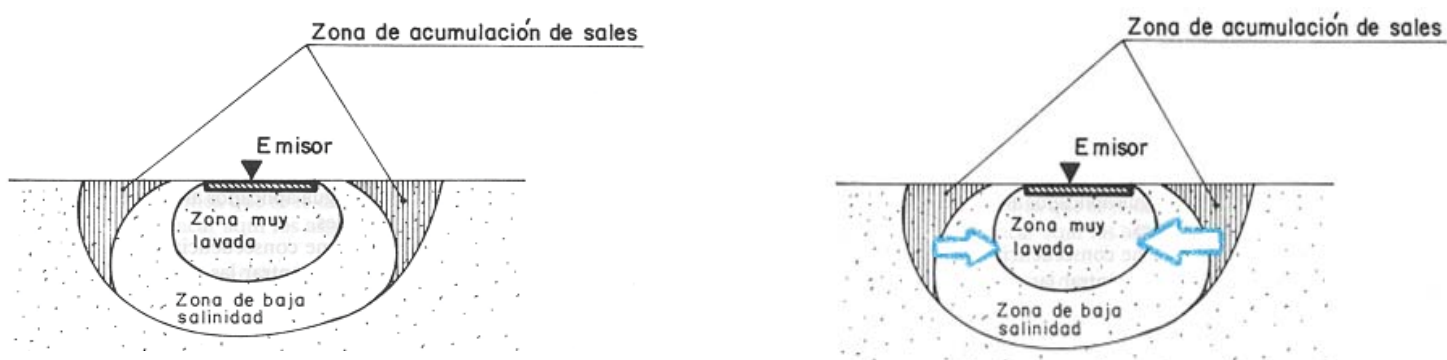


Figura 4.36. Situación bulbo húmedo antes (Izquierda) y justo después de una lluvia (Derecha) (Jasso-Chaverría et al, 2001).

En la figura 4.27, podemos ver las condiciones meteorológicas del mes de Junio de 2014 y los valores de Sodio obtenidos en Zumo de Limón de la finca de Limones de la EPSO:

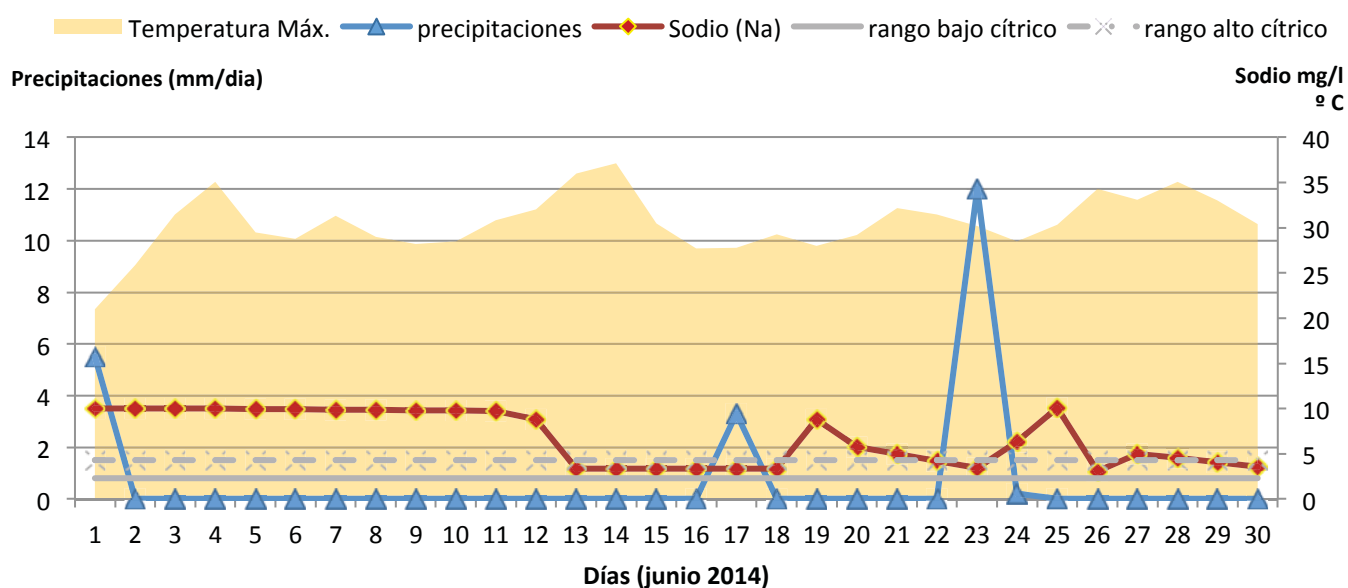


Figura 4.27. Relación Sodio-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

4.2.5.5. Fósforo total

El contenido de fósforo total en el suelo guarda una pequeña relación con el fósforo disponible para el crecimiento de la planta. El fósforo se encuentra en el suelo en diversas formas químicas, la mayoría lo encontramos como insoluble, por lo que, debemos aportar suficiente fosfato soluble para el crecimiento y maduración de las plantas y frutos. La cantidad total presente en el suelo de fosfato soluble en agua es casi siempre inferior a la cantidad consumida durante el crecimiento del fruto. Por eso, en el programa de fertirrigación siempre se considera un suplemento de fósforo (Anexo 4.24.).

La importancia del fósforo radica en su efecto sobre la calidad del fruto. Las deficiencias de fósforo se manifiestan en el desarrollo de frutos largos, con cortezas gruesas y con centros huecos (Embleton et al., 1952).

En la figura 4.28, se observan los valores de Fosfatos en las 3 campañas de estudio.

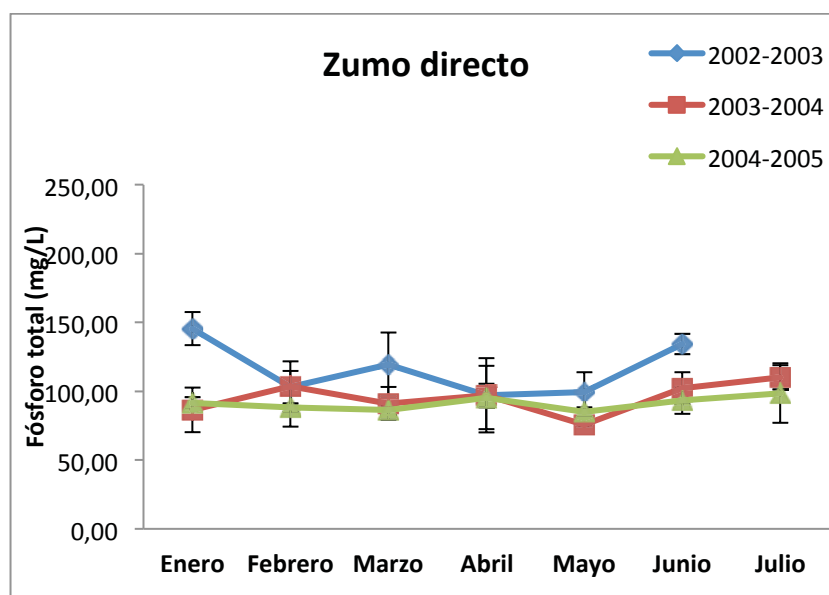


Figura 4.28. P total (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.17.

El P total para zumo de limón español se sitúa dentro del rango fijado por AIJN (Lorente et al., 2014), se observan irregularidades similares a las detectadas con otros parámetros para la campaña 2002/03. El fósforo total en dicha campaña presenta valores más elevados que el resto de campañas. La tabla 4.28 muestra valores de P total de Junio de 2014 en Zumo de Limón directo obtenido de Limones, finca EPSO..

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MLDI	A	SD
Fósforo Total (mg/l)	121	126	126	112	87	96	104	94	112	112	116	96	126	87	109		13

Tabla 4.28. Fósforo total (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	134,27	7,35
2004	102,19	11,71
2005	98,56	21,57
2014	109,00	13,02
AIJN Rango	80-150 mg/l	

Tabla 4.29. Fósforo total (mg/l) en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas

La tabla 4.29 ofrece los valores de P de Junio de todas las campañas analizadas.

En la figura 4.29, puede verse la distribución de los valores de Fósforo en los diferentes días de Junio y su relación con las condiciones climáticas.

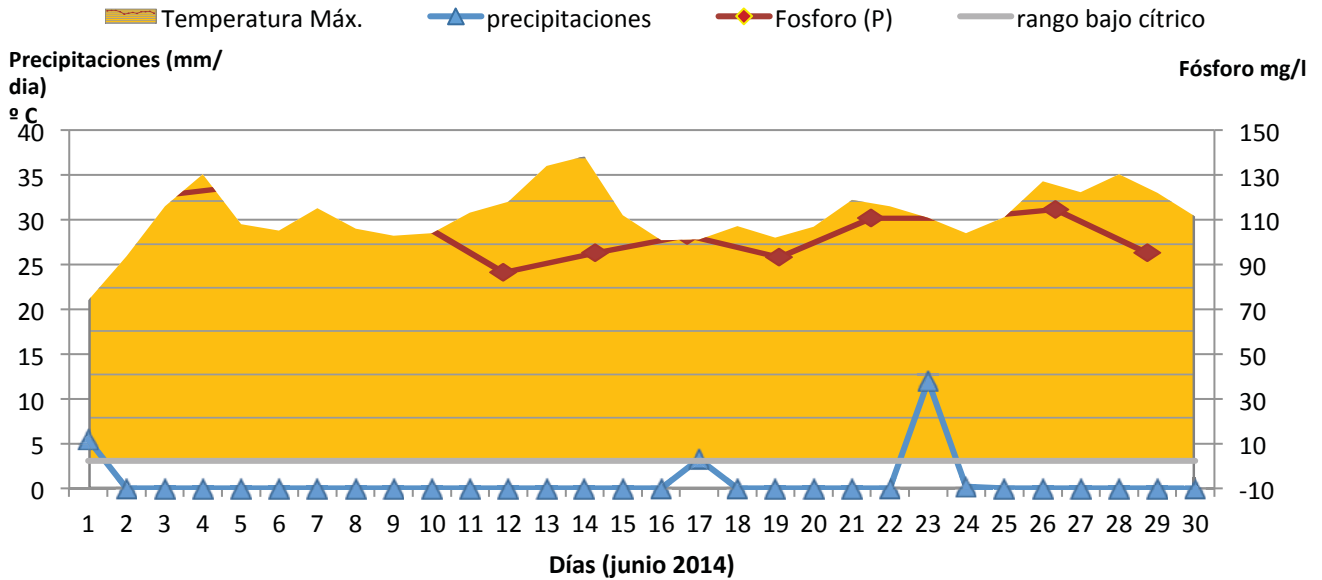


Figura 4.29. Relación entre Fósforo-Precipitaciones-Temperatura, Junio de 2014. Finca EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Los valores más altos se encuentran en las campañas con incidencias climáticas tales como sequía y elevadas temperaturas 2003 y 2014.

4.2.5.6. Sulfatos

Las concentraciones de sulfatos en zumos cítricos no son elevadas. Dependen en gran medida de las prácticas agronómicas. Hay que tener en cuenta las prácticas agronómicas aplicadas, ya que puede ser un factor importante en el contenido final.

En la figura 4.30, se muestran los valores de Sulfatos obtenidos en Zumo directo de las tres campañas de este estudio.

La tabla 4.30 muestra los valores de Sulfatos en diferentes días de Junio de 2014 y en la tabla 4.31 podemos ver comparativas de los valores medios de Sulfatos en Junio de todas las campañas de estudio y 2014.

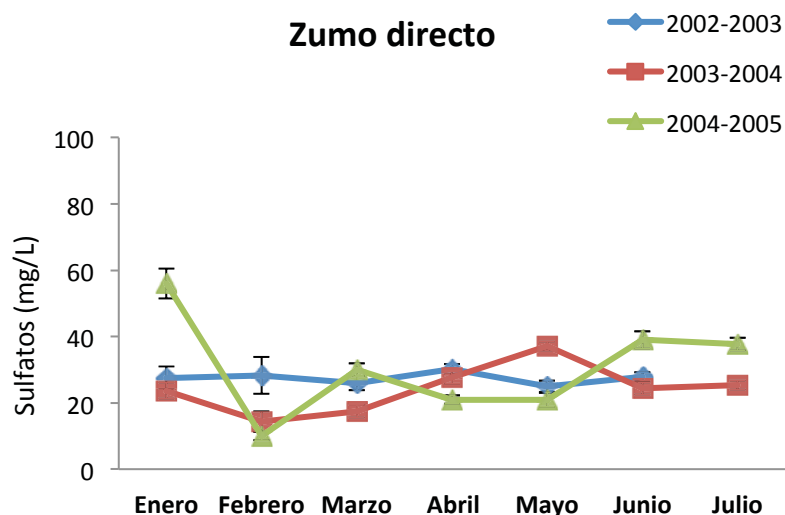


Figura 4.30. Sulfatos (mg/l) Zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.18.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Sulfatos SO4 (mg/l)	25,1	27,1	23,6	21,2	N.D.	20,9	N.D.	23,6	N.D.	20,9	20,5	N.D.	27,1	20,5	22,9	2,4

Tabla 4.30. Sulfatos (mg/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	27,92	1,33
2004	24,32	1,80
2005	39,00	2,60
2014	22,86	2,39
AIJN Rango	Máx. 100 mg/l	

Tabla 4.31. Sulfatos (mg/l) en zumo de limón, Junio de las diferentes campañas.

No se observan resultados fuera de la normalidad ni ningún patrón que pueda ser relacionado con algún fenómeno meteorológico.

4.2.6. Cenizas

El contenido en cenizas varía en su composición y porcentaje según la parte del fruto que se analice (Birdsall *et al.*, 1961). En la parte comestible del Limón, el contenido en Cenizas es prácticamente igual que en el zumo lo que significa que la gran mayoría de los constituyentes minerales de la porción comestible del limón están en el Zumo.

Los resultados de cenizas para las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05 pueden verse en la Figura 4.31.

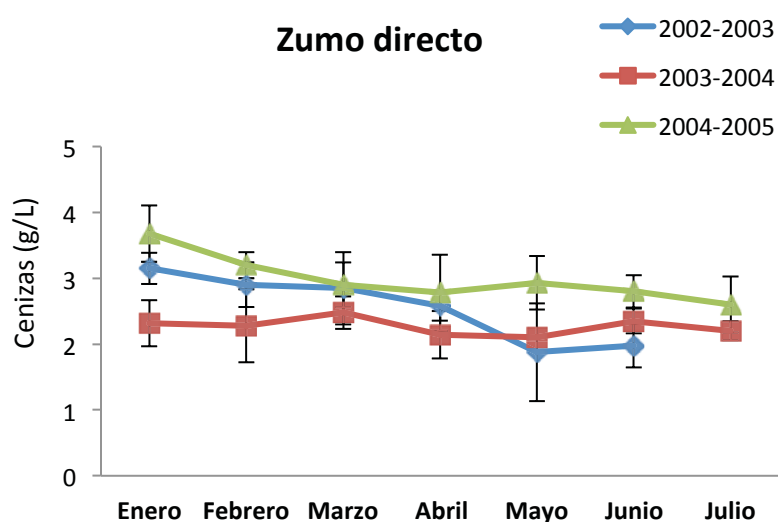


Figura 4.31. Cenizas (g/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.19.

Existe una homogeneidad en los resultados analíticos de las diferentes campañas. Los parámetros se encuentran dentro de los rangos 2,3-4,3 g/l (AIJN), aunque en mayo de 2003 se observa un descenso del contenido de cenizas. Este descenso puede ser debido a los fenómenos climatológicos citados anteriormente y que afectaron a la maduración y el correcto desarrollo de los frutos.

La tabla 4.32 muestra los valores de Cenizas en diferentes días de Junio de 2014 y en la tabla 4.33 podemos ver comparativas de los valores medios de Cenizas en Junio de todas las campañas de estudio y 2014.

	4-jun	11-jun	12-jun	18-jun	19-jun	20-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	30-jun	MAX	MIN	MEDIA	SD
Cenizas (g/l)	4,1	3,8	4,4	4,0	3,3	3,5	4,2	4,5	3,3	3,3	3,0	4,2	4,5	3,0	3,8	0,5

Tabla 4.32. Cenizas (g/l) en zumo de limón de Junio de 2014. EPSO (Anexos 4.2 y 4.3)

Junio de	Media	SD
2003	1,98	0,33
2004	2,35	0,19
2005	2,80	0,24
2014	3,80	0,50
AIJN Rango	2,3-4,3 g/l	

Tabla 4.33. Cenizas (g/l) en zumo de limón, junio de las diferentes campañas.

Los resultados muestran el efecto de un año (2003) con una climatología no apta para una correcta maduración (anexo I) y, por otro lado, los efectos de una sequía prolongada (2014) en la concentración final de cenizas. La figura 4.32, muestra los valores de cenizas del Zumo de Limón directo obtenido de Limones de la finca de limones de la EPSO, en el mes de Junio de 2014, con las características climáticas.

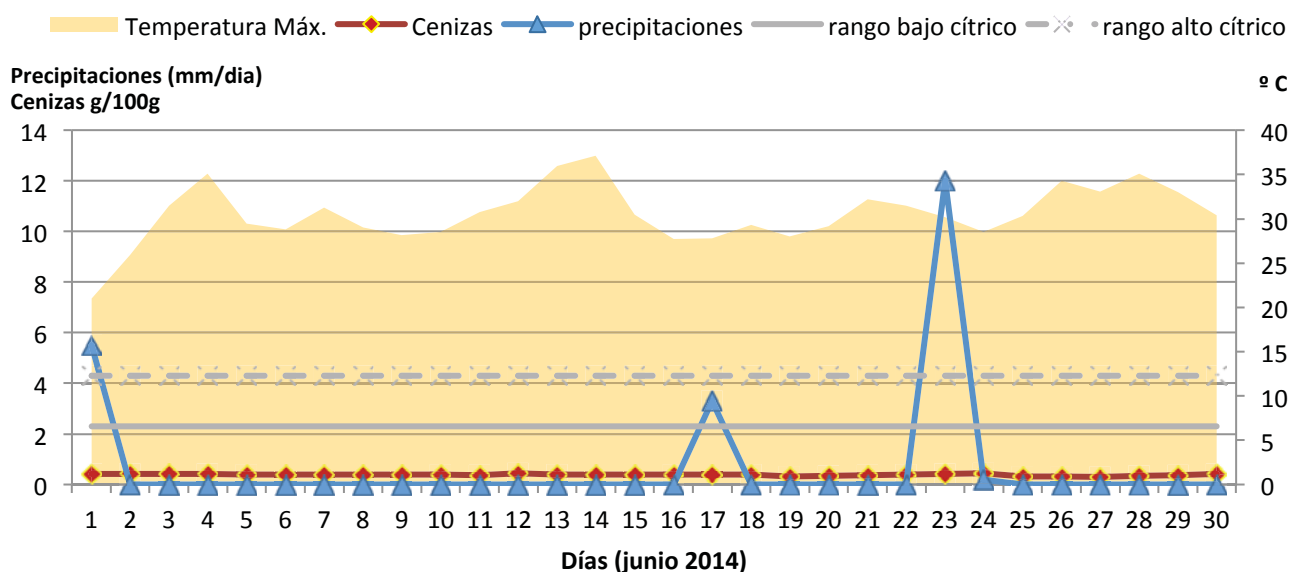


Figura 4.32. Relación Cenizas – Climatología, Junio 2014. Finca EPSO. Anexos 4.3 y 4.3

4.2.7. Pectina soluble

La pectina soluble está formada por sustancias pécticas que están compuestas principalmente por un ácido poligalacturónico, cuya unidad básica es el ácido galacturónico. En la naturaleza el ácido galacturónico se encuentra asociado con azúcares, galactosa o arabinosa. Los valores de pectina soluble en agua más altos los encontramos en zumos industriales y reconstituidos a partir de concentrados. Los más bajos son de zumo directo recién exprimido.

Los valores de pectina soluble en Zumo de Limón directo obtenidos en las campañas 2002/03, 2003/04 y 2004/05 fueron:

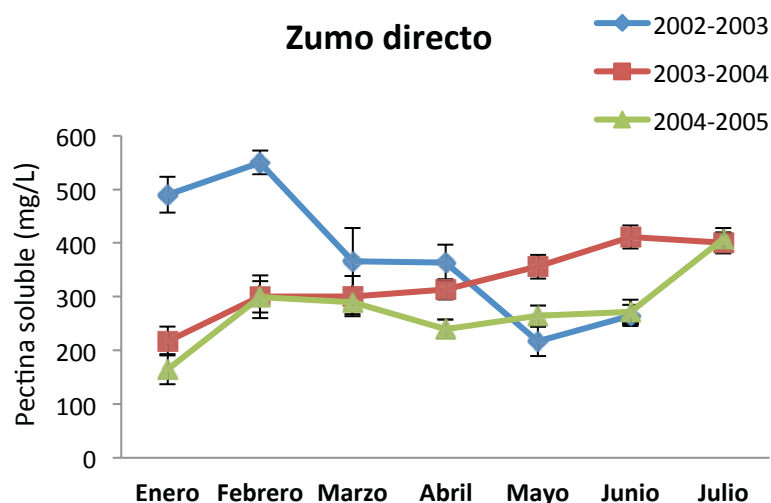


Figura 4.33. Pectinas solubles (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4. 20.

Los resultados muestran, una vez más, resultados que difieren del resto en el año 2003, donde se produjeron condiciones meteorológicas distintas ya descritas anteriormente. No obstante, todos los valores analizado se encuentran dentro del rango de referencia de la Guía para Zumo de Limón de AIJN situado entre 0-700 mg/l de pectina soluble en agua

4.2.8. Flavonoides

Los flavonoides son componentes que incluyen flavanonas y glicósidos. La mayor concentración de flavonoides los encontramos en el albedo de la fruta. La eriocitrina, hesperidina y diometina constituyen aproximadamente el 95% del contenido total de flavonoides presentes en el zumo de limón fino (González-Molina *et al.*, 2008).

En la figura 4.34. podemos ver los valores de Flavonoides, expresados como Hesperidina, del Zumo de Limón directo de las campañas 2002/03; 2003/04 y 2004/05.

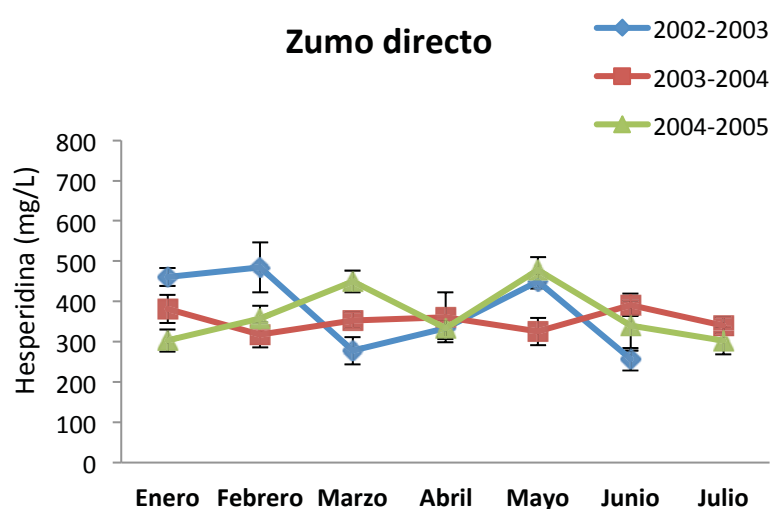


Figura 4.34. Hesperidina (mg/l) en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.21

Los resultados muestran valores de hesperidina para zumo de Limón español entre 250 y 400 mg/l. La procedencia es un factor importante que afecta al contenido final de hesperidina. Así, en zumos de California se encuentran valores medios de 197 mg/L y, en zumo procedente de China, 237 mg/L (JBT Food Pilot Plant for Citrus. Tech reports).

La Tabla 4.34 nos muestra los valores medios de Hesperidina Junio de las campañas 2002/03; 2003/04 y 2004/05.

Junio de	Media	SD
2003	257,00	28,22
2004	391,50	27,52
2005	339,70	62,30
AIJN Rango	Máx. 1500 mg/l (flavonoides totales)	

Tabla 4.34. Hesperidina (mg/l) en zumo de limón, meses de junio de las diferentes campañas

Se observan unos valores bajos de hesperidina para 2003. Se podría sugerir que una maduración irregular afecta al contenido de hesperidina en zumo.

4.2.8. Hidroximetilfurfural (HMF)

Hidroximetilfurfural (HMF) en zumos de frutas, es un indicador de la intensidad del tratamiento térmico (Dinsmore y Nagy, 1972). Valores elevados suponen que el tratamiento térmico ha afectado a la calidad organoléptica del producto y se ha destruido algunas de sus vitaminas (Nagy et al., 1972; Maraulja et al., 1973).

La Figura 4. 35. muestra los resultados obtenido en la campaña 2002/2003.

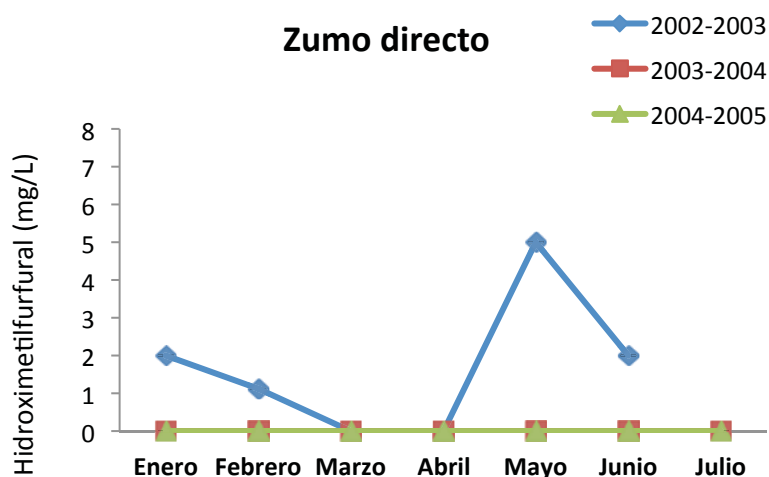


Figura 4.35. HMF (mg/l) en zumo de limón directo durante la campaña 2002/03. Anexo 4.22.

Al disponer de datos de una única campaña, no se pueden comparar resultados a fin de entender el posible efecto de las condiciones climáticas sobre el contenido en HMF. No obstante, al ser zumo directo, este parámetro no es significativo.

4.2.9. Determinación de Índice de formol

Existen diferentes formas en las que el Nitrógeno se encuentra en los zumos de limón. Se puede encontrar como nitratos, compuestos de amonio y aminoácidos. Es además, un indicador de la cantidad de aminoácidos que tendrá nuestro zumo.

En los zumos procesados en España, los datos de las últimas campañas reflejan unos valores comprendidos entre los 18-19 (mls NaOH 0.1 N / 100 mls Zumos) a los registrados en un estudio similar en Israel (20).

En la figura 4.36. podemos ver los valores del Índice de Formol del Zumo de Limón directo de las campañas 2002/03; 2003/04 y 2004/05.

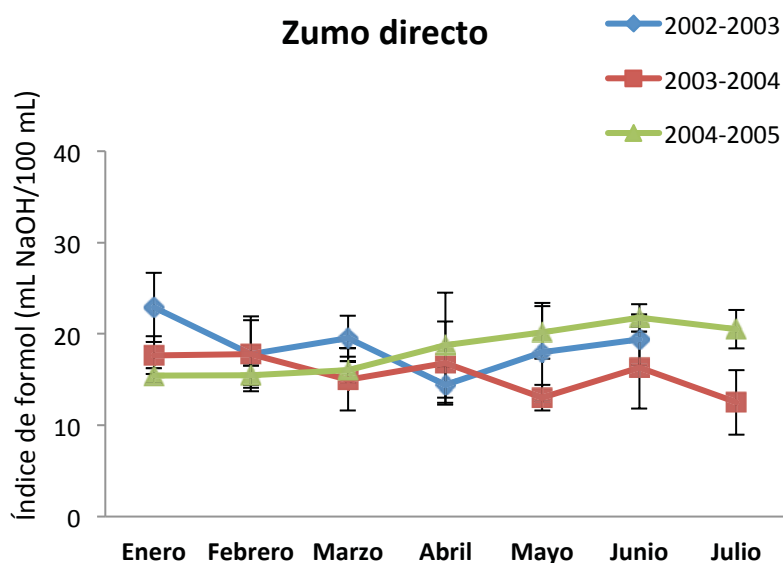


Figura 4.36. Índice de formol en zumo de limón directo de las diferentes campañas. Anexo 4.23.

Los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas entre las diferentes campañas.

Discusión de Resultados

Si comparamos los valores analíticos obtenidos con los valores recogidos en la Guía de Referencia para Zumo de Limón de AIJN vemos serias discrepancias en diversos parámetros. En algunos casos radicalmente diferentes que nos hacen pensar en la especificidad del Limón español, cultivado en unas condiciones climatológicas determinadas, con inviernos templados y veranos cálidos, habiendo además grandes diferencias de temperatura de la noche al día. Estos parámetros, por su repetitividad y diferencia con parámetros de otros Zumos de Limón de diferente procedencia deben considerarse y valorarse esta especificidad (Ato contenido en Vitamina C, Calcio, Fósforo, A. Isocítrico, etc).

Cuando se comparan los valores analíticos del Zumo de Limón español de las tres campañas de estudio vemos diferencias claras entre ellas, que pueden ser justificada por las condiciones climáticas diferentes observadas. Las variaciones más extremas se producen en el año 2003 que tuvo unas condiciones climáticas muy distintas, con un verano muy caluroso y con una diferencia de temperatura Noche / día no muy acusada, más propia de climas tropicales que del clima Mediterráneo propio. Vemos pues que el clima tiene una incidencia directa y muy específica en el desarrollo y maduración del fruto que luego incidirá en las características del Zumo.

Cuando los valores analíticos del Zumo de Limón español de las tres campañas de estudio se comparan con muestras puntuales tomadas 10 años más tarde, de Zumo de Limón de la misma variedad y origen, se ve que los valores analíticos son comparables. Observamos además que las características climáticas específicas de estas muestras están muy influenciada por las variaciones climáticas puntuales.

4.3. Conclusiones

En cuanto a la Caracterización del Zumo se puede decir que como consecuencia de la madurez inadecuada del Limón producido en condiciones climáticas atípicas, no propias del clima Mediterráneo, las variaciones observadas en los parámetros analíticos de la Guía de Referencia de AIJN para Zumo de Limón español son:

Parámetros A:

- a. El contenido en sólidos solubles varía enormemente (año 2003), comparado con los valores observados en Zumos de campañas de clima Mediterráneo típico.
- b. El contenido en ácido ascórbico disminuye en comparación con el del Zumo de Limón producido en campañas de clima Mediterráneo típico.

Parámetros B:

- a. En periodos donde la climatología ha estado dominada por noches tropicales, parámetros como el ácido cítrico, acidez valorable, ácido ascórbico, málico, calcio, magnesio, potasio, cenizas y la mayoría de aminoácidos se muestra por debajo del o muy cercanos al límite inferior del mínimo establecido en la Guía de referencia.
- b. En periodos climáticos con tiempo prolongado de sequía, parámetros como fructosa, sacarosa, calcio o el sodio, pueden mostrar valores inferiores a los rangos de referencia.
- c. En algunos casos, tras sufrir largos periodos de sequía climatológica, los siguientes parámetros se muestran por encima o muy cerca de los límites superiores de los rangos de referencia: el ratio Cítrico / Isocítrico, ácido cítrico y cenizas.

En referencia a la Calidad nutricional se concluye que; En zumos de limón español procedentes de fruta producida en periodos de cambios climáticos atípicos, la calidad nutricional de estos Zumos se ve afectada claramente por estas condiciones climáticas. **Por tanto se puede decir que las variaciones climáticas afectan la calidad del fruto y como consecuencia del Zumo.**

CAPÍTULO V



Capítulo V. Factores que influyen en los parámetros de color del zumo de limón español (*Citrus limon* (L.) Burm.)

5.1. Introducción

El color es una característica importante de los alimentos y en particular de los zumos. Depende del tipo de fruta utilizada: variedad, madurez, condiciones de cultivo y también de las condiciones de procesado y el tipo de producto final como el contenido en pulpa de este, etc. La determinación objetiva del color del zumo permite elaborar productos más estándares, siempre teniendo en cuenta la fruta. En productos de mercado, las mezclas de zumo de diversas variedades se realizan para producir zumos más estandarizados en sus características, incluido el color.

El color de los zumos cítricos varía según la especie y la variedad de la fruta. El atractivo color externo de los frutos cítricos se debe fundamentalmente a los carotenoides presentes en la corteza. Los principales carotenoides responsables del color naranja de los zumos son el α -caroteno y β -caroteno, en el color amarillo destacan el zeta - anteraxina y la violaxantina, mientras que el color rojo de las naranjas sanguinas se debe a la presencia de las antocianinas.

Históricamente el color del zumo se medía con escalas comparativas como los estándares (OJ) de la USDA (Imagen 5.1), utilizados hasta los años 90 del siglo anterior, para definir el color del Zumo de naranja. Actualmente se mide casi exclusivamente con colorímetros tri-estímulo de reflexión, hay también referencias del uso de espectrofotómetros para medir las características de reflectancia del zumo y del concentrado de naranja (Huggart et al., 1954, 1955; Edwards, 1966; Francis, 1972).



Imagen 5.1 . Referencia de color para el Zumo de Naranja USDA

La transreflectometría es una técnica útil para la medida de diferencias de color en productos translúcidos, aunque no está claramente

establecida la conveniencia de su uso para definir la calidad de color (Casas y Mallet,1988).

La turbidez es parte del aspecto visual del zumo. Está considerada como propiedad del alimento, resultado de algunas de las transformaciones de la luz al atravesar el producto. Depende del comportamiento de la luz al atravesar el zumo, y de la cantidad y características de las partículas suspendidas. Así pues, se puede pensar en evaluar la turbidez mediante el estudio del comportamiento de la luz a través de las muestras, utilizando las técnicas de transreflectometría y aplicando la teoría de la capa coloreada de Kubelka-Munk (Judd et al., 1963) al análisis de los resultados (Casas y Mallet,1988).

Objetivo del presente capítulo

En el presente capítulo se abordará el estudio del color del zumo de limón español, en función de diferentes factores que pueden afectarle como el contenido de pulpa, el valor del °Brix, la acidez y el efecto de la pasterización o concentración. Todo ello utilizando el equipo ColorFlex de Hunter.

Se pretende obtener criterios científicos que relacionen determinados parámetros de definición del Zumo de Limón español con los parámetros de color y tener así una herramienta que permita medir este e interpretar los valores obtenidos. Además de crear una referencia, inexistente hasta el momento, del color del Zumo de limón español y criterios para poder cambiar este, si fuese necesario, en el proceso de producción, acorde con la demanda del mercado. Por ello los parámetros a estudiar en el presente capítulo son:

- Parámetros HUNTER L a b

- **Hue** , valor de h es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° (inclusive) a 360° (excluido) indica la intensidad de la medida. Los tonos correspondientes a los distintos ángulos de matiz o tono son aproximadamente:



-
- **C, Cromacidad** es la sensación cromática, la limpidez de la muestra. Escala de 0 a 60 cuanto más bajo el valor más sucia estará la muestra. Un zumo de limón oscuro o pardeado tendrá un valor bajo y si es un verde limpio será valor alto.

5.2. Resultados y discusión

5.2.1. Influencia del porcentaje de pulpa en el color triestímulo del zumo de limón

Para abordar este apartado es necesario resaltar la importancia del tipo de pulpa que se puede encontrar en los zumos procesados. En este sentido se distingue entre **Pulpa flotante** que comprende las vesículas de la fruta, llenas o no de zumo, obtenidas en el proceso de extracción, sin filtración posterior y **Pulpa precipitable**, que sería la pulpa remanente tras el proceso de filtrado del zumo que proporciona la turbidez y color del mismo. Su valor varía con la dimensión del filtro utilizado. Por ello para determinar la influencia del porcentaje de pulpa en el color del zumo se realiza la determinación del color sobre Zumo sin filtrar (SF), Filtrado a 40 mesh (40) y a 60 mesh (60).

5.2.1.1. Influencia del porcentaje de pulpa sobre la L, a, b de zumo de limón español

El contenido en Pulpa del Zumo de Limón, depende de las características de la fruta procesada y de la tecnología de proceso (tipo Extracción y Filtro). En el zumo de limón español, como se observa en la figura 4, la luminosidad disminuye significativamente, cuando disminuye la pulpa, debido a que las partículas de pulpa reflejan la luz incidente con mayor intensidad en todos los colores del espectro (Huggart et al., 1965).

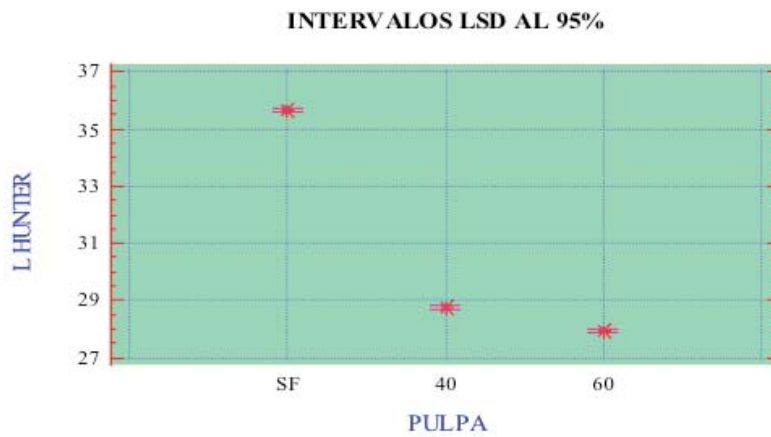


Figura 5.1. Luminosidad en zumo de Limón, según % de pulpa (Hunter)

La figura 5.2 muestra la variación del parámetro de color **a**, este aumenta significativamente cuando disminuye el contenido en pulpa en el Zumo de limón español. Esta variación puede deberse a que al filtrar el Zumo eliminamos componentes verdes, más abundantes en la pulpa y se ponen de manifiesto los componentes naranjas más presentes en el zumo.

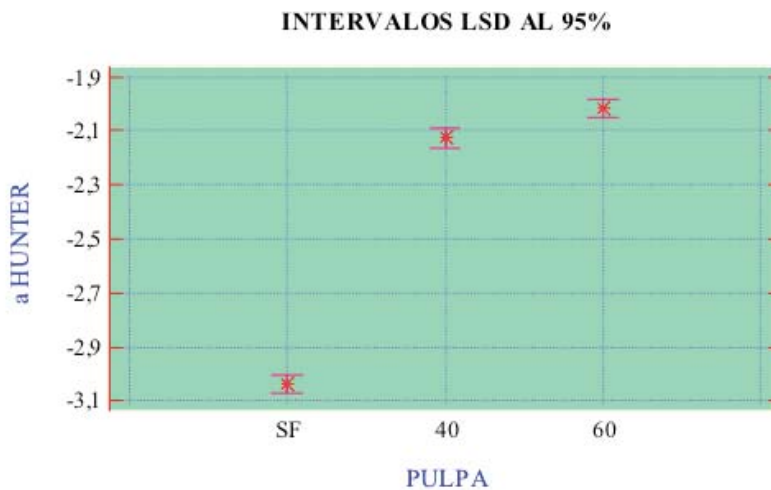


Figura 5.2. Valores del parámetro a de color en Zumo de Limón español, con distintos % de pulpa

Por otro lado en la Figura 5.3 en la que se representan los valores medidos en zumo de limón español, se observa que la componente **b** sufre una disminución significativa cuando baja el porcentaje de pulpa, por lo que se aprecia un color menos amarillo al eliminar la pulpa.

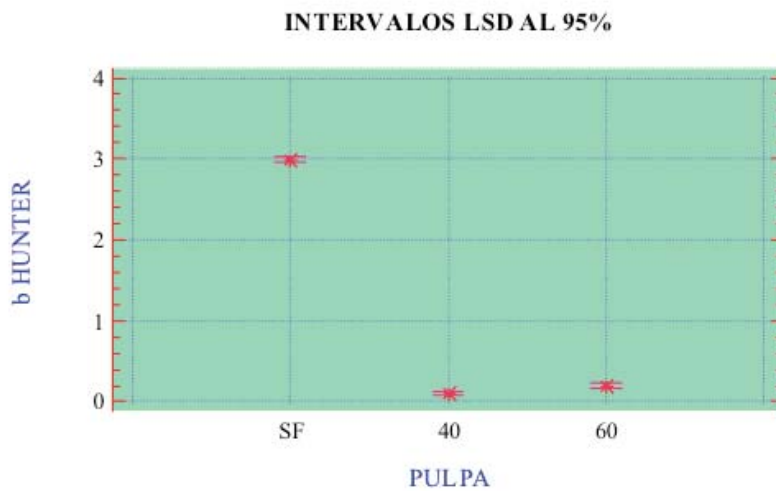


Figura 5.3. Valores de b dependiendo del porcentaje de pulpa del zumo según Hunter

5.2.1.2. Influencia del porcentaje de pulpa en parámetros hue y C de zumo de limón

Un zumo de limón filtrado presenta un aumento significativo del ángulo hue, lo que da lugar a zumos con mayor tono, según observa en la figura 5.4.

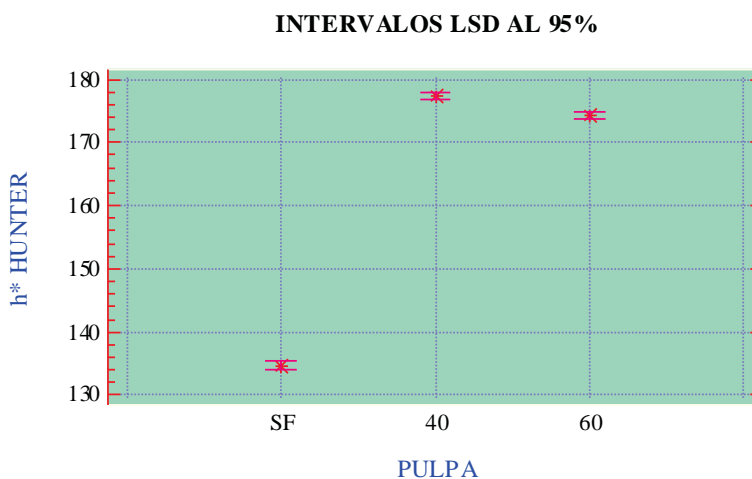


Figura 5.4. Valores del ángulo hue según el porcentaje de pulpa, en Zumo de Limón.

Según se observa en las figura 5.5, el croma de un zumo de limón baja de manera significativa cuando disminuye la pulpa presente en este zumo.

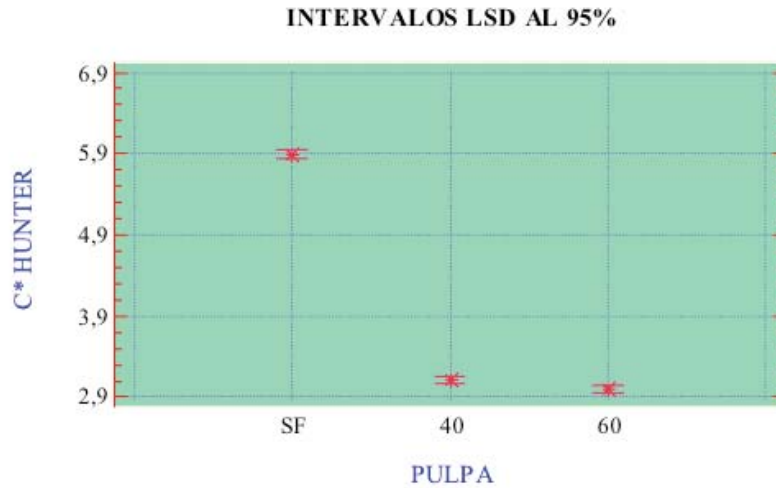


Figura 5.5. Valores del C para un zumo de Limón con distinto % de pulpa, Hunter

5.2.2. Influencia de los °Brix en el color triestímulo del zumo de limón

5.2.2.1. Influencia de los °Brix en el color medido en L, a, b del zumo de limón

En la figura 5.6. se puede apreciar un descenso significativo en el parámetro de la luminosidad de un zumo de Limón español, al aumentar los °Brix. Esto puede ser debido a que al aumentar la densidad y por tanto el índice de refracción, aumentan los sólidos y el haz de luz penetra más y refleja menos, produciéndose así una disminución del parámetro L (Ley de Descartes o Snell).

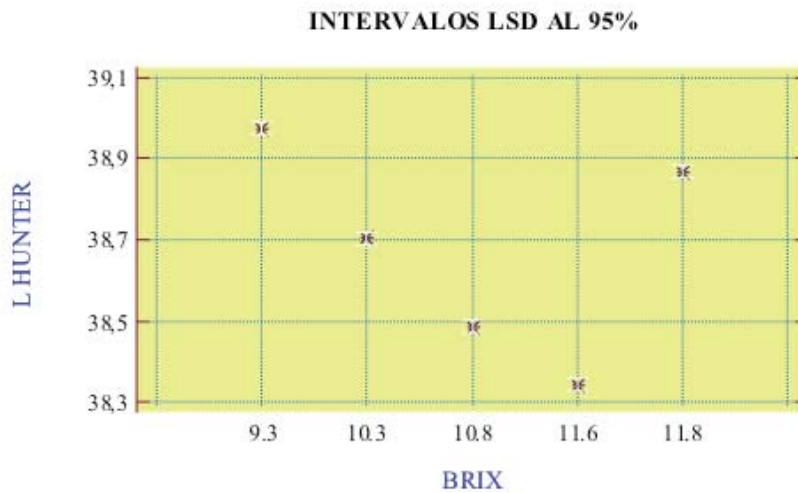


Figura 5.6. Luminosidad en el color de un zumo de Limón, dependiendo del °Brix

En la siguiente figura se observa que la componente a del color en zumo de limón español aumenta significativamente al aumentar los °Brix hasta el valor de (11.6 °Bx) teniendo de esta forma zumos con tonalidades menos verdosas según aumenta la madurez del fruto.

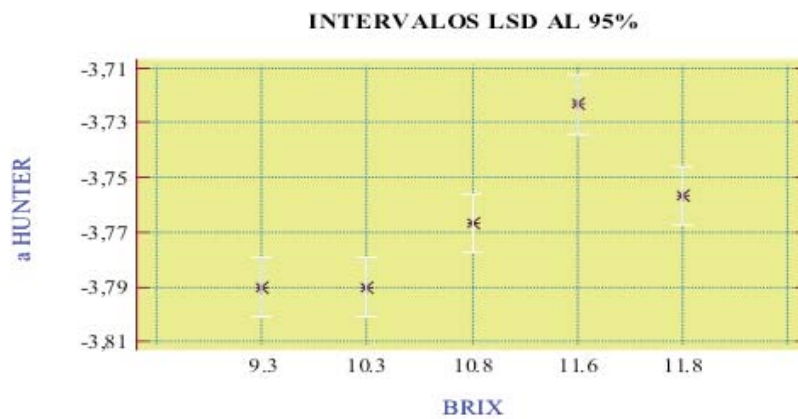


Figura 5.7. Valores del parámetro a del color, en un zumo de limón español con distintos °Brix

Según se observa en la figura anterior al aumentar la concentración (°Brix), hasta 11.6, las partículas se mueven más lentamente, disminuyendo la dispersión de la luz e

incrementando la longitud de onda de esta hacia tonalidades más rojizas (*Efecto Tyndall y de dispersión de Rayleigh, 1899*).

Si se observa la Figura 5.8. se aprecia que la componente **b** del color disminuye al aumentar los °Brix del zumo de limón. Al aumentar la densidad, los componentes del haz luminoso de mayor longitud de onda no pueden atravesar el Zumo, siendo la luz dispersada, reflejando longitudes de onda más cortas (azules), así **b disminuye** (*Efecto Tyndall y de dispersión de Rayleigh, 1899*).

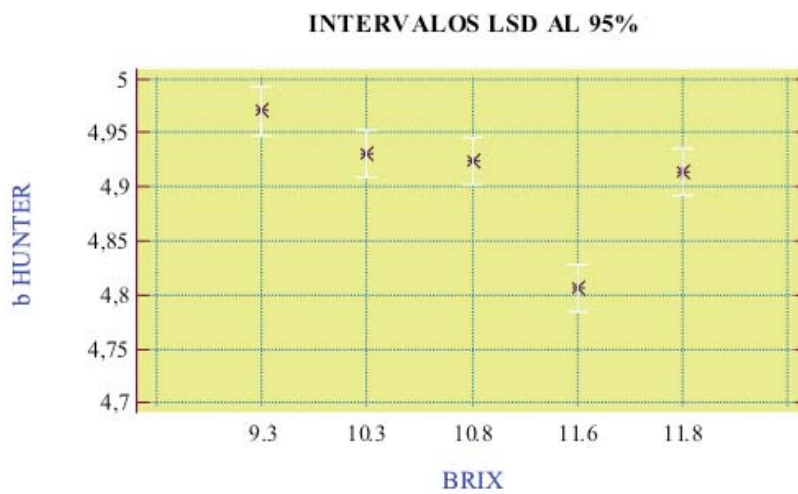


Figura 5.8. Valores de la componente b del color, en un zumo de Limón según los °Brix

5.2.2.2. Influencia de los °Brix en el h y C del zumo de limón

En la figura 5.9 se observa la componente h del color no varía significativamente en Zumos de Limón con diferentes valores de sólidos solubles.

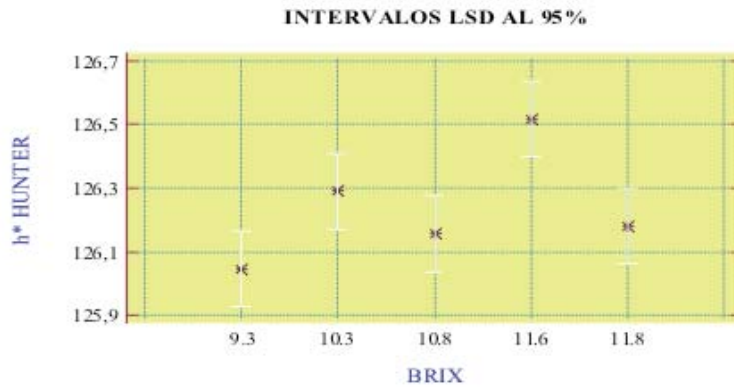


Figura 5.9. Parámetro del color h^0 , de un Zumo de Limón según el °Bx

Los valores del componente C (Figura 5.10) del color disminuyen significativamente al aumentar los °Brix, en un zumo de limón español y puede deberse al efecto de la difusión. La luz de longitud de onda corta se difunde con mayor intensidad que la luz de longitud de onda larga, esto supone que los componentes de onda larga se reflejan menos y refractan más que los de onda corta, además C^* proviene de $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

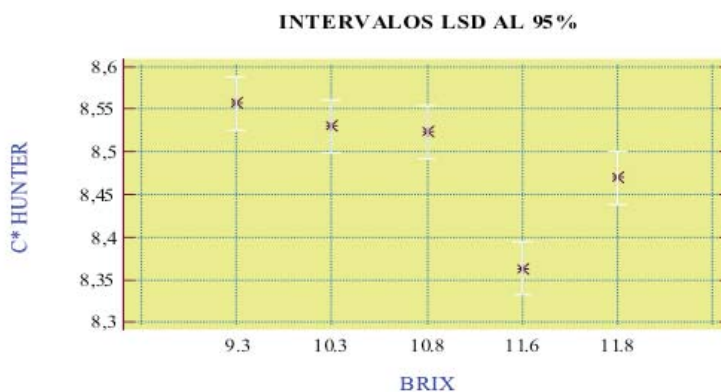


Figura 5.10. Valores del croma, C de un zumo de limón español de distintos °Brix

5.2.3. Influencia de la acidez (% ACA) en el color tri-estímulo del zumo de limón

Al variar la acidez de un zumo cítrico, varían los sólidos solubles y la densidad de este por ello en las siguientes graficas se evaluara la influencia de la misma sobre los parámetros de color mas relevantes.

5.2.3.1. Influencia de la acidez en los componentes del color L, a, b en zumo de limón

La luminosidad del Zumo de Limón español disminuye al aumentarla la acidez de este. A mayor densidad, menos luz reflejada y más refractada (Ley de Descartes o Snell).

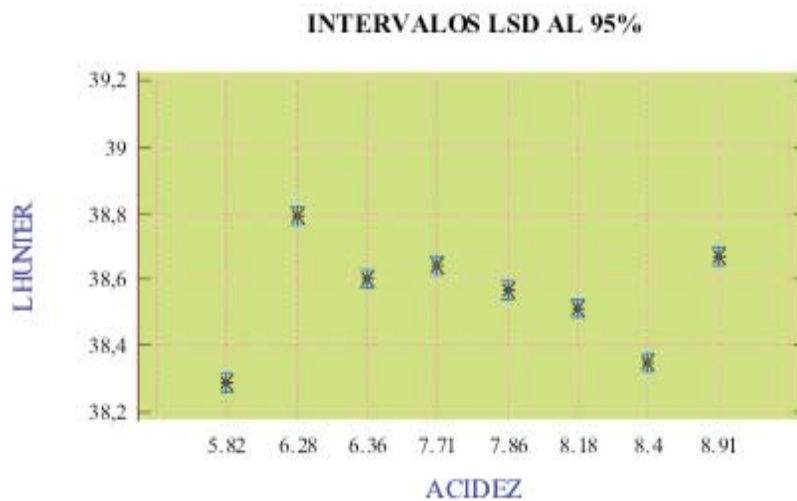
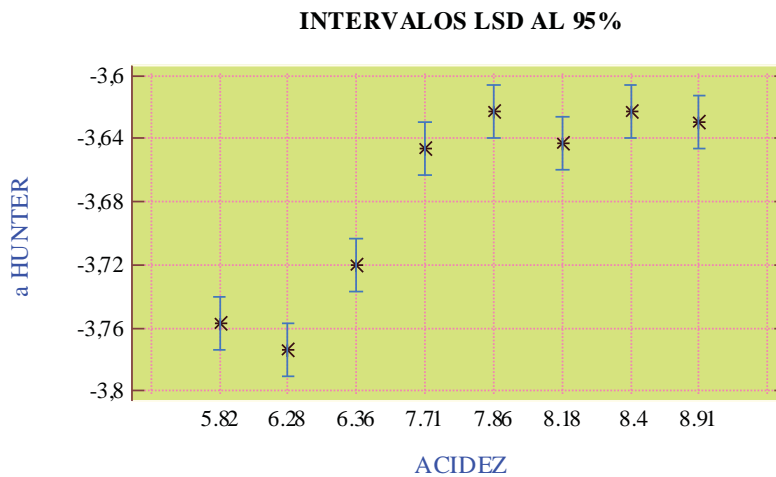


Figura 5.11. Valores del componente L del color, zumo de limón con distinta acidez (% ACA)

En la figura 5.12. se observa la evolución del componente **a** del color del zumo de limón con la acidez (% ACA), aumenta al aumentar esta. El incremento del índice de refracción provoca un desplazamiento más lento de las partículas aumentando la cantidad de rayos de longitud de onda larga reflejados a partir de la luz incidente (color



más rojizo).

Figura 5.12. Valores del componente a del color, zumo de limón con distinta acidez (% ACA)

En la figura 5.13, se aprecia que los valores del parámetro de color **b** disminuyen significativamente al aumentar la acidez del zumo de limón español, igual que con el parámetro **a**, al aumentar la densidad se dificulta la reflexión de los rayos de onda larga y favorecen los de onda corta (Efecto Tyndall y de dispersión de Rayleigh,1899).

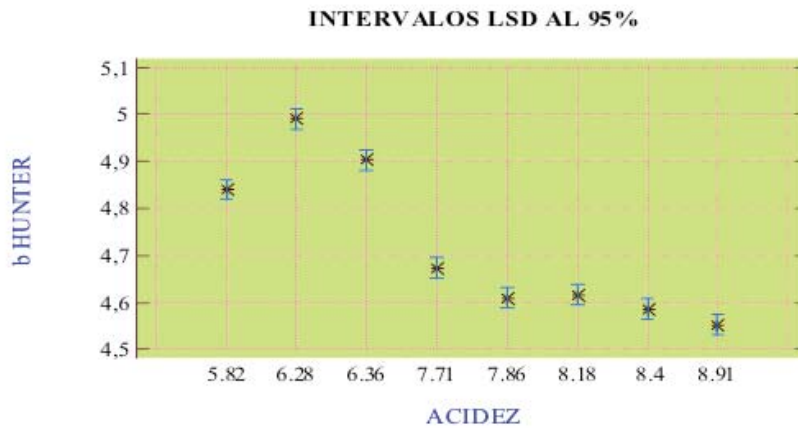


Figura 5.13. Valores de b, según Hunter, para un zumo de limón con diferente acidez

5.2.3.2. Influencia de la acidez en los valores h° y C del zumo de limón español

En la siguiente figura se observa que el ángulo hue aumenta de manera significativa con la acidez, y aunque puede ser debido a la refracción, también se justifica por la fórmula matemática que relaciona **a** y **b** (Skoog y West, 1979).

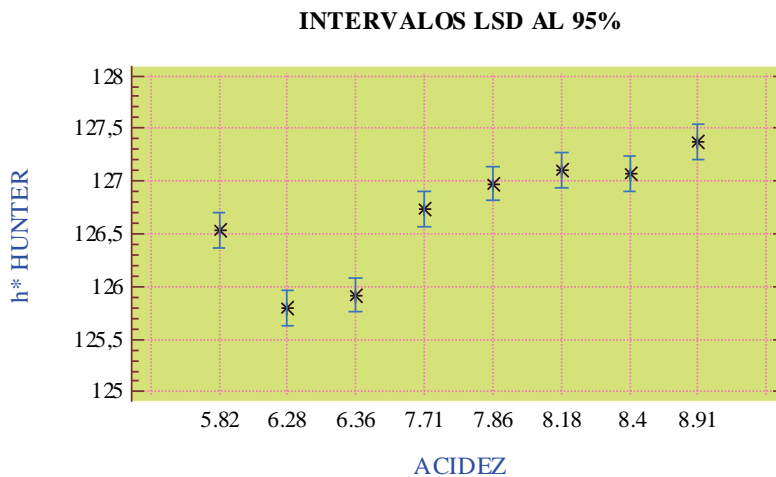


Figura 5.14. Valores de hue (Hunter), para zumo de limón español de distinta acidez (%ACA)

La figura 5.15. muestra una disminución significativa en el valor del croma, implicando un descenso en la intensidad del color del zumo de limón , al incrementarse la acidez.

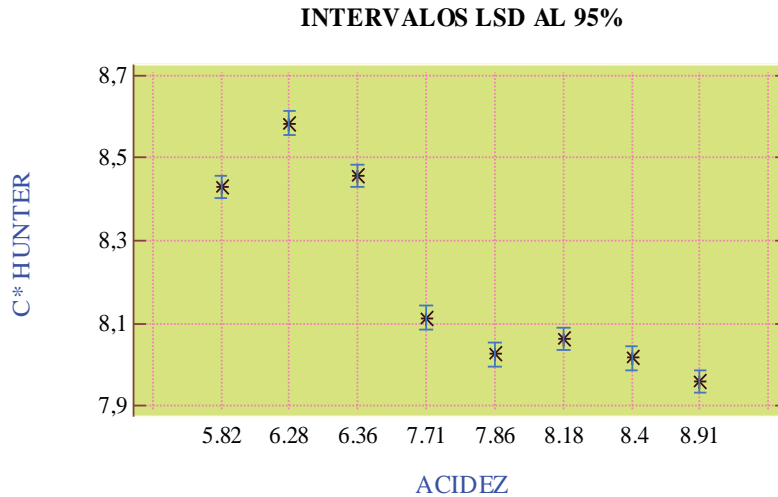


Figura 5.15. Valores del C, según Hunter, para un zumo de limón con distinta acidez (% ACA)

Esta disminución puede deberse a la refracción producida por los rayos de luz que inciden sobre la muestra de zumo, cada vez más densa, favoreciendo un aumento de la refracción y una disminución de la reflexión de los rayos de longitudes de onda más larga que viajan a menor velocidad y un aumento en los de onda corta que se difunden con mayor intensidad según *Rayleigh*. Además C es un parámetro relacionado matemáticamente con los componentes **a** y **b** del color.

5.2.4. Influencia del grado de concentración en el color triestímulo del zumo de limón español

Al concentrar un Zumo aumentamos el nivel de sólidos solubles (°Brix) y la densidad, eliminando parte del agua de constitución y provocando el pardeamiento del producto.

5.2.4.1. Influencia del proceso de concentración industrial en los parámetros L, a, b del zumo de limón español

Cuando un zumo de limón es concentrado, la luminosidad depende del grado de concentración de este, debido al efecto causado por el aumento de la refracción y la

densidad, cuanto más concentrado esté el medio más luz será refractada y menos reflejada (Ley de Descartes o Snell).

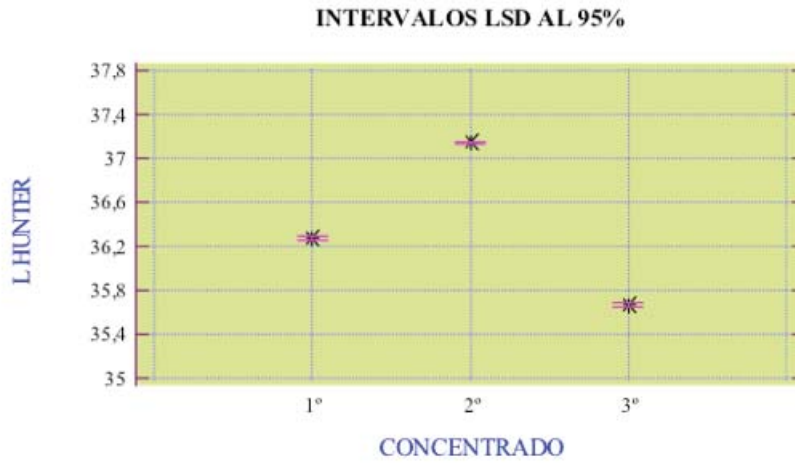


Figura 5.16. Luminosidad del zumo de limón español según su grado de concentración. Hunter

La componente *a* del zumo de limón concentrado, según Hunter, no presenta diferencias significativas. Este efecto puede ser debido a las distintas reflexiones o refracciones de onda y al pardeamiento del zumo (Skoog y West, 1979).

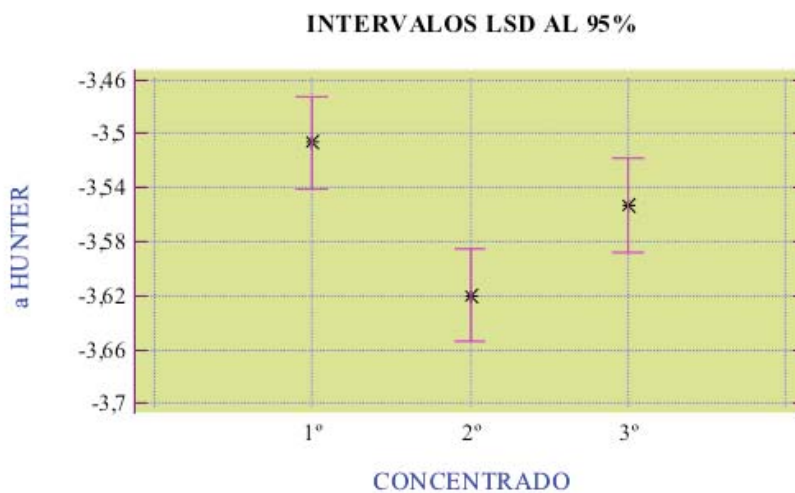


Figura 5.17. Valores de *a* del zumo de limón español según su grado de concentración

La Figura 5.18., muestra la componente **b del color** que sufre un aumento significativo con la concentración. Esto puede ser debido al efecto del pardeamiento y a la dificultad de paso de la luz a través de un zumo con elevada densidad (*Efecto Tyndall y de dispersión de Rayleigh, 1899*).

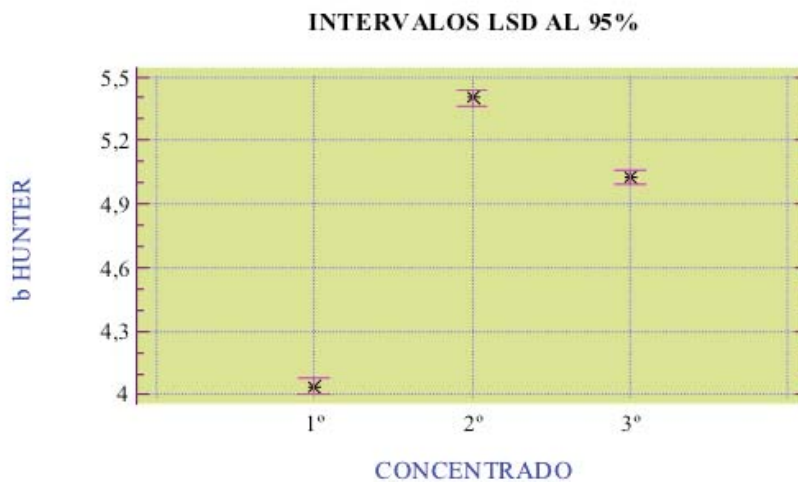


Figura 5.18. Parámetro b de color del zumo de Limón español según su concentración

5.2.4.2. Influencia del proceso de concentración industrial en los parámetros h y C del zumo de limón español

En la siguiente grafica se observa que a medida que aumenta el grado de concentración del zumo de limón el tono de la muestra va disminuyendo significativamente. La concentración de un zumo, provoca una disminución del parámetro **h** del color, debido al efecto del pardeamiento del zumo y a la variación en los parámetros **a** y **b** y su relación matemática con **h**.

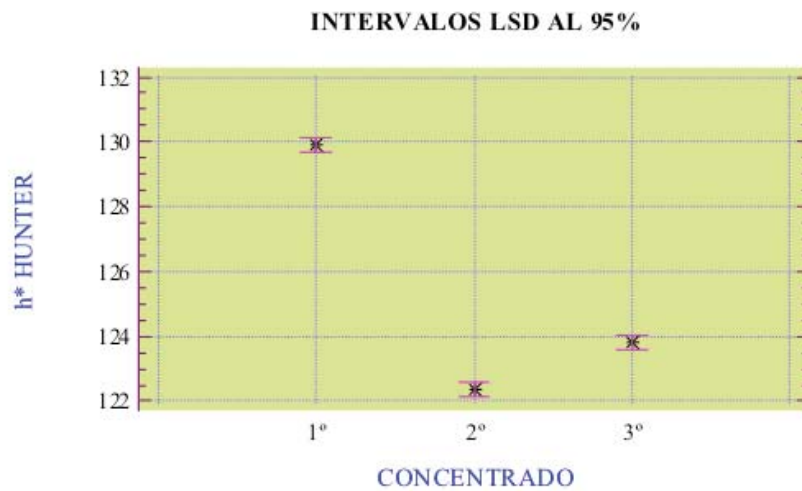


Figura 5.19. Variación del parámetro h en zumo de limón, efecto de concentración

En la figura 5.20. se puede apreciar que el parámetro Cromacidad aumenta con la concentración del zumo, ya que en este proceso el color del zumo se deteriora al someterlo al tratamiento térmico adquiriendo unas tonalidades mas oscuras.

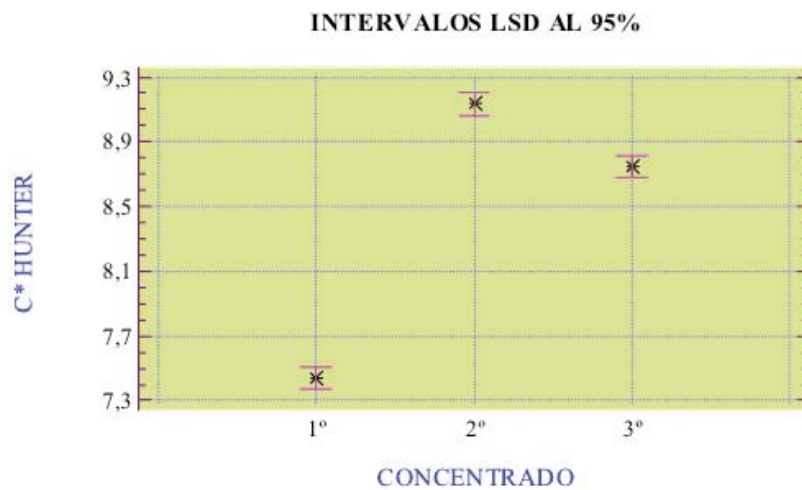


Figura 5.20. Variación del parámetro de color C* del Zumo de Limón español, en función de la concentración

5.2.5. Influencia de la Variedad del Limón procesado en los parámetros de color del Zumo

En España existen fundamentalmente 2 variedades de Limón que son procesadas en Zumo: **Fino**, la más abundante y **Verna**. Cada una presenta unas características diferentes y al procesarla puede dar lugar a Zumos de color diferenciado.

5.2.5.1. Variación de los parámetros tri-estímulo del color Lab, en función de la variedad de fruta de un zumo de Limón español

En la siguiente grafica se aprecia como la componente de la Luminosidad no se ve afectada por la variedad de limon procesada.

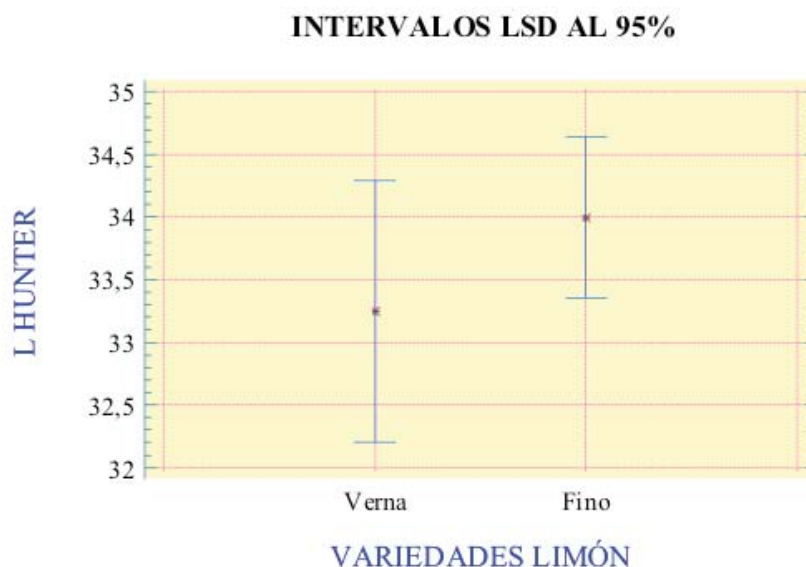


Figura 5.21. Luminosidad del zumo de limón español de las 2 variedades estudiados

La figura 5.22. muestra que existen diferencias significativas en el parámetro de color **a** entre el zumo de las dos variedades, permitiendo identificar la variedad del zumo, según el color, más verde en Zumo de Limón Fino y más rojo en Zumo de Limón Verna .

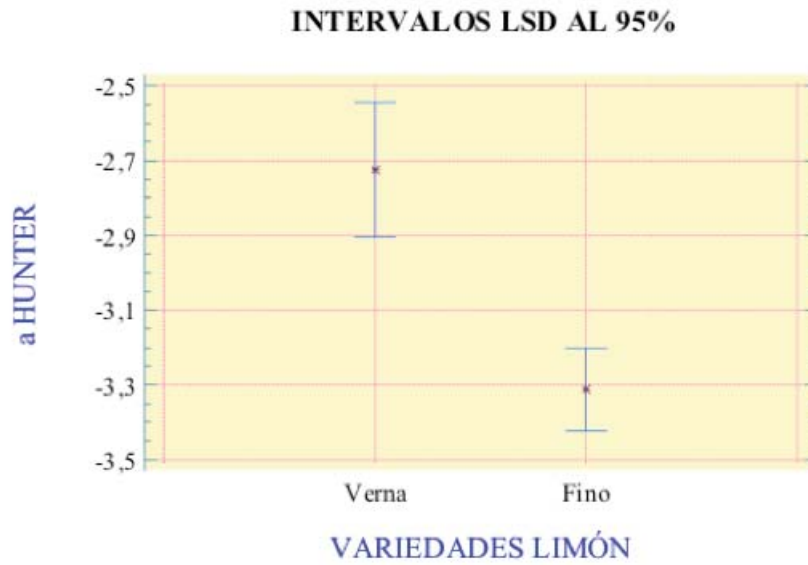


Figura 5.22. Valores del parámetro de color a del zumo de Limón español de las 2 variedades

La Figura 5.23. muestra como el zumo de Limón español procedente de las dos variedades de limón estudiadas, presentan diferencias significativas en el valor de la componente de color **b**, más amarillo en el Zumo de la variedad Fino que en el Zumo de la variedad Verna, más azul.

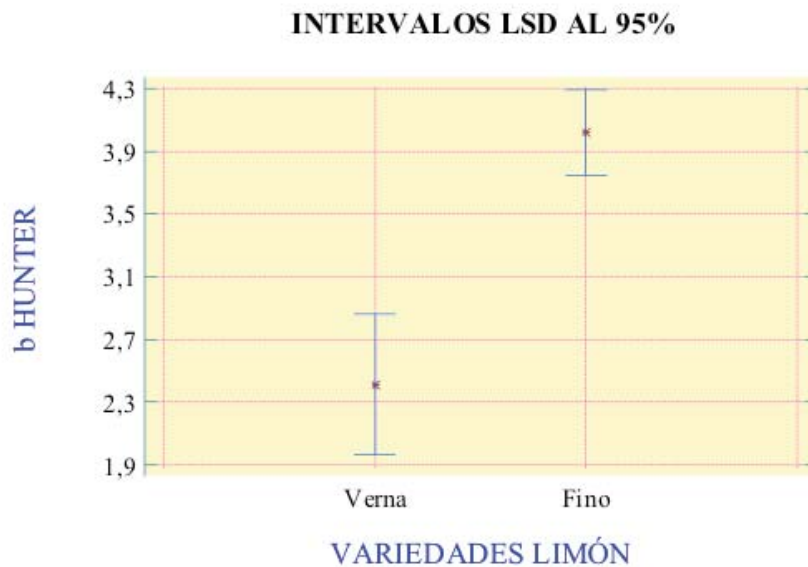


Figura 5.23. Valores del componente de color b de zumo de limón español de las 2 variedades

5.2.5.2. Variación de los parámetros h y C del color, según la variedad de fruta de un zumo de Limón español

En la siguiente grafica se observa que existen diferencias significativas en el ángulo **hue** (h) en el zumo de limón español obtenidos de las dos variedades de fruta estudiadas. En la figura 5.24. se aprecia que el valor de h del Zumo obtenido de la variedad Verna es más alto que el de variedad fino.

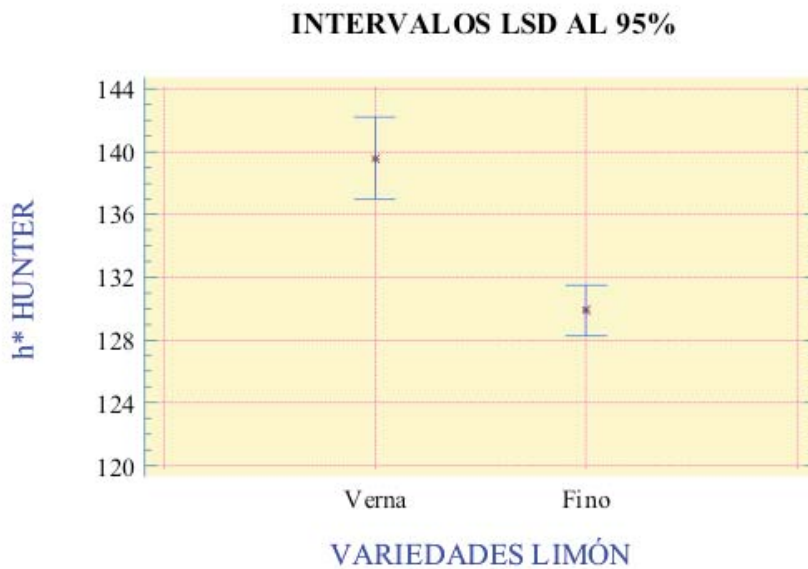


Figura 5.24. Valores del componente h del color en Zumos de Limón de las 2 variedades estudiadas

Si se observa la Figura 5.25. se aprecia que el comportamiento del parámetro de color C, se aprecia un comportamiento contrario que el h. El Chroma es mayor pero no de forma significativa en el Zumo de Limón español, obtenido de la variedad Fino, que en el zumo de Limón obtenido al procesar la variedad Verna.

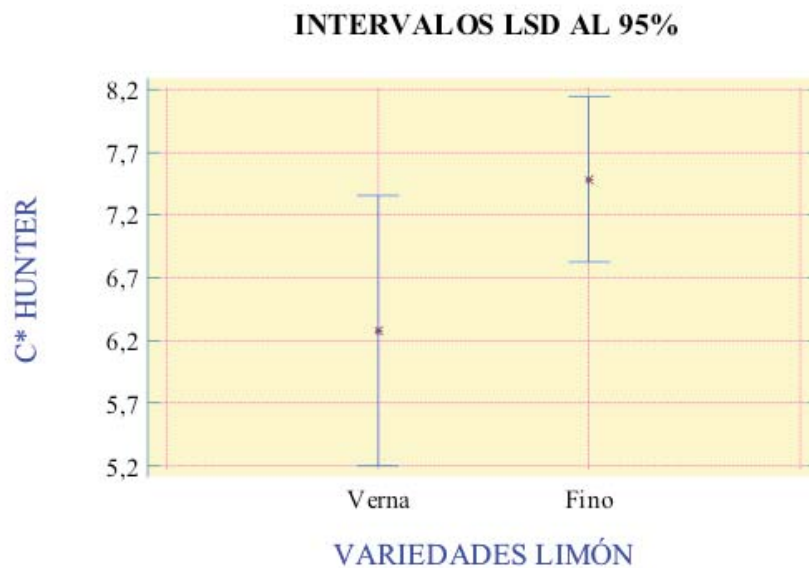


Figura 5.25. Valores del Croma del Zumo de Limón, según la variedad de fruta

Discusión de Resultados

La medida del color no ha sido una práctica común en determinados Zumos, como característica de definición de este. El Zumo de Limón puede encontrarse en el mercado como Zumo turbio o clarificado. La medida del color en el Zumo clarificado es muy simple y puede ajustarse variando determinados parámetros de producción hasta un valor estándar. No es un parámetro de caracterización puesto que no es el color natural el que medimos.

La medida del color en zumo de limón turbio es la medida del color natural de este y varía al alterar algunos parámetros del Zumo. La inexistencia de trabajos publicados

sobre el color en zumo de limón, hace difícil la comparación de resultados y su discusión.

5.3. Conclusiones

- La medida de los diferentes parámetros de color, medidos en Zumo de Limón español turbio (L, a, b, h y C) varían en función de algunas de las características físico químicas de definición del Zumo:
 - Pulpa: al disminuir el contenido en Pulpa decantable, el Zumo es menos Luminoso, menos amarillo y menos limpio (Bajan los valores de L, y C) y más intenso y rojo.
 - Concentración en sólidos solubles, °Brix: Al aumentar los °Brix disminuye la Luminosidad, el color amarillo y la limpieza o cromacidad del zumo, aumentando los tonos rojizos (disminuyendo los verdes) sin variar la intensidad.
 - Al aumentar la acidez del zumo de Limón, sucede algo similar a lo que sucedía con el aumento de los °Brix porque la mayor parte de los sólidos solubles del zumo de limón, son ácidos orgánicos. Aumenta la intensidad del color (h) y aumenta la componente a, menos verde y más rojo, y disminuye la intensidad del color (L), el color amarillo (b) y lo limpio del color (cromacidad, C).
 - Grado de concentración del Zumo. Normalmente el Zumo de Limón se comercializa como concentrado. El proceso de concentración provoca algunos cambios en los componentes del color y altera este. Al aumentar el grado de concentración, aumenta el color amarillo de este (b) y la limpieza con que se percibe el color, y disminuye la Luminosidad (L) y la intensidad del color h permaneciendo igual la componente a o color verde.
 - Hay una diferencia clara en los zumos procedentes de la variedad Fino respecto a los procedentes de la variedad Verna. El Zumo de la variedad Fino es más verde (menor a), más amarillo (mayor b) de menor intensidad (menor h) y más limpio (mayor C).
- La medida del color nos permite ayudar a identificar o caracterizar un Zumo de Limón.

- Los valores del h y C dependen de los valores de a y b y se relacionan con estos mediante una fórmula matemática.
- La medida del color mediante parámetros triestímulo fue desarrollada para el zumo de naranja y debería desarrollarse una escala específica para el zumo de limón. Y que pueda relacionarse con unos parámetros de referencia de color definidos, similar a los OJ que posee la USDA para el caso del zumo de naranja.

CAPÍTULO VI



Capítulo VI. Producción de fibra dietética de alta calidad procedente de subproductos del procesado industrial de naranja y limón

6.1. Introducción

La fibra alimentaria obtenida de frutas, es un producto con una demanda creciente en el mercado. Se obtiene de un desecho del procesado industrial de esta fruta y además su recuperación representa una mejora en el impacto ambiental de la industria porque disminuye sensiblemente los desechos y vertidos generados.

La fibra de limón es menos conocida que otras fibras de fruta y sobre todo que otras fibras de otros cítricos como la naranja y la mandarina. Se han seleccionado tres variedades de cítricos, dos de naranja y una de limón con el fin de hacer una comparación entre fibras de naranja y limón, otra entre variedades de naranja y por último ver la influencia de la procedencia de los frutos de una misma variedad en la fibra. A continuación se citan las diferentes variedades de cítricos procesadas de forma industrial en la Planta Piloto de la E.P.S.O. para la producción de las fibras .

- *Valencia Late (Almería)*
- *Valencia Late (Murcia)*
- *Navel Lane Late (Murcia)*
- *Limón Fino (Murcia)*

Extracción de Fibra dietética

La fibra procesada procede de diferentes fracciones obtenidas en el proceso de extracción de zumos procedentes de frutas cítricas en la extractora universalmente utilizada en el Mundo, JBT in line. En el procesado de frutas cítricas, las diferentes fracciones se separan automáticamente en el propio proceso. Tras la separación esas fracciones son tratadas como se ve en la figura 6.1.

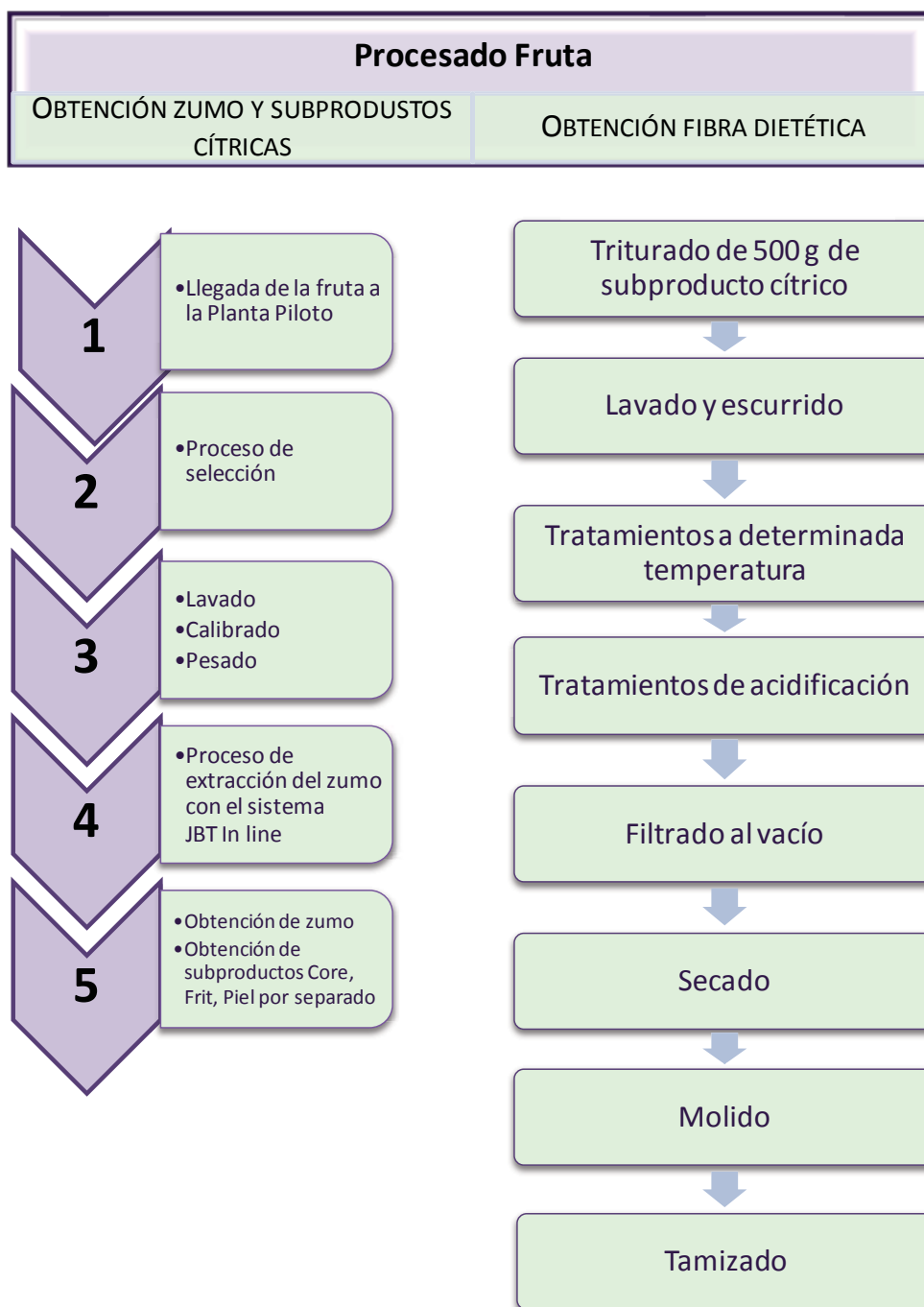


Figura 6.1. Proceso extracción de Fibra procedente de fracciones del procesado de cítricos.

Existen 2 métodos de extracción de la Fibra, variando solo el tiempo de vapor.

Tratamientos a determinada temperatura:

- METODO 1 - 30 minutos de vapor
- METODO 2 - 60 minutos de vapor.

Los dos métodos son exactamente iguales, solo varía el tiempo de vapor.

Objetivo de este trabajo

En el procesado industrial de cítricos se generan unas corrientes de desechos que, una vez analizadas, se comprueba que tienen un valor nutricional importante.

La elaboración de Fibra no es algo nuevo en la industria alimentaria pero sí el uso de determinados subproductos industriales para su elaboración. La fibra procedente de frutas cítricas tienen un alto contenido en fibra soluble y son de fácil aplicación en determinados productos alimentarios. La elaboración de fibra de cítricos ayuda a la valorización de subproductos industriales, disminuye el impacto ambiental de la industria y hace más sostenible el proyecto global. Además se pretende poner en valor la fibra de limón, al compararla con otras fibras de cítricos más conocidas.

El procesado de determinados subproductos en productos de uso alimentario supone para la industria tres grandes ventajas:

- a. Un incremento del rendimiento global de la planta al transformar un desecho en un producto comercial con valor nutricional.
- b. Una diversificación de la producción y una apuesta por la investigación, la tecnología y sus resultados.
- c. Una disminución importante de los residuos generado y del impacto ambiental del procesado de frutas.

Con este capítulo se pretende poner en valor el aprovechamiento de determinados subproductos, procedentes del procesado industrial de cítricos, para su transformación en alimentos de valor nutricional específico. Además se intentará optimizar la proporción de fibra obtenida de esta fracción que se convertirá en un alimento funcional.

6.2. Resultados y discusión

6.2.1. Determinación del rendimiento de fibra dietética

Se entiende por rendimiento de extracción como la cantidad de fibra dietética obtenida a partir de una cantidad conocida de subproductos, obtenidos del procesado de cítricos.

En la tabla 6.1, se muestran los valores medios del rendimiento obtenido de las fibras dietéticas, mediante las dos metodologías de extracción ensayadas. El rendimiento ha sido calculado a partir del peso inicial de los subproductos.

RENDIMIENTOS DE FIBRA SECA					
Variedad	Parte de la fruta	Método 1	± SD	Método 2	± SD
		Media %			Media %
Naranja	Core	44	0,81	38	0,99
Valencia Late Almería	Frit	40	0,38	42	0,94
	Piel	40	0,73	41	0,34
Naranja	Core	39	0,99	38	0,87
Valencia Late Murcia	Frit	18	0,86	22	0,79
	Piel	32	0,12	29	0,80
Naranja	Core	25	1,08	38	1,19
Navel Lane Late	Frit	27	0,75	27	0,94
	Piel	30	0,40	21	0,58
Limón Fino	Core	26	1,08	33	0,66
	Frit	44	1,94	32	0,71
	Piel	28	0,88	35	0,98

Tabla 6.1. - Rendimientos de fibra dietética en diferentes porciones de desechos

En cuanto a las variedades de naranja, los resultados obtenidos muestran un mayor rendimiento en la variedad *Valencia Late* que en *Navel Lane Late*, sin embargo, la *Valencia Late de Almería* presenta mejores resultados que la *Valencia Late de Murcia*. Y en cuanto a los subproductos de core de Limón los datos revelan que el rendimiento para la producción de fibra alimentaria es menor que en los casos de producción de fibra a partir de subproductos de naranja.

Hay diversos factores que pueden influir indirectamente sobre el rendimiento en fibra aparte de ser frutas distintas, de distinta procedencia y variedades que presentan diferentes resultados (tabla1). Estos factores podrían ser variaciones en el clima, tratamientos fitosanitarios, tipo de agua de riego y de aplicación, edad de la plantación y tipo de suelo.

Hay también factores que influyen directamente el contenido en fibra: el sistema de extracción y el grosor de la corteza de las frutas procesadas. En Corteza más gruesa, el albedo es más abundante y por tanto la fracción de fibra aumenta, respecto al global.

6.2.2. Capacidad de retención de agua (WHC).

En las siguientes figuras (6.2, 6.3 y 6.4), se observan los valores de las WHC de las 24 muestras de fibras obtenidas, entre sí y con la WHC del óptimo. Las variables a considerar son:

- ✓ Método de elaboración utilizado.
- ✓ Fracción de la fruta de la que se han obtenido las fibras.
- ✓ Variedad a la cual nos referimos.

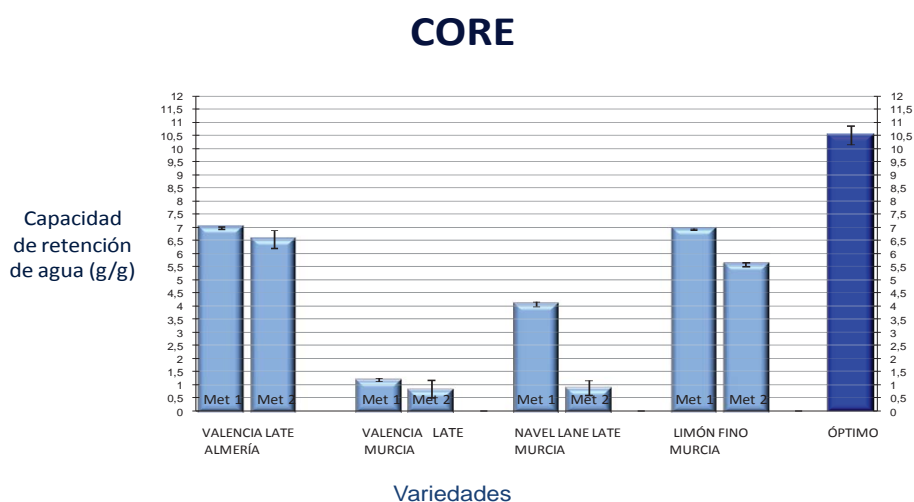


Figura 6.2. Valores de WHC en las muestras de fibra procedentes de Core

En la figura 6.2, se aprecia que ninguna muestra tiene valores próximos al óptimo.

La mayor capacidad de retención de agua, de la fibra obtenida de la fracción del core, se da en el Limón Fino. En naranja, la variedad *Valencia Late de Murcia* presenta los menores valores en un rango de 0,83 - 1,18 g agua/g fibra, los más alejados del valor óptimo escogido. El valor máximo se obtiene en naranja *Valencia late de Almería* (método 1), con un valor WHC de 6,96 g agua/g fibra.

En la Figura 6.3, observamos los valores de WHC de la fibra obtenida de la fracción del **Frit**

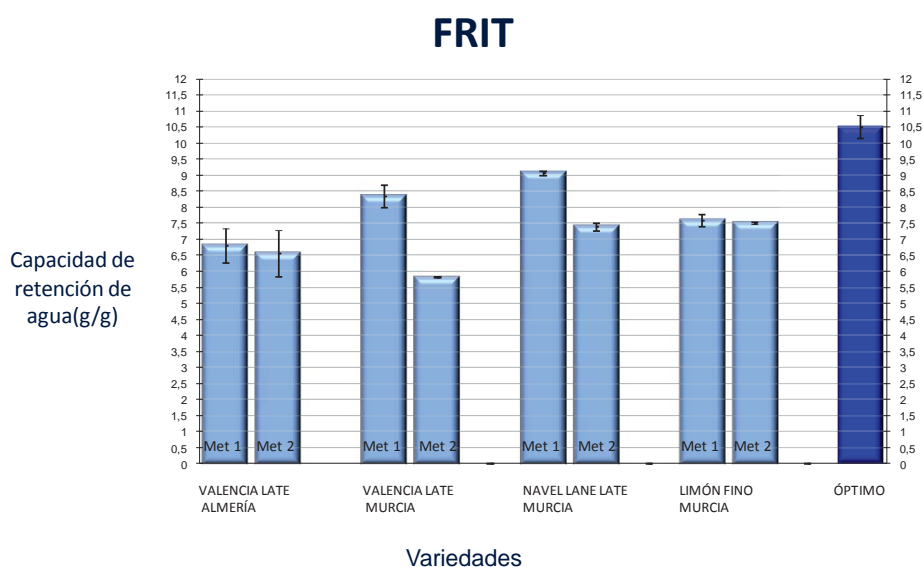


Figura 6.3.- WHC de la fibra extraída del Frit de cada una de las variedades.

En cuanto a la fracción de **frit**, raspadura de corteza obtenida al filtrar la emulsión de aceites, los valores de Fibra obtenidos con el método 1 de la variedad *Navel Lane Late de Murcia*, se consigue el valor más elevado (WHC de 9,05 g agua/g fibra). El valor mínimo, 5,81 g agua/g fibra, se obtiene de la fibra obtenida con el método 2 de la variedad *Valencia Late* de Murcia. El valor obtenido en la Fibra de Limón es un valor medio, comparado con los valores en naranja.

La figura 6.4, muestra los valores de WRC, en la fibra de la corteza. Los valores de WRC en la fibra del *Limón Fino obtenida con el método 1*, destaca con un valor de 10,62 g agua/ g fibra, superando el valor óptimo.

PIEL

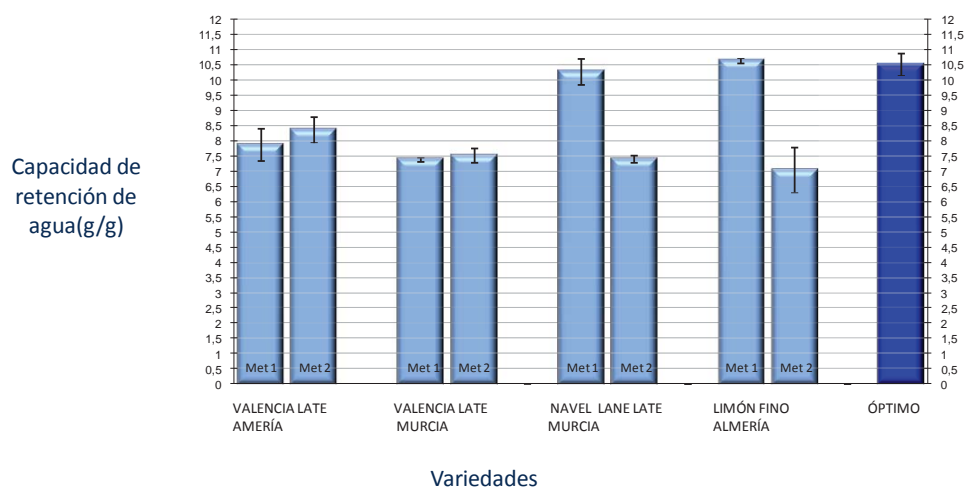


Figura 6.4.- WHC de la fibra extraída de la Piel de cada una de las variedades

Examinando las figuras 6.2, 6. 3 y 6.4, llega a apreciarse que el método 1 es más apropiado para obtener buenos resultados de WHC. Esto puede deberse a la relación de las variables del método de extracción con el efecto mecánico de rotura de las partículas fibrosas y la disgregación de las partículas globulares que conforman la estructura de las fibras, factor que condicionaría la interacción de los componentes solubles e insolubles con el agua, fenómenos ambos que contribuirían en el grado de la viscosidad, que será expuesto en el apartado 4.6.

En la literatura, para fibra de cítricos se han encontrado valores de WHC de 2,26 g agua/g sólido seco (Figuerola et al., 2005), 9,20 g agua/g fibra (Grigelmo & Belloso, 1999), y 12,4 agua/ g fibra (Larrauri et al., 1995). Otros trabajos de WHC en fibra procedente de corteza de cítricos informan sobre valores comprendidos entre 15,5 - 16,7 g agua/g fibra (Chau & Huang, 2003), indicándose rangos entre 5,6 - 9,5 para fibra alimentaria (Mongeau et al., 2003).

6.2.3. Capacidad de retención de aceites (OHC).

Las figuras 6.5, 6.6 y 6.7, contrastan los valores de la OHC de las 24 fibras obtenidas con los valores de la OHC de la fibra óptimo. Las variables a tener en cuenta en el gráfico son:

- ✓ Método de elaboración utilizado.
- ✓ Fracción de la fruta de la que se han obtenido las fibras.
- ✓ Variedad a la cual nos referimos.

En la figura 6.5, los valores de OHC de la fibra del core de limón obtenida per el método 1, han superado el óptimo, con un valor de 2,04 g aceite/g de fibra. En la misma fibra, obtenida por el método 2, se consigue un valor de OHC de 1,56 g aceite/g fibra. Para la fibra obtenida del core, el *Limón Fino* es la fruta más apropiada.

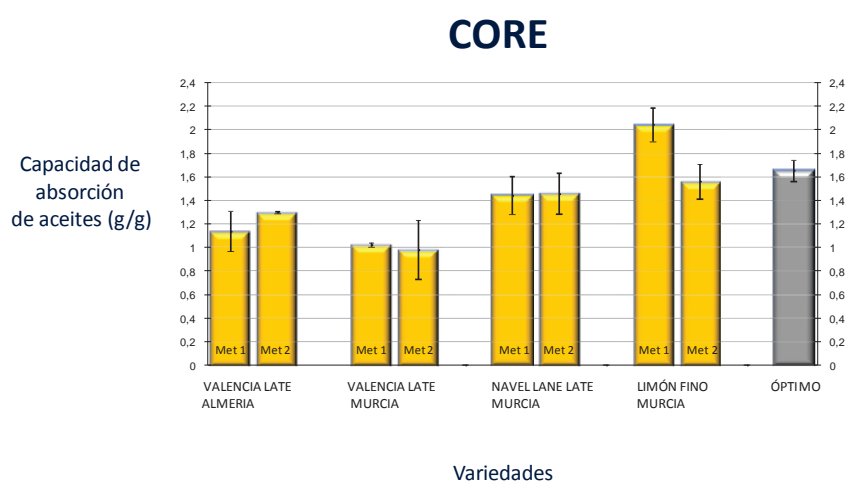


Figura 6.5. OHC de la fibra extraída del Core de cada una de las variedades

En las variedades de naranja, *Navel Lane Late* es la que alcanza valores más elevados de OHC, en un rango de 1,44 -1,46 g aceite/g fibra. En la siguiente figura (figura 6.6), se observa que para la fibra de la fracción de frit, el

valor más próximo al óptimo se alcanza en *Limón Fino* obtenido por el método 1 (1,30 g aceite/g fibra), sin llegar al valor del óptimo, 1,65 g aceite/g fibra.

FRIT

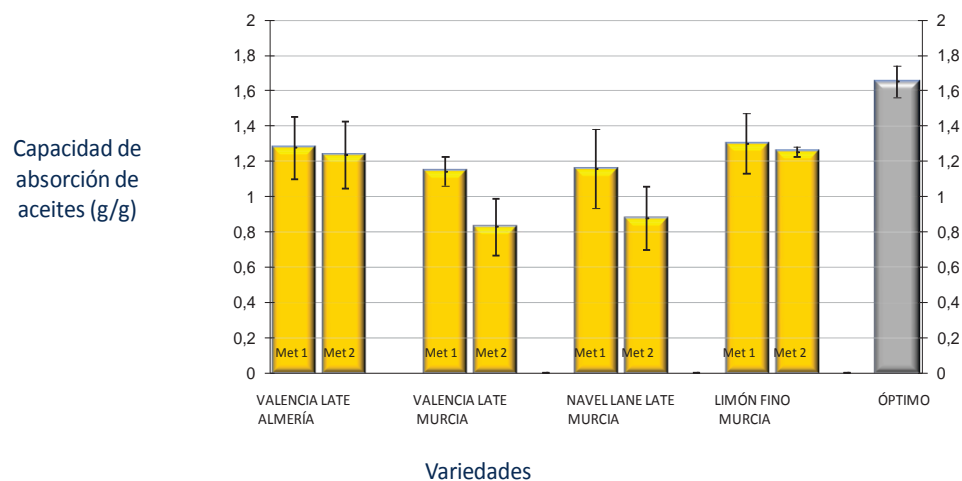


Figura 6.6. OHC de la fibra extraída del Frit de cada una de las variedades

En la figura 6.7, se observa que en fibra procedente de la corteza de las variedades de cítricos analizadas, se reflejan los mejores resultados de OHC, aplicando el método 1 a la obtenida de *Valencia Late de Almería*.

PIEL

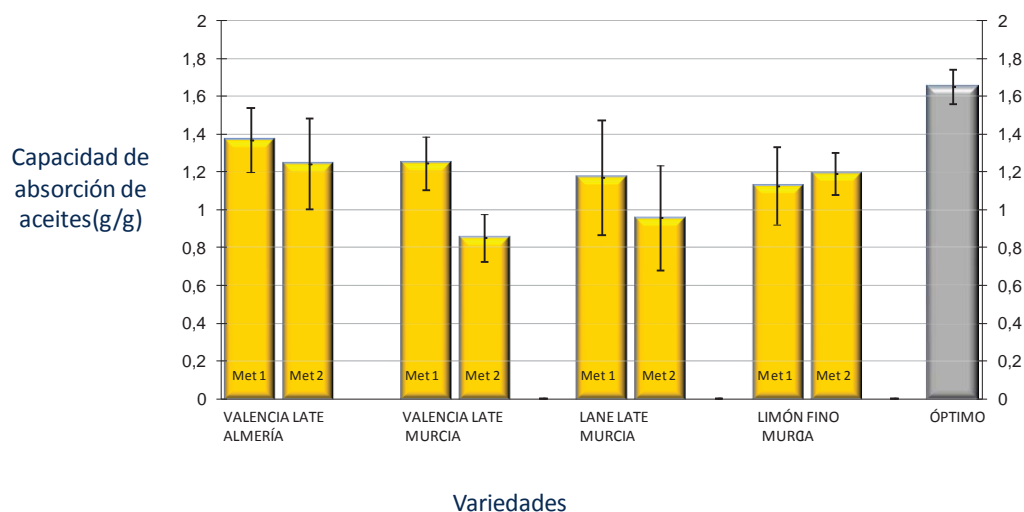


Figura 6.7. OHC de la fibra extraída de la Corteza de las variedades de Cítricos estudiadas

Los valores de OHC obtenidos en la Fibra de Limón, procedente de la corteza, son siempre superiores a los obtenidos en la Fibra de naranja.

Los resultados mostrados en las figuras 6.5, 6.6 y 6.7, defienden que en la mayoría de los casos el método 1 es más apropiado que el 2 para conseguir una fibra alimentaria con una elevada OHC. Se observa también que la fibra de naranja *Valencia Late de Murcia* elaborada mediante el método 2 tiene siempre los valores más bajos de OHC, siendo 0,98 g aceite/g fibra en core, 0,82 g aceite/g fibra en frit y 0,85 g aceite/g fibra para la piel. Resultados demasiado bajos para una fibra destinada a lácteos, pero idóneos para destinarla a productos cárnicos.

La fibra de Limón, obtenida por los dos métodos, presenta en general valores bastante altos en OHC, con opciones de uso muy variadas.

En fibra de mango se han presentado valores de OHC que oscilan entre 1 - 1,5 g aceite/g fibra (Vergara *et al.*, 2007) y en el caso de fibras de cebada se han publicado rangos que oscilan entre 1,37 - 1,88 g aceite/g fibra (Hing & Cheung, 2005).

6.2.4. Determinación de pH

El pH es una característica muy importante de definición de la fibra alimentaria. El valor de este puede limitar el uso de la fibra en productos alimentarios.

La fibra de cítricos como ingrediente o aditivo de productos para alimentación humana acidifica los productos en los que se adicione, esta acidificación es consecuencia del pH ácido (aproximadamente 4), que poseen las fibras de cítricos (Fuentes, 2003).

A continuación en las figuras 6.8, 6.9 y 6.10, se realiza la comparación de los valores de pH obtenidos en las 24 fibras elaboradas de este estudio, con el valor estimado como óptimo (4,04) como referente, considerando las variedades de cítricos y metodologías empleadas para la producción de la fibra dietética.

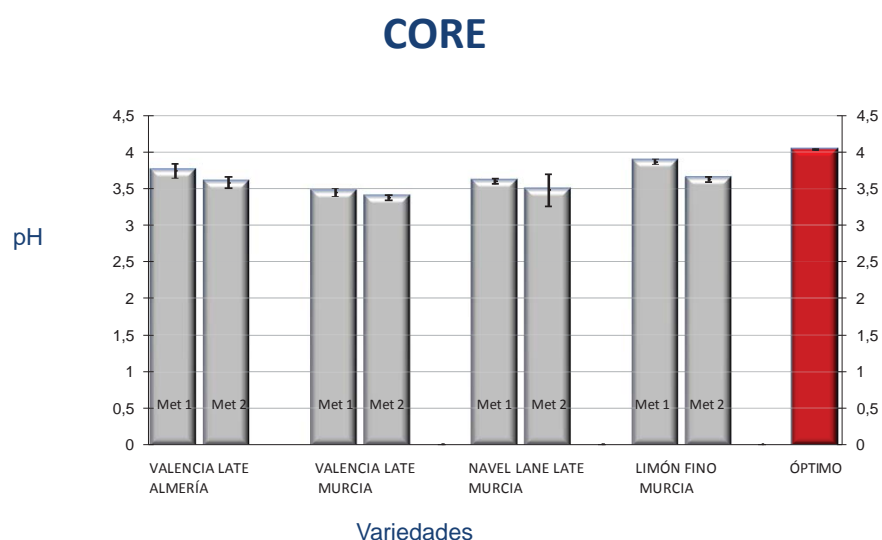


Figura 6.8. Valores de pH en fibras del Core según la variedad de fruta.

FRIT

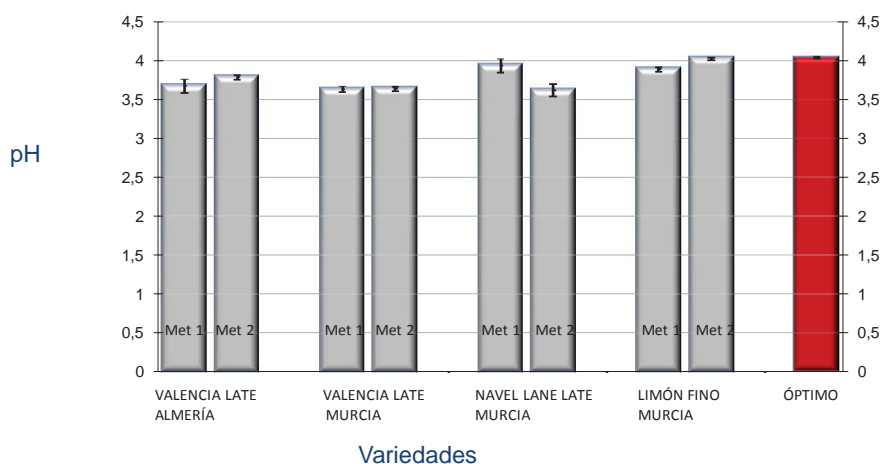


Figura 6.9. Valores de pH de fibras del Frit según la variedad de fruta

PIEL

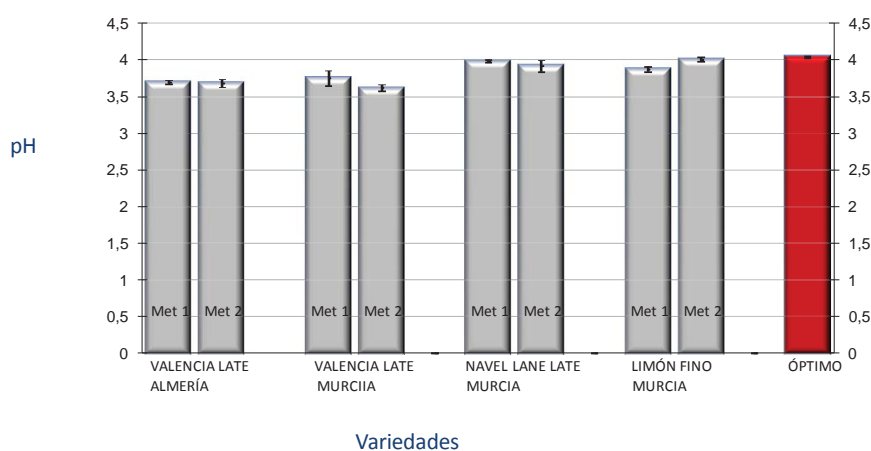


Figura 6.10. Valores de pH de fibras del Piel según variedad de fruta

Como se aprecia en las anteriores figuras 6.8, 6.9 y 6.10, los valores de pH obtenidos, independientemente de la fracción de fruta utilizada y del método empleado para la producción de fibra, resultan muy similares entre sí y a los del óptimo. En la fracción de core, si se aplica el método 1 sobre la variedad *Valencia Late de Almería*, alcanza un valor de 3,75. Para el frit los valores más cercanos al óptimo, se encuentran en el

método 2 de *Limón fino* y *Valencia Late de Almería*, siendo 4,02 y 3,78 respectivamente. Y por último la fibra de la fracción de la piel presenta sus valores más aproximados al óptimo en las variedades *Navel Lane Late* y *Limón Fino*, presentando valores entre un rango de 3,92-4,01.

Existen experiencias publicadas de la fibra de naranja donde se observa un pH de 4.29 \pm 0.15 (Jimenez *et al.*,2010) y otras donde la fibra de cebada tiene un pH dentro del rango 5'59 - 6'64 (Hing & Cheung, 2005).

6.2.5. Parámetros triestímulo de color

A continuación se muestra la tabla 6.2, con los resultados de la escala CIELab* (L, a*, b*) de las 24 fibras obtenidas comparando valores entre las dos metodologías de elaboración y con respecto a la fibra óptimo escogida como referente.

COLOR FIBRA DIETÉTICA						
Variedad	Fracción de la fruta	Índice de color	Método 1		Método 2	
			Media	±SD	Media	±SD
Naranja Navel Lane late	Core	L*	88,51	0,74	86,59	0,16
		a*	-3,04	0,73	-1,92	0,05
		b*	15,52	0,17	16,54	0,04
	Frit	L*	83,84	0,38	83,31	0,53
		a*	-2,15	0,09	-0,91	0,55
		b*	20,93	1,44	27,40	2,86
	Piel	L*	82,69	0,07	81,44	0,11
		a*	-2,31	0,06	-1,25	0,06
		b*	23,89	0,02	25,55	0,14
Naranja Valencia late Almería	Core	L*	81,66	0,77	84,20	0,84
		a*	-1,87	0,27	-3,68	0,07
		b*	30,29	1,96	20,56	0,22
	Frit	L*	83,42	1,10	84,54	0,12
		a*	-3,30	0,44	-3,56	0,27
		b*	21,47	1,02	16,69	0,20
	Piel	L*	83,93	0,76	82,19	0,15
		a*	-2,57	0,10	-2,20	0,19
		b*	24,14	0,88	27,60	0,45
Naranja Valencia late Murcia	Core	L*	85,82	0,18	82,90	2,34
		a*	-3,28	0,08	-1,86	0,96
		b*	15,20	1,31	23,03	4,35
	Frit	L*	85,35	0,51	83,26	1,41
		a*	-3,19	0,02	-2,39	0,15
		b*	20,12	1,28	20,25	1,36
	Piel	L*	84,88	1,98	83,13	0,26
		a*	-2,33	0,20	-2,02	0,38
		b*	22,90	0,59	27,82	5,16
Limón Fino	Core	L*	82,57	0,18	81,83	0,11
		a*	-2,02	0,01	-1,74	0,01
		b*	17,56	0,03	22,50	0,17
	Frit	L*	82,28	0,06	79,63	0,05
		a*	-1,74	0,00	-1,10	0,01
		b*	17,41	0,12	17,15	0,04
	Piel	L*	79,73	0,04	81,94	0,03
		a*	-1,73	0,02	-1,82	0,01
		b*	15,45	0,03	16,47	0,03
ÓPTIMO		L*	70,38 ± 0,07			
ÓPTIMO		a*	- 1,237 ± 0,04			
ÓPTIMO		b*	23,04 ± 0,10			

Tabla 6.2.- Parámetros de color de fibras dietética estudiadas de diferentes Cítricos

Los valores obtenidos demuestran que el parámetro L* de todas las fibras confeccionadas es superior al de la fibra óptimo, siendo este 70,38, es decir, estos valores están más cerca del blanco absoluto que el valor del óptimo. Para el parámetro a*, en el 91,67% de los casos, según los valores que se reflejan en la tabla 2 son notablemente más negativos que los del óptimo, -1,24. En cuanto al parámetro b*, en el 70,86 % de casos oscilan valores menores al óptimo siendo este 2,04. De modo que las fibras tratadas mediante las metodologías 1 y 2, presentan una tonalidad más blanca, con tendencia a tener una coloración menos roja y menos amarilla que el óptimo escogido, especialmente la de Limón Fino. Esto la hace más neutra para su aplicación en cualquier producto alimentario sin que el color pueda ser limitante. Según *Fernández et al., 2007*, los parámetros de color L*, a* y b* tomados en fibra de naranja muestran los rangos 45,74 - 48,42; 4,98 - 6,02; 26,84 - 29´41 respectivamente, distantes de los obtenidos en el estudio con los 2 métodos de extracción.

6.2.6. Medidas de viscosidad al 5% de fibra dietética

En la tabla 6.3. se aprecia que los valores de viscosidad de una emulsión al 5% de las 24 fibras, de frutas cítricas, elaboradas para este estudio, según su método de elaboración.

VISCOSIDAD DE FIBRA (mPa/s)					
Variedad	Parte de la fruta	Método 1		Método 2	
		Media	±SD	Media	±SD
Naranja	Core	10,7	0,96	13,7	0,58
Valencia Late Almería	Frit	14	0,06	28,4	0,10
	Piel	31	1,04	38	0,88
Naranja	Core	6,5	0,58	9,6	0,31
Valencia Late Murcia	Frit	15,3	0,58	9	1,23
	Piel	14,3	0,70	14,8	0,52
Naranja	Core	63,7	0,77	12,7	0,58
Navel Lane Late	Frit	20,7	0,38	14,6	0,05
	Piel	70,7	0,87	14,7	0,58
Limón Fino	Core	31,6	1,02	21,3	1,53
	Frit	95,3	0,21	13,2	0,50
	Piel	107,7	2,74	91,3	1,15
OPTIMO		58,2			

Tabla 6.3. Viscosidad al 5% de fibra dietética

En la tabla 6.3, se muestra que el óptimo de referencia presenta un valor de 58,2 mPa/s, el cual se ha alcanzado en el 24% de las muestras analizadas.

Cuando se observa la emulsión de fibra de limón, procedente de la piel, muestra los valores más altos de viscosidad (107,7 mPa/s, para el método 1 y 91,3 mPa/s para el 2), por lo tanto la fibra de la piel de limón tiene mayor poder espesante. Este comportamiento podría ser consecuencia de un mayor tamaño molecular promedio de los sólidos solubles e insolubles presentes en esta fibra, que posteriormente se describirá en el apartado 4.7. En este sentido hay que mencionar las figuras 6.35, 6.36 y 6.39, donde se observa la presencia de partículas fibrosas de la fibra de limón, que prácticamente no se observan en el resto de figuras del apartado 4.7. Existe además una dificultad mayor para el control de dicha viscosidad en su aplicación en determinados alimentos, porque variaciones muy pequeñas en la concentración de fibra de limón aplicada en una composición, da lugar a importantes cambios en la viscosidad del producto.

Por su parte, la menor consistencia se alcanzó en las emulsiones de fibra de *Valencia Late de Murcia y Almería*, con 6,5 mpa/s siendo el valor más bajo registrado en la fibra de core de *Valencia Late de Murcia*.

En cuanto a la aplicación de diferentes métodos, en el 58% de los casos se registran mejores resultados de viscosidad en la fibra elaborada con el método 1. Diversos autores, entre ellos Grigelmo et al., 1999, han señalado la posibilidad de utilizar modelos exponenciales y potenciales para describir las relaciones entre viscosidad y concentración.

Según el modelo de Hahn el aumento de viscosidad con la concentración reflejaría una mayor resistencia o esfuerzo necesarios para dar inicio a la degradación estructural conforme aumenta la concentración, al mismo tiempo que dicha degradación ocurre más lentamente. En papillas para niño se encuentran valores máximos de viscosidad de 1930 mPa, alcanzables a concentraciones limitadas de fibra de limón obtenida de la piel.

6.2.7. Evolución de la estructura de la fibra de cítricos

En las microfotografías, que aparecen a continuación se exponen la superficies de partículas de fibra dietética de alta calidad procedente de subproductos de naranjas y limones obtenidos en el laboratorio y planta de zumos de Orihuela. Estas fibras se obtuvieron por dos métodos de elaboración previamente descritos en este trabajo.



Imagen 6.1. ÓPTIMO



Imagen 6.2. ÓPTIMO

Las imágenes 6.1 y 6.2, son microfotografías tomadas a la fibra óptimo escogida, tomada como referente para determinar la selección de las imágenes que veremos a continuación.

✓ MICROFOTOGRAFÍAS DE FIBRA DE NARANJA (*VALENCIA LATE*).

Las imágenes que se muestran a continuación son microfotografías de las diferentes fracciones de fibra que nos ocupan en este estudio. Si se observan las imágenes desde la 6.3 a la 6.8, se puede interpretar que en la fibra de la variedad *Valencia Late* de Almería hay presencia de partículas cuyo tamaño máximo es de unos 4 μm y que la mayoría de ellas son globulares. En la figuras además se observa la tendencia de estas partículas a la formación de agregados. No se observan diferencias significativas derivadas de la metodología de extracción de fibra ni de la fracción de la fruta, en esta variedad.



Imagen 6.3. Core Valencia Late Almería-M1

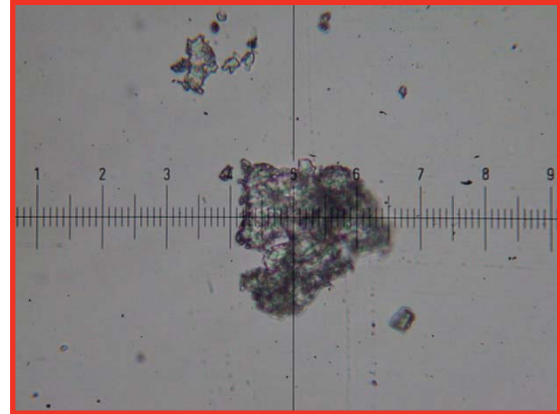


Imagen 6.4. Core Valencia Late Almería - M2

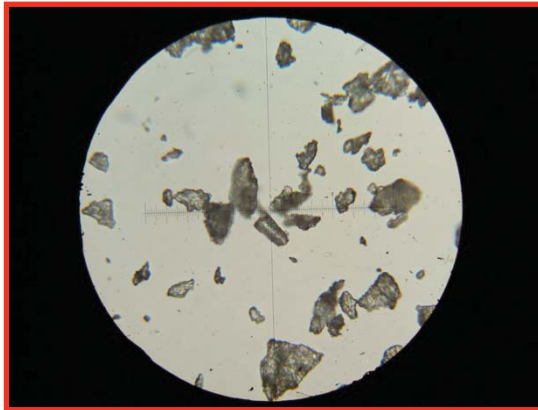


Imagen 6.5. Frit Valencia Late Almería - M1

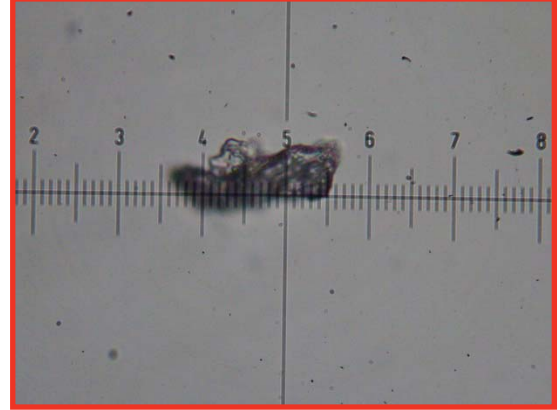


Imagen 6.6. Frit Valencia Late Almería - M2

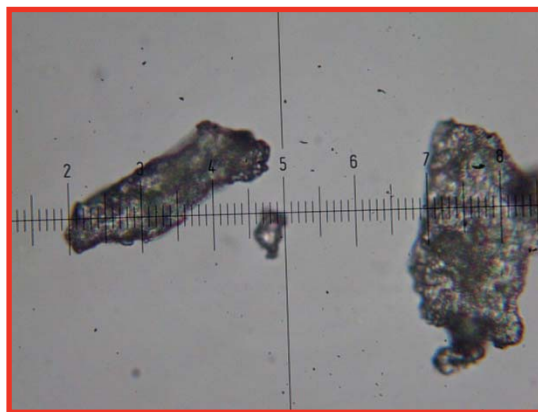


Imagen 6.7. Piel Valencia Late Almería M1

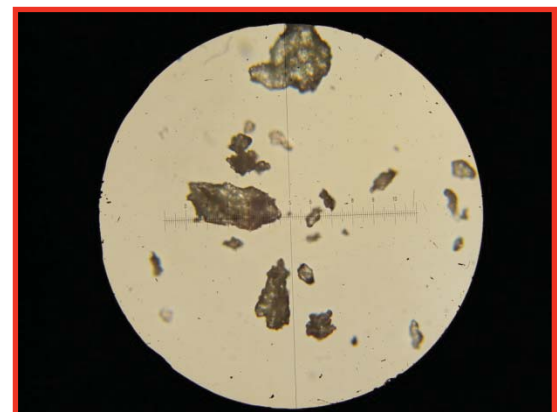


Imagen 6.8. Piel Valencia Late Almería M2

Las Imágenes que aparecen a continuación (microfotografías 6.9 a 6.14) pertenecen a fibra de la variedad *Valencia Late* procedente de *Murcia*. Como se puede

observar, la procedencia no ha sido un factor relevante para la evaluación de la estructura, aunque si hay una diferencia significativa en el tamaño de las partículas. En la *Valencia Late de Murcia* vemos que en la mayoría de los casos las partículas no superan los 2 μm .

Se observa en la figuras de fibra de variedad *Valencia late* (Microfotografías 6.9 a 6.14) que la mayoría de las partículas son globulares y con tendendia a agruparse. Estas estructuras podrían corresponderse con pectina no hidrosoluble (Martins, 2009).

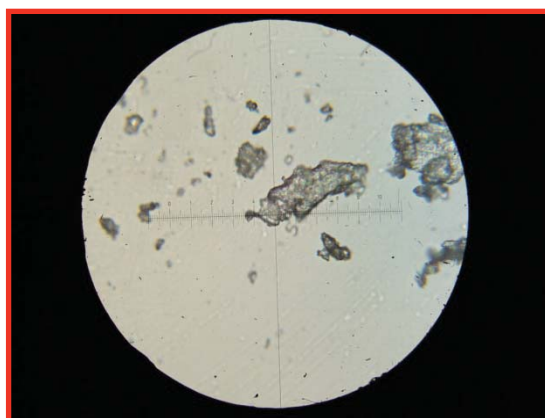
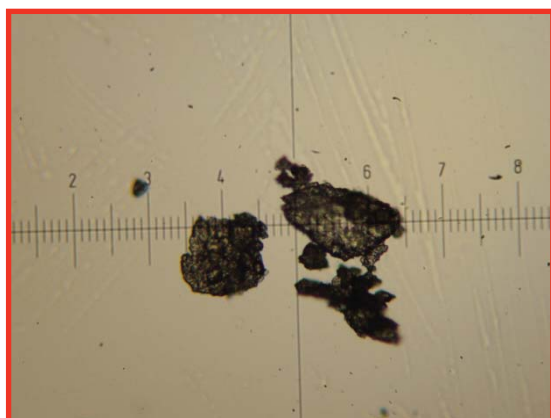


Imagen 6.9. Core Valencia Late Murcia M 1 Imagen 6.10. Core Valencia Late Murcia - M 2

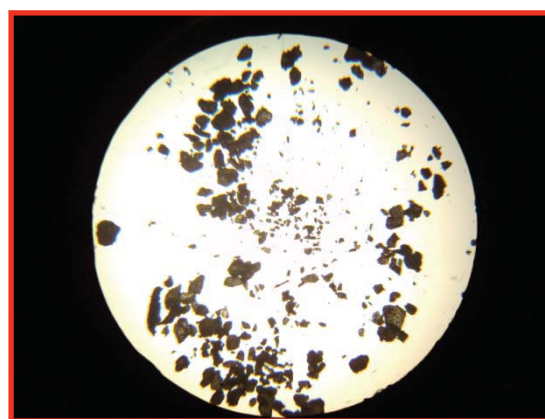


Imagen 6.11. Frit Valencia Late Murcia - M 1 Imagen 6.12. Frit Valencia Late Murcia - M 2

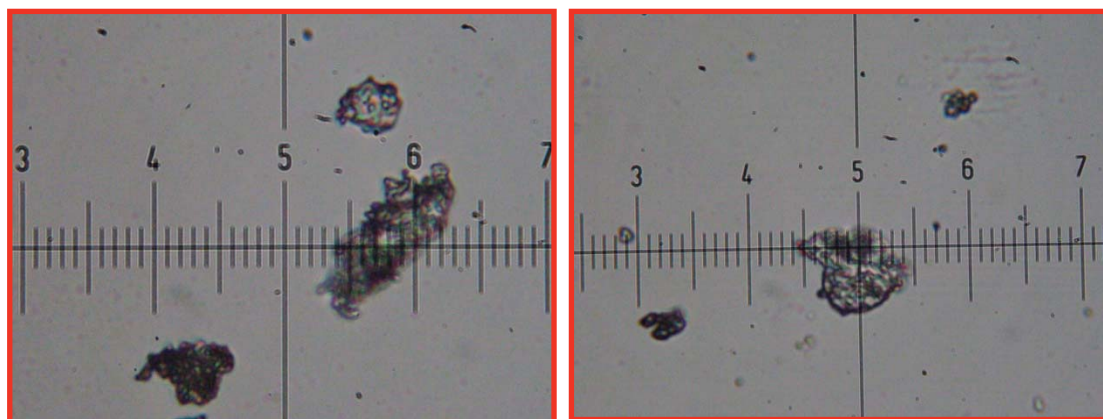


Imagen 6.13. Piel Valencia Late Murcia - M 1 Imagen 6.14. Piel Valencia Late Murcia - M 2

✓ **MICROFOTOGRAFÍAS DE FIBRA DE NARANJA (*NAVEL LANE LATE*)**

En las figuras de 6.15 a 6.20, se muestran seis imágenes de fibras de la variedad *Navel Lane Late* (Murcia) y se observa que independientemente del método llevado a cabo o parte de la fruta de la que se obtenga la fibra, *Navel Lane Late* presenta partículas de gran tamaño. En la figura 6.20, se aprecia una partícula de 8 μm aproximadamente.

En figura 6.15, se aprecia la presencia mayoritaria de partículas globulares, con menor presencia de estructuras fibrosas. Según lo descrito en la bibliografía, las primeras podrían corresponderse con restos de pectina y las segundas con restos de celulosa y lignina (Martins, 2009). Como se puede observar en la figura 6.16, aparece una partícula fibrosa y alargada de unos 5 μm .

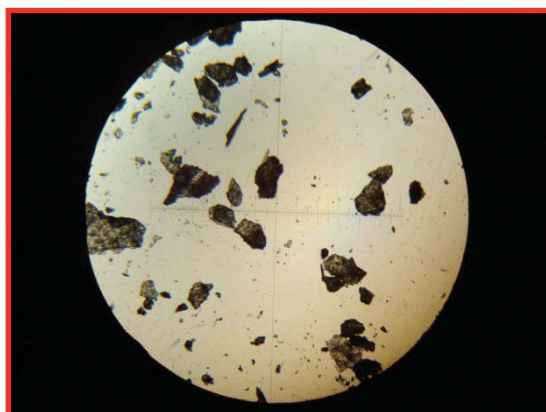


Imagen 6.15. Core Navel Lane Late - M 1



Imagen 6.16. Core Navel Lane Late - M 2

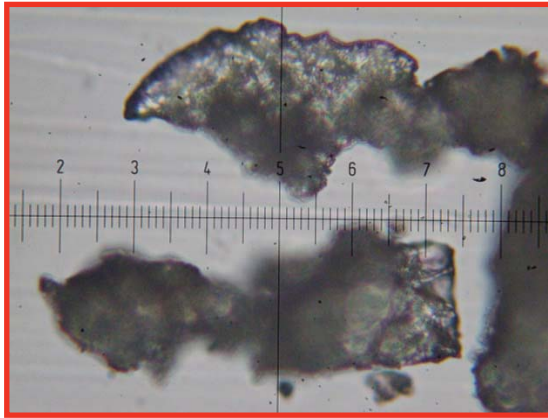


Imagen 6.17. Frit Navel Lane Late – M 1



Imagen 6.18. Frit Navel Lane Late - M 2

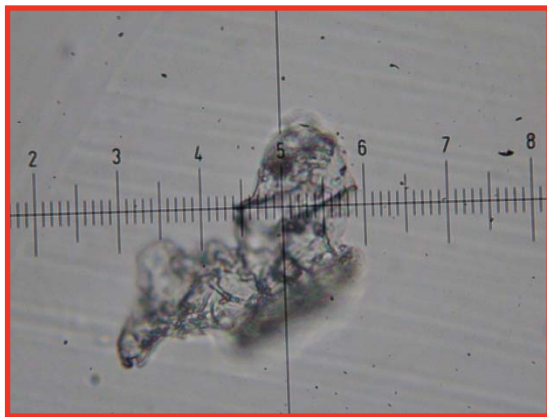


Imagen 6.19. Piel Navel Lane Late - M 1



Imagen 6.20. Piel Navel Lane Late – M 2

Comparando las dos variedades de naranja, observamos que la estructura de la *Navel Lane Late* es la que más se asemeja a la estructura del óptimo (Imagen 6.1 y 6.2).

✓ MICROFOTOGRAFÍAS DE FIBRA DE LIMÓN (LIMÓN FINO)

Al observar las imágenes de fibra de limón (Microfotografías de la 6.21 a la 6.26) se aprecia que son más semejantes a la fibra óptima (Imágenes 6.1 y 6.2) que las de naranja. En esta fibra, hay presencia de una mayor proporción de estructuras fibrosas y alargadas con mayor longitud, partículas de más de 15 μm . Probablemente, podemos estar frente a una fibra con gran proporción de restos de celulosa y lignina. Un factor que llama la atención en todas las microfotografías, es el tono de coloración, vemos que en las partículas se aprecian zonas mucho más oscuras que otras. Este efecto es muy evidente en la figura 6.25 de la fibra de limón, donde se aprecia la

diferencia de contraste entre el borde y el interior de la partícula. Esto puede ser producto de la pérdida de material celular interno.



Imagen 6.21. Core Limón Fino - M 1



Imagen 6.22. Core Limón Fino - M 2

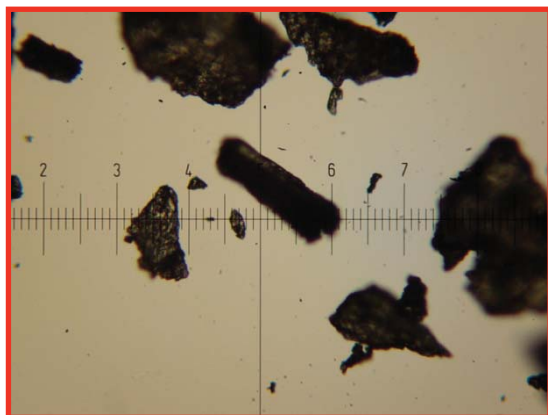


Imagen 6.23. Frit Limón Fino - Método 1



Imagen 6.24. Frit Limón Fino - Metodo 2



Imagen 6.25. Piel Limón Fino - Método 1

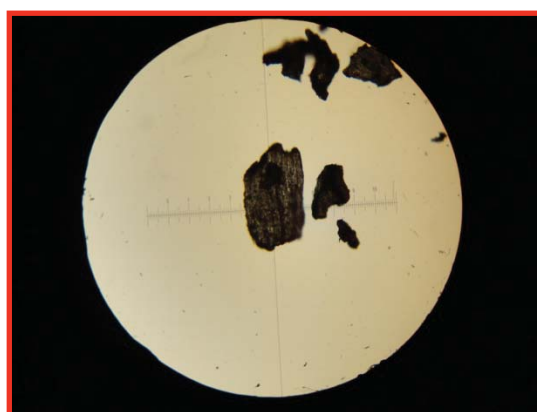


Imagen 6.26. Piel Limón Fino - Método 2

En la bibliografía no hay demasiadas ilustraciones en las que se aprecie con detalle la estructura de la fibras de cítricos, especialmente de Limón pero a continuación

vemos en la figura 6.27 una microfotografía de fibra procedente de albedo de naranja, donde se aprecia la estructuras globulares propias de la fibra de naranja (Santana & Gasparetto, 2009)

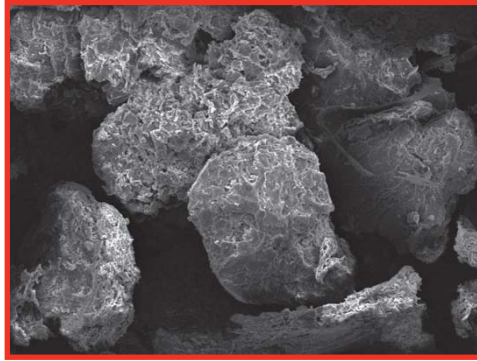


Imagen 6.27. Albedo de naranja

6.3. Análisis estadístico

6.3.1. Análisis de correspondencia múltiple

En el siguiente apartado se realiza el Análisis de Correspondencia Múltiple aplicado a las variables analizadas en los diferentes tipos de fibra obtenidos por las metodologías 1 y 2. Para ello se comienza con la tabla de contingencia de las medias obtenidas de todas las observaciones (tabla 6.4)

MEDIAS										
Óptimos			1,65	10,5	4,035	100	-1,24	23,04	38,16	58,42
Fracción fruta	Variedad	Método	Aceite	Agua	PH	Color L*	Color a*	Color b*	Rendimiento	viscosidad 5%
CORE	Valencia Late Almería	1	1,14	6,96	3,75	81,66	-1,87	30,29	44	10,67
CORE	Valencia Late Almería	2	1,30	6,53	3,59	84,20	-3,68	20,56	38	13,67
CORE	Valencia Late Murcia	1	1,02	1,18	3,45	85,82	-3,28	15,20	39	6,50
CORE	Valencia Late Murcia	2	0,98	0,83	3,38	82,90	-1,86	23,03	38	6,33
CORE	Lane Late	1	1,44	4,06	3,60	88,51	-3,04	15,52	25	63,67
CORE	Lane Late	2	1,46	0,88	3,11	86,59	-1,92	16,54	38	12,67
CORE	Limón Fino	1	2,04	6,91	3,87	82,57	-2,02	17,56	26	32,67
CORE	Limón Fino	2	1,56	5,57	3,63	81,83	-1,74	22,50	33	21,33
FRIT	Valencia Late Almería	1	1,28	6,79	3,67	83,42	-3,30	21,47	40	14,00
FRIT	Valencia Late Almería	2	1,24	6,55	3,78	84,54	-3,56	16,69	42	29,80
FRIT	Valencia Late Murcia	1	1,14	8,33	3,63	85,35	-3,19	20,12	18	15,33
FRIT	Valencia Late Murcia	2	0,83	5,81	3,64	83,26	-2,39	20,25	22	9,00
FRIT	Lane Late	1	1,16	9,05	3,93	83,84	-2,15	20,93	27	20,70
FRIT	Lane Late	2	0,88	7,38	3,62	83,31	-0,91	27,40	27	14,60
FRIT	Limón Fino	1	1,30	7,58	3,89	82,28	-1,74	17,41	44	95,25
FRIT	Limón Fino	2	1,25	7,49	4,02	79,63	-1,10	17,15	32	13,33
PIEL	Valencia Late Almería	1	1,37	7,86	3,70	83,93	-2,57	24,14	40	31,00
PIEL	Valencia Late Almería	2	1,24	8,36	3,68	82,19	-2,20	27,60	41	38,00
PIEL	Valencia Late Murcia	1	1,24	7,37	3,70	84,88	-2,33	22,90	32	14,33
PIEL	Valencia Late Murcia	2	0,85	7,50	3,62	83,13	-2,02	27,82	29	14,83
PIEL	Lane Late	1	1,17	10,26	3,98	82,69	-2,31	23,89	30	70,67
PIEL	Lane Late	2	0,96	7,38	3,92	81,44	-1,25	25,55	21	14,67
PIEL	Limón Fino	1	1,13	10,62	3,87	79,73	-1,73	15,45	28	107,7
PIEL	Limón Fino	2	1,19	7,03	4,01	81,94	-1,82	16,47	35	91,33

Tabla 6.4.- Tabla de contingencia de medias obtenidas de las observaciones

Para el presente estudio necesitamos variables cualitativas. Para ello se han agrupados los valores de las medias en las categorías que se ha estimado apropiado para cada variable, con el fin de facilitar la interpretación de este estudio.

Dado que debemos acotar los intervalos de cada categoría y que dichos intervalos son desconocidos, hemos optado porque sean de la misma frecuencia y para ello utilizamos los percentiles 33 y 66 (valores que se muestran en la parte superior de la tabla 6.5.). Los percentiles van a actuar como límites entre categorías, es decir, los valores que ocupan la primera categoría son los que están por debajo del percentil 33, los de la segunda categoría son los que están entre el percentil 33 y el 66, y los que están por encima de percentil 66 son los que ocuparán la tercera categoría. De manera que transformamos un conjunto de 24 muestras en tres categorías, cada una de las cuales contiene ocho medias.

Óptimos A	1,65	10,5	4,035	100	-1,24	23,04	38,16	58,42
Percentil 33	1,1394	6,6896	0,2161	16,807	-1,111	-5,54	-7,39	-44,22333333
Percentil 66	1,2572	7,4918	0,405		-0,628	-0,119	0,02	-27,12

Fracción fruta	Variedad	Método	Aceite	Agua	PH	Color L*	Color a*	Color b*	Rendimiento	Viscosidad 5%
CORE	Valencia Late Almería	1	1,135	6,9633	0,29	18,343	-0,63	7,2467	5,84	-47,75333333
CORE	Valencia Late Almería	2	1,295	6,53	0,45	15,797	-2,437	-2,477	-0,16	-44,75333333
CORE	Valencia Late Murcia	1	1,02	1,18	0,585	14,18	-2,043	-7,84	0,84	-51,92
CORE	Valencia Late Murcia	2	0,98	0,825	0,655	17,103	-0,617	-0,007	-0,16	-52,08666667
CORE	Lane Late	1	1,44	4,06	0,435	11,487	-1,797	-7,52	-13,16	5,24666667
CORE	Lane Late	2	1,4567	0,875	0,925	13,41	-0,677	-6,497	-0,16	-45,75333333
CORE	Limón Fino	1	2,04	6,9067	0,165	17,433	-0,783	-5,48	-12,16	-25,75333333
CORE	Limón Fino	2	1,5567	5,5667	0,405	18,173	-0,497	-0,543	-5,16	-37,08666667
FRIT	Valencia Late Almería	1	1,275	6,7867	0,365	16,583	-2,063	-1,567	1,84	-44,42
FRIT	Valencia Late Almería	2	1,235	6,55	0,2517	15,46	-2,323	-6,347	3,84	-28,62
FRIT	Valencia Late Murcia	1	1,1425	8,3333	0,405	14,65	-1,947	-2,917	-20,16	-43,08666667
FRIT	Valencia Late Murcia	2	0,825	5,81	0,4	16,74	-1,147	-2,79	-16,16	-49,42
FRIT	Lane Late	1	1,155	9,05	0,105	16,163	-0,913	-2,11	-11,16	156,91333333
FRIT	Lane Late	2	0,875	7,38	0,42	16,693	0,33	4,3567	-11,16	-43,82
FRIT	Limón Fino	1	1,3	7,5833	0,15	17,723	-0,5	-5,627	5,84	36,83
FRIT	Limón Fino	2	1,2533	7,49	0,015	20,367	0,1367	-5,887	-6,16	-45,08666667
PIEL	Valencia Late Almería	1	1,3675	7,86	0,34	16,067	-1,327	1,1	1,84	-27,42
PIEL	Valencia Late Almería	2	1,2425	8,355	0,355	17,81	-0,963	4,56	2,84	-20,42
PIEL	Valencia Late Murcia	1	1,2437	7,3667	0,335	15,117	-1,087	-0,143	-6,16	-44,08666667
PIEL	Valencia Late Murcia	2	0,85	7,5	0,42	16,873	-0,78	4,78	-9,16	-43,58666667
PIEL	Lane Late	1	1,17	10,257	0,055	17,307	-1,073	0,8533	3,84	12,24666667
PIEL	Lane Late	2	0,955	7,3833	0,12	18,563	-0,01	2,5133	-1,16	-43,75333333
PIEL	Limón Fino	1	1,125	10,617	0,165	20,27	-0,493	-7,593	-10,16	309,91333333
PIEL	Limón Fino	2	1,19	7,0267	0,03	18,06	-0,583	-6,57	-3,16	32,91333333

Tabla 6.5.- Tabla de percentiles

En la tabla adjunta (tabla 6.6) quedan reflejadas las variables tabuladas por categorías, donde se puede observar que ya se ha añadido la variable “estructura”, siendo esta una variable cualitativa.

Variable	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría
Método	1	2	3	4
OHC	Retención muy baja de aceite	Retención baja de aceite	Retención alta de aceite	
WHC	Retención muy baja de agua	Retención baja de agua	Retención alta de agua	
Color L*	Cerca del blanco absoluto	Lejos del blanco absoluto		
Color a*	Mucho mas verde que optimo	Mas verde que optimo	Verde cercano a óptimo	
Color b*	Menos amarillo que optimo	Amarillo cercano a optimo	Mas amarillo que optimo	
Rendimientos	Productividad baja	Productividad media	Productividad alta	
Estructura	Fibra con degradación alta	Fibra con degradación media	Fibra sin degradación	
Fracción fruta	Core	Frit	Piel	
Variedad	Valencia Late Almería	Valencia Late Murcia	Navel Lane Late	Limón Fino
Viscosidad 5%	Muy por debajo de óptimo	Cerca de óptimo	Muy por encima de óptimo	

Tabla 6.6.- Variables tabuladas por categorías

Vemos excepciones, es el caso del factor L* al cual solo se le han asignado dos categorías, o al factor variedad al cual se le han asignado cuatro.

6.3.2. Salidas de SPSS para Análisis de Correspondencia Múltiple

Realizamos el “Análisis de Correspondencia Múltiple” mediante la opción HOMALS de SPSS.

ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD

El análisis de correspondencia múltiple como ya se ha descrito en el apartado de material y métodos es un análisis de homogeneidad el cual busca tanto las similitudes posibles entre todas las variables como las relaciones entre las categorías de cada variable.

DIMENSIONES

Para determinar el nº de dimensiones de que constará el análisis necesitaremos la variabilidad que aporta cada una de ellas.

Para determinar el número de dimensiones es necesaria la aplicación de las siguientes formulas: Categorías= 32 nº variables= 11 Inercia= 0,90909091

Dimensión	Autovalores	V. explicada	V. expl. Acu.
1	0,34276082	0,17954138	0,17954138
2	0,26099449	0,1367114	0,31625279
3	0,21553768	0,11290069	0,42915347
4	0,18710739	0,09800864	0,52716211

Tabla 6.7.- Determinación de dimensiones

Como podemos ver en la tabla 6.7, se seleccionan 4 dimensiones porque con 4 dimensiones conseguimos explicar el 52’7 %, suficiente para obtener un análisis fiable de la variabilidad total, ya que supera el 40% (como queda descrito en el apartado material y métodos). Además incluir una dimensión más dificultaría notablemente la interpretación gráfica de los resultados y no nos aportaría mucha más variabilidad.

El comportamiento de las dimensiones se ve representado en los gráficos 14 y 15 que veremos a continuación, estos están basados en similitudes comprobadas por el análisis de correspondencias múltiple.

El siguiente paso es convertir las dimensiones en ejes de coordenadas de forma que los puntos se representen mediante coordenadas, que nos permita calcular las contribuciones relativas a las que llamamos “CUANTIFICACIONES” (Tabla 6.8).

CUANTIFICACIONES						
ROWTYPE_	LEVEL_	VARNAME_	DIM1	DIM2	DIM3	DIM4
QUANT	CORE	Parte	-0,693	-0,527	0,347	-0,152
QUANT	FRIT	Parte	-0,173	0,434	0,125	0,579
QUANT	PIEL	Parte	0,865	0,093	-0,473	-0,427
QUANT	Valencia Late Almería	Variedad	-0,456	0,426	0,439	-1,241
QUANT	Valencia Late Murcia	Variedad	-0,611	0,361	-1,06	0,313
QUANT	Lane Late	Variedad	0,406	0,192	-0,124	0,304
QUANT	Limón Fino	Variedad	0,661	-0,979	0,745	0,625
QUANT	Método 1	Metodo	0,19	0,569	0,417	0,05
QUANT	Método 2	Metodo	-0,19	-0,569	-0,417	-0,05
QUANT	Retención muy baja de aceite	Aceite	-0,081	-0,227	-0,918	-0,101
QUANT	Retención baja de aceite	Aceite	0,449	0,391	-0,108	0,195
QUANT	Retención alta de aceite	Aceite	-0,368	-0,164	1,026	-0,094
QUANT	Retención muy baja de agua	Agua	-1,111	-0,295	0,016	0,155
QUANT	Retención baja de agua	Agua	0,252	-0,465	-0,048	-0,09
QUANT	Retención alta de agua	Agua	0,859	0,76	0,032	-0,066
QUANT	Cerca del blanco absoluto	ColorL	-0,634	0,559	0,053	0,191
QUANT	Lejos del blanco absoluto	ColorL	0,634	-0,559	-0,053	-0,191
QUANT	Mucho más verde que óptimo	Colora	-0,959	0,694	0,248	0,015
QUANT	Más verde que óptimo	Colora	0,492	0,309	-0,05	-0,412
QUANT	Verde cercano a óptimo	Colora	0,467	-1,003	-0,198	0,397
QUANT	Menos amarillo que óptimo	Colorb	-0,05	-0,426	0,565	0,364
QUANT	Amarillo cercano a óptimo	Colorb	-0,447	0,414	0,142	0,57
QUANT	Más amarillo que óptimo	Colorb	0,497	0,012	-0,708	-0,935
QUANT	Menos rendimiento que óptimo	Rendimie	0,224	0,509	-0,153	0,811
QUANT	Rendimiento medio	Rendimie	-0,239	-0,989	-0,303	0,148
QUANT	Más rendimiento que óptimo	Rendimie	0,015	0,48	0,455	-0,959
QUANT	óptimo	Viscosid	-0,942	-0,355	0	-0,247
QUANT	Viscosidad más baja óptimo	Viscosid	0,053	0,225	-0,665	-0,018
QUANT	Viscosidad cerca de óptimo	Viscosid	0,889	0,13	0,665	0,265
QUANT	Degradación alta	Estructu	-1,251	0,07	-0,603	0,041
QUANT	Degradación media	Estructu	0,193	-0,326	0,457	-0,289
QUANT	Fibra sin degradació	Estructu	0,998	0,763	-0,466	0,701

Tabla 6.8. Tabla de cuantificaciones donde vemos las coordenadas

A continuación se han calculado las contribuciones relativas mediante la opción COMPUTE del SPSS y obtenemos la siguiente matriz de Contribuciones Relativas que valora la importancia de cada variable en la variabilidad explicada de cada dimensión. En la tabla 13 vemos la matriz de contribuciones (en tanto por 1000), a partir de la cual se obtendrán las categorías relevantes para cada dimensión (marcadas en figura 41 y figura 42). Se elegirán aquellas cuya Contribución Relativa supere el 200 ‰, es decir,

las más relevantes. Para la representación de los resultados el programa utiliza gráficos interactivos (Diagramas de dispersión).

VARIABLES	CR1	CR2	CR3	CR4	TOTAL
CORE	239,86	139,07	60,36	11,5	450,8
FRIT	14,92	94,26	7,85	167,68	284,71
PIEL	374,43	4,34	111,74	91,37	581,88
Valencia Late almeri	69,32	60,36	64,11	513,26	707,05
Valencia Late murcia	124,26	43,55	374,46	32,56	574,83
Lane Late	54,83	12,29	5,1	30,74	102,96
Limón fino	145,65	319,48	185,03	130,06	780,22
Método 1	36,27	323,28	173,7	2,54	535,8
Método 2	36,27	323,28	173,7	2,54	535,8
Retención muy baja de aceite	3,31	25,73	421,51	5,14	455,69
Retención baja de aceite	100,99	76,32	5,85	19,11	202,27
Retención alta de aceite	67,74	13,42	526,64	4,43	612,23
Retención muy baja de agua	616,8	43,48	0,13	12,07	672,48
Retención baja de agua	31,64	108,2	1,14	4,03	145
Retención alta de agua	369,06	288,85	0,5	2,15	660,56
Cerca del blanco absoluto	401,65	312,53	2,83	36,32	753,32
Lejos del blanco absoluto	401,65	312,53	2,83	36,32	753,32
Mucho más verde que óptimo	459,84	240,89	30,66	0,12	731,51
Más verde que óptimo	121,16	47,76	1,23	84,96	255,11
Verde cercano a óptimo	108,92	503,15	19,63	78,77	710,47
Menos amarillo que óptimo	1,26	90,76	159,81	66,38	318,2
Amarillo cercano a óptimo	99,81	85,77	10,13	162,68	358,39
Más amarillo que óptimo	123,47	0,07	250,39	436,89	810,82
Menos rendimiento que óptimo	25,04	129,55	11,64	328,66	494,9
Rendimiento medio	28,58	489,07	45,76	10,94	574,34
Más rendimiento que óptimo	0,12	115,19	103,57	459,5	678,38
Viscosidad muy por debajo de	443,48	62,94	0	30,41	536,84
Viscosidad más baja óptimo	1,39	25,29	220,84	0,17	247,68
Viscosidad cerca de óptimo	395,27	8,44	220,8	35,08	659,59
Degradación alta	521,38	1,65	121,14	0,57	644,74
Degradación media	44,17	125,5	247,29	98,46	515,42
Fibra sin degradació	262,18	153,14	57,13	129,24	601,69

Tabla 6.7. Matriz de contribuciones relativas

6.3.3. Características representadas en las dimensiones 1 y 2

En este gráfico aparecen las variables más significativas, es decir, las que superan el 200 ‰ (marcadas en la tabla 14) y que corresponden a las dimensiones 1 y 2.

En la figura 41, el eje de las abscisas representa la Dimensión 1 (DIM 1) y el de ordenadas la DIM 2.

Los puntos rojos representan las características de la dimensión 1, los puntos verdes las de la dimensión 2 y los puntos azules representan características comunes entre las dimensiones 1 y 2.

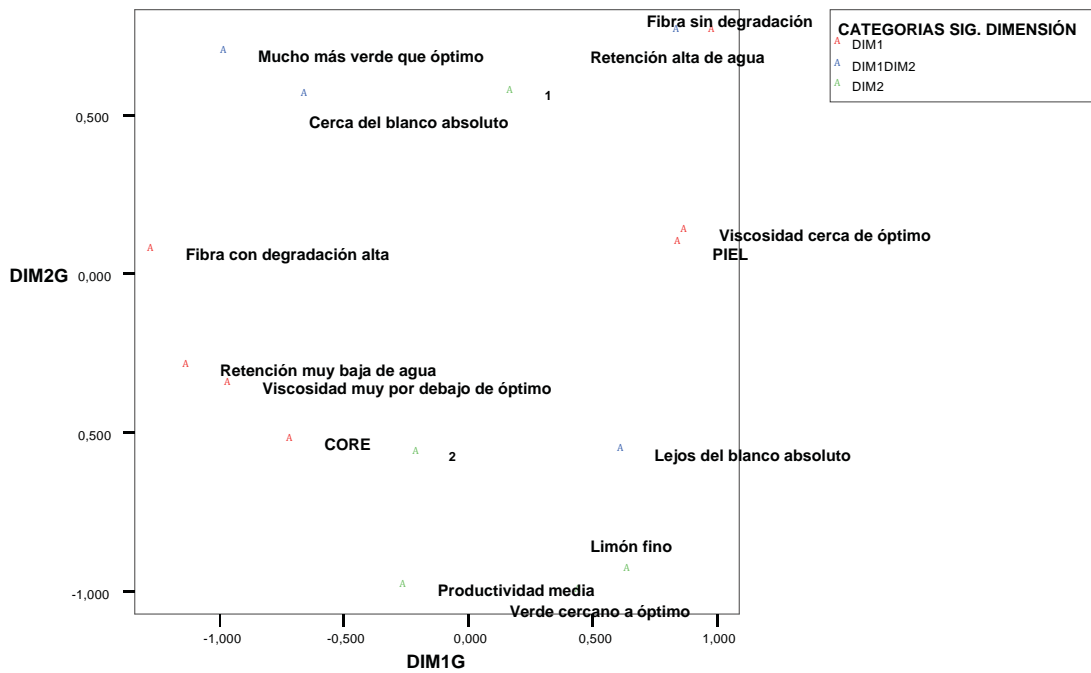


Figura 6.11. Categorías significativas de las dimensiones 1 y 2

6.3.3.1. Características representadas en la dimensión 1

En la dimensión 1 (figura 41) se representan las características comunes de todas las fibras obtenidas a partir del core y de la piel, independientemente de su variedad o metodología por la cual se hayan elaborado.

DIM 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA PROCEDENTE CORE

- ✓ Mucho más verde que óptimo (a^* es mucho menor a -1,237)
- ✓ Cerca del blanco absoluto ($L^* \approx 100$)
- ✓ Fibra con degradación alta.
- ✓ Retención muy baja de agua (la WHC de las fibras de core está muy por debajo de 10,5 g agua/g fibra).
- ✓ Viscosidad muy por debajo de óptimo (viscosidad mucho menor que 58,2 mPa)

DIM 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA PROCEDENTE LA PIEL

- ✓ Fibra sin degradación
- ✓ Retención alta de agua (WHC > 10,5)
- ✓ Viscosidad cerca de óptimo (viscosidad $\approx 85,2$ mPa)
- ✓ Lejos del blanco absoluto (valores de L^* no próximos a 100, pero superiores a óptimo)

6.3.3.2. Características representadas en la dimensión 2

La dimensión 2 (DIM 2), define las características que se cumplen en cada uno de los métodos con los que hemos elaborado fibra dietética. Esta dimensión también revela características de la variedad Limón Fino.

DIM 2.- CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO 1

- ✓ Cerca de blanco absoluto ($L^* \approx 100$)
- ✓ Retención alta de agua ($WHC > 10,5$)
- ✓ Mucho más verde que óptimo (a^* es mucho menor a $-1,237$)

DIM 2.- CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO 2

- ✓ Lejos de blanco absoluto (los valores de L^* no son próximos a 100, pero mayores que óptimo)

DIM 2.- CARACTERÍSTICAS DEL LIMÓN FINO

- ✓ Verde cercano a óptimo ($a^* \approx -1,237$)
- ✓ Productividad media

6.3.4. Características representadas en las dimensiones 3 y 4

En la figura 42 aparecen las variables más significativas, es decir, las que superan el 200 ‰ (marcadas en la tabla 14) y que corresponden a las dimensiones 3 y 4.

En la figura 42, el eje de las abscisas representa la DIM 3 y el de ordenadas la DIM 4. Los puntos rojos representan las características de la dimensión 3, los puntos verdes las de la dimensión 4 y los puntos azules representan características comunes entre las dimensiones 3 y 4.

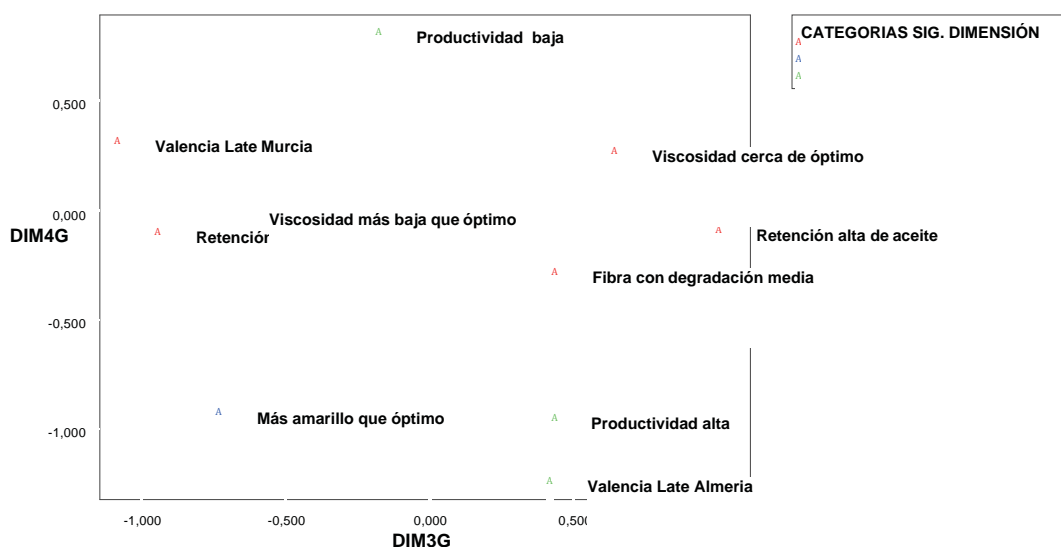


Figura 6.11. Categorías significativas de las dimensiones 3 y 4

6.3.4.1. Características representadas en la dimensión 3

DIM 3.- SE DEFINEN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VALENCIA LATE DE MURCIA

- ✓ Viscosidad más baja que óptimo (viscosidad < 58,2mPa)
- ✓ Retención muy baja de aceite (OHC mucho menor que 1,05 g aceite/g fibra)
- ✓ Mas amarillo que óptimo ($b^* > 23,04$)

Las características nombradas se enfrentan a otra agrupación que revela esta dimensión, donde todas las fibras que consiguen un valor de viscosidad cercano al óptimo, se asocian a una alta retención de aceite y a ser fibras con una degradación media. Además, la DIM 3 nos revela que las características de esta última agrupación están lejos la variedad Valencia Late de Murcia.

6.3.4.2. Características representadas en la dimensión 4

DIM 4.- APORTA CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD VALENCIA LATE DE ALMERÍA.

- ✓ Más amarillo que óptimo ($b^* > 23,04$)
- ✓ Productividad alta, contrastando que esta variedad está muy lejos de tener una baja productividad.

6.4. Conclusiones

1. El rendimiento de extracción de fibra está condicionado por la especie, variedad y procedencia de los cítricos. La fibra de naranja aporta más productividad que la fibra de limón. En cuanto a las variedades, la fibra de naranja la variedad *Valencia Late* es más productiva que la *Navel Lane Late* y respecto a la procedencia de los frutos, *Valencia Late de Almería* tiene una productividad más alta que la *Valencia Late de Murcia*.
2. El método de elaboración condiciona la calidad de la fibra dietética. Llevando a cabo el Método 1 obtenemos fibra sin degradación, con buena WHC, con el color apropiado y con mayor productividad.
3. La degradación de la fibra está vinculada al tipo de subproducto empleado, a la WHC y a su vez a la viscosidad. Las fibras extraídas del core están más degradadas que las del frit y estas a su vez están más degradadas que las fibras que se han extraído de la piel de los cítricos. Consideremos que el Core contiene un 50% aproximado de Piel y el resto es Albedo y membranas intercarpelares. El Frit es básicamente Flavedo con un % de albedo inferior al 30 % y la Piel es Flavedo + Albedo. Esta diferente proporción de componentes de la fruta, justifica el diferente comportamiento físico-químico y por tanto fisiológico, de las diferentes fibras analizadas.
4. Las fibras que consiguen una elevada OHC están asociadas a conseguir un valor de viscosidad cercano al óptimo y a una degradación media.
5. Existe una clara diferenciación entre la estructura de la fibra obtenida de Naranja y limón. La fibra de naranja muestra muy pocas partículas alargadas y

bastantes globulares, que tienden a formar agregados entre ellas y por su parte, en la fibra limón se observa una importante proporción de estructuras alargadas y algunas partículas globulares.

6. La fibra de limón presenta un color más neutro que la hace más tolerable, en cuanto a variación provocada en color, en los productos en que se aplique, que la fibra de naranja.
7. Si se desean preparar formulaciones estables de fibra dietética, es importante tener en cuenta la solubilización de las muestras.
8. La fibra de limón es la que confiere mayor viscosidad a las suspensiones, probablemente debido al mayor tamaño molecular promedio de los sólidos solubles e insolubles. Los elevados valores de viscosidad que aporta la fibra de limón a las suspensiones, permitiría recomendarla para la estabilización de sistemas frente a la sedimentación o cremado. Sin embargo, si los productos a los que se añaden van a ser sometidos a altos gradientes de velocidad, la fibra de naranja sería la que permitiría un mayor control de la viscosidad aunque añadida a mayor concentración.
9. La fibra obtenida del procesado de la piel de limón mediante el método 1 es la que posee mayor similitud con la óptimo comercial seleccionada.
10. La elaboración de fibra dietética es una alternativa competente y rentable para el aprovechamiento de alguno de los subproductos procedentes de la industria de transformación de zumos cítricos.

CAPÍTULO VII



CAPÍTULO VII. Evaluación de un nuevo sistema de recuperación de aceite esencial de Cítricos; Experiencias con prototipo MORE en Limón español.

7.1. Introducción

En las frutas cítricas, las glándulas que contienen el aceite esencial son receptáculos intercelulares canaliformes y están limitados por tejidos degradados que no presentan ninguna comunicación con los tejidos que los rodean. Estas vesículas o sacos de forma irregular presentan un tamaño que oscila entre 0,4 y 0,6 mm de diámetro, son glándulas de origen lisogénico cuyas paredes están formadas por células secretoras en estado de desintegración, sin aperturas ni conductos.

Las células que rodean las glándulas de esencia contienen una solución acuosa de azúcares, sales y coloides o sustancias muy complejas en medio acuoso que ejercen cierta presión sobre éstas, de forma que la glándula contiene la esencia sometida a una presión de turgencia pronunciada. Cuando la corteza de un fruto cítrico se dobla, las glándulas que contienen la esencia estallan y esta sale con cierta fuerza, al igual que al lesionar la corteza. La esencia se proyecta pulverizada en pequeñas gotitas observables con una llama. (Laencina, 1974). Esta fuerza de turgencias, bajo la cual se segrega la esencia, desempeña un papel importante en todos los métodos existentes de extracción de los aceites esenciales de frutos cítricos (Braveman, 1952).

Objetivo de este capítulo

La recuperación de Aceites esenciales de frutos cítricos en la industria de procesado, tiene dos caminos fundamentales:

- **Extracción en frío** que pretende recuperar el global de los componentes de estos (fracción aromática y d-Limoneno o disolvente natural). Partiendo de una emulsión inicial, al recuperar en agua los aceites esenciales que salen de las glándulas al explotar estas:
 1. Por torsión de la corteza del fruto en el proceso de extracción de Zumo que hace explotar las glándulas y liberar el aceite contenido en ellas.

2. Por escarificación de la corteza de las frutas o punción de las glándulas que lo contienen, proceso previo a la extracción del Zumo.

La emulsión es posteriormente centrifugada para separar los aceites esenciales del agua.

- **Extracción por calentamiento o destilación** de la emulsión previamente formada, donde fundamentalmente se recupera el disolvente o d-Limoneno.

El producto más valorado en el mercado es el aceite esencial de extracción en frío o CPO (Cold Press Oil). En ambos sistemas la etapa previa es la obtención de la emulsión o recogida en agua de este aceite esencial, una vez forzado a salir de las glándulas de la corteza que lo contienen.

Hasta ahora en la industria cítrica española, la recuperación de aceites esenciales es un proceso con una eficiencia limitada entre el 50 y el 70 % del aceite disponible en fruta. Con el sistema de raspado o escarificación parcial podemos obtener una mayor eficiencia en la recuperación y una calidad tal vez mayor del aceite obtenido. Con este estudio se pretende demostrar que esto es así. Esto supondría un clarísimo beneficio para la industria cítrica, especialmente para los procesadores de Limón u otros cítricos, cuyo aceite esencial tiene un precio más elevado en el mercado. La mayor eficiencia en la recuperación ayudaría a la revitalización de esta industria que está últimamente siendo puesta en riesgo por diversos trabajos científicos sobre los efectos negativos del consumo de Zumos en la dieta y su influencia en el desarrollo de enfermedades como la diabetes.

La demanda de aceite esencial de Limón va en aumento en el mercado por la diversificación de uso de este en diferentes productos finales:

- Aromas alimentarios y de uso industrial.
- Cosmética.
- Disolventes.
- Etc.

Hay otro aspecto importante de la recuperación de aceites esenciales de los cítricos. El aceite esencial es un biocida que perjudicaría cualquier procesado posterior de los desechos por fermentación, impidiendo o dificultando esta. Al aumentar la eficiencia de recuperación en la fruta, disminuimos el residuo de este en los desechos facilitando su fermentabilidad y por ello disminuyendo el impacto ambiental de la industria y por consiguiente que sea un proceso más sostenible.

7.2. Resultados y Discusión

Se realizaron ensayos con el equipo MORE de JBT para estudiar la eficiencia de recuperación de aceite esencial del Limón, con diferentes condiciones o variables de proceso.

7.2.1. Variables del proceso: Funcionamiento del equipo

El equipo consta de unos rodillos compuestos de discos dentados ensamblados en un eje. Hay 4 diferentes ejes en un módulo y existen movimientos diferenciados en estos ejes que pueden ser controlados:

- Rotación: a unas determinadas revoluciones por minuto (rpm). Se puede seleccionar 8 distintas velocidades para el primer rodillo de cada módulo de 4, quedando los otros 3 rodillos girando a una velocidad decreciente respecto al primero y relacionada matemáticamente con la velocidad del primero.
- Traslación axial, medida en nº de veces por minuto (spm). Se pueden seleccionar 5 diferentes velocidades de translación axial.

Así, con 8 rotaciones y 5 velocidades axiales tenemos 40 combinaciones posibles de funcionamiento, obteniendo diferentes grados de **agresividad**. Esta se define como combinación del movimiento de rotación con el movimiento axial de translación. Para una fruta más blanda, con poco espesor de corteza, o que presenta forma más regular (redonda), se utilizan agresividades más bajas. Con una fruta más irregular (oval), y de buen espesor de corteza, se puede utilizar mayor agresividad y obtener mejor recuperación del aceite. Hay que considerar que tras la extracción de aceite por el MORE, se extrae el Zumo en la extractora y no se debería degradar la fruta en la

escarificación porque se perjudicaría el rendimiento en Zumo. Por ello en los ensayos realizados se realizará el estudio del efecto de los diferentes factores en el rendimiento de extracción de aceite esencial y del Zumo obtenido.

Además, hay otras variables a considerar en el trabajo del equipo MORE como son:

- Caudal de agua medido en litros / hora. Esta agua fluye a contracorriente con la fruta recoge el aceite esencial que sale de la fruta, formando una emulsión con una concentración de aceite esencial que depende de este caudal.
- Cantidad de fruta procesada por hora, que es lo mismo que tiempo de permanencia en el proceso de escarificación de dicha fruta. A mayor tiempo más escarificación, mayor recuperación de aceites y en negativo, mayor debilitamiento de la estructura o integridad de la fruta que perjudica el proceso de extracción de zumo y también mayor aporte de sólidos a la emulsión haciendo más difícil la separación posterior de la emulsión.

7.2.2. Ensayos de Extracción de Aceite Esencial de Limón con MORE

Con este estudio se pretende fijar las condiciones de trabajo adecuadas para optimizar el rendimiento del equipo MORE en el proceso de extracción de aceites esenciales, sin perjudicar la extracción del zumo. Para ello se consideran las siguientes variables:

- 1.- Tiempo de permanencia de la fruta en el proceso de raspado o kg de fruta procesada por hora.
- 2.- Caudal de alimentación de agua al More (tomado como litros / hora).
- 3.- Velocidad de rotación de los rodillos (rpm).
- 4.- Velocidad de traslación de los rodillos o movimiento axial (spm).

Y los siguientes parámetros a seguir:

- a. Contenido en aceite total disponible en fruta antes del raspado.
- b. Contenido total de aceite en fruta tras el proceso de raspado.

- c. Eficiencia de recuperación: % Aceite obtenido respecto al disponible.

7.2.2.1. Procedimiento

Se han realizado 5 ensayos en los que se controlan los parámetros indicados. Se toman varias muestras de la emulsión una vez finalizado el ensayo, además de tomar muestras de la fruta antes y después de ser procesada en el More, con el fin de calcular la eficacia del proceso.

El esquema clásico de extracción del aceite esencial, durante el proceso de extracción del zumo, en la extractora, se puede ver en la Imagen 7.1. En la Imagen 7.2, puede verse el esquema de proceso incorporando el equipo MORE. La inclusión del equipo de raspado MORE es previa al proceso de extracción del zumo y la pulpa.

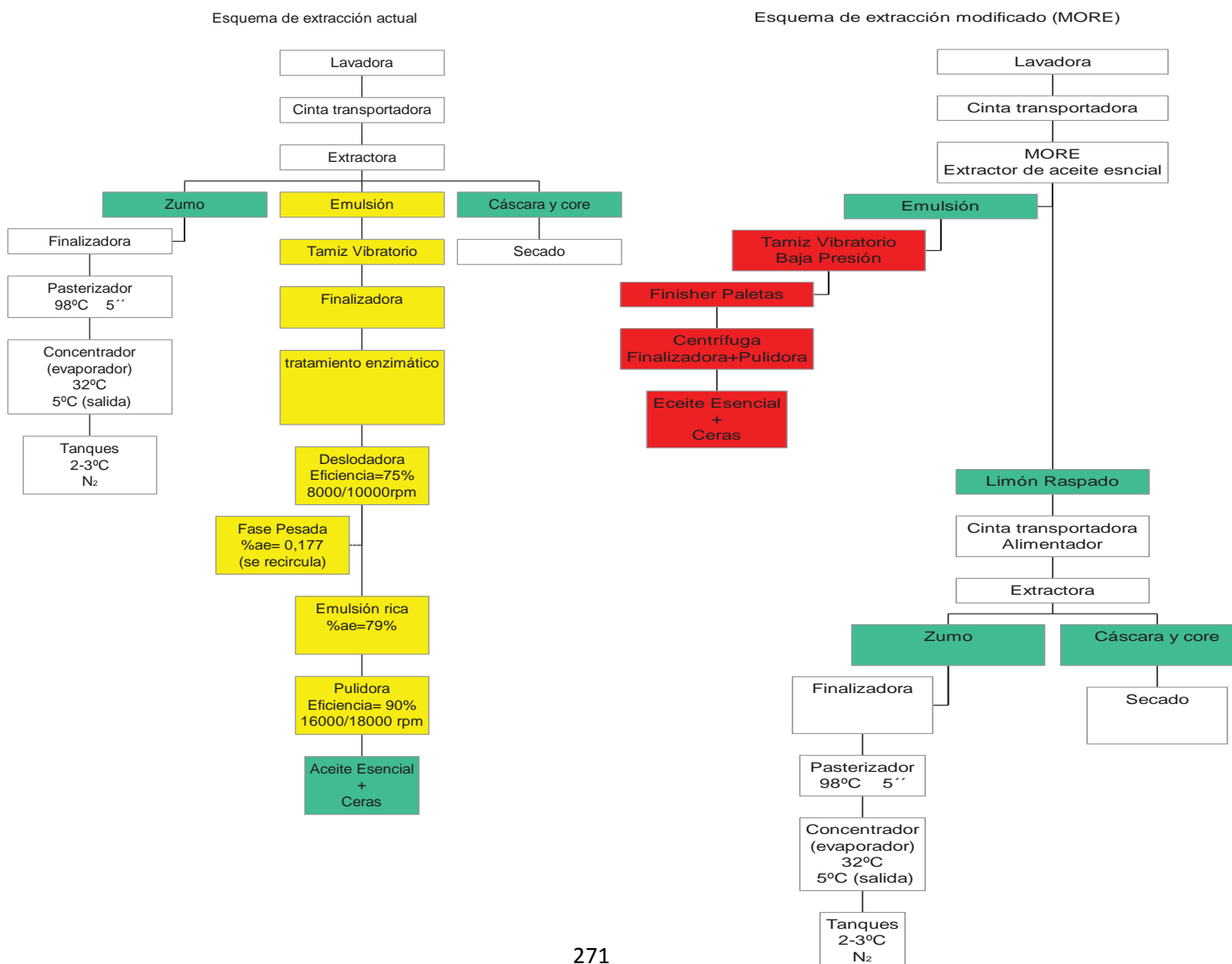


Imagen 7.1. Esquema de procesado de Limón clásico, para extracción de aceites esenciales, zumo y pulpa

Imagen 7.2. Esquema de procesado de Limón con incorporación del equipo MORE, para la optimización de la recuperación de aceites esenciales

7.2.2.2. Descripción de los ensayos realizados con el equipo MORE, en la línea de procesado de Limón.

7.2.2.2.1. Primer set de ensayos.

El equipo prototipo More tiene una capacidad de procesado de fruta variable que varía de 300 a 600 kg / hora de fruta aunque este prototipo puede ajustarse para otras cantidades menores y depende siempre de la integridad de la fruta. En estos 5 ensayos, realizados entre Mayo y Junio, se fijó un tiempo de proceso t y una velocidad de rotación $U1$ y traslación $U2$ de los rodillos constantes, también se fijó el caudal de agua de alimentación:

1. $t = 10$ minutos
2. Velocidad de rotación $U1 = 70$ rpm, en el primer rodillo de cada bloque de 4.
3. Velocidad de Traslación $U2 = 30$ spm.
4. También se fijó el caudal de agua de alimentación para la recogida del aceite, al equipo $Q = 1.4$ g.p.m. = 319 l / hora.

Ensayo	Futa	Calibre	Kg de Fruta procesada
1	Limón Verna	Sin Calibrar	118.9
2	Limón Verna y Fino	Sin calibrar	101.1
3	Limón Verna	Sin calibrar	200.0
4	Limón Verna	< 80 mm	138.9
5	Limón Verna	66 – 80 mm	351.0

Tabla 7.1. Ensayos de procesado de limón español

Resultados de los ensayos.

En la tabla 7.2 se muestran los valores de Aceite esencial obtenidos en los ensayos

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
	A.E. Kg/ton	A.E. Kg/ton	A.E. Kg/ton	A.E. Kg/ton	A.E. Kg/ton
FRUTA ENTRADA	3,78	5,03	2,26	2,87	2,98
FRUTA SALIDA	0,4	0,84	0,78	0,87	0,6
Eficiencia raspado	89.41%	83.30%	65.48%	69.68%	79,86%

Tabla 7.2. Resultados analíticos de los ensayos de A. Esencial



Imagen 7.3. Fotos de fruta antes y después del paso por el MORE

Estos primeros resultados nos muestran una tendencia a aumentar la eficiencia en la recuperación de aceite esencial cuando aumenta el tiempo de permanencia de la fruta en el equipo. A menor cantidad de fruta procesada por hora, más tiempo de raspado, mayor eficiencia en la recuperación de aceite esencial y destrucción de la integridad de la fruta.

7.2.2.2.2. Ensayos de extracción de aceite esencial con variación de la velocidad de alimentación.

Pretendemos ver la eficiencia de recuperación de aceites esenciales del Limón español con diferentes velocidades de alimentación de fruta por hora y como afecta esta recuperación mediante escarificación o raspado de la corteza, previo a la extracción del zumo.

Se fijan las condiciones de trabajo del equipo:

- Velocidad de rotación de los rodillos U1 = 70 rpm.
- Velocidad de translación de los rodillos U2 = 38 spm.
- Caudal de agua de alimentación Q = 240 l/h.

Se modifica el tiempo de permanencia de la fruta en el More variando la velocidad de alimentación de esta. Se fijan 3 ensayos con 3 diferentes caudales de fruta alimentada:

- Ensayo A. Velocidad de alimentación 1050 kg /h. Tiempo de raspado: 1'.
- Ensayo B. Velocidad de alimentación 450 kg/h. Tiempo de raspado: 2'.
- Ensayo C. Velocidad de alimentación 300 kg/h. Tiempo de raspado 3'.

Resultados de los ensayos.

Ensayo	Kg/hora Fruta procesada	A.E. Kg/t fruta antes MORE	A.E. Kg/t fruta Después MORE	% Eficiencia	% Zumo Fruta Fres	% Zumo Fruta raspada
A	1.050	6.40	1.75	72.73	42.0	41.0
B	450	6.17	1.36	77.95	42.5	38.5
C	300	6.54	1.39	78.78	41.8	38.5

Tabla 7.3. datos del ensayo de raspado con el More para la recuperación de aceites esenciales

Se observa que el máximo rendimiento del equipo se obtiene para la velocidad inferior de alimentación de la fruta o mayor tiempo de permanencia de la fruta en el proceso de raspado 300 Kg /h y 3' de permanencia. También puede verse en la tabla que al aumentar el raspado disminuye la consistencia de la fruta y por tanto, su resistencia en el proceso de extracción, perjudicando este y obteniendo un rendimiento en zumo inferior. Hemos pues de buscar un equilibrio que maximice ambas extracciones. La agresividad del sistema aumenta al aumentar el raspado:

- Más tiempo de la fruta en el equipo, menos volumen procesado.
- Más velocidad de rotación.
- Más velocidad axial.

La combinación de estos elementos nos permite maximizar el proceso en recuperación de aceites esenciales y zumo. Esta maximización se hará en función del tipo de fruta. Hay frutas con corteza gruesa y resistente al raspado Limón Vs Mandarina, siendo más difícil de procesar a través del MORE esta última. El estado de madurez hace perder tersura y resistencia a la corteza y es más difícil recuperar el aceite por escarificación

7.2.2.3. Ensayo de Extracción y Recuperación de Aceite Esencial de Limón con Prototipo More y Centrífuga Alfa-Laval (Upvx 507 Agt 14).

Con este ensayo se pretende ver la eficiencia de extracción del aceite esencial en un sistema continuo como se presentaría en una industria de procesamiento de cítricos. La alimentación de fruta fue de 300 kg/h, en la que la eficiencia fue máxima en el ensayo anterior y que supone un tiempo de raspado de 3 minutos aproximadamente.

Procedimiento con Limón Verna

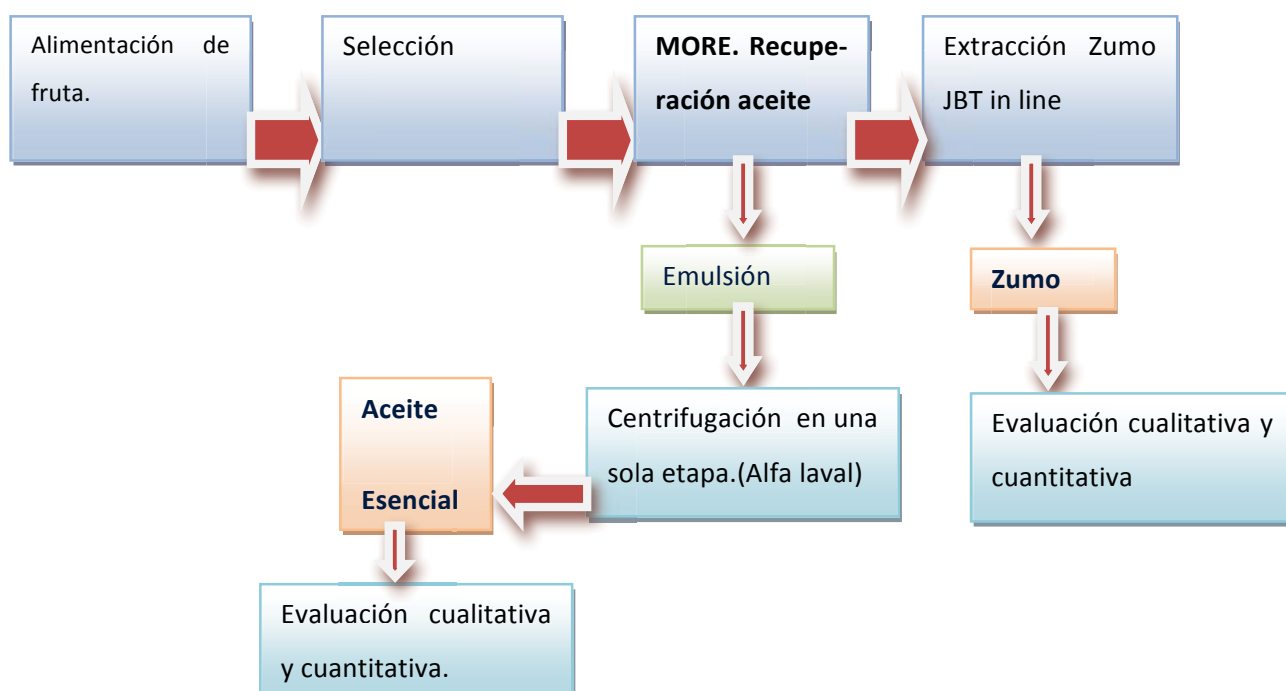


Imagen 7.4. Extracción de aceite esencial en Limón español con prototipo MORE de JBT

Las condiciones de proceso fueron:

- Velocidad de alimentación del More: 300 kg/h. 3 minutos de raspado.
- Velocidad de rotación de los rodillos: 70 r.p.m.
- Velocidad de traslación de los rodillos: 38 s.p.m.
- Caudal de alimentación de agua de la balsa: 240 l/h.

Se procesaron previamente 482 kg de Limón Verna para obtener una concentración inicial adecuada de aceite en la emulsión del equipo, obteniendo una concentración en aceite de 0.832%. Una vez concentrada la emulsión en la balsa del prototipo, se procesó el resto de la fruta, 1082 Kg. de Limón Verna procedente de Murcia, no calibrado. El contenido en Aceite esencial (Método Scott), en la fruta fue de 5.3 kg de Aceite disponible en 1.000 kg de Fruta. Tras la extracción, que duró aproximadamente 3.5 horas, se recogieron un total de 700 litros de emulsión sin apenas sólidos en suspensión ni trozos de corteza que indican que el raspado fue muy suave y suficiente para recuperar una cantidad importante del aceite disponible en la fruta, sin perjudicar su consistencia. Debe considerarse el uso de una cantidad inferior de agua para conseguir una emulsión con una concentración de aceite de al menos 1 %. Para la recuperación del aceite se trabajó con Centrífuga Alfa-Laval (UPVX 507 AGT 14) de forma que tras dos horas de funcionamiento se recuperaron 4 litros de aceite esencial.

Los resultados obtenidos fueron:

Fruta	Kg Fruta procesada	A.E. Kg/t fruta antes MORE	A.E. Kg/t fruta Después MORE	% Eficien raspado	% Zumo Fruta Fresca	% Zumo Fruta raspada	Reducción Rendimiento %
Limón Verna	1082	5.238	0.486	90.7	45.1	40.1	5.0

Tabla 7.4. Resultados de los ensayos de recuperación de aceites en MORE. Proceso industrial continuo

En las figuras 7.1. y 7.2. se observa la evolución del contenido en aceite esencial de la emulsión en el proceso de extracción, así como la evolución de la acidez de la emulsión. Cuando recirculamos el agua de la emulsión tras su separación en centrífuga y previo filtrado de esta a 0.020 mm, incrementamos el contenido en aceite de la emulsión manteniendo la agresividad del raspado por el residual de aceite remanente tras la centrífuga. Lo mismo sucede con la acidez, si recirculamos el agua. Además nos da una idea de la agresividad del raspado. En general el raspado es muy suave porque no genera apenas sólidos en la emulsión, siendo fácil de centrifugar.

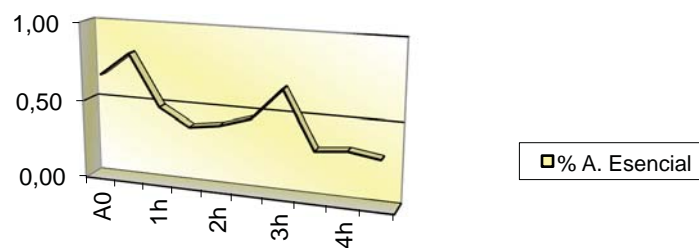


Figura 7.1. Evolución del % de aceite esencial en la emulsión durante extracción en prototipo More

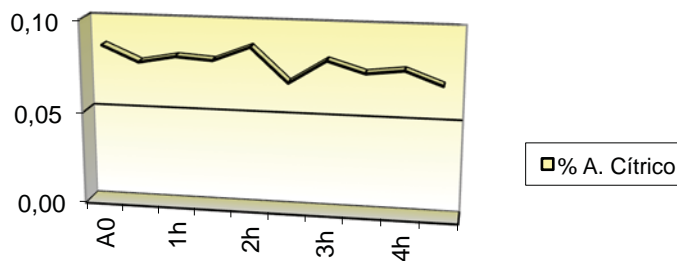


Figura 7.2. Evolución del % de ácido cítrico en la emulsión durante extracción en prototipo More

El volumen de emulsión recogido fue de 700 litros, bastante limpia, sin residuos de frit y con muy pocos sólidos en suspensión, con una concentración variable muy fácil de separar (Figura 7.1.). El volumen de aceite esencial recuperado en centrífuga ALFA LAVAL fue de 4.2 kg, considerando la eficiencia de las centrífugas, etc.

Tras la recuperación del Aceite esencial, se hizo una extracción de zumo en la extractora JBT-in line, con fruta sin pasar por el equipo MORE y otra con fruta tras el paso por él para comparar rendimientos de extracción de zumo. Se procesaron 60 Kg. de fruta fresca y 60 Kg. de fruta procesada por el MORE, los resultados fueron los siguientes:

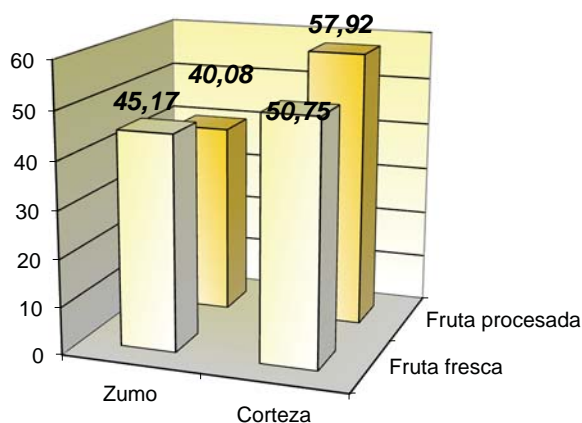


Figura 7.3. Rendimientos en zumo y rechazo obtenidos en extractora JBT - in line antes y después del procesado en prototipo More

Se observa una disminución de zumo recuperado y un aumento de los desechos (corteza, semillas, etc) en la fruta procesada con el MORE, frente a la fruta no procesada. La fruta, tras pasar por el MORE, presenta una menor consistencia que perjudica la extracción de zumo en las extractoras JBT. Esta diferencia en el rendimiento de Zummo recuperado depende de la agresividad aplicada en el MORE.

7.2.2.4. Otros Ensayos de Extracción de Aceites Esenciales con MORE.

Se hicieron diferentes ensayos con Limón y otros cítricos con diferentes condiciones de proceso que dieron resultados en eficiencia de recuperación de aceite diferentes.

Ejemplo 1. Variables de proceso:

- Velocidad de rotación rodillos: 70 rpm
- Velocidad de traslación: 40 spm

- Caudal de agua: 3.2 l/min = 192 l/ hora.

Para diferentes caudales de fruta, obtenemos diferentes eficiencias de recuperación de aceite esencial respecto al disponible de la fruta. También se producen diferentes valores con frutas diferentes.

Fruta	Kg/h Fruta procesada	Eficiencia recuperación % Aceite Recuperado /A. Disponible	Kg/h Fruta procesada	Eficiencia recuperación % Aceite Recuperado /A. Disponible
Lima Mexico	300	71.6	500	57.5
Bergamota	300	90.1	500	86.1
Pomelo rojo	300	79.6	500	76.2

Tabla 7.5. Valores de eficiencia de recuperación de aceite esencial de Cítricos en MORE

Al aumentar el caudal de fruta disminuye el tiempo de permanencia de la fruta en el raspado y disminuye la eficiencia de recuperación de aceite esencial de la fruta, respecto al disponible. Igual sucede al variar la agresividad de raspado, al aumentarla, aumenta la recuperación de aceites esenciales y disminuye la consistencia del fruto, disminuyendo su rendimiento en Zumo, en la extractora *in line*.

Ejemplo 2.

Si contamos con las mismas condiciones de trabajo anteriores, manteniendo el mismo caudal de fruta procesada por hora y variando la agresividad del raspado, variando la velocidad de giro de los rodillos. Aumenta la recuperación con la agresividad.

Velocidad de giro	% Eficiencia recuperación Aceites Esenciales
50 rpm	92.0
60 rpm	93.3
70 rpm	98.2

Tabla 7.6. Valores de eficiencia de recuperación de Aceites esenciales según la agresividad

7.2.3.4. Calidad del Aceite Esencial Obtenido

Se evaluó organolépticamente el aceite esencial obtenido procesando la fruta con el MORE, comparándolo con el obtenido directamente de la extractora JBT in line y el

obtenido con un sistema diferente también de raspado. La presencia de componentes oxidados varía el color del aceite visiblemente, evolucionando a un color más oscuro y menos limpio. Cuando el sistema de extracción de aceite esencial es agresivo, incorpora aire en el proceso que lleva a la oxidación de algunos de sus componentes evolucionando a un color más oscuro. En la figura 7. 17. Puede verse una comparativa del color del aceite esencial obtenido por diferentes tecnologías de extracción.

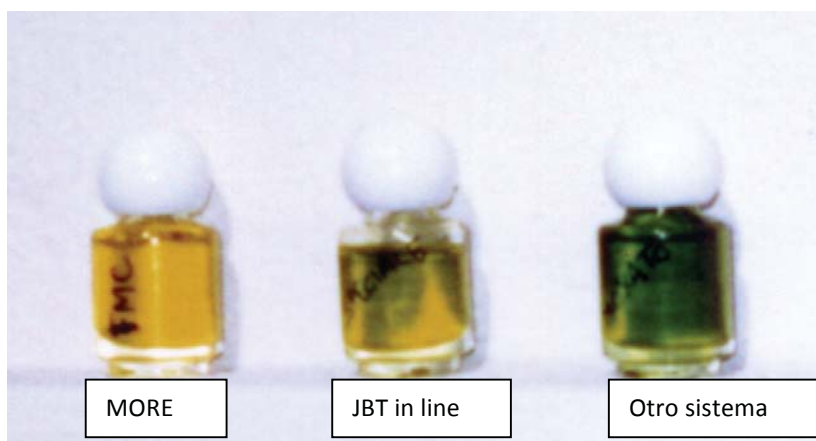


Imagen 7.5. Fotografía de diferentes muestras de aceite esencial obtenido con diferentes tecnologías

La diferencia de color es clara a simple vista. Difícil de medir con los sistemas de medida estándar debido a la reflexión que el aceite presenta. Los componentes oxidados dan lugar al oscurecimiento de la muestra y esto implica también la alteración del perfil aromático del aceite. Aparecen más notas rancias.

Cuando se comparan sistemas de extracción similares, aparte de conseguir una evidente ventaja de eficiencia con el sistema MORE, se consiguen aceites con diferente perfil composicional y por tanto, cromatográfico

Componente	MORE			Extractor in line			Otro sistema raspado		
	R.1	R.2	R.3	R.1	R.2	R.3	R.1	R.2	R.3
α -Pinene	2.68	1.99	2.68	2.37	2.08	1.97	2.15	1.85	1.76
Camphene	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
β -Pinene	8.48	6.72	8.36	6.92	6.58	6.13	7.06	6.55	5.94
Myrcene	1.66	1.19	1.68	1.37	1.22	1.08	1.16	1.06	1.00
P-Cimene	0.45	0.43	0.48	0.40	0.25	0.28	0.36	0.22	0.25

Tabla 7.7. Diferencia en composición de algunos componentes de los aceites esenciales de 3 sistemas. R: resultados

7.2.4. Discusión de Resultados.

A continuación se muestra el esquema del proceso tradicional: 70% media extracción.

1) Sistema tradicional – recuperación media de 70% aceite limón

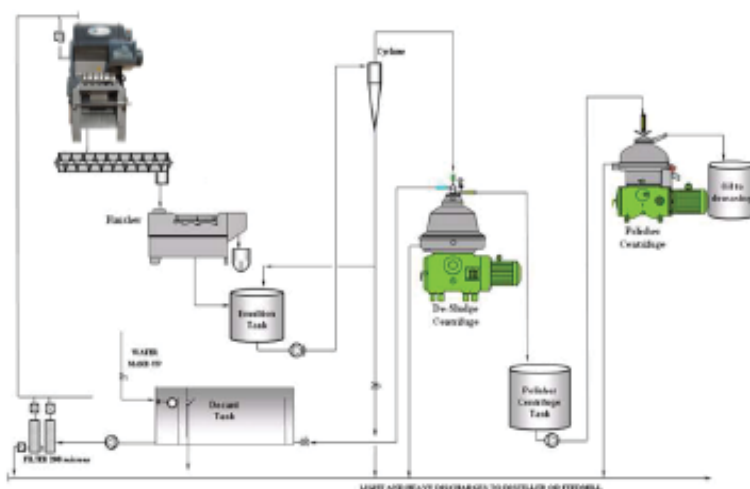


Imagen 7.6. Sistema tradicional de extracción de aceites esenciales de cítricos en extractora de Zumo

La evaluación del sistema de recuperación de aceites esenciales de frutas cítricas puede hacerse comparándolo con el sistema de recuperación más utilizado en el Mundo, la extracción de la emulsión en la extractora in line, en la figura 7.6.

A.E. Disponible	Toneladas de fruta	A.E. Recuperado Tradicional	A.E. Recuperado MORE
55	10	38.5	46.7
550	100	385	467.0
5500	1000	3850	4670.0

Tabla 7.9. Cantidades de A. Esencial recuperado con los 2 diferentes sistemas

Cada 1.000 toneladas de Limón procesadas puede suponer una diferencia de 820 kg de Aceite esencial extra que se obtiene con el sistema MORE. Considerando el precio actual del aceite esencial de más de 30 Euros, supone un incremento importante de la recuperación.

Una planta de procesamiento de Limón en el Mediterráneo procesa una media de 30.000 toneladas por año, lo que puede suponer unos 24.000 kg de aceite extra recuperado. Más de 700.000 euros de incremento de recuperación, respecto al sistema tradicional en cada campaña de procesamiento.

7.3. Conclusiones

La incorporación a una línea de procesamiento de Limón de un sistema previo a la extracción del Zumo, de recuperación de Aceites esenciales More de JBT, en limones de la variedad Verna y Fino de España, supuso el incremento de la recuperación de aceite en al menos un 15 %, que supone 0.5 Kg por tonelada de fruta procesada mínimo.

La calidad del aceite obtenido es claramente superior en aroma y color a la del aceite obtenido con con la extractora JBT in line directo y al obtenido mediante otro sistema de raspado. Considerando que este es un producto consumido en perfumería fundamentalmente, la mejora cualitativa del producto conlleva una mejora en su comercialización.

El manejo del sistema es fácil y presenta muchas opciones de combinación de parámetros de trabajo. La combinación de las variables de funcionamiento, según la

calidad de la fruta procesada, puede conseguir una recuperación un 20 % superior a la obtenida con la extractora in line.

La emulsión obtenida mediante sistema de extracción More tiene características diferentes de las de otras emulsiones, recuperadas con tecnologías distintas y que hacen que el aceite sea más fácilmente separable.

- No presencia de frit. Esto implica la no aplicación del finisher en el proceso de recuperación y por tanto la simplificación de dicho proceso.
- Bajo contenido en pectina, facilitándose así la recuperación del aceite de la emulsión. Mejor eficiencia de las centrifugas.
- Menor oxidación de los componentes del aceite, color más claro.
- Aroma más fresco del aceite esencial obtenido.
- No precipitación de ceras, en el aceite conservado a 0º C, durante 8 horas

CAPÍTULO VIII



Capítulo VIII. Conclusiones

- La caracterización del Zumo de Limón de procedencia española, mediante la determinación de los parámetros recogidos en la Guía de Referencia de AIJN para Zumo de Limón, nos permite caracterizar este.
- Los Zumos de limón españoles presentan algunos parámetros que no cumplen con la Guía de AIJN para Zumo de Limón. Estas diferencias nos deben llevar a una revisión de dicha Guía para recoger las características del zumo español.
- Parámetros como ácido cítrico, acidez valorable, A. málico, calcio, magnesio, potasio, cenizas y la mayoría de aminoácidos se muestra por debajo del rango establecido en la Guía de AIJN.
- Los resultados de la caracterización y su cruce con datos climáticos muestran que las condiciones climáticas afectan a diversos parámetros.
- En periodos con noches tropicales, parámetros como el ácido cítrico, acidez valorable, ácido ascórbico, málico, calcio, magnesio, potasio, cenizas y la mayoría de aminoácidos se muestra por debajo o muy cercanos al límite inferior del rango AIJN de referencia.
- Cuando el periodo climático ha estado marcado por largos periodos de sequía, parámetros como fructosa, sacarosa, calcio o sodio, muestran valores próximos a los niveles inferiores de los rangos de la Guía de AIJN para zumo de Limón y en ocasiones por debajo de los límites.
- Hay otros parámetros como el el ratio Cítrico / Isocítrico, ácido cítrico y cenizas que presentan valore por encima del límite máximo establecido en el rango de la Guía de AIJN para zumo de Limón.
- La calidad nutricional de los zumos de limón se ve afectada claramente por las condiciones climáticas.
- El color del zumo de Limón se ve afectado por parámetros como la cantidad de pulpa, sólidos solubles, compuestos orgánicos y grado de concentración del zumo.
- En el procesado de Limón para la obtención de Zumo, hay fracciones del proceso que actualmente son desechadas y que pueden utilizarse para la

obtención de fibra de limón, con unas características muy similares a la fibra procedente de otros cítricos.

- La obtención de fibra de cítricos, procedente de fracciones desechadas del procesado industrial de estos en zumo, tiene un impacto muy positivo en la sostenibilidad del proceso, disminuyendo los vertidos y diversificando la producción.
- La elaboración de fibra dietética es una alternativa competente y rentable para el aprovechamiento de los subproductos procedentes de la industria de transformación de zumos cítricos.
- La recuperación de aceites esenciales de Limón y otros cítricos, mediante el raspado previo a la extracción del zumo, utilizando el sistema More de JBT, aumenta significativamente la eficiencia de la recuperación en limones de la variedad Verna y Fino de procedencia española.
- La recuperación de aceite esencial del Limón con el sistema More de JBT comparado con otros dos sistemas (Tradicional u obtenido en la extractora y otro sistema de raspado) fue muy superior. Esta mayor eficiencia supone un incremento de los beneficios globales del procesado.
- La calidad del aceite obtenido con el sistema More de JBT fue claramente superior en aroma y color a cualquiera de los otros dos aceites obtenidos con los sistemas con los que se comparó. La mejora cualitativa del producto conlleva una mejora en su comercialización.
- El manejo del sistema MORE es fácil y presenta muchas opciones de combinación de parámetros de trabajo. La aplicación de las variables de funcionamiento podría conseguir una recuperación aún mayor a la obtenida.
- La emulsión obtenida mediante sistema de recuperación de aceites esenciales More tiene unas características muy diferentes de las de otras emulsiones, recuperadas con tecnologías distintas y simplifica el proceso de separación del aceite y reduce el consumo de energía.
- Estos procesos de recuperación suponen una alternativa de mejora de la eficiencia de recuperación supone además una mejora de la sostenibilidad global y debe estar presente en cualquier proyecto de procesado de Cítricos.

CAPÍTULO IX



Capítulo IX. Bibliografía

Albaladejo, 1995. El Aceite Esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por Organismos Internacionales. UMU.

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA, AEMET 2015. Plataforma y base de datos online. www.aemet.es

AIJN 2.015. Liquid fruit, Market Report.

AIJN Code of Practices. Versión Abril 2015. Guías de Referencia para Zumos.

AILIMPO, 2015. El Limón de España en el Mundo.

AIJN 2.008. Consumption of fruit juice and nectars in the EU 24, *Fuente: Canadian Wisdom Annual Series 2.008*.

ANDERSON, J.W., SMITH, B.M., GUSTAFSON, N.J. 1994. Health benefits and practical

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the scientific association dedicated to analytical excellence international. 17 ed. Gaithersburg, MD, USA.

ASOZUMOS 2.004. Evolución de las ventas de zumos y néctares en España, *Fuente: Estadística 4*.

ASOZUMOS 2.006. Ventas por sabores de zumos y néctares en España, *Fuente: Estadística 4*.

ASOZUMOS 2.007. Estadísticas Comercio Exterior ZUMOS relativas a los años 2004 a 2006. Secretaría de Estado de Turismo y Comercio, elaborado por ASOZUMOS.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. 1984. Official methods of analysis. 14th Ed. Washington, DC: AOAC.

ATTAWAY, J.A. 1.979. Factors influencing the flavor of grapefruit juice. *Proceedings of the Society of Citriculture* 3: 816-820.

BELITZ, H.D., GROSCH, W. 1997. Química de Alimentos. Segunda edición. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, pp. 336-337, 351-355, 884.

BENAVENTE –GARCIA, O.; CASTILLO J.; MARIN, F.R.; ORTUÑO, A. Y DEL RIO J.A. 1.997. Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 4505-4515.

BERGANZA, J., FUENTES, L., GUIJARRO, J., GARAY, I. 2003. Problemática y posibilidades de aprovechamiento de los subproductos generados en la industria alimentaria de la comunidad económica europea. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 175, 91-94.

BIRDSALL, J.J., DERSE., P.H.,TEPLY., L.J., 1961. Nutrients in California lemons and oranges. II. Vitamin, mineral, and proximate composition. *Journal of the American Dietetic Association* 38 (6), 555-559.

BORROTO, B., LARRAURI, J.A., CRIBEIRO, A. 1995. Influencia del tamaño de partículas sobre la capacidad de retención de agua de la fibra obtenida a partir de cítricos y piña. *Alimentaria*, 89-90.

Brown Citrus Company. Información Técnico Comercial. 2014.

CAMARA, M.M., DIEZ, C., TORIJA, M.E., CANO, M.P., 1999.HPLC determination of organic acids in pineapple juices and nectars. *European Food Research and Technology* 198, 52-56.

CANEL, C., BAILEY-SERRES, J.N., ROOSE, M.L., 1995. In vitro [14C] citrate uptake by tonoplast vesicles of acidless citrus juice cells. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120, 510–514.

CARTER, T.R., PARRY, M.L., HARASAWA, H. AND NISHIOKA, S. 1994. IPCC technical guidelines for assessing impacts of climate change. *IPCC special report CGER-1015-'94. Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP, Geneva.*

CHAPMAN, H.D., RAYNER, D.S., 1969. Copper toxicity: effects on orange yields. *California. Citrograph 54, 131.*

CHAU, C.F., HUANG, Y.L. 2003. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fiber prepared from the peel of citrus sinensis L. Cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 51, 2615-2618.*

CHO, S., DEVRIES, J. W., PROSKY, L. 1997. Análisis de fibra dietética y aplicaciones. Gaithersburg, scientific association dedicated to analytical excellence international, AOAC International.

CLAM, 2014 – 2015. Exportación de Cítricos del Mediterráneo.

COHN, R., COHN, A. L. 1997. Subproductos del procesamiento de las frutas. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.

CROSS, S.D., SEGREDO, G.T., BALLENTINE, P.L. 1993. Extractor de zumos dotado de un cortador modificado formador de tapones. P.E.9003050.

DINSMORE, H.L., NAGY, S., 1972. Colorimetric furfural measurement as an index of deterioration in stored citrus juice. *Journal of Food Science 37, 768-770.*

Directiva 2012/112/UE del Parlamento Europeo y el Consejo, 19, Abril, 2012, relativa a Zumos de Fruta y productos similares para consumo humano.

DUNN, D. C., L. W. DUNCAN, AND J. T. ROMEO. 1998. Changes in arginine, PAL activity, and nematode behavior in salinity-stressed citrus. *Phytochemistry 49, 413–417.*

EMBLETON, T.W., JONES, W.W., PAGE., A.L., 1967. Potassium and phosphorous effects on deficient eureka lemon trees and some salinity problems. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 91, 120-27.

EMBLETON, T.W., JONES.,W.W., 1968. Potassium builds lemon quality. *Better Crops with Plant Food*, 52 (1), 18-19.

EMBLETON, T.W., KIRKPATRICK, J.D., PARKER., E.R., 1952. Field response by orange trees to fosphatic fertilizers. *Citrus leaves* 32 (9), 6-9.

ESCUDERO, E., GONZÁLEZ, P. 2006. Dietary fibre. *Nutrición Hospitalaria* 21,60-71.

FAO. FAOSTAT-Agriculture. Datos estadísticos del periodo 1.997-2.007.

FAO. FAOSTAT – Agriculture. Datos estadísticos 2015.

FERNANDEZ, J., VIUDA, M., SENDRA, E., SAYAS, E., NAVARRO,C., PEREZ,J. 2007. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research Technology* 226,1-6.

FIGUEROLA, F., HURTADO, M. L., ESTEVEZ, A. M., CHIFFELLE, I., ASENJO, F. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91, 395-401.

FMC FOOD TECH REPORTS, 2.007. Orange Juice World Market Trade 2.007, Juice situation 2.007. *Fuente: Foreign Agricultural Service Horticultural & Tropical Products Division, USDA.*

FMC FOOD TECH, 1.999/2.000. Programa de caracterización Fruta/Extractor. Citrus System Division. *Planta Piloto, Araracuara, Brasil.*

FMC Food Tech. Citrus Extractor Reference Guide. *FMC Food Tech Citrus Systems. Lakeland, Florida.*

Francis, J.M. 1972.Colorimetry Of Foods: Orange Juice. *Journal of Food Science* 37 (3) 389–393.

Fuentes, C. 2003. Subproductos de la industria extractora de zumo de limón. Trabajo fin de carrera de Universidad Miguel Hernández.

GIACOMO, A., LEUZZI, U., MICALI, G., 1974. Amino acids of lemon juice. *Essenze e Derivati Agrumari* 44, 242–53.

GIRARD, B., MAZZA, G., 2000. Productos funcionales derivados de las uvas y de los cítricos. En *Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza. Ed. Acribia. 457 pp.*

GONZÁLEZ-MOLINA, E., MORENO, D.A., GARCÍA-VIGUERA, C., PERLES, R., 2009. Natural bioactive compounds of Citrus lemon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 3 (2), 327-345.

GONZÁLEZ-MOLINA, E., MORENO, D.A., GARCÍA-VIGUERA, C. 2008. Comparison of “Verna” lemon juice quality for nutraceutical compositions. *Scientia Horticulturae*, 120 (2009) 353–35.

GONZÁLEZ-MOLINA, E., MORENO, D.A., GARCÍA-VIGUERA, C., 2008. Genotype and harvest time influence the phytochemical quality of Fino lemon juice (*Citrus limon* (L.) Burm. F.) for industrial use. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1669-1675.

GORINSTEIN, S., BELLOSO, O., PARK, Y. S., HARUENKIT, R., LOJEK, A., CIZ, M. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry* 74, 309–315.

GREEN, A.D., WELLS., A.D., 1971. Characteristics of the peel, rag and juice fractions of Sicilian Lemons., 11, 55-78.

GRIGELMO, N., IBARZ, A.,BELLOSO, O. 1999. Flow properties of orange dietary fiber suspensions. *Journal of Texture Studies*, 30, 245 –257.

GRUPO DE TRABAJO III DEL IPCC 2000. Resumen para responsables de políticas. Escenarios de emisiones Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. *Informe especial*.

GUARNER. 2008. Libro Blanco de la Fibra Dietética. Corporación Alimentaria Peñasanta.

HASIB, A., JAOUAD, A., MAHROUZ, M., & KHOULI, M. (2002). Hplc Determination Of Organic Acids In Moroccan Apricot Determinación Por Hplc De Ácidos Orgánicos En Albaricoque Marroquí Determinación Por Hplc De Ácidos Orgánicos En Albaricoque Marroquí. *Cyta-Journal Of Food*, 3(4), 207-211.

HING, K., CHEUNG, P. 2005. Dietary fibers from Mushroom: Preparation and Physicochemical and functional Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 9395-9400.

HUGGART, D. 1954. Measurement and control of color of Orange Juice Concentrate. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 67:210 – 216.

HUGGART D., 1955. Color differences of Citrus Juices and Concentrates using the Hunter Color difference meter. *Food Technology* 9: 27 – 29.

IFU 2, 2005. *Determination of ethanol by Gas Chromatography*.

IFU 3, 2005. *Determination of Acidity*.

IFU 30, 2005. *Determination of Index of Formol*.

IFU 57, 2005. *Determination of free amino acids*.

IFU 9, 2005. *Determination of ash*.

IFU33, 2005. *Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium*.

Intergovernmental Panel on Climate Change WGII. 2007. Segundo grupo de trabajo. Informe AR4.

Intergovernmental Panel on Climate Change WGII. 2012. Informe Especial sobre Manejo de los Riesgos de Eventos Extremos y Desastres como Adaptación al Cambio Climático.

Intergovernmental Panel on Climate Change WGIII. 2014. Tercer grupo de trabajo.

JASSO-CHAVERRÍA, C., VERA-MUÑOZ, J., NUÑEZ-ESCOBAR, R., MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, J., Y Sánchez-García, P., 2001. Distribución de iones en el bulbo húmedo del suelo como producto del fertirriego por goteo. *Agrociencia* 35, 275-285.

JIMÉNEZ, R., CORONA, A., GONZÁLEZ, N., MAGAÑA, A. 2010. Propiedades funcionales de fibra de naranja. Facultad de ciencias biológicas.

KARADENIZ, F., 2004. Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4), 267–271.

KIMALAINEN, H.R., 2004. Quality of *Linum usitatissimum* L. (flax and linseed and *Cannabis sativa* L. (fibre hemp) During the Production Chain of Fibre Raw Material or Thermal Insulations. Department of Agricultural Engineering and Household Technology, University of Helsinki, Helsinki.

KIMBALL, D.A. 2002. Procesado de cítricos. Zaragoza. Ed. Acribia. 463 pp.

KIMBALL, D.A., Norman, S.I. 1990. Processing effects during commercial debittering of California navel orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38 (6): 1396-1400.

KIMBALL, DAN A. 2002. Citrus Processing. *A complete Guide*, 2ª. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

KURATA, T., SAKURAI, Y., 1967. Degradation of L-Ascorbic and Mechanism of Non enzymatic browning reaction. *Agricultural and Biological Chemistry* 31, (2) 170-176.

LAENCINA, J. y CARPENA, O. 1974. Perspectivas de la transformación industrial del limón español. *Rev. Las Ciencias*, XXXIX (1), 40-49.

LAFUENTE, B. Pérez, R., San Leon, J. 1.973. Ensayos comparativos de los extractores FMC "In Line" y de "piñas giratorias". Rendimiento y calidad de los zumos de naranja Comuna. *Rev. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 13/4, 567-572.

LARRAURI, J.A. PERDOMO, U, FERNANDEZ, M., BORROTO, B. 1995. Selección de método más apropiado para la elaboración de tabletas de fibra dietética. *Alimentaria*, 265, 67-70.

LEEMANS R., VAN DEN BORN G., BOUWMAN L. 2014. Integrating land-use change and evaluating feedbacks in global change models: The IMAGE 2 approach. *Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects FAO*.

Ley de Snell-Descartes.

Libro del Zumo. Asozumos, 2012.

LÓPEZ, J. 1.995. La naranja, composición y cualidades de sus zumos y esencias. Ed. Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura y Medio Ambiente.

LORENTE J., VEGARA S., MARTÍ N., IBARZ A., COLL L., HERNANDEZ J., VALERO M., SAURA D., 2.014. Chemical guide parameters for Spanish lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) juices. *Food Chemistry* 162 (2014) 186–191

MARAUJJA, M.D., BLAIR, J.S., OLSEN, R.W., WENZEL., F.W., 1973. Furfural as an indicator of flavour deterioration in canned citrus juices. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 86, 270-75.

MARRIQUE, n., GONZALEZ, R., OTHMAN, M., HARDAN, A., GARCIA, F., BELLO, L. Caracterización de mezclas de almidones de mango y plátano pregelatinizados mediante diferentes condiciones de extrusión.

MARTÍ, N. 2.004. Calidad y rendimientos de extracción en zumos cítricos mediterráneos. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche.

MARTÍNEZ, R. 1999. El análisis multivariante en la investigación científica. Ed. Ibérica Grafic, S.A. Madrid.

MARTINS, M., MATTOSO, L. 2009. Chemical and structural Characterization of sisal Fibers from agave sisalana variety. *Ciencia e Tecnologia* 19, 40-46.

MATAIX, J., MAÑAS, M., LLOPIS, J., MARTÍNEZ, MUÑOZ, E., SÁNCHEZ, J., BORREGÓN., MARTÍNEZ, A. 1998. Tabla de composición de alimentos españoles. 3ª ed. Universidad de Granada.

MELGAREJO, P. 2010. Formulación y estabilidad de un zumo funcional a base de granada y caqui. *TFC. Universidad Miguel Hernández de Elche*.

MENDENHALL, SHEAFFER, WACKERLY, 1993. Estadística matemática con aplicaciones. 751 pp.

MINATO, K., MIYAKE, Y., FUKUMOTO, S., YAMAMOTO, K. SHIMOMURA., Y. OSAWA, T., 2003. Lemon flavonoid, eriocitrin, suppresses exercise-induced oxidative damage in rat liver. *Life Science* 72, 1609–1616.

MIYAKE, Y., YAMAMOTO, K., MORIMITSU, Y., OSAWA, T., 1998. CHARACTERISTICS OF ANTIOXIDATIVE FLAVONOID GLYCOSIDES IN LEMON FRUIT. *Food Science and Technology International, Tokyo* 4, 48–53.

MONGEAU, R., BROOKS, S. 2003. Dietary fiber. Elsevier Science. All Rights Reserved 1813-1823.

MOUFIDA, S., MARZOUK, B., 2003. Biochemical Characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry* 62 (8), 1283-1289.

MUÑOZ, N. 2004. Incremento de la calidad de zumos cítricos mediante la eliminación de residuos de pesticidas. *Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche*.

NOLTE, K. D., A. D. HANSON, AND D. A. GAGE. 1997. Proline accumulation and methylation to proline betaine in Citrus: Implications for genetic engineering of stress resistance. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122:8–13.

NÚÑEZ, J.M., 1988. Modificaciones químicas en el limón y derivados durante el procesado el almacenamiento. *Tesis Doctoral. CSIC. Murcia.*

OVANDO, C., WALISZEWSKI. 2005. Preparativos de celulosas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y Ciencia* 21, 113-122.

PARKER, E.R.; JONES, W.W. 1951 Effects of fertilizers upon the yields, size and quality of orange fruits California (Estados Unidos): University of California,. 57p. Bulletin.

PÉREZ-PÉREZ, J.G., PORRAS, I., GARCÍA-LIDON, A., BOTÍA, P., GARCÍA-SÁNCHEZ, F., 2005. Fino lemon clones compared with two other lemon varieties on two rootstocks in Murcia (Spain). *Scientia Horticulturae* 106, 530-538.

PROSKY, L., ASP, N., SCHWEIZER, T., DE VRIES, J. W., FURDA, I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fibre in foods and food products: interlaboratory study. *Journal Association of Official Agricultural Chemists International*, 71, 1017–1023.

ROBERTS, J.A., GADDUM, L.W. 1937. Composition of Citrus Fruit Juices. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29 (5), 574-575.

ROBERTSON, J. A., MONREDON, F. D., DYSELER, P., GUILLON, F., AMADO, R., THIBAUT, J. F. 2000. Hydratation properties of dietary fiber and resistant starch: A European collaborative study. *Food Science and Technology* 33, 72–79.

RODRIGO, M.I., CASAS, A., MALLENT, D. 1978. II- Influencia de la composición en nitrógeno, fósforo y potasio de los fertilizantes. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 18 (2), 193-198.

CAPÍTULO X



Tabla Anexo 3.5. Datos de ácido Cítrico (g/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003				2003-2004				2004-2005			
	DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	42,88	0,91	50,31	1,39	63,99	1,45	60,76	2,01	53,88	2,04	51,80	3,62
Febrero	51,56	7,01	49,40	3,78	63,05	3,39	59,30	2,65	56,28	3,28	51,08	5,65
Marzo	57,87	1,41	49,60	5,50	62,58	3,14	61,19	0,80	50,60	3,33	49,00	4,70
Abril	51,14	5,02	47,49	6,94	54,44	8,97	52,99	8,53	45,40	2,65	48,57	2,02
Mayo	48,38	9,51	47,99	10,30	44,92	0,93	51,76	0,84	49,12	5,60	47,12	6,87
Junio	41,67	4,67	44,72	7,11	64,61	14,96	58,96	4,85	53,20	4,77	55,54	7,60
Julio					54,95	0,11	54,16	0,80	48,20	4,81	45,05	0,35

Tabla Anexo 3.6. Datos de ácido Isocítrico (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003				2003-2004				2004-2005			
	DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	220,00	35,90	211,00	16,48	216,65	34,01	221,37	76,74	446,93	11,53	340,50	24,79
Febrero	247,16	39,59	210,78	19,38	235,14	30,06	237,57	42,51	322,88	22,34	298,33	45,48
Marzo	263,60	37,69	194,73	63,16	205,06	18,18	200,85	21,85	298,80	21,02	290,10	24,97
Abril	198,10	50,13	210,48	54,91	219,80	42,49	212,18	33,86	305,58	43,06	317,06	60,34
Mayo	153,80	27,19	181,62	37,23	261,89	18,83	298,51	52,06	288,10	28,75	294,44	33,22
Junio	199,19	57,33	240,30	73,97	330,62	52,77	321,83	43,10	365,48	28,48	307,83	10,87
Julio					305,50	14,85	245,22	55,47	334,35	29,63	342,70	11,17

Tabla Anexo 3.10. Datos de Fructosa (g/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003			2003-2004			2004-2005					
	DIRECTO		INDUSTRIAL	DIRECTO		INDUSTRIAL	DIRECTO		INDUSTRIAL			
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD		
Enero	8,53	0,59	5,96	0,67	6,62	1,27	6,90	0,29	6,00	0,64	7,25	0,65
Febrero	7,26	1,07	6,87	0,72	6,80	0,85	6,79	1,04	5,85	0,86	6,65	1,89
Marzo	7,78	1,44	8,85	0,80	7,18	0,75	6,45	0,75	8,42	0,83	8,10	1,34
Abril	7,28	0,84	8,55	0,93	7,00	1,25	7,66	0,67	7,92	2,03	8,15	1,23
Mayo	7,38	0,82	7,80	1,07	7,20	0,42	7,98	0,43	7,12	1,20	8,06	0,32
Junio	5,80	0,79	8,11	1,22	8,70	0,38	7,54	0,64	6,68	0,79	7,30	1,41
Julio					9,80	0,14	7,91	1,13	5,30	0,14	6,75	1,34

Tabla Anexo 3.11. Datos de Sacarosa (g/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003			2003-2004			2004-2005					
	DIRECTO		INDUSTRIAL	DIRECTO		INDUSTRIAL	DIRECTO		INDUSTRIAL			
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD		
Enero	4,98	1,25	5,34	0,15	5,58	0,33	2,96	1,38	5,45	0,62	3,35	0,91
Febrero	5,46	0,30	4,47	1,31	4,40	0,47	3,56	1,21	3,88	1,19	4,07	1,19
Marzo	5,30	0,70	5,41	0,46	3,66	1,21	3,45	0,96	3,88	0,61	4,20	1,29
Abril	4,98	1,12	3,63	1,07	3,38	0,62	2,81	0,88	3,66	1,29	3,84	0,53
Mayo	3,73	1,17	3,33	1,27	2,25	0,35	1,78	0,02	2,52	0,80	2,77	0,45
Junio	3,45	0,67	2,34	0,42	4,83	0,76	2,32	0,55	2,63	1,28	2,14	0,97
Julio					4,40	0,14	2,91	0,79	2,65	1,20	2,85	0,21

Tabla Anexo 3.14. Datos de Potasio (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	INDUSTRIAL		INDUSTRIAL		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	1403,08	188,78	1466,62	72,99	1423,90	184,96
Febrero	1571,32	99,99	1356,61	148,83	1463,62	93,25
Marzo	1497,10	201,68	1657,60	111,92	1141,30	50,95
Abril	1529,04	124,98	1447,95	190,78	1150,84	127,58
Mayo	1172,63	187,32	1656,49	164,10	937,20	25,88
Junio	1123,10	181,40	1298,17	138,28	868,11	125,54
Julio					994,30	8,06
					1044,04	187,29
					1281,15	67,25
					1378,75	116,85
					1460,60	188,58
					1172,87	119,37
					1288,15	99,90
					1380,97	101,65
					1380,84	104,29
					1409,63	196,25
					1271,78	121,41
					1156,38	56,58
					1288,15	166,09
					1380,97	42,87
					1380,84	62,97
					1409,63	93,26

Tabla Anexo 3.15. Datos de Sodio (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	INDUSTRIAL		INDUSTRIAL		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	22,98	10,22	17,87	4,87	13,70	3,26
Febrero	13,78	2,38	20,18	8,38	13,38	1,24
Marzo	9,40	3,06	18,10	6,00	39,00	22,86
Abril	16,42	3,82	27,59	9,20	78,84	14,47
Mayo	13,28	6,69	32,79	25,74	40,00	1,27
Junio	11,13	3,20	19,07	6,06	34,29	6,28
Julio					62,40	6,51
					117,84	12,60
					35,65	27,65
					11,35	3,89
					38,18	9,13
					21,97	2,84
					34,45	6,09
					32,42	12,77
					39,43	11,00
					33,01	27,65
					60,00	3,89
					11,15	11,15
					8,08	8,08
					12,16	12,16
					19,75	19,75
					19,80	19,80
					12,74	12,74
					60,00	60,00

Tabla Anexo 3.16. Datos de Fosforo (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005							
	INDUSTRIAL		INDUSTRIAL		INDUSTRIAL							
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD						
Enero	446,03	36,86	337,90	53,49	265,19	49,87	269,97	25,17	280,20	13,56	267,48	3,64
Febrero	315,44	36,08	333,73	50,21	316,93	56,13	286,03	25,45	270,90	43,88	251,58	48,15
Marzo	365,67	70,94	342,06	33,58	279,48	36,70	289,08	40,21	264,02	10,31	254,82	23,53
Abril	296,88	26,18	298,74	67,45	297,60	82,94	288,47	21,89	292,44	70,35	354,48	64,24
Mayo	305,27	43,66	452,77	31,08	231,56	3,20	298,51	52,06	260,60	9,15	325,77	48,98
Junio	411,47	22,51	400,12	29,37	313,15	35,88	297,61	40,55	286,35	30,25	328,76	24,46
Julio					337,30	26,73	287,53	38,22	302,05	66,11	374,70	17,96

Tabla Anexo 3.17. Datos de Sulfatos (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005							
	INDUSTRIAL		INDUSTRIAL		INDUSTRIAL							
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD						
Enero	27,50	3,40	27,21	2,80	23,64	2,40	23,64	2,22	56,00	4,50	67,00	3,60
Febrero	28,34	5,60	30,53	3,20	14,34	3,01	23,16	2,13	10,00	1,30	47,90	3,39
Marzo	25,93	2,10	38,39	1,76	17,45	1,87	26,93	1,98	30,00	1,90	67,40	4,20
Abril	30,19	1,60	30,14	2,41	27,73	2,02	25,25	1,46	21,00	1,27	55,40	1,37
Mayo	24,89	1,89	28,67	2,75	37,17	1,40	32,01	1,61	21,00	2,22	55,40	2,16
Junio	27,92	1,33	31,34	3,28	24,32	1,80	36,81	1,73	39,00	2,60	42,00	1,99
Julio					25,35	1,33	26,98	1,13	37,70	1,89	38,50	2,43

Tabla Anexo 3.20. Datos de Hesperidina (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003				2003-2004				2004-2005			
	DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	461,00	22,66	238,99	17,42	381,40	34,76	381,40	20,03	303,00	27,52	381,00	31,31
Febrero	484,82	62,30	284,00	28,50	317,20	31,31	441,30	29,34	357,00	33,11	290,00	19,57
Marzo	277,81	33,98	550,92	21,94	353,38	19,57	371,23	28,22	449,50	27,45	309,00	33,89
Abril	333,45	27,52	547,00	29,11	360,80	62,30	380,50	31,31	333,10	21,29	399,50	21,87
Mayo	450,00	18,47	260,87	30,60	325,50	33,98	395,00	27,77	477,90	32,98	517,40	27,13
Junio	257,00	28,22	314,99	27,13	391,50	27,52	378,20	30,60	339,70	62,30	250,95	18,47
Julio					340,85	19,95	330,75	27,13	302,70	33,98	305,10	24,31

Tabla Anexo 3.21. Datos de Hidroximetilfurfural (mg/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003				2003-2004				2004-2005			
	DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL		DIRECTO		INDUSTRIAL	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	2,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	1,12	0,00	5,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	5,00	0,00	3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	2,00	0,00	2,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Abril	2,50	0,25	3,15	0,17	5,36	0,13	1,10	0,19	3,05	0,28	5,13	0,16
Mayo	2,00	0,33	3,15	0,19	4,96	0,22	1,13	0,23	3,15	0,19	4,72	0,17
Junio	2,10	0,19	3,15	0,16	2,09	0,31	1,25	0,37	3,20	0,33	1,88	0,33
Julio	--	--	3,10	0,21	5,10	0,33	--	--	3,10	0,21	4,90	0,14

Tabla Anexo 3.24. Datos de Alanina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003			2003-2004			2004-2005			2002-2003			2003-2004			2004-2005		
	MEDIA	± SD		MEDIA	± SD		MEDIA	± SD		MEDIA	± SD		MEDIA	± SD		MEDIA	± SD	
Enero	1,00	0,09		0,99	0,03		0,61	0,09		0,75	0,09		0,95	0,06		0,56	0,06	
Febrero	1,80	0,08		0,99	0,04		0,79	0,08		0,65	0,08		0,95	0,09		0,75	0,09	
Marzo	0,90	0,06		1,00	0,02		0,78	0,08		0,72	0,08		0,95	0,04		0,81	0,08	
Abril	0,90	0,06		1,00	0,06		0,71	0,09		0,45	0,09		0,99	0,08		1,08	0,06	
Mayo	0,91	0,07		1,00	0,09		0,63	0,04		0,51	0,07		1,10	0,09		0,94	0,06	
Junio	0,90	0,02		1,25	0,04		0,85	0,05		0,55	0,05		1,20	0,08		0,65	0,07	
Julio	--	--		1,20	0,08		0,66	0,07		--	--		1,20	0,06		0,85	0,02	

Tabla Anexo 3.25. Datos de Arginina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO			INDUSTRIAL						
	2002-2003		2003-2004	2002-2003		2003-2004				
	MEDIA	± SD	MEDIA	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD			
Enero	0,40	0,05	0,35	0,03	0,19	0,03	0,38	0,06	0,25	0,06
Febrero	0,35	0,02	0,32	0,04	0,17	0,04	0,30	0,03	0,27	0,05
Marzo	0,00	0,06	0,30	0,02	0,17	0,02	0,20	0,04	0,25	0,08
Abril	0,00	0,06	0,30	0,06	0,10	0,04	0,25	0,04	0,43	0,06
Mayo	0,10	0,07	0,30	0,03	0,10	0,07	0,32	0,05	0,51	0,06
Junio	0,11	0,02	0,45	0,04	0,11	0,05	0,40	0,03	0,37	0,07
Julio	--	--	0,31	0,05	--	--	0,30	0,06	0,33	0,02

Tabla Anexo 3.26. Datos de Asparragina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO			INDUSTRIAL						
	2002-2003		2003-2004	2002-2003		2003-2004				
	MEDIA	± SD	MEDIA	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD			
Enero	1,30	0,05	1,19	0,10	1,03	0,06	1,20	0,06	3,08	0,06
Febrero	2,00	0,09	1,20	0,08	0,91	0,07	1,19	0,03	2,82	0,15
Marzo	1,15	0,10	1,21	0,12	1,27	0,08	1,00	0,04	2,96	0,18
Abril	1,00	0,06	1,05	0,06	0,74	0,09	1,05	0,04	2,97	0,16
Mayo	0,95	0,07	1,05	0,13	0,78	0,07	1,12	0,05	1,11	0,16
Junio	0,99	0,17	1,22	0,04	0,85	0,09	1,20	0,03	1,44	0,07
Julio	--	--	1,20	0,08	--	--	1,25	0,06	2,82	0,20

Tabla Anexo 3.27. Datos de Fenilalanina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO				INDUSTRIAL							
	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,10	0,02	0,11	0,03	0,09	0,01	0,07	0,01	0,10	0,03	0,09	0,02
Febrero	0,20	0,03	0,11	0,01	0,21	0,02	0,07	0,01	0,10	0,01	0,15	0,01
Marzo	0,03	0,01	0,10	0,02	0,18	0,02	0,07	0,03	0,09	0,02	0,12	0,03
Abril	0,03	0,01	0,10	0,02	0,23	0,01	0,04	0,03	0,10	0,02	0,23	0,01
Mayo	0,04	0,02	0,10	0,02	0,22	0,03	0,05	0,02	0,15	0,02	0,24	0,02
Junio	0,06	0,01	0,25	0,01	0,24	0,03	0,05	0,01	0,20	0,01	0,25	0,02
Julio	--	--	0,22	0,01	0,09	0,02	--	--	0,20	0,02	0,24	0,02

Tabla Anexo 3.28. Datos de Glicina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO				INDUSTRIAL							
	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,18	0,02	0,09	0,03	0,12	0,01	0,08	0,01	0,10	0,03	0,14	0,02
Febrero	0,10	0,03	0,10	0,01	0,10	0,02	0,07	0,01	0,10	0,01	0,09	0,01
Marzo	0,15	0,01	0,11	0,02	0,06	0,02	0,07	0,03	0,10	0,02	0,06	0,03
Abril	0,10	0,01	0,12	0,02	0,08	0,01	0,03	0,01	0,12	0,02	0,07	0,01
Mayo	0,09	0,02	0,12	0,02	0,08	0,03	0,06	0,02	0,16	0,02	0,06	0,02
Junio	0,10	0,01	0,22	0,01	0,11	0,03	0,08	0,01	0,20	0,01	0,08	0,02
Julio	--	--	0,22	0,01	0,05	0,02	--	--	0,20	0,02	0,11	0,02

Tabla Anexo 3.31. Datos de Histidina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,01	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
Febrero	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Abril	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Mayo	0,04	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Junio	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
Julio	--	--	0,00	0,00	0,05	0,01	--	--	0,00	0,00	0,03	0,00

Tabla Anexo 3.32. Datos de Isoleucina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,04	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00
Febrero	0,05	0,00	0,06	0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
Marzo	0,02	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00
Abril	0,02	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
Mayo	0,02	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
Junio	0,03	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00
Julio	--	--	0,06	0,00	0,05	0,01	--	--	0,05	0,00	0,06	0,00

Tabla Anexo 3.33. Datos de Leucina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,05	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00
Febrero	0,03	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00
Marzo	0,02	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
Abril	0,03	0,00	0,05	0,01	0,06	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
Mayo	0,03	0,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,06	0,01	0,05	0,00
Junio	0,03	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
Julio	--	--	0,05	0,00	0,05	0,00	--	--	0,00	0,00	0,07	0,00

Tabla Anexo 3.34. Datos de Lisina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,10	0,01	0,10	0,02	0,13	0,02	0,05	0,01	0,10	0,02	0,17	0,02
Febrero	0,08	0,02	0,10	0,02	0,08	0,01	0,04	0,01	0,11	0,02	0,12	0,01
Marzo	0,03	0,02	0,09	0,02	0,09	0,02	0,05	0,01	0,08	0,01	0,10	0,01
Abril	0,03	0,02	0,10	0,02	0,07	0,01	0,02	0,01	0,09	0,02	0,09	0,02
Mayo	0,03	0,01	0,10	0,04	0,07	0,01	0,03	0,01	0,13	0,01	0,08	0,02
Junio	0,04	0,02	0,20	0,02	0,08	0,02	0,03	0,01	0,20	0,02	0,08	0,01
Julio	--	--	0,20	0,02	0,13	0,01	--	--	0,20	0,01	0,08	0,02

Tabla Anexo 3.35. Datos de Metionina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Mayo	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Julio	--	--	0,00	0,00	0,02	0,00	--	--	0,00	0,00	0,02	0,00

Tabla Anexo 3.36. Datos de Prolina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	1,50	0,32	1,40	0,34	3,50	0,50	1,83	0,20	1,45	0,32	3,68	0,22
Febrero	2,00	0,21	1,44	0,41	4,11	0,23	1,57	0,23	1,45	0,13	4,55	0,21
Marzo	1,00	0,18	1,45	0,14	4,28	0,43	1,87	0,14	1,40	0,24	4,41	0,34
Abril	0,95	0,19	1,44	0,23	4,46	0,21	1,16	0,33	1,45	0,45	4,26	0,45
Mayo	0,86	0,12	1,44	0,18	3,14	0,42	1,21	0,21	1,52	0,20	3,73	0,18
Junio	0,86	0,09	1,55	0,22	3,30	0,52	1,31	0,43	1,60	0,43	3,92	0,23
Julio	--	--	1,50	0,31	5,23	0,33	--	--	1,45	0,19	3,30	0,44

Tabla Anexo 3.37. Datos de Serina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	1,30	0,32	1,30	0,34	1,17	0,50	0,77	0,20	1,20	0,32	1,22	0,22
Febrero	2,00	0,21	1,20	0,41	1,11	0,23	0,76	0,23	1,21	0,13	1,05	0,21
Marzo	1,35	0,18	1,22	0,14	1,21	0,43	0,92	0,14	1,19	0,24	1,20	0,34
Abril	1,20	0,19	1,20	0,23	1,56	0,21	0,56	0,33	1,20	0,45	1,92	0,45
Mayo	0,09	0,12	1,20	0,18	1,84	0,42	0,61	0,21	1,25	0,20	1,41	0,18
Junio	1,00	0,09	1,20	0,22	1,38	0,52	0,65	0,43	1,30	0,43	1,32	0,23
Julio	--	--	1,12	0,31	1,43	0,33	--	--	1,10	0,19	1,20	0,44

Tabla Anexo 3.38. Datos de Tirosina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Febrero	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Mayo	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Junio	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Julio	--	--	0,00	0,00	0,03	0,00	--	--	0,00	0,00	0,05	0,00

Tabla Anexo 3.39. Datos de Treonina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO				INDUSTRIAL							
	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,11	0,01	0,11	0,02	0,14	0,01	0,06	0,01	0,10	0,01	0,16	0,01
Febrero	0,09	0,01	0,09	0,01	0,10	0,01	0,05	0,01	0,09	0,01	0,12	0,02
Marzo	0,08	0,01	0,10	0,03	0,17	0,01	0,07	0,02	0,09	0,00	0,14	0,02
Abril	0,08	0,01	0,09	0,02	0,20	0,01	0,04	0,01	0,09	0,01	0,15	0,03
Mayo	0,09	0,00	0,09	0,02	0,15	0,01	0,05	0,01	0,11	0,02	0,19	0,01
Junio	0,08	0,01	0,22	0,02	0,17	0,01	0,05	0,02	0,20	0,02	0,13	0,02
Julio	--		0,20	0,02	0,15	0,02	--	--	0,22	0,02	0,15	0,01

Tabla Anexo 3.40. Datos de Valina (mmol/L) en zumo de limón directo e industrial en diferentes campañas

	DIRECTO				INDUSTRIAL							
	2002-2003		2003-2004		2004-2005		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	0,21	0,01	0,22	0,02	0,08	0,01	0,08	0,01	0,20	0,01	0,09	0,01
Febrero	0,09	0,01	0,21	0,01	0,06	0,01	0,07	0,01	0,20	0,01	0,07	0,02
Marzo	0,07	0,01	0,20	0,03	0,13	0,01	0,09	0,02	0,15	0,00	0,09	0,02
Abril	0,07	0,01	0,17	0,02	0,06	0,01	0,04	0,01	0,17	0,01	0,07	0,03

Mayo	0,07	0,00	0,17	0,02	0,06	0,01	0,06	0,01	0,22	0,09	0,01
Junio	0,09	0,01	0,35	0,02	0,12	0,01	0,06	0,02	0,30	0,10	0,02
Julio	--		0,32	0,02	0,17	0,02	--	--	0,30	0,12	0,01

Tabla Anexo 4.1. Datos de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en zumo de limón directo en diferentes campañas

	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	8,75	1,19	8,00	0,71	8,40	0,00
Febrero	8,70	0,45	7,90	0,22	8,37	0,27
Marzo	8,75	0,96	8,00	0,35	7,73	0,37
Abril	7,40	0,55	9,20	0,84	7,48	0,11
Mayo	6,50	1,29	6,50	0,71	7,24	0,33
Junio	5,88	0,63	7,43	0,53	7,45	0,25
Julio			8,00	0,00	7,40	0,28

Tabla Anexo 4.2. Resultados muestras de zumo de limón analizado en junio de 2014.

Día mes	Brix		Acidez g/l		Sacarosa		Glucosa		Fructosa		Acido cítrico		Ac. L-málico	
	SD		SD		SD		SD		SD		SD		SD	
4	8,03	0,11	55,04	1,83	2,34	0,36	7,71	0,17	5,52	0,24	64,88	0,38	3,98	1,87

Capítulo X

11	8,77	0,13	64,00	2,13	1,55	0,26	6,84	0,14	3,29	0,18	54,11	0,03	2,21	0,47
12	8,87	0,13	65,28	2,18	1,29	0,13	6,33	0,07	3,51	0,26	68,84	0,15	2,38	0,25
18	7,10	0,10	52,67	0,00	0,82	0,02	6,13	0,08	3,33	0,14	61,50	0,02	2,00	0,04
19	7,23	0,10	56,77	1,89	0,36	0,13	5,89	0,05	3,09	0,09	63,80	0,25	1,85	0,02
20	7,33	0,10	57,79	0,00	0,84	0,10	5,29	0,05	2,76	0,18	66,39	0,26	2,16	0,06
23	7,57	0,11	58,75	1,96	0,99	0,01	6,95	0,08	4,10	0,01	65,98	0,03	2,15	0,12
24	7,97	0,11	59,97	2,00	1,14	0,12	7,39	0,09	4,54	0,01	67,66	0,27	2,06	0,19
25	6,93	0,10	54,85	1,83	0,62	0,05	6,20	0,04	3,20	0,08	63,09	0,15	1,98	0,03
26	7,37	0,11	56,51	0,00	0,55	0,00	7,06	0,03	3,69	0,11	64,49	0,19	1,74	0,02
27	6,87	0,10	51,01	1,70	1,11	0,12	5,57	0,01	2,27	0,06	60,56	0,50	1,59	0,05
30	7,57	0,11	57,41	0,00	0,77	0,06	7,23	0,08	4,31	0,11	67,70	0,03	2,00	0,04

Tabla Anexo 4.3. Datos estación meteorológica E.P.S.O.

Estación de RAMBALA-DESAMBARADOS										TEMPERATURAS											
Provincia de ALICANTE										Mes de JUNIO de 2014											
Fechas	Temperatura a 8 h.		Máxima	Mínima	Oscilación	Media $\frac{M+m}{2}$	Fechas	Temperatura a 8 h.		Máxima	Mínima	Oscilación	Media $\frac{M+m}{2}$	Fechas	Temperatura a 8 h.		Máxima	Mínima	Oscilación	Media $\frac{M+m}{2}$	
	A	m						A	m						A	m					A
1	21,0	14,5	30,8	16,6			11			30,8	16,6			21			32,2	18,0			
2	25,9	13,5	32,0	16,1			12			32,0	16,1			22			31,5	18,4			
3	31,5	12,7	36,0	17,0			13			36,0	17,0			23			30,2	21,0			
4	35,1	15,8	37,1	18,4			14			37,1	18,4			24			28,5	18,1			
5	29,5	18,9	30,5	19,0			15			30,5	19,0			25			30,3	18,0			
6	28,8	18,7	27,7	18,5			16			27,7	18,5			26			34,3	18,1			
7	31,3	16,8	27,8	17,6			17			27,8	17,6			27			33,1	18,3			
8	28,0	18,1	29,6	16,5			18			29,6	16,5			28			35,1	18,0			
9	28,2	18,5	28,0	18,3			19			28,0	18,3			29			33,0	21,0			
10	28,5	17,8	29,2	16,3			20			29,2	16,3			30			30,4	18,7			
Década							Década							31							
Media de las máximas	30,5		Máxima del mes		37,1		el 11		Máxima del mes		37,1		el 11								
Ídem de las mínimas	17,6		Mínima del mes		12,7		el 13		Mínima del mes		12,7		el 13								
Ídem mensual a 8 horas	24,1		Oscilación extrema mensual		24,4				Oscilación extrema mensual		24,4										
Suma mensual	916,1																				

A En esta columna se anotará la temperatura que a la hora de observación señale el extremo de la columna de alcohol del termómetro de mínima.
M En esta columna se anotará la temperatura que señale el extremo del mercurio del termómetro de máxima.
m En esta columna se anotará la temperatura que señale la cabeza del índice más ALEJADA del termómetro de mínima.
La temperatura media se obtendrá sumando la temperatura de las columnas M y m y dividiendo por dos.

Día	PRECIPITACION mm	METEOROS OBSERVADOS m + n	VIENTO DOMI- NANTE	Nombre de la Estación	
				DR. HUBER - DESAMPARADOS	
1	5.5	•	W	Provincia	ALICANTE
2			P	Año	2014
3			P	Mes	Junio
4			P	Observador Gines Sanchez Larrosa	
5			P		
6			P		
7			P		
8			P		
9			P		
10			P	Suma	5.5
11				Numero de dias de:	
				Luvia	4
				Nieve	0
				Grano	0
				Tormenta	1
				Niebla	0
				Rocio	17
				Escarcha	0
				Nieve cubrió suelo	<input checked="" type="checkbox"/> 0
12				NUMERO DE DIAS DE:	
				<0,1 (ip.)	0
				≥0,1	4
				≥1,0	3
				≥10,0	1
				≥30,0	0
13				DIAS DE PRECIPITACION	
14				Suma	3.3
15					
16					
17	3.3	•	W		
18			P		
19			P		
20			P	Suma	3.3
21			P		
22			P		
23	12.0	•	W		
24	0.2	•	W		
25					
26					
27					
28				PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA	12.0 mm. dia 23
29				Viento dominante	
30				Suma	12.2
31				Precipitación total del mes	21.0 mm

Altura del pluviómetro sobre el suelo 1.5 m

Tabla Anexo 4.4. Datos de acidez valorable (g Ácido Cítrico/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD
Enero	56,67	1,67	56,80	5,06	53,60	4,34
Febrero	58,50	3,91	55,00	4,14	55,72	3,04
Marzo	54,25	6,92	51,54	3,70	56,25	4,59
Abril	50,96	4,73	54,34	7,81	48,20	8,45
Mayo	42,15	6,13	44,15	0,92	45,98	3,41
Junio	42,98	1,78	56,79	10,39	47,68	2,38

Tabla Anexo 4.5. Datos de acidez volátil (g Ácido Acético/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD
Enero	0,02	0,01	0,03	0,01	0,34	0,03
Febrero	0,05	0,03	0,02	0,01	0,28	0,05
Marzo	0,07	0,08	0,02	0,01	0,18	0,05
Abril	0,03	0,01	0,04	0,01	0,10	0,01
Mayo	0,03	0,01	0,04	0,01	0,16	0,07
Junio	0,02	0,00	0,03	0,01	0,12	0,04
			0,03	0,00	0,10	0,00

Tabla Anexo 4.6. Datos de ácido Ascórbico (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD
Enero	455,50	26,66	475,62	34,81	425,53	96,47
Febrero	545,34	92,40	488,76	14,93	334,93	60,21
Marzo	475,30	81,95	399,04	120,91	363,23	47,12
Abril	424,94	73,25	429,84	98,21	356,38	52,42
Mayo	328,13	113,25	378,00	2,83	336,00	43,86
Junio	164,83	11,22	479,30	70,62	285,15	49,17
Julio			511,60	8,91	333,05	42,50

Tabla Anexo 4.7. Datos de ácido Cítrico (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD	DIRECTO	± SD
Enero	42,88	0,91	63,99	1,45	53,88	2,04
Febrero	51,56	7,01	63,05	3,39	56,28	3,28
Marzo	57,87	1,41	62,58	3,14	50,60	3,33
Abril	51,14	5,02	54,44	8,97	45,40	2,65
Mayo	48,38	9,51	44,92	0,93	49,12	5,60
Junio	41,67	4,67	64,61	14,96	53,20	4,77
Julio			54,95	0,11	48,20	4,81

Tabla Anexo 4.8. Datos de ácido Isocítrico (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	220,00	35,90	216,65	34,01	446,93	11,53
Febrero	247,16	39,59	235,14	30,06	322,88	22,34
Marzo	263,60	37,69	205,06	18,18	298,80	21,02
Abril	198,10	50,13	219,80	42,49	305,58	43,06
Mayo	153,80	27,19	261,89	18,83	288,10	28,75
Junio	199,19	57,33	330,62	52,77	365,48	28,48
Julio			305,50	14,85	334,35	29,63

Tabla Anexo 4.9. Datos de ácido Málico (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	1,41	0,11	1,21	0,19	3,20	0,51
Febrero	1,37	0,52	1,28	0,16	3,02	0,73
Marzo	1,57	0,46	1,33	0,22	1,58	0,57
Abril	1,10	0,04	1,40	0,45	1,08	0,18
Mayo	1,05	0,03	1,05	0,02	3,60	0,68
Junio	1,06	0,07	1,75	0,26	2,75	0,97
Julio			1,92	0,06	3,40	0,14

Tabla Anexo 4.10. Datos de Glucosa (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	8,68	0,82	7,90	0,56	6,78	1,26
Febrero	8,38	0,70	6,76	1,23	6,23	0,63
Marzo	8,70	1,34	8,68	1,20	9,70	1,49
Abril	8,08	1,95	8,06	1,23	8,52	0,84
Mayo	7,78	1,42	6,85	0,35	7,64	1,04
Junio	5,88	0,53	9,09	0,41	6,28	0,71
Julio			9,45	0,49	5,90	0,57

Tabla Anexo 4.11. Datos de Fructosa (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	8,53	0,59	6,62	1,27	6,00	0,64
Febrero	7,26	1,07	6,80	0,85	5,85	0,86
Marzo	7,78	1,44	7,18	0,75	8,42	0,83
Abril	7,28	0,84	7,00	1,25	7,92	2,03
Mayo	7,38	0,82	7,20	0,42	7,12	1,20
Junio	5,80	0,79	8,70	0,38	6,68	0,79
Julio			9,80	0,14	5,30	0,14

Tabla Anexo 4.12. Datos de Sacarosa (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	4,98	1,25	5,58	0,33	5,45	0,62
Febrero	5,46	0,30	4,40	0,47	3,88	1,19
Marzo	5,30	0,70	3,66	1,21	3,88	0,61
Abril	4,98	1,12	3,38	0,62	3,66	1,29
Mayo	3,73	1,17	2,25	0,35	2,52	0,80
Junio	3,45	0,67	4,83	0,76	2,63	1,28
Julio			4,40	0,14	2,65	1,20

Tabla Anexo 4.13. Datos de Calcio (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	106,10	18,21	135,90	30,56	79,95	33,58
Febrero	96,64	24,86	102,38	30,13	79,33	12,48
Marzo	93,13	30,93	102,06	21,39	91,85	27,92
Abril	100,80	33,59	232,28	35,72	92,94	17,83
Mayo	104,25	11,99	145,65	32,00	105,42	14,41
Junio	83,28	13,96	128,86	30,73	109,43	30,88
Julio			199,25	48,30	89,70	10,32

Tabla Anexo 4.14. Datos de Magnesio (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	106,40	14,72	79,40	11,03	112,65	21,12
Febrero	103,46	17,07	80,72	23,00	99,07	13,86
Marzo	91,25	26,59	97,62	19,36	107,00	7,29
Abril	87,58	24,04	92,68	8,76	99,22	14,58
Mayo	65,03	5,01	93,20	12,16	100,22	15,08
Junio	62,40	7,41	73,33	22,75	103,80	11,33
Julio			106,55	12,80	114,75	3,32

Tabla Anexo 4.15. Datos de Potasio (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	1403,08	188,78	1423,90	184,96	1460,60	188,58
Febrero	1571,32	99,99	1463,62	93,25	1172,87	119,37
Marzo	1497,10	201,68	1141,30	50,95	1183,90	99,90
Abril	1529,04	124,98	1150,84	127,58	1240,22	101,65
Mayo	1172,63	187,32	937,20	25,88	1288,14	104,29
Junio	1123,10	181,40	868,11	125,54	1454,40	196,25
Julio			994,30	8,06	1281,15	67,25

Tabla Anexo 4.16. Datos de Sodio (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	22,98	10,22	13,70	3,26	13,48	9,13
Febrero	13,78	2,38	13,38	1,24	11,40	2,84
Marzo	9,40	3,06	39,00	22,86	13,48	6,09
Abril	16,42	3,82	78,84	14,47	11,40	12,77
Mayo	13,28	6,69	40,00	1,27	14,56	11,00
Junio	11,13	3,20	34,29	6,28	35,65	27,65
Julio			62,40	6,51	11,35	3,89

Tabla Anexo 4.17. Datos de Fosforo (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	446,03	36,86	265,19	49,87	280,20	13,56
Febrero	315,44	36,08	316,93	56,13	270,90	43,88
Marzo	365,67	70,94	279,48	36,70	264,02	10,31
Abril	296,88	26,18	297,60	82,94	292,44	70,35
Mayo	305,27	43,66	231,56	3,20	260,60	9,15
Junio	411,47	22,51	313,15	35,88	286,35	30,25
Julio			337,30	26,73	302,05	66,11

Tabla Anexo 4.18. Datos de Sulfatos (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	27,50	3,40	23,64	2,40	56,00	4,50
Febrero	28,34	5,60	14,34	3,01	10,00	1,30
Marzo	25,93	2,10	17,45	1,87	30,00	1,90
Abril	30,19	1,60	27,73	2,02	21,00	1,27
Mayo	24,89	1,89	37,17	1,40	21,00	2,22
Junio	27,92	1,33	24,32	1,80	39,00	2,60
Julio			25,35	1,33	37,70	1,89

Tabla Anexo 4.19. Datos de Cenizas (g/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	3,15	0,24	2,32	0,35	3,68	0,43
Febrero	2,90	0,34	2,28	0,55	3,20	0,20
Marzo	2,85	0,55	2,48	0,25	2,90	0,34
Abril	2,58	0,22	2,14	0,36	2,78	0,58
Mayo	1,88	0,74	2,10	0,00	2,93	0,41
Junio	1,98	0,33	2,35	0,19	2,80	0,24
Julio			2,20	0,14	2,60	0,42

Tabla Anexo 4.20. Datos de Pectina soluble (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	490,00	33,40	217,00	26,74	164,80	27,77
Febrero	550,00	21,87	300,15	40,01	299,30	29,34
Marzo	366,14	62,30	300,86	37,22	289,40	21,96
Abril	363,40	33,98	313,65	18,74	240,00	16,84
Mayo	216,80	27,52	355,80	22,22	264,20	19,84
Junio	265,00	19,99	410,80	21,32	272,30	22,21
Julio			400,00	19,39	407,20	20,56

Tabla Anexo 4.21. Datos de Hesperidina (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	461,00	22,66	381,40	34,76	303,00	27,52
Febrero	484,82	62,30	317,20	31,31	357,00	33,11
Marzo	277,81	33,98	353,38	19,57	449,50	27,45
Abril	333,45	27,52	360,80	62,30	333,10	21,29
Mayo	450,00	18,47	325,50	33,98	477,90	32,98
Junio	257,00	28,22	391,50	27,52	339,70	62,30
Julio			340,85	19,95	302,70	33,98

Tabla Anexo 4.22. Datos de Hidroximetilfurfural (mg/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003	
	DIRECTO	
	MEDIA	± SD
Enero	2,00	0,00
Febrero	1,12	0,00
Marzo	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00
Mayo	5,00	0,00
Junio	2,00	0,00
Julio		0,00

Tabla Anexo 4.23. Datos de Índice de Formol (mmol/L) en zumo de limón directo en diferentes campañas

Campaña	2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	DIRECTO		DIRECTO		DIRECTO	
	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD	MEDIA	± SD
Enero	22,88	3,79	17,67	2,07	15,43	0,84
Febrero	17,80	4,09	17,80	3,70	15,45	1,05
Marzo	19,50	2,52	15,00	3,39	16,05	1,44
Abril	14,40	1,95	16,80	4,55	18,74	5,74
Mayo	18,00	5,40	13,00	1,41	20,16	2,87
Junio	19,38	2,75	16,29	4,49	21,75	1,50
Julio			12,50	3,54	20,50	2,12

Tabla Anexo 4.24. Datos Agronómicos. Programa de riego y fertilización de la finca de limoneros de la E.P.S.O.

Limón Fino nº de arboles: 250 Marco de plantación 7 X 5 Diámetro de copa 5 m Sector: 3

Mes	Cultivo	Fertilización								Riego		
		Nitrato amónico Kg/ mes	Fosfato mono-amónico Kg/ mes	Acido fosfórico Kg/ mes	Nitrato potásico Kg/ mes	Acido nítrico Kg/ mes	Quelato Fe++ Kg/ mes	Otras enmiendas Kg/ mes	Tiempo de riego Horas	Días de riego semana		
Enero	Limón fino					X	2,5	Fert. de apoyo	Limpieza	1		
Febrero		30	9		15		2,5		5h	2		
Marzo		58	17		29		2,5		5h	3		
Abril		88	25		43		2,5		6h	4		
Mayo		88	25		43				6h 25'	5		
Junio		88	25		43				6h	6		
Julio		88	25		43				7h	6		
Agosto		88	25		43				6h 30'	6		
Septiembre		58	17		29		2,5		4h 40'	5		
Octubre						X		Fert. de apoyo	4h 45'	4		
Noviembre						X		Fert. de apoyo	3h 18'	3		
Diciembre						X		Fert. de apoyo	4h	2		



Contents lists available at ScienceDirect

Food Chemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem

Chemical guide parameters for Spanish lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) juices



José Lorente^a, Salud Vegara^a, Nuria Martí^a, Albert Ibarz^b, Luís Coll^c, Julio Hernández^c, Manuel Valero^{a,*}, Domingo Saura^a

^a IBMC-JBT Corp., FoodTech R&D Alliance, Instituto de Biología Molecular y Celular, Universidad Miguel Hernández (UMH) – Campus de Orihuela, Carretera de Beniel km 3.2, 03312 Orihuela, Alicante, Spain

^b Departament de Tecnologia d'Aliments UPV-XaRTA, Universitat de Lleida, Av. Rovira Roure, 191, 25198 Lleida, Spain

^c Laboratorios ECOSUR S.A., Calle Castillo de Aledo s/n, Polígono Industrial Base 2000 – San Martín, 30564 Lorquí, Murcia, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 March 2014

Received in revised form 8 April 2014

Accepted 10 April 2014

Available online 21 April 2014

Keywords:

Lemon juice

Reference guideline

Chemical composition

Organic acids

Sugar profile

Hesperidin content

ABSTRACT

To contribute for setting reference guideline for commercial juice extracted from the Spanish lemon varieties, chemical composition of 92 direct and 92 reconstituted samples were investigated. In direct lemon juice, titratable acidity was 52.4 g/L, being the citric acid the main component. Glucose, fructose and sucrose concentrations were 7.9, 7.3 and 4.5 g/L, respectively. Predominant mineral was potassium (1264.2 mg/L), followed by phosphorous (306 mg/L), calcium (112 mg/L) and magnesium (92.6 mg/L). Hesperidin ranged from 257 to 484.8 mg/L, while water soluble pectins varied between 164.8 and 550 mg/L. Similar values were obtained in reconstituted lemon juice. There are different parameters that did not reach or exceeded the limits proposed by the European Association of the Industry of Juices and Nectars. These levels should be taken into account to modify the present reference guideline and that Spanish lemon juices are not discarded for to have lower or bigger values.

© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Lemon fruit (*Citrus limon* (L.) Burm.) is also a rich source of nutrients, including flavonoids, citric acid, vitamin C and minerals (e.g. potassium), which provide numerous health promoting properties (Del Río et al., 2004; Gil-Izquierdo, Riquelme, Porras, & Ferreres, 2004; González-Molina, Moreno, & García-Viguera, 2008, 2009a).

Lemon production is limited to a small number of countries and regions because of the plant's extreme sensitivity to low temperatures. In Spain (the main lemon producing country in the Mediterranean area), the crop is concentrated in the Region of Murcia and in some neighbouring provinces of Alicante (Valencian Community) and Almería (Andalusia). In Murcia Region, lemon production is dominated by the autochthonous 'Fino' and 'Verna' varieties followed by the foreign varieties 'Eureka', originated in California (USA), and 'Lisbon' from Portugal (Pérez-Pérez, Castillo, García-Lidón, Botía, & García-Sánchez, 2005). The 'Verna' lemon produces good-sized fruits and good juice content with not many

seeds and the 'Fino' lemon, is smaller than the 'Verna', with a high-yield extraction of juice.

The levels of different compounds vary in juices prepared from different lemon cultivars, maturity stage, growing region, cultural practise, storage conditions of fruits, extraction procedure and thermal treatment of juice.

There are two different kinds of lemon juices on the market: Not From Concentrate (NFC), obtained by simple squeezing of the fruit and then submit it to a mild pasteurisation, and From Concentrate Juice (FCJ) obtained by reconstituting concentrate fruit juice up to the original characteristics of the juice. Obtaining fruit juice concentrates through water reduction in the original juice shows some advantages in the product: higher resistance to microbes and chemical deterioration as a result of water activity reduction and volume and weight reduction with consequent reduction of transport, storage and packaging costs.

The industrial concentration of fruit juices is usually performed by thermal evaporators, in which much more drastic temperature and time regimes than pasteurisation process can be used (Bánvölgyia, Horvátha, Stefanovits-Bányai, Békássy-Molnára, & Vataia, 2009; Onsekizoglu, Bahceci, & Acar, 2010). It is known that the thermal treatment by pasteurisation and/or thermal concentration produces modifications of some components with consequent

* Corresponding author. Tel.: +34 96 674 96 83; fax: +34 96 674 96 19.

E-mail address: m.valero@umh.es (M. Valero).

degeneration of taste and chemical characteristics (Marín, Martínez, Uribealago, Castillo, & Frutos, 2002).

The AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU), has established reference guidelines for several fruit juices, including lemon. The referred values in these guidelines are based on pure, authentic fruit juices obtained from the edible part of mature and sound fruits of different varieties and geographical origins obtained by mechanical processes. The characterisation of Spanish lemon juices by measuring their physicochemical quality parameters is of special interest to contrast them with the actual international standards: Codex Alimentarius and AIJN Code of practises. It is also very useful to detect adulteration or dilution of juices and to distinguish these high-quality juices.

The aim of this study was to contribute to the knowledge of Spanish lemon juice characteristics, obtained from edible part of Spanish fruits, from varieties 'Verna' and 'Fino' and compare the effects of concentration process in the nutritional quality of lemon juices. The obtained parameters will be compared with the international standards and will serve to change them, if necessary.

2. Materials and methods

2.1. Materials

Two typical lemon varieties cultivated in Murcia (South-Eastern Spain) were selected for this research: 'Verna' and 'Fino'. Lemons were provided by different local factories of citrus juice extraction and processing. They were processed at the Miguel Hernández University Pilot Plant, which is part of IBMC-JBT Corp., FoodTech R&D Alliance, for juice extraction. A cleaned JBT FoodTech Citrus Juice Extractor (juicer) was used to obtain lemon juice. The extractor separates the juice from those constituents which, if allowed to remain in contact with the juice for any period of time, will have an adverse effect on the end product. After that, juice and suspended pulp were separated in a citrus finisher and only 8–12% of precipitable pulp was present.

Ninety-two (92 samples) pulp-free lemon juices were concentrated in a falling film evaporator (Inoxpaser, Molina de Segura, Murcia, Spain) with a feed flow of 100 L/h and adiabatic vacuum effect. The evaporator removes most of the water until the juice attains a high concentration of sugars (65°Brix).

Samples were collected for three different campaigns (2002–2003, 2003–2004, 2004–2005) and were analysed in duplicate following the methods described below.

2.2. Analytical reference methods

A panel of different analytical techniques established by IFU (International Federation of Fruit Juice Producers, Paris, France) was used for determination of physicochemical parameters, organic and mineral contents in lemon juices.

Brix value was measured according to the IFU method (8) and titratable acidity according to IFU method (3). Relative density 20/20 in lemon juices was determined with IFU method (1). Enzymatic methods established by IFU (54, 21, 64, 17a, 22) were used for determination of D-isocitric, L-malic, D-malic, L-ascorbic and citric acid contents. Lactic acid was determined with enzymatic method (IFU 53), ethanol with IFU 52 and volatile acids according to IFU method (5). Glucose, fructose and sucrose contents were determined according to enzymatic method established by IFU (55, 56). Formol index was determined according to the method established by IFU (30) and calculated as mL 0.1 N NaOH/100 mL fruit juice. Amino acid profile was determined according to IFU method 57. Sodium, potassium, magnesium and calcium contents

were determined with the IFU method (33) and ash with IFU method number 9. Arsenic and heavy metals were determined by atomic absorption spectrometry (AAS). Total phosphorus and sulphate were determined according IFU 50 and 36. The content of water soluble pectin, hesperidin, D-sorbitol and 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) were determined with IFU methods 26, 58, 62 and 69, respectively.

2.3. Statistical procedure

Hundred eighty-four (184) direct and reconstituted juice samples from the Spanish lemon varieties 'Verna' and 'Fino' were analysed in duplicate following the IFU methods. There was large variability in the values of constituents of pure juice due to genetic, environmental, and maturational differences among samples of juice. This heterogeneity of samples affects all statistical methods of quality control of juice (Brown, Katz, & Cohen, 1988). As it has been reported for pomegranate juice database (Vegara et al., 2014), the means and the standard deviations (SD) for many tested characteristics of the lemon juice were calculated and the corresponding variation intervals were compared with the permissible limits adopted by AIJN.

3. Results and discussion

3.1. Section A: Parameters that characterise the absolute quality requirements

Results related to compositional, environmental, hygienic, and industrial requirements of direct and reconstituted lemon juices are listed in Tables 1 and 2, respectively. According to these results, relative densities for direct and reconstituted juice were 1.03155 and 1.0177, respectively. A 23.5% of results for direct juices are lower than the AIJN proposal levels and a 76.5% are higher. Also the reconstituted juices differ in density, with a 30.8% of values below the minimum proposal and a 67% above.

Total soluble solids (TSS) of direct lemon juices ranged from 5 to 10.5°Brix and presented lower and higher values than those established by AIJN (2013). According to González-Molina, Moreno, and García-Viguera (2009b), TSS in 'Verna' lemon juices was detected in a concentration of 6–7.5°Brix and in 'Fino' variety between 8.2 and 9.5°Brix (García-Sánchez, Carvajal, Porras, Botía, & Martínez, 2003). Also, in the study of Marín et al. (2002) TSS were around 6.5–9.2°Brix. The results obtained in either these studies and in the present show that Spanish lemons have TSS values higher than those proposed by AIJN (2013). In FCJ, TSS is 8°Brix because it is a reconstituted juice.

Other environmental, hygienic, and industrial requirements are inside the range of values established in the reference guideline (AIJN, 2013) and were not found differences between direct and reconstituted juices. Thus, L-ascorbic acid presented a concentration of 408.1 and 403.6 mg/L in direct and reconstituted juices, respectively. These results are bigger than others obtained for different authors in Spanish lemon juices (González-Molina et al., 2008, 2009a, 2009b; Marín et al., 2002) and Chinese lemons (Xu et al., 2008). The L-ascorbic content is subjected to variations depending on variety, ripeness, processing, and storage conditions. According to AIJN (2013), the natural L-ascorbic content in direct lemon juice is, as rule, over 300 mg/L.

Heavy metal elements contained in fertiliser and contaminated soils are transmitted into fruits and other farm products. Examples of heavy metals that are harmful (causing serious health effects) to humans include arsenic (As), lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd) and chromium (Cr) (Vegara et al., 2014). Heavy metal contents

Table 1

Absolute quality requirements that are considered as being mandatory for direct lemon juices marketed in the EU.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
1. Industrially agree upon requirements						
Rel. density 20/20	–	1.03155 \pm 0.01	1.0013–1.0612	1.0277	23.53	76.47
Corresponding Brix	$^{\circ}$ Brix	7.8 \pm 1.0	5–10.5	7	8.79	78.02
2. Hygiene requirements						
Volatile acids as acetic acid	g/L	0.1 \pm 0.01	0–0.4	Max. 0.4		
Ethanol	g/L	ND		Max. 3.0		
D/L Lactic acid	g/L	ND		Max. 0.2		
3. Environmental requirements						
Arsenic and heavy metals						
Arsenic (As)	mg/L	<0.005		Max. 0.1		
Lead (Pb)	mg/L	<0.01		Max. 0.05		
Mercury (Hg)	mg/L	<0.01		Max. 0.01		
Cadmium (Cd)	mg/L	<0.01		Max. 0.05		
4. Compositional requirements						
L-Ascorbic acid	mg/L	408.1 \pm 108.7	154.2–667.0	Min. 150		
5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF)	mg/L	0.54 \pm 0.02	0–5	Max. 20		

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); ND, not detectable; m, minimum; M, maximum.

Table 2

Absolute quality requirements that are considered as being mandatory for reconstituted lemon juices marketed in the EU.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
1. Industrially agree upon requirements						
Rel. density 20/20	–	1.1222 \pm 0.10	1.0177–1.3821	1.0318	30.77	67.03
Corresponding Brix	$^{\circ}$ Brix	8 \pm 1.0		8		
2. Hygiene requirements						
Volatile acids as acetic acid	g/L	0.1 \pm 0.01	0–0.4	Max. 0.4		
Ethanol	g/L	ND		Max. 3.0		
D/L Lactic acid	g/L	ND		Max. 0.2		
3. Environmental requirements						
Arsenic and heavy metals						
Arsenic (As)	mg/L	<0.005		Max. 0.1		
Lead (Pb)	mg/L	<0.01		Max. 0.05		
Mercury (Hg)	mg/L	<0.01		Max. 0.01		
Cadmium (Cd)	mg/L	<0.01		Max. 0.05		
4. Compositional requirements						
L-Ascorbic acid	mg/L	403.6 \pm 114.0	175.1–774.7	Min. 150		
5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF)	mg/L	0.71 \pm 0.05	0–5	Max. 20		

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); ND, not detectable; m, minimum; M, maximum.

detected in all direct and reconstituted lemon juice samples by AAS were acceptable (AIJN, 2013).

5-HMF is practically not present in direct fruit juice, but it is naturally generated during heating or storage processes in the Maillard reaction as well as sugar caramelization and degradation (Vegara et al., 2014). Therefore, 5-HMF can be used as an indicator of thermal abuse and prolonged or improper storage (Arenas, Fallico, & Maccarone, 2001; Esteve, Frígola, Rodrigo, & Rodrigo, 2005). In all lemon juice samples tested, concentration of 5-HMF was much lower than 20 mg/L, the maximum prescribed value by AIJN (2013). The limited presence of 5-HMF (0.54–0.71 mg/L) is in agreement with the lack of heat treatment of the juices and suitable preservation of the samples as is confirmed by the high L-ascorbic acid content (Burdurlu, Koca, & Karadeniz, 2006).

3.2. Section B: Criteria relevant to the evaluation of identity and authenticity

Chemical composition of hundred eighty-four (184) direct and reconstituted juice samples from Spanish lemons are given in

Tables 3 and 4. According to these results, titratable acidity (TA) of lemon juices, calculated as anhydrous citric acid (ACA) pH 8.1, varied from 35.1 to 65.6 g/L in direct juices and from 38.4 to 78.1 g/L in reconstitutes. These values are similar than other values obtained by different authors for Spanish and Chinese lemons (García-Sánchez et al., 2003; Pérez-Pérez et al., 2005; Xu et al., 2008).

Citric acid was the predominant organic acid component and its amount ranged from 35.1 to 84.2 g/L and from 34.2 to 67.4 g/L in direct and reconstituted juices, respectively. It was followed by L-malic acid in a range of 0.5–5.0 g/L in both types of juice. D-Isocitric acid was present in a concentration of 268.9 mg/L in direct juices and at 258.7 mg/L in reconstitutes. The 35.2% and 42.9% of results for D-isocitric acid in direct and reconstituted juices were lower than the minimum limit proposed by AIJN (2013). The concentration of citric acid correlates with the isocitric acid concentration to a certain extent. The citric acid/isocitric acid ratio, therefore, can be used to detect an acidification with citric acid. Usually the ratio lies between 100 and 200 but values up to 240 can be observed in Argentinean lemon juices (AIJN, 2013). In the present

Table 3
Other quality parameters and further criteria for evaluation of identity and authenticity of direct lemon juices.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
Titrate acidity at pH 8.1	g/L	52.4 \pm 6.9	35.1–65.6	44.8–62.0	15.38	8.79
Citric acid	g/L	53.8 \pm 9.0	35.1–84.2	45–63.0	19.78	18.68
D-Isocitric acid	mg/L	268.9 \pm 73.8	114.0–455.7	230–500	35.16	
Citric/Isocitric acid ratio	–	214.8 \pm 68.3	117.0–466.4	Max. 200		49.45
L-Malic acid	g/L	1.8 \pm 0.9	1.0–4.4	1–7.5		
D-Malic acid	mg/L	NP		NP		
Ash	g/L	2.6 \pm 0.6	1.2–5	2.2–4.3	17.58	1.10
Sodium (Na)	mg/L	23.1 \pm 20.1	3–98.4	Max. 30		25.27
Potassium (K)	mg/L	1264.2 \pm 267.8	673.6–1953.8	1100–2000	25.27	
Magnesium (Mg)	mg/L	92.6 \pm 20.4	37.5–136.7	70–120	16.48	6.59
Calcium (Ca)	mg/L	112.0 \pm 43.8	46.8–278.4	45–160		10.99
Total phosphorus (P)	mg/L	306.0 \pm 73.7	182.7–694.7	80–150	12.09	4.40
Sulphate (SO ₄)	mg/L	27.47 \pm 9.89	10–56	Max. 100		
Flavanoid-Hesperidin	mg/L	364.88 \pm 67.26	257–484.82	Max. 1500		
Water soluble pectins	mg/L	324.34 \pm 94.95	164.8–550	Max. 700		
Glucose	g/L	7.9 \pm 2.1	3–15.7	3–12		3.30
Fructose	g/L	7.3 \pm 1.8	3.4–13.6	3–11		3.30
Glucose/Fructose	–	1.1 \pm 0.2	0.6–1.6	0.95–1.3	43.75	31.25
Sucrose	g/L	4.5 \pm 2.2	1–15	Max. 7.0		13.19

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); NP, not present; m, minimum; M, maximum.

Table 4
Other quality parameters and further criteria for evaluation of identity and authenticity of reconstituted lemon juices.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
Titrate acidity at pH 8.1	g/L	52.4 \pm 6.6	38.4–78.1	44.8–62.0	13.19	5.49
Citric acid	g/L	53.4 \pm 10.8	34.2–67.4	45–63.0	12.09	4.40
D-Isocitric acid	mg/L	258.7 \pm 66.6	138.1–396.4	230–500	42.86	
Citric/Isocitric acid ratio	–	217.8 \pm 63.1	125.2–362.2	Max. 200		51.65
L-Malic acid	g/L	1.8 \pm 1.0	0.5–5.0	1–7.5	10.99	
D-Malic acid	mg/L	NP		NP		
Ash	g/L	3.0 \pm 0.5	1.4–3.9	2.2–4.3	6.59	
Sodium (Na)	mg/L	51.6 \pm 54.4	6.8–220.4	Max. 30		46.15
Potassium (K)	mg/L	1313.6 \pm 246.1	398.5–2067.6	1100–2000	10.99	2.20
Magnesium (Mg)	mg/L	105.5 \pm 30.9	57.0–198.8	70–120	10.99	18.68
Calcium (Ca)	mg/L	167.9 \pm 109.6	56.4–489.8	45–160		32.97
Total phosphorus (P)	mg/L	312.7 \pm 65.2	164.8–606.4	80–150	10.99	2.20
Sulphate (SO ₄)	mg/L	37.73 \pm 13.88	23.16–67.40	Max. 100		
Flavanoid-Hesperidin	mg/L	367.03 \pm 91.57	238.9–550.9	Max. 1500		
Water soluble pectins	mg/L	293.20 \pm 77.75	152.4–405.6	Max. 700		
Glucose	g/L	8.1 \pm 2.0	1.0–15.5	3–12	1.10	4.40
Fructose	g/L	7.5 \pm 1.3	3–13	3–11		2.20
Glucose/Fructose	–	1.1 \pm 0.1	0.8–1.3	0.95–1.3	18.75	
Sucrose	g/L	3.4 \pm 1.6	0.5–10.5	Max. 7.0		2.20

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); NP, not present; m, minimum; M, maximum.

study, a 49.5% and a 51.7% of the citric acid/isocitric acid ratios in direct and reconstituted juices were higher than the maximum limit established in the reference guideline. Moreover, values above 240 were observed either in direct (maximum value: 466.4) or reconstituted (maximum value: 362.2) Spanish lemon juices.

The ash that represents the total mineral content of lemon juice was between 2.6 and 3 g/L. The predominant mineral in lemon juice was potassium (K) (1264.2 and 1313.6 mg/L in direct and reconstituted juices, respectively), followed by phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sodium (Na). Potassium values exceeding the upper limit of the established range (1100–2000 mg/L) are not found and only a few Italian juices remained slightly below the lower limit of the range (AIJN, 2013). In this study a 25.3% of results for potassium in direct lemon juice were also below the minimum reference value. Levels of sodium and calcium above the respective upper limits occurred especially in the 25.3%

and 11% of direct juice samples. In reconstituted juice, the 46.15% and 33% of results obtained for sodium and calcium were higher than the respective maximum limits established in the reference guideline. According to AIJN (2013), sodium values higher than 30 mg/L can occasionally be found in lemon juices originating from Southern Spain as a result of fluctuating sodium levels in the irrigation water. Extremely high values up to 98.4 mg/L in direct juices and 220.4 mg/L in reconstituted were determined herein.

Glucose, fructose and sucrose were detected and quantified in all juices tested. The presence of sucrose in direct and reconstituted lemon juices was low: 4.5 and 3.4 g/L, respectively. The 13.19% of results for sucrose in direct juice were higher than the maximum limit proposed by AIJN (2013). Glucose content was similar in both type of juice (7.9 and 8.1 g/L) and happened the same with the fructose content (7.3 and 7.5 g/L). The glucose/fructose ratio varied between 0.6 and 1.6 in direct juice and there were big differences with the AIJN range of variation. Almost half of

Table 5

Formol number and levels of free amino acids in direct lemon juices from Spanish lemons.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
Formol number	mL NaOH 0.1 N/100 mL	17.5 \pm 4.0	10–33	13–26	8.8	2.20
<i>Amino acids</i>						
Aspartic acid	mmol/L	3.34 \pm 1.05	2–5.36	2.26–6.02	15	
Threonine	mmol/L	0.13 \pm 0.05	0.08–0.22	0.08–0.25		
Serine	mmol/L	1.32 \pm 0.25	0.9–2	1.29–3.52	55	
Asparagine	mmol/L	1.64 \pm 0.79	0.95–2.99	0.99–4.55	5	
Glutamic acid	mmol/L	1.65 \pm 0.51	1.01–2.89	1.09–2.72	10	5
Glutamine	mmol/L	0.06 \pm 0.09	0–0.22	Max. 0.31		
Proline	mmol/L	2.32 \pm 1.45	0.86–5.26	0.87–6.96	10	
Glycine	mmol/L	0.12 \pm 0.05	0.05–0.22	0.09–0.33	20	
Alanine	mmol/L	0.94 \pm 0.26	0.61–1.80	0.90–2.92	35	
Valine	mmol/L	0.15 \pm 0.09	0.06–0.35	0.07–0.30	15	10
Methionine	mmol/L	0.01 \pm 0.01	0–0.03	Max. 0.03		
Iso-leucine	mmol/L	0.04 \pm 0.01	0.02–0.06	0.02–0.08		
Leucine	mmol/L	0.05 \pm 0.01	0.02–0.07	0.02–0.08		
Tyrosine	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0–0.05	Max. 0.04		15
Phenylalanine	mmol/L	0.14 \pm 0.08	0.03–0.25	0.05–0.24	15	10
Lysine	mmol/L	0.09 \pm 0.05	0.03–0.20	0.03–0.14		10
Histidine	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0–0.05	Max. 0.07		
Arginine	mmol/L	0.26 \pm 0.13	0–0.45	Max. 0.58		

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); m, minimum; M, maximum.

Table 6

Formol number and levels of free amino acids in reconstituted lemon juices from Spanish lemons.

	Unit	Mean \pm SD	Range of variation	AIJN proposal	Values outside (%)	
					m	M
Formol number	mL NaOH 0.1 N/100 mL	19.3 \pm 4.1	9.4–29.7	13–26	2.20	5.49
<i>Amino acids</i>						
Aspartic acid	mmol/L	3.05 \pm 1.43	1.10–5.13	2.26–6.02	15	
Threonine	mmol/L	0.17 \pm 0.06	0.09–0.29	0.08–0.25		10
Serine	mmol/L	1.11 \pm 0.32	0.56–1.92	1.29–3.52	80	
Asparagine	mmol/L	1.54 \pm 0.84	0.74–3.08	0.99–4.55	20	
Glutamic acid	mmol/L	1.43 \pm 0.65	0.47–2.37	1.09–2.72	30	
Glutamine	mmol/L	0.09 \pm 0.09	0–0.29	Max. 0.31		
Proline	mmol/L	2.37 \pm 1.27	1.16–4.55	0.87–6.96	4.35	
Glycine	mmol/L	0.1 \pm 0.05	0.03–0.20	0.09–0.33	50	
Alanine	mmol/L	0.83 \pm 0.23	0.45–1.20	0.90–2.92	55	
Valine	mmol/L	0.13 \pm 0.08	0.04–0.30	0.07–0.30	25	
Methionine	mmol/L	0.01 \pm 0.01	0–0.03	Max. 0.03		
Iso-leucine	mmol/L	0.04 \pm 0.02	0.01–0.07	0.02–0.08	10	
Leucine	mmol/L	0.04 \pm 0.02	0.01–0.07	0.02–0.08	15	
Tyrosine	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0–0.05	Max. 0.04		20
Phenylalanine	mmol/L	0.13 \pm 0.07	0.04–0.27	0.05–0.24	10	15
Lysine	mmol/L	0.09 \pm 0.05	0.02–0.20	0.03–0.14	10	15
Histidine	mmol/L	0.02 \pm 0.02	0–0.05	Max. 0.07		
Arginine	mmol/L	0.27 \pm 0.11	0.10–0.51	Max. 0.58		

SD, standard deviation; AIJN, Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union (EU); m, minimum; M, maximum.

results (43.8%) were below the minimum established limit for the glucose/fructose ratio, while a 31.3% was above the upper reference value.

On the other hand, flavanones are the dominant flavonoid class in the genus citrus. The flavanone profile of lemons is dominated by hesperidin and eriocitrin and similar to sweet oranges (Peterson et al., 2006). Hesperidin was found in a concentration of 364.88 and 367.03 mg/L in direct and reconstituted juices. The hesperidin levels were bigger than those reported by other authors previously (Barreca, Bellocco, Caristi, Leuzzi, & Gattuso, 2011; Gironés-Vilaplana, Mena, García-Viguera, & Moreno, 2012; González-Molina et al., 2008, 2009a, 2009b; Xu et al., 2008). This difference maybe is due to the juice extraction method. In all studies, the juices were manually obtained unlike of the industrial form used herein.

The formol number, or formol titration, is merely an index which reflects the amount of free amino acids. This index and

the complete amino acid profile of direct and reconstituted Spanish lemon juices are shown in Tables 5 and 6. The formol number was 17.5 and 19.3 mL NaOH 0.1 N/100 mL in direct and reconstituted juices, respectively. The amino acids found in major level were, in decreasing order, aspartic acid > proline > glutamic acid > asparagine > serine > alanine; threonine, glutamine, glycine, valine, methionine, iso-leucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, lysine, histidine and arginine were found at minimal levels. According to the AIJN guideline for lemon juice, the distribution of the individual amino acids is influenced neither by the fruit variety nor by the provenance, except for proline. In the present study, however, the 55% and the 35% of results for serine and alanine are below the minimum values established for these amino acids in the reference guideline. These percentages increased to 80% and 55% in lemon juices reconstituted from concentrates. Contradicting, the upper range limit for serine and alanine may be slightly exceeded in some cases (AIJN, 2013).

4. Conclusions

The complete chemical profile was determined in direct and reconstituted lemon juice samples to make an authenticity control guide of commercial juice obtained from the Spanish lemon varieties 'Verna' and 'Fino'. Results were compared with the AIJN generic guideline for lemon juice that establishes the chemical profile for various types and origins of fruit of industrial significance.

Our results show that in the Spanish lemon juices there are parameters that did not reach or exceeded the limits proposed by AIJN. In addition, the concentration process did not contribute to vary the juice composition. Therefore, it is important to consider the change in any of these parameters because it is demonstrated that high quality juices would not be accepted in view of the existing guideline.

Acknowledgement

The authors are grateful to AILIMPO (Asociación Interprofesional de Limón y Pomelo, Murcia) for its contribution to the supply of lemons from different locations during the three growing seasons covered by this study and the economic cost of chemical analyses.

References

- AIJN (Association of the Industry of Juices and Nectars of the European Union) (2013). *Code of practice for evaluation of fruit and vegetable juices 6.6*. Reference guideline for lemon juice – Revised February 2013.
- Arena, E., Fallico, B., & Maccarone, E. (2001). Thermal damage in blood orange juice: Kinetics of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde formation. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 145–151.
- Bánvölgyia, S., Horváth, S., Stefanovits-Bányai, E., Békássy-Molnár, E., & Vataia, G. (2009). Integrated membrane process for blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) juice concentration. *Desalination*, 241(1–3), 281–287.
- Barreca, D., Bellocchio, E., Caristi, C., Leuzzi, U., & Gattuso, G. (2011). Flavonoid profile and radical-scavenging activity of Mediterranean sweet lemon (*Citrus limetta* Risso) juice. *Food Chemistry*, 129(2), 417–422.
- Brown, M. B., Katz, B. P., & Cohen, E. (1988). Statistical procedures for the identification of adulteration in fruit juices. In S. Nagy, J. A. Attaway, & M. E. Rhodes (Eds.), *Adulteration of fruit juice beverages* (pp. 215–234). New York and Basel: Marcel Dekker Inc.
- Burdurlu, H. S., Koca, N., & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74, 211–216.
- Del Río, J. A., Fuster, M. D., Gómez, P., Porras, I., García-Lidón, A., & Ortuño, A. (2004). *Citrus limon*: A source of flavonoids of pharmaceutical interest. *Food Chemistry*, 84(3), 457–461.
- Esteve, M. J., Frígola, A., Rodrigo, C., & Rodrigo, D. (2005). Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, 43, 1413–1422.
- García-Sánchez, F., Carvajal, M., Porras, I., Botía, P., & Martínez, V. (2003). Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of "Fino 49" lemon. *European Journal of Agronomy*, 19(3), 427–437.
- Gil-Izquierdo, A., Riquelme, M. T., Porras, I., & Ferreres, F. (2004). Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 324–331.
- Gironés-Vilaplana, A., Mena, P., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2012). A novel beverage rich in antioxidant phenolics: Maqui berry (*Aristotelia chilensis*) and lemon juice. *LWT – Food Science and Technology*, 47, 279–286.
- González-Molina, E., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2008). Genotype and harvest time influence the phytochemical quality of Fino lemon juice (*Citrus limon* (L.) Burm. F.) for industrial use. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(5), 1669–1675.
- González-Molina, E., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2009a). A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(4), 1364–1372.
- González-Molina, E., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2009b). Comparison of "Verna" lemon juice quality for new ingredients and food products. *Scientia Horticulturae*, 120(3), 353–359.
- Marín, F. R., Martínez, M., Uribealago, T., Castillo, S., & Frutos, M. J. (2002). Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction systems. *Food Chemistry*, 78(3), 319–324.
- Onsekizoglu, P., Bahceci, K. S., & Acar, M. J. (2010). Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352(1–2), 160–165.
- Pérez-Pérez, J. G., Castillo, I. P., García-Lidón, A., Botía, P., & García-Sánchez, F. (2005). Fino lemon clones compared with the lemon varieties Eureka and Lisbon on two rootstocks in Murcia (Spain). *Scientia Horticulturae*, 106(4), 530–538.
- Peterson, J. J., Beecher, G. R., Bhagwat, S. A., Dwyer, J. T., Gebhardt, E., Haytowitz, D. B., et al. (2006). Flavanones in grapefruit, lemons, and limes: A compilation and review of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, S74–S80.
- Vegara, S., Martí, N., Lorente, J., Coll, L., Streitenberger, S., Valero, M., et al. (2014). Chemical guide parameters for *Punica granatum* cv. 'Mollar' fruit juices processed at industrial scale. *Food Chemistry*, 147, 203–208.
- Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., & Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106(2), 545–551.