UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE VETERINARIA

TESIS DOCTORAL

El limón (*Citrus limon* Burman *f.* L) ingrediente natural en la elaboración de confituras de fruta de alta calidad

PEDRO SÁNCHEZ-CAMPILLO SÁNCHEZ

2012

“En mi larga vida he aprendido una cosa: que toda nuestra ciencia comparada con la realidad es primitiva e infantil, y que, a pesar de todo es lo más valioso que tenemos”

Albert Einstein

Como no podía ser de otra manera, entre mis entrañables agradecimientos está mi familia -hilo conductor de mi vida-. Constituimos una familia de siete hijos con sus cónyuges y Ángel y José Andrés y 15 nietos, cada uno con su historia, donde apreciamos el valor del trabajo, no como una carga sino como un servicio. Gracias por vuestro entusiasmo, apoyo en los momentos bajos y cariño. En esta familia no hay sitio para el derrotismo y el desánimo; asumimos el presente con el optimismo y la responsabilidad necesarios para preparar un futuro mejor. A todos los que integran la familia Sánchez-Campillo Muñoz, mil y mil veces gracias.

Especial reconocimiento le debo al bastión principal de esta experiencia, Alicia, mi mujer, quien está siempre ahí dándolo todo y más, quien merece la mayor admiración y será eterno ejemplo de resistencia a todo nivel. Para ti, mi pequeño esfuerzo, y mil gracias por luchar contra el cáncer y las dificultades físicas, sabiendo que quieres vivir más y con amor, viendo crecer a la familia, participando y siendo instrumento útil en el mundo que te rodea. Espero entiendas que este logro tiene muchísimo de ti en esta andadura que llega a su fin. Te quiero y deseo agradecerte tu comprensión, ayuda y renuncias, y también por quererme, soportarme y motivarme a cada paso, gracias por tu sincero amor. Gracias con todo corazón.

Por último, un recuerdo especial, con todo mi cariño para mis Padres que han sido mi ejemplo de vida, mi hermano Paco con el que compartí trabajos y proyectos; mi suegra Dolores Cortés y mi cuñado Manuel Muñoz Cortés que me animaron siempre a dar este paso en mi carrera.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a aquellas personas, instituciones y empresas que han contribuido al desarrollo de esta Tesis Doctoral.

En primer lugar mi gratitud entrañable a mis directores de tesis:

Al Profesor y Catedrático Don José Laencina Sánchez, amigo de muchos años, consejero científico y tecnológico, con el que compartí proyectos y problemas durante mi vida profesional en la industria conservera. Por haber acogido con entusiasmo e interés este proyecto, tomándolo como suyo, y por su contribución científica y dilatada experiencia en el planteamiento y la resolución de la tesis.

A la Doctora Doña Presentación García Gómez, responsable del Departamento de Tecnología del centro Tecnológico Nacional de la Conserva y la Alimentación de Murcia. Trabajadora incansable, competente y responsable, que por su talante personal ha conseguido aglutinar y consolidar un clima de camaradería y relaciones humanas envidiables entre las personas que formamos este grupo de trabajo. Sus virtudes de generosidad, dedicación y entrega las ha movilizado, junto al afecto que me tiene, para que yo me pusiera en marcha en esta aventura convirtiéndola en realidad. Sese te admiro y te quiero como una hija y gracias a ti este reto lo he podido superar.

Al Doctor Don Miguel Ángel Moliner Gosálbez, director de I+D+i de la empresa Cítricos de Murcia S.A., cuyos conocimientos y experiencia en la industrialización del limón ha sido de vital importancia en el desarrollo del trabajo.

Al Consejo Rector y Dirección de la Asociación Empresarial "Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación". Gracias por brindarme la oportunidad de realizar esta tesis y por permitirme seguir alimentando la ilusión muy gratificante, de colaborar de forma altruista en el Departamento de Tecnología.

A Don Juan Alarcón González, responsable del área de Asesoría Técnica, gracias por tu benevolencia y comprensión, y por tu colaboración las veces que la he necesitado.

A la Doctora Doña Lola López Martínez, compañera de viaje en esta carrera por el doctorado. Comenzamos juntos el máster, seguimos en la tesis y en la última etapa has pisado la meta por delante. Gracias por tu amistad, tu afán de colaborar y por tu inteligencia orientada al servicio a los demás y a mí en especial. Has sido piedra angular de esta construcción.

A Don Ángel Pineda Martínez, artífice del análisis físico-químico y experto en informática, gracias por ayudarme a hacer todas las pruebas como si de tu tesis se tratara y por ser tan buen compañero.

A Don David Quintín Martínez, corazón de la planta piloto y todoterreno del Departamento de Tecnología. Apreciado amigo, no te arrugas ante los retos y haces fácil aquello que abordas por muy complicado que parezca. Gracias con mayúscula, por toda tu ayuda que no ha sido poca, a veces a deshoras y siempre con tu proverbial paciencia.

A la Doctora Doña María Sánchez Guijarro, amiga entrañable, cuya compañía hemos recuperado de nuevo. Es una suerte tenerte cerca. Tu espontaneidad y tu ferviente deseo de arrimar el hombro para resolver problemas de todo tipo contribuyen a crear el buen ambiente que se respira en el Departamento de Tecnología. Gracias por tu ayuda incondicional y afectiva.

A Doña Milagros Sánchez García, el trato genera amistad y la amistad es hermosa y gratificante, gracias por tu cercanía y por tu deseo de ayudarme las veces que lo he precisado.

A Doña Ana Belén Morales Moreno. Eres muy buena persona, especial, con gente como tú no hay porque temer; el futuro que nos espera será mejor. Gracias por tu sabia contribución y esfuerzo personal en la terminación de este trabajo.

Al Doctor Don Miguel Ayuso García, amigo y compañero, muchas gracias por tu disponibilidad, consejos y orientaciones.

Recordar y agradecer a personas que han pasado por nuestra Planta Piloto y Laboratorio, y que han contribuido de algún modo con su trabajo en esta tesis. Gracias Nacho, Mari Carmen, Carla, María Gil, Danilo, Pedro, Salvador (entusiasta agregado) y Raquel.

Muchas gracias al personal del Centro Tecnológico de la Conserva que en sus distintos departamentos: Instrumental, Físico-Químico, Microbiología, Envases y Medio Ambiente, han prestado alguna colaboración en la realización de esta Tesis Doctoral.

A Doña Marian Pedrero Torres ¡cuántas cosas buenas puedo decir de ti!: Profesional muy eficiente, ex vecina y paisana, porque yo me siento también manchego por los años vividos allí y por las amistades que todavía perduran. Gracias por tu valiosa contribución y paciente acogida en las cuantísimas ocasiones que he acudido solicitando información.

A la Doctora Doña María Sánchez-Campillo Muñoz, excelente y docta investigadora, luchadora y tenaz que siempre planta cara y busca salidas ante la adversidad. Hija mía, cuando empecé esta tesis éramos compañeros en el departamento de Tecnología del Centro, me ayudaste, me orientaste y me animaste. Gracias, te quiero.

A la Doctora Doña Rocío de Luna Martínez, competente microbióloga que estuvo entre nosotros algunos años y cuya amistad conservaré siempre. Muchas gracias por cuantas veces me prestaste tu colaboración.

Muchas gracias a las Empresas que han contribuido con sus aportaciones de productos o información técnica, a que se pudiera realizar este trabajo y especialmente a CÍTRICOS DE MURCIA S.A. (Grupo DALLANT) *-productos transformados de limón-,* ALCURNIA ALIMENTACIÓN S.L. *-pulpas de melocotón- y* HRS HEAT EXCHANGER *-presupuestos e información técnica-. De esta empresa destacar el interés mostrado por este proyecto por Doña Lucía Checa y Don Francisco Hernández.*

No puedo dejar de mencionar a mis profesores D. Antonio Soler Martínez, Catedrático de Química Orgánica de la Universidad de Murcia, y a Don Ginés Guzmán Giménez Profesor de Investigación del CSIC, que me concedieron su afecto entrañable ***y*** *me iniciaron en este mundo de la investigación.*

a.C.: antes de Cristo

cm: centímetros

conc: Concentrado

CSS: contenido en sólidos soluble

CSS: contenido en sólidos solubles

AT: acidez titulable

Eqc: peso equivalente ácido cítrico

gpL: gramos por litro

g: gramos

GATT: General Agreement on Tariffs and Trade

ha: hectáreas

HM: High Metoxyl

HTST: High temperature short time

INE: Instituto nacional estadística

IQF**:** Individually quick frozen

LM: Low Metoxyl

LQ: Límite de cuantificación

Max.: máximo

mg/Kg: miligramos por kilogramo

Min: mínimo

min: minutos

mL: mililitros

mm/s: milímetros por segundo

mm: milímetros

n.a.: no analizado

N: normalidad

ºC: grados centígrados

p/v: Peso/volumen

PCTL: Puré de corteza tratada de limón

PME: pectinmetilesterasa

ppm: partes por millón

Ref.: referencia

Rto.: rendimiento

S.S. totales: sólidos solubles totales

SD: Desviación estándar

Tn, Tm: toneladas

Tª: Temperatura

UE: Unión europea

UHT: Ultra High Temperature

V: volumen

Φ: diámetro

RESUMEN

El objetivo concreto de la presente tesis doctoral es la aplicación de productos derivados del limón, aprovechando y transformando el subproducto que se genera en la industrialización del limón, en la elaboración de confituras de melocotón.

Dadas las propiedades excepcionales y composición del limón, este fruto o parte de él, puede sustituir, total o parcialmente a aditivos químicos (pectinas, ácidos, antioxidantes…) en la elaboración de confituras de frutas, con los siguientes logros: se da un paso adelante en el aprovechamiento integral del limón, se obtiene un elaborado más natural, con mayor valor añadido y mejora de sus propiedades nutricionales y funcionales y se oferta al consumidor un producto diferenciado con excelentes perspectivas de consumo como consecuencia de la tendencia moderna a reducir el contenido energético de los alimentos como fuente de salud y bienestar.

En esta tesis doctoral se han realizado ocho ensayos diferentes, en los que se han elaborado tres clases de confituras: confitura de alto contenido de azúcar (63ºBrix), confitura de reducido contenido energético (40ºBrix) y confitura sin azúcar (sacarosa) añadida (12-14ºBrix). La diferenciación de los ensayos está en la forma de preparación del puré de corteza de limón, en el proceso de preparación y cocción, y en la formulación de ingredientes hasta la consecución del elaborado (confitura) de calidad óptima.

Para la consecución de un producto estable y que cumpla con todas las exigencias de seguridad alimentaria, se ha utilizado el tratamiento térmico como método de cocción y conservación, acondicionado en envases de vidrio herméticos con tapas metálicas sanitarias twist-off. Asegurando un factor de pasteurización suficiente y adecuado al pH del producto.

Las tres clases de confitura desarrolladas han obtenido una valoración global en el análisis sensorial de 4,6 para 63ºBrix, 4,4 para 40ºBrix y 4,8 para sin azúcar añadida, sobre un valor de 5,0 de puntuación máxima. El puré de corteza tratada de limón con un contenido de fibra alimentaria de 10,2 g/100g obtenido del subproducto industrial puede ser utilizado en otros elaborados por su elevado valor funcional.

ABSTRATC

The specific main objective of the present Doctoral thesis is the application of several lemon derivative products to manufacture peach jam using exploited and transfored by-products generated in lemon industrialization.

Due to lemon composition and exceptional properties, either this fruit or part of it can totally or partially replace chemical additives (pectin, acids, antioxidants…) in fruit jams elaboration, reaching the following aims : a step forward in exploiting and using all the lemon; a more natural product with greater added value and better nutritional and functional properties is obtained; a differentiated product with excellent consumption prospects is offered to customers -associated to the modern tendency of reducing energy content in food in order to obtain healthier products.

Eight different trials have been carried out for this Doctoral thesis. Three kinds of jams have been elaborated: High sugar content jam (63ºBrix), low sugar content jam (40ºBrix) and added sugar free (sucrose) (12-14ºBrix). The difference between trials lies on:

1- The lemon peel puree elaboration,
2- The preparation and boiling,
3- The ingredients formulation until obtaining a optimum quality product (jam).

To obtain a stable product that complies with all food safety requirements, heat treatment has been used as cooking and preserving method. This product is packed in hermetic glass containers with sanitary metal twist-off tops. The pasteurization factor has been assured enough in accordance with the product pH value.

The elaborated jams have obtained a global mark in sensory analysis of 4.6 for 63ºBrix, 4.4 for 40ºBrix and 4.8 added sugar free jams, up to 5.0. Treated lemon peel pure with fiber content of 10,2 g/100g from industrial by-product can be used in other to manufacture products due to its high functional value.

030510CML40: confitura de melocotón de reducido contenido energético

030510CML63: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

030510CMLSA: confitura de melocotón sin azúcar añadido

040210CML40: confitura de melocotón de reducido contenido energético

040210CML63: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

041208CML40CL: confitura de melocotón de reducido contenido energético

041208CML40E: confitura de melocotón de reducido contenido energético

041208CML57ZL: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

051108CML63a: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

051108CML63b: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

051208CML63E: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

051208CMLSACL: confitura de melocotón sin azúcar añadido

061108CMLSAA: confitura de melocotón sin azúcar añadido

070510CMLSA: confitura de melocotón sin azúcar añadido

081015(1): Puré de corteza de limón

081015(1): puré de corteza de limón

081015(2): puré de corteza de limón

081112(3): puré de corteza de limón

091208CML63CL: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

091208CMLSAE: confitura de melocotón sin azúcar añadido

100121: puré de corteza de limón

100125(7): puré de corteza de limón

100204A (8): puré de corteza de limón segunda etapa

100503B(9): preparación del puré de corteza de limón, segunda etapa, alternativa b.

130612CML63: confitura de melocotón con corteza de limón de alto contenido en azúcar

150612CML40: confitura de melocotón con corteza de limón de reducido contenido energético

1506CMLSA: confitura de melocotón con corteza de limón sin azúcar añadido

151208CML40PAS: confitura de melocotón de reducido contenido energético

171108CMLSAAB: confitura de melocotón sin azúcar añadido

201108CML40: confitura de melocotón de reducido contenido energético

201108CML63: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

211008CML40: confitura de melocotón de reducido contenido energético.

211108CMLSA: confitura de melocotón sin azúcar añadido

230210CML40: confitura de melocotón de reducido contenido energético

230210CML63: confitura de melocotón de alto contenido en azúcar

280110CMLSA: confitura de melocotón sin azúcar añadido

CIMUSA 080226: corteza de limón descongelada

CIMUSA 090225: corteza de limón

Corteza (b): corteza bruta

Corteza (t): corteza tratada

NTE (4): puré de corteza de limón

NTE 081211 (6): corteza de limón no tratada enzimáticamente

PCTL: Puré de corteza tratada de limón

TE 38,05% (5): puré de corteza de limón

ZLP 080408: Zumo de limón

ÍNDICE

I. INTRODUCCION 1

I.1. LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA EN ESPAÑA 4

I.2. ORÍGENES DE LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

I.2.1. Nicolás Appert y los orígenes de la industria conservera 9

I.2.2. Deterioro microbiano de los alimentos 11

I.3. CONFITURAS DE FRUTAS 14

I.3.1. Etiquetado 19

I.3.2. Elaboración de confituras 20

I.3.3. Fruta preparada 22

I.3.4. Contenido de ácido de la fruta 22

I.3.5. Contenido en calcio de la fruta 23

I.3.6. Azúcares (hidratos de carbono) 25

I.3.7. Contenido de pectina en la fruta 26

I.3.8. Conservación de las confituras 31

I.3.9. Defectos originados en el producto durante el proceso 36

I.4. FUNDAMENTEOS DEL ENVASADO Y PROCESADO ASÉPTICO 39

I.5. LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL LIMÓN 39

I.5.1. Situación de la producción de limón 44

I.5.2. Características morfológicas del limón 45

I.5.3. Composición química del limón 47

I.5.4. Aspectos dietéticos y farmacológicos 50

I.5.5. Industrialización del Limón 52

I.5.6. Productos derivados del limón 53

I.6. EL MELOCOTON 62

I.6.1. Variedades 65

I.6.2. Cultivo y Producción 67

I.6.3. Producciones según tipología del fruto 70

I.6.4. Recolección 71

I.6.5.Elaborados 72

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS 73

III. MATERIALES Y MÉTODOS 79

III.1. DETERMINACIÓN DEL PH 81

III.2. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ 82

III.3. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA 82

III.4. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA 83

III.5. DETERMINACIÓN DEL COLOR 83

III.6. DETERMINACIÓN DE ºBRIX 84

III.7. ANÁLISIS SENSORIAL 84

III.8. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CORTEZA 85

III.9. ELABORACIÓN DE CONFITURAS DE MELOCOTÓN Y LIMÓN A ESCALA DE LABORATORIO 85

III.9.1 Proceso de elaboración de confitura alto contenido de azúcar 87

III.9.2 Proceso de elaboración de confitura de reducido contenido energético 88

III.9.3 Proceso de elaboración de confitura sin azúcar añadido 89

III.10. DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD DE CIERRE DE LOS ENVASES DE VIDRIO 90

III.10.1. Sugerencias sobre operaciones de cierre 91

III.11. DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD MICROBIOLOGICA Y ENZIMATICA DE LA CONFITURA 93

III.12. MÉTODOS ANÁLISIS NUTRICIONAL 94

III.12.1. Determinación de cenizas totales 94

III.12.2. Determinación de grasa 94

III.12.3. Determinación de humedad y extracto seco 95

III.12.4. Determinación de proteínas 96

III.12.5. Hidratos de carbono 97

III.12.6. Valor energético 97

III.12.7. Determinación de azúcares 98

III.12.8. Determinación de fibra alimentaria 99

III.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 101

IV. ENSAYOS PREVIOS A LA ELABORACIÓN 103

IV.1 INGREDIENTES 106

IV.1.1 Pulpa de melocotón 107

IV.1.2 Azúcar 107

IV. 1.3 Zumo de limón Ref: ZLP 080408 108

IV.1.4 Preparación de puré de corteza de limón con tratamiento enzimático 108

IV.2 CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 211008CML40 110

IV.3 CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 051108CML63A, 051108CML63B 112

IV.4 CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 061108CMLSAA, 171108CMLSAAB 116

V. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LA CONFITURA CORTEZA DE LIMÓN TRATADA ENZIMÁTICAMENTE 121

V.1 INGREDIENTES 124

V.1.1 Preparación de corteza de limón (Ref.:081112) 124

V.1.2. Preparación del puré de corteza de limón (Ref.: 081112) 125

V.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 201108CML40 126

V.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 201108CML63 128

V.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 211108CMLSA 130

VI. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LA CONFITURA CORTEZA DE LIMÓN NO TRATADA ENZIMÁTICAMENTE 133

VI.1. INGREDIENTES 136

VI.1.1. Preparación del puré de corteza de limón NTE-4 136

VI.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 041208CML40CL 138

VI.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 041208CML57ZL, 091208CML63CL 139

VI.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 051208CMLSACI 143

VII. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LA CONFITURA LA CORTEZA DE LIMÓN DEL CAPÍTULO VI CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO POSTERIOR 145

VII.1. INGREDIENTES 148

VII.1.1. Preparación del puré de corteza de limón Ref. TE 38,05% 148

VII.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 041208CML40E 149

VII.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 051208CML63E 150

VII.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 091208CMLSAE 152

VIII. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LA CONFITURA CORTEZA DE LIMÓN NO TRATADA ENZIMÁTICAMENTE Y REFINADA EN PASADORA 155

VIII.1. INGREDIENTES 158

VIII. 1.1. Preparación del puré de la corteza de limón Ref.: NTE 081211 158

VIII.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 151208CML40PAS 160

IX. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LA CONFITURA CORTEZA DE LIMÓN NO TRATADA ENZIMÁTICAMENTE Y SOMETIDA A UNA REDUCCIÓN DE TAMAÑO POR TRITURACIÓN 163

IX.1. INGREDIENTES 166

IX.1.1 Preparación del puré de la corteza de limón 166

IX.1.2. Preparación del puré de corteza de limón (Ref: 100121) 167

IX.1.3. Preparación del puré de corteza de limón (Ref: 100125) 167

IX.1.4. Preparación del puré de corteza de limón segunda etapa Alternativa A (Ref:100204A) 168

IX.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 040210CML40, 230210CML40 169

IX.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 040210CML63, 230210CML63 174

IX.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 280110CMLSA 178

X. ENSAYOS DE ELABORACIÓN APLICANDO A LACONFITURA CORTEZA DE LIMÓN NO TRATADA ENZIMÁTICAMENTE Y SOMETIDA A UNA REDUCCIÓN DE TAMAÑO POR MOLINO COLOIDAL 181

X.1. INGREDIENTES 184

X.1.1. Preparación del puré de corteza de limón. Alternativa B, Ref:100503B 184

X.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 030510CML40 185

X.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 030510CML63 187

X.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 030510CMLSA, 070510CMLSA 189

XI. REPETICIÓN DE LOS ENSAYOS DE ELABORACIÓN IX y X CON UNA CORTEZA DE LIMÓN DISTINTA PARA COMPROBAR SI SE REPITEN LOS RESULTADOS 195

XI.1. INGREDIENTES 198

XI.1.1. Preparación del puré de corteza de limón 198

XI.2. CONFITURA DE MELOCOTÓN CON CORTEZA DE LIMÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 130612CML63 201

XI.3. CONFITURA DE MELOCOTÓN CON CORTEZA DE LIMÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 150612CML40 203

XI.4. CONFITURA DE MELOCOTÓN CON CORTEZA DE LIMÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 150612CMLSA 206

XII. VIABILIDAD ECONÓMICA 209

XIII. DISCUSIÓN 217

XIII.1. INLUENCIA DE LA CORTEZA DE LIMÓN 219

XIII.2. EFECTO DE LOS ENZIMAS 222

XIII.3 CONFITURAS ELABORADAS 223

XIII.3.1. Confitura de alto contenido de azúcar (63ºBrix) 223

XIII.3.2. Confitura de reducido contenido energético (40ºBrix) 226

XIII.3.3. Confitura sin azúcar añadido (12-14ºBrix) 229

XIII.4. ANALISIS SENSORIAL 232

XIII.4.1. Confitura de alto contenido de azúcar (63ºBrix) 232

XIII.4.2. Confitura de reducido contenido energético (40ºBrix) 233

XIII.4.3. Confitura sin azúcar añadido (12-14ºBrix) 234

XIII.5. ENSAYO CAPITULO VIII 235

XIV. CONCLUSIONES 237

XV. BIBLIOGRAFÍA 241

I. INTRODUCCIÓN

El tema que se propone en esta Memoria para la obtención del Grado de Doctor, aunque supone un aspecto muy concreto en la producción de alimentos elaborados en nuestro país, constituye la conjunción de variados aspectos, contemplados desde muy distintos enfoques y con una amplitud de perspectivas que se centran en ella. Arrancando de una elaboración tan tradicional dentro de la industria conservera de nuestra Región -como lo es la confitura de melocotón-, se plantea un desarrollo innovador que entra de lleno en la nueva tendencia hacia lo natural y con aplicación de otro recurso significativo de nuestro entorno -como lo es el limón- para preparar un producto innovador con la utilización de productos derivados, incrementado a su vez

por la incorporación de valores nutricionales de relevancia reconocida, como son los principios funcionales de este fruto (vitamínicos, antioxidantes, fibra dietética…), considerando la viabilidad de su puesta en mercado a precios competitivos y capaz de crear un mayor valor añadido en mercados especializados. Es por todo ello que resulte oportuno recoger en estos antecedentes unas consideraciones sobre la industria alimentaria de nuestro país y más en concreto de las industrias de conservas vegetales y de los frutos cítricos.

I.1. LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA EN ESPAÑA.

La industria española ocupa hoy, según datos de cifra neta de negocio, el quinto puesto en Europa. El sector de alimentación y bebidas, con el 16,38% del total de la producción industrial, es el primer sector de la industria manufacturera en España, y el 14,71% de la mano de obra.

Estas cifras ofrecen una idea de la importancia de una industria que, tras su integración en la Unión Europea, prácticamente ha triplicado las inversiones para no paralizar su desarrollo, dinámica que se sigue produciendo en este momento.

Otras de las preocupaciones de las industrias del sector son la necesidad de potenciar el prestigio de la marca y la excelencia del producto. Las empresas alimentarias manifiestan cada vez mayor interés en incrementar la calidad a través de instrumentos de mejora de la gestión y de la eficacia. El incremento de las empresas que se han adherido a marcas de calidad, como denominaciones de origen o específicas, o la obtención de la certificación según norma ISO 9000, ha sido constante durante los últimos años, y va a constituir una de las principales vías de evolución del sector.

Así mismo, la presión de la competencia interna y externa y de los diferentes agentes económicos que confluyen en el sector requieren de las empresas una respuesta constante, que se traduce en inversiones destinadas a la investigación y desarrollo de nuevos productos, innovación y formación continuada de los trabajadores.

La progresiva liberalización del comercio mundial y la apertura de mercados, tras los acuerdos de la Ronda de Uruguay del GATT, son los nuevos desafíos de la Industria Alimentaria. Aumentar el nivel de internacionalización del sector, y la

inversión en activos productivos, es una necesidad acuciante para sostener el dinamismo de las empresas.

Otro de los ámbitos en los que la industria alimentaria ha realizado un importante esfuerzo ha sido el respeto por el medio ambiente. Las inversiones realizadas y la adecuación y mejora de instalaciones suponen un importante trabajo de transformación en diferentes aspectos, con la dificultad añadida de la contención de los costes y del mantenimiento de la competitividad.

En la Figura I.1. se representa un desglose de los porcentajes de participación de los distintos sectores alimentarios, donde se señala que Conservas Vegetales supone un porcentaje superior al ocho por ciento

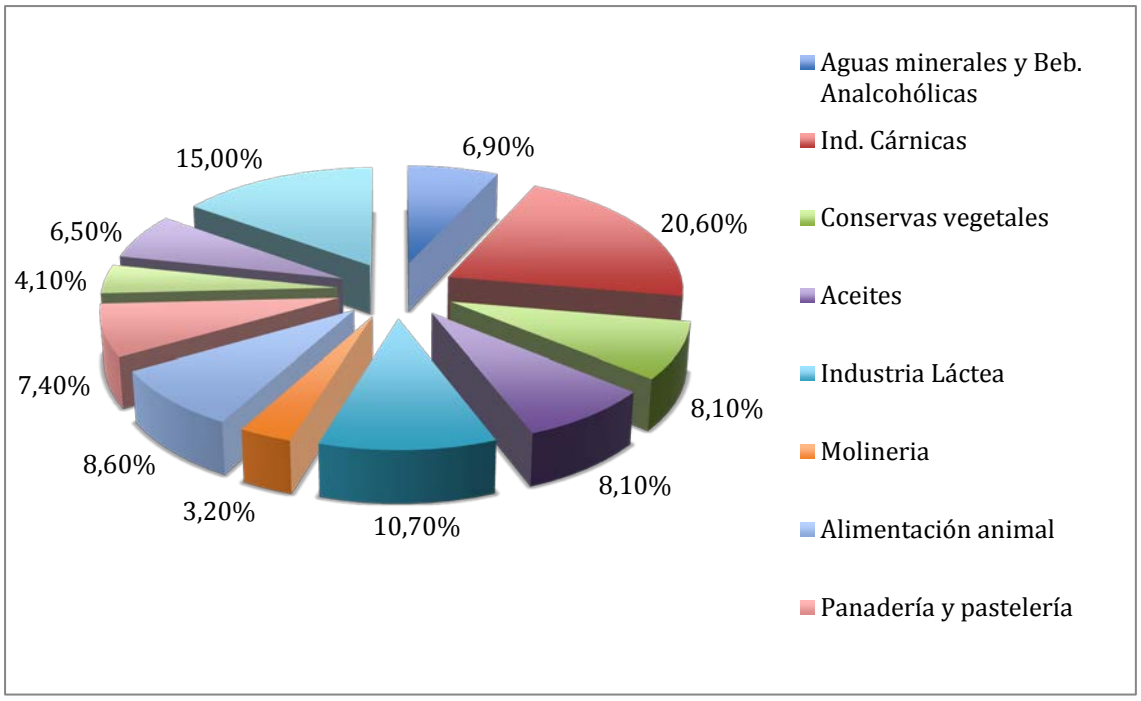

Figura I.1. Composición de la oferta agroalimentaria española. *Fuente: MAPA en base a la encuesta Industrial de Empresas del INE (2009).*

Para concluir, la industria alimentaria española, ha venido experimentando un importante desarrollo de transformación y modernización, proceso que todavía continúa y que está permitiendo al sector alcanzar mayores cotas de competitividad, que se están viendo confirmadas además por el aumento de las exportaciones del sector. El mantenimiento de este esfuerzo de transformación e inversión permitirá en los próximos años actualizar e incrementar nuestra presencia en el mercado global.

I.2. ORÍGENES DE LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.

Todos nuestros alimentos derivan de las plantas o de los animales, son por lo tanto de origen biológico, si bien algunos componentes sean minerales. Es precisamente esta naturaleza biológica la causa del desarrollo de un conjunto de transformaciones que, no sólo modifican sus características originales, sino que llegan a producir su deterioro. En estas modificaciones se incluyen reacciones químicas y bioquímicas pero además, los alimentos que el hombre utiliza, son también adecuados para muchos de los microorganismos que abundan en el suelo, en el agua y en el aire, por lo tanto en la alteración de los alimentos intervienen también procesos microbianos (Downing, 1996a).

La conservación comercial de alimentos no se estableció hasta principios del siglo XIX, después de una serie de descubrimientos que permitieron sentar las bases científicas y técnicas para dicha conservación; no obstante, y a pesar del completo desconocimiento que se tenía en épocas anteriores de las causas de degradación de los alimentos, desde antiguo nuestros antepasados fueron capaces de aplicar muchos métodos de conservación más o menos efectivos, que se emplearon durante cientos de años (Casp, A. y Abril, J. 2003).

Las técnicas primitivas de conservación se desarrollaron a partir de la observación y experiencia. El hombre -ante la necesidad de alimentarse y según el hábitat en que vivía- utilizó diferentes formas de conservación de sus alimentos. En climas fríos, el invierno era tiempo de escasez, después de la cosecha del verano y otoño anteriores se disponía de pocos alimentos frescos hasta la primavera siguiente. Además, con esta falta de alimentos frescos durante el invierno, no sólo era difícil para el hombre alimentarse a sí mismo, sino que también era imposible mantener el ganado, en

consecuencia, una parte importante del mismo era sacrificada antes de la llegada del invierno, para comer frescos los cortes más apetecibles y el resto se conservaba en las mejores condiciones posibles para los meses de carestía siguientes. Los métodos más comunes de conservación fueron secado, ahumado, salado, encurtido y, cuando las temperaturas eran suficientemente bajas, congelación. Con frecuencia, varios de estos métodos se utilizaban combinados, muchas veces inconscientemente, para obtener un producto que se mantuviera mejor que el conservado por un único método. Por ejemplo, la carne y el pescado se conservaban por una combinación de deshidratación y ahumado, y en el caso del pescado por encurtido también, la variación de las proporciones de ahumado, encurtido y secado producían una gran variedad de productos diferentes. Algunos descendientes de estos productos sobreviven todavía. Los alimentos tradicionalmente conservados en las áreas del Norte eran carnes y pescados secados, salazonados y ahumados, frutas y hortalizas secadas, encurtidas o fermentadas y conservadas como confituras y mermeladas (Cruess, W.V. 2004).

En los climas tropicales no surgían las necesidades de conservación de alimentos durante el invierno, pues aquí el problema era precisamente el contrario: se disponía de alimentos frescos todo el año que se deterioraban rápidamente con el calor, con frecuencia antes de que pudieran ser consumidos. En los climas cálidos, la forma más conveniente de conservar los alimentos era favorecer el desarrollo de bacterias u otros microorganismos inofensivos que excluyeran a aquellos que pudieran ser la causa de que el alimento se convirtiera en perjudicial o incomestible. Este proceso se conoce hoy como fermentación y el ejemplo más conocido era indudablemente la producción de alcohol a partir de azúcar por las levaduras.

Existían, sin embargo, muchos otros procesos de fermentación utilizados para la conservación de alimentos. En los climas templados, la leche se hacía incomestible muy rápidamente, por esta razón se utilizaron distintas fermentaciones para su conservación, el queso y el yogur son los resultados de este proceso. La col ácida (col fermentada) y las aceitunas verdes son también ejemplos de un proceso de fermentación, en el cual las bacterias producen una concentración tan alta de ácido en el alimento (fermentación láctica) que impide el desarrollo de otros microorganismos (Cheftel J.C y col, 1983).

El encurtido de alimentos en vinagre tiene un efecto similar a la fermentación, en lugar de esperar la formación de ácido por acción microbiana, se añade dicho ácido

al alimento fresco. Normalmente se aplicó a hortalizas, pero también fue tradicional en algunas zonas la conservación por este sistema de carnes y pescados. Los productos típicos conservados en las zonas cálidas eran leches fermentadas, quesos, carnes, pescados y frutas secados al aire (Mc Gee, H., 2007).

Los métodos tradicionales de conservación de alimentos se desarrollaron por prueba y error y conducían a productos de características variables y de inconsistente vida útil. Aunque estos métodos fueron refinándose con el paso del tiempo, muchos de ellos no producían un alimento adecuadamente conservado que fuese además nutritivo y apetitoso. Ninguno fue capaz de conservar todos los alimentos y en general estaban muy limitados a productos específicos. Fue hacia finales del siglo XVIII cuando la industrialización y los largos viajes por mar llevaron a la necesidad de conseguir que los métodos de conservación de alimentos fueran aplicables a productos muy diferentes.

En la historia de la conservación de alimentos hay un punto de inflexión alrededor del año 1860. Antes de esa fecha, los alimentos conservados eran caros, usados por los ricos y por las expediciones navales, producidos en áreas urbanas y en consecuencia no contribuían en la alimentación de los pobres. Es a partir de 1860, cuando los alimentos conservados comienzan a producirse donde la materia prima era barata y abundante, por ejemplo en Australia y América del Sur, desde donde se exportaban a Europa (Tyndall, J. 1881 y Pasteur, L. 1861).

La introducción de las técnicas de producción en masa a partir de 1860 tiene como consecuencia una reducción rápida de los costes de los alimentos conservados. Casi al mismo tiempo, comienzan a conocerse las causas del deterioro microbiano de los alimentos y los procesos empíricos de la tecnología de alimentos empiezan a apoyarse en bases científicas.

Aunque el incremento de las poblaciones urbanas creó la necesidad real de mejorar los alimentos conservados, fue la demanda de los marineros la que produjo las actuales mejoras. En los largos viajes del descubrimiento del Ártico y de las antípodas a Europa, dónde habían pocas oportunidades de encontrar alimentos frescos, muchas expediciones fracasaron por los problemas siempre presentes de malnutrición en el mar y como consecuencia de los efectos sobre la salud de una dieta de carne salada y galletas, sin frutas y hortalizas frescas. Puesto que las exploraciones fueron importantes

para el prestigio de las principales naciones europeas a principios del siglo XIX, tanto los gobiernos como los patrocinadores comerciales de dichas expediciones, tuvieron más interés en mejorar la dieta naval que la dieta de los pobres en tierra. De todas las manifestaciones de malnutrición en los viajes marítimos, el escorbuto fue la más temida, por lo tanto es natural que fuese la primera enfermedad nutricional científicamente investigada. A lo largo del siglo XIX encontramos que muchos de los alimentos conservados que fueron mejorados, lo fueron por sus propiedades antiescorbúticas (Espeau, P. y col., 1997).

I.2.1. Nicolás Appert y los orígenes de la industria conservera.

Aunque la conservación de las frutas en botellas fue practicado a escala doméstica desde principios del siglo XVII, el proceso comercial de la conservación de alimentos por esterilización, aplicado a otros alimentos además de las frutas, fue desarrollado por Nicolás Appert, un pastelero de Massy cerca de París, a principios del siglo XIX. Después de trabajar como aprendiz, Appert se estableció en la Rue des Lombards en París alrededor del año 1780 y prosperó allí hasta 1795. Durante este tiempo comenzó las experiencias que cambiaron completamente el procesado de alimentos. Posiblemente, sus ideas tuvieron origen en las recetas publicadas para el embotellado casero de frutas, adaptándolas a la conservación de otros alimentos (carnes, hortalizas, sopas, leche, etc.), Esta adaptación realmente no fue fácil, puesto que los microorganismos de importancia en las frutas envasadas se destruyen mucho más rápidamente que en los otros productos. (Drummond, D.SC. y col., 1934).

Desde luego, Appert no tenía conocimientos de bacteriología, pero con cuidadosos y extensos experimentos sentó él sólo las bases para el comienzo de una industria. A partir de observaciones completamente empíricas, llegó a conclusiones correctas sobre el tiempo de calentamiento necesario para conseguir el efecto de conservación y, sorprendentemente, fue muy insistente en la necesidad de extremar las condiciones higiénicas, que entonces estaban lejos de ser consideradas como criterio universal en la manipulación de alimentos.

Nicolás Appert publicó en 1810 un libro titulado "L 'Art de Conserver penndant plusieurs années, toutes les substances animales et végétales" (Appert. N., 1810), que

rápidamente tuvo un éxito internacional. La edición alemana se publicó el mismo año que la francesa, al año siguiente las ediciones inglesa y sueca y en 1812 la americana y la segunda edición inglesa. Se ha dicho que Appert recibió un premio de 12.000 francos franceses por su descubrimiento, pero en realidad fue el pago por la publicación de su método, como era la práctica común del gobierno Francés en esa época.

Muchas mejoras de este proceso de conservación, incluyendo la introducción los botes metálicos, fueron trabajo de otros, pero fue Appert quien demostró que se pueden producir alimentos conservados, seguros y de calidad aceptable, calentándolos en recipientes cerrados. Desde el principio, los alimentos envasados estuvieron a disposición del público en general, pero el muy alto coste de producción hizo que durante muchos años se destinaran sólo a la clase económicamente desarrollada. No fue hasta la última mitad del siglo XIX cuando se utilizaron domésticamente en cantidades significativas. Los principales consumidores de los alimentos envasados fueron las expediciones navales y, junto con otras mejoras en la dieta especialmente el uso de antiescorbúticos, desempeñaron un importante papel en el éxito de dichas expediciones.

El año 1850 marcó el final de la primera fase de desarrollo de la industria de conservación y el principio de un periodo de expansión, de producción en masa y de conocimiento de los principios científicos de los métodos utilizados. En la segunda mitad del siglo XIX se introdujeron muchas mejoras en el campo de los productos envasados y muchos de los alimentos envasados en botes metálicos o en botellas que conocemos hoy se producían ya entonces y, generalmente, con buena calidad. La primera mejora importante en el proceso de embotado fue patentada en 1840, cuando John Wertheimer comprobó que incrementando la temperatura de calentamiento de los alimentos envasados, se reducía considerablemente el tiempo de tratamiento y se conseguía una mejora notable de la calidad. (Drummond, D.SC. y col., 1934).

En 1841 Stephan Goldner y John Wertheimer presentaron dos patentes para el calentamiento de los botes con alimentos en baños con soluciones salinas, cuyo punto de ebullición se situaba a temperaturas superiores a 100°C, su principio era simple, cuando se añade sal al agua, el punto de ebullición de la disolución es más alto que el del agua sola y depende de la concentración de la sal. Los baños de cloruro cálcico se consideraron rápidamente como el método estándar de calentamiento de los botes,

debido a que permitían una considerable reducción de los tiempos de calentamiento, pasando de 4-5 horas a 1 hora (Doerrfeld, D. A y col, 1993).

Es sorprendente que Goldner y Wertheimer decidieran utilizar temperaturas del orden de 132 a 150°C, puesto que los riesgos de explosión de los botes a estas temperaturas eran considerables. El calentamiento de los botes a temperaturas tan altas en baños de cloruro cálcico, produce en su interior altas presiones que pueden llegar a deformar los envases y hasta hacer saltar los cierres. La solución que se dio a este problema, fue calentar los botes en un recinto cerrado que contuviera vapor a presión, un autoclave, de esta forma la presión desarrollada en el interior del bote se contrarresta con la del vapor del interior del recinto y el riesgo de explosión se reduce. La primera patente de un autoclave específico para calentar botes de alimentos se debe a un sucesor de Appert, Raymond Chevallier-Appert. En la segunda mitad del siglo XIX se introdujeron múltiples mejoras, no sólo en el desarrollo de los autoclaves sino también en los envases, mejoras que han continuado en el siglo XX, hasta llegar a los diferentes equipos y tipos de envases que se conocen hoy día.

I.2.2. Deterioro microbiano de los alimentos.

La mayor contribución al conocimiento de la resistencia al calor de las esporas de las bacterias la hizo, de forma parcialmente accidental, el físico inglés John Tyndall en 1876, al realizar experiencias con una cámara a través de la cual pasa un rayo de luz. Después de un número considerable de experimentos, Tyndall encontró que cinco minutos de calentamiento, que hasta entonces se habían considerado suficientes para prevenir el desarrollo de microorganismos, no era suficiente, dando como explicación la presencia de organismos mucho más resistentes al calor que los conocidos anteriormente. Los tubos que contenían los nuevos organismos requerían para su esterilización cinco horas y media. Tyndall dedujo correctamente que algunas bacterias pueden producir endosporas increíblemente resistentes al calor y distinguibles al microscopio. Es esta situación de esporulación la responsable de las dificultades de esterilización de los botes de alimentos, mientras que las células vegetativas normales de los organismos son destruidas rápidamente a la temperatura de ebullición del agua.

En 1864 el Dr. Calvert de Londres encontró una explicación para la putrefacción que mejoraba las anteriores, que implicaban únicamente al oxígeno, indicando que la putrefacción sólo se da en presencia de gérmenes pero que estos no se desarrollan más que en presencia de oxígeno, Luego la exclusión de ambos, gérmenes y oxígeno, contribuye al éxito de la conservación de alimentos,

En esta misma época, Louis Pasteur estaba interesado en la conservación del vino por el calor. A diferencia de otros inventores de procesos de conservación de alimentos, primero investigó la microbiología del vino y después desarrolló un método basado en estos resultados. Su proceso fue de éxito tan espectacular que el término "Pasteurización" se ha aplicado al proceso en el cual se destruyen las bacterias indeseables pero el alimento no está completamente esterilizado. Pasteur después de haber desarrollado este proceso en agradecimiento a Nicolás Appert, indicó en la segunda edición de su libro "Études sur le Vin": *Cuando publiqué por primera vez los resultados de mi trabajo sobre la posibilidad de conservar el vino por calor, es evidente que hice una nueva aplicación del método de Appert y que Appert pensó el mismo proceso mucho antes que yo.* Pasteur fue generoso y modesto, aunque su método estuvo basado en la observación de la destrucción térmica de los microorganismos, lo aplicó a un producto muchísimo más complejo que cualquiera de los que Appert pudo producir. El vino es muy difícil de conservar por calor y pierde fácilmente su aroma y bouquet, pero Pasteur fue capaz de eliminar los microorganismos indeseables sin afectar demasiado al aroma del vino. Pasteur, L. (1861).

En el último cuarto del siglo XIX la bacteriología alcanzó un gran desarrollo, realizándose múltiples investigaciones en el campo de la medicina, que llevaron a la conclusión de que muchas enfermedades eran causadas por bacterias, pero también se comprobó que algunos de dichos descubrimientos eran aplicables a la conservación de alimentos. Fueron identificados, descritos y clasificados y se hicieron crecer en laboratorio, muchos de los microorganismos responsables de las enfermedades, de la putrefacción y fermentación. En 1890 comienzan a ser aplicados en la industria alimentaria los grandes progresos de la microbiología médica y comienzan numerosas investigaciones específicas sobre el crecimiento de los microorganismos en los alimentos.

A principios del siglo XX se progresó en la comprensión de la bacteriología de los alimentos, y así en 1920 se estableció el método para calcular con precisión el calor necesario en el procesado de un bote de alimento. Se establecieron dos aspectos esenciales de la destrucción térmica de las esporas de las bacterias, primero, el porcentaje de destrucción aumenta logarítmicamente con el incremento de la temperatura por encima de 90°C y segundo, el número de organismos supervivientes disminuye logarítmicamente con el tiempo.

El porcentaje de destrucción de las esporas de las bacterias depende no solo de la temperatura sino también de la composición del medio en que son calentadas, principalmente la acidez entre otros factores. Una vez comprendido el efecto del tiempo y la temperatura sobre la destrucción térmica de las bacterias, fue posible extrapolar esta información a la predicción del porcentaje de destrucción de las esporas en los botes de alimentos, en los que la temperatura varía con el tiempo. Tales métodos fueron propuestos por W. D. Bigelow y J. R. Esty y por C. C. Williams a principios del año 1920 (Bigelow, W.D., 1921. Esty, J.R., Williams, C.C. 1924).

Pocos años después C.O. Ball hizo ligeras modificaciones del método para simplificar su aplicación práctica, redefinió la "Dosis letal" de forma que tuviera el valor de la unidad a una temperatura arbitraria de referencia, usualmente l21’11ºC para alimentos de acidez baja que fuesen calentados a alta temperatura y 100°C para los alimentos ácidos, como las frutas, que eran esterilizados en agua hirviendo.

A temperaturas inferiores a la de referencia, la dosis letal tiene valores inferiores a la unidad y a temperaturas más altas dicho valor es mayor de la unidad. Utilizando la modificación de Ball, el área bajo la dosis letal /curva de tiempo era la letalidad del proceso en minutos equivalentes a la temperatura de referencia. Dado que el grado de destrucción de las esporas de las bacterias a la temperatura de referencia era conocida (por observaciones experimentales), podía estimarse la efectividad de un determinado proceso de esterilización. Para aplicar este método de cálculo, es necesario elegir como base de cálculo un microorganismo que forme esporas muy resistentes al calor (Ball, C.O. 1923).

En los últimos años, se han desarrollado métodos para calcular los tiempos de calentamiento del proceso de tratamiento de alimentos envasados, en términos de cinética de las reacciones químicas. Estos métodos, aunque indudablemente son más precisos, no han sustituido generalmente al método de Ball. Otros trabajos recientes se refieren a la predicción del proceso de calentamiento no a partir de temperaturas observadas, sino basándose en el conocimiento de las propiedades térmicas y físicas del bote, de su contenido y del medio de calentamiento.

I.3. CONFITURAS DE FRUTAS.

Durante siglos se ha tratado de un alimento dulce de fruta, agradable de tomar bien directamente o como componente de otros productos de repostería casera, preparado por el ama de casa mediante cocción de una mezcla, normalmente a partes iguales, de fruta pelada deshuesada y limpia y azúcar hasta alcanzar una consistencia espesa o gelificada.

El objetivo era conseguir una conserva que alargara el tiempo de consumo de la fruta desde la fecha de recolección hasta prácticamente la campaña siguiente.

La calidad del producto acabado dependía de la experiencia y pericia de la cocinera: así para contrarrestar la falta de consistencia de algunas frutas utilizaba el zumo extraído de pieles de manzana y para obtener el grado de acidez y el punto de sabor, mezclaba la fruta principal con otras frutas más ácidas, o zumo de limón, incluso también vinagre. En general se observa en estos elaborados caseros una pérdida de calidad como consecuencia de una exposición prolongada al calor (Downing, D.L 1196).

En la actualidad la industria ha desarrollado aquellos procedimientos y recetas caseros adaptándolos a procesos industriales a gran escala, utilizando instalaciones, tecnología y otros ingredientes, que aseguren la uniformidad y elevada calidad del producto acabado. Hoy la industria utiliza procesos de cocción a presión reducida, otros carbohidratos edulcorantes, pectinas para ajustar la textura, ácidos alimentarios para regular la acidez, etc. (Rauch, G.H, 1987).

Según el Real Decreto 863/2003, de 4 de julio, por el que se aprueba la Norma de calidad para la elaboración, comercialización y venta de confituras, jaleas, "marmalades" de frutas y crema de castañas. (BOE 05/07/2003), encontramos las siguientes definiciones.

- **“Confitura”.**

Es la mezcla, con la consistencia gelificada apropiada, de azucares, de pulpa o de puré de una o varias, especies de frutas y de agua. No obstante se podría obtener confitura de cítricos a partir del fruto entero, cortado en tiras o en rodajas.

La cantidad de pulpa o de puré utilizada para la elaboración de 1000 gramos de producto acabado no será inferior a:

- 350 gramos en general
- 250 gramos en el caso de las grosellas rojas, las serbas, la uva espina, las grosellas negras, los agavanzos y los membrillos.
- 150 gramos en el caso del jengibre
- 160 gramos en el caso de los anacardos
- 60 gramos en el caso de la granadillas.

- **“Confitura extra”.**

Es la mezcla, con la consistencia gelificada apropiada, de azucares, de pulpa no concentrada de una o varias especies de frutas y de agua. No obstante la confitura extra de agavanzos y la confitura extra sin semillas de frambuesas, moras, grosellas negras, arándanos y grosellas rojas, podrá proceder total o parcialmente de puré no concentrado de estas frutas. Podrá obtenerse confitura extra de cítricos a partir del fruto entero, cortado en tiras o en trozos.

No podrán emplearse las siguientes frutas como mezcla para la elaboración de confitura extra: manzanas, peras, ciruelas con hueso adherente, melones, sandias, uvas, calabazas, pepinos y tomates.

La cantidad de pulpa para la elaboración de 1000 gramos de producto acabado no deberá ser inferior a:

- 450 gramos en general
- 350 gramos en el caso de las grosellas rojas, las serbas, la uva espina, las grosellas negras, los agavanzos y los membrillos.
- 250 gramos en el caso del jengibre
- 230 gramos en el caso de los anacardos
- 80 gramos en el caso de la granadillas

- **Grados Brix de los productos.**

Las confituras de frutas deberán tener un contenido de materia seca soluble, determinada por refractómetro, igual o superior al 60%, excepto para los productos en los que los azucares hayan sido sustituidos total o parcialmente por sustancias edulcorantes.

- **Mezclas de frutas.**

En el caso de mezclas de frutas, los contenidos mínimos establecidos en cada clase de confitura, para las diferentes especies de frutas, se reducirán proporcionalmente a los porcentajes utilizados.

- **Materias primas e ingredientes autorizados.**

A los efectos de esta norma de calidad. Se entenderá por:

o *Frutas*

a. La fruta fresca, sana, sin ninguna alteración, con todos sus componentes esenciales y en el grado de madurez apropiada, después de lavada, limpia y despuntada.

b. Quedan asimilados a la fruta, para la aplicación de esta norma, el tomate, las partes comestibles de los tallos de ruibarbo, la zanahoria, la batata, el pepino, la calabaza, el melón y la sandia.

c. El término “jengibre” designa las raíces comestibles de la planta de jengibre, frescas o en conserva. El jengibre podrá secarse o conservarse en almíbar.

d. Castaña: el fruto del castaño (castenea sativa).

- *Pulpa (de fruta).*

La parte comestible de la fruta entera, en su caso sin piel, corteza, semillas, pepitas y similares, que puede estar cortada en trozos o triturada, pero no reducida a puré.

- *Puré (de fruta).*

La parte comestible de la fruta entera, en su caso necesario sin piel, corteza, semillas, pepitas y similares, que se ha reducido a puré mediante tamizado o cualquier otro procedimiento similar.

- *Extractos acuosos (de fruta)*

El extracto acuoso de frutas que, a reserva de las pérdidas inevitables según las buenas prácticas de la fabricación, contiene todos los constituyentes solubles en agua de las frutas utilizadas.

- *Azúcares*

Los azúcares autorizados son los siguientes:

- Los azúcares definidos en la normativa aplicable en vigor
- El jarabe de fructosa,
- Los azúcares extraídos de frutas,
- El azúcar moreno.

- *Otros ingredientes autorizados.*

Sin perjuicio de lo establecido por el Real Decreto 3177/1983, de 16 de noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria de aditivos alimentarios, se podrán añadir los siguientes ingredientes a los productos definidos en el apartado 3 de esta norma:

- Miel según se define en la normativa aplicable en vigor: en todos los productos en sustitución total o parcial de los azúcares.
- Zumo de frutas: únicamente en la confitura.
- Zumo de cítricos en los productos obtenidos a partir de otras frutas: únicamente en la confitura, la confitura extra, la jalea y la jalea extra.
- Zumo de frutas rojas: únicamente en la confitura y la confitura extra elaboradas a partir de agavanzos, fresas, frambuesas, uva espina, grosellas rojas, ciruelas y ruibarbo.
- Zumo de remolachas rojas: únicamente en la confitura y la jalea elaboradas a partir de fresas, frambuesas, uva espina, grosellas rojas y ciruelas.
- Aceites esenciales de cítricos: en la marmalade y en la jalea de marmalade.
- Aceites y grasas comestibles como agentes antiespumantes: en todos los productos.
- Pectina líquida: en todos los productos.
- Cortezas de cítricos: en la confitura, la confitura extra, la jalea y la jalea extra.
- Hojas de Pelargonium odoratissimum: en la confitura, en la confitura extra, la jalea y la jalea extra, cuando se obtengan a partir de membrillos.
- Espirituosos, vino y vino generoso, frutos secos, hierbas aromáticas, especias, vainilla y extractos de vainilla: en todos los productos.
- Vainillina: en todos los productos.

- **Tratamiento de las materias primas.**

La fruta, la pulpa, el puré y los extractos acuosos de fruta podrán ser objeto de los siguientes tratamientos:

- Tratamiento por calor, refrigeración o congelación.
- Liofilización.
- Concentración, en la medida en que sea posible técnicamente.
- Tratamiento de las materias primas, con anhídrido sulfuroso o sus sales (sulfito sódico, sulfito ácido de sodio, metabisulfíto sódico, metabisulfito potásico, sulfito cálcico y sulfito ácido de calcio) como ayudas a la transformación, con excepción de las utilizadas en la fabricación de productos extra, siempre que en los productos definidos en el apartado 3 no se exceda el nivel máximo de anhídrido sulfuroso establecido en el Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización.

Los albaricoques y las ciruelas destinados a la elaboración de confitura podrán ser objeto asimismo de tratamientos de deshidratación, además de la liofilización.

Las cortezas de cítricos podrán conservarse en salmuera.

I.3.1. Etiquetado.

La Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, será aplicable a los productos definidos en el apartado tres de esta norma, en las siguientes condiciones:

- Las denominaciones de venta que figuran en el apartado 3 quedan reservadas a los productos allí consignados y deberán ser utilizadas en el comercio para designarlos.
- La denominación de venta se completará mediante la indicación de la fruta o frutas utilizadas, en orden decreciente del peso de las materias primas constituyentes. No

obstante, en el caso de productos elaborados a partir de tres o más frutas, la indicación de las frutas empleadas podrá sustituirse por la indicación frutas varias u otra similar o por la indicación del número de frutas utilizadas.

- El etiquetado deberá incluir la indicación del contenido de fruta del producto acabado mediante los términos elaborado con ... gramos de fruta por 100 gramos, si procede tras la deducción del peso del agua empleada para la preparación de los extractos acuosos.

- El etiquetado deberá incluir la indicación del contenido total de azúcares mediante los términos contenido total de azúcares ... gramos por 100 gramos, en el que la cifra indicada representa el valor refractométrico del producto acabado, determinado a 20 ºC, con una tolerancia de +/- 3 grados refractométricos.

- No obstante, la cantidad de azúcares podrá no indicarse cuando ya figure en el etiquetado una declaración de propiedades nutritivas relativa a los azúcares, de conformidad con el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio, por el que aprueba la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de productos alimenticios.

- Las indicaciones contempladas en el apartado 8.3 y en el primer párrafo del apartado 8.4 deberán figurar en el mismo campo visual que la denominación de venta, en caracteres claramente visibles.

- Cuando el contenido residual de anhídrido sulfuroso sea superior a 10 mg/kg, su presencia se indicará en la lista de ingredientes, no obstante lo dispuesto en los artículos 3 y 5, así como en el apartado 3 del artículo 7, de la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio.

I.3.2. Elaboración de confituras.

Para la elaboración de una confitura de fruta conforme a la legislación vigente se necesitan:

- Ingredientes necesarios

- Fruta (en sus distintas formas de preparación).
- Agentes edulcorantes autorizados.

- Ingredientes permitidos

  - Agentes gelificantes (pectinas)
  - Acidulantes (Ácido cítrico)
  - Sales tampón
  - Antioxidantes (ácido ascórbico)
  - Sales de calcio (lactato cálcico)
  - Conservantes (sorbato potásico), en determinadas cantidades.

La figura I.2 muestra el diagrama de flujo para la elaboración y envasado de confituras de frutas. (Rauch, G.H, 1987).

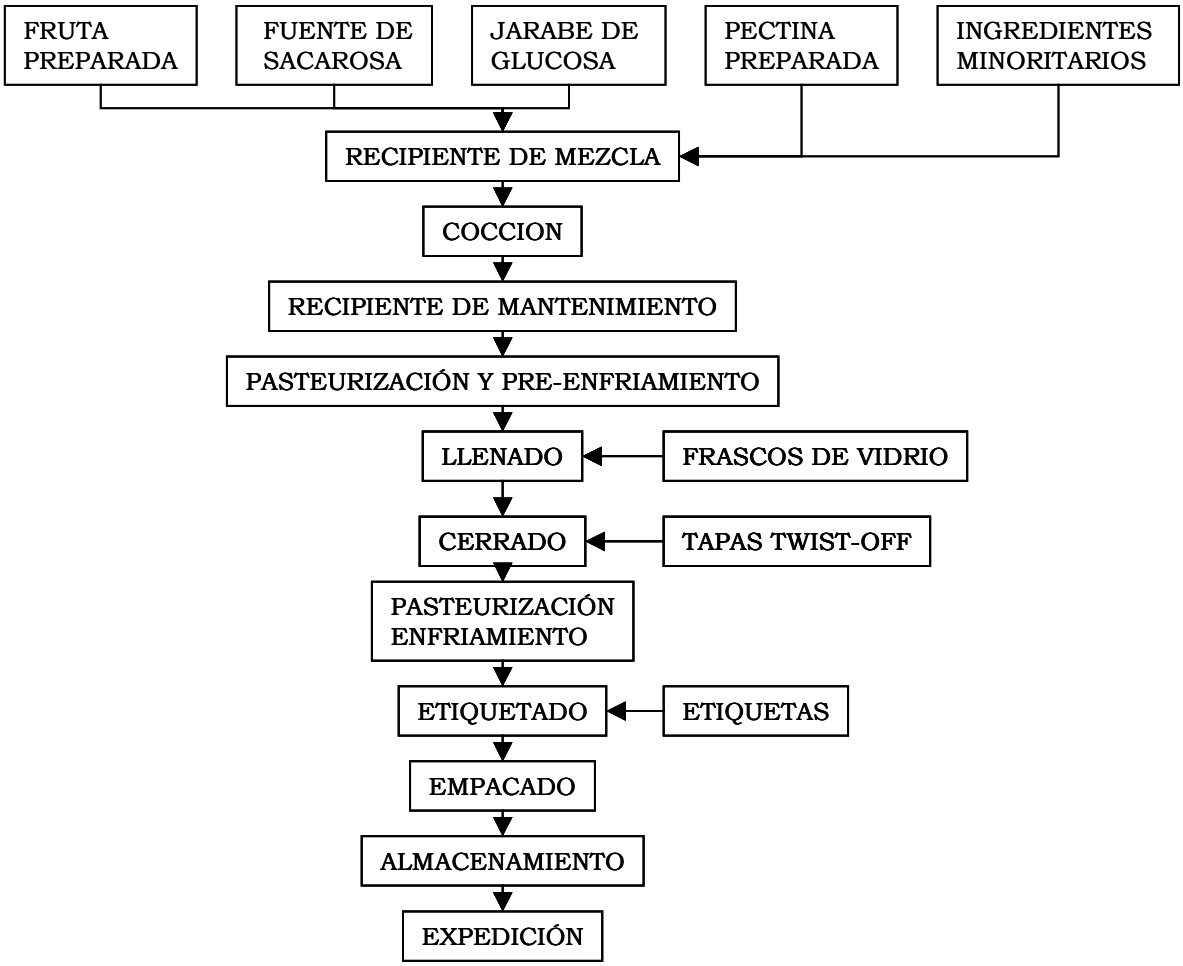

Figura I.2. Diagrama de flujo de la elaboración de confitura industrial.

I.3.3. Fruta preparada.

Normalmente la fruta utilizada como materia prima en la elaboración de confituras está dispuesta para su uso sin necesidad de manipulación previa.

Se presenta: congeladas IQF (Individual Quick Freeze) o conservadas por calor. Las frutas que se consumen congeladas, fresas y bayas en general, han sido sometidas al tratamiento previo de lavado, selección, desrabado, calibrado si fuera necesario, inspección y pre-enfriamiento. La congelación se realiza en túneles en sistema continuo en piezas individuales (IQF) a una temperatura a salida del túnel de -18º. Se empaqueta e bolsas de plástico en cartones de 10-20 kg y se almacena a -25ºC.

El resto de frutas se consume como pulpa ya preparada, limpia, sin defectos e inspeccionada y conservada por tratamientos térmicos en latas de 5 kg. o en bolsas asépticas de 200 ó 1.000 kg.

I.3.4. Contenido de ácido de la fruta.

Existen grandes variaciones en la acidez de las distintas clases de frutas, incluso en una misma clase de fruta se observan variaciones significativas de pH de unas partidas a otras debido al índice de madurez, características del suelo, condiciones climáticas, etc.

Muchas frutas requieren la adición de ácido para ajustar los valores de pH de la confitura a los requerimientos de la pectina usada. La cantidad de ácido requerido para reducir el pH de la confitura al valor deseado puede determinarse por valoración. Valores típicos de pH de distintas frutas y las cantidades necesarias de disolución 50% p/v de ácido cítrico para reducir el pH 0,1 unidades se muestran en la tabla I.1.

Tabla I.1. pH y capacidad tampón de algunas frutas (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

FRUTA	pH	mL de sol del 50% de ác. Cítrico/ kg de fruta (para reducir 0.1 unidad de pH)
Manzana (dulce)	3.4-3.7	2
Manzana (agria)	3.0-3.4	3
Albaricoque	3.0-3.7	3
Arándano	2.8-3.0	6
Mora	3.8-4.2	2
Grosella negra	2.9-3.3	13
Cereza	2.6-3.7	8
Sauco	3.6-3.8	2
Grosella	2.8-3.3	8
Uva	3.5-3.7	4
Pomelo	2.8-3.2	12
Kiwi	3.2-3.5	3
Lychee	5.5-6.0	0-1
Naranja (amarga)	2.9-3.2	10
Naranja (dulce)	3.0-3.4	3
Fruta de la pasión	3.2-3.5	8
Melocotón	3.4-3.6	2
Pera	3.4-4.1	1
Piña	3.4	4
Ciruela	3.0-3.5	5
Ciruela pasa	3.3-3.7	2
Membrillo	3.3-3.6	2
Frambuesa	3.3-3.6	6
Grosella Roja	2.6-3.0	10
Ruibarbo	2.0-2.9	11
Rosa mosqueta	3.7	5
Fresa	3.0-3.5	5

I.3.5. Contenido en calcio de la fruta.

La mayoría del calcio contenido en una confitura procede normalmente de la fruta. Como el contenido en calcio de la confitura determina la temperatura de gelificación e influye en la textura final de un gel de pectina de bajo metoxilo (bajo porcentaje de esterificación), el contenido real de calcio de la fruta influye en la elección de la temperatura de llenado y en casos extremos en la elección del tipo de pectina de bajo grado de esterificación (LM).

Generalmente, las partes insolubles de muchas frutas son especialmente ricas en calcio. Este calcio no se libera completamente durante la fase del proceso de cocción y por consiguiente solo una parte influye en la temperatura de gelificación de una pectina

LM. Una considerable diferencia entre “calcio total” y “calcio libre” en la fruta puede indicar una tendencia a aumentar ligeramente la fuerza del gel del producto final.

Valores típicos de “calcio total” y “calcio libre” de algunas frutas se muestran en la tabla I.2:

Tabla I.2. Contenido en calcio total y libre de algunas frutas. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

FRUTA	CALCIO TOTAL ppm	CALCIO LIBRE ppm
Manzana	90	90
Albaricoque	170	130
Plátano	135	135
Cereza	225	200
Sauco	500	-
Grosella negra	300	-
Uva	250	250
Pomelo	150	-
Kiwi	250	160
Zumo de limón	150	-
Piel de limón	2000	700
Lychee	60	28
Mango	150	130
Piel de naranja	1500	-
Naranja amarga	700	-
Naranja	350	-
Fruta de la pasión	130	30
Melocotón	160	160
Pera	150	150
Piña	400	390
Ciruela	150	90
Ciruela pasa	240	-
Membrillo	200	130
Frambuesa	250	140
Grosella Roja	500	130
Ruibarbo	1030	-
Rosa mosqueta	1500	650
Fresa	350	150

I.3.6. Azúcares (hidratos de carbono).

Generalmente más del 40% del peso total y el 80% del total de sólidos en una confitura son azucares. Junto con el efecto edulcorante, los azucares tienen un número de funciones en la confitura. Contribuye a los sólidos solubles, los cuales son esenciales para la estabilidad física , química y microbiológica, suministra cuerpo y gusto, mejora la apariencia de color y brillo y hace posible la gelificación con pectina de esterificación alta (HM- High Metoxyl).

- Elección de azucares (hidratos de carbono).

La sacarosa es el azúcar más importante utilizado en la industria elaboradora de confituras, pero durante las últimas décadas se ha ido sustituyendo total o parcialmente por otros edulcorantes (Tabla I.3), especialmente los llamados hidrolizados de almidón.

Tabla I.3. Solubilidad de distintos edulcorantes**.** (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

Edulcorante (hidratos de carbono)	**Poder edulcorante**	**Solubilidad a 20º C en %**	**Solubilidad a 0ºC en %**
Sacarosa	100	67	64
Azucar invertido	100	62	50
Jarabe de glucosa 42 DE	60	-	-
Jarabe de glucosa 60 DE	90	-	-
Jarabe de Isofructosa	100	-	-
Jarabe alta fructosa	120	-	-
Dextrosa	80	47	35
Fructosa	120	79	
Sorbitol	50	70	
Aspartamo	20.000		
Sacarina	30.000		

La sustitución de la sacarosa por otros edulcorantes carbohidratos puede influir sensiblemente en la gelificación según las características de la pectina. Variaciones en la temperatura de la gelificación, puede producirse por cambios en la temperatura de llenado o por la elección de una pectina (HM) que sea de gelificación rápida o de

gelificación lenta, y en las pectinas LM (Low Metoxyl) puede ocurrir estos mismos cambios dependiendo de las más o menos reactividad al calcio de la pectina.

Variaciones en la fuerza del gel pueden conseguirse cambiando simplemente las variaciones de la pectina.

I.3.7. Contenido de pectina en la fruta.

El contenido de pectina en la fruta fresca, fruta congelada y pulpa de fruta varía considerablemente. Las características genéticas, la tierra de cultivo y las variaciones climáticas, junto con el grado de madurez de la fruta muestran influencia en la composición de pectina (tabla I.4).

Tabla I.4. Contenido en pectina de la fruta. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

GRUPO	CONTENIDO DE PECTINA	EJEMPLOS
A	Muy alto	Manzanas (la confitura de esta fruta se elabora sin adición de pectinas).
B	Alto	Ciruelas, membrillos, naranjas con alto contenido de pectina.
C	Medio	Pomelos, moras, fresas, piñas y naranjas con bajo contenido de pectina.
D	Bajo	Melocotones, peras, albaricoques.
E	Muy bajo	Cerezas, arándonos.

Como la pectina de la fruta fresca generalmente es una pectina de alto grado de esterificación, esta pectina “natural” puede contribuir a la fuerza del gel, especialmente en confituras con un porcentaje elevado de azúcar.

Cuando las frutas usadas pueden ser de la parte alta o baja del cuadro anterior, la reducción o incremento de la cantidad de pectina añadida puede variar del 10 al 20% para mantener la misma textura del gel en el producto terminado.

- La pectina.

Como el almidón y la celulosa, la pectina es un compuesto polisacárido formado de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, que unidas constituyen el ácido poligalacturónico. La pectina tiene propiedades de formar geles en medio ácido y en presencia de azúcares. Por este motivo. Es utilizada en la industria alimentaria en combinación con los azúcares como un agente espesante, por ejemplo en la fabricación de mermeladas y confituras. La mayor parte de las frutas contienen pectina, pero no en la cantidad suficiente para formar un gel cuando la confitura es fabricada, por lo que una cierta cantidad de pectina se añade para mejorar la calidad de la misma, brindándole la consistencia deseada. Cuando la pectina es calentada junto con el azúcar se forma una red, que se endurecerá durante el enfriado. (Igoe, R.S. y Hui, Y.H. 1999).

En contraste con el almidón, que actúa como una reserva de energía, la pectina y la celulosa son responsables de las propiedades estructurales de la planta. Las substancias pécticas, están presentes en cantidades más o menos importantes en todas las frutas, y contribuye a su textura firme pese a contener un 90% de agua.

A diferencia del almidón y la celulosa, cuyo constituyente básico es la glucosa, en la pectina el eslabón primario es la galactosa- o con más precisión ácido galacturónico y ester metílico del ácido galacturónico.

La pectina está formada por cadenas lineales conteniendo de 200 a 1000 unidades de ácido D-galacturónico unidos mediante enlaces -1,4 glicosídicos.

El grado de esterificación de la molécula de pectina se define como el porcentaje de unidades de ácido galacturónico esterificadas del total de unidades de ácido galacturónico en la molécula. De acuerdo con el grado de estirificación las pectinas comerciales se dividen en pectinas de alta esterificación (HM) y pectinas de baja esterificación (LM) ó también en pectinas de alto metoxilo (HM) y pectinas de bajo metoxilo (LM).

- Definición de pectinas de alto grado de esterificación.

Las pectinas de alta esterificación (pectinas HM) son pectinas con un grado de esterificación por encima del 50% (figura I.3). Las pectinas de HM requieren sólidos solubles por encima del 55% y ácido suficiente (a un pH alrededor del 3.0) para gelificar. Una vez formado el gel con pectina HM no se puede fundir completamente mediante calentamiento, tiene un comportamiento irreversible.

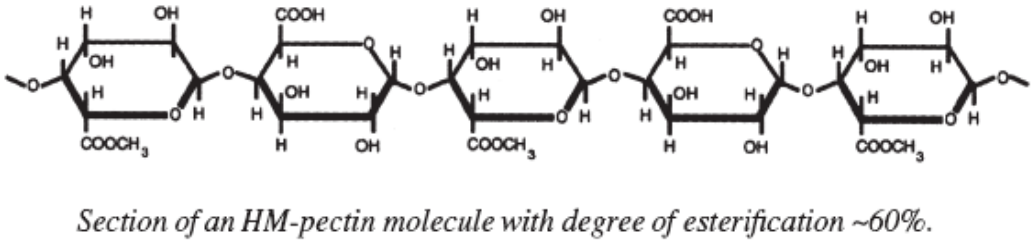

Figura I.3. Estructura de pectinas de alto grado de esterificación. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

- Definición de pectinas de bajo grado de esterificación.

Las pectinas de baja esterificación (pectinas LM) son pectinas con un grado de esterificación inferior al 50% (figura I.4). Las pectinas LM en general se producen industrialmente a partir de pectinas de pectinas HM provocando una desesterificación mediante tratamiento suave en condiciones ácidas o alcalinas.

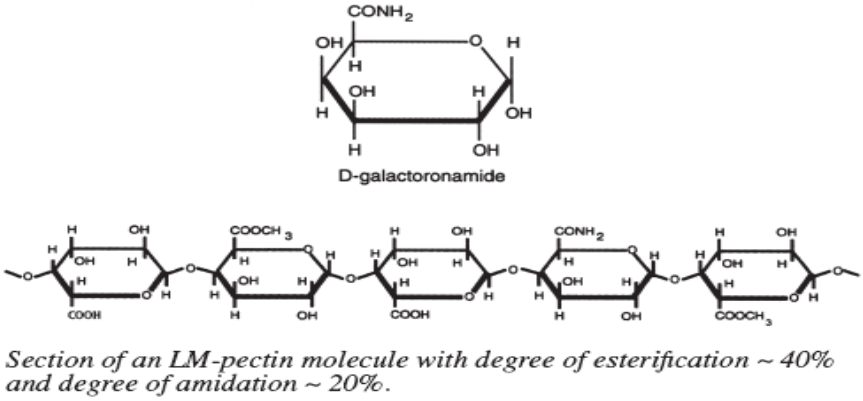

Figura I.4. Estructura de pectinas de bajo grado de esterificación. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

Si se utiliza amoniaco en el proceso de desesterificación alcalina se obtiene una pectina de baja esterificación denominada pectina amidada. Aparte de ácidos galacturónicos y esteres metílicos del ácido galacturónico, la pectina de baja esterificación amidad (LM amidada) contiene unidades de galacturonamida en la cadena molecular.

El mecanismo de gelificación de una pectina LM difiere sustancialmente de una pectina HM. Para obtener la formación de gel en un sistema que contenga pectina de baja esterificación, es imprescindible la presencia de iones calcio. Por otro lado las pectinas LM pueden formar geles con menores grados Brix que las pectinas HM y toleran variaciones más grandes de pH sin un efecto sensible sobre la formación del gel. Contrariamente a la pectina HM, los geles de pectina LM pueden con frecuencia fundirse completamente cuando se calientan.

El grado de esterificación y el grado de amidación en gran parte determinan la "reactividad al calcio" de una pectina –LM específica. En la práctica el grado de esterificación y el grado de amidación juntos controlan las temperaturas realtivas de gelificación de las pectinas LM. De acuerdo con esto, las pectinas comerciales LM pueden clasificarse como gelificación rápida o gelificación lenta o como más o menos "reactiva al calcio". La tabla I.5 muestra los factores que influyen en la formación de gel con pectina de bajo metoxilo y la tabla I.6 distintos tipos de pectina.

Tabla I.5. Factores que influyen en la formación de gel con pectina LM. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

FACTOR	**EFECTO**
Grado de esterificación	Las pectinas LM con menor grado de esterificación, comienzan la formación de gel a temperaturas más altas cuando las otras condiciones permanecen constantes.
Grado de amidación	Las pectinas LM con mayor contenido de grupos amida comienzan la formación de gel a temperaturas más altas, cuando las otras condiciones son constantes
pH	Generalmente menor pH conduce a temperaturas de gelificación ligeramente más altas
Sólidos solubles	Un incremento en sólidos solubles lleva a una temperatura de gelificación más alta.
Calcio	Incrementar el contenido de calcio lleva a temperatura de gelificación más alta

Tabla I.5. Principales tipos de genu lm-pectin utilizados en la elaboracion industrial de confitura. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

GENU® pectinas de bajo metoxilo amidadas					
TIPO DE PECTINA	**REACTIVIDAD AL CALCIO**	**VELOCIDAD GELIFICACIÓN**	***Fuerza gel. % Sólidos soluble**	**GRADO DE ESTERIFICACIÓN**	**GRADO AMIDACIÓN**
104 AS-BG	Muy alto	Ultra rápida	31	26	22
104 AS-FS	Muy alto	Ultra rápida	25	28	21
104 AS	Alto	Ultra rápida	25	31	17
84 AS	Medio	Rápida	31	32	17
102 AS	Medio	Media	31	34	16
20 AS	Medio	Media	31	34	16
14 AG	Medio	Media	n.a	38	5
102 AS-BNB	Medio	Media	n.a	34	16
101 AS	Bajo	Lenta	51	36	14
105 AS	Muy bajo	Muy lenta	55	46	9
GENU® pectinas de bajo metoxilo convencionales					
TIPO DE PECTINA	**REACTIVIDAD AL CALCIO**	**VELOCIDAD GELIFICACIÓN**	***Fuerza gel**	**GRADO DE ESTERIFICACIÓN**	
5 CS	Muy alto	Ultra rápida	n.a	7	
12 CG	Alto	Rápida	100± 10	34	
12-1 CG	Alto	Rápida	100± 10	35	
12-2 CG	Medio	Rápida	100± 20	38	
13 CG	Medio	Media	125± 10	38	
18 CG	Medio	Media	100± 10	40	
22 CG	Bajo	Lenta	150± 10**	48	

*De acuerdo a los métodos estandarizados por CP Kelco.
**USA-SAG grado.

- Como elegir el tipo de pectina adecuado.

Es difícil la elección del tipo de pectina para una aplicación específica. Numerosos factores, tales como la textura deseada del producto, el pH final, el contenido de péctina de la fruta, el equipo de preparación industrial y los parámetros de proceso, influyen decisivamente en la elección del tipo de pectina adecuada. Los sólidos solubles del producto son, no obstante, el criterio más importante a tener en consideración.

Cuando el rango de sólidos solubles es superior al 60% generalmente se utilizan pectinas de alto grado de esterificación (pectinas HM), sin embargo, si se desea un producto blando, untable y de textura tixotrópica, se debe utilizar una pectina LM.

En las confituras con sólidos solubles por debajo del 55%, no se pueden utilizar pectinas HM. Pectinas LM con relativamente baja reactividad al calcio pueden usarse para unos sólidos solubles de 50% aproximadamente. Con temperaturas de llenado más altas o sólidos solubles inferiores al 50% es preferible utilizar una pectina LM “medio reactiva al calcio”.

Para confituras y mermeladas con un contenido de sólidos solubles entre 45 y 25% o si el contenido de calcio es inferior a 15 mg/g de pectinas, correspondiente a frutas bajas en calcio, se deberán usar pectinas LM “bajo reactivas al calcio” “extra” en la preparación del producto (Rauch, G.H. 1987).

I.3.8. Conservación de las confituras.

El deterioro microbiológico de las confituras se produce por infección con levaduras y hongos, organismos capaces de desarrollarse a niveles bajos de pH y relativamente alta concentración de azúcar. Para la mayoría de las levaduras y mohos, el límite de la actividad de agua para su desarrollo es alrededor 0,9. Correspondiendo a una concentración de sacarosa del 59%; ciertas especies pueden no obstante desarrollarse a concentraciones más altas de sacarosa.

La aparición de mohos y levaduras en las confituras puede proceder:

- De la materia prima. La mayoría de las frutas rojas tienen un alto contenido de mohos y levaduras.
- Del material de embalaje o del medio ambiente.
- Después del cerrado, a través de fugas en el cierre de los envases.
- Por recontaminación del producto después de abierto los envases.

La conservación de las confituras puede realizarse por tratamiento térmico o por la adición de conservantes (Downing, D.L. 1996).

- Conservación por calor.

Las confituras pueden ser esterilizadas cuando hierven a presión atmosférica en calderines abiertos. Cuando la cocción se realiza bajo vacío, la confitura se esteriliza calentándola a una temperatura alrededor de 90ºC justo antes de la operación de llenado.

La esterilidad comercial de las confituras en envases más pequeños puede conseguirse llenando el producto en caliente, por ejemplo llenando a una temperatura donde la capacidad de calentamiento de la confitura sea suficiente para esterilizar las superficies internas del envase y la tapa. Un método seguro para obtener la esterilidad comercial del producto es la pasteurización de los envases cerrados mediante spray de agua caliente (90ºC-95ºC) durante 5-15 minutos, y a continuación los envases se van enfriando por medio de duchas en un enfriador tipo tunel. Para evitar recontaminación del producto se recomienda que el agua de enfriamiento sea clorada (Raugh, G.H, 1987).

- Procedimientos de cocción.

La elaboración de confituras de frutas implica necesariamente la aplicación de calor por las siguientes razones:

- Para obtener la distribución homogénea de los ingredientes solubles, azúcares principalmente, entre las piezas individuales de fruta y el gel circundante.
- Para la conservación del producto, mediante inactivación de enzimas y destrucción de mohos, levaduras y otros microorganismos presentes en los ingredientes, en particular en la fruta.
- Para concentrar el producto, si fuera necesario, mediante evaporación de agua.
- Para desairear el producto, consiguiendo mejor apariencia (desaparición de burbujas y mejora del color) y estabilidad química (disminución de las reacciones de oxidación de los componentes del color y sabor).

Debe evitarse un tratamiento prolongado a altas temperaturas durante la cocción y llenado, por los siguientes efectos adversos:

- Pérdida de sabor.
- Pérdida de color.
- Inversión de la sacarosa y reacciones de pardeamiento.

La protección de los sabores y colores naturales es especialmente importante en la elaboración de confituras de bajo contenido de azúcar.

Preferiblemente, el azúcar se deberá añadir a la fruta en la fase más temprana de la elaboración para evitar una degradación intensa de los componentes del sabor y del color.

- Cocción en calderines abiertos.

El tradicional procedimiento de cocción de las confituras en recipientes abiertos, puede considerarse como una simple aplicación de los procedimientos caseros. Necesariamente la evaporación tiene lugar a temperaturas por encima de 100ºC y el producto se mantiene, con frecuencia, a estas temperaturas altas por espacio prolongado de tiempo. Como resultado, el producto se caracteriza por un empobrecimiento del color y sabor, alta inversión del azúcar y reacciones de caramelización y oscurecimiento.

Por otro lado, el proceso en calderín abierto, logra la total inactivación enzimática, la completa impregnación y homogeneidad del azúcar y la esterilización de la confitura.

En aquellos casos donde la evaporación es mínima, el proceso de elaboración en calderín abierto resulta bastante satisfactorio desde el punto de vista de la calidad. Si la cantidad de agua a evaporar es más importante, se entiende que el tiempo de ebullición debe mantenerse al mínimo, esto solo se consigue utilizando calderines pequeños, de unos 100 kg de capacidad. Por supuesto, este sistema resulta impensable para grandes producciones por la cantidad de unidades de cocción que serían necesarias. (CP Kelco, 2001).

La figura I.5, muestra lo que podría ser un sistema de elaboración de confituras en calderín abierto.

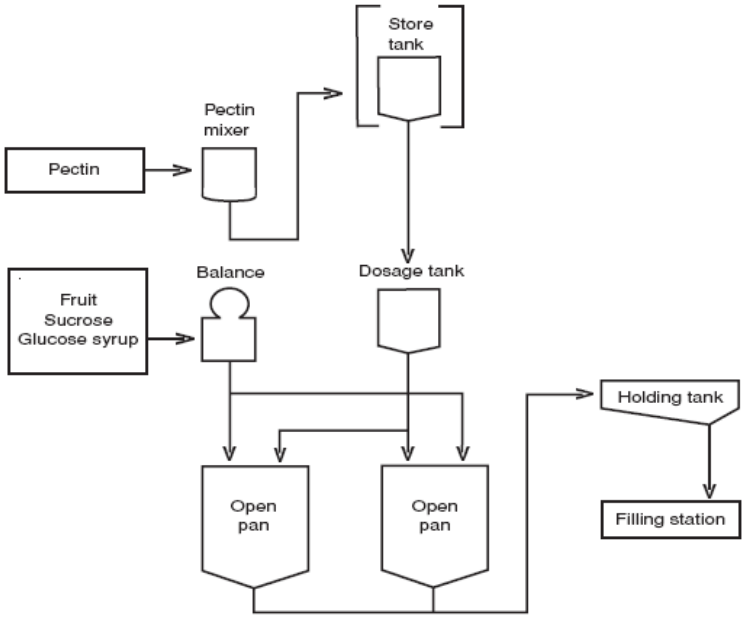

Figura I.5. Elaboración de confitura en calderines abiertos. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001*).

El proceso sería el siguiente:

- Calentar el agua a 60-80ºC, en un tanque mezclador-agitador. Comenzar a agitar y adicionar la pectina. Agitar la pectina durante 10 minutos.
- Pesar la fruta y el azúcar, agregar al calderín de cocción y empezar a calentar.
- Hervir hasta los sólidos solubles deseados.
- Añadir la solución de ácido, trasvasar al tanque de mantenimiento y llevar a la temperatura apropiada.

- Cocción a vacío.

La ventaja de la ebullición a vacío es que el proceso de evaporación tiene lugar a temperaturas más bajas (normalmente 60-75ºC).

Como resultado, se consigue un ahorro energético, mejor conservación de sabor, color natural de la fruta y una reducción de la inversión del azúcar, caramelización y oscurecimiento.

La figura I.6, muestra un sistema de elaboración de confituras mediante cocción en recipientes cerrados a presión reducida.

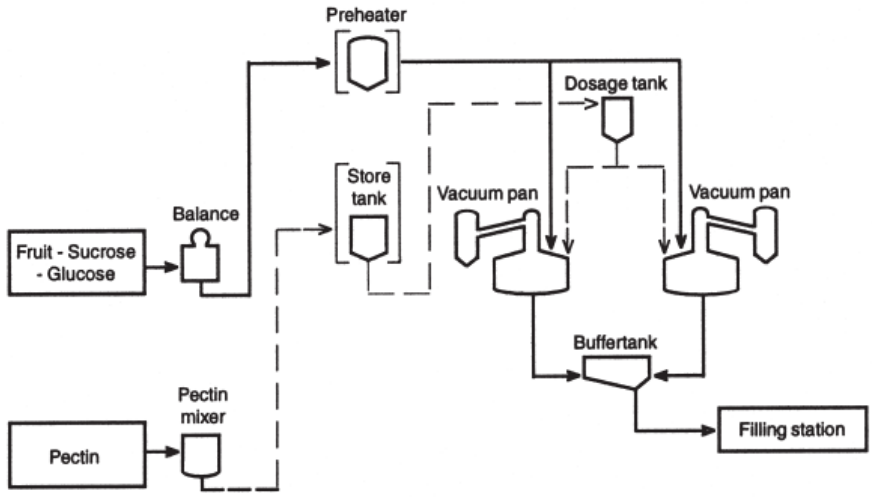

Figura I.6. Elaboración de confituras con recipientes a vacío. (*Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

El proceso de elaboración es el siguiente:

- Medir y calentar el agua en el tanque mezclador –agitador de pectina. Poner en marcha y añadir la pectina. Agitar diez minutos.
- Premezclar la fruta, azúcar y jarabe de glucosa, calentar a 50-60ºC y trasvasar al recipiente de cocción a vacío (bola de vacío).
- Hacer vacío intenso para desairear, removiendo el producto con un sistema apropiado. Calentar hasta 80ºC para disolver azúcares.
- Hervir hasta los sólidos solubles deseados bajo vacío a una temperatura entre 75-60ºC.
- Añadir la disolución de la pectina.

- Llevar la carga a ebullición a vacío para asegurar la dispersión homogénea de la disolución de pectina en el producto. Ajustar los sólidos solubles al valor final.
- Romper vacío, calentar a 90ºC y cerrar el vapor. Puede ser conveniente durante los calentamientos ajustar la presión a la correspondiente a 5ºC por debajo de la temperatura de ebullición del producto, de esta forma el producto está en una fase de ebullición muy suave y se evita que se pueda pegar.
- Añadir la disolución de ácido cítrico, remover y transferir al tanque de mantenimiento (buffertank) y a la llenadora.

En algunas instalaciones, la confitura se pasa de la bola de vacío al tanque de mantenimiento a una temperatura más baja, que sea compatible con las condiciones de gelificación de la pectina usada, para evitar sobrecalentamientos prolongados del producto. En estos casos se intercala un intercambiador de calor entre el tanque y la llenadora, para esterilizar el producto si fuera necesario y para llenar a la temperatura programada (CP Kelco, 2001).

El tiempo en la bola de cocción a vacío se reduce si los ingredientes entran previamente precalentados. Cosa que es muy importante cuando se trata de frutas congeladas.

Hay que tener en cuenta, desde el momento de la adición de la disolución de pectina utilizada, pues se produciría pregelificación, con pérdida total o parcial de la gelificación de la pectina y la obtención de una confitura de textura no satisfactoria.

I.3.9. Defectos originados en el producto durante el proceso.

El nº elevado de factores variables en el proceso origina errores en el producto, aunque la producción esté controlada, los factores a controlar son:

- Sólidos solubles
- Acidez libre

- pH
- % de inversión de azúcares
- Grado de gelificación
- Color, sabor, etc.

Los defectos más frecuentes se muestran en las tablas I.7 a I.12.

Tabla I.7. Defecto mermeladas poco firmes. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Exceso de cocción	Hidrólisis pectina	Disminuir tiempo Preenfriamiento
Aumento de la acidez	Ruptura del sistema reticular, sangrado	Reducir o no añadir ácido
Disminución de la acidez	Perjudica la capacidad de gelificación	Aumentar ácido en la receta
Relación Azúcar/pectina↑	La pectina no tendrá el poder de gelificación suficiente	Aumentar cantidad de pectina Cambiar el tipo de pectina
Exceso de preenfriamiento	Ruptura del gel por movimientos del producto	Incrementar la temperatura en el envasado

El uso de pectinas tiene dos propósitos fundamentales:

- Crear la textura deseada
- Ligar agua.

Si el segundo no se realiza el gel se contraerá y tenderá a exudar zumo, este fenómeno se conoce como “sineresis”.

Tabla I.8. Defecto sinéresis. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Exceso de azúcar invertido	Cristalización	Disminuir tratamiento térmico Preeenfriamiento No tener más de 30-40% Disminuir pH
Aumentar la acidez	Ruptura del sistema reticular, sangrado	Reducir o no añadir ácido
Deficiencia de pectina↑	La pectina no tendrá el poder de gelificación suficiente	Aumentar cantidad de pectina
Exceso de agua	Concentración de azúcares bajos	Aumentar azúcar en receta

Tabla I.9. Defecto flotación de la fruta. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Tª de cocción y envasado	Diferencia de densidades	Disminuir Tª Preenfriamiento Favorecer comienzo de gelificación
Insuficiente equilibrio del azúcar	Producto no homogéneo	Prolongar el tiempo de homogeneización de la mezcla
Desaireación insuficiente	Aire atrapado en el fruto	Aplicar vacío Usar azúcar líquida Controlar el agitado
Pectina insuficiente	Producto fluido, con mayor cantidad de aire	Incrementar la cantidad de pectina

Tabla I.10. Defecto cambio de color. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Exceso de cocción	Caramelización	Disminuir t y Tª Preenfriamiento
Insuficiente enfriamiento	El llenado de envases grandes en una sola operación	Disminuir Tªde envasado Aumentar t de enfriamiento
Aumento del contenido en oxígeno	Procesos oxidativos	Aplicar vacío Usar azúcar líquido Controlar agitación
Contaminación con metales pesados.	Se origina oscurecimiento por presencia de Fe y Sn	Analizar materias primas Cambiar proveedores

Tabla I.11. Defecto cristalización. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Exceso de cocción	Se produce mayor porcentaje de inversión	Disminuir Temperatura Preenfriamiento
Aumento de la acidez	Granulación de dextrosa	Reducir o no añadir ácido
Disminución acidez	Cristalización de sacarosa	Aumentar ácido en la receta
Tiempo prolongado en las pailas a temperaturas elevadas	Granulación de dextrosa	Preenfriar

Tabla I.12. Defecto alteraciones microbiológicas. *(Handbook for the fruit processing, CPKELCO, 2001).*

CAUSAS	SE ORIGINA	SOLUCIONES
Humedad en almacenamiento elevada	Condensaciones y corrosiones	Controlar condiciones ambientales HR: 80%
Contaminación anterior al cerrado	Incremento de microorganismos	Mantener condiciones higiénico-sanitarias en equipos y personal
Disminución de la acidez	pH más elevado, que favorece desarrollo microbiano	Aumentar ácido en la receta
Condiciones higiénicas de equipos deficientes	Contaminación microbiológica del producto	Aplicar programa de limpieza y desinfección.

I.4. FUNDAMENTOS DEL PROCESADO Y ENVASADO ASÉPTICO.

El tratamiento aséptico de los alimentos se ha desarrollado con altibajos desde sus inicios. Aunque tendemos a pensar que es un avance reciente, en realidad, como concepto tiene una antigüedad de más de 60 años (Schulz, H., 1999). El proceso de calentamiento- refrigeración- llenado (HCF) fue iniciado por Ball en 1923 en el American Can Research Department. El tratamiento aséptico tal como lo conocemos hoy día fue desarrollado, sin embargo, por Martin con la puesta a punto del "Dole Aseptic Process". En la década de los 60 se introdujo el concepto de envases bolsa- en -

caja (bag- in - box), esto fue seguido de envases bolsa- en -tanques (bag- in-drum). En 1976, ya existían cisternas de gran capacidad (Gavin W.W y Weddig, L.M., 1995c).

Actualmente siguen utilizándose grandes recipientes para productos a granel (pulpas, zumos, zumos concentrados, pures, purés concentrados,…) y han facilitado el funcionamiento de las plantas industriales durante todo el año con productos estacionales, como es el caso del melocotón que permite utilizar este producto fuera de campaña para la elaboración de confituras, confitería y como bases de fruta, con destino a postres lácteos, pastelería industrial,…

En Estados Unidos, otro gran avance orientado hacia los envases proporcionó un mayor impulso para el desarrollo del envasado aséptico de alimentos. Esto sucedió en enero de 1981 cuando la Food and Drug Administration (FDA) aprobó el empleo de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como agente esterilizante para el polietileno que entraba en contacto con los alimentos. Desde ese momento el envasado aséptico ha crecido hasta alcanzar un nivel superior a los tres mil millones de envases en 1989 (Alvarruiz, A., 1989).

El procesado aséptico es un proceso HTST (High Temperature Short Time), alta temperatura corto tiempo, en el cual el producto pasa a través de un sistema calentamiento-mantenimiento-enfriamiento, con el siguiente llenado y cerrado en un envase estéril y en un ambiente también estéril. Este término incluye el sistema de procesamiento del producto y el sistema de envasado. Este proceso tiene una duración de 4 a 6 minutos, cuando el tiempo es inferior a 60 segundos, el proceso se denomina Ultra High Temperature (UHT).

El sistema aséptico básico consiste en que el producto bombeable, crudo o sin procesar se calienta, se pasteuriza o esteriliza através de un intercambiador de calor, al mantenerlo a una temperatura determinada por una cantidad de tiempo predeterminada, luego se enfría y se pasa a la unidad llenadora para su envasado (Reuter.H. 1993a). La esterilidad comercial se mantiene a través del sistema, desde el momento en que el producto se calienta hasta la descarga en envases cerrados herméticos, zona aséptica (Reuter, H., 1993b).

Las ventajas que presenta el procesado aséptico frente al procesado tradicional (appertización) son:

- Mejora del sabor, el calentamiento tiene lugar en un intercambiador cerrado reteniendo los elementos volátiles y esencias que de otro modo se perderían en la atmósfera.

- Mejora del color, el proceso continuo reduce el tiempo de calentamiento enfriamiento reteniendo los colores naturales, retiene nutrientes, mejorando sus propiedades funcionales.

- El producto esterilizado, enfriado y envasado asépticamente, mejora la consistencia del producto. (Schulz, H., 1999).

Las etapas de operación en el procesado y envasado aséptico son (Reuter, H., 1993a):

Limpieza cuidadosa de la línea antes de la esterilización. El sistema de limpieza de la línea está integrado mediante un sistema Clean In Place (CIP), que consiste en tres tanques para una limpieza con agua, seguida de una limpieza caústica, una limpieza ácida, desinfección (opcional) y enjuague, conectados con la línea de procesado y envasado mediante un sistema de bombeo que asegure la velocidad de la solución (agua, solución básica y solución ácida) en el interior de los equipos y tuberías para la eliminación de los restos de alimento incrustados en las paredes de los equipos (Brand, L.M., Castell-Perez, M.E. y Matlock, M.D., 2000).

Esterilización antes de la producción. El sistema de procesamiento y la llenadora deben esterilizarse adecuadamente antes de la producción. Se utiliza agua caliente o vapor saturado. El tiempo de esterilización debe ser suficiente para alcanzar la esterilidad comercial dentro del sistema de procesado y envasado aséptico. El agua se calienta en el calentador del producto y se bombea más allá de la válvula de conexión con la llenadora aséptica. La esterilización de la llenadora se realiza de manera independiente a la línea de procesado. Todas las superficies en contacto con el producto, después del calentador, deben mantenerse a una temperatura igual o superior de la especificada por el periodo de tiempo requerido, el equivalente a 30 minutos a 121ºC, mínimo recomendado para la esterilización del equipo de sistemas de tratamiento

aséptico de alimentos de baja acidez. Para alimentos ácidos o acidificados, una combinación más reducida: 30 minutos a 104ºC es suficiente para asegurar la esterilización de la instalación. La acidificación del agua para la esterilización hasta un pH de 3 o inferior es una práctica frecuente que favorece la eficacia del ciclo (Reuter, H., 1993b). Los tanques de reserva se esterilizan con vapor saturado debido a su capacidad. Su esterilización puede hacerse por separado pero mejor hacerlo al mismo tiempo que la esterilización del otro equipo con agua caliente.

El tiempo de esterilización o tiempo de residencia está directamente relacionado con la velocidad de flujo de la partícula que se mueve más rápidamente a través del sistema. La partícula más rápida es una función de las características de flujo del alimento (Ramaswamy, HS., y col., 1997). El proceso tiene que estar diseñado para asegurar que el producto fluya a través del sistema a una velocidad uniforme y constante, que se logra con una bomba de desplazamiento positivo (volumétrica) (Perry, R.H., 1997).

Calentamiento. El producto a procesar es calentado a una temperatura específica y mantenido a dicha temperatura o por encima de ella, durante un tiempo fijo (Reuter, H., 1993a). Un calentador de producto lo calienta a la temperatura de esterilización. Existen dos categorías de calentadores en los sistemas de procesamiento aséptico, directos e indirectos (Fellows, P., 1994), en el caso del melocotón se utiliza el calentamiento indirecto utilizando intercambiadores tubulares (Schulz, R. Tetra Pak Iberia, S.A. 1999). El medio de calentamiento puede ser vapor de agua o agua caliente. En los últimos años se está introduciendo el sistema de calentamiento óhmico y por radiofrecuencia.

El enfriamiento del producto se realiza en los intercambiadores de calor indirectos, en este caso como medio de enfriamiento se utiliza el agua de torre de enfriamiento o agua refrigerada, cuando se desean temperaturas de enfriamiento inferiores a la temperatura ambiente. Si el calentamiento se ha realizado de forma directa hay que introducir una etapa de evaporación del agua aportada al producto durante la etapa de calentamiento.

El envasado aséptico. Definimos el envase como el medio de hacer llegar a los productos en general o los alimentos en particular desde el almacén, la fábrica o el lugar

donde se acondicionan hasta el usuario o lugar de consumo final de forma segura y conveniente y a un coste mínimo (Reuter, H., 1993a). Existen diferentes formatos de envases: envases de cartón o brik, depósitos asépticos, envases Bag-in-box (Bolsa en caja) y los utilizados para las frutas, Bag-in-drum (bolsa en bidón), compuesta por la bolsa (complejo plástico multilaminar), la boquilla de llenado, el tapón y el contenedor de la bolsa que es una caja de cartón o un bidón. Con distintas capacidades desde 2 hasta 1000 litros.

I.5. LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL LIMÓN.

Las características peculiares de la industrialización de los cítricos (Carpena, O., 1963) ha sido la principal causa de que se desarrollase -dentro de las industrias de productos vegetales, principalmente frutos y hortalizas- como un caso aparte de la industria conservera. Y eso debido tanto a lo relacionado con las instalaciones de elaboración que, durante mucho tiempo, junto con su tecnología fueron objeto de dedicación prácticamente exclusiva a los agrios, como en lo relativo a los canales y mercados de comercialización, la mayoría de las veces completamente distintos. La necesidad de aplicar equipos específicos de elaboración de Citrus –extractores de aceite esencial y de jugos, pasteurizadores, concentradores, etc.- costosos y sin práctica aplicación por las fábricas de conservas tradicionales y las distintas finalidades de acabados como zumos y concentrados, esencias, destinados a la confección de bebidas no alcohólicas, concretaban estas diferencias.

La industria de elaboración de derivados de los frutos cítricos en España tiene sus orígenes con dos fines muy concretos: de una parte, la fabricación de zumos de naranja y, por otro lado, la preparación de materias primas procedentes de la naranja amarga para elaboración de “marmalade” o confitura. En su origen la mayor parte de estos productos semielaborados se destinaban a la exportación a países de centro y norte de Europa y al Reino Unido respectivamente. Estas dos actividades, que tienen sus inicios en las Región de Valencia y en la de Andalucía -Sevilla, concretamente- por sus peculiares características de zonas productoras, nacen con identidad propia, al margen de las fábricas de conservas vegetales que ya gozaban de una tradición, asentadas en diversas regiones de España y especialmente Murcia.

La notable evolución que se produce, a partir del final de la década de los sesenta en la industria española de conservas vegetales, comienza a cambiar esta situación (Carpena, O. y Laencina, J., 1971). La aparición y desarrollo de nuevos productos tales como los segmentos de frutas cítricas, pelados y enlatados, y una amplia gama de zumos y derivados, envasados para consumo al por menor, se abordaban indistintamente por factorías de uno y otro sector, desdibujando esas diferenciaciones de las industrias, si bien algunas continuasen especialmente centradas en sus peculiares fabricaciones conserveras o de los frutos cítricos o agrios como se les llama en la industria.

La fruta de limón es transformada en la industria principalmente con el objetivo de la obtención de zumos, concentrados, pulpas y aceites esenciales. En la actualidad estas fracciones se utilizan en productos de alimentación, entre los que se encuentran desde bebidas con muy variada composición, hasta productos de bollería o helados, en los que además se utilizan partes de pulpa o corteza. Así en la industria de productos acabados es conocida la bondad del limón en los procesos de transformación, debido a su resistencia térmica, la baja aparición de sabores extraños, y por el contrario su aporte de notas sensoriales de frescura. Desde el punto de vista mecánico estas fracciones aportan un aumento de la consistencia del producto y de su capacidad de hidratación.

Existe una extensa bibliografía dedicada a la ciencia y tecnología de los frutos cítricos, pero nos parece oportuno aquí destacar el tratado de Nagy, S., et al. (1977), que en dos volúmenes aborda la amplia temática de esta industria en el mundo desde sus distintas facetas; los capítulos dedicados al procesamiento y a los derivados industriales resultan bastante informativos para el principiante como para el experto por la gran aportación de datos que incluyen.

I.5.1. Situación de la producción de limón.

La producción española de limón ha sufrido un desarrollo considerable a lo largo de los últimos tiempos. En efecto de cien mil toneladas de fruta en que valoraba la cosecha a finales de los años sesenta, en la segunda mitad de la siguiente década se alcanzaron las trescientas mil toneladas y ya, a principios de los ochenta, se llegó a superar las quinientas mil toneladas de limón. Actualmente se sobrepasan las setecientas

mil toneladas y se estima que en campañas productivas se alcanzarían cifras próximas al millón de toneladas métricas. La región del Sureste es el principal productor de limón español, suministrando solamente las provincias de Murcia y Alicante más del setenta y cinco por ciento del total nacional. En nuestro país los frutos en fresco tienen un importante mercado interior y de exportación.

La variedad Verna supone el treinta por ciento del limón total producido debido a sus magníficas condiciones de resistencia para la comercialización en fresco. Su ciclo de maduración abarca desde el mes de febrero a finales de julio. Por su piel gruesa y rugosa, así como tamaño y forma irregular en los primeros años de producción de las plantaciones es causa de elevados porcentajes de destríos. Tiene un bajo contenido de aceite esencial.

El limón Fino, así llamado por su piel suave y tersa, es de forma esférica, ligeramente ovalada con pezón pequeño. Se recolecta entre los meses de octubre y febrero y su producción ha aumentado sensiblemente, constituyendo la principal variedad cultivada en España; es interesante su contenido en aceite esencial y su jugo es de gran calidad. En nuestro país apenas se cultivan otras variedades de limón cuya producción cuantitativa no es significativa.

I.5.2. Características morfológicas del limón.

Si observamos el corte esquemático de un limón podemos apreciar la compleja estructura de estos frutos (Figura I.8.). La corteza o piel está formada por una delgada capa exterior llamada epicarpio y el mesocarpio, unidos directamente. En el epicarpio distinguimos la epidermis -constituida por membranas fuertemente cutinizadas, recubiertas de sustancias céreas, y perforadas por numerosos estomas- y la hipodermis –fina zona de células parenquimatosas que contienen los plastidios cromatóforos, verdes en los frutos sin desarrollar (cloroplastos) y principalmente amarillos (crompastos) en el fruto maduro; aquí es donde se inician los haces libero-leñosos que penetran hacia el interior del fruto-.

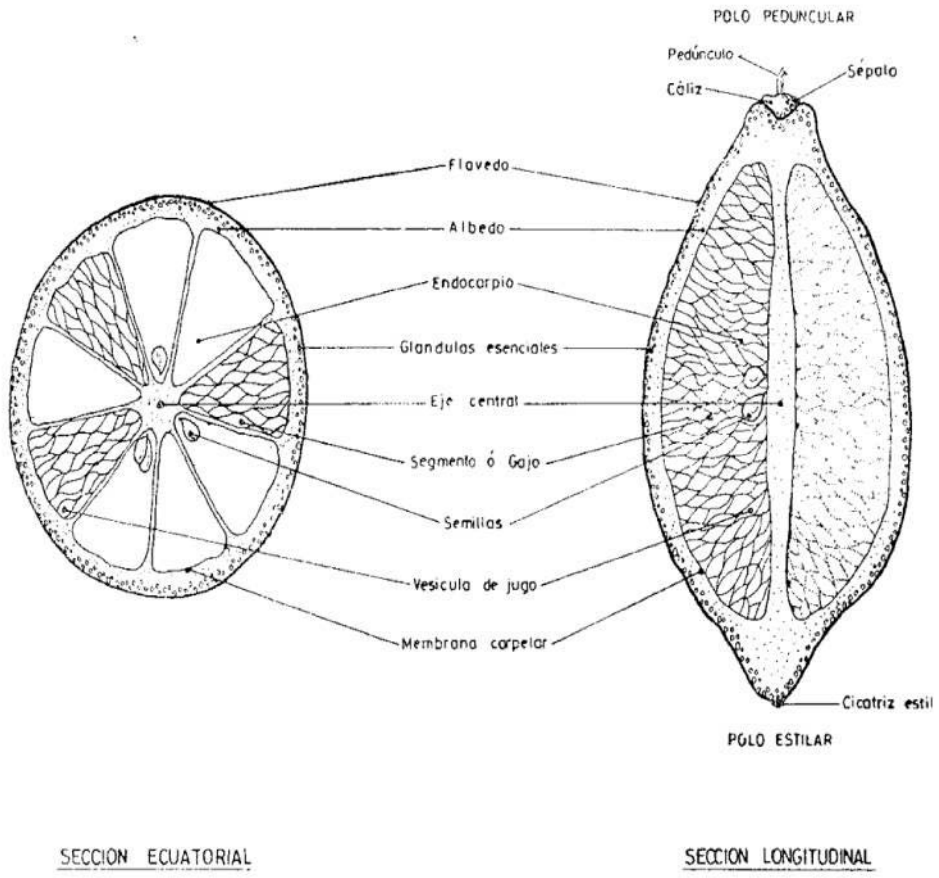

Figura I. 8. Corte esquemático del limón.

El mesocarpio se divide en externo e interno. El límite del mesocarpio externo, que junto con el epicarpio constituye el flavedo, se confunde con la hipodermis y contiene numerosas glándulas oleíferas y plastidios cromatóforos. Estas cavidades, situadas a distintitas profundidades de forma irregular contiene el aceite esencial. Debajo del flavedo se localiza el mesocarpio interno o albedo: parte blanca esponjosa, compuesta de células parenquimatosas irregulares en tamaño y forma, con grandes espacios intercelulares.

El endocarpio es la parte interior del fruto, también llamada genéricamente pulpa comestible, consistente en segmentos (carpelos o gajos) distribuidos alrededor del corazón o eje central formado por un tejido similar al del albedo. Cada uno de estos segmentos, envuelto por una delgada membrana de tejido epidérmico, contiene en su interior perfectamente acopladas numerosas vesículas o sacos multicelulares, de pared muy sutil y con forma de huso, así como las semillas. El jugo es el líquido contenido en

las vesículas y se obtiene al exprimir el fruto, arrastrando fragmentos de tejidos y pulpa, de los que separa por tamizado.

Una idea aproximada de la relación cuantitativa entre las distintas partes componentes del limón y de su contenido en sólidos aparecen en la Tabla I.13.

Tabla I. 13. Componentes del limón. *Fuente: Laencina, J. et al (1971).*

Limón	Porcentaje	Sólidos totales %
Fruto entero	100	12
Flavedo	10	16-17
Albedo	20-40	15-20
Jugo	30-35	6-11
Tejidos y pulpa	25-30	10-12
Semillas	0,5-1,5	30-40

I.5.3. Composición química del limón.

En el fruto los constituyentes químicos y los sistemas enzimáticos se localizan irregularmente en las diversas porciones (Kefford, J.F., 1959; Kefford, J.F., *et al.*, 1970 y Di Giacomo, A. y Calvarano, M., 1972). En células y tejidos del fruto desarrollan sus funciones fisiológicas y bioquímicas sin interferencias ni reacciones extrañas de unos con otros. Sin embargo, al industrializarse el fruto algunos de éstos son mezclados dando lugar a cambios en el color, aroma y sabor de los productos obtenidos.

Todos los constituyentes son el resultado de múltiples influencias combinadas que dependen de infinidad de factores de muy diversos tipos, produciendo una amplia variación en los datos cuantitativos. Entre estos elementos son fundamentales los de tipo genético y ambiental, que influyen poderosamente en el desarrollo de los frutos.

Los frutos cítricos o agrios se clasifican, en general, como frutos ácidos por la relevancia de la acidez de los jugos, debido al importante contenido de ácido cítrico –llega a suponer hasta un sesenta por ciento del total de ácidos orgánicos (ácido málico y cantidades trazas de tartárico, benzoico, succínico oxálico y fórmico)- en la parte comestible, presentes como ácidos libres y/o combinados. Especialmente el alto contenido de ácido cítrico es característico del limón (5,5 a 8,0 g/100 mL) que supone la

casi totalidad de los sólidos solubles. La mayor parte de los ácidos se encuentran como ácidos libres y el resto en forma de sales principalmente de potasio. La fuerte concentración de ácidos libres respecto de sus sales en el limón es la causa de su bajo poder tampón, siendo el pH en el jugo de los frutos maduros próximo a 2,2.

Los azúcares presentes en el limón son principalmente glucosa, fructosa y en menor cantidad sacarosa, debido a su hidrólisis en el medio ácido; hay por tanto un predominio de azúcares reductores (monosacáridos) frente a los no reductores (disacáridos). Algunos azúcares se hallan formando glucósidos con agluconas en los flavonoides.

Entre los polisacáridos destacan las sustancias pécticas, que se encuentran principalmente en la corteza. Son materiales de construcción de las paredes celulares y realizan importantes funciones fisiológicas y del metabolismo del fruto; por su carácter coloidad retienen grandes cantidades de agua. La pectina es la formadora de la turbidez del jugo del limón, pero fundamentalmente se localiza en la corteza, alcanzando un contenido del 20-30% sobre la base de materia seca.

En las semillas secas de limón se ha determinado del 30 al 50% de aceite con una composición lipídica similar al de semilla de algodón.

Tanto en la corteza como en el jugo del limón se encuentran cantidades apreciables de ácido ascórbico o vitamina C, acompañado de menores cantidades de ácido fólico, inositol, tiamina (B_1), riboflavina (B_2) y niacina. El contenido de vitamina C es superior en el flavedo que en el resto de las demás partes del fruto. En el zumo de frutos maduros el contenido de ácido ascórbico supera los 50 mg por 100 mL.

El color de la piel del limón se debe a pigmentos presentes principalmente en células del flavedo formando pequeñas estructuras llamadas plastidios o cromoplastos. En el fruto verde coexisten clorofilas a y b y carotenoides; a medida que el fruto madura desaparecen las clorofilas quedando de manifiesto el color amarillo debido a la xantofilas. El color del zumo es a causa de las xantofilas principalmente, que se encuentran en los sacos o celdillas del endocarpio.

El contenido de nitrógeno en el fruto varía entre 0,1 y 0,2 por ciento sobre base húmeda. Los compuestos nitrogenados son proteínas, péptidos, aminoácidos, fosfátidos

y otras sustancias relacionadas. En conjunto suponen del 5 al 10 por ciento del peso seco. Los aminoácidos interaccionan con hidratos de carbono de carácter reductor dando lugar a pardeamientos del zumo de limón y formación de off-flavors que alteran al zumo.

Dentro de la variada presencia de enzimas endógenos presentes en el limón, la actividad pectinmetilesterasa (PME) ha sido objeto de la mayor atención debido a su importancia tecnológica. La PME, naturalmente presente en el jugo, hidroliza los esteres metílicos de los grupos carboxílicos de las pectinas, desestabilizando la nube o turbidez del zumo y agente principal de la gelificación más acusada en los zumos concentrados.

Los aceites esenciales de la corteza y los constituyentes volátiles presentes en el jugo y pulpa de limón son los componentes responsables del aroma; ambos tienen composiciones diferentes de una gran variedad de productos químicos, en parte de naturaleza terpénica o derivada; sobre el sesenta por ciento del aceite esencial de limón corresponde al hidrocarburo monoterpénico *d* limoneno, pero la mayor contribución al aroma de limón se debe a constituyentes minoritarios como aldehídos, esteres y alcoholes, siendo los isómeros a y b del citral los más significativos (Stanley, W.L, 1958; Laencina, J., 1970 y Di Giacomo, A., 1994). Más de un centenar de compuestos han sido identificados en el aroma del jugo de limón y en el aceite esencial extraído de la corteza. Tienen una gran relevancia desde el punto de vista de la valoración sensorial y de su aprovechamiento industrial, por lo que han sido objeto de innumerables investigaciones.

Los flavonoides son compuestos polifenólicos que se encuentran repartidos en las diferentes partes del fruto y en mayor cantidad en la corteza., en forma de glucósidos con moléculas de azúcares; tienen un elevado valor biológico. La hesperidina, descubierta en 1828, es muy significativa en la naranja y el limón, pero en este último se localizan otros compuestos interesantes en menor proporción como el eriodictiol.

Entre los constituyentes minerales se resalta el potasio- 60-70 por ciento del contenido de iones totales-, seguido del calcio y en menores cantidades sodio y magnesio con azufre, cloro, fósforo y hierro, principalmente.

Existe un amplia bibliografía sobre la composición de los frutos cítricos en general y refiriéndonos en concreto al limón podemos destacar el tratado de Sinclair (1994) titulado The Lemon Fruit, publicado por la Universidad de California (USA).

I.5.4. Aspectos dietéticos y farmacológicos.

Es obvio que el interés y aceptación de los frutos cítricos, en general, se basa en el papel que ocupa su valor nutritivo en la dieta humana, así como por la apetecibilidad debida a su sabor y aroma, junto con otras características de tipo estético como son su color y textura. Principalmente son una fuente primaria de nuestros requerimientos diarios de vitamina C, y este el origen de la usual incorporación a la dieta de los países desarrollados, unida a una dosis suplementaria de gran valor nutritivo y funcional por su contenido en aminoácidos, elementos minerales, bioflavonoides de elevado valor biológico

Las aplicaciones culinarias del limón son innumerables, destacando su papel como acidulante y por sus características aromáticas y saborizante. Podríamos considerarlo como uno de los principales condimentos. Por otro lado, desde un mero ingrediente en formulaciones diversas, en las que resulta un componente imprescindible, hasta productos donde supone el principal integrante en infinidad de elaborados de bebidas, helados, productos de confitería, licores, etc. Entre los frutos del género Citrus, el limón es indudablemente el más omnipresente en las diferentes áreas de aplicación,a sí que ha sido llamado “the fruit of many uses” (Swisher H.E et al., 1977).

Desde los albores de la historia de la medicina se encuentran referencias de la aplicación del limón en el Arte de Curar: Plinio, Teofrasto e Hipócrates lo usaban como “antiveneno, limpiador de la sangre y antitóxico”. Virgilio en las Geórgicas alaba los maravillosos efectos curativos y Galeno tiene una marcada afición a tratar a sus pacientes con zumo de limón. La civilización árabe, que extendió por todo el Mediterráneo el cultivo de los cítricos, resalta las propiedades dietéticas y curativas del limón; Damasceno y Avicena, conocidos por sus conocimientos médicos, son ejemplos de la aplicación del limón.

Es significativo el papel de limón en el descubrimiento de la vitamina C y de los flavonoides. Ya en el siglo XVI el almirante inglés Hawkins reconoce las propiedades curativas frente al escorbuto, que diezmaba las tripulaciones embarcadas en largas travesías carentes de vegetales frescos y más tarde, en el siglo XVIII, el célebre James Cook, fue elegido miembro de la Royal Society, obteniendo la Medalla de esta Asociación Científica, no en reconocimiento a sus viajes de exploración alrededor del mundo, sino por el "descubrimiento" del zumo de limón como remedio de curación y prevención del escorbuto. Más recientemente (1936) el premio Nobel Szent-Gyorgyi encuentra que en el jugo de limón la "citrina" es una mezcla de glucósidos de flavonoides –hesperidina, anteriormente identificada por Lebreton en 1828 y eriodictiol, principalmente, que propone el nombre de "vitamina P" por su actividad en la protección de la permeabilidad capilar sanguínea; su carácter de vitamina fue desechado posteriormente, pero no sus efectos y sus propiedades farmacológicas que han sido demostradas en innumerables estudios y aplicaciones-. Como otros cítricos dentro del contenido mineral destaca el potasio cuyo metabolismo es tan significativo para el organismo humano. La pectina, como fibra natural presente en el limón cumple, una función nutricional significativa además de sus propiedades saludables. Este polisacárido es aplicado en casos de diarreas inespecíficas y tiene efectos inmuno-regulatorios en el intestino; se ha demostrado que hace descender el nivel de colesterol en la sangre. Más recientemente se viene destacando la capacidad de bloquear células cancerígenas e incluso microorganismos patógenos para el hombre y el poder antioxidante de distintos principios repartidos por las diversas fracciones del fruto (Nogata, Y. *et al.*, 1996 y Ortega, 2000).

En Kefford, J.F., (1973) y Araujo, P.E (1977) se encuentran revisiones del papel que ocupan los frutos cítricos en la nutrición humana, detallando la actividad biológica de sus componentes principales.

La fruta de limón es transformada en la industria principalmente con el objetivo de la obtención de zumos, concentrados, pulpas y aceites esenciales. En la actualidad estas fracciones se utilizan en productos de alimentación, entre los que se encuentran desde bebidas con muy variada composición, hasta productos de bollería o helados, en los que además se utilizan partes de pulpa o corteza. Así en la industria de productos acabados es conocida la bondad del limón en los procesos de transformación, debido a

su resistencia térmica, la baja aparición de sabores extraños, y por el contrario su aporte de notas sensoriales de frescura. Desde el punto de vista mecánico estas fracciones aportan un aumento de la consistencia del producto y de su capacidad de hidratación.

I.5.5. Industrialización del limón.

Aunque podemos considerar que la utilización de derivados cítricos se remonta a tiempos muy primitivos con la preparación por curanderos y alquimistas de extractos de hojas, flores y frutos, es en 1776 cuando encontramos el primer documento que describe la extracción del aceite esencial de limón en Sicilia, que se puede considerar es la cuna de esta industria. Un siglo más tarde se tienen referencias de la preparación de otros derivados del limón, como ácido cítrico y cortezas. La industria siciliana experimenta a partir de entonces un gran desarrollo y se sitúa a la cabeza del mercado mundial de elaborados de limón, hasta que hacia 1930 se inicia el desarrollo de las zumos cítricos en Estados Unidos de América, especialmente en California; esta última alcanza la supremacía en la industrialización del limón seguida por Italia, Argentina y España.

La aparición de la transformación industrial del limón en la región murciana inicia su desarrollo industrial por los años cuarenta en incipientes factorías que comienzan con la principal finalidad de extraer el aceite esencial y, a veces, el ácido cítrico del zumo y cortezas secas (Laencina, J. y Carpena, M., 1974). El auge comercial del fruto en fresco, comercializado principalmente en los países europeos, potenció el desarrollo el cultivo de limón, cuya producción se ha visto multiplicada casi por veinte en nuestros días y la disponibilidad de materia prima se proyectó en este periodo con el crecimiento de las industrias hacia un aprovechamiento más integral de los subproductos derivados del limón, diversificando los elaborados en una amplia gama de elaborados (Laencina, J., 1983) y mejorando la utilización industrial de los frutos, para minimizar costos a la vez que ampliar la gama de productos derivados.

El principio básico en el planteamiento ideal de la industria de productos cítricos es la completa utilización de todo el fruto, aunque no todas las factorías alcanzan a abarcarlo en su totalidad y, en algunos casos, este aprovechamiento se completa en industrias especializadas.

En España el limón prácticamente se elabora en la región de Murcia, donde pequeñas factorías que comenzaron con la sola finalidad de recuperar la esencia y, en algunos casos preparar citratos y ácido cítrico del zumo, han evolucionado hasta modernizarse con maquinaria y tecnología capaz de producir otros derivados, constituyendo en principal núcleo de transformación industrial de limón. El suministro de materia prima lo constituye en primer lugar los descartes de selección de limón en fresco para la comercialización en mercados nacionales y extranjeros, si bien en campañas de producciones elevadas o con dificultades en la comercialización de los frutos frescos aumentan los porcentajes de fruta industrializada.

I.5.6. Productos derivados del limón.

Un detallado esquema de la transformación industrial del limón se recoge en la Figura I.9., donde se detallan algunos procesos de peculiaridades específicas, aplicados a estos frutos dentro de los generales empleados en la industria de los cítricos.

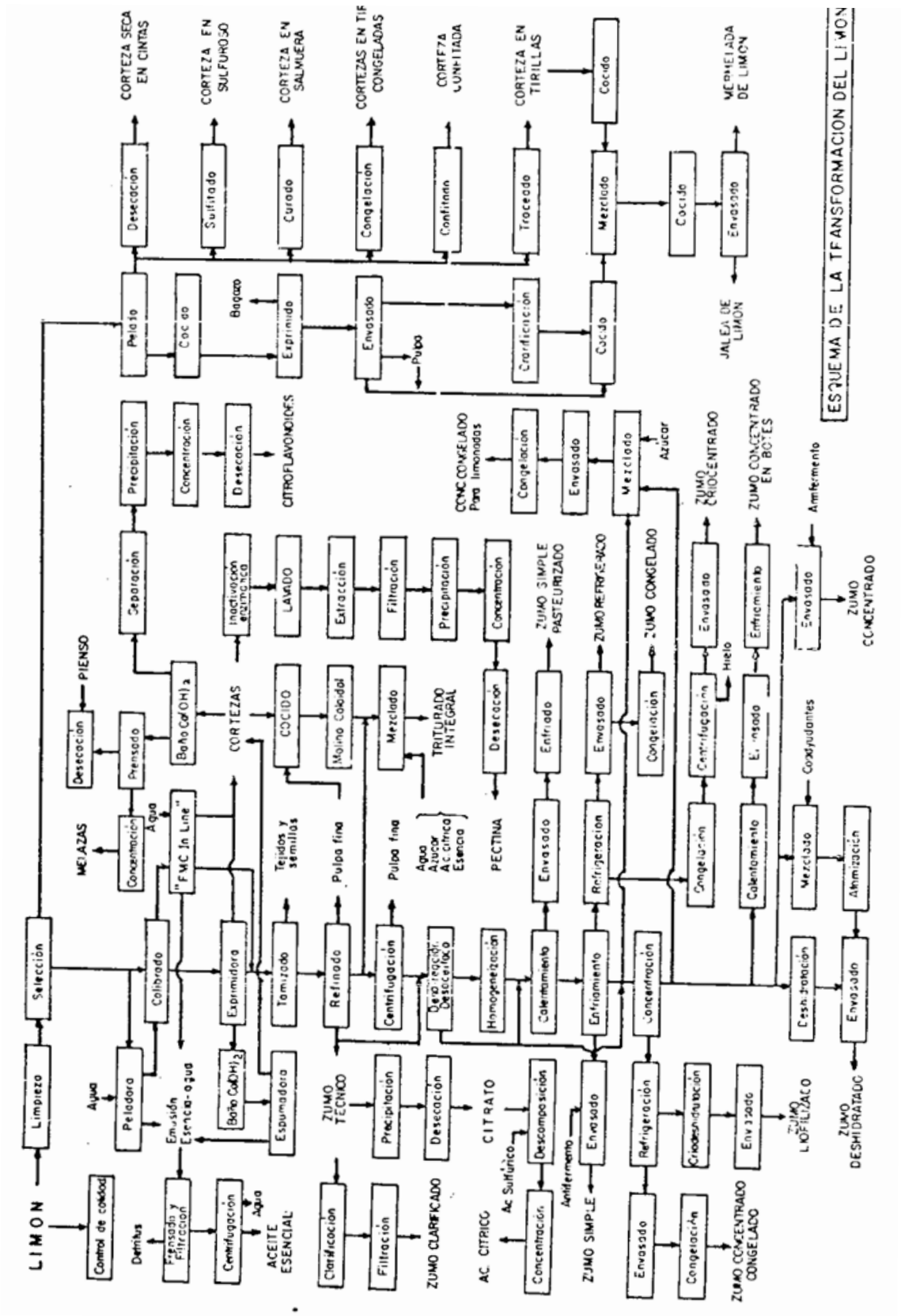

Figura I. 9. Elaboración industrial del limón.

Entre los diversos tratados científico-tecnológicos dedicados a la industria de los cítricos encontramos en primer lugar el conocido libro de Braverman, J.B.S., (1949), bajo el titulo Citrus Products, y que a pesar de antigüedad constituye un texto completamente válido en todo su contenido, si bien falto de los nuevos desarrollos que, especialmente en los últimos treinta años, ha llevado a esta tecnología a su estado más avanzado, incorporando nuevas tecnologías como los procesos de membrana, tratamientos de resinas, entre otros, aplicación de enzimas y desarrollo de técnicas analíticas instrumentales avanzadas que han permitido mejorar la calidad de los elaborados y ampliar la gama de productos.

En 1962 el Agricultural Research Service edita Agriculture Handbook No. 98 dedicado a la transformación de los cítricos, basándose en la potente industria estadounidense ya muy floreciente en los estados de California y Florida (USA). La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) publica una revisión sobre esta industria (Berk, Z., 1962).

En Italia, con una industria preponderante en la elaboración del limón, se pueden encontrar infinidad de publicaciones. La Stazione Experimentale de Reggio Calabria, en su tradicional Revista Essenze e Derivati Agrumari, dedica una gran atención a la industria de los cítricos y sus elaborados; el Prof. Di Giacomo, Director de la Stazione,

tiene diversas publicaciones sobre la industria de los cítricos (1971). Por otro lado, es muy conocido el texto del Profesor Safina, G., (1971) de la Universidad de Palermo, cuya versión castellana ha sido publicada en México.

Por lo que respecta a España, Viguera, J.M., y Royo, J (1953) y Royo, J., (1977) presentan una revisión del desarrollo y evolución de la elaboración de productos cítricos en nuestro país, señalando que las factorías de Murcia son las que procesan gran parte del limón.

Los productos obtenidos de los frutos cítricos en general se dividen en dos grupos, los elaborados tales como jugos y sus derivados, segmentos enlatados…, que se obtienen de la pulpa comestible, y los denominados genéricamente como subproductos que proceden principalmente de la corteza (flavedo y/o albedo) y pulpas que usualmente

se obtienen después de que se ha extraído el jugo (Hendrickson, R., y Kesterson, J.W., 1965; Smith, E.H.G., *et al*., 1960).

Jugos.- Constituyen el producto más importante y puede ser elaborado de muy diversas formas y presentaciones. En el caso de los otros cítricos la tendencia principal se centra en los jugos bebibles, pero este no es el caso del jugo de limón, que debido a su alta acidez se dedica mayoritariamente a la elaboración de diversas bebidas refrescantes y otros productos e, incluso, se aplica como acidulante natural en muchos campos alimenticios.

Los jugos de frutas cítricas tradicionalmente se encuadran dentro de los zumos turbios y, aunque esta constituye su presentación tradicional, en la actualidad se elabora en forma de jugo clarificado con la utilización de enzimas pectolíticas y filtros abrillantadores, más recientemente con el concurso de la filtración tangencial. Las operaciones más comunes de tratamiento de los zumos son exprimido, refinado o separación de pulpas mediante finishers y centrífugas automáticas, desaireación y pasterización a 95ºC durante 30 segundos.

La desaireación trata de eliminar el oxígeno absorbido durante el procesado, responsable de la oxidación del ácido ascórbico, pero en el caso del jugo de limón esta operación trata además de eliminar los aceites esenciales procedentes de la corteza y que son transportados en el exprimido; a esta técnica se le conoce como desaceitado (Swisher, H.E. y Higby, W.K., 1961). La pasteurización se realiza a una temperatura de 95ºC durante 30 segundos y tiene como objetivo principal la inactivación del enzima pectimetilesterasa, para mantener la turbidez del zumo.

En el caso de los zumos clarificados se emplean enzimas comerciales, filtrando el zumo del precipitado a través de filtros tradicionales con el recurso de ayuda filtros, e incluso se aplican filtros tangenciales a nivel de microfiltración. Los zumos así obtenidos, denominados simples por mantener la concentración de solutos solubles natural, se pueden destinar a envasado o a un proceso de concentración a vacío para producir los zumos concentrados. El grado de concentración puede variar según requerimientos, pero el más usual suele ser el cinco veces concentrado (5:1). En el caso de los concentrados de limón es muy usual referirse al contenido de ácido cítrico por litro de concentrado (g/L). Los jugos de limón deben conservarse el cámaras

frigoríficas, más en concreto de congelación para retardar el proceso de alteración de la reacción de Maillard, con el consiguiente pardeamiento.

La elaboración de citrato cálcico y de ácido cítrico, una de las elaboraciones que dio origen a esta industria del limón hace años que no se práctica al haber sido desplazada por procesos de fermentación. Como el jugo de limón directo no se suele consumir como jugo bebible directamente, los elaborados más usuales son los jugos concentrados congelados enlatados en Estados Unidos y menores cantidades de jugo simple se embotellan, en ambos casos para diluir y endulzar en la preparación de limonadas domésticas y en otros casos para uso en cocina.

Aceites esenciales y aromas.- Aunque se obtienen aceites esenciales de frutos cítricos por métodos de destilación, las técnicas más generalizadas son las denominadas de extracción por presión o en frío (*cold pressed*) es decir métodos mecánicos-, dada la termolabilidad de los componentes de estas esencias.

Diferentes equipos se ha desarrollado para separar los constituyentes volátiles del epicarpio de la corteza, basándose en diversos principios de laceración o raspado y arrastre por agua para por centrifugación aislar la esencia del agua (Laencina, J. 1970, Kesterson, J.W., *et al.*, 1971)). Además de este aceite esencial se preparan aceites destilados, conocidos como Peratoner, por destilación por arrastre con vapor de agua y a vacío, con características organolépticas totalmente diferentes y de menor valor comercial. Por rectificación a vacio de los aceites esenciales se elimina parte de los terpenos y se obtienen los aceites esenciales concentrados en constituyentes oxigenados más aromáticos y por extracción con disolventes se preparan desterpenados y desesquiterpenados como los conocidos como solubles muy utilizados en la aromatización de bebidas refrescantes.

La extracción directa mediante destilación junto con etanol produce alcoholatos que unen junto a su elevada fragancia su mayor solubilidad en agua y su estabilidad frente a la oxidación. De otras partes del limonero se obtienen aceites esenciales particulares por; neroli a partir de flores y petit grain de hojas, tallos frescos y pequeños frutos. Estos últimos se aplican en perfumería y cosmética, así como el aceite esencial

del fruto. Durante la concentración del zumo se recuperan esencias o aromas acuosos y aceites esenciales que son transportados en el zumo en el proceso de extracción.

Pulpas.- Se separan en la refinación del jugo como pulpa gruesa y pulpa fina. La demanda de las celdas o vesículas del jugo se ha instaurado para enriquecer los zumos bebibles con alto contenido de pulpa por su apetecibilidad y la sensación de naturalidad que aporta. Con este objetivo se llegan a elaborar celdas intactas y completas conteniendo su zumo original que alcanza precios interesantes.

Cortezas.- Cortezas en cintas desecadas han sido objeto de un producto de gran interés en el caso del limón como en la naranja. Se preparan completas o después de la extracción del aceite esencial y su aplicación principal son muy diversos elaborados alimentarios, confitería y licores principalmente.

Las cortezas en salmuera y con conservantes también se manufacturan desde los primeros tiempos de esta industria en nuestro país. Por su carácter artesanal, que requiere gran cantidad de mano de obra, ha disminuido su fabricación prácticamente hasta casi extinguirse en nuestra región. No obstante, elaborados de la corteza han supuesto nuevos desarrollos bajo distintas formas: tirillas, dados, tiras de corteza de limón, conservadas por congelación se destinas a variados elaborados, entre los más conocidos los productos escarchados y confituras. La más reciente de estas preparaciones son los cascos de la fruta entera, vacía de su interior, para ser rellenada de helado, donde el limón es el fruto más extendido.

La aplicación más recurrente para las cáscaras de los cítricos pelletizada es la alimentación animal. Aunque considerada de poco interés desde el punto de vista nutricional por prácticamente nulos contenidos en proteínas y lípidos, calcio y fósforo, recientemente, y ante el aumento de los precios de ingredientes tradicionales para la fabricación de los piensos, se ha actualizado su demanda en las últimas campañas; pero se ha de tener en cuenta que ,en el caso de las industrias murcianas, ya existen instalaciones de secado artificial y que la oferta de producto en fresco presenta problemas de manejo, conservación e incluso medioambientales. A este respecto el

sector tiene pendiente el desafío de abordar la elaboración de pectinas. A partir de la corteza mediante tratamiento enzimático se elaboran turbioestables que se aplican como enturbiantes naturales en la fabricación de bebidas refrescantes.

No es usual la preparación de melazas con azúcares fermetables, muy utilizadas para pienso, aunque también tiene un uso potencial en la preparación de levaduras, ácido láctico, vinagre de citrus, ácido cítrico y otros productos como alcohol. La producción de metano para su aplicación como combustible es aplicada en algunas ocasiones.

Conminuted.- También conocidos como triturados integrales, aunque son unos elaborados indefinidos en cuanto a las proporciones en que las diferentes partes de fruto, jugos, pulpas y cortezas principalmente, entran a formar parte de los mismos. Son pastas, de mayor o menor fluidez, que se presentan siempre como semielaborados y se emplean en preparación de bases, para bebidas no alcohólicas como limonadas y bebidas refrescantes de bajo contenido en zumo, y como pastas más formuladas para productos horneados, helados… (Agricultural Research Service, 1962). De limón se prepara jaleas que son muy consumidas en países sajones.

Pectinas.- La recuperación de la pectina de la corteza (3% sobre materia fresca) constituye un proceso complicado y costoso. Las operaciones principales preparación de la piel (extracción de azúcares solubles, glucósidos amargos e inactivación enzimática, con abundantes cantidades de agua) y secado para su almacenamiento y tratamiento posterior, conversión de la protopectina en pectina soluble por hidrólisis ácida controlada y sucesivas y tediosas operaciones de precipitación, purificación y filtración para su posterior secado final. Aunque surgieron en España distintas instalaciones de secado de corteza, e incluso como tratamientos previos a la elaboración de pectina, este producto no ha llegado a constituir una realidad, a pesar de disponer de cantidades de corteza de limón que hubiesen justificado este proceso, tal vez debido a la complejidad del mercado internacional de las substancias pécticas.

Acido cítrico.- Por su acidez natural el limón ha sido utilizado en nuestro país para la fabricación de citrato cálcico y ácido cítrico, que se obtiene por el método de Scheele. Hoy día este producto ha sido desplazado por el método de fermentación a partir de melazas azucaradas y por la mayor demanda de zumos que se aplican como acidulante natural en muy variados productos.

Citroflavonoides.- *Los* flavonoides, entre los que destaca la hesperidina, son de interés tecnológico y económico porque tienen propiedades terapéuticas en el tratamiento de la fragilidad capilar. Se encuentran principalmente en la corteza y en las membranas carpelares y también en los jugos (Geissman, T.A., 1962; Harborne, J.B., 1967; Kunkar, A. y Bellomo, A. 1970).

"Lemon bioflavonoids complex" constituye un producto comercial ampliamente extendido; en su composición cuantitativa la hesperidina es el principal componente, pero tiene especial interés por la presencia de diosmina, glucósido flavonoideo (Horowitz, R.M., 1956) por su especial valor biológico. La hesperidina, eriocitrina y diosmina son los citroflavonoides más abundantes en la corteza de limón (Kefford. J.F y Chandler, B.V. 1970). Otra preparación comercial "Calcium flavonate glycoside, Lemon" presenta actividad como el eriodictiol, aglucón.

En los años setenta surgió en Murcia una industria dedicada a la obtención de diversas preparaciones flavonoideas, destacando la preparación de hesperidina de alta pureza y de diversos complejos de flavonoides de corteza de limón. La competencia de China ha reducido sensiblemente esta producción, habiendo evolucionado parte de esta industria hacia el sector de ingredientes naturales con carácter nutracéutico.

I.6. EL MELOCOTÓN.

El melocotonero es originario de China, donde las referencias de su cultivo se remontan a 3000 años. Desde China fueron introducidos en Persia (actual Irán) a través de diversas rutas comerciales abiertas entre montañas. Hacia el año 330

a.C. los melocotoneros llegaron a Grecia, desde donde su cultivo se extendió por toda Europa. En el siglo XX se constata que el melocotonero aparece ya como cultivo en expansión. A principios del siglo XX se empezaron a seleccionar genotipos de melocotonero a partir de poblaciones procedentes de semilla y se fijaron por medio de injerto. El fruto es una drupa de gran tamaño con una epidermis delgada, un mesocarpio carnoso y endocarpio de hueso que contiene la semilla. La aparición de huesos partidos es un carácter varietal. Existen dos grupos de melocotones según el tipo de fruto; los de pulpa blanda y sin adherencia al endocarpio, con destino a comercializar en fresco, y los de pulpa dura y fuertemente adherida, con destino en fresco e industria. En cuanto a las nectarinas son frutales derivados por mutación de los melocotoneros comunes. El fruto es una drupa (pericarpio membranoso, mesocarpio pulposo, endocarpio leñoso), de forma más o menos globosa con una línea de sutura y una cavidad alrededor del pedúnculo. Su piel es lisa, de coloración atrayente, pulpa muy sabrosa y el hueso no está adherido a la pulpa (Iglesias, I. y col, 2005).

Habitualmente los índices de calidad utilizados para determinar la fecha óptima de recolección en melocotones y nectarinas son: el calibre, el color de la piel, la firmeza de la pulpa, el contenido en sólidos solubles (CSS) y la acidez titulable (AT). La acidez del melocotón está controlada por varios factores tales como la variedad, las condiciones climáticas, la posición del fruto en la copa, la carga de cosecha, el estado de madurez (Crisosto y col., 1997) y el patrón de donde provengan (Infante, R.. y col, 2009).

Diversos estudios realizados con melocotones, han asociado una mayor calidad del melocotón, y consecuentemente una superior aceptación sensorial por parte del consumidor, con un mayor CSS (Parker y col., 1991; Mitchell y col., 1990). Algunas de las nuevas variedades semi-precoces proporcionan valores superiores a los 13 °Brix y en algunos casos se superan los 16 °Brix (Hilaire y Mathieu, 2004). Es por ello que con el objetivo de incrementar el consumo se recomiendan valores de CSS >10 ºBrix y de firmeza <49 Newtons (para variedades de recolección a partir de principios de julio), para no penalizar la calidad gustativa y satisfacer al consumidor (Hilaire y Giauque, 1994; Hilaire y col., 2000). En cuanto a la relación de contenido en sólidos solubles-acidez

titulable (CSS:AT), una opinión general es que cuanto más alta sea la relación CSS:AT mayor será la aceptación del consumidor. Sin embargo, la misma relación CSS:AT se puede alcanzar con un CSS alto o un CSS bajo pero con una AT más baja. Así, AT baja puede compensar un CSS bajo obteniéndose la misma CSS:TA.

En la fruta, el aroma es una compleja mezcla de un gran número de compuestos volátiles cuya composición es específica de cada especie y variedad (Sanz y col., 1997). La formación de estos compuestos es un proceso dinámico, ya que su biosíntesis es continua a lo largo del crecimiento y maduración del fruto, así la composición volátil cambia cuantitativa y cualitativamente. Las concentraciones de los compuestos volátiles en melocotones depende esencialmente del grado de madurez de los frutos (Bayonove, 1973; Bayonove, 1974; Engel y col., 1988., Meredith y col., 1989; Horvat y col., 1990; Chapman y col., 1991; Visai y col., 1997; Lavilla y col., 2001). Estudios realizados sobre los compuestos volátiles en distintas variedades de melocotón han identificado aproximadamente 100 compuestos, incluidos alcoholes, aldehídos, alcanos, ésteres, cetonas, lactonas y terpenos (Jennings y Sevenant, 1964; Sevenant y Jennings, 1971; Maga, 1976; Visai y Vano Ji, 997; Derail y col., 1999; Aubert y col., 2003; Riu -Aumatell y col., 2004, 2005; Wang y col., 2009; Eduardo y col., 2010).

La calidad de melocotón se puede determinar mediante análisis químico y depende principalmente del contenido en compuestos tales como sacarosa, ácido cítrico y ácido málico, así como de carotenoides, lactonas, polifenoles y sustancias pécticas. Tal como se ha comentado, el contenido en sólidos solubles y ácidos puede inducir cambios en la calidad, ya que los cambios sensoriales están a menudo relacionados con los cambios en la concentración de ácidos y azúcares. La composición en azúcares puede influenciar el dulzor del fruto, pero altos contenidos de azúcares no son sinónimo de frutos dulces debido a que el contenido de ácidos orgánicos en el equilibrio del fruto es muy importante en la percepción final que se tenga de este, por esto se ha establecido que la aceptabilidad del consumidor está relacionada con los contenidos de ácidos y azúcares, y el ratio entre estos (Iglesias y Echeverria, 2009). Génard y col.

(1994), notaron que la sacarosa estaba estrecha y positivamente correlacionada con el ácido málico, pero negativamente correlacionada con el ácido cítrico en melocotones. También determinaron una correlación negativa entre el ácido málico y el ácido cítrico. Génard y col. (1999) y Wu y col. (2003), establecieron que existe una elevada correlación entre la glucosa y la fructosa.

I.6.1. Variedades.

El melocotonero es la especie de mayor dinamismo varietal dentro de los frutales, cada año aparecen numerosas novedades en el mercado y la renovación varietal es de las más rápidas. Debido a las características climáticas y de producción, la distribución varietal no solo varía con el tiempo sino también en las áreas de cultivo.

La elección de variedades tiene enormes posibilidades y no resulta sencilla. Los principales criterios de elección son: requerimientos edafoclimáticos, destino de la fruta (consumo industrial o en fresco), demanda del mercado, época de producción y área de producción y calidad de la fruta. (Distribución y Consumo, 2008).

- *Queen Crest*, Melocotón extratemprano, de piel rojo anaranjado con pintas amarillas y carne amarilla, dura, adherida al hueso y sabor medio.
- *Maycrest*. Otro extratemprano redondo, piel rojo intenso sobre fondo, amarillo anaranjado, pulpa amarilla, blanquecina, de buena calidad y de carne más blanda).
- *Tirrenia*. Extratemprano de piel amarilla con tonos rojos, carne amarilla, dura o semidura, buen paladar. Este es el primer melocotón de clase de la temporada con una conservación delicada.
- *Catherine*. Variedad temprana y de buen tamaño. Árbol muy vigoroso y muy productivo. Fruto medio, redondeado. Color amarillo-anaranjado, con un 10-30 por 100 de rojo luminoso. Pulpa amarilla, de textura bastante firme y de buena calidad gustativa. Su flor es rosácea.
- *Amarillo de Murcia*. Piel amarillenta con tonos verdes y rojos y carne amarilla blanquecina y buen grado gustativo.
- *Merryly*. Media estación, buen tamaño y calidad.

- *Elegant Lady***.** Piel aterciopelada rojo intenso, carne amarilla, muy dulce. Con una buena resistencia y conservación.
- *Franciscano***.** Esta variedad es de piel roja, carne blanquecina, jugoso y dulce.
- *Baby-Gold***.** Buen tamaño en sus distintas variedades, ocupa gran parte de la campaña. De piel bicolor roja y amarilla, carne prieta, dura o semidura, de color rojizo y un tanto adherida al hueso. Presenta un buen grado gustativo y jugoso. Resistente al transporte, aunque bastante perecedero. Los frutos en almíbar tienen unas óptimas características organolépticas. Las yemas poseen una excelente resistencia al frío: variedad adaptada sobre todo a las regiones septentrionales.
- *Royal Glory***.** De buen tamaño y maduración tardía, piel aterciopelada color rojo intenso, carne amarilla consistente y jugosa, buen grado gustativo y dulce.
- *Calanda***.** Con denominación de origen por su calidad excepcional, el auténtico es la variedad San Miguel de la zona de Calanda. Es un melocotón tardío grueso o muy grueso, piel fina y amarilla, de carne amarilla, consistente, jugosa y de sabor único y dulce.
- *Carson***.** Árbol vigoroso y productivo. Fruto medio, redondo, de color amarillo-naranja de fondo brillante ligeramente difuminado de rojo. Pulpa amarillo-anaranjada, firme, de sabor agradable. Necesita poco aclareo, aunque algunas veces ha mostrado cierta tendencia a la aparición de huesos abiertos.
- *Andross***.** Árbol vigoroso y productivo. Fruto grueso, redondo, de excelentes características organolépticas. Pulpa de color amarillo claro, que en el estado de plena madurez presenta unas ligeras vetas rojas.
- *Sudanell***.** Árbol muy vigoroso y muy productivo. Fruto medio-grueso, redondo, de buen sabor, pulpa muy firme y hueso pequeño. En la precosecha los frutos sufren una ligera caída.
- *Pipas o Brasileño***.** Por una producción irregular cada vez se produce menos. Presentan algunos frutos con el hueso abierto, árbol muy vigoroso, fruto puntiagudo, carne amarilla y aguanta bien en el árbol. Florece en marzo y se recolecta la última semana de junio y primera de julio.

- *Marujas***.** Autóctono de Murcia (España). De reconocida calidad para industria y consumo en fresco, buen sabor, florece en marzo y se recolecta en la 2ª y 3ª semana de julio.
- *Marujas del Porvenir***.** Una variante del Maruja. Fruto de buen tamaño, florece en marzo y se recolecta en la primera semana de julio; la industria lo acepta pero es más rentable para consumo en fresco, por su buen tamaño. Tiene un sabor regular.
- *Vesubio***.** Árbol vigoroso y productivo se adapta bien a todas las zonas, el fruto algo achatado y de pezón fuerte, el calibre mediano, por su color rojo-amarillento es muy atractivo, el hueso se abre con facilidad. Florece en marzo, y se recolecta la 2ª y la 3ª semana de julio.
- *Jerónimos***.** Es originario de Murcia (España), árbol vigoroso, y buena productividad, tamaño medio, color amarillo-calabaza con salpicaduras rojas, muy resistente a la manipulación y transporte, excelente sabor muy apreciado por los conserveros. Florece en marzo y se recolecta a finales de julio.
- *Fortuna***.** Árbol poco vigoroso, pero muy productivo, redondo, de color amarillo-rojizo, carne muy fuerte y bueno para la industria conservera. Florece en marzo, se recolecta la 3ª semana de julio.
- *Calabaceros***.** Originario de Murcia (España). Muy parecido al Sudanell por su tamaño, forma y colorido, los frutos de coloración roja alrededor del hueso, el fruto es grueso de color amarillo-pálido, muy fino de piel y carne fuerte, aguanta bien el transporte y manipulación, madura por la 1ª - 2ª semana de agosto.

I.6.2. Cultivo y Producción.

En el ámbito de la Unión Europea (UE), España es el segundo país productor después de Italia, seguido por Grecia y Francia. El melocotonero es actualmente la especie de fruta dulce más producida en España, seguida por el manzano y el peral. Su cultivo se localiza principalmente en las regiones del arco mediterráneo, Andalucía y Extremadura, siendo Cataluña, Aragón y Murcia las más

importantes. Se trata de un frutal bien adaptado a zonas calurosas con escasas precipitaciones, lo que reduce la incidencia de enfermedades. A pesar de ello y por su floración precoz, el riesgo de heladas es mayor que en el manzano, peral o cerezo. Al igual que ha ocurrido en Italia, este cultivo se ha meridionalizado, es decir se ha ido desplazando hacia el sur, buscando la precocidad o extraprecocidad de la recolección, lo cual ha sido posible gracias a la disponibilidad de numerosas variedades de bajo reposo invernal ("low chilling").

El melocotonero es actualmente la especie de fruta dulce más producida en España. La superficie de melocotonero cultivada actualmente en España es de 78.000 ha. con una producción de 1.091.000 t en 2010, de la cual se exportó el 51%, principalmente a Alemania, Francia, Holanda y Polonia. En Cataluña la superficie total plantada de melocotonero (incluyendo melocotón, nectarina y pavía) es de 19.100 ha con producciones de 138.000 t para el melocotón y de 133.200 t para nectarina. Dichas producciones representan el 12 %de la producción final agraria catalana. De este modo los frutales de mayor importancia en Cataluña son los de hueso, con una producción estimada en 2009-2011 de 115.118 t de nectarina y melocotón por año. En cuanto a la tipología del fruto y en base a las producciones en España en el período 2008-2010, la nectarina es el grupo más importante con el 38% de la producción, seguida por la pavía (34%) y el melocotón rojo que junto al paraguayo representa el 28% (Cano, A., 2012). La evolución según tipología de fruto en el período 1991-2010, denota un notable incremento de la producción de nectarina y un aumento moderado del melocotón rojo (Europech'10, junio 2010).

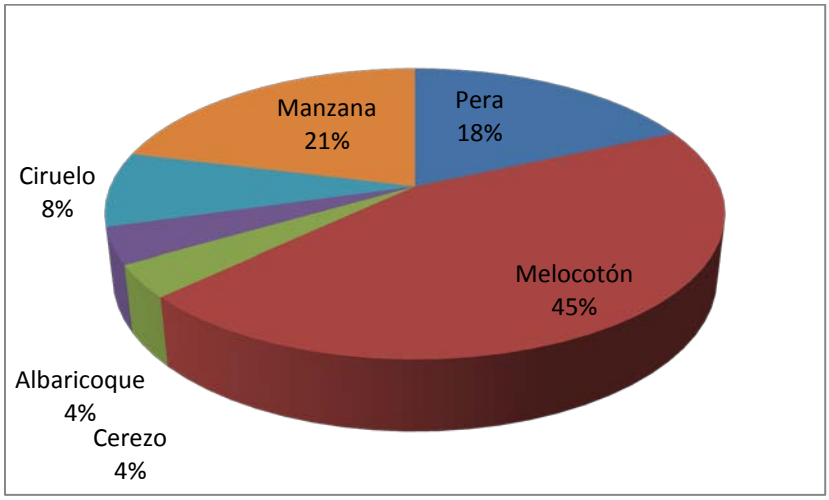

Figura I.10. Distribución de la producción de fruta dulce en España por especies. Valores medios del período 2008-2010 *(Europeach'10, junio 2010)*.

La mejora tecnológica y la innovación varietal han propiciado un incremento progresivo y mayor de las producciones que de las superficies durante los últimos 15 años, que han permitido incrementar y diversificar la oferta notablemente. Además, está ampliamente documentado el efecto beneficioso del consumo de melocotón y nectarina en la salud al reducir el stress oxidativo (Wolfe et al., 2008) por su elevado contenido de carotenoides (Gil et al., 2002), por lo que el incremento de su consumo constituye una estrategia lógica y interesante para la mejora de la salud pública. Ambos aspectos contrastan con la disminución progresiva o estancamiento del consumo en los últimos años. Este bajo consumo es debido principalmente a una recolección demasiado anticipada, que conlleva a ofertar frutos con falta de sabor y excesiva firmeza, a la calidad irregular de la oferta y a la falta de identificación del producto según tipología de fruto (dulce-ácido), hecho constatado también en otros países como Estados Unidos y Francia (Crisosto, 2002; Clareton, 2000). Tampoco ha evitado crisis recurrentes de precios como las ocurridas en las campañas 2005 y 2009, que ponen en entredicho la viabilidad futura del sector (Iglesias I., 2011).

I.6.3. Producciones según tipología del fruto.

La evolución en España de las producciones según tipología de fruto en el período 1991-2010, muestra un notable incremento de la producción de nectarina, un aumento moderado de la del melocotón rojo (Figura I.11) y un descenso muy significativo de la producción de durazno o "pavía". En 2010, la nectarina aportó el 40% de la producción, de la cual el 76% corresponde a variedades de carne amarilla y el 24% carne blanca, el melocotón rojo representó el 27% y la "pavía" el 33%. En Italia las nectarinas representan el 49% de la producción y en Estados Unidos el 36%. En el caso del melocotón plano o "paraguayo" las producciones se han incluido en el grupo del melocotón (Figura I.11). Según datos de 2008 la producción fue de 51.000 t. (Iglesias y Carbó, 2009a), y una superficie plantada de 3.400 ha. Las últimas estimaciones realizadas evidencian un fuerte incremento de las producciones a lo largo de los últimos 5 años, situándose para el año 2010 en 1.091.000 t, procedentes principalmente de Murcia, Cataluña y Aragón. En base a lo expuesto puede preverse que los grupos que en el futuro seguirán incrementándose son la nectarina y el "paraguayo", de amplia aceptación en los mercados de exportación, en detrimento del melocotón rojo y principalmente de las pavías.

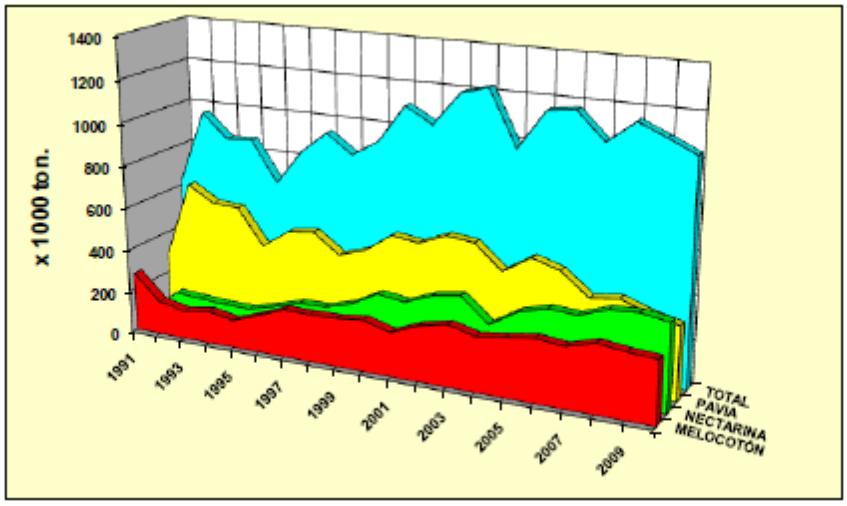

Figura I.11. Evolución de la producción de los principales grupos varietales en España en el período 1991-2010 *(Fuente: Europeach'10).*

I.6.4. Recolección.

En España, la distribución varietal y los calendarios de recolección se pueden resumir en dos tipos:

Regiones de producción precoz.

En las regiones Comunidad Valenciana, Andalucía occidental incluyendo la provincia de Almería y la región de Murcia aproximadamente el 80% de la producción se basa en melocotón y nectarina de carne blanda tipo 'americano'. La campaña se inicia a mediados o finales de Abril, según años, con variedades muy precoces del tipo Florida, continúa en Mayo con variedades del grupo 'Crest'. A finales de Mayo encontramos Spring Crest, que continua siendo una variedad muy cultivada. La producción de estas regiones se destina principalmente a la exportación para su consumo en fresco, siendo los países de la Unión Europea los principales destinos. Dos de los principales receptores de melocotón producido en España son Francia e Italia, dos países que son a su vez, principales productores a nivel mundial de melocotonero.

Por ello la tendencia actual se dirige a incrementar la producción de variedades precoces con el fin de que éstas lleguen al mercado antes del inicio de la campaña en Italia y Francia.

Regiones productoras de melocotón de media estación y tardía:

En este grupo se incluiría la producción de Cataluña, Aragón, La Rioja, Navarra, Andalucía Oriental excepto Almería, Extremadura y Castilla- La Mancha. En estas regiones predomina la producción de melocotón de carne dura (70-80 % según regiones), están muy implantadas variedades autóctonas, aunque la penetración de variedades americanas también está siendo importante en la época de maduración estival. En cambio, a partir de mediados de Septiembre la producción de melocotonero se basa solamente en variedades autóctonas. Cataluña y Aragón en este tipo de variedades tienen un patrimonio varietal muy importante a seleccionar y conservar (Badenes, L., 2009).

I.6.5. Elaborados.

La aplicación del melocotón como materia prima en la elaboración de conservas vegetales, presenta una gama de productos muy extensa. Estas aplicaciones están condicionadas al tamaño del fruto, textura, color, estado de la madurez e integridad de la fruta cortada. También las operaciones a que se somete en el proceso de elaboración (calibrado, partido y deshuesado, pelado químico, lavado, clasificación, cortado, selección … (Cruess W.V, 2011)) determina a qué tipo de elaborados se destina la fruta:

- Mitades de melocotón con líquido de gobierno, que puede ser almíbar, zumo de frutas y al agua.
- Fruta cortada en cuartos, rodajas y cubitos, con líquido de gobierno, o como componente de cocktail de frutas, ensalada de frutas y pastelería.
- Pulpa de melocotón, de troceados irregulares o regulares y de textura blanda, envasados en solid pack en sistemas asépticos. Esta pulpa se destina fundamentalmente en la elaboración de confituras, mermeladas, preparados de frutas, postres lácteos, pastelería,… Las confituras y mermeladas de melocotón son las más consumidas en España, alrededor del 40% del total de consumo de estos productos
- Purés de melocotón, clarificados o no, con destino: a zumos, zumos o purés concentrados, bebidas de frutas y lácteas.

En resumen, el melocotón es una fruta que en conserva se distingue por presentar la gama más amplia de aplicaciones presentes en el mercado.

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo concreto de este trabajo es la aplicación de productos derivados del limón como zumos, pulpas cortezas y aceites esenciales- en la elaboración de confituras de frutas con distintos niveles de contenido energético, ampliando las posibilidades de consumo de esta fruta de gran interés por sus excelentes propiedades sensoriales y funcionales.

En este proyecto se ha investigado, exclusivamente, al producto o productos obtenidos por cocción de una mezcla de fruta (melocotón), azúcar y componentes del limón como ingredientes, para la obtención de confituras de frutas, denominación regulada por la legislación vigentes según R.D. 863/2003 de 4 de julio sobre confituras et al. y Reglamento (CE) nº 1924/2006 del parlamento Europeo de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos”.

Para la consecución de este objetivo se han realizado las siguientes actividades:

Estudio de las características de los diferentes derivados del limón para examinar sus posibles aplicaciones en la fabricación de confituras y otros posibles elaborados y con el fin de aprovechar las características principales de estas fracciones para utilizarlos como ingredientes en diferentes formulaciones.

Realización de modificaciones para adaptarlas a las formulaciones de las confituras, como deshidratación parcial del ingrediente, para enriquecer así la concentración de ciertas sustancias; eliminación o reducción de fracciones que aporten características menos deseables y/o, en su caso, la realización de tratamientos que adecúen la aplicación de los derivados del limón conocidos a las condiciones más favorables para su potencial utilización como ingredientes y para prolongar la vida comercial del elaborado final, manteniendo su características sensoriales y nutritivas.

Elaboración de diferentes formulaciones de confituras a nivel de planta piloto, considerando las etapas de mezcla, cocción, pasteurización, envasado y acondicionamiento final. Para ello se emplean los equipos existentes en la Planta Piloto del Centro Tecnológico de la Conserva (CTC). Y se desarrollan distintas formulaciones de confituras conteniendo exclusivamente limón y otras con aditivos para su comparación a nivel sensorial y físico-químico.

Caracterización físico-química, nutricional, sensorial y microbiológica de las distintas confituras elaboradas.

JUSTIFICACIÓN.

La originalidad que presenta la realización de esta tesis con respecto a los sectores industriales del limón y las confituras, queda reflejado como una novedad desde distintos puntos de vista.

Novedad con respecto al uso del limón. Si bien, en un principio se trataba de una preparación culinaria casera y artesanal, que empleando unos conocimientos totalmente empíricos pretendía alargar la vida útil de unos alimentos perecederos, como las frutas, en la actualidad con la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos sobre conservación de alimentos y nutrición, el desarrollo social y cultural de los pueblos, además de los cambios producidos por el comercio y en los hábitos de consumo, ha propiciado un progreso espectacular de la tecnología y la industria alimentaria y con ella la elaboración de confituras de frutas. Hoy en día la composición de estos productos se ha enriquecido sustancialmente de forma que ya no son componentes exclusivos la fruta y el azúcar, sino que hay que considerar la adición de pectinas comerciales específicas para cada confitura particular con objeto de uniformar su textura, ácidos orgánicos comestibles permitidos en alimentación para regular el pH, antioxidantes... También otros ingredientes autorizados pueden añadirse opcionalmente al producto cuando las condiciones de preparación, envasado y consumo lo requieran. Dadas las cualidades, propiedades excepcionales y composición del limón, este fruto o parte de él, puede sustituir a los ingredientes citados anteriormente (pectinas, ácidos antioxidantes, ...) en la elaboración de confituras de frutas con los consiguientes logros:

1. Se da un paso adelante en el aprovechamiento integral del limón.

2. Se obtiene un elaborado más natural, con más valor añadido y mejora de sus propiedades nutricionales y funcionales.

3. Se oferta al consumidor un producto diferenciado con excelentes perspectivas de consumo.

4. La sustitución total o parcial de los aditivos químicos utilizados en la elaboración de confituras de frutas por limón (gelificantes, acidificantes, antioxidantes,...).

Novedad con respecto a la formulación de la confitura. Como consecuencia de la tendencia moderna a reducir el contenido energético de los alimentos como fuente de salud y bienestar -prevención de ciertas enfermedades, diabetes, obesidad, cardiovasculares y por motivos de estética, como mejora de la silueta- se estudia la preparación de confituras con niveles decrecientes de contenido de azúcar y el comportamiento del limón en cada una de ellas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. DETERMINACIÓN DEL PH.

La medida del pH consiste en el cálculo de la concentración de iones hidrógeno libres de la muestra a través de una medida potenciométrica y su posterior conversión a una escala logarítmica. El equipo utilizado fue un pH metro Crison basic 20 (Barcelona), con una precisión de 0,01 unidades de pH (Ministerio de Sanidad y Consumo, 1985).

La calibración se efectuó antes de comenzar el ensayo, siguiendo las instrucciones del fabricante

III.2. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ.

Se define la acidez valorable como la medida del contenido en ácidos minerales y orgánicos determinada por valoración potenciométrica con solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio hasta viraje del indicador fenolftaleína. Los reactivos utilizados fueron una solución valorada de hidróxido sódico 0,1N, y una solución indicadora de fenolftaleína (1% m/v) (Norma EN 1133, 1994).

Donde: V es el volumen consumido en la valoración, en ml; M es el peso equivalente del ácido cítrico; N es la normalidad de la disolución de NaOH utilizada y P es el peso de la muestra, en gramos.

III.3. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA.

Para determinar la consistencia se utilizó un consistómetro Bostwick que se caracteriza por ser es un instrumento sencillo y fiable y que se basa en la medición de la distancia que una muestra fluye bajo su propio peso. El Consistómetro Bostwick se utiliza ampliamente en la industria de alimentos para medir la consistencia, caudal y la viscosidad de confituras, jaleas y otros productos altamente viscosos como pasta de tomate, puré de frutas, mayonesa, batidos, pasteles, etc.

El consistómetro Bostwick Estándar, de 24cm, cuenta con 48 graduaciones de 0,5 cm, mientras que el consistómetro Bostwick Extra Largo, de 30cm, tiene 60 graduaciones. Está fabricado en acero inoxidable y está equipado con dos tornillos niveladores y un nivel. La puerta es de resorte y posee un mecanismo de liberación positiva que permite el flujo instantáneo de la muestra. El canal del consistómetro está graduado en divisiones de 0,5 cm para permitir la medición exacta del flujo y el habitáculo donde se sitúa la muestra inicialmente tiene una capacidad de 75 ml. (Sánchez-Campillo, P, 2008).

III.4. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA.

Se utilizó un Texturómetro TA.XT2i TEXTURE ANALYSER con una sonda cilíndrica Delrin 0.5R con 0,50 mm de diámetro. Durante el funcionamiento, la sonda está firmemente sujeta por medio de un sustentador enroscado directamente al Texturómetro. (Mars, M., 1997).

El objetivo es medir la fuerza máxima que hay que aplicar (en gramos), en la superficie de la confitura para determinar el punto de ruptura del gel.

La tabla III.1 muestra los parámetros de programación del ensayo del texturómetro.

Tabla III.1. Parámetros de ensayo del texturómetro.

Parámetros de Medida	
Velocidad de preensayo (mm/s)	2,0
Velocidad de ensayo (mm/s)	2,0
Velocidad de post-ensayo (mm/s)	5,0
Distancia (mm)	25
Célula de carga (kg)	5

III.5. DETERMINACIÓN DEL COLOR.

La evaluación del color se realizó mediante un colorímetro modelo Minolta CR-200 que expresa los resultados analíticos en unidades CIELAB según los parámetros *L*, que varía de 0 a 100 (negro a blanco), *a*, que varía de -50 a +50 (verde a rojo) y *b*, que varía de -50 a +50 (azul a amarillo). *a** y *b** se conocen como coordenadas de cromaticidad y L indica la luminosidad, propiedad según la cual cada color puede ser considerado como equivalente a un miembro de la escala de grises (Pérez-López y col., 2007).

III.6. DETERMINACIÓN DE ºBRIX.

Para determinar los grados Brix se utilizaron refractómetros manuales con diferentes graduaciones en función del contenido en sólidos solubles (Norma EN 12143, 1996). En este caso el refractómetro índica los grados Brix que presenta una muestra basándose en la medida del índice de refracción de los sólidos solubles presentes en ésta.

III.7. ANÁLISIS SENSORIAL.

En este estudio se evaluaron las propiedades organolépticas de las diferentes confituras elaboradas según el procedimiento descrito por la norma UNE EN ISO 4120:2006 “Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas”.

El análisis realizado fue de tipo hedónico, evaluando la aceptación y/o rechazo ante un panel de catas, con una prueba de “aceptación y preferencias”, que se realizó en las cabinas de una sala de cata de acuerdo a lo especificado en la norma (UNE EN-ISO 8589:2010), igualando las condiciones externas que rodean a los catadores.

El panel se compuso de 30 catadores, para minimizar en lo posible la variabilidad asociada a este tipo de pruebas hedónicas no descriptivas. Los cuales constituían un grupo homogéneo de consumidores habituales de este tipo de productos. Las muestras se presentaron codificadas, en cantidad suficiente, a temperatura adecuada.

El cuestionario a rellenar contenía una evaluación de los parámetros: color, olor, sabor, textura, sinéresis y valoración global del producto utilizando una escala hedónica de intervalo de cinco puntos en la que 1 se correspondía con desagradable, 2 con ligeramente desagradable, 3 con ni agradable ni desagradable, 4 con agradable y 5 con muy agradable; igualmente se sugirió al catador que exprese las apreciaciones que considere oportunas una vez realizada la cata del producto.

III.8. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CORTEZA.

La corteza del limón utilizada se obtiene después de someter el fruto a un proceso de extracción del zumo y aceite. La transformación del limón en las fábricas de zumo, se inicia con un lavado en húmedo mediante rodillos, con los que se retira la suciedad y parte de la cutícula exterior, sin dañar las células de aceite del flavedo; tras la calibración por tamaño. el zumo, el aceite y la corteza (peel) se separan en una extractora in line tipo FMC, que proporciona cada una de estas fracciones por separado. Siguiendo la línea de zumo, este se regula en pulpa mediante un filtro-tamiz en contínuo (finisher) el cual separa la pulpa más gruesa y fibrosa, que es incorporada ya escurrida a la corteza. Etapas posteriores de centrifugación, filtrado o decantación permiten obtener jugos de distinto contenido en pulpa o transparente. De la línea de aceite, se separan las porciones gruesas de corteza (frit) mediante otro filtro-tamiz (finisher) que es igualmente incorporado a la porción de corteza. Así por tanto lo que llamamos corteza contiene la parte principal de flavedo y albedo, tiras de corteza procedentes de la línea de aceite y la parte interna escurrida del zumo en torno a un 5% de la corteza. En total se obtiene un producto entre un 80-85% de humedad que contiene el 26% del aceite esencial del fruto y que supone en torno al 60% del peso de la fruta transformada. Existen fábricas que agotan más esta corteza con procesos de obtención de turbios y que la someten a transformaciones para solubilizar la pectina y fabricar los llamados Cloudies (Agricultural Research Service, 1962).

III.9. ELABORACIÓN DE CONFITURAS DE MELOCOTÓN Y LIMÓN A ESCALA DE LABORATORIO.

La figura III.1 muestra el diagrama de flujo seguido para la elaboración de las confituras de melocotón y limón.

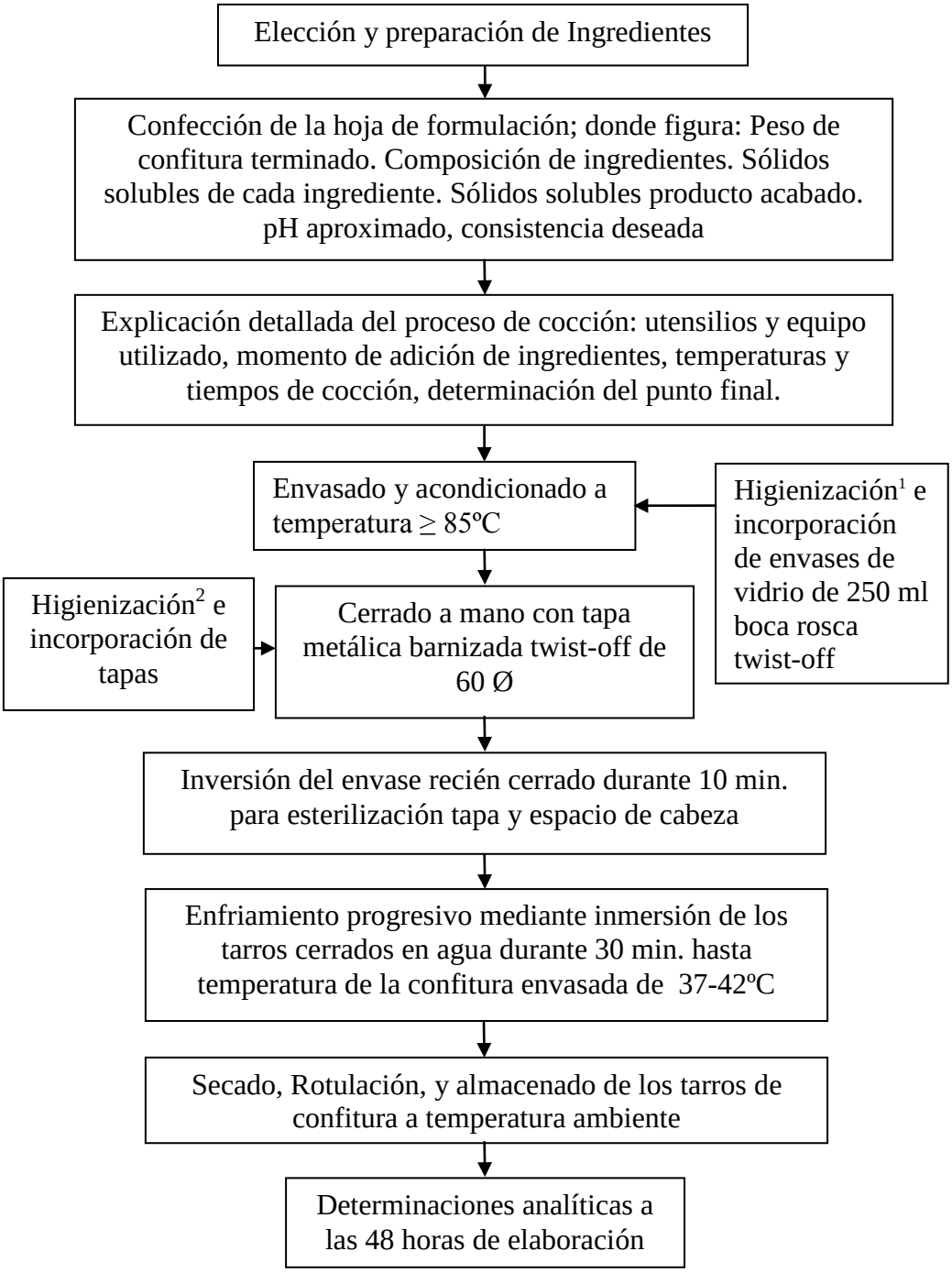

Figura III.1. Diagrama de flujo confituras melocotón y limón.

(1) La higienización de los envases de vidrio se hace enjuagando en agua potable caliente y escurrido posterior.

(2) Las tapas se higienizan por inmersión en alcohol etílico de 98º y secado por evaporación.

III.9.1. Proceso de elaboración de confitura alto contenido de azúcar (63ºBrix).

1. Se fijaron los ingredientes de esta confitura: pulpa de melocotón envasado en bolsas asépticas, puré de corteza de limón, zumo o concentrado de limón y azúcar.

2. Se realizó la composición cuantitativa de ingredientes en el producto acabado: pulpa de melocotón 50%, puré de corteza de limón suficiente para gelificación, zumo de limón o concentrado de 400 g/L de ácido cítrico para regular pH 3,00 a 3,30, azúcar necesaria para conseguir 63º Brix. Masa final después de la cocción 1000 gramos.

3. Se confeccionó la hoja de formulación con el siguiente esquema:

Tabla III.2. Hoja de formulación de la confitura de alto contenido en azúcar.

Producto: **confitura de melocotón de alto contenido de azúcar**			Código:
Consistencia < 3 º Bostwick	pH 3,00-3,30		ºBrix: 63
Porcentaje de fruta: 50%			Formulación: 1000g
Ingredientes	**Masa (g)**	**ºBrix**	**Sólidos solubles totales (g)**
Pulpa de melocotón	500,00	10	50,00
Azúcar	569,13	100	569,13
Puré corteza de limón Ref. (100503B)(9)	105,00	0,5	0,53
Concentrado limón 400 g/L	22,00	47	10,34
Total	**1188,30**	**-**	**630,00**
Evaporación	-188,13	-	-
Peso final	**1000,00**	**63,0**	**630,00**

4. Proceso de elaboración:

En un calderín con forma de campana invertida con una capacidad de 14 litros, que lleva conectado una entrada de vapor, con una válvula de seguridad de 3 kg/cm2 y una purga de vapor, se introdujo la pulpa de melocotón, el puré de corteza tratada de limón y el agua en los casos que la llevase formulada. El contenido se calentó con

agitación continua durante todo el proceso de cocción a ebullición durante 3 minutos, transcurrido este tiempo se añadió el azúcar. Se llevó de nuevo a ebullición hasta que se alcanzó un peso de producto de 1050 gramos, momento en el que se añadió el zumo o concentrado de limón. De nuevo se llevó a ebullición hasta que se alcanzó un peso final de 1000 gramos. A continuación se desespumó, se llenaron los tarros de vidrio en caliente a una temperatura mayor de 85ºC, se cerró a mano con tapa metálica *"twist-off* y se invirtieron durante 10 minutos para la esterilización de la tapa. Por último se enfriaron mediante inmersión durante 30 minutos en agua templada y fría, se secaron y almacenaron, y tras 48 horas se realizaron las determinaciones analíticas.

III.9.2. Proceso de elaboración de confitura de reducido contenido energético (40ºBrix).

Los apartados 1, 2 y 4 son iguales al proceso de elaboración de confitura de 63ºBrix.

3. Confección de la hoja de formulación.

Tabla III.3. Hoja de formulación de la confitura de reducido contenido energético.

Producto: **confitura de melocotón de reducido contenido energético.**			Código:
Consistencia < 3 º Bostwick	pH: 3,40-3,60		ºBrix: 40
Porcentaje de fruta: 50%			Formulación: 1000g
Ingredientes	**Masa (g)**	**ºBrix**	**Sólidos solubles totales (g)**
Pulpa de melocotón	500,00	10	50,00
Azúcar	345,15	100	345,15
Puré corteza de limón Ref(100503B)(9)	270,00	0,5	1,35
Concentrado limón 400 g/L	7,45	47	3,50
Agua	80,00	-	-
Total	**1194,60**	**-**	**400,00**
Evaporación	-194,60	-	-
Peso final	**1000,00**	**40,0**	**400,00**

III.9.3. Proceso de elaboración de confitura sin azúcar añadido (12-14ºBrix).

1. Se fijaron los ingredientes de esta confitura: pulpa de melocotón envasado en bolsa aséptica, puré de corteza de limón, zumo o concentrado de limón, jarabe de sorbitol, sucralosa, aspartamo y agua evaporación.

2. Se realizó la composición cuantitativa de ingredientes en el producto acabado (1000g): pulpa de melocotón 60-80%, puré de corteza de limón suficiente para gelificación, zumo de limón o concentrado de limón de 400 g/L de ácido cítrico para regulación de pH 3,60-4,00, edulcorantes: 57,5g de jarabe de sorbitol, 0,4g de sucralosa, 1g de aspartamo y agua de cocción que se evapora.

3. Se confeccionó la hoja de formulación con el siguiente esquema:

Tabla III.4. Hoja de formulación de las confituras sin azúcar añadida.

Producto: **Confitura sin azúcar añadida**			Código:
Consistencia < 3 º Bostwick	pH 3,60-4,00		ºBrix: 12-14
Porcentaje de fruta: 80%			Formulación: 1000g
Ingredientes	**Masa (g)**	**ºBrix**	**Sólidos solubles totales (g)**
Pulpa de melocotón	800,00	10	80,00
Puré corteza de limón Ref. (100503B)(9)	270,00	0,5	1,40
Concentrado limón 400 g/L	8,10	47	3,81
Jarabe de sorbitol	57,50	70	40,25
Sucralosa	0,40	100	0,40
Aspartamo	1,00	100	1,00
Agua de cocción	40,00	-	-
Total	**1186,40**	**-**	**-**
Evaporación	186,40	-	-
Peso final	**1000,00**	**12,7**	**126,57**

Nota: En los últimos ensayos se suprimió el lactato cálcico porque se ha comprobado que funciona bien la gelificación de la confitura sin su adición.

4. Proceso de elaboración:

El recipiente, la manipulación, el proceso de cocción, envasado, cerrado y enfriamiento fueron similares a la preparación de la confitura con azúcar añadido. La diferencia fue la siguiente: después de la primera ebullición de 3 minutos y transcurrido este tiempo, se añadió el sorbitol, la sucralosa, el aspartamo, el zumo o concentrado de limón diluido en agua. Se calentó a ebullición, se añadió el lactato cálcico (en el caso que formará parte de la fórmula) mezclado previamente con 100 ml de agua caliente para facilitar su disolución. De nuevo se calentó a ebullición hasta alcanzar un peso final de 1000 gramos. Se sigue como se ha descrito la preparación con azúcar añadido.

III.10. DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD DE CIERRE DE LOS ENVASES DE VIDRIO.

Se utilizaron frascos de vidrio, como indica la figura III.2., con rosca continua en la boca y tapas metálicas barnizadas de uñas para cierre por torsión (*twist off*). La línea de la costura del molde es importante como referencia para el control de enganche, (Gavin, A. y Wedding, L.M, 1990c).

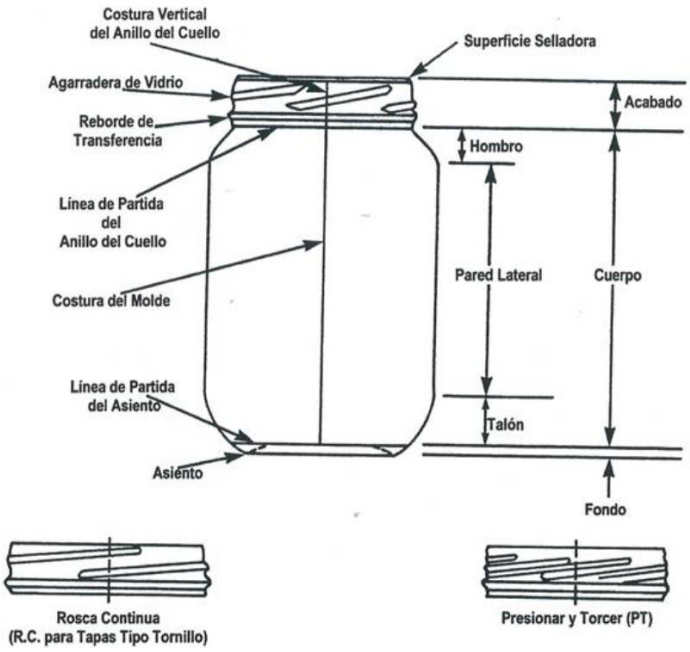

Figura III.2. Partes básicas de un envase de vidrio

La figura III.3 muestra que el cierre se efectúa por compresión del material plástico de la tapa sobre el borde y la boca.

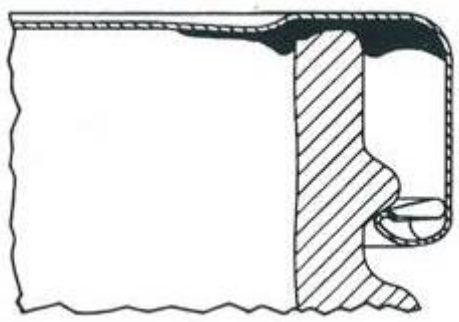

Figura III.3. Tapa regular de agarradera o torsión.

III.10.1. Sugerencias sobre operaciones de cierre.

1. La primera regla fundamental a la hora de cerrar un frasco es que las uñas no deberán sobrepasar nunca la línea de unión de la boca del frasco (junta del molde).

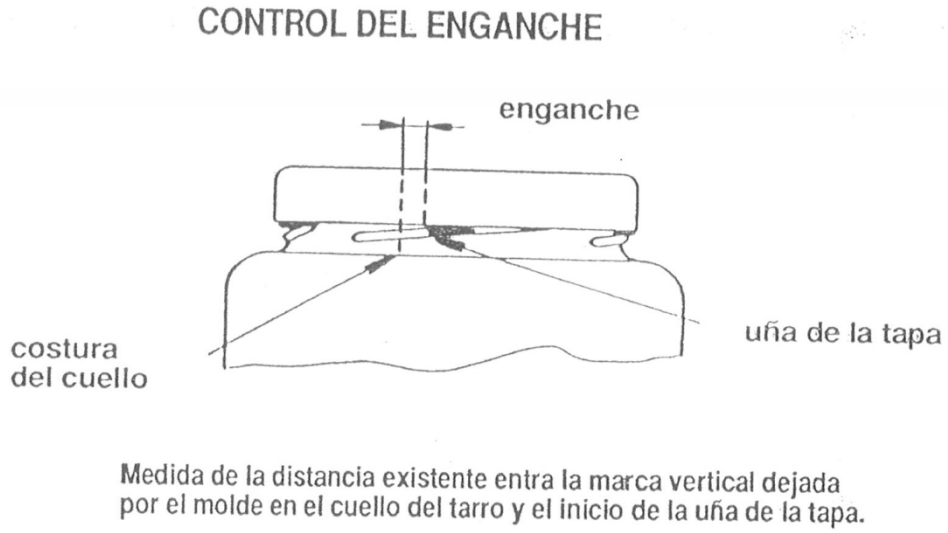

Figura III.4. Control del enganche de los tarros

2. Dada la importancia de la operación de cerrado para una correcta conservación del producto envasado, se definen una serie de parámetros para el control del mismo.

a. Enganche, cierre o posición de uñas. Consiste en medir en un frasco cerrado la distancia desde inicio de uña hasta la línea vertical de unión de la boca del frasco (Figura III.5.). Los valores del cierre deben ser siempre positivos (uña a la derecha de la línea) y se consideran normales entre 3 y 8 mm y extremos entre 0 y 13 mm. Su valor óptimo vendrá condicionado por los valores recomendables del resto de parámetros.

b. Seguridad de cierre. Consiste en medir la distancia de la posición inicial de la tapa (frasco cerrado) hasta la que nuevamente adquiere si lo abrimos y volvemos a cerrar sin aplicar presión. Esta medida ha de ser positiva y nos da una indicación del grado de memoria del compuesto sellante. Si la tapa se puede llevar a la posición inicial no habrá memoria y no sería aceptable (Figura III.5).

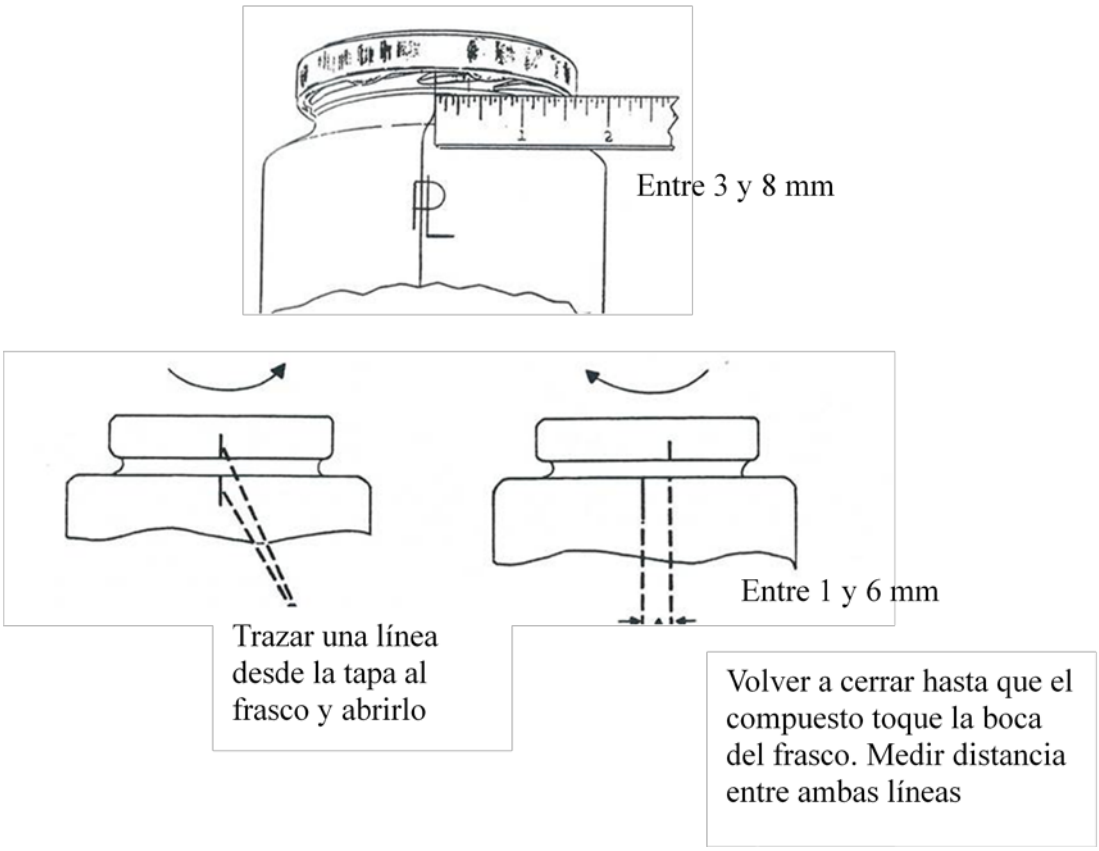

Figura III.5. Seguridad del cierre (enganche, cierre, posición de uñas).

III.11. DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD MICROBIOLOGICA Y ENZIMATICA DE LA CONFITURA

Es preciso también determinar el valor de esterilización mínimo durante la cocción, el cual es el siguiente.

El valor aplicado será 16 veces superior al recomendado (1min).

Durante el llenado:

Fuente: Recomendaciones del FDA para productos ácidos o acidificados.

Tabla III.5. Valores de esterilización según el pH.

pH (máximo equilibrio)	Valor de esterilización (min)	Tª mínima centro envase (ºC)
3,6	-	77
3,7	-	79
3,8	-	81
<3,9	0,1	85
3,9-4,1	1	87
4,10-4,20	2,5	88
4,20-4,30	5,0	91
4,30-4,40	10,0	96
4,40-4,50	20,0	99

Suficiente para un producto con pH inferior a 4.

III.12. MÉTODOS ANÁLISIS NUTRICIONAL.

III.12.1. Determinación de cenizas totales.

Las cenizas se determinaron por gravimetría después de la calcinación de la muestra en un horno de mufla. El método seguido para la determinación de cenizas fue el descrito por la AOAC (1980) aplicado a vegetales.

Se incineró la cápsula de porcelana en la mufla a 650 ± 50º C durante una hora. Se dejó enfriar en el desecador y seguidamente se pesó. Se pesaron entre 5 y 10 g de muestra en la cápsula. Se colocó la cápsula sobre la placa calefactora dentro de la campana de extracción de humos y se calentó hasta que la mayor parte de los compuestos orgánicos se hubieron quemado, permaneció en la placa encendida hasta que dejó de desprender humo, después se apagó la placa y la cápsula se dejó reposar unos minutos.

Se pasó la cápsula a la mufla caliente, se calcinó a 600 ± 50ºC hasta que los componentes orgánicos desaparecieron totalmente y quedó un residuo libre de restos negros de carbón. Se puso la cápsula con el residuo en el desecador para que se enfríe y se pesó seguidamente.

El resultado se expresa en % con dos cifras decimales según la fórmula que sigue:

Peso final = peso de la cápsula conteniendo las cenizas.

III.12.2. Determinación de grasa.

Se desecaron los vasos en la estufa a 105 ± 2 ºC durante una hora, se dejó enfriar en el desecador y se pesaron. Se colocó un poco de algodón en el fondo del cartucho (encajado en el adaptador magnético sobre el dedal). Se taró todo el conjunto, se pesaron de 2 a 5 g de muestra (según el contenido en grasa esperado) en el cartucho y se tapó la muestra con algodón.

Con la ayuda de los soportes de dedales y la gradilla niveladora se introdujo cada dedal de extracción provisto del adaptador magnético en una columna de destilación de la unidad de extracción. Se abrió el circuito de refrigeración y se adicionaron 60 mL de éter dietílico por la parte superior de cada columna de extracción. Se puso en marcha la unidad de calefacción. Después de 1 hora de extracción los cartuchos fueron elevados sobre el nivel del disolvente en ebullición de forma que el condensado cayera sobre la muestra produciendo el arrastre de la grasa remanente. Mantener así durante 2 horas.

Se cerró la válvula de recuperación. El condensado quedó retenido por ésta y en unos 5 minutos todo el disolvente fue recuperado. Para favorecer la total eliminación del disolvente de los vasos se agitó en el sentido inverso a las agujas del reloj y a la vez se introdujo aire en la unidad de calefacción. A continuación se apagó la calefacción y se elevó la batería de columnas de destilación desbloqueando y accionando la unidad de extracción. Se retiraron los vasos y desecó en la estufa a 105 ± 2ºC; se dejó enfriar en el desecador y se pesó. (Bligh y Dyer, 1959).

El contenido en grasa bruta de la muestra se calcula de la forma siguiente:

Donde:

Pf = peso final del vaso con la grasa extraída.

Po = peso inicial del vaso vacío.

Pm = peso de la muestra.

III.12.3. Determinación de humedad y extracto seco.

La determinación del contenido de humedad se realizó en un analizador halógeno. El instrumento trabaja según el principio termogravimétrico. El equipo dispone de una balanza de precisión-integrada en el instrumento que mide el peso continuamente. Se pesaron 2g de muestra en un portamuestra y se extendió lo máximo

posible. Se introdujo en el equipo y se secó mediante un radiador halógeno hasta peso estable. El resultado se expresa en % o mg/100 g. (Horwith, W., 1984).

III.12.4. Determinación de proteínas.

La cantidad de proteínas totales se cuantificó por el método de Kjeldahl, calculada como nitrógeno Kjeldahl multiplicado por 6,25 (Ministerio de Sanidad y Consumo, 1985). En un matraz de digestión Kjeldahl se adicionó de 1 a 3 g de mermelada. Se añadió 1 g de catalizador y 15 mL de H_2SO_4 concentrado. Se calentó suavemente al principio y enérgicamente cuando transcurrieron 15 minutos. Se hirvió hasta que la disolución se aclaró y se quedó transparente. Se enfrió y se añadió agua desionizada hasta llegar a unos 100 mL. Se colocó el matraz en el destilador, se añadió 50 mL de hidróxido sódico al 30% para neutralizar, se destiló la mezcla hasta recoger el destilado en un matraz de 250 mL donde se pusieron 30 mL de ácido bórico al 2% con un 1% de indicador llevados a 100 mL aproximadamente con agua. Se consideró terminada la destilación cuando el volumen en el erlenmeyer fué de 200 mL. A continuación se procedió a la valoración de la muestra con HCl 0,05N ó 0,1N.

El resultado se expresa en g/100g de proteínas con dos cifras decimales y se calcula con la siguiente fórmula:

Donde:

N = normalidad del HCl empleado.

V = volumen en mL de valorante consumido

Vb = volumen de mL consumido por un blanco que se hará con todos los reactivos pero sin muestra.

Pm = peso en gramos de la muestra.

Vm = volumen en litros de la muestra

El ensayó se realizó por duplicado y se aceptó dicho valor cuando la diferencia entre los resultados sea inferior al 5%.

III.12.5. Hidratos de carbono.

Los hidratos de carbono los constituyen principalmente dos grupos de sustancias:

- Los azucares simples, monosacáricos y disacáridos: glucosa, sacarosa, fructosa, lactosa.
- Polisacáridos como el almidón.

Se usa el término “hidratos de carbono por diferencia” o “hidratos de carbono totales” para referirnos al valor obtenido restando de 100 la suma de los porcentajes de la grasa, la proteína, las cenizas y la humedad. (RD. 930/92, de 17-07, BOE 5-08-92).

III.12.6. Valor energético.

El valor energético se define como la cantidad de energía que se origina cuando el alimento es totalmente oxidado o metabolizado (RD 930/1992).

Se expresa por 100 g de producto y se calculó mediante los siguientes factores de conversión que se muestran en la tabla III.6.

Tabla III.6. Factores de conversión

	Kcal/g	KJ/g
Hidratos de carbono	4	17
Proteinas	4	17
Grasas	9	37

Los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

____

____

III.12.7. Determinación de azúcares.

La extracción de los azúcares fructosa, glucosa y sacarosa se realiza a temperatura ambiente con agua desionizada y se mantiene en agitación durante 30 minutos. Posteriormente, se filtra con microfiltros de 0.45 μm tipo Whatman NYL ó Millipore HATF y se inyecta (Norma EN 12630, 1999).

Los reactivos necesarios para esta determinación son agua desionizada, estándar analítico de sacarosa 99.9%, (Supelco 4-7289); estándar analítico de glucosa 99,9%, (Supelco 4-7249) y estándar analítico de fructosa 99,6%, (Supelco 4-7247).

Se preparará una solución madre de fructosa, glucosa y sacarosa en agua desionizada de aproximadamente 2 g/L. Con estas soluciones se procederá a la elaboración de la curva de calibración. Las soluciones madres se conservarán en congelación a menos de -20 ºC.

La calibración se realizará sobre cinco puntos, como mínimo, para lo cual se prepararán diluciones a partir de las disoluciones madres en un intervalo óptimo, teniendo en cuenta el contenido en azúcares de la muestra problema.

Las soluciones anteriores serán analizadas por un cromatógrafo líquido de alta resolución, modelo HP serie 1100 (EEUU) equipado con detector de índice de refracción y columna polimérica de iones calcio, el cual incluye el software apropiado para introducir la recta de calibración y obtener la concentración correspondiente de las muestras una vez registrada el área de cada pico, con desgasificador de vacío, automuestrador-sistema de inyección automático y compartimento termostatado de columnas.

La fase móvil es agua desionizada, el flujo 0,5 mL/min o similar y el volumen de inyección normal es de 20 μL.

Las concentraciones de los azúcares en la muestra problema, serán calculadas por introducción de las áreas obtenidas en la recta de calibrado grabada en el software del ordenador que controla el equipo y se obtendrá un valor de concentración. En el cálculo final de los resultados, que se expresarán en g/kg (ó g/L) y g/100 g (ó g/100 mL), se tendrán en cuenta los factores de dilución en la preparación de la muestra y se realizará según la expresión:

Donde:

C.=.concentración que obtenemos al introducir el área problema en la calibración.

P_T =.peso total ó final de la dilución.

P =.peso de muestra.

III.12.8. Determinación de fibra alimentaria.

Se incineraron los crisoles en la mufla a una temperatura de 520±20º durante 1 hora y se dejaron enfriar en el desecador y pesar. Si fuera necesario poner en remojo durante 1h en mezcla crómica al 2%, aclarar con agua y acetona. Se secaron al aire. Se añadieron 0,5g de celite, se secaron 1h a 105ºC, se enfriaron y se pesaron (P1) (AOAC, 2000).

Previamente a la pesada de la muestra se desazucaró y se desecó. Para ello se tomaron 10 g de muestra y se disolvieron en 150 ml de EtOH del 85%. Dicha disolución se agitó en caliente (30-40ºC) durante 10 min. A continuación se decantó la muestra y se repitió el proceso descrito. Después se añaden 15 mL de EtOH, se centrifuga y se elimina el sobrenadante. El sólido recogido se mantuvo en una estufa a 70ºC durante 24 horas.

A continuación se pesó de 0,1 a 1g de muestra con resolución de 0,1mg (Pm) en los frascos de incubación y se cerraron.

Se añadieron 40 mL de Tamon MES-TRIS y se agitaron en una placa para evitar la formación de grumos. Se añadieron 100µL de α-amilasa mientras se agitaba despacio, lo tapamos con papel de aluminio.

Se incubó durante 15 min a 95-100ºC en un baño termostatizado con agitación.

Se enfriaron hasta 60ºC y se deshicieron los grumos que se formaron lavando las paredes y la espátula con agua.

Se añadió 100 µL de proteasa y se tapó el frasco. A continuación se incubó durante 30 minutos a 60ºC en un baño termostático con agitación. Se añadió en el mismo baño 5 ml de HCl 0,561M. Después se añadieron 100µL de amiloglucosidasa y se tapó el frasco. Se incubó durante 30 min a 60ºC en un baño termostatizado con agitación. A continuación se pusieron los crisoles con celite homogenizandolo con 15 mL de etanol 78% en vacío y se colocaron en el equipo de fibra en la posición de filtración inferior. Se pusieron los frascos con las muestras en la posición superior y unos vacíos en la inferior.

Se lavaron las paredes de los frascos con 225 mL de etanol al 95% a 60ºC, se taparon y se dejó precipitar la muestra al menos 1 hora.

Se filtró usando etanol del 78% para limpiar las paredes

Se lavó filtrando al menos dos veces con 1 mL de etanol al 78%, 15 mL de etanol al 95%. Se pusieron los crisoles en la posición superior y se lavaron con 15 mL de acetona.

Se dejaron los crisoles durante toda la noche a 105ºC en la estufa, se dejaron enfriar y se pesaron.

El contenido de los crisoles se pasó a tubos kjeldahl para determinar el residuo de proteína.

Donde:

P_0 = peso en gramos de muestra inicial

f_c = factor de corrección de la humedad y grasa.

Residuo $_{fibra}$ = P_2-P_1

Donde:

P_2 = peso en gramos del crisol con celite más fibra.

P_1= peso en gramos del crisol con celite.

Donde:

V_g = volumen gastado para la muestra.

V_{b1}= volumen gastado para el blanco.

Cuando se desecó o desengrasó la muestra, se corrigió el resultado multiplicandolo por el siguiente factor de corrección

III.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los cálculos estadísticos, como las medias y desviaciones estándar se realizaron usando en programa Microsoft Excel 2007 para Windows®. Los gráficos fueron realizados con el programa SigmaPlot Graph.

IV. ENSAYOS PREVIOS A LA ELABORACIÓN

Se pretende la obtención de una confitura de fruta (mezcla gelificada de fruta, azúcar, pectina y ácido cítrico como regulador del pH). Se ha elegido el melocotón como fruta principal por ser la de mayor producción en la Región de Murcia, siendo además la “confitura de melocotón” de las más consumidas por los mercados.

La pectina se ha sustituido por corteza de limón obtenida como subproducto en la industrialización del limón y que constituye el fundamento y objetivo de esta tesis: revalorización del limón elevando un subproducto a la categoría de ingrediente y que lleva implícito un aumento del valor añadido, mejora y protección del medio ambiente y ahorro energético, en definitiva, una transformación más sostenible.

Para los ajustes de acidez y pH se utiliza zumo del propio limón, que unido a lo anterior determina una mejora nutricional del producto obtenido.

En sintonía con la demanda, muy sujeta al trinomio salud-silueta-obesidad, se ha planteado la formulación de 3 productos: Confitura convencional (63% de azúcares), confitura de valor energético reducido (40% de azúcares) y confitura sin azúcar añadido (12-14% de azúcares aportados exclusivamente por los azúcares naturales de los ingredientes).

IV.1. INGREDIENTES.

Esta primera etapa del trabajo experimental consiste en una toma de contacto con los ingredientes disponibles, tomando como base para la formulación y elaboración de las confituras la experiencia industrial adquirida y las tendencias de consumo.

Los ingredientes disponibles son:

1. Pulpa de melocotón (Ref.: envasado aséptico)
2. Azúcar
3. Zumo de limón (Ref.: ZLP 080408)
4. Corteza de limón inicial (corteza bruta)
5. Agua
6. Jarabe de sorbitol
7. Sucralosa
8. Aspartamo
9. Lactato cálcico

IV.1.1. Pulpa de melocotón.

Disponible en bolsas asépticas de 5 Kg refrigeradas. Melocotón variedad Catherine del campo de Cieza (Murcia).

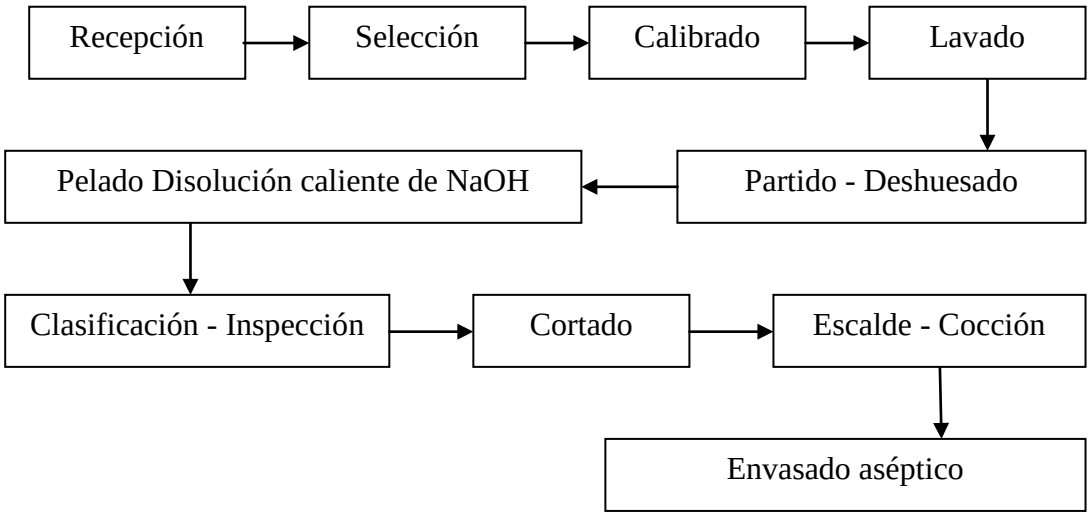

Figura IV.1. Diagrama de flujo preparación pulpa de melocotón.

Abierta la bolsa, los trozos de fruta se someten a una reducción de tamaño pasándola por una picadora con placa perforada de 12 milímetros de diámetro. En la tabla VI.1 se muestra la caracterización físico-química de la pulpa empleada.

Tabla IV.1. Caracterización de la pulpa de melocotón.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	11,60	11,80	11,7	11,7	0,100
pH	3,93	3,86	3,90	3,90	0,035
Acidez (% ácido cítrico)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,000
Textura: Fuerza(g)	214,1	198,1	229,3	213,8	15,60

IV.1.2. Azúcar.

Blanquilla para uso alimentario

IV.1.3. Zumo de limón (Ref.: ZLP 080408).

Procedente de línea de extracción, acabado y clarificado que ha sido sometido a pasterización relámpago y enfriamiento inmediato, mantenido refrigerado hasta su utilización durante un corto periodo de tiempo. Para la caracterización físico-química de este ingrediente se analiza el pH, sólidos solubles, acidez y % de pulpa, cuyos resultados se muestran en la tabla IV.2.

Tabla IV.2. Caracterización del zumo de limón.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	8,9	9,1	9,0	9,0	0,100
pH	2,72	2,75	2,75	2,73	0,017
Acidez (% ácido cítrico)	5,44	5,30	5,57	5,44	0,135
% Pulpa	8,79			8,79	0,000

IV.1.4. Preparación de puré de corteza de limón con tratamiento enzimático (1).

- *Puré de corteza de limón Ref.: 081015(1).*

  No se efectúan lavados con agua de la corteza, solo dilución.

El proceso de elaboración ha consistido en pasar por la cortadora-pulpadora con orificio (4,5 mm) 1586 g de corteza de limón descongelada (CIMUSA 080226) mezclada con 400 g de agua, obteniéndose un peso final de 1856 g (Rto.: 93.45%). El producto obtenido se mezcla con 200 g de agua y 0.185 g de enzima pectinmetilesterasa (DSM, Holanda) durante 90 minutos a temperatura ambiente. El peso final de la mezcla es de 2056 g. A continuación se calienta en microondas en etapas de 3 y 5 minutos hasta alcanzar una temperatura mayor de 90ºC y se deja enfriar. El peso obtenido después de calentar es de 1836 g con un contenido de corteza de limón tratada para su utilización de 72,09%. Por último se congela para su conservación. La caracterización físico-química de la corteza de limón obtenida se muestra en la tabla IV.3.

Tabla IV.3. Caracterización Corteza de Limón (Ref.: 081015)(1).

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	7,0	7,1	7,0	7,03	0,058
PH	3,56	3,61	3,62	3,60	0,032
Acidez (% ácido cítrico)	0,77	0,77	0,83	0,79	0,034
Textura (Fuerza / g)	282,9	313,6	242,4	279,6	35,71
Color	**Máx.**	**Min.**	**Media**	**SD**	
L	63,21	63,11	63,16	0,05	
a*	-2,42	-2,47	-2,45	0,02	
b*	20,57	20,45	20,51	0,06	

- *Cálculos para la determinación del contenido de corteza en el puré de corteza de limón referencia 081015 (1).*

Corteza bruta de limón descongelada (b)	1586 g (79,86%)
Agua añadida	400 g (20,14%)
Peso total	1986 g
Mermas en cortadora	-130 g
Peso después de cortadora	1856 g (1)

Composición de la masa obtenida	
79,86% de Corteza de limón	1482,20 g
20,14 % Agua	373,80 g
Nueva adición de agua	200 g
Peso total nueva mezcla: Peso (1) +agua añadida	2056,00 g (2)

Composición de 2	
Corteza de limón	1482,20 g (72,09 %)
Agua (373,80 +200)	573,80 g (27,91 %)
Mermas calentamiento del puré	-220,0 g
Peso final puré de corteza de limón ((2)-220g)	1836 g (3)
Composición final del puré de corteza de limón(3)	
72,09% de Corteza de limón tratada (t)	1325,57 g
27,91 % Agua	512,43 g
Consumo de corteza bruta (b) de limón en la obtención de corteza tratada (t)	
Rendimiento de transformación de corteza bruta de limón (b) en corteza tratada (t) para su utilización	

(b) Corteza bruta, sin ningún tipo de tratamiento
(t) Corteza tratada, que implica reducción de tamaño, lavada, escurrida y triturada dispuesta para su utilización sola o mezclada con agua.

Ese mismo día se realiza otro puré de corteza (Ref.: *081015(2));* para la preparación del puré se mezclan misma cantidad en peso de corteza de limón (Ref.: *081015(1)*) y de agua y se trituran en una picadora modelo "Thermomix". La caracterización físico-química de este producto se presenta en la tabla IV.4.

Tabla IV.4. Caracterización Corteza de Limón (Ref.: 081015) (2).

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	4,1	4,1	4,0	4,07	0,058
pH	3,65	3,66	3,67	3,66	0,010
Acidez (% ácido cítrico)	0,51	0,45	0,51	0,49	0,035

IV.2 CONFITURA DE MELOCOTÓN DE REDUCIDO CONTENIDO ENERGÉTICO 211008CML40.

A continuación se describe el procedimiento para elaborar las diferentes confituras utilizando corteza de limón Ref.: *081015(1)* o su variación como puré de corteza de limón (2), y los resultados analíticos de los elaborados.

Los ingredientes de esta primera formulación se muestran en la tabla IV.5.

Tabla IV.5. Formulación de la confitura de melocotón de reducido contenido energético 211008CML40.

Producto: Confitura de melocotón	**Código:** 211008CML40		
	ºBrix: 40		
Porcentaje de fruta: 50%	**Formulación (g):** 1000		
INGREDIENTES	**MASA (g)**	**ºBRIX**	**S.S. TOTALES (g)**
Pulpa de melocotón	500,00	11	55,00
Azúcar	329,60	100	329,60
Puré de corteza de limón ref. 081015 (1)	200,00[1]	7	14,00
Zumo de limón ref: ZLP080408	20,00	7	1,40
Agua evaporación	100	-	-
Total	**1149,60**	**-**	**400,00**
-Evaporación	-149,60	-	-
Peso final	**1000,00**	**40**	**400,00**

(*)La corteza de limón se moltura en un mortero antes de la adición al resto de ingredientes.

A la confitura obtenida se le realiza un control físico-químico y los resultados se presentan en la tabla IV.6.

Tabla IV.6. Caracterización físico-química de la confitura 211008CML40.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	42,0	41,9	41,8	41,9	0,100
pH	3,80	3,80	3,81	3,80	0,006
Acidez (% ácido cítrico)	0,45	0,38	0,32	0,38	0,065
Bostwick 60 seg	2,5			2,5	0,000
Sinéresis	0,3			0,3	0,000
Textura: Fuerza (g)	51,02	50,75	49,58	50,45	0,765
Color	**Máx.**	**Min.**	**Media.**		**SD**
L	49,69	48,31	48,86		0,54
a*	0,31	0,12	0,13		0,23
b*	17,91	16,77	17,49		0,62

[1] Contiene 72,09% de corteza (t) de limón: 200 x 0,7209 = 144,18 g de corteza (t)/1000 g de confitura; que supone un consumo de 144,17 x 1,20 = 173,02 g de corteza bruta de limón/1000g de confitura.

A estas muestras se les realiza un test sensorial según el procedimiento descrito por la norma UNE - ISO 4121:2006. “Evaluación de los productos alimentarios por métodos que utilizan escalas”. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla IV.7. Se evalúa cada parámetro del producto teniendo en cuenta la siguiente asociación: 1-Desagradable, 2-Ligeramente desagradable, 3-Ni agradable, ni desagradable, 4-Agradable y 5-Muy agradable.

Tabla IV.7. Resultado del análisis sensorial de la confitura 211008CML40.

	***Media**	**SD**
Valoración global	4,0	0,707
Color	3,6	0,548
Sabor	3,8	1,096
Textura	3,2	1,095
Sinéresis	2,8	0,837
Olor	3,2	0,447

*1-Desagradable, 5-Muy Agradable.

Las conclusiones de esta confitura fueron que tenía demasiado sabor a limón, aparecían bastantes restos de la corteza que aportaban una textura crujiente por el tamaño excesivo de esta, que provoca un aumento del valor de la fuerza (g) medido en texturómetro. En relación al sabor era aceptable.

IV.3 CONFITURA DE MELOCOTÓN DE ALTO CONTENIDO EN AZÚCAR 051108CML63A, 051108CML63B.

Para mejorar la textura y aspecto de la confitura se ha sustituido el puré de la corteza de limón (1) por puré (2), elaborando una confitura según la formulación que se presenta en la tabla IV.8.

(2) El puré de corteza de limón Ref.: *081015(2)* se obtiene mediante trituración de puré Ref.: *081015(1)* y agua a partes iguales, con un contenido de corteza de limón tratada (t) de 36,05%.

Tabla IV.8. Formulación de la confitura de alto contenido en azúcar 051108CML63A.

Producto: Confitura de melocotón	**Código:** 051108CML63A		
	ºBrix: 63		
Porcentaje de fruta: 50%	**Formulación (g):** 1000		
INGREDIENTES	**MASA (g)**	**ºBRIX**	**S.S. TOTALES (g)**
Pulpa de melocotón	500,00	11,6	58,00
Azúcar	559,60	100	559,60
Puré de corteza de limón (Ref.: *081015*) *(2)* 36,05% corteza (t)	200,00[2]	4	8,00
Zumo de limón, re: ZLP080408	120,00	9	10,80
Total	**1379,60**	**-**	**636,40**
-Evaporación	-379,60	-	-
Peso final	**1000,00**	**63,6**	**636,40**

Los resultados del análisis físico-químico se muestran en la tabla IV.9.

Tabla IV.9. Caracterización físico-química de la confitura 051108CML63A.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	66,0	66,1	66,1	66,07	0,058
pH	3,32	3,32	3,33	3,32	0,006
Acidez (% ácido cítrico)	1,41	1,28	1,22	1,30	0,097
Bostwick 60 seg	1,0			1,0	0,000
Sinéresis	0			0	0,000
Textura: Fuerza (g)	68,80	69.53	71.84	70,06	1,59
Color	**Max.**	**Min.**	**Media**		**SD**
L	47,23	46,98	47,12		0,12
a*	2,75	2,58	2,64		0,09
b*	12,36	12,07	12,23		0,14

[2]Contiene 36,05% de corteza (t) de limón: 200,00 x 0,3605 = 72,1 g de corteza (t)/ 1000g de confitura; que supone un consumo de corteza (b) de limón: 72,1 x 1,20 = 86,52 g /1000 g de corteza.

Los resultados del análisis sensorial, mostrados en la tabla IV. 10, indican que en general para todos los parámetros la confitura con 63ºBrix son aceptables aunque se sigue percibiendo restos de corteza de limón. Los sólidos solubles (66 ºBrix) se han desviado del valor pretendido (63 ºBrix) por un mal ajuste del punto final de cocción.

Tabla IV.10. Resultados del análisis sensorial de la confitura 051108CML63A.

	Media	**SD**
Valoración global	3,4	0,548
Color	3,8	0,447
Sabor	3,0	0,707
Textura	3,8	1,095
Sinéresis	3,8	1,095
Olor	3,4	0,548

Se elabora una nueva confitura de 63 ºBrix pero se reduce a la mitad la corteza de limón, para mejorar la formulación anterior y se codifica como 051108CML63B. Los ingredientes de esta nueva formulación se muestran en la tabla IV.11

Tabla IV.11. Formulación de la confitura de alto contenido en azúcar 051108CML63B.

Producto: Confitura de melocotón	**Código:** 051108CML63B		
	ºBrix: 63		
Porcentaje de fruta: 50%	**Formulación (g):** 1000		
INGREDIENTES	**MASA (g)**	**ºBRIX**	**S.S. TOTALES (g)**
Pulpa de melocotón	500,00	11,6	58,00
Azúcar	557,20	100	557,20
Puré de corteza de limón (Ref.: *081015*) 36,1% de corteza (t)	100,00[3]	4	4,00
Zumo de limón ref: ZLP080408	120,00	9	10,80
Total	**1277,20**	**-**	**630,00**
-Evaporación	-277,20	-	-
Peso final	**1000,00**	**63**	**630,00**

[3]Contiene 36,05% de corteza (t) de limón: 100 x 0,3605 = 36,05g de corteza t / 1000g de confitura; que supone un consumo de corteza (b) de limón: 36,05 x 1,20 = 43,26 g/1000g de confitura.

Los resultados del análisis físico-químico se muestran en la tabla IV.12.

Tabla IV.12. Caracterización físico-química de la confitura 051108CML63B.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	64	64	64	64	0,000
pH	3,14	3,14	3,14	3,14	0,000
Acidez (% ácido cítrico)	1,21	1,08	1,02	1,10	0,097
Bostwick 60 seg	4			4	0,000
Sinéresis	0			0	0,000
Textura Fuerza (g)	39,57	47,62	31,57	39,59	8,03
Color	**Max.**	**Min.**	**Media**		**SD**
L	44,22	44,06	44,12		0,08
a*	2,68	2,53	2,59		0,08
b*	6,24	5,79	6,00		0,02

La confitura resulta fluida por poca dosificación de corteza (t).

Los resultados del análisis sensorial se muestran en la tabla IV.13.

Tabla IV.13. Resultados del análisis sensorial de la confitura 051108CML63B.

	***Media**	**SD**
Valoración global	4,0	0,000
Color	4,4	0,584
Sabor	3,6	0,584
Textura	4,4	0,584
Sinéresis	4,2	0,447
Olor	4,0	0,000

*1-Desagradable, 5-Muy Agradable.

La valoración de la textura (entre agradable a muy agradable) ha mejorado a pesar de ser la confitura fluida.

IV.4 CONFITURA DE MELOCOTÓN SIN AZÚCAR AÑADIDO 061108CMLSAA, 171108CMLSAAB.

En esta cuarta formulación se elabora una confitura sin azúcar añadido de acuerdo a la demanda actual de los consumidores de alimentos Light.

En la tabla IV.14 aparece la formulación de la confitura sin azúcar que se ha codificado como 061108CMLSAA.

Tabla IV.14. Formulación de la confitura sin melocotón 061108CMLSAA.

Producto: Confitura de melocotón sin azúcar añadido.	**Código:** 061108CMLSAA		
	ºBrix: 12-14		
Porcentaje de fruta: 60%	**Formulación (g):** 1000		
INGREDIENTES	**MASA (g)**	**ºBRIX**	**S.S. TOTALES (g)**
Pulpa de melocotón	600,00	11,6	69,60
Puré de corteza de limón (Ref.: *081015*) *(2)* 36,05% de corteza (t)	400,00[4]	4	16,00
Jarabe de sorbitol	57,50	70	40,39
Sucralosa	0,40	100	0,40
Aspartamo	1,00	100	1,00
Zumo de limón ref: ZLP080408	20,00	7	1,40
Lactato cálcico	23,00	100	23,00
Agua evaporación	150	-	-
Total	**1251,90**	**-**	**151,79**
-Evaporación	-251,90	-	-
Peso final	**1000,00**	**15,2**	**151,79**

Los resultados del análisis físico-químico se muestran en la tabla IV.15.

[4]Contiene 36,05% de corteza (t) de limón : 400 x 0,3605 = 144,18 g de corteza t/1000g de confitura; supone un consumo de corteza (b) de limón: 144,18 x 120 = 173,02g /1000g de confitura.

Tabla IV.15. Caracterización físico-química de la confitura 061108CMLSAA.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	15	15	15	15	0,000
pH	4,02	4,01	4,01	4,01	0,006
Acidez (% ácido cítrico)	0,64	0,70	0,83	0,72	0,097
Bostwick 60 seg	3,5			3,5	0,000
Sinéresis	0,5			0,5	0,000
Textura: Fuerza (g)	24,47	15,48	14,69	18,21	5,43
Color.	**Max.**	**Min.**	**Media**		**SD**
L	51,33	51,29	51,31		0,02
a*	-0,26	-0,27	-0,27		0,01
b*	30,93	30,82	30,89		0,06

Se obtiene una confitura que no supera los límites de aceptabilidad, tal como demuestran los resultados del análisis sensorial (tabla IV.16), se pierde la textura de confitura y el sabor a melocotón.

Tabla IV.16. Resultados del análisis sensorial de la confitura 061108CMLSAA.

	***Media**	**SD**
Valoración global	2,0	0,707
Color	2,4	0,584
Sabor	2,0	0,707
Textura	2,0	0,707
Sinéresis	2,0	1,225
Olor	3,0	0,000

*1-Desagradable, 5-Muy Agradable.

Debido a los malos resultados obtenidos en la confitura sin azúcar añadido se modifica la formulación de la misma, con el objetivo sobre todo de mejorar la textura y el sabor, a esta nueva confitura se la referencia como 061108CMLSAB y su formulación se describe en la tabla IV.17.

Tabla IV.17. Formulación de la confitura sin azúcar añadido 171108CMLSAAB.

Producto: Confitura de melocotón sin azúcar añadido	**Código:** 171108CMLSAB		
	ºBrix: 12-14		
Porcentaje de fruta: 60%	**Formulación (g):** 1000		
INGREDIENTES	**MASA (g)**	**ºBRIX**	**S.S. TOTALES (g)**
Pulpa de melocotón	600,00	11,6	69,60
Puré de corteza de limón (Ref.: *081015*) *(2)*(*) 36,05% de corteza (t)	200,00[5]	4	8,00
Zumo de limón. Ref: ZLP080408	20,00	7	1,40
Jarabe de sorbitol	57,50	70	40,39
Sucralosa	0,40	100	0,40
Aspartamo	1,00	100	1,00
Lactato cálcico	23,00	100	23,00
Agua evaporación	350	-	-
Total	**1251,90**	**-**	**143,79**
Evaporación	-251,90	-	-
Peso final	**1000,00**	**14,38**	**143,79**

(*) *Se ha formulado con la mitad del puré de corteza de limón que la muestra 061108CMLSAA para ver si mejora el sabor de la confitura ,que en la análisis sensorial ha dado un valor muy bajo.*

Los resultados del análisis físico-químico y sensorial se muestran en las tablas IV.18. y IV.19.

A pesar de los cambios en esta segunda formulación de la confitura sin azúcar añadidos no se ha conseguido la consistencia de esta, tal como demuestran los altos valores de Bostwick y la presencia de sinéresis. Estos resultados se corroboran con los valores obtenidos en el análisis sensorial realizado, en el que ninguno de los parámetros evaluados, consigue una valoración por encima del límite de aceptabilidad de 3.

[5]Contiene 36,05% de corteza (t) de limón: 200 x 0,3605= 72,1 g de corteza t/1000g de confitura; supone un consumo de corteza b de limón: 72,1 x 1,20 = 86,2 /1000g de confitura.

Tabla IV.18. Caracterización físico-química de la confitura 171108CMLSAb.

	Medidas			**Media**	**SD**
Sólidos solubles (ºBrix)	14	14	14	14	0,000
pH	4,18	4,17	4,18	4,18	0,006
Acidez (% ácido cítrico)	0,51	0,64	0,58	0,58	0,065
Bostwick 60 seg	6			6	0,000
Sinéresis	1,5			1,5	0,000
Textura :Fuerza (g)	8,42	10,23	11,00	9,88	1,32
Color	**Max.**	**Min.**	**Media.**		**SD**
L	49,55	49,43	49,50		0,06
a*	0,92	0,90	0,91		0,01
b*	34,90	34,72	34,82		0,09

La textura no es la deseada debido a la falta de corteza (t).

Tabla IV.19. Resultados del análisis sensorial de la confitura 171108CMLSAB.

	***Media**	**SD**
Valoración global	2,0	0,000
Color	2,6	0,894
Sabor	2,0	0,707
Textura	2,0	0,707
Sinéresis	1,2	0,447
Olor	3,0	0,000

*1-Desagradable, 5-Muy Agradable.

Subyace un sabor amargo desagradable de la corteza de limón. Es necesario lavarla para eliminar el amargor. Este sabor amargo se detecta con más intensidad en la confitura sin azúcar añadido.