

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar
por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Determinación de la reducción de sodio en queso Palmito no perceptible para los
consumidores y su efecto sobre el perfil de textura**

Elaborado por:
Melissa Crespo Lobet
Carne: B32145

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Setiembre, 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos
como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por:

Melissa Crespo Llobet

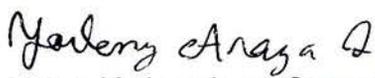
Aprobado por:


Ph.D. Jessie Usaga Barrientos
Presidenta del Tribunal


Lic. Diana Víquez Barrantes
Directora del Proyecto


M.Sc. Marcia Cordero García
Asesora del Proyecto


Ph.D. Marianela Cortés Muñoz
Asesora del Proyecto


M.G.A. Yorleny Araya Quesada
Profesora Designada

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

El presente trabajo final de graduación es de carácter público.

AGRADECIMIENTOS

A todos lo que me ayudaron y fueron apoyo durante este proceso.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR.....	II
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	X
RESUMEN.....	XI
1. Justificación	1
2. Objetivos.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. Marco Teórico.....	3
3.1 Queso Fresco.....	3
3.1.1 Producción en Costa Rica	3
3.1.2 Consumo en Costa Rica.....	4
3.1.3 Composición química y valor nutritivo.....	4
3.2 Queso Palmito.....	5
3.2.1 Proceso de elaboración	6
3.2.1.1 Recibo de la leche.....	6
3.2.1.2 Pasteurización.....	6
3.2.1.3 Inoculación	6
3.2.1.4 Coagulación.....	7
3.2.1.5 Corte	7
3.2.1.6 Acidificación.....	7
3.2.1.7 Desuerado	7
3.2.1.8 Fundido	8
3.2.1.9 Hilado	8
3.2.1.10 Enfriamiento.....	8
3.2.1.11 Almacenamiento.....	8
3.3 Sodio.....	8
3.3.1 Función tecnológica de la sal en el queso	9
3.3.2 Implicaciones en la salud	9
3.3.3 Costa Rica y la ingesta de sal	10
3.3.4 Reducción de sodio.....	10
3.4 Análisis sensorial	11
3.4.1 Umbrales.....	11
3.4.1.1 Prueba de diferencia apenas perceptible (JND)	13
3.4.2 Métodos de diferenciación.....	13
3.4.2.1 Prueba 2-AFC.....	14
3.4.3 Valor d'	14
3.4.4 <i>Primer</i>	15

3.4.5 Prueba de agrado.....	15
3.5 Reología y textura	16
3.5.1 Perfil de textura (TPA).....	16
4. Materiales y Métodos.....	18
4.1 Localización del estudio.....	18
4.2 Materias primas.....	19
4.3 Proceso de elaboración de queso palmito	19
4.3 Pruebas preliminares.....	22
4.3.1 Determinación de la concentración de sodio en queso palmito	22
4.3.2 Determinación de las concentraciones extremo de sal añadida al queso Palmito para la aplicación de la prueba sensorial JND.....	22
4.3.3 Determinación del factor de multiplicación para seleccionar el rango de concentraciones de sal añadida al queso Palmito para la aplicación de la prueba sensorial JND	22
4.4 Pruebas sensoriales.....	22
4.4.1 Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible (JND).....	22
4.4.1.1 Preparación de la muestra.....	23
4.4.1.2 Aplicación de la prueba	23
4.4.1.3 Análisis de resultados.....	24
4.4.2 Prueba de diferenciación 2-AFC	24
4.4.2.1 Preparación de la muestra.....	24
4.4.2.2 Aplicación de la prueba	25
4.4.2.3 Análisis de resultados.....	25
4.4.3 Prueba de agrado.....	26
4.4.3.1 Preparación de la muestra.....	26
4.4.3.2 Aplicación de la prueba	26
4.4.3.3 Análisis de resultados.....	27
4.5. Pruebas reológicas.....	27
4.5.1 Análisis del perfil de textura (TPA).....	27
4.5.1.1 Preparación de la muestra.....	27
4.5.1.2 Aplicación de la prueba	28
4.5.1.3 Análisis de resultados.....	28
5. Resultados y Discusión.....	28
5.1 Prueba preliminar de determinación de la concentración de sodio en queso Palmito	28
5.2. Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible (JND).....	29
5.3 Evaluación sensorial de la reducción del contenido de sodio en queso Palmito mediante la prueba de diferenciación 2AFC	32
5.4 Evaluación sensorial de la reducción del contenido de sodio en queso Palmito mediante la prueba de agrado.....	34
5.5 Efecto de la reducción de sal sobre el perfil de textura de queso Palmito	37
6. Conclusiones	40
7. Recomendaciones	41
8. Bibliografía.....	41
ANEXOS	50
Anexo 1	50

Anexo 2	52
Anexo 3	53
Anexo 4	55
Anexo 5	57
Anexo 6	62
Anexo 7	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva sigmoideal típica de la psicofísica.....	12
Figura 2. Distribuciones de frecuencia de dos estímulos confundibles, ilustrando el d'	15
Figura 3. Curvas típicas de un análisis de perfil de textura	17
Figura 4. Diagrama de proceso para la elaboración de queso Palmito.....	20
Figura 5. Esquema de presentación de las muestras para prueba JND (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración, C= primer)	23
Figura 6. Esquema de presentación de las muestras para prueba de diferenciación (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración, C= primer).....	25
Figura 7. Esquema de presentación de las muestras para prueba de agrado (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración)	26
Figura 8. Escala hedónica lineal de 10 cm utilizada en la prueba	27
Figura 9. Curva obtenida al graficas las 6 concentraciones de sal variable	30
Figura 10. Curva obtenida al graficar 4 concentraciones de sal variable, eliminando las concentraciones extremo	30
Figura 11. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 18,3 % de los panelistas (conglomerado 1)	35
Figura 12. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 32,5 % de los panelistas (conglomerado 2)	35
Figura 13. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 49,2 % de los panelistas (conglomerado 3)	35
Figura A 1. Tabla de Ennis et al. (2014) utilizada para determinar el número de aciertos mínimos en prueba 2AFC.....	50
Figura A 2. Tabla de Ennis et al. (2014) utilizada para determinar el d' en prueba 2AFC	51
Figura A 3. Análisis de textura del queso Palmito, imagen de la prueba.....	52
Figura A 4. Dendograma obtenido mediante el análisis de conglomerados	62
Figura A 5. Esquema estructural de las fibras en queso hilado	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Composición química del queso Palmito	5
Cuadro II. Parámetros del análisis de perfil de textura	18
Cuadro III. Materias primas utilizadas para la elaboración de queso Palmito	19
Cuadro IV. Descripción del proceso de elaboración de queso Palmito	21
Cuadro V. Resultados del contenido de sodio y de sal en queso Palmito obtenidos mediante el método 985.35 AOAC	29
Cuadro VI. Resultados obtenidos para la prueba de diferenciación 2AFC	32
Cuadro VII. Valores promedio de dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad y masticabilidad obtenidos del análisis de perfil de textura	37
Cuadro A I. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba JND	53
Cuadro A II. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba 2AFC	55
Cuadro A III. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general	57

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AFC	Alternative forced choice
ANDEVA	Análisis de varianza
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
Aw	Actividad de agua
cm	Centímetros
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
g	Gramos
h	Horas
Hg	Mercurio
il	Ilustraciones
JND	Umbral de diferencia apenas perceptible
m	Metros
mm	Milímetros
mg	Miligramos
N	Newton
NaCl	Cloruro de sodio
OMS/WHO	Organización Mundial de la Salud
p	Probabilidad
Pág	Páginas
ref	Referencias
T	Temperatura
TPA	Perfil de textura
α	Nivel de significancia
<	Menor que
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados

RESUMEN

Melissa Crespo Llobet.

Determinación de la reducción de sodio en queso Palmito no perceptible para los consumidores y su efecto sobre el perfil de textura.

Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Crespo, M. 2019.

San José, Costa Rica.

168 h; 75 pág; 18 il; 69 refs.

Debido a la alta mortalidad causada por enfermedades cardiovasculares en la población costarricense y a las políticas gubernamentales de reducción de sodio, se propone reducir el contenido de sodio en queso Palmito mediante la metodología de umbral de diferencia apenas perceptible (JND), con el fin de que no sea distinguido por el consumidor un cambio en el sabor salado del queso y que no se afecte el agrado del mismo.

Se aplicó la metodología del JND a 40 panelistas y se obtuvo dos valores, 33 % y 17 %. A dichos valores se les aplicó un factor de seguridad de un 5 % y 2 % respectivamente, para obtener dos quesos reducidos en un 28 y 15 % de sal. Se evaluó la diferencia del sabor salado mediante la prueba 2AFC del queso sin reducir (1,9 % de sal) y los quesos reducidos; para esta prueba los panelistas evaluados fueron discriminantes y encontraron diferencias significativas entre las muestras.

Con el fin de conocer si el queso era del agrado del consumidor, a pesar de percibir la diferencia en el sabor salado, se realizó una prueba de agrado general a 120 panelistas. Los resultados fueron satisfactorios: a un 18,3 % de los panelistas les agradó más los quesos reducidos en sal; a un 32,5 % les agradó todos los quesos por igual y a un 49,2 % les agradó más el queso comercial, pero no se encontraron diferencias significativas entre este y el queso reducido en un 15 %. Se evaluó el efecto de la reducción de sal en queso Palmito mediante el análisis instrumental de perfil de textura (TPA) y se determinó que no hay diferencias significativas entre la elasticidad, adhesividad, cohesividad, y masticabilidad del queso sin reducción y los dos quesos reducidos ($p < 0,05$).

QUESO; QUESO PALMITO; REDUCCIÓN DE SODIO; SAL; CLORURO DE SODIO;
JND; 2AFC; TPA.

Diana Víquez Barrantes, Directora de la investigación.
Escuela de Tecnología de Alimentos.

1. Justificación

La sal es la principal fuente de ingesta de sodio para los humanos, 1 g de sal contiene 0,4 g de sodio (Cruz *et al.*, 2011). Su ingesta se deriva principalmente de alimentos procesados industrialmente y alimentos ofrecidos por los restaurantes; esto se debe a que la sal es un ingrediente barato y mejora el sabor de los productos, por lo que se usa inclusive en alimentos que en su naturaleza no son fuente de sodio (Henney *et al.*, 2010).

El problema actual es que el consumo de sodio se ha visto asociado principalmente con un aumento de la presión arterial (hipertensión) (Ganesan *et al.*, 2014), así como interferencia en la biodisponibilidad de calcio, cuya deficiencia puede llegar a generar osteoporosis (Ramírez *et al.*, 2017). La hipertensión es un factor de riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares (Cruz *et al.*, 2011), las cuales constituyen la principal causa de muerte en el mundo y en Costa Rica (Ministerio de Salud, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), tomaron la iniciativa de promover la reducción en el consumo de sodio. Costa Rica se unió al movimiento y desarrolló el “Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021”. El principal reto, en nuestro país, es que se consume más del doble de sal de la recomendada; la OMS recomienda un consumo máximo de 5 g diarios/persona de sal (Ferrão *et al.*, 2016) y la población costarricense consume 11,5 g diarios/persona de sal (Ministerio de Salud, 2018).

La industria alimentaria desempeña un papel importante en brindar a la población alimentos saludables que no tengan un efecto negativo en la salud. Debido a la creación de políticas de salud pública destinadas a reducir la ingesta de sodio, tanto a nivel nacional como mundial (Cruz *et al.*, 2011), es importante desarrollar alternativas para que se pueda reducir la contribución de sal en los alimentos sin afectar el consumo de los mismos.

La reformulación es una técnica que se basa en cambiar la composición de un producto, donde al limitar la adición de algún nutriente se puede obtener un alimento más

saludable y que contribuya a la prevención de enfermedades de los consumidores (Kloss *et al.*, 2015). En años anteriores, se han realizado análisis para reducir el sodio en alimentos, en estos se usa la estrategia de evaluar concentraciones intermedias entre el mínimo de sal (0%) y el máximo establecido en el alimento (Cluff *et al.*, 2017); otros se basan en hacer reducciones graduales para buscar una reducción ideal (Girgis *et al.*, 2003).

Las estrategias anteriores no toman en cuenta como percibe el consumidor la magnitud de los cambios del estímulo salado. Para abordar esto, se utiliza el método de umbral de diferencia apenas perceptible (JND); con este se determina el cambio requerido de un estímulo para producir una diferencia detectable (Clark *et al.*, 2009) y así encontrar el máximo porcentaje en que se pueda reducir el sodio sin que sea perceptible por el consumidor.

Mundialmente el consumo de queso aumentó (Cruz *et al.*, 2011) y en Costa Rica constituye una cifra importante; se reporta entre el año 1995 y 2004 que el 35 % del consumo per cápita de productos lácteos corresponde a queso (MAG, s.f.). El queso Turrialba, Palmito y Bagaces son los principalmente producidos (Ramírez *et al.*, 2011). Uno de los principales desafíos que enfrenta la producción de queso con contenido reducido de sodio es la falta de disponibilidad de estudios que evalúen a gran escala la aceptación de este tipo de productos por parte del consumidor (Johnson *et al.*, 2009).

Industrias de Estados Unidos y la Unión Europea ya se han comprometido con la reducción de sal de sus productos (Kloss *et al.*, 2015; Henney *et al.*, 2010) y es importante que la industria alimentaria costarricense sea partícipe del “Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021”. La presente investigación busca la reducción mayor que se pueda aplicar para queso Palmito a partir de la determinación del JND y brindar información adecuada al sector lácteo costarricense para desarrollar queso Palmito reducido en sodio, que le permita poner a disposición del consumidor productos que sean más beneficiosos para su salud sin que la calidad del mismo se vea comprometida.

2. Objetivos

2.1 General

2.1.1 Determinar el grado de reducción de cloruro de sodio en queso Palmito a partir de los resultados obtenidos en pruebas sensoriales y el perfil de textura, brindando a la industria información adecuada para el desarrollo de este producto.

2.2 Específicos

2.2.1 Determinar el grado de reducción de cloruro de sodio en queso Palmito mediante la prueba de umbral de diferencia apenas perceptible (JND).

2.2.2 Evaluar sensorialmente la reducción del contenido de sodio en queso Palmito mediante un panel con consumidores.

2.2.3 Analizar el efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre el perfil de textura de queso Palmito con diferentes concentraciones de sal.

3. Marco Teórico

3.1 Queso Fresco

El queso es el producto semiduro o duro obtenido a partir de la coagulación total o parcial de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de esta, el cual posee una proporción de proteína de suero y caseína menor al de la leche (FAO/WHO, 1978). Se denomina como queso fresco cuando es destinado al consumo tiempo después de su elaboración (FAO/WHO, 2001) y presenta de un 54 - 69 % de humedad sin materia grasa (FAO/WHO, 1978). Este tipo de queso conlleva una maduración mínima o ninguna y tiene una vida útil corta por lo que debe almacenarse en refrigeración (Walstra *et.al.*, 2006).

3.1.1 Producción en Costa Rica

En Costa Rica la producción total de leche para el 2016 fue de 1,135 millones de litros de leche (Madriz, 2017). De dicha producción se destina un 60 % para el sector formal y un 40 % para el sector informal, de este último un 32,5 % corresponde a la leche destinada a la producción de quesos (Ramírez *et al.*, 2011). Del total de productos lácteos

elaborados en el país, un 18 % corresponde a quesos, superado únicamente por la producción de leche fluida que abarca un 62 % (Madriz, 2017).

La industria quesera del país, se caracteriza por la elaboración de quesos de manera artesanal (Viquez, 2012), donde predominan el queso Turrialba, Bagaces y Palmito (Ramírez *et al.*, 2011). Este sector quesero artesanal elabora quesos mediante procesos principalmente manuales, produciendo un máximo de 1000 litros de leche al día. Se ubica principalmente en Turrialba, Zarcero, San Carlos, Guanacaste, San Isidro del General y la zona del Atlántico y (Viquez, 2012).

3.1.2 Consumo en Costa Rica

En Costa Rica, el consumo de productos lácteos constituye una cifra importante, 217,11 kg per cápita para el año 2016 (Proleche, 2017). El Ministerio de Agricultura y Ganadería señala que entre los años 1995 y 2004, un 35 % del consumo total de lácteos correspondió al consumo de queso, por encima de la leche con un 27,5 % (MAG, s.f.).

Ramírez *et al.* (2011) indica que el consumo per cápita de queso es de 8,4 kg/persona/año, donde un 95 % corresponde a consumo de queso fresco y el 5 % restante a queso maduro.

3.1.3 Composición química y valor nutritivo

La leche y los productos lácteos juegan un papel importante en la nutrición humana, especialmente en países en vía de desarrollo o países con desnutrición infantil, donde tienen una dieta pobre en alimentos de origen animal (FAO, 2013). Dicha distinción de la leche se debe a que aporta prácticamente todos los nutrientes necesarios en la dieta, contiene agua mayoritariamente, proteína, carbohidratos, grasa, minerales y vitaminas (Belitz *et al.*, 2009).

El queso se considera un producto con un contenido nutricional importante. Al obtenerse mediante la remoción de suero, contiene gran parte de la caseína (proteína mayoritaria de la leche) y de la grasa de la leche de manera concentrada (Walstra *et al.*, 2006). Las caseínas son una buena fuente de energía en la dieta humana, además proveen gran cantidad de aminoácidos esenciales, fosfato y calcio; este último se encuentra de manera concentrada, por lo que el queso es una buena fuente de calcio el cual ayuda a prevenir la osteoporosis (Kwak *et al.*, 2011).

En el queso se encuentran grasas beneficiosas como el ácido linoléico conjugado, al cual se le atribuyen propiedades anticancerígenas, antitrombóticas, entre otras. Las vitaminas mayoritarias son las solubles en grasa, entre estas resalta la vitamina A. Las vitaminas solubles en agua se pierden durante el desuerado del queso, sin embargo se ha observado retención de cantidades de niacina, folato y vitamina B₁₂ (Kwak *et al.*, 2011). Hay que tomar en cuenta que el perfil nutricional de un queso depende del perfil que presente la leche y otras variables como el tipo de cultivo iniciador, la maduración, entre otras (FAO, 2013).

3.2 Queso Palmito

El queso Palmito es originario de Zarcero, en Alajuela. Presenta color blanco o amarillo leve, sabor ácido y salado. En Costa Rica, su producción se lleva a cabo principalmente de manera artesanal en zonas de Zarcero y San Carlos (Ramírez *et al.*, 2011).

Se clasifica dentro de los quesos de pasta hilada (Ramírez *et al.*, 2011). La elaboración de estos consiste en calentar la cuajada hasta un valor de pH adecuado, someter a desuerado y a una etapa de amasado que permita formar un masa moldeable hilada; en caliente se moldea y se reafirma mediante enfriamiento (Castro, 2014; FAO, 2013).

A continuación se presenta la composición química promedio del queso Palmito.

Cuadro I. Composición química del queso Palmito

Característica	Valor promedio (%)
Humedad	46 - 58
Grasa	16 - 24
Proteína	17 - 21
Sal	1,5 - 2,3

Fuente: Ramírez *et al.* (2011).

3.2.1 Proceso de elaboración

A continuación, se detallan las principales etapas para la elaboración de queso Palmito.

3.2.1.1 Recibo de la leche

La calidad de la leche como materia prima es crucial para obtener un queso que cumpla con los estándares de calidad e inocuidad (McMahon & Brym, 2008). En Costa Rica, el Reglamento Técnico: RTCR: 401-2006. Leche cruda y Leche Higienizada determina los parámetro de control fisicoquímicos y microbiológicos que debe presentar la leche para asegurar su calidad.

3.2.1.2 Pasteurización

La pasteurización es un tratamiento térmico que tiene como principal objetivo la inactivación de enzimas y la reducción de microorganismos patógenos hasta un nivel donde no constituyan un peligro significativo para la salud (Britz & Robinson, 2008).

En la leche, el tratamiento térmico debe ser tal que permita la reducción de 5 logaritmos de la bacteria no esporulada *Coxiella burnettii*, que es el microorganismo patógeno más resistente al calor que se presenta en leche de vaca. Las condiciones de dicho tratamiento térmico son de 72 °C por 15 s si se trata de una pasteurización continua o de 63 °C por 30 min si se trata de una pasteurización por lotes (Britz & Robinson, 2008).

3.2.1.3 Inoculación

La leche se inocula directamente con un cultivo liofilizado de *Streptococcus thermophilus* que permite la acidificación de la cuajada mediante la fermentación de la lactosa (Walstra *et al.*, 2006). Este microorganismo es comúnmente utilizado como cultivo iniciador en la elaboración de quesos de pasta hilada, su funcionalidad tecnológica es sintetizar ácido láctico para desmineralizar la cuajada y permitir el hilado de la masa (De Angelis & Gobbetti, 2016).

3.2.1.4 Coagulación

Para la coagulación de la leche se adiciona la enzima quimosina. Esta es una enzima proteasa la cual reacciona hidrolizando la caseína y desestabilizando sus micelas, provocando así un agregado en forma de gel. La quimosina hidroliza directamente la κ -caseína, produciendo para- κ -caseína, esta última ya no se disuelve ni dispersa en el suero de la leche (Troch *et al.*, 2017; Walstra *et al.*, 2006).

Luego de la hidrólisis y por una disminución de la repulsión estérica entre las micelas, se da la agregación, esta inicia cuando aproximadamente un 70 % de las κ -caseínas han sido hidrolizadas. Las fuerzas de atracción de van der Waals son las responsables de la agregación de la para- κ -caseína, sin embargo no es suficiente, por lo que se agrega cloruro de calcio como coadyudante (Troch *et al.*, 2017; Walstra *et al.*, 2006).

El Ca^{+2} ayuda a disminuir la repulsión electrostática entre las micelas de para- κ -caseína y a formar enlaces salinos entre ellas, por lo que facilita y disminuye el tiempo de coagulación. El gel formado contiene en su interior al suero y glóbulos grasos (Walstra *et al.*, 2006).

3.2.1.5 Corte

El gel formado es propenso a la sinéresis o liberación del suero; al cortar la cuajada se facilita la sinéresis (Walstra *et al.*, 2006).

3.2.1.6 Acidificación

El pH disminuye en la cuajada al darse la fermentación de la lactosa para formar ácido láctico por acción del cultivo iniciador. El pH final en esta etapa debe ser de 5,3 - 5,2 para que se pueda dar el hilado del queso; si el pH es mayor a 5,4 la masa resultante es muy dura y si es menor a 5,1 tiende a desmoronarse (Walstra *et al.*, 2006).

3.2.1.7 Desuerado

El suero representa de un 10 - 30 % del volumen original de la leche, este se elimina para retener únicamente la cuajada. Entre menos suero quede retenido, más

firme, seco y duradero será el queso. Con el suero se eliminan vitaminas y minerales solubles en este, proteínas del mismo y lactosa (Walstra *et al.*, 2006).

3.2.1.8 Fundido

Se le agrega a la cuajada agua caliente (80 - 85 °C) y se le aplica trabajo mecánico para formar una masa suave y elástica. Esta etapa es crítica para obtener la textura hilada y la elasticidad característica de este tipo de queso. En esta etapa también se inactiva el cultivo (McSweeney *et al.*, 2017; McMahon & Brym, 2008; Walstra *et al.*, 2006).

3.2.1.9 Hilado

Se extiende la masa, las proteínas y la grasa se orientan a lo largo de la dirección de estiramiento; se moldea en la forma deseada (McMahon & Brym, 2008; Ak & Gunasekaran, 1997). En esta etapa se adiciona sal en la superficie de la masa extendida previo a ser arrollado.

3.2.1.10 Enfriamiento

Las bolas de queso Palmito se empaquetan en bolsa de plástico y son enfriadas en baño de agua fría para que no pierdan su forma (Ramírez *et al.*, 2011; McMahon & Brym, 2008).

3.2.1.11 Almacenamiento

El queso es refrigerado para su conservación durante el almacenamiento (Ramírez *et al.*, 2011).

3.3 Sodio

La sal (NaCl) está compuesta por 40 % sodio y 60 % cloruro. Es fuente del 90 % de sodio que se ingiere en la dieta (Kloss *et al.*, 2015) y es la principal fuente de sodio en queso (El-Bakry, 2012). El 75 % de la ingesta total de sodio por parte de una persona, se debe a alimentos procesados, 5 % a la sal añadida durante la cocción y 6 % a la sal

añadida a la hora de consumir el alimento (Henney *et al.*, 2010). Farkye & Guinee (2017) mencionan que el queso aporta un 7 % de la ingesta de sal. En Estados Unidos de América, los productos lácteos contribuyen en un 11 % a la ingesta total de sodio (Cruz *et al.*, 2011).

3.3.1 Función tecnológica de la sal en el queso

La sal juega un papel importante porque cumple con diferentes funciones en el queso; además, determina su calidad y aceptación por parte del consumidor (Ramírez *et al.*, 2017).

Dentro de las funciones principales de la sal, se encuentra los efectos sobre el sabor. El sabor salado es un atributo característico de los quesos, y los quesos con contenido bajo de sal tienden a tener menor aceptación por parte del consumidor debido a que presentan un sabor insípido. Sensorialmente, la sal suprime sabores amargos y mejora el sabor general del producto, además es potenciador de otros componentes presentes en el alimento (El-Bakry, 2012; Ramírez *et al.*, 2017).

Funciona también como conservante porque disminuye la actividad de agua (A_w), previniendo así el crecimiento de microorganismos indeseados. Causa un aumento en la presión osmótica en la fase acuosa del alimento, provocando la deshidratación de bacterias, eliminándolas y previniendo su crecimiento, así como inhibiendo su actividad enzimática (El-Bakry, 2012; Ramírez *et al.*, 2017; Johnson *et al.*, 2009).

Respecto a las propiedades reológicas, la sal proporciona firmeza y dureza al producto, brindando una textura más firme al provocar la salida de agua (Guinee, 2004; Henney *et al.*, 2010).

3.3.2 Implicaciones en la salud

En el cuerpo humano, el sodio es necesario para mantener el volumen del plasma, el equilibrio homeostático celular, la transmisión de impulsos nerviosos, entre otras funciones. La mayoría de los alimentos consumidos, sean procesados o preparados en casa, son una fuente de sodio ya sea de forma natural o adicionada (Henney *et al.*, 2010, 2017; Farquhar *et al.*, 2015).

El consumo de sodio en exceso tiene un principal efecto sobre el aumento de la presión sanguínea (hipertensión), factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares, así

como de efectos adversos en diferentes órganos como corazón, riñón y cerebro (Farquhar *et al.*, 2015).

En comparación con dietas altas en ácidos grasos trans, bajas en ácidos grasos insaturados o bajas en frutas y verduras, dietas altas en sodio, están asociadas con mayor cantidad de muertes que cualquiera de las anteriores (Henney *et al.*, 2010). Se estima que, al disminuir la cantidad de sodio consumida a la ingesta recomendada por la OMS (5 g diarios/persona de sal), se daría una disminución del 23 % de los accidentes cerebrovasculares y del 17 % de las enfermedades cardiovasculares, previniendo así aproximadamente 4 millones de muertes anuales en el mundo (Kloss *et al.*, 2015).

La OMS y otras organizaciones, han vinculado directamente el consumo de sodio con enfermedades cardiovasculares, por lo que la reducción de este es uno de los objetivos principales de las políticas de salud alrededor del mundo (Ferrão *et al.*, 2016).

3.3.3 Costa Rica y la ingesta de sal

Las enfermedades cardiovasculares, en Costa Rica y a nivel mundial, constituyen la principal causa de muerte (Ministerio de Salud, 2011). Los costarricenses consumen más del doble de sal de la recomendada; la OMS recomienda un consumo máximo de 5 g diarios/persona de sal (Ferrão *et al.*, 2016) y la población costarricense consume 11,5 g diarios/persona de sal (Ministerio de Salud, 2018).

La OMS y FAO tomaron la iniciativa de promover la reducción en el consumo de sodio. Costa Rica se unió al movimiento y desarrolló el “Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021”.

Dicho plan tiene como objetivo “contribuir a la disminución de la mortalidad atribuible a hipertensión arterial y enfermedad cardiovascular en Costa Rica, mediante la reducción de sal en los alimentos que consume la población nacional, para alcanzar progresivamente la recomendación de la OMS (5 g sal ó 2 g sodio/persona/día)” (Ministerio de Salud, 2011).

3.3.4 Reducción de sodio

El Ministerio de Salud (2011) basa la reducción de sal en la reformulación de alimentos, concientización del consumidor y cambios ambientales. Menciona que la industria alimentaria desempeña un papel importante para suministrar productos

saludables, por lo que iniciativas de reducción de sodio pueden ayudar a mejorar la salud del consumidor.

La reformulación de alimentos es la acción de cambiar la composición de un alimento procesado para obtener un producto más saludable (Kloss *et al.*, 2015). La industria alimentaria tiene como reto mantener la aceptación, calidad e inocuidad del producto mientras se reduce el sodio (Henney *et al.*, 2010).

Existe evidencia de que la preferencia por la sal es maleable. La adaptación a una menor ingesta de sodio se puede dar gradualmente (Henney *et al.*, 2010), ya que los receptores del sabor pueden adaptarse a bajas concentraciones de sal (Kloss *et al.*, 2015). Por lo tanto, es posible hacer reducciones graduales a través de los años y llegar a reducir de esta forma el consumo de sodio sin que el consumidor lo perciba (Henney *et al.*, 2010).

Otras estrategias recomendadas para reducir el contenido de sodio en alimentos son la sustitución por otras sales de cloruro, adicionar potenciadores del sabor como glutamato monosódico, agregar cloruro de sodio en otra forma física o tamaño de partícula, reducir la sal basado en la evaluación sensorial, entre otras (Inguglia *et al.*, 2016).

3.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial es una disciplina que proporciona información sobre la calidad de los alimentos y expectativas de aceptación por parte del consumidor. Mediante este se analizan, miden e interpretan reacciones por parte de los consumidores hacia diversas características de los alimentos. Se utiliza principalmente para introducir un alimento al mercado, control de calidad o cuando se quiere cambiar algún aspecto del mismo (Liria, 2007).

3.4.1 Umbrales

Se define como umbral el valor a partir del cual se comienzan a percibir los efectos de un estímulo. Se establecen cuatro tipos: umbral de detección es la cantidad mínima de estímulo requerida para detectar una sensación; umbral de reconocimiento es la cantidad mínima de estímulo requerida para identificar una sensación; umbral terminal es la cantidad de estímulo en la cual ya no hay un cambio en la intensidad de la sensación y

umbral de diferencia se define como la cantidad mínima de estímulo requerida para producir una diferencia perceptible de una sensación (Espinosa, 2007).

Los umbrales se utilizan para estudiar los mecanismos de percepción del sabor. Los valores que brindan no son absolutos, sino que varían según el producto a analizar y el estado de salud, hábitos alimenticios, costumbres, entre otros factores de los panelistas a los que se les aplique la prueba (Espinosa, 2007).

La psicofísica estudia la relación entre un estímulo y el sistema sensorial humano. Para explicar como se percibe la intensidad de un estímulo se utiliza la curva psicofísica, que tiene aplicación en la metodología de umbrales. En esta curva se observa que la intensidad percibida de un estímulo aumenta con el aumento del estímulo mismo, sin embargo el aumento no es constante en toda la curva (Meilgaard *et al.*, 1991; Taylor & Roberts, 2004).

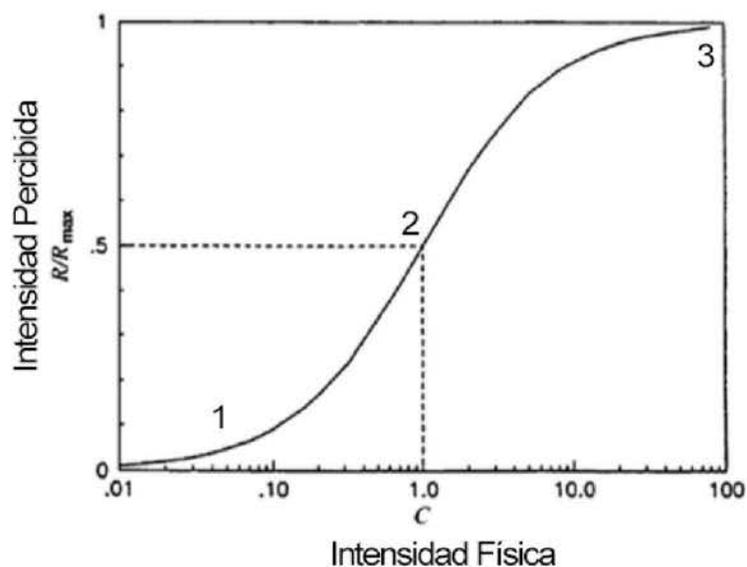


Figura 1. Curva sigmoideal típica de la psicofísica

Fuente: adaptado de Taylor & Roberts (2004) y Meilgaard *et al.* (1991).

En la curva se presentan tres segmentos: inicialmente la zona expansiva (1) donde a bajas concentraciones del estímulo se da un aumento exponencial de la intensidad percibida, seguidamente la zona donde el aumento se da de manera lineal (2) y por último la zona comprensiva (3), donde los receptores del gusto se encuentran saturados y la

zona se aplana. Lo anterior se puede explicar a partir de La Ley de Weber la cual indica que la cantidad de estímulo que es detectable depende de la cantidad que ya se encuentra presente; esto explicaría que a mayor cantidad presente, mayor debe ser el estímulo añadido para que sea detectable (Meilgaard *et al.*, 1991; Taylor & Roberts, 2004).

3.4.1.1 Prueba de diferencia apenas perceptible (JND)

JND es la diferencia mínima (cantidad de cambio) que puede ser detectada entre dos estímulos. Esta prueba que se basa en el umbral de diferencia se considera uno de los enfoques sensoriales para la reducción de sal en los alimentos (Henney *et al.*, 2010).

El cambio en el estímulo se determina a partir de una concentración base del mismo (estímulo constante). El estímulo constante es considerado como uno de los métodos psicofísicos más sensibles (McBride, 1983). Para su determinación el estímulo constante se compara con un estímulo variable en cantidades inferiores y mayores al constante (Rodríguez, 2017). La cantidad de estímulo que debe aumentarse o disminuirse para que el cambio sea detectado aumenta a medida que aumenta la concentración base del mismo (Clark *et al.*, 2009).

3.4.2 Métodos de diferenciación

Las pruebas de diferenciación se basan, en su mayoría, en la comparación de dos productos para determinar si existen diferencias entre ellos, donde estas diferencias deben ser pequeñas (O'Mahony, 1995; Rogers, 2017). Se pueden utilizar como una herramienta para desarrollar productos, evaluar el efecto del cambio de un ingrediente, estudios de almacenamiento, entre otros (Xia *et al.*, 2015).

Las pruebas de diferenciación se clasifican en 2: pruebas direccionadas y no direccionadas. Las pruebas direccionadas se realizan cuando se tiene un atributo específico a evaluar; estas presentan una mejor eficiencia para detectar diferencias pequeñas que las no direccionadas (Rousseau, 2004; Rogers, 2017). Las pruebas no direccionadas buscan establecer si hay diferencia, independientemente de la razón por la que esta se genere (Olivas *et al.*, 2009).

El modelo de Thurstone explica la forma en que el cerebro humano procesa la información que recibe según la prueba aplicada. Las pruebas de diferenciación no tienen

la misma sensibilidad y bajo dicho modelo se puede establecer que las pruebas direccionadas son más sensibles y resultan estadísticamente más potentes, lo anterior debido a que utilizan la estrategia cognitiva de descremado (Angulo & O'Mahony, 2009; O'Mahony, 2002).

En la estrategia de descremado el panelista busca el estímulo de mayor intensidad y lo elimina, resultado más eficiente que la estrategia cognitiva de comparación de distancias, en la cual se realiza una comparación de las distancias que hay entre la intensidad de los estímulos para determinar la diferencia (Angulo & O'Mahony, 2009).

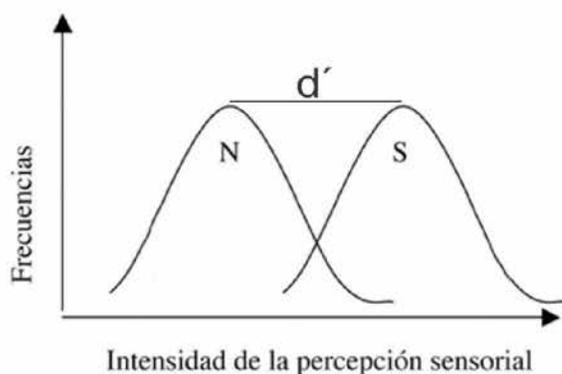
3.4.2.1 Prueba 2-AFC

2-AFC es una prueba direccionada en la que se presenta dos muestras, con el fin de hacer una comparación entre ellas bajo la indicación del atributo, sin necesidad de calificar la magnitud de la diferencia. Existen otras versiones de la prueba, en las que se utiliza una mayor cantidad de muestras (n-AFC), sin embargo aumentar el número de muestras puede resultar contraproducente al potenciar los efectos de fatiga sensorial y de memoria, generando una menor sensibilidad de la prueba (Yang & Ng, 2017; Rogers, 2017; Xia *et al.*, 2015; Ennis & Jesionka, 2011).

La prueba 3-AFC es un poco más potente que 2-AFC (O'Mahony, 2002). Sin embargo, 2-AFC es normalmente escogido sobre 3-AFC porque es una prueba más simple, se dice que es más popular, tiene una rápida aceptación en el mundo sensorial y para encontrar el mismo nivel de diferencia (d') requiere una cantidad similar de panelistas. A su vez, requiere menor cantidad de muestras, gracias a esto se ve disminuida la variabilidad por el efecto de memoria, por lo que se dice que es más discriminatoria (McClure, 2008; Angulo & O'Mahony, 2009).

3.4.3 Valor d'

El parámetro d' o δ es el índice Thurstoniano de grado de diferencia y es una medida del tamaño de la diferencia que hay entre muestras. Dicha medida depende de la naturaleza del producto y de la sensibilidad de los panelistas (Rogers, 2017; Angulo & O'Mahony, 2009).



Fuente: adaptado de Angulo & O'Mahony (2009).

Entre más separadas se encuentren las distribuciones normales de los estímulos, más fácil será diferenciar las muestras; es decir, cuanto más grande sea el valor de d' mayor será el grado de diferencia perceptible entre ellas. Al valor $d'= 1$ se le considera como el valor de umbral en la psicofísica donde apenas hay una diferencia perceptible entre 2 estímulos (Angulo & O'Mahony, 2009; O'Mahony & Rousseau, 2002).

3.4.4 Primer

El *primer* o iniciador es una muestra del mismo alimento a evaluar. Debe ser probada por el panelista antes de iniciar la prueba y sin poner atención a la misma. Su objetivo es preparar la boca con el fin de evitar la variación en la percepción de la primera muestra debido a los efectos de adaptación que se pueden dar al probar esta luego de realizar un enjuague con agua (Xia *et al.*, 2015).

3.4.5 Prueba de agrado

La prueba de agrado se basa en conocer si un producto es aceptado o no por los consumidores. Para este tipo de prueba no se requieren panelistas entrenados, sino consumidores potenciales de los productos a analizar; Espinosa (2007) recomienda realizar el método a una cantidad entre 100 y 150 panelistas. La prueba de agrado se puede utilizar como una herramienta para predecir el comportamiento de la población,

desarrollar productos, evaluar cambios en la formulación, inferir sobre la venta de un alimento, entre otros (Espinosa, 2007; Watts *et al.*, 1992).

Para el desarrollo de la misma, se pueden utilizar escalas hedónicas que permiten medir cuánto agrada una muestra. Las escalas de intervalo son usualmente utilizadas en estas pruebas y permiten evaluar y ordenar las muestras de acuerdo a la aceptabilidad; la escala lineal y de categoría son dos tipos de estas. La escala lineal es constituida por una línea de una longitud determinada. La escala categorizada normalmente presenta las etiquetas “me gusta muchísimo” y “disgusta muchísimo” en extremos contrarios, pasando por “no me gusta ni me disgusta” en el centro de la escala (Espinosa, 2007; Watts *et al.*, 1992).

3.5 Reología y textura

Ramírez & Vélez (2012) definen la reología como el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados. El comportamiento reológico de un alimento se asocia con su textura.

La textura es una propiedad sensorial, se utiliza en la industria alimentaria para evaluar calidad, principalmente (Torres *et al.*, 2015). Se puede medir mediante herramientas sensoriales o instrumentales, estas últimas fueron creadas con el objetivo de simplificar las mediciones y reemplazar los paneles sensoriales, tomando en cuenta que los atributos que brinda el análisis instrumental deben tener correlación con el análisis de textura sensorial (Lawless & Heymann, 2010).

En queso la textura se define por una combinación de propiedades fisicoquímicas como tamaño, forma, naturaleza, humedad y estructura; su percepción se da por la combinación de atributos percibidos en diferentes momentos de la masticación. Reducciones de sal pueden afectar la textura del queso, la cual es una característica que junto con el sabor determinan la calidad y por ende el consumo del mismo (McSweeney *et al.*, 2017; Kloss *et al.*, 2015; El-Bakry *et al.*, 2012).

3.5.1 Perfil de textura (TPA)

El análisis de TPA es uno de los métodos instrumentales más utilizados para determinar la textura de los alimentos. Este se basa en imitar las condiciones a las que se

somete un alimento al ser masticado. El análisis brinda 2 curvas que corresponden cada una a una simulación del esfuerzo que realiza la mandíbula al realizar un mordisco (Torres *et al.*, 2015).

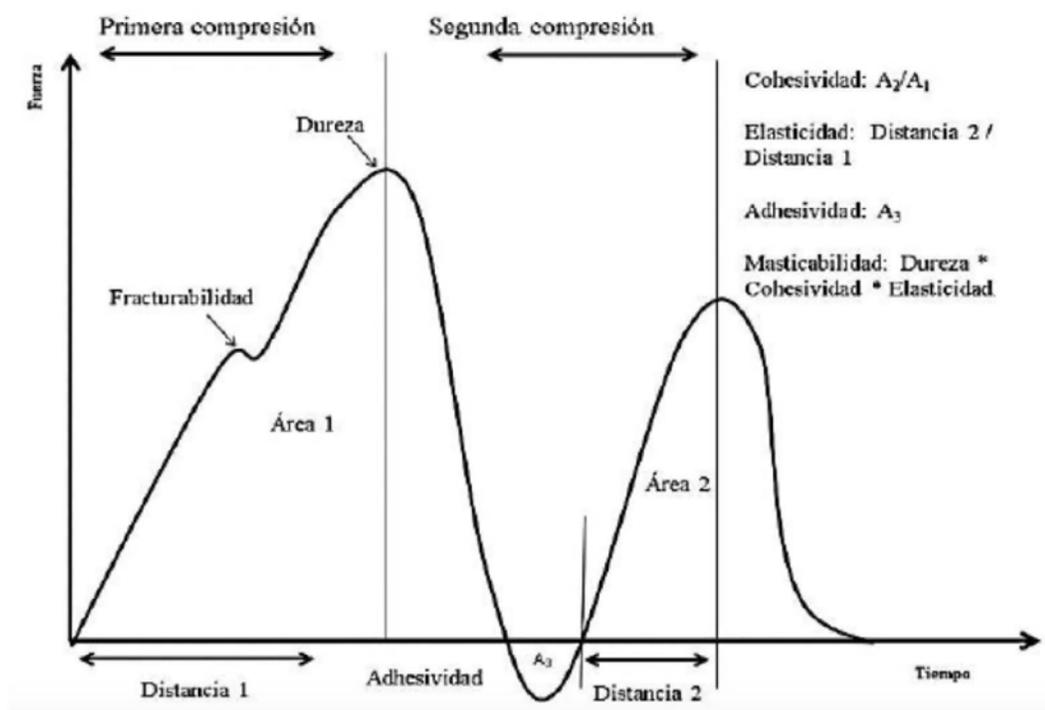


Figura 3. Curvas típicas de un análisis de perfil de textura

Fuente: Torres *et al.* (2015).

Mediante el análisis de la curva se pueden obtener diferentes parámetros (Torres *et al.*, 2015). A continuación se describen en términos generales los parámetros a estudiar.

Cuadro II. Parámetros del análisis de perfil de textura

Parámetro	Definición
Elasticidad	Capacidad de recuperar la forma inicial luego de una deformación.
Dureza	Fuerza necesaria para lograr una determinada deformación.
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre una superficie y la muestra.
Cohesividad	Resistencia a una segunda deformación.
Masticabilidad	Fuerza necesaria para masticar un alimento sólido.

Fuente: Torres *et al.* (2015).

4. Materiales y Métodos

4.1 Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en la Universidad de Costa Rica, sede Rodrigo Facio. La elaboración de queso Palmito se realizó en la Planta Piloto del CITA. Las pruebas sensoriales y de textura se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial y Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos, respectivamente.

4.2 Materias primas

Cuadro III. Materias primas utilizadas para la elaboración de queso Palmito

Materia prima	Descripción
Leche	Es la materia prima principal para la elaboración del queso. Se utilizó leche de la empresa Agropecuaria del Altísimo S.A. ubicada en El Carmen de Guadalupe. La leche se almacenó en refrigeración después del ordeño y se procesó en un tiempo aproximado de 24 h después.
Coagulante líquido CHY-MAX® Extra, marca CHR Hansen	Coagulante enzimático de quimosina producida por fermentación.
Cultivo iniciador termófilo liofilizado STI-14, marca CHR Hansen	Cultivo de <i>Streptococcus thermophilus</i> . De inoculación directa en la leche que permite la acidificación de la cuajada mediante la fermentación de la lactosa.
Cloruro de calcio granulado de grado alimenticio, proveedor ASEAL	Coadyudante para la coagulación de la leche.
Sal, marca Sal Sol	Sal refinada fluorada y yodada.

4.3 Proceso de elaboración de queso palmito

A continuación se presenta el proceso a seguir para la elaboración de queso Palmito y la descripción respectiva de cada etapa.

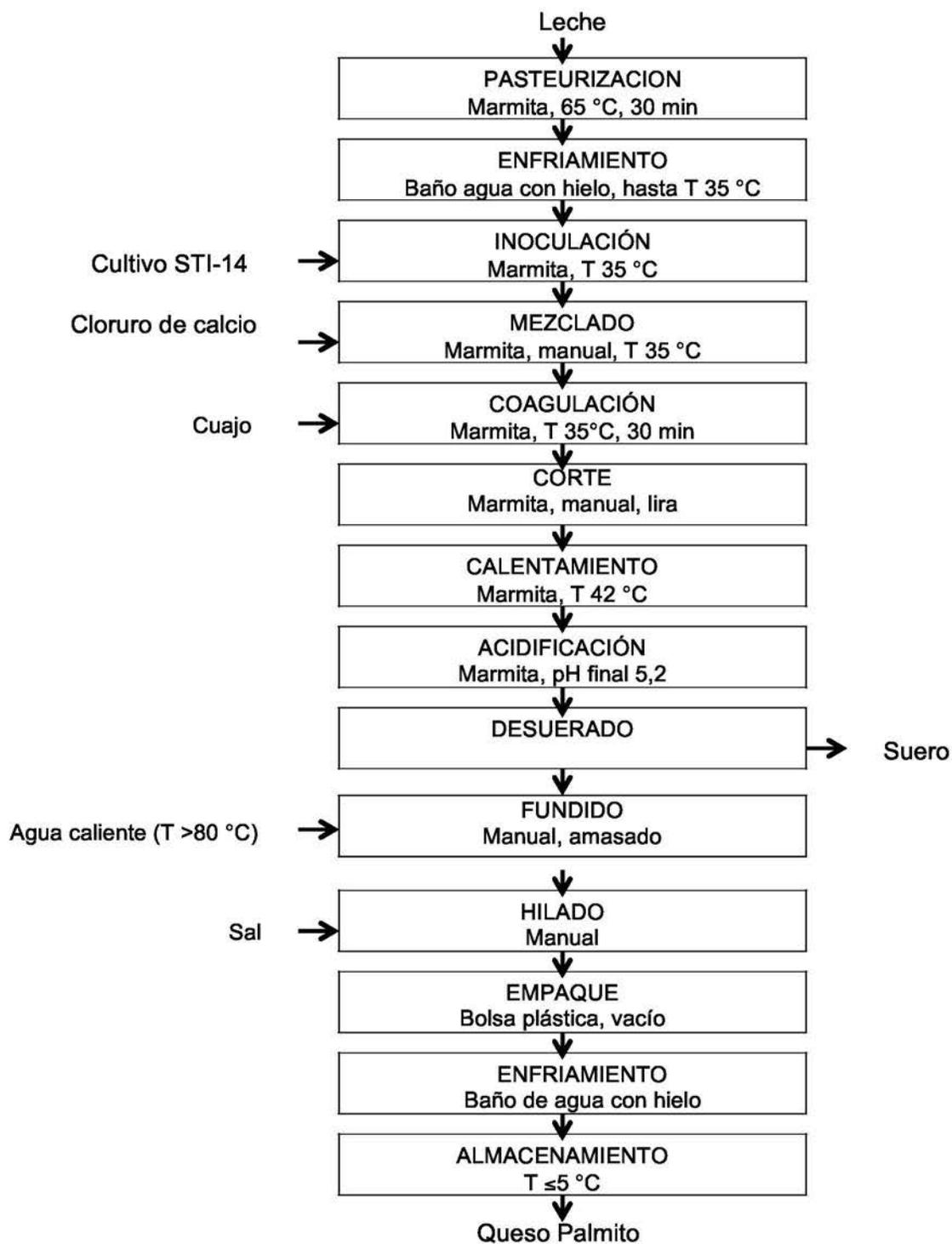


Figura 4. Diagrama de proceso para la elaboración de queso Palmito

Cuadro IV. Descripción del proceso de elaboración de queso Palmito

Operación unitaria/Etapa	Descripción
Pasteurización	Se calienta la leche en marmita a 65 °C durante 30 min.
Enfriamiento	Se disminuye la temperatura de la leche hasta 35 °C.
Inoculación	Se adiciona el cultivo láctico (STI-14) termófilo a 35 °C.
Mezclado	Se adiciona el cloruro de calcio y se agita de forma manual.
Coagulación	Se adiciona el cuajo y se agita durante 15 s, posteriormente se deja en reposo durante 30 min.
Corte	Se corta la cuajada con una lira, buscando un tamaño de grano homogéneo de aproximadamente 1 x 1 cm.
Calentamiento	Se calienta la cuajada hasta la temperatura óptima del cultivo láctico (42 °C).
Acidificación	Se deja en reposo para favorecer el desuerado y la acción del cultivo láctico. Se mide el pH con regularidad hasta alcanzar el valor de 5,2.
Desuerado	Se elimina el suero en su totalidad.
Fundido	Se coloca la cuajada en un recipiente metálico y se adiciona agua a T > 80 °C. Se realizan movimientos circulares amasando y presionando la cuajada hasta obtener una masa lisa y brillante.
Hilado	Se extiende la masa manualmente. Se añade sal en la superficie y se arrolla en forma de bola.
Empaque	Se coloca el queso en bolsas plásticas de PE y se empaca al vacío (-20 cmHg)
Enfriamiento	En una tina con agua y hielo se colocan las bolsas con el queso.
Almacenamiento	Se almacena a temperatura de refrigeración.

4.3 Pruebas preliminares

4.3.1 Determinación de la concentración de sodio en queso palmito

Se elaboró queso Palmito con diferentes concentraciones de sal añadida y se almacenaron en congelación hasta el día del análisis. Se determinó el contenido de sodio mediante el Método 985.35 AOAC: Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (AOAC, 2012). Las muestras se molieron para homogeneizar la concentración de sal del queso previo al análisis.

4.3.2 Determinación de las concentraciones extremo de sal añadida al queso Palmito para la aplicación de la prueba sensorial JND

Se elaboró queso Palmito con diferentes concentraciones de sal añadida, y mediante un panel informal compuesto por 3 personas, se determinó 0,5 % como la concentración menor en la que se percibe el sabor salado y 6,0 % la concentración percibida como muy salado para un queso Palmito.

4.3.3 Determinación del factor de multiplicación para seleccionar el rango de concentraciones de sal añadida al queso Palmito para la aplicación de la prueba sensorial JND

Las concentraciones intermedias del JND fueron determinadas al multiplicar la concentración inferior (0,5 %) por un factor de 1,65, escogido arbitrariamente de manera que diera como resultado una curva logarítmica de 6 puntos. Las concentraciones extremo de la curva, fueron las determinadas en la prueba preliminar anterior.

4.4 Pruebas sensoriales

4.4.1 Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible (JND)

Para la determinación del JND de cloruro de sodio en queso Palmito se realizó un diseño experimental irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial, que corresponde a las concentraciones de sal añadida al queso Palmito.

4.4.1.1 Preparación de la muestra

Para la prueba se elaboró queso Palmito de un solo lote de leche. Las concentraciones de los quesos fueron 0,5, 0,8, 1,4, 2,2, 3,7 y 6,1 % de sal, que corresponden a los 6 puntos de la curva. 1,9 % de sal corresponde al estímulo constante y 0,5 % de sal corresponde al *primer*. Los quesos se almacenaron en refrigeración a T 0 - 5 °C por no más de 2 días. Con la finalidad de homogeneizar su concentración, se rallaron un día después de su elaboración.

4.4.1.2 Aplicación de la prueba

Se aplicó la prueba 2-AFC a 40 panelistas no entrenados considerando una potencia de 0,95 con un valor d' de 1,00. Las muestras a presentar fueron codificadas, aleatorizadas y balanceadas por el sistema FIZZ 2.0 Biosystems.

Se presentaron 6 pares de muestras, como se muestra en la siguiente figura, de los cuales una de las muestras de cada par corresponde al queso con 1,9 % (Ramírez *et al.*, 2017) de sal añadida (estímulo constante) y la otra muestra corresponde al queso con concentración de sal variable (0,5 - 6,1 %).

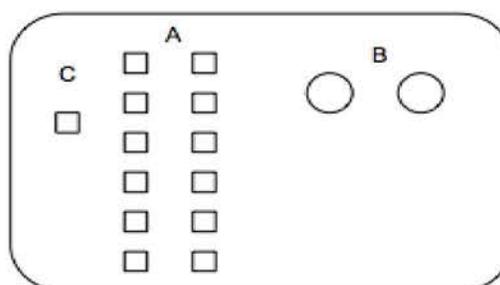


Figura 5. Esquema de presentación de las muestras para prueba JND (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración, C= *primer*)

Al panelista se le indicó que probara las muestras de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo y que escogiera la muestra más salada entre cada par. Se brindó la instrucción de probar el *primer* antes de cada par, sin prestar atención al sabor de este, además de enjuagarse con agua dos veces entre cada par de muestras y expectorar.

Entre cada par de muestras, se contó con un tiempo de espera de 10 s con el fin de evitar efectos de adaptación y preparar el ambiente en la boca.

4.4.1.3 Análisis de resultados

Para estimar el JND y obtener la curva psicofísica, se graficó el porcentaje de las veces que el panelista escogió como más saladas las muestras de queso con concentración de sal variable vs el porcentaje de sal añadida al queso. Se obtuvo dos gráficos, uno utilizando las 6 concentraciones de sal variable y otro en donde se eliminó la concentración inferior y superior (0,5 % y 6,1 %). El segundo gráfico se realizó para lograr un mejor ajuste de la recta a la curva sigmoideal y darle mayor importancia a los valores donde la curva es creciente y lineal.

Por medio de una regresión lineal aplicada al gráfico, se interpoló la concentración de sal añadida para un 62,5 % y 87,5 % de las veces. El JND se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{JND} = \frac{\% \text{ sal añadida para } 87,5 \% \text{ de las veces} - \% \text{ sal añadida para } 62,5 \% \text{ de las veces}}{2}$$

4.4.2 Prueba de diferenciación 2-AFC

Se realizó un diseño experimental irrestricto aleatorio de 2 niveles: queso Palmito con reducción de sal y queso Palmito sin reducción de sal.

4.4.2.1 Preparación de la muestra

Para la prueba se elaboró queso Palmito, de un solo lote de leche. Las concentraciones de los quesos fueron 1,9 % de sal que corresponde al queso sin reducir (estímulo constante), 1,37 y 1,62 %, que corresponden a los quesos con un 28 y un 15 % de reducción respectivamente y 0,5 % que corresponde al *primer*. Los quesos se almacenaron en refrigeración a T 0 - 5 °C por no más de 2 días. Con la finalidad de homogeneizar su concentración, se rallaron un día después de su elaboración.

Los porcentajes de reducción se escogieron aplicando un factor de seguridad al valor de JND. Para el JND obtenido a partir de la curva con las 6 concentraciones, se aplicó un factor de seguridad del 5 % basándose en la teoría de Henney *et al.* (2010). Y

para el JND obtenido a partir de la curva ajustada, se aplicó un factor de un 2 % recomendado por Cubero (2019).

4.4.2.2 Aplicación de la prueba

Se aplicó la prueba 2-AFC a 40 panelistas no entrenados considerando una potencia de 0,95 con un valor d' de 1,00. Las muestras a presentar fueron codificadas, aleatorizadas y balanceadas por el sistema FIZZ 2.0 Biosystems.

Se presentaron 2 pares de muestras, como se muestra en la siguiente figura, de los cuales una de las muestras de cada par corresponde al queso con 1,9 % de sal añadida y la otra muestra corresponde al queso reducido.

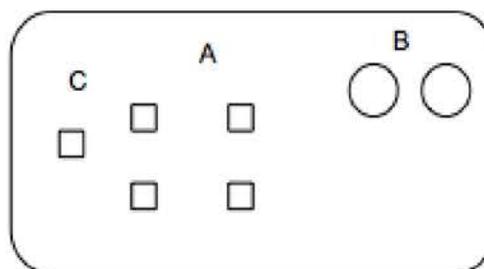


Figura 6. Esquema de presentación de las muestras para prueba de diferenciación (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración, C= *primer*)

Al panelista se le indicó que probara las muestras de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo y que escogiera la muestra más salada de cada par. Se brindó la instrucción de probar el *primer* antes de cada par, sin prestar atención al sabor de este y de enjuagarse con agua dos veces entre cada par de muestras y expectorar.

4.4.2.3 Análisis de resultados

Con las tablas de Ennis *et al.* (2014) (Anexo 1) se determinó el número de aciertos que debe presentar la prueba para establecer significancia con un nivel de probabilidad de 0,05 y definir si los consumidores encuentran o no diferencias significativas entre el queso Palmito reducido en sodio y el queso Palmito sin reducción. Además, se determinó el d' a partir de la proporción de respuestas correctas.

4.4.3 Prueba de agrado

Se realizó un diseño experimental irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial de 4 niveles, los cuales corresponden a un queso comercial, 2 quesos Palmitos reducidos en sodio de 1,37 y 1,62 % de sal y el queso sin reducir (1,9 %). La escogencia del queso comercial se basó en los resultados obtenidos en la tesis de Marín (2016) “Caracterización sensorial del queso arrollado tradicional (queso Palmito) elaborado en queserías del cantón de San Carlos de la provincia de Alajuela, Costa Rica”.

4.4.3.1 Preparación de la muestra

Para la prueba se elaboró los quesos Palmitos reducidos y sin reducir y se almacenaron en refrigeración a T 0 - 5 °C por no más de 3 días, además se compró el queso comercial. Previo a la prueba, todos los quesos fueron cortados en tiras de tamaños similares y de aproximadamente 10 g cada una.

4.4.3.2 Aplicación de la prueba

Se aplicó la prueba a 120 panelistas no entrenados. Se presentaron 4 muestras, como se muestra en la siguiente figura, las cuales fueron codificadas, aleatorizadas y balanceadas por el sistema FIZZ 2.0 Biosystems.

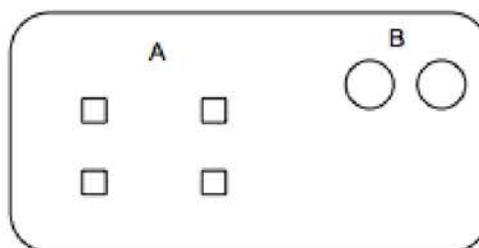


Figura 7. Esquema de presentación de las muestras para prueba de agrado (A= muestras, B= vasos para agua y expectoración)

Al panelista se le indicó que probara las muestras de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo y que indicara en la escala presentada su agrado general por el queso probado. Se presentó la escala, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 8. Escala hedónica lineal de 10 cm utilizada en la prueba

4.4.3.3 Análisis de resultados

Se realizó una conversión a valores numéricos de la marca indicada por los panelistas en la escala. La conversión se hizo con ayuda del programa FIZZ 2.0 Biosystems, el cual mide la distancia que hay del extremo izquierdo en la escala (valor 0) a la marca realizada y reporta una medida en cm.

Se realizó un análisis de conglomerados o cluster para segmentar a los consumidores por similitud de agrado. Se realizó un análisis de varianza ANDEVA de una vía a cada conglomerado y se aplicó una prueba de comparación de medias Fisher LSD ($p < 0,05$).

4.5. Pruebas reológicas

4.5.1 Análisis del perfil de textura (TPA)

Para evaluar el perfil de textura de queso Palmito se realizó un diseño de bloques completos aleatorizados con un arreglo unifactorial, que corresponde a las concentraciones de sal añadida al queso Palmito.

4.5.1.1 Preparación de la muestra

Para la prueba se elaboró queso Palmito a partir de tres lotes diferentes de leche, que corresponden a los bloques. Las concentraciones de los quesos fueron 0,5, 0,8, 1,37, 1,4, 1,62, 1,9, 2,2, 3,7 y 6,1 % de sal. Para este caso en la etapa de hilado, el queso Palmito no fue arrollado sino fue moldeado en tubos cilíndricos de 2 cm de alto y 3 cm de diámetro. Las muestras se coloraron en bandejas y fueron forradas con papel adhesivo;

se almacenaron en refrigeración a T 0 - 5 °C por no más de 2 días. El desmolde se realizó previo a la prueba.

4.5.1.2 Aplicación de la prueba

Las mediciones se realizaron con el texturómetro TA. XT Plus de Stable Micro Systems; seis veces para cada concentración. Cada queso se penetró en 2 ciclos con una celda cilíndrica de 1 cm de diámetro y una fuerza de gatillo de 5×10^{-2} N. Se realizó una compresión del 50 % del queso. Las velocidades fueron: 120 mm/min la velocidad de preprueba y 60 mm/min la de prueba y postprueba, con un tiempo de 5 s entre ciclos. Los parámetros se determinaron basándose en la prueba aplicada por Chacón & Pineda (2009). Las variables respuesta del diseño fueron: elasticidad, dureza, adhesividad, cohesividad, y masticabilidad.

La celda utilizada fue más pequeña que el queso para asegurarse que la penetración sea siempre de un mismo diámetro y evitar variabilidad en las mediciones (Chacón & Pineda, 2009) (Anexo 2).

4.5.1.3 Análisis de resultados

Se realizó un análisis de varianza ANDEVA de una vía para determinar si existen diferencias significativas en cuanto a los parámetros instrumentales y se aplicó una prueba de Tukey ($p < 0,05$).

5. Resultados y Discusión

5.1 Prueba preliminar de determinación de la concentración de sodio en queso

Palmito

Se obtuvieron los resultados del contenido de sodio en los quesos analizados y se presentan en el Cuadro V.

Cuadro V. Resultados del contenido de sodio y de sal en queso Palmito obtenidos mediante el método 985.35 AOAC

Concentración de sal teórica (%)	Concentración de sodio en producto final (mg/ 100 g)	Concentración de sal en producto final (%)
1,9	793 ± 204	2,0
5,2	1891 ± 487	4,8
5,6	2002 ± 515	5,1
5,8	2300 ± 592	5,8
6,0	2101 ± 541	5,3
6,2	2115 ± 544	5,4

A partir de los resultados del análisis se observan diferencias entre la concentración de sal en el producto final y la concentración de sal añadida; sin embargo, por la incertidumbre del método se concluye que el porcentaje de sal añadida y del producto final no tiene variación y se procede a realizar las pruebas definitivas.

5.2. Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible (JND)

A partir de los resultados obtenidos en el panel sensorial mediante el programa FIZZ 2.0 Biosystems (Anexo 3), se graficaron las siguientes curvas.

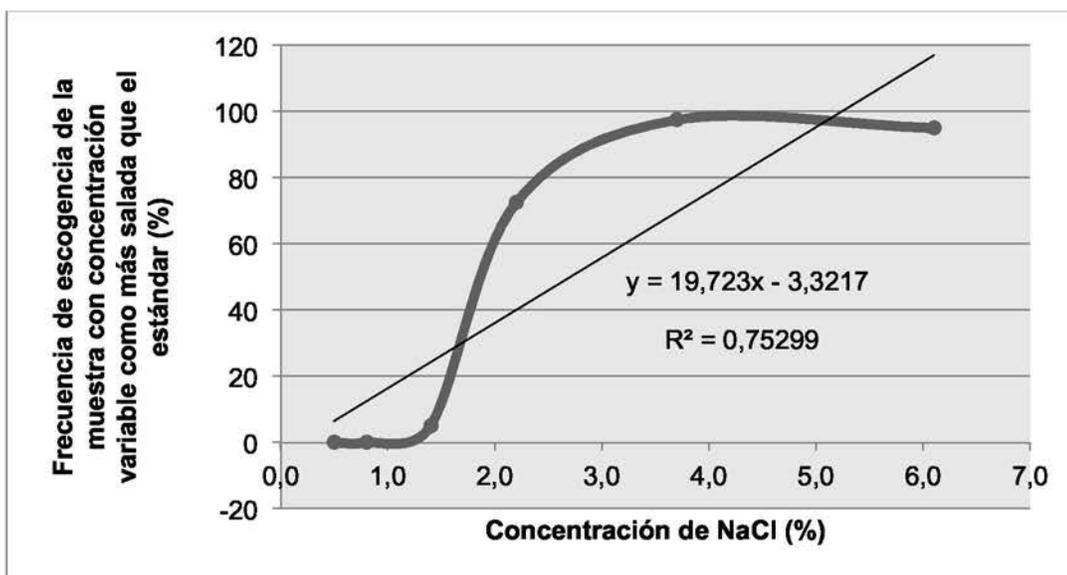


Figura 9. Curva obtenida al graficar las 6 concentraciones de sal variable

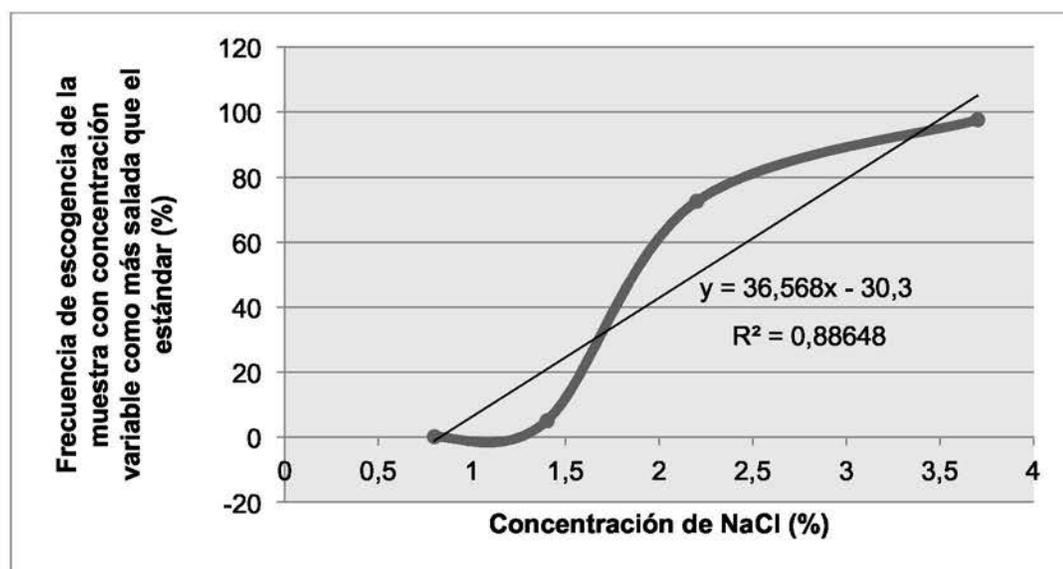


Figura 10. Curva obtenida al graficar 4 concentraciones de sal variable, eliminando las concentraciones extremo

A partir de la curva obtenida al graficar las 6 concentraciones de sal variable (Figura 9), se decidió eliminar las concentraciones extremo (0,5 % y 6,1 % de sal) para obtener un mejor ajuste de la recta a la curva sigmoide (Figura 10). Esta segunda curva pretende enfocarse en la zona creciente que es la que brinda información respecto al

umbral y con ello llegar a obtener el valor de JND que más se aproxime al “verdadero”, ya que como se mencionará más adelante, en estudios anteriores donde se ha aplicado la misma metodología para realizar reducciones de sodio, no se ha logrado que el cambio en el porcentaje de sal que se encuentra entre el valor del estímulo constante y el valor de JND obtenido, no sea perceptible por el consumidor.

Al aplicar la ecuación para el cálculo del JND, se obtuvo un resultado de 0,63 % y 0,34 % para la Figura 9 y Figura 10 respectivamente; lo anterior sugiere que cambios en una magnitud menor a un 33 % y 17 % de sal, partiendo del estímulo constante, no serán notados por el consumidor.

Henney *et al.* (2010) indican que al evaluar soluciones de diferentes atributos, los consumidores son incapaces de detectar diferencias de sabor entre dos concentraciones cuando se trata de una diferencia menor al 10 %; sin embargo, al evaluar alimentos, estos forman una matriz más compleja que las soluciones puras, para estos es usual un JND de 20 %.

Matrices de alimentos complejas ayudan a enmascarar la reducción de sodio, ya que se hace más difícil detectar la diferencia en el cambio del atributo salado, por lo que se pueden obtener valores de JND mayores (Drake *et al.*, 2011; Henney *et al.*, 2010). Al comparar los resultados obtenidos con el estudio realizado por Pacheco (2018), en el que se realizó la misma metodología pero en queso fresco, hay una concordancia con lo mencionado por la literatura, ya que para queso fresco se obtuvo un JND promedio de 0,26 % al graficar las 6 concentraciones evaluadas y en la presente investigación se obtuvo un 0,63 %. El queso Palmito conlleva en su elaboración una etapa de acidificación en la que se desarrolla el sabor (Walstra *et al.*, 2006), lo cual explicaría su complejidad de matriz respecto al queso fresco.

Bajo una metodología diferente, Drake *et al.* (2011) obtuvieron valores de JND de sodio de 8, 15 y 14 % para queso cottage, sopa a base de leche y salchicha a base de queso Cheddar, respectivamente. En este estudio se sostiene que matrices más complejas llegan a resultar mayores valores de JND, ya que el producto más simple evaluado fue el queso cottage que obtuvo un menor JND.

Hay que tomar en cuenta que los resultados de JND obtenidos en este estudio aplican para queso Palmito y que otras determinaciones de este umbral y del porcentaje de reducción que se pueda alcanzar es específico y se debe estudiar para cada alimento.

5.3 Evaluación sensorial de la reducción del contenido de sodio en queso Palmito mediante la prueba de diferenciación 2AFC

A partir de los resultados obtenidos en el panel sensorial mediante el programa FIZZ 2.0 Biosystems (Anexo 4), se utilizó las tablas de Ennis *et al.* (2014) para obtener los siguientes resultados.

Cuadro VI. Resultados obtenidos para la prueba de diferenciación 2AFC

Prueba	Quesos evaluados	Grado de reducción	Aciertos obtenidos	Aciertos mínimos ($\alpha=0,05$)	d' Ennis
1	1,9 % vs 1,37 % de sal	28 %	35 de 40	26 de 40	1,63
2	1,9 % vs 1,62 % de sal	15 %	33 de 40	26 de 40	1,32

Como se puede observar en el Cuadro VI, para ambas pruebas, el número de aciertos obtenidos superó los aciertos mínimos, por lo tanto se concluye que hay diferencias significativas entre el queso Palmito reducido en sodio y el queso Palmito sin reducir ($\alpha= 0,05$).

Se reportó el d' para conocer la distancia entre las distribuciones de los estímulos de las muestras. Al haber realizado reducciones de sal en un porcentaje menor al JND, se esperaba obtener valores de d' cercanos al 1, donde las muestras pudieran ser confundibles y las diferencias no ser detectadas por los panelistas. Para la prueba 1 el grado de diferencia que hay entre los estímulos es mayor que para la prueba 2.

Para un JND de 20 % en alimentos, se menciona que un cambio de un 15 % en el atributo a evaluar no sería notado (Henney *et al.*, 2010). La diferencia entre los porcentajes anteriores es de un 5 %, que corresponde al factor de seguridad aplicado para la prueba 1, sin embargo, en este caso la diferencia sí fue detectada. Basándose en este criterio, es de esperar el mismo resultado para la prueba 2, ya que la diferencia entre el grado de reducción y el JND a partir del estímulo constante es de un 2 %. Hay que tomar en cuenta que el JND es una medida de la sensibilidad a los cambios de estímulo por parte del panelista (Booth & Conner, 1990) y aunque en la literatura se da un valor

referencia, los resultados dependen también de la matriz alimenticia y del evaluador (Drake *et al.*, 2011; Henney *et al.*, 2010).

Debido a la actual exposición periódica al sodio por las dietas altas en sal, Drake *et al.* (2011) mencionan que los consumidores probablemente notarán una reducción de sodio del 25% en la mayoría de los productos. En concordancia, en un estudio de Drake & McMahon mencionado por Johnson *et al.* (2009), los consumidores detectaron reducciones en sal de un 25 % al evaluar quesos reformados con 1,0, 1,4, 1,8, 2,2, y 2,6 % de sal. Las diferencias en sabor salado fueron percibidas entre todas las concentraciones excepto entre 2,2 y 2,6 % de sal. Lo anterior sugiere que era de esperar que para la prueba 1 resultara diferencias significativas entre las muestras, al tratarse de una reducción de sodio de un 28 %.

En los siguientes dos estudios, Pacheco (2008) y Benavides (2017), se aplicó la misma metodología que en esta investigación y se verificaron reducciones a partir del JND encontrado. Pacheco (2018) evaluó una reducción del 31,2 % en queso fresco y se encontró diferencia significativa. Benavides (2017), en pan blanco de molde, obtuvo un JND de 0,34 % y se evaluaron 2 reducciones de sal del 18,89 % y 15,56 %; para este caso los consumidores también percibieron las diferencias de sabor salado entre los panes reducidos y el pan sin reducir (1,8 % de sal). Por otro lado, Drake *et al.* (2011) determinó que los consumidores perciben reducciones de sal de un 12 % en queso cottage.

Al no lograr una reducción que no sea perceptible por los consumidores, se recomienda realizar reducciones paulatinas de sal. Se ha evidenciado que la preferencia por la sal puede cambiarse, y sensorialmente el consumidor se llega a acostumbrar a alimentos bajos en sal (Henney *et al.*, 2010), fundamento en el cual se basa la técnica de reducciones paulatinas, donde lo que se realiza son disminuciones pequeñas del atributo en periodos largos de tiempo, por ejemplo 3 años; periodo durante el cual el consumidor se adapta al producto con menos sal y ese se toma como base para generar nuevas reducciones. En el Reino Unido se ha logrado reducir de un 20 - 30 % el contenido de sodio de productos alimenticios sin que sea percibido por el consumidor mediante dicha técnica (Inguglia *et al.*, 2016).

5.4 Evaluación sensorial de la reducción del contenido de sodio en queso Palmito mediante la prueba de agrado

Uno de los principales retos al cambiar la formulación de un producto es mantener la aceptación por parte de los consumidores (Drake *et al.*, 2011). Johnson *et al.* (2009) menciona que la reducción del contenido de sal condiciona el agrado hacia los productos, ya que el sabor salado es uno de los principales atributos que se busca en queso (Ganesan *et al.*, 2014). Debido a que en la prueba anterior se detectó diferencias entre los quesos evaluados y los valores de d' resultaron mayores a 1, se procedió a realizar una prueba de agrado para evaluar si aún percibiendo diferencias entre los quesos, estos eran gustados. A su vez, se evaluó un queso comercial (1,43 % de sal) para comparar e interpretar los resultados, el anterior se escogió por ser el de mayor agrado entre los quesos comerciales del estudio de Marín (2016).

A partir de los resultados obtenidos en el panel sensorial mediante el programa FIZZ 2.0 Biosystems (Anexo 5), se realizó un análisis de conglomerados (Anexo 6). A continuación se presentan los resultados para los 3 grupos obtenidos.

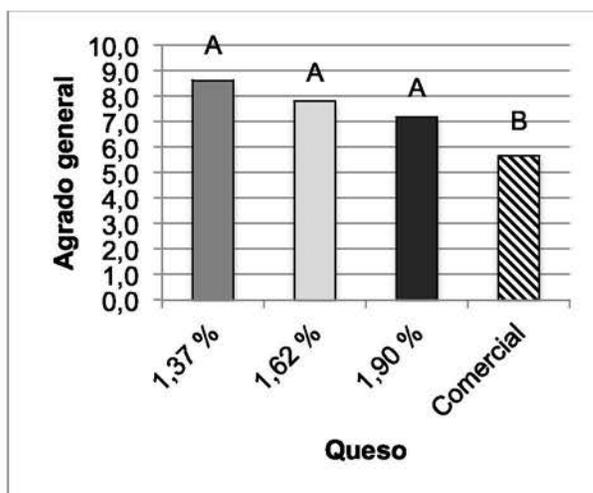


Figura 11. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 18,3 % de los panelistas (conglomerado 1)

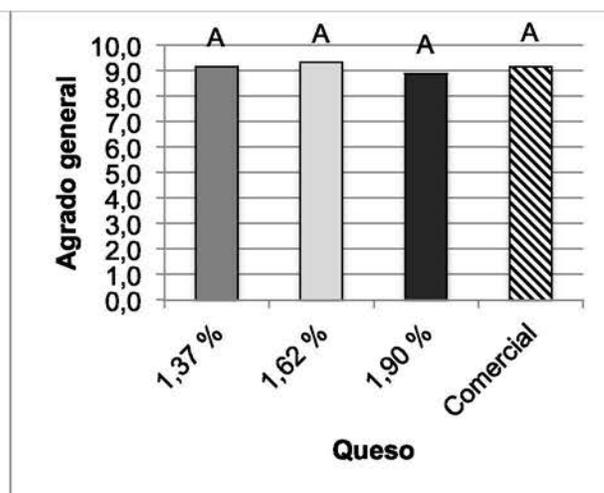


Figura 12. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 32,5 % de los panelistas (conglomerado 2)

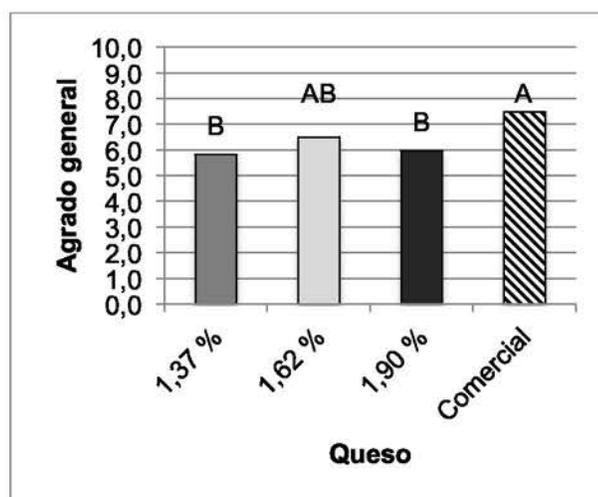


Figura 13. Agrado general de los quesos Palmito evaluados para un 49,2 % de los panelistas (conglomerado 3)

En el conglomerado 1 (Figura 11) se observa que los quesos reducidos en sodio fueron los más gustados, a su vez los quesos elaborados para la investigación fueron más gustados que el queso comercial. Se puede interpretar que a este grupo de consumidores les agrada más los productos artesanales. En el conglomerado 2 (Figura 12) se observa

que no hubo diferencias significativas entre los quesos; es decir los 4 gustaron por igual. Este conglomerado representa consumidores a los cuales les agrada en general los quesos. Ambos conglomerados suman el 50,8 % de los panelistas, para términos de esta investigación este resultado es satisfactorio ya que se puede hacer la mayor reducción evaluada y mantener el agrado por el producto.

El conglomerado 3 (Figura 13) tuvo un comportamiento diferente, en este caso el queso comercial (1,43 % de sal) fue el de mayor agrado entre los quesos y es significativamente diferente respecto a los quesos con 1,37 y 1,9 % de sal, sin embargo, no presenta diferencias respecto al queso reducido de 1,67 % de sal, el cual a su vez no presentó diferencias significativas con los otros quesos elaborados. Se puede interpretar que este grupo de panelistas no tomó la cantidad de sal en el queso como el criterio significativo para evaluar el agrado, se puede decir que son consumidores que les gusta más o están acostumbrados a consumir productos comerciales de fácil acceso que se encuentran en supermercados y por esto el queso comercial fue el de mayor agrado.

Basarse en los puntajes de agrado y decir que al conglomerado 3, en general, le gustaron menos los quesos es un análisis erróneo por que puede que los panelistas utilizaran diferentes partes de la escala para hacer sus evaluaciones. Al utilizar la escala, el juez tiende a hacer comparaciones entre las muestras presentadas en la prueba y no la utiliza como intervalos constantes absolutos, por lo que comparan la magnitud de diferencia de agrado que perciben entre las muestras (Espinosa, 2007; Watts *et al.*, 1992).

El conglomerado 1 utilizó un rango más amplio de la escala, valorando los quesos desde 5,7 hasta 8,6. El conglomerado 2 valoró los quesos en la zona más alta, mientras que el conglomerado 3 es más reservado en el uso de la escala, los quesos les gustaron, pero no en extremo. Además la diferencia entre el queso comercial, que fue el más gustado, y el queso con mayor reducción (1,37 %) es un rango pequeño.

Los resultados obtenidos sugieren que una reducción de sodio es posible en un 15 o 28 %, por lo que se puede inferir que no va a haber una pérdida de lealtad por parte de los consumidores hacia el producto ya que les agradó el queso.

Ganesan *et al.* (2014) usaron 120 panelistas para evaluar queso Mozzarella con 25, 33, 50 y 60 % de reducción de sal a partir de un queso con 1,8 % de sal, se obtuvo que el agrado iba decreciendo conforme iba aumentando el grado de reducción. El queso de 25 % de reducción que es el comparable con la presente investigación, se calificó en la escala en un nivel mayor a “me gusta un poco”. Pacheco (2018) logró una reducción de

un 31,2 % en queso fresco y determinó que el queso era agradado por los consumidores, por lo que la reducción es validada.

En otra matriz, Girgis *et al.* (2003) realizaron reducciones acumulativas de la misma magnitud (5 %) durante un periodo de 6 semanas para reducir el sodio en pan hasta un 25 %. Los resultados fueron satisfactorios ya que se mantuvo el agrado por el producto a pesar de que se percibió un cambio en el sabor salado.

5.5 Efecto de la reducción de sal sobre el perfil de textura de queso Palmito

A partir de las curvas obtenidas por el texturómetro, se tabuló los resultados numéricos para cada parámetro. A continuación se presentan los resultados.

Cuadro VII. Valores promedio de dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad y masticabilidad según concentración de sal, obtenidos del análisis de perfil de textura

Sal en queso (%)	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Adhesividad (Ns)	Cohesividad	Masticabilidad (Nm)
0,50	22,74 c	8,25 bc	-1,03 bc	0,63 a	0,12 bc
0,80	20,60 cd	8,18 bc	-1,16 c	0,62 a	0,10 cd
1,37	18,39 d	8,02 bc	-0,60 ab	0,62 a	0,09 d
1,40	22,96 c	7,90 c	-1,23 c	0,59 abc	0,11 cd
1,62	19,28 cd	8,18 bc	-0,95 bc	0,63 a	0,10 cd
1,90	22,49 c	8,08 bc	-0,78 abc	0,61 ab	0,11 bcd
2,20	22,82 c	8,35 ab	-0,79 abc	0,61 a	0,12 bcd
3,70	26,97 b	8,69 a	-0,64 ab	0,56 bc	0,14 b
6,10	37,13 a	8,67 a	-0,38 a	0,54 c	0,18 a

*Letras diferentes en una misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

En el Cuadro VII se observa que hubo variabilidad en los resultados obtenidos. Cervantes *et al.* (1983) explican que al evaluar la textura instrumental de queso Mozzarella, la orientación de las fibras en forma paralela o perpendicular a la celda agrega variabilidad a los resultados, esto como parte de la falta de homogeneidad

estructural natural del queso Mozzarella, comportamiento que también sucede con el queso Palmito.

Ak & Gunasekaran (1997), al realizar un ensayo de tracción en Mozzarella, donde se ejerce fuerza al alimento hasta su fractura, obtuvieron diferencias al aplicar la prueba en una orientación paralela y perpendicular de las fibras del queso. Adjudican este comportamiento a las fuerzas de interacción de los componentes. Al estirar el queso en forma perpendicular a la orientación de las fibras, los enlaces de interfaz entre proteína-grasa y grasa-proteína son más débiles (Anexo 8).

La forma de bola del queso Palmito y una posible no distribución homogénea de la sal en este, es una limitante para obtener muestras de la misma forma, tamaño y concentración para el análisis de textura. Por lo tanto, se optó por un moldeado del queso Palmito que se realizó en moldes cilíndricos de 3 cm de diámetro x 2 cm de alto. En la etapa de hilado se cortó tiras de aproximadamente 2 cm de ancho y 22 g, las cuales fueron saladas y puestas en los moldes. El acomodo del queso se realizó manualmente, un extremo de la tira se colocó dentro del molde asegurándose que cubriera la base del mismo y a partir de ahí, se depositó la tira en forma de acordeón, dejando un sobresaliente por fuera del molde. Dicho sobresaliente, previo a la medición en el equipo de textura, fue cortado con un cuchillo a ras del molde, con el fin de que todas las muestras tuvieran el mismo alto y que la superficie que entrara en contacto con la celda fuera lisa y plana para evitar variabilidad en los resultados.

Durante una prueba de práctica del moldeo, se determinó que moldear al ras, es decir sin sobresaliente, generaba diferencias en el alto de los cilindros y algunas veces la superficie no era plana. Además, otro acomodo del queso dentro del molde generaba al momento de quitar el sobresaliente que el queso se deshilara generando huecos en la superficie que debía entrar en contacto con la celda. Por lo tanto, se determinó la forma de moldeo anteriormente descrita como la más apropiada

El moldeo del queso se realizó luego de la etapa de hilado y del salado por lo que la naturaleza del producto y su estructura hilada no fue modificada. Las muestras conservan las características típicas de queso Palmito, lo que cambia es su forma de presentación que en este caso es cilíndrica, por una practicidad a la hora de aplicar la prueba. La limitate fue que de esta manera no se tenía un control de la orientación de las fibras del queso, por lo que se deduce que dicha orientación generó variabilidad en los resultados.

Se observa en el Cuadro VII que en general a porcentajes de sal bajos no hay diferencias en los parámetros de textura entre los quesos y que los cambios mayores se observan luego de un porcentaje de sal de 2,2. Al analizar el queso estándar sin reducir y los reducidos se determina que no hubo diferencias significativas en la textura de los mismos para todos los parámetros, excepto dureza. En este caso, el queso con 1,9 % de sal resultó significativamente diferente al queso con 1,37 %, pero no al queso con 1,62 %, el cual a su vez no presentó diferencias significativas con el queso de concentración 1,37 % de sal. A pesar de que el queso con 28 % de reducción presentó diferencias respecto al queso sin reducir en el parámetro dureza, se evidenció en las pruebas sensoriales que este cambio no restringe su agrado.

Los resultados muestran que concentraciones altas de sal endurecen el queso y lo hacen más elástico. Chacón & Pineda (2009) en queso tipo "Crottin de Chavignol", Henneberry *et al.* (2016) en queso Mozzarella y Pacheco (2018) en queso fresco, reportaron que al disminuir el contenido de sal, la dureza disminuye; el comportamiento anterior coincide con los valores obtenidos. Chacón & Pineda (2009) reportan una relación contraria para elasticidad. La dureza y la elasticidad se relacionan con la humedad. Como se mencionó anteriormente, la sal provoca la salida de agua ocasionando quesos con baja humedad, los cuales tienen mayor dureza y menor elasticidad (Chacón & Pineda, 2009). A su vez, se explica que la sal forma parte de las interacciones iónicas entre las proteínas, por lo que una disminución de NaCl provoca interacciones débiles y textura suave (Ramírez *et al.*, 2017).

Respecto a la adhesividad, se relaciona un aumento de esta a una mayor humedad (Torres *et al.*, 2015). La adhesividad de los quesos fue poca para todos los casos, sin embargo los resultados concuerdan con la literatura; las muestras con bajas concentraciones de sal presentaron mayores valores de adhesividad que las muestras con altas concentraciones de sal.

Saint-Eve *et al.* (2009) reporta que quesos con mayor concentración de sal presentan menor cohesividad, misma tendencia se presentó en los resultados. Cervantes *et al.* 1983 determinó en queso Mozzarella que a mayor concentración de sal, mayor firmeza y menor cohesividad. La cohesividad se relaciona con las interacciones proteína-proteína y agua-proteína, al disminuir el contenido de sal disminuyen las interacciones agua-proteína y hay un aumento en la cohesividad.

La masticabilidad es el resultado de la multiplicación de cohesividad x elasticidad x dureza (Torres *et al.*, 2015), por lo que es de esperar que se requiera de un mayor esfuerzo para masticar quesos con un menor contenido de humedad y mayor contenido de sal.

A pesar de que se evidencia que en la literatura se establece una relación entre el contenido de sal y los parámetros del TPA, Chacón & Pineda (2009) mencionan que para que los resultados sean comparables con los realizados en la investigación, debieron hacerse bajo las mismas condiciones de velocidad, tipo de celda, tamaño y forma de la muestra, entre otros.

6. Conclusiones

Se obtuvo mediante la metodología de umbrales de diferencia con estímulo constante, un valor de JND de 33 % para la curva con las 6 concentraciones de sal variable y un 17 % para la curva ajustada a 4 concentraciones.

No se logró una reducción de sal no perceptible por el consumidor. Se encontraron diferencias significativas respecto al sabor salado entre los quesos con un 15 % y 28 % de reducción y el queso sin reducir (1,9 % de sal).

A un 18,3 % de los panelistas les agradó más los quesos reducidos en sal; a un 32,5 % les agradó todos los quesos por igual y a un 49,2 % les agradó más el queso comercial, pero no se encontraron diferencias significativas entre este y el queso reducido en un 15 %.

Para este tipo de queso, la sal afecta la textura cuando la concentración de la misma es alta.

La reducción de sal no provocó cambios significativos en los parámetros de textura evaluados respecto al queso sin reducir, excepto en dureza.

Basándose en los resultados obtenidos se recomienda realizar la mayor reducción (28 %). A pesar de percibir diferencias en el sabor salado, el queso no deja de gustar a los consumidores. Además la diferencia estadística encontrada respecto al parámetro de dureza no restringió el agrado por el producto.

7. Recomendaciones

Evaluar la estabilidad microbiológica del producto debido al potencial riesgo que se puede presentar al disminuir la sal, la cual tiene efecto conservante.

Informar a la industria quesera costarricense de los hallazgos obtenidos en la presente investigación para que sea partícipe del Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021.

Realizar un análisis de mercado para evaluar si la estrategia de etiquetado en la que el producto indique que contiene menos sodio que el producto original, despierta el interés de compra por parte de los consumidores.

Se recomienda repetir el estudio un año después de que la reducción haya sido implementada a nivel comercial para evaluar nuevas reducciones tomando como nueva base el queso reducido.

8. Bibliografía

AK, M. & GUNASEKARAN, S. 1997. Anisotropy in tensile properties of Mozzarella cheese. *Journal of Food Science*. 62 (5): 1031-1033.

ANGULO, O. & O'MAHONY, M. 2009. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 59 (4): 349-357.

AOAC INTERNATIONAL. 2012. Método 985.35 AOAC: Determinación de sodio mediante absorción atómica de llama. 19 ed. *Official Methods of Analysis*.

- BELITZ, H., GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. Food Chemistry. 4 ed. Springer, Berlín.
- BENAVIDES, V. 2017. Determinación del umbral de diferencia del sabor salado en pan blanco de molde y su efecto sobre la calidad durante el almacenamiento. Tesis Lic en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. Costa Rica.
- BOOTH, D. & CONNER, M. 1990. Characterisation and measurement of influences on food acceptability of choice differences: Theory and Practice. Food Quality and Preference. 2 (2): 75-85.
- BRITZ, T. & ROBINSON, R. 2008. Advanced Dairy Science and Technology. Blackwell Publishing, Singapore.
- CASTRO, A. 2014. Efecto de la adición de un dextrano sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de queso de pasta hilada semigraso. Tesis Msc en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá.
- CERVANTES, M., LUND, D. & OLSON, N. 1983. Effects of Salt Concentration and Freezing on Mozzarella Cheese Texture. Journal of Dairy Science. 66 (2): 204-213.
- CHACÓN, A. & PINEDA, M. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". Agronomía Mesoamericana. 20 (2): 297-309.
- CLARK, R., COSTELLO, M., DRAKE, M. & BODYFELT, F. 2009. The Sensory Evaluation of Dairy Products. 2 ed. Springer, New York.
- CLUFF, M., KOBANE, I., BOTHMA, C., HUGO, C. & HUGO, A. 2017. Intermediate added salt levels as sodium reduction strategy: Effects on chemical, microbial, textural and sensory quality of polony. Meat Science. 133(2017): 143-150.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. S.f. Caracterización Agrocadena de Leche, Región Central Oriental. Costa Rica. INTERNET. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10747.pdf>. Consultado el 15 de marzo de 2019.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2006. Reglamento Técnico: RTCR: 401-2006. Leche cruda y Leche Higienizada. INTERNET. <http://www.mag.go.cr/legislacion/2007/de-33812.pdf>. Consultado el 13 de marzo de 2019.

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD. 2018. Costa Rica consume más del doble de sal recomendada. Ministerio de Salud, Costa Rica. INTERNET. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/noticias/noticias-2018/1286-costa-rica-consume-mas-del-doble-sal-2>

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD. 2011. Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. Costa Rica, El Ministerio.

CRUZ, A., POLLONIO, M., BOLINI, H., CELEGHINI, R., GRANATO, D. & SHAH, N. 2011. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*. 22 (2011): 276-291.

CUBERO, E. 2019. Factor de seguridad aplicado al JND para obtener el porcentaje de reducción. UCR, San José. Comunicación personal.

DE ANGELIS, M. & GOBBETTI, M. 2016. Pasta Filata Cheeses: Traditional *Pasta Filata* Cheese. Reference Module in Food Science.

DRAKE, S., LOPETCHARAT, K. & DRAKE, M. 2011. Salty taste in dairy foods: Can we reduce the salt?. *Journal of Dairy Science*. 94 (2): 636-645.

- EL-BAKRY, M. 2012. Salt in Cheese: A Review. *Dairy Sciences*. 4 (1): 1-5.
- ENNIS, J. & JESIONKA, V. 2011. The power of discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*. 26 (2011): 371-382.
- ENNIS, D., ROUSSEAU, B. & ENNIS, J. 2014. Tools and Applications of Sensory and Consumer Science. *Tables of Product Testing Methods*. The Institute of Perception, Virginia.
- ESPINOSA, J. 2007. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria, La Habana.
- FAO/WHO. 1978. Norma General del Codex para el queso. Roma.
- FAO/WHO. 2001. Norma de grupo del Codex para el queso no madurado, incluido el queso fresco. Roma.
- FAO. 2013. *Milk and dairy products in human nutrition*. Roma.
- FARKYE, N. & GUINEE, T. 2017. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 4ed. USA, Elsevier.
- FARQUHAR, W., EDWARDS, D., JURKOVITZ, C. & WEINTRAUB, W. 2015. Dietary Sodium and Health More Than Just Blood Pressure. *Journal of the American College of Cardiology*. 65 (10): 1042-1050.
- FERRÃO, L., SILVA, E., SILVA, R., MOLLAKHALILI, N., GRANATO, D., FREITAS, M., SILVA, M., RAICES, R., PADILHA, M., ZACARCHENCO, P., BARBOSA, M., MORTAZAVIAN, A. & CRUZ, A. 2016. Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International*. 86: 93-102.

- GANESAN, B., BROW, K., IRISH, D., BROTHERSEN, C. & MCMAHON, D. 2014. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*. 97 (4): 1970-1982.
- GIRGIS, S., NEAL, B., PRESCOTT, J., PRENDERGAST, J., DUMBRELL, S., TURNER, C. & WOODWARD, M. 2003. A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*. 57 (2003): 616-620.
- GUINEE, T. 2004. Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 57 (2-3): 99-109.
- GUZMÁN, L., TEJEDA, C., DE LA OSSA, Y. & RIVERA, C. 2015. Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 13 (1): 139-147.
- HENNEBERRY, S., O'SULLIVAN, M., KILCAWLEY, K., KELLY, P., WILKINSON, M. & GUINEE, T. 2016. Sensory quality of unheated and heated Mozzarella-style cheeses with different fat, salt and calcium levels. *International Journal of Dairy Technology*. 69 (1): 38-50.
- HENNEY, J., TAYLOR, C., BOON, C. 2010. *Strategies to Reduce Sodium Intake*. The National Academies Press, Washington.
- INGUGLIA, E., ZHANG, Z., TIWARI, B., KERRY, J. & BURGESS, C. 2016. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 59(2017): 70-78.
- JOHNSON, M., KAPOOR, R., MCMAHON, D., MCCOY, D & NARASIMMON, R. 2009. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8 (2009): 252-268.

- KLOSS, L., MEYER, J., GRAEVE, L. & VETTER, W. 2015. Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union- A review. *NFS Journal*. 1 (2015): 9-19.
- KWAK, H., GANESAN, P. & HONG, Y. 2011. *Nutritional Benefits in Cheese. Cheese: Types, Nutrition and Consumptions*. Nova Science Publishers Inc, Nueva York.
- LAWLESS, H. & HEYMANN, H. 2010. *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*. 2 ed. Springer, New York.
- LIRIA, M. 2007. *Guía para al evaluación sensorial de alimentos*. CIAT, Lima.
- MADRIZ, J. 2017. *Sector lácteo costarricense en el marco de la apertura comercial*. INTERNET. <http://proleche.com/wp-content/uploads/2017/10/Charla1.pdf>. Consultado el 20 de marzo de 2019.
- MARÍN, A. 2016. *Caracterización sensorial del queso arrollado tradicional (queso Palmito) elaborado en queserías del cantón de San Carlos de la provincia de Alajuela, Costa Rica*. Tesis Lic en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. Costa Rica.
- MCBRIDE, R. 1983. A JND-scale/category-scale convergence in taste. *Perception & Psychophysics*. 34 (1): 77-83.
- MCCLURE, S. 2008. *Examination of the subject-defined 2-AFC*. Tesis Msc en Ciencia. Cornell University, College of Agriculture and Life Science. USA.
- MCMAHON, D. & BRYM, M. 2008. *Dairy Processing and Quality Assurance*. 2 ed. Wiley Blackwell, New Jersey.
- MCSWEENEY, P., FOX, P., COTTER, P. & EVERETT, D. 2017. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 4 ed. Academic Press, USA.

- MEILGAAR, M., CIVILLE, G. & CARR, B.T. 1991. Sensory Evaluation techniques. CRC Press, New York.
- OLIVAS, R., VIRGINIA, G. & GASTELUM, M. 2009. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia*. 3 (1): 1-7.
- O'MAHONY, M. 1995. Who told you the triangle test was simple?. *Food Quality and Preference*. 6 (1995): 227-238.
- O'MAHONY, M. & ROUSSEAU, B. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*. 14 (2002): 157-164.
- PACHECO, M. 2018. Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en un queso fresco sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia y su efecto sobre el desuerado y perfil de textura. Tesis Lic en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. Costa Rica.
- PROLECHE. 2017. Consumo per cápita de productos lácteos en Costa Rica. Cámara Nacional de Productores de leche, Costa Rica. INTERNET. <http://proleche.com/consumo-de-productos-lacteos/>. Consultado el 13 de marzo de 2019.
- RAMÍREZ, J., AGUIRRE, J., ARISTIZABAL, V. & CASTRO, S. 2017. La sal en el queso: diversas interacciones. *Agronomía Mesoamericana*. 28 (1): 303-316.
- RAMÍREZ, J., GONZÁLEZ, S. & SEQUEIRA, N. 2011. Queso Palmito: originalmente costarricense. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. 68: 42-49.
- RAMÍREZ, C. & VÉLEZ, J. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 6. 2 (2012): 131-148.

- RODRÍGUEZ, Y. 2017. Determinación de los umbrales sensoriales de detección, de identificación, de diferenciación y el umbral máximo en el sabor ácido, mediante la metodología de elección forzada entre tres alternativas (3-AFC). Tesis Msc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Colombia.
- ROGERS, L. 2017. Discrimination Testing in Sensory Science. Woodhead Publishing, UK.
- ROUSSEAU, B. 2004. Handbook of food analysis: Sensory evaluation techniques. CRC Press, New York.
- SAINT-EVE, A., LAUVERJAT, C., MAGNAN, C., DÉLÉRIS, I. & SOUCHON, I. 2009. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavor model cheeses. Food Chemistry. 116 (2009): 167-175.
- TAYLOR, A. & ROBERTS, D. 2004. Flavor Perception. Blackwell Publishing, UK.
- TORRES, J., GONZÁLEZ, K., & ACEVEDO, D. 2015. Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. ReCiTeIA. 14(2): 64-75.
- TROCH, T., LEFÉBURE, É., BAETEN, V., COLINET, F., GENGLER, N. & SINDIC, M. 2017. Cow milk coagulation: process description, variation factors and evaluation methodologies. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 21: 2-12.
- VÍQUEZ, D. 2012. Caracterización de la producción artesanal de queso en las empresas de la Cámara Nacional de Queseros Artesanos y Afines (CANAQUEAF), capacitación de sus miembros, y elaboración de una propuesta de plan de acción que permita revalorizar los quesos artesanales. Tesis Lic en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. Costa Rica.

WALSTRA, P., WOUTERS, J. & GEURT, T. 2006. Dairy Science and Technology. 2 ed. Taylor & Francis, Florida.

WATTS, B., YLIMAKI, G., JEFFERY, L & ELIAS, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. CIID, Ottawa.

XIA, Y., ZHANG, J., ZHANG, X., ISHII, R., ZHONG, F. & O'MAHONY, M. 2015. Tetrads, triads and pairs: Experiments in self-specification. Food Quality and Preference. 40 (2015): 97-105.

YANG, Q. & NG, M. 2017. Discrimination Testing in Sensory Science. Woodhead Publishing, UK.

ANEXOS

Anexo 1

Table 1. **Duo-Trio and Directional 2-AFC Methods:**
Minimum Number of Correct Judgments for Significance at $\alpha = 0.05$.

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14
20	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20
30	20	21	22	22	23	23	24	24	25	26
40	26	27	27	28	28	29	30	30	31	31
50	32	32	33	33	34	35	35	36	36	37
60	37	38	38	39	40	40	41	41	42	42
70	43	43	44	45	45	46	46	47	47	48
80	48	49	49	50	51	51	52	52	53	53
90	54	54	55	55	56	57	57	58	58	59
100	59	60	60	61	61	62	62	63	64	64
110	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69
120	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75
130	75	76	76	77	78	78	79	79	80	80
140	81	81	82	82	83	83	84	84	85	86
150	86	87	87	88	88	89	89	90	90	91
160	91	92	92	93	94	94	95	95	96	96
170	97	97	98	98	99	99	100	100	101	101
180	102	103	103	104	104	105	105	106	106	107
190	107	108	108	109	109	110	111	111	112	112
200	113	113	114	114	115	115	116	116	117	117
210	118	118	119	119	120	121	121	122	122	123
220	123	124	124	125	125	126	126	127	127	128
230	128	129	130	130	131	131	132	132	133	133
240	134	134	135	135	136	136	137	137	138	138
250	139	140	140	141	141	142	142	143	143	144
260	144	145	145	146	146	147	147	148	148	149
270	150	150	151	151	152	152	153	153	154	154
280	155	155	156	156	157	157	158	158	159	159
290	160	161	161	162	162	163	163	164	164	165
300	165	166	166	167	167	168	168	169	169	170
310	170	171	172	172	173	173	174	174	175	175
320	176	176	177	177	178	178	179	179	180	180
330	181	181	182	183	183	184	184	185	185	186
340	186	187	187	188	188	189	189	190	190	191
350	191	192	192	193	193	194	195	195	196	196
360	197	197	198	198	199	199	200	200	201	201
370	202	202	203	203	204	204	205	205	206	207
380	207	208	208	209	209	210	210	211	211	212
390	212	213	213	214	214	215	215	216	216	217
400	217	218	218	219	220	220	221	221	222	222
410	223	223	224	224	225	225	226	226	227	227
420	228	228	229	229	230	230	231	231	232	233
430	233	234	234	235	235	236	236	237	237	238
440	238	239	239	240	240	241	241	242	242	243
450	243	244	244	245	246	246	247	247	248	248
460	249	249	250	250	251	251	252	252	253	253
470	254	254	255	255	256	256	257	257	258	258
480	259	260	260	261	261	262	262	263	263	264
490	264	265	265	266	266	267	267	268	268	269
500	269	270	270	271	271	272	272	273	274	274
510	275	275	276	276	277	277	278	278	279	279
520	280	280	281	281	282	282	283	283	284	284
530	285	285	286	286	287	288	288	289	289	290

Figura A 1. Tabla de Ennis *et al.* (2014) utilizada para determinar el número de aciertos mínimos en prueba 2AFC

Table 4. **2-AFC Method:** Probability of a Correct Response ($\times 10^4$) as a Function of δ

δ	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	5000	5028	5056	5085	5113	5141	5169	5197	5226	5254
0.1	5282	5310	5338	5366	5394	5422	5450	5478	5506	5534
0.2	5562	5590	5618	5646	5674	5702	5729	5757	5785	5812
0.3	5840	5868	5895	5923	5950	5977	6005	6032	6059	6086
0.4	6114	6141	6168	6195	6221	6248	6275	6302	6329	6355
0.5	6382	6408	6434	6461	6487	6513	6539	6565	6591	6617
0.6	6643	6669	6695	6720	6746	6771	6796	6822	6847	6872
0.7	6897	6922	6947	6971	6996	7021	7045	7069	7094	7118
0.8	7142	7166	7190	7214	7237	7261	7284	7308	7331	7354
0.9	7377	7400	7423	7446	7469	7491	7514	7536	7558	7580
1.0	7602	7624	7646	7668	7689	7711	7732	7754	7775	7796
1.1	7817	7837	7858	7879	7899	7919	7940	7960	7980	8000
1.2	8019	8039	8058	8078	8097	8116	8135	8154	8173	8192
1.3	8210	8229	8247	8265	8283	8301	8319	8337	8354	8372
1.4	8389	8406	8423	8440	8457	8474	8491	8507	8523	8540
1.5	8556	8572	8588	8603	8619	8635	8650	8665	8681	8696
1.6	8711	8725	8740	8755	8769	8783	8798	8812	8826	8840
1.7	8853	8867	8881	8894	8907	8920	8933	8946	8959	8972
1.8	8985	8997	9009	9022	9034	9046	9058	9070	9081	9093
1.9	9104	9116	9127	9138	9149	9160	9171	9182	9193	9203
2.0	9214	9224	9234	9244	9254	9264	9274	9284	9293	9303
2.1	9312	9321	9331	9340	9349	9358	9367	9375	9384	9393
2.2	9401	9409	9418	9426	9434	9442	9450	9458	9465	9473
2.3	9481	9488	9495	9503	9510	9517	9524	9531	9538	9545
2.4	9552	9558	9565	9571	9578	9584	9590	9596	9603	9609
2.5	9615	9620	9626	9632	9638	9643	9649	9654	9659	9665
2.6	9670	9675	9680	9685	9690	9695	9700	9705	9710	9714
2.7	9719	9723	9728	9732	9737	9741	9745	9749	9753	9757
2.8	9761	9765	9769	9773	9777	9781	9784	9788	9791	9795
2.9	9798	9802	9805	9809	9812	9815	9818	9821	9824	9828
3.0	9831	9833	9836	9839	9842	9845	9848	9850	9853	9856
3.1	9858	9861	9863	9866	9868	9870	9873	9875	9877	9880
3.2	9882	9884	9886	9888	9890	9892	9894	9896	9898	9900
3.3	9902	9904	9906	9907	9909	9911	9912	9914	9916	9917
3.4	9919	9921	9922	9924	9925	9926	9928	9929	9931	9932
3.5	9933	9935	9936	9937	9938	9940	9941	9942	9943	9944
3.6	9945	9947	9948	9949	9950	9951	9952	9953	9954	9955
3.7	9956	9956	9957	9958	9959	9960	9961	9962	9962	9963
3.8	9964	9965	9965	9966	9967	9968	9968	9969	9970	9970
3.9	9971	9972	9972	9973	9973	9974	9974	9975	9976	9976
4.0	9977	9977	9978	9978	9979	9979	9980	9980	9980	9981
4.1	9981	9982	9982	9983	9983	9983	9984	9984	9984	9985
4.2	9985	9985	9986	9986	9986	9987	9987	9987	9988	9988
4.3	9988	9988	9989	9989	9989	9990	9990	9990	9990	9990
4.4	9991	9991	9991	9991	9992	9992	9992	9992	9992	9993
4.5	9993	9993	9993	9993	9993	9994	9994	9994	9994	9994
4.6	9994	9994	9995	9995	9995	9995	9995	9995	9995	9995
4.7	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9996
4.8	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997
4.9	9997	9997	9997	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998
5.0	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998
5.1	9998	9998	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999

Figura A 2. Tabla de Ennis *et al.* (2014) utilizada para determinar el d' en prueba 2AFC

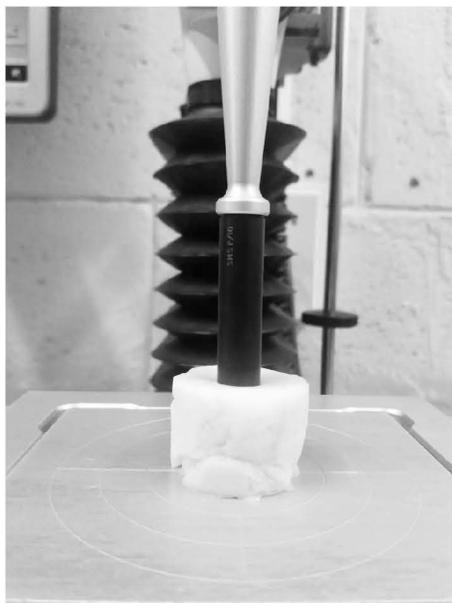
Anexo 2

Figura A 3. Análisis de textura del queso Palmito, imagen de la prueba

Anexo 3**Cuadro A I. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba JND**

Panelista	Par 1	Par 2	Par 3	Par 4	Par 5	Par 6
1	1	1	1	1	0	0
2	1	1	1	1	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	0	0	1
5	1	1	1	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0
9	1	1	1	1	0	0
10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	0	0
13	1	1	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0
15	1	1	1	0	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0
18	1	1	1	0	0	0
19	1	1	1	1	0	0
20	1	1	1	1	0	0
21	1	1	1	1	0	0
22	1	1	1	0	0	0
23	1	1	1	1	0	0
24	1	1	1	0	0	0
25	1	1	1	0	0	0
26	1	1	1	0	0	0
27	1	1	1	1	0	0
28	1	1	1	1	0	0

Continuación Cuadro A I. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba JND

Panelista	Par 1	Par 2	Par 3	Par 4	Par 5	Par 6
29	1	1	1	0	0	0
30	1	1	1	0	0	1
31	1	1	1	0	0	0
32	1	1	1	0	1	0
33	1	1	1	0	0	0
34	1	1	1	0	0	0
35	1	1	1	0	0	0
36	1	1	0	1	0	0
37	1	1	1	0	0	0
38	1	1	1	0	0	0
39	1	1	0	0	0	0
40	1	1	1	0	0	0

Anexo 4**Cuadro A II. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba 2AFC**

Panelista	Par 1	Par 2
1	0	0
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	0
11	1	1
12	1	0
13	1	1
14	1	1
15	1	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	0	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	1	0
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	0

Continuación Cuadro A ii. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba 2AFC

Panelista	Par 1	Par 2
29	1	1
30	1	1
31	0	1
32	0	1
33	1	1
34	1	0
35	1	0
36	0	1
37	1	1
38	1	1
39	1	1
40	1	1

Anexo 5**Cuadro A III.** Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general

Panelista	Queso 1,9 %	Queso 1,37 %	Queso 1,62 %	Queso comercial
1	5,4	6,5	9,2	5,6
2	8,3	6,7	7,4	2,1
3	9,6	9,9	9,2	9,5
4	7,5	7,5	5	2,5
5	4,8	9,7	5,3	6,9
6	3,5	9,1	10	7
7	9	9,6	9,3	9,8
8	6,7	8,9	9,4	9,8
9	9,8	9,2	6,7	6,5
10	5	7,5	6,9	5,6
11	9,8	10	6,2	7,9
12	6,7	8,8	9,9	10
13	1,4	2,7	8,7	0,5
14	6,2	8,1	9,6	8,2
15	8,4	8,1	10	10
16	9,2	9,2	9,2	8,5
17	10	8,2	9,5	5,4
18	9	8,2	10	7,3
19	10	7,7	8,4	6
20	5,2	3,8	2,1	7,1
21	9,6	8,5	7,2	7,6
22	0	6,2	8,8	8,5
23	10	10	10	10
24	9,5	8,9	9,5	10
25	10	8,3	5	2,3
26	9,9	9,8	9,6	8,6
27	6,9	2,8	7,8	9,1

Continuación Cuadro A III. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general

Panelista	Queso 1,9 %	Queso 1,37 %	Queso 1,62 %	Queso comercial
28	5	2,8	9,5	6,4
29	8	6,2	7,4	10
30	5	7,5	10	4,6
31	6,4	7,3	6,7	8,6
32	8	9,5	8,8	9,7
33	10	9,2	9,8	9,8
34	5,5	8,2	6,7	9,1
35	9,4	9,5	8,9	9,9
36	9,1	10	10	10
37	6,6	6,4	8,5	9
38	1,3	0,6	1	5,4
39	6,3	6,9	6,7	7,6
40	9,5	9,3	9,3	9,6
41	9,9	10	10	9,6
42	5,8	8	10	5,3
43	7,3	6,7	0,1	10
44	6,2	5	7,1	10
45	9,5	9,1	5,4	8,1
46	5,9	5	8,7	7
47	8,9	6,7	8,3	8,4
48	10	9,2	10	10
49	9	7,3	10	10
50	9,6	10	9,9	9,9
51	0,4	0,7	8,7	9,8
52	6,2	7,4	7,5	8,5
53	8,3	5,7	7,1	4,8
54	9,1	10	10	7,3
55	4,7	5,2	6,7	6,2

Continuación Cuadro A III. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general

Panelista	Queso 1,9 %	Queso 1,37 %	Queso 1,62 %	Queso comercial
56	7,5	10	5,8	5,8
57	4,5	9,7	6,6	5,2
58	8,1	6	5	9,4
59	10	6,8	5	6
60	6	4,3	7,1	10
61	8,8	9,1	7,1	5,6
62	9,1	10	10	7,2
63	4,6	6,5	7,5	9,1
64	8,9	10	8,9	8,3
65	5,9	9,3	10	6,6
66	9,7	8,1	7,1	8,3
67	8,8	6,5	7,2	8,2
68	9	8,6	7,7	8,8
69	5,9	0,1	8,5	0,2
70	2,4	2,7	9,6	9,5
71	4	5	4,6	5,3
72	10	8,4	9	7,8
73	10	9,6	10	9,9
74	8,9	7,8	9,1	10
75	5,2	6,8	6,2	8,2
76	6,1	4	9	8,4
77	8	5	7,1	8,6
78	3,1	10	10	5
79	4	5,4	5,4	9,5
80	8,5	8,4	5,2	3
81	0,8	9	8	9,7
82	9,1	9	9,2	9,5
83	7,3	8,6	9,9	9,4

Continuación Cuadro A III. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general

Panelista	Queso 1,9 %	Queso 1,37 %	Queso 1,62 %	Queso comercial
84	5,4	10	10	5,6
85	8,7	9,5	9,3	7,6
86	7,4	10	9,5	10
87	7,8	6	5	6,1
88	4,3	6,2	6	4,8
89	9,1	9,9	9,6	10
90	10	10	9,9	8,2
91	6,8	8,3	5,5	7,1
92	4,2	1,6	2,9	6,6
93	5	6,5	3,5	7,9
94	2	5,6	7,6	7,8
95	9,2	10	3	10
96	5	10	6,7	8,7
97	9,7	6,9	9,5	9,5
98	9,1	8	4,7	5,6
99	7,1	8,3	9,4	3,5
100	1,3	6,6	7,7	10
101	7,3	4,8	5	10
102	7	4,4	7,6	7,9
103	7,7	3,8	5,8	7,7
104	5	9,4	5	7,5
105	6,3	9,6	4,9	10
106	9,2	9,9	8,7	7,4
107	9,2	10	10	10
108	7,3	10	10	10
109	5	5,1	0,1	0,1
110	9,1	6,6	5,7	9,9
111	7,3	9,6	8,2	8

Continuación Cuadro A III. Resultados obtenidos mediante el sistema FIZZ para la prueba de agrado general

Panelista	Queso 1,9 %	Queso 1,37 %	Queso 1,62 %	Queso comercial
112	6,2	4,9	10	2,5
113	10	5	10	5
114	7,7	7,7	8	9,9
115	8,3	6,3	8,2	8,9
116	9,5	7,5	7,8	9,3
117	3,4	4,4	5,8	7,6
118	3,8	7	9,5	7,9
119	10	5	5	10
120	8,4	7,5	5	4,5

Anexo 6

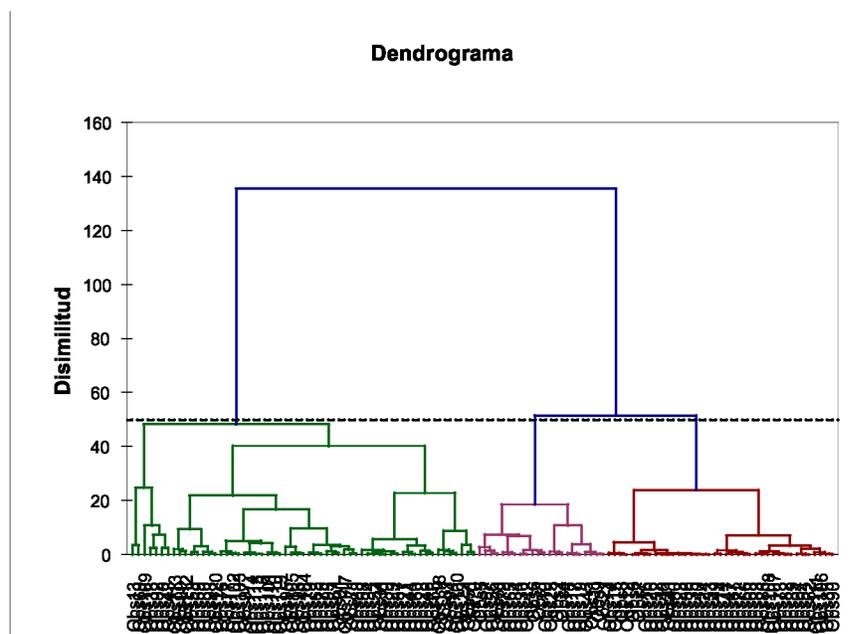


Figura A 4. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados

Anexo 7

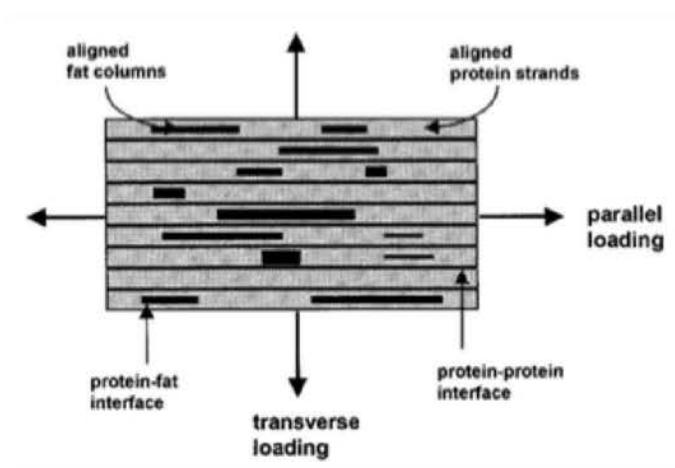


Figura A 5. Esquema estructural de las fibras en queso hilado

Fuente: Ak & Gunasekaran (1997).