



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Desarrollo de una cajeta de leche de vaca reducida en calorías
sabor capuchino.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: **INGENIERA EN ALIMENTOS**

PRESENTAN:

Cuadón Gómez Amayrany

Suárez Cruz Ruth

Asesora:

Dra. Sara Esther Valdés Martínez

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
JUSTIFICACIÓN	9
1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	10
1.1 Leche	10
1.1.1 Clasificación.....	11
1.1.2 Propiedades generales.....	14
1.1.3 Consumo y producción nacional de leche y productos lácteos	20
1.2 Productos lácteos.....	24
1.2.1 Quesos.....	24
1.2.2 Mantequilla	24
1.2.3 Cremas	24
1.2.4 Leche condensada azucarada	25
1.2.5 Leche fermentada o acidificada	25
1.2.6 Helados y Sorbetes.....	25
1.2.7 Dulces a base de leche	26
1.3 Aditivos e ingredientes.....	26
1.4 Cajeta de leche.....	28
1.5 Funcionalidad de ingredientes y aditivos para la fabricación de cajeta de leche de vaca.....	30
1.5.2 Jarabe de sorbitol.....	30
1.5.3 Jarabe de maltitol	30
1.5.4 Azúcar.....	31
1.5.5 Carragenina	31
1.5.6 Saborizante de capuchino.....	31
1.5.7 Color caramelo.....	32
1.5.8 Sorbato de potasio.....	32
1.5.9 Bicarbonato de sodio	32
1.6 Reacciones presentes en la elaboración de cajeta	33
1.6.1 Caramelización (Arias y López, 2019).....	33
1.6.2 Reacción de Maillard (Badui, 2016)	35
1.7 Microbiología en alimentos.....	41
1.7.1 Análisis microbiológico de alimentos.....	42
1.7.2 Microorganismos indicadores.....	43
1.7.3 Coliformes totales	44

1.7.4	Coliformes fecales.....	44
1.7.5	Salmonella.....	45
1.7.6	Staphylococcus aureus.....	45
2	CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
2.1	Cuadro metodológico.....	47
2.2	Descripción del cuadro metodológico	48
2.2.1	Problema general.....	48
2.2.2	Objetivo general.....	48
2.2.3	Objetivos particulares	48
2.3	Desarrollo de Actividades preliminares	49
2.3.1	Objetivo Particular 1	51
2.3.2	Objetivo particular 2	52
2.3.3	Objetivo particular 3	53
2.3.4	Objetivo particular 4	54
2.3.5	Objetivo particular 5	55
3	CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
3.1	Resultado de actividades preliminares	57
3.1.1	Objetivo particular 1	66
3.1.2	Objetivo particular 2	72
3.1.3	Objetivo Particular 3	73
3.1.4	Objetivo particular 4	80
3.1.5	Objetivo particular 5	81
4	CONCLUSIONES.....	90
5	BIBLIOGRAFÍA	91

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Clasificación de la leche.....	11
Tabla 2. Especificaciones para la leche por Proceso primario	12
Tabla 3. Tabla nutricional comparativa en 100 mL.....	15
Tabla 4. Características fisicoquímicas de la leche	20
Tabla 5. Clasificación de dulces de leche por humedad	26
Tabla 6. Aditivos para dulces a base de leche.....	27
Tabla 7. Denominación y clasificación del producto.....	28
Tabla 8. Especificaciones fisicoquímicas	29
Tabla 9. Microorganismos indicadores de calidad para la leche bronca	44
Tabla 10. Método de análisis microbiológico	50
Tabla 11. Métodos de análisis químico proximal.....	50
Tabla 12. Análisis fisicoquímico a leche entera	50
Tabla 13. Métodos para la determinación microbiológica de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías.....	53
Tabla 14. Cuenta microbiológica para Cajeta	53
Tabla 15. Métodos de Análisis Químico Proximal para la cajeta de leche de vaca reducida en calorías.....	54
Tabla 16. Métodos de análisis fisicoquímico para la cajeta de leche de vaca reducida en calorías...54	54
Tabla 17. Factores de conversión para el cálculo de contenido energético.....	55
Tabla 18. Denominación del producto de acuerdo con el contenido calórico	55
Tabla 19. Formulación base para elaboración de cajeta	57
Tabla 20. Resultado del análisis microbiológico de la leche de vaca.....	59
Tabla 21. Resultados de análisis químico proximal a leche de vaca.....	60
Tabla 22. Resultados de análisis fisicoquímico a leche de vaca.....	60
Tabla 23. Aditivos para elaboración de Cajeta de leche de vaca.....	62
Tabla 24. Formulaciones elaboradas para cajeta de leche de vaca reducida en calorías.....	63

Tabla 25. Formulaciones elaboradas para determinar la formulación de cajeta de leche de vaca reducida en calorías.....	65
Tabla 26. Formulaciones de las dos muestras seleccionadas.....	67
Tabla 27. Resultados del análisis microbiológico de cajeta de leche de vaca	73
Tabla 28. Análisis Químico Proximal de la cajeta.....	74
Tabla 29. Resultados de la prueba de consistencia	76
Tabla 30. Resultados de prueba de color a Cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino y Cajeta comercial	78
Tabla 31. Resultados del análisis fisicoquímico	79
Tabla 32. Contenido calórico de la cajeta	80
Tabla 33. Comparación de contenido energético de cajetas en 30 g de porción.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo y producción de leche de vaca (SIAP,2020)	21
Figura 2. Producción de Leche de vaca en los Estados líderes de México (SIAP, 2020).	21
Figura 3. Consumo y producción de leche de cabra (SIAP 2020).....	22
Figura 4. Producción de Leche de cabra en los Estados líderes de México (SIAP, 2020).....	23
Figura 5. Producción nacional de leche de vaca y leche de cabra (SIAP, 2020).....	23
Figura 6. Base de Schiff (Badui, 2006).....	37
Figura 7. Obtención de la glucosil- glicina (Badui, 2006)	37
Figura 8. Fructosilamina (Badui, 2006)	38
Figura 9. Transposiciones de Amadori y Heyns (Badui, 2006)	40
Figura 10. Polimerización y formación de sustancias coloreadas (Badui, 2006)	41
Figura 11. Cuadro metodológico de investigación.....	47
Figura 12. Formato de encuesta para sabor de cajeta.....	49
Figura 13. Formato evaluación sensorial	52
Figura 14. Formato de evaluación sensorial (prueba de aceptación o rechazo)	56
Figura 15. Diagrama de proceso para elaboración de cajeta base	58
Figura 16.Resultados de encuesta de preferencia de sabor	58
Figura 17. Diagrama de proceso de cajeta estandarizada	61
Figura 18. Diagrama de proceso de Formulación 25 “287”	67
Figura 19.Diagrama de proceso de Formulación 28 “642”	68
Figura 20.Formato evaluación sensorial	70
Figura 21.Gráfico con resultados de la evaluación discriminativa de la cajeta	71
Figura 22.Gráfico de la preferencia de la cajeta 287 y 642.....	72
Figura 23. Resultados de pruebas de aceptación y rechazo	82
Figura 24. Resultado de análisis sensorial.....	83
Figura 25. Resultado de comparación de medias para Sabor.....	84
Figura 26. Resultado de comparación de medias para Adherencia.....	85

Figura 27. Resultado de comparación de medias para Color	86
Figura 28. Resultado de comparación de medias para Consistencia.....	87
Figura 29. Resultado de comparación de medias para olor	88

RESUMEN

Se elaboró una cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino modificando su formulación por medio de la sustitución de sacarosa con edulcorantes, agentes de relleno y sabor artificial. Se realizó el Análisis Químico Proximal al producto final para determinar carbohidratos, proteína, humedad, cenizas y grasa para conocer su composición y poder comprobar que sea un producto reducido en calorías; además se realizó el análisis microbiológico para determinar; cuenta de mohos y levaduras, cuenta de coliformes totales, cuenta de coliformes fecales, cuenta de mesofílicos aerobios, *Salmonella spp* y *Staphylococcus aureus*, esto con el objetivo de descartar la posibilidad de una contaminación y poder garantizar un producto inocuo, de buena calidad que pueda ser consumido sin que le haga algún daño; también se realizó el análisis de consistencia, rendimiento y °Brix. Finalmente se realizó la evaluación sensorial del producto, comparando con una cajeta comercial (Coronado con 50% menos azúcar), para saber el grado de aceptación del consumidor en comparación con la cajeta comercial, obteniendo como resultado una buena aceptación por parte del consumidor.

INTRODUCCIÓN

La leche de vaca es uno de los productos más consumidos por el hombre, a nivel nacional, en el cuarto trimestre de 2021 la producción de leche de bovino se incrementó 1.7% obteniéndose un total de 11,807,556 litros consumidos en todo el año (SIAP 2021).

La leche es la principal materia prima para muchos postres, entre estos está la cajeta que es un dulce típico mexicano a base de leche de cabra o vaca originaria de Celaya, Guanajuato y también conocida como dulce de leche en Latinoamérica. La cajeta es elaborada por la cocción y evaporación de leche, azúcar y bicarbonato de sodio. Es un producto de gran consistencia, olor, color y sabor característico, el desarrollo de estas características depende de las condiciones y de las reacciones de *Maillard* y de *Caramelización* que se llevan a cabo durante el procesamiento (NOM-234.SSA1-2010).

México ocupa el segundo lugar mundial en obesidad en adultos después de Estados Unidos con un 32.4% (OECD 2017). Así como el primer lugar en obesidad infantil (INSP, 2019). El sobrepeso de la población mexicana se debe a la combinación de varios factores: mayor consumo de alimentos con alta concentración calórica, reducción de precios en este tipo de alimentos, disminución en la actividad física, factores genéticos, entre otros. La obesidad aumenta el riesgo de padecer múltiples enfermedades como: diabetes, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, acumulación de ácido úrico en el cuerpo, osteoartritis, hígado graso y ciertos tipos de cáncer. Tomando en cuenta esta problemática se propone elaborar un postre típico mexicano, para quienes deseen consumir postres bajos en calorías, una cajeta de leche de vaca reducida en calorías, sustituyendo el azúcar por edulcorantes y aditivos, tomando en cuenta su versatilidad y la sinergia que logran tener con la leche para así lograr las características similares a una cajeta comercial.

JUSTIFICACIÓN

La cajeta es un dulce tradicional mexicano cuyo origen se remonta a la época colonial en la región del Bajío, hoy Celaya, Guanajuato. Está elaborado a partir de leche de cabra o de vaca, azúcar, y bicarbonato de sodio. Su nombre se deriva del cajete de madera de tejamanil de pino utilizado, en su origen, para envasar de forma artesanal el producto. Existen variedades del producto como cajeta de leche quemada, cajeta de leche envinada y cajeta de leche con sabor, en diferentes presentaciones y formas de envasado. Asimismo, el uso de cajeta de leche se ha ampliado como materia prima y/o como ingrediente, en productos de confitería, panadería y heladería (PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011).

En 2017 se llevó a cabo el registro de la denominación de origen de la marca de la cajeta, para identificar a Celaya como la ciudad en donde nació dicho dulce, que fue evolucionando con diferentes presentaciones, y ser reconocida, a nivel nacional e internacional, como la cuna de la cajeta (Jiménez, 2017). México exporta cajeta y dulces de leche a países como Estados Unidos con un volumen de 500 toneladas anuales (Conasa México, 2020).

Por otra parte, en México hay una población infantil de 4.5 millones entre 5 y 11 años que padecen sobrepeso por el exceso de consumo de grasas y azúcares (INSP 2019). Por ello se propone elaborar una cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino sustituyendo la leche de cabra por leche de vaca debido a la baja producción, el azúcar por edulcorantes y aditivos que den las mismas características de una cajeta comercial para que las personas puedan disfrutar de un dulce típico mexicano sin exceder el consumo de calorías diarias y además apoyar a los productos hechos en nuestro país.

1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 Leche

Es una emulsión natural que es secretada por las glándulas mamarias tanto como del ser humano como de los animales mamíferos, cuyo fin es servir de alimento al recién nacido. En términos lacto lógicos el concepto de leche se refiere únicamente a la leche de vaca, obtenida como materia prima (leche cruda). En las explotaciones agrícolas contribuye más que otro alimento a la buena nutrición, suministra cantidades abundantes de los elementos esenciales que a veces escasean en los alimentos diarios. La leche recién ordeñada varía en su composición química. Algunas de las causas importantes de esta variación son: la especie de mamífero, raza, edad, etapa de crianza, salud, peso y estación del año (Spreer 1991).

El Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos Mexicanos define a la leche como el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro, sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede someterse a otras operaciones tales como la clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen el producto y cumpla con las especificaciones de su denominación (NOM-155-SCFI-2012).

La definición fisicoquímica menciona que es un sistema en equilibrio constituido por tres sistemas dispersos; solución, emulsión y suspensión. La solución está constituida por el agua de la leche y la lactosa, a su vez también se conforma de una emulsión directa O/W (aceite en agua) en la cual la fase continua se conforma por el agua de la leche y la fase dispersa se conforma por las proteínas y la materia grasa de la leche triglicéridos, lípidos complejos, y esteroides (Serrudo, 2014).

1.1.1 Clasificación

Se clasifica por cantidad de grasa, tipo de proceso, funcionalidad y sabor, si es que esta ha sido adicionada con algún aditivo. Revisar tabla 1.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LA LECHE

Cantidad de grasa	de	Proceso primario	Proceso secundario	Sabor
- Entera		- Rehidratada	- Pasteurizada	-Sabor a fresa, chocolate, vainilla etc.
- Semidescremada		- Reconstituida	- Ultra pasteurizada	
- Parcialmente descremada		- Deslactosada	- Micro filtrada Ultra	
			- Evaporada	
			- Condensada azucarada	
			- Deshidratada o en polvo	
			- Concentrada	

Fuente: NOM-155-SCFI-2012

Clasificación de leche por cantidad de grasa (Badui, 2006)

Leche entera: es la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro y sin substracción alguna de sus componentes naturales.

Una composición promedio de 79% agua, 10% proteínas, 7% grasa, 3% lactosa y 1% cenizas. Leche semidescremada: con una composición de 9% agua, 10% proteínas, 3.0% grasa, 3% lactosa y 1% cenizas. Leche parcialmente descremada: con una composición de 9% agua, 10% proteínas, 1.0% grasa, 3% lactosa y 1% cenizas.

Clasificación de leche por proceso primario

- a) Leche rehidratada: la que se obtiene mediante la adición de agua para uso y consumo humano o purificada a la leche en polvo, y estandarizada con grasa butírica en cualquiera de sus formas.

- b) Leche reconstituida: la elaborada a partir de leche en polvo descremada o ingredientes propios de la leche, tales como caseína, grasa butírica, suero de leche, agua para uso y consumo humano, con un contenido mínimo de 30 g por litro de proteína propia de la leche y 80 % de caseína con respecto a proteína total.
- c) Leche deslactosada: la que ha sido sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa, por medios enzimáticos, en glucosa y galactosa (Tabla 2).

TABLA 2. ESPECIFICACIONES PARA LA LECHE POR PROCESO PRIMARIO

Especificaciones	<i>Entera</i>	<i>Parcialmente descremada</i>	<i>Descremada</i>
Densidad a 15°C g/m	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.
Grasa butírica g/L	30 mín.	6 mín.	5 máx.
Acidez (Expresada como ácido láctico) g/L	1.3 mín. 1.7 máx.	1,3 mín. 1.7 mín.	1.3 mín. 1.7 mín.
Sólidos no grasos de la leche g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.
Lactosa g/L	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.
Caseína g/L	24 mín.	24 mín.	24 mín.

Fuente: NOM-155-SCFI-2012

Clasificación de leche por Proceso secundario

- a) Leche pasteurizada: leche estandarizada o no que se somete a un tratamiento térmico, consistente en una relación de temperatura y tiempo que garantice la destrucción de microorganismos patógenos y la inactivación de algunas enzimas.
- d) Leche ultra pasteurizada: leche estandarizada o no que se somete a un tratamiento térmico a una adecuada relación de temperatura y tiempo.
- e) Leche microfiltrada ultra: leche que se obtiene de la fase de leche descremada separada, microfiltrada, pasteurizada y posteriormente adicionada o no de crema ultra pasteurizada. El uso de empaques y envases asépticos protegen al producto de reincidencia de infecciones y reducen al mínimo cualquier modificación ya sea fisicoquímica u organoléptica. La leche ultra pasteurizada y microfiltrada ultra debe tener un punto crioscópico de entre $-0.499\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0.529\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Revilla, 1992).
- f) *Leche evaporada*: la que ha sido obtenida por la eliminación parcial del agua de la leche hasta obtener una determinada concentración de sólidos de leche no grasos y grasa butírica. Dicho proceso puede ir acompañado de la aplicación de vacío.
- g) *Leche Condensada azucarada*: la que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de la leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica 8% mínimo y sólidos totales 23% mínimo.
- h) *Leche deshidratada o en polvo*: la que ha sido sometida a un proceso de deshidratación, estandarizada o no. Consiste en reducir su contenido de agua hasta un límite máximo de 4%.

- i) *Leche* concentrada: la que se obtiene por la remoción parcial de agua de la leche, ya sea por ultrafiltración y ósmosis inversa hasta alcanzar la concentración deseada, debe tener como mínimo 34% de sólidos lácteos no grasos. Estas leches disminuyen su contenido de humedad por la adición de azúcar (NOM-155-SCFI-2012).

1.1.2 Propiedades generales

Propiedades químicas

La leche es un líquido con alto contenido de sólidos, abundantes inmunoglobulinas y con la siguiente composición promedio: 79% agua, 10% de proteínas, 7% de grasa, 3% de lactosa y 1% de cenizas; ésta por su gran composición de inmunoglobulinas, es sumamente sensible a la desnaturalización térmica. Los constituyentes de la leche se encuentran en tres estados físicos: solución, dispersión y emulsión (Fennema, 2000).

La elaboración de la cajeta principalmente es de leche de cabra, sin embargo, al ser reducida en calorías se ocupó leche de vaca, es por ello que en la tabla 3 se mencionan los componentes principales.

TABLA 3. TABLA NUTRICIONAL COMPARATIVA EN 100 ML

Elemento	Vaca	Cabra
Agua (g)	85.7	83.7
Proteína (g)	3.4	4.3
Grasa (g)	3.3	5.4
Lactosa (g)	4.6	4.2
Minerales (g)	0.72	0.77
Vit A (I.U)	158	191
Vit B (I.U.)	2.0	2.3
Tiamina (mg)	0.04	0.05
Riboflamina (mg)	0.18	0.12
Biotina (mcg)	2.0	1.5

Fuente: Flores, C.M.A., Pérez, L.R., Basurto, S.M., Jurado, G.M.R. (2009). La leche de cabra y su importancia en la nutrición. Creatividad y desarrollo tecnológico. 1(2), 107-113.

Agua

El contenido de agua de las diferentes especies de mamíferos puede variar del 36% al 90.5%; sin embargo, normalmente representa el 87% del contenido total de la leche. Dicha variación se debe a la alteración de cualquiera de sus componentes: Proteínas, lactosa, y sobre todo grasa. Por su importante contenido de agua, la leche permite que la distribución de sus componentes sea relativamente uniforme y de esa forma cualquier cantidad de leche, por pequeña que sea, contiene casi todos los nutrientes disponibles (Revilla 1982).

Grasa

Los lípidos figuran entre los constituyentes más importantes de la leche y sus derivados, ya que confieren características únicas de sabor, contenido nutrimental y propiedades físicas. La grasa de la leche es una buena fuente de energía y un excelente medio de transporte de las vitaminas liposolubles A, D, y E. El caroteno, precursor de la vitamina A, da a la leche el color “crema”.

Debido a que las vitaminas se encuentran en pequeñas cantidades. La fortificación de los alimentos en este caso la leche, es una de las estrategias para el control de deficiencia de hierro, vitamina A, D y calcio en América, (OMS, 2017).

Dentro de la leche, los ácidos grasos están presentes en forma de gotas citosólicas llamadas glóbulos grasos, con diámetros que oscilan entre 1 y 200 μm . Tanto el contenido total de lípidos como el de ácidos grasos puede variar considerablemente como respuesta a cambios en la dieta, raza del animal y el estado de lactancia entre un 3 y un 6%, aunque típicamente el contenido de grasa puede estar entre 3.5% y 4.7%. El factor que más influye en el contenido de lípidos en la leche es, en definitiva, la especie animal (Heid y Keenan, 2005).

La composición grasa de la leche está conformada en su mayoría por triglicéridos (Aproximadamente 98%), diacilglicerol (2%), colesterol (menos del 0.5%), fosfolípidos (alrededor del 1%) y ácidos grasos libres (0.1%). Debido a que la grasa de leche se encuentra relativamente emulsificada, es de fácil digestión. En la leche de vaca, los ácidos grasos saturados constituyen el 70% del peso total de la grasa, siendo el ácido palmítico el más común ya que representa el 30% de la grasa láctea por peso, seguido por el ácido mirístico y esteárico, que constituyen el 11 a 12% del peso. El 10.9% de los ácidos grasos saturados son de cadena corta. El contenido de ácido butírico y cúprico en promedio es del 4.4%, y apenas representan el 2.4% del total de ácidos grasos (Aranceta 2004).

Proteína

La función primaria de las proteínas lácteas es el aporte suficiente de aminoácidos indispensables y de nitrógeno orgánico para la síntesis y reparación de tejidos y otras proteínas de importancia biológica. La leche de vaca es considerada una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico, ya que contiene los diez aminoácidos indispensables (CANILEC, 2011).

La fracción de proteínas de la leche corresponde al 3-4% y se distinguen dos categorías principales que se definen por su composición química y propiedades físicas: la caseína, que constituye el 80% de las proteínas de la leche, contiene fósforo y coagula o se precipita a un pH de 4.6 y las proteínas del suero de la leche, que presentan el 20% restante, no contienen fósforo sino sulfuro y permanecen en solución en la leche a un pH de 4.6.

Proteínas de suero de la leche: son conocidas también como suero proteínas, se consideran proteínas solubles y se clasifican principalmente en albúminas y globulinas, entre las que se incluyen alfa lactoglobulinas, inmunoglobulinas, proteasas-peptidasas y otros compuestos nitrogenados minoritarios no específicos como la lactoferrina y lisozima. Las proteínas son consideradas proteínas de alto valor biológico que cuentan con un amplio perfil de aminoácidos que incluye aminoácidos azufrados como la cisteína y la metionina, aminoácidos de cadena ramificada, lisina y triptófano, con lo que se compensan las deficiencias de la caseína (Puri, 1968).

Caseínas: están constituidas por las fracciones *alfa*, *beta*, *kappa* y *lambda* caseínas, que se distinguen entre sí por su composición de aminoácidos y propiedades funcionales. Las caseínas se encuentran suspendidas en la leche a través de micelas, formadas por macromoléculas complejas de fosfoproteínas y glicoproteínas en suspensión coloidal. El papel nutrimental de la caseína es el suministro de aminoácidos, calcio y fósforo inorgánico (Sabharwal, 1972).

Lactosa

Es el principal carbohidrato de la leche y la contiene en un 4.5% aproximadamente. Es un 85% menos dulce que la sacarosa o azúcar común y contribuye junto con las sales, en el sabor global de la leche, siendo las cantidades de lactosa y sales inversamente proporcionales. La lactosa es fácilmente transformada en ácido láctico por la acción de bacterias.

La lactosa (4- β -D-galactopiranosil-D-glucopiranosida) se encuentra exclusivamente en la leche de los mamíferos y está constituida por una molécula de la galactosa y otra de glucosa, unidas mediante un enlace glucosídico. Algunos grupos étnicos no la toleran, fundamentalmente porque el juego intestinal de su sistema digestivo carece de la enzima B-D-galactosidasa, llamada lactasa (CANILEC, 2011).

Vitaminas y minerales

Las vitaminas son sustancias orgánicas necesarias para mantener la vida. Están presentes en pequeñas cantidades en la mayoría de los alimentos y regulan la utilización de los carbohidratos, grasas, proteínas y minerales. La leche contiene una gran cantidad de vitaminas en diferente proporción, y están agrupadas en liposolubles e hidrosolubles, las cuales se definen a continuación:

Vitaminas liposolubles: tanto la leche como los productos lácteos son considerados una importante fuente alimentaria de vitamina A; dicha vitamina interviene en funciones relacionadas con la visión, expresión génica, desarrollo embrionario, crecimiento, reproducción e inmuno competencia. Tanto la vitamina A como sus precursores llamados carotenoides principalmente β -caroteno, están presentes en distintas cantidades en la fracción grasa de la leche. La vitamina D interviene en la absorción del calcio.

Vitaminas hidrosolubles: tanto la leche como sus derivados contienen la gran mayoría de las vitaminas solubles en distintas cantidades, aunque destacan el contenido de vitamina B2 (riboflavina) y niacina; la leche aporta en menor

cantidad vitamina B1 (tiamina), vitamina B6 (piridoxina) y ácido fólico. Estas vitaminas se encuentran en el suero (Aranceta, 2004).

Propiedades físicas

Apariencia. Aspecto opaco debido a su contenido de partículas suspendidas, tales como; grasa, proteínas y sales minerales.

Color. Blanco a amarillo según coloración de la grasa. La leche desnatada es más transparente, con ligero color azulado (Artica, 2014).

Propiedades fisicoquímicas

La leche es un líquido blanco, opaco, más viscoso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y de olor poco acentuado. La leche al igual que sus derivados, presentan ciertas propiedades físicas particulares, que son el reflejo de su composición y de las interacciones de sus constituyentes; el color y la viscosidad son dos factores que el consumidor inmediatamente puede evaluar y con base a esto, rechazar o aceptar un producto. Es importante conocer otras características físicas como el peso específico, la temperatura de congelación, la densidad. Se puede considerar la leche como una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene numerosos elementos, unos en solución y otros en estado coloidal (Veisseyre, 1988).

Las características fisicoquímicas de la leche son las especificaciones que debe tener cada tipo de leche, en la tabla 4 los valores corresponden a leche entera de vaca.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA LECHE

Especificaciones	Leche entera de vaca	Método	Norma
Densidad a 15 °C (g/mL)	1.029 mín.	-Lactodensímetro	NMX-F-737-COFOCALEC-2016
Grasa butírica (g/L)	30 mín.	- Método Gerber - Milko scan	NOM-155-SCFI-2003
Acidez expresada como ácido láctico (g/L)	1.3 mín. 1.7 máx.	-Titulación ácido base	NOM-155-SCFI-2003
Sólidos no grasos de la leche (g/L)	83 mín.	-Por diferencia entre ST y Grasa	NOM-155-SCFI-2003
Punto crioscópico (°C)	Entre -0.510 (-0.530)	-Determinación del punto de congelación con Milko scan	NOM-155-SCFI-2003
Lactosa (g/L)	43 mín. 52 máx.	-Método de Lane y Eynon	NOM-155-SCFI-2003
Proteínas propias de la leche (g/L)	30 mín.	-Micro Kjeldahl -Milko scan	NOM-155-SCFI-2003
Caseína (g/L)	24 mín.	-Determinación de caseína por Kjeldahl	NOM-155-SCFI-2003
pH	6.50 – 6.70	-Medición electrométrica de iones hidrógeno con Potenciómetro	NMX-F-317-S-1978

Fuente: Veisseyre, R., (1988). lactología técnica. Zaragoza, España: Acribia.

pp. 33.

1.1.3 Consumo y producción nacional de leche y productos lácteos

En los últimos seis años se mostró un incremento en la producción nacional de leche de vaca. Para el año 2020, México registró una producción de leche de vaca de 11, 807,556 miles de litros como se muestra en la figura 1.

Al concluir noviembre de 2020, la elaboración de derivados y fermentos lácteos como quesos, crema y yogurt alcanzó un volumen de un millón 50 mil 493 toneladas, con un valor de 44 mil 392 millones de pesos. A nivel nacional, en el cuarto trimestre de 2017, la producción de leche de vaca se incrementó 1.7% (CONASA, 2020)

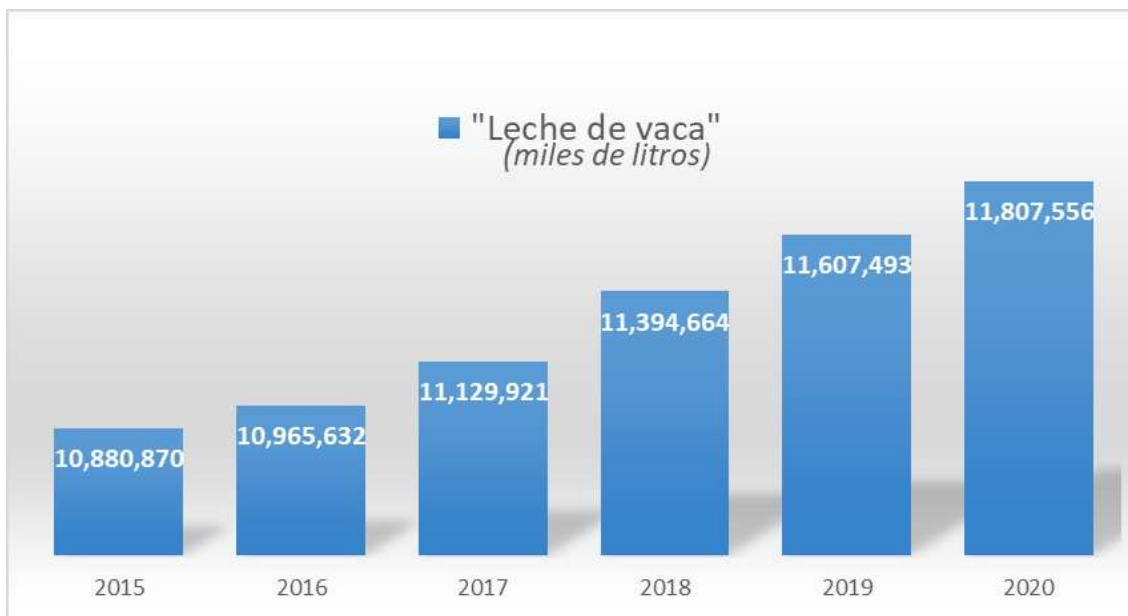


FIGURA 1. CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACA (SIAP,2020)

Los estados con mayor producción de leche de vaca son; Jalisco, Coahuila y Durango, en conjunto aportaron 46% que equivale a 5, 431,475 miles de litros de la producción total en el año 2020 como se muestra en la Figura 2.

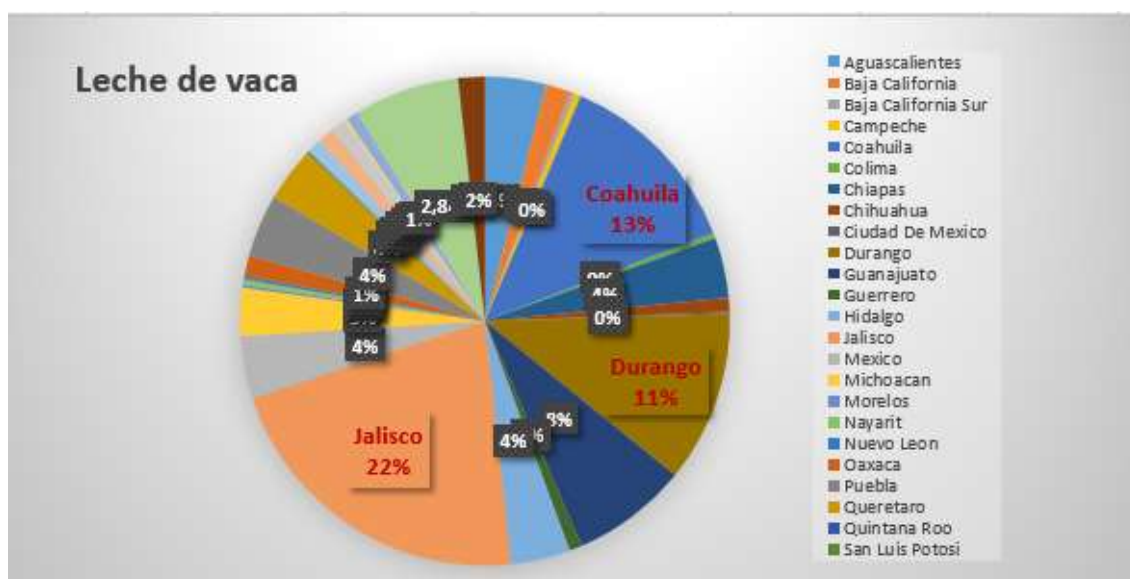


FIGURA 2. PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACA EN LOS ESTADOS LÍDERES DE MÉXICO (SIAP, 2020).

El Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP), registró una producción de 162 millones de litros de leche de cabra a nivel nacional en 2020 como se muestra en la figura 3. El municipio Santa Cruz de Juventino en Guanajuato, contribuyó con 5.7%, cabe destacar que una gran parte de la producción de esa entidad se destina a la elaboración de cajeta y derivados (SIAP, 2020).



FIGURA 3. CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA (SIAP 2020)

Los estados de Guanajuato, Coahuila y Durango destacan en producción de leche de cabra. En 2020, en conjunto aportaron 70.7% lo que equivale a 88,773.7 miles de litros del total nacional como se observa en la figura 4.

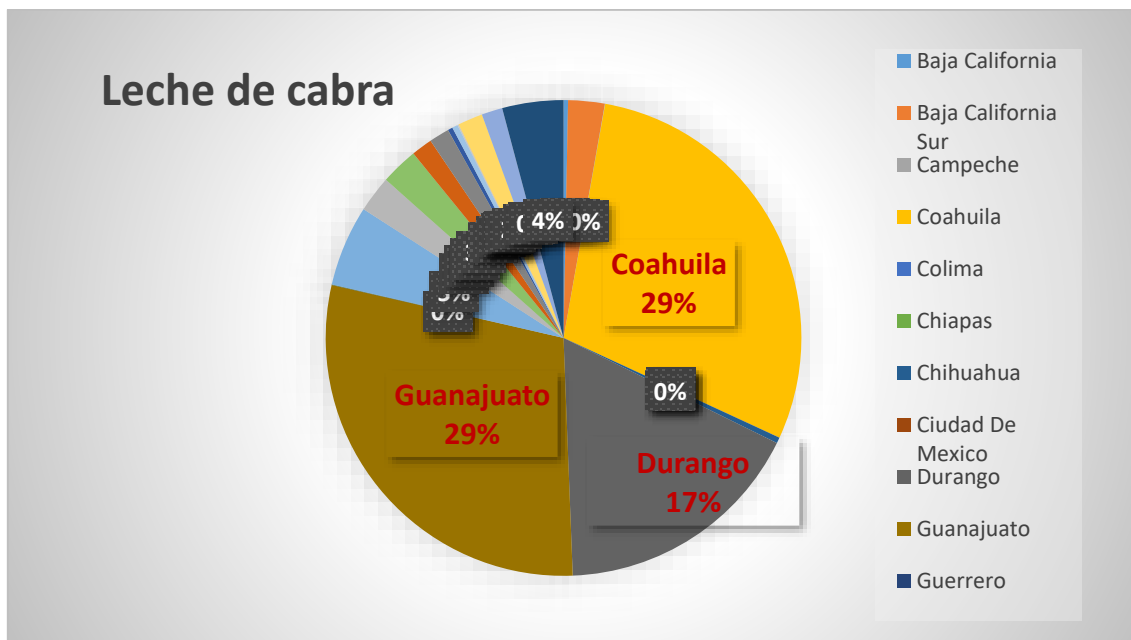


FIGURA 4. PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA EN LOS ESTADOS LÍDERES DE MÉXICO (SIAP, 2020)

De la producción total de leche en México para el año 2020, el 98.6% pertenece a la leche de vaca y solo el 1.4% pertenece a leche de cabra como se observa en la figura 5, es por ello la cajeta se elaboró con leche de vaca por la mayor producción.

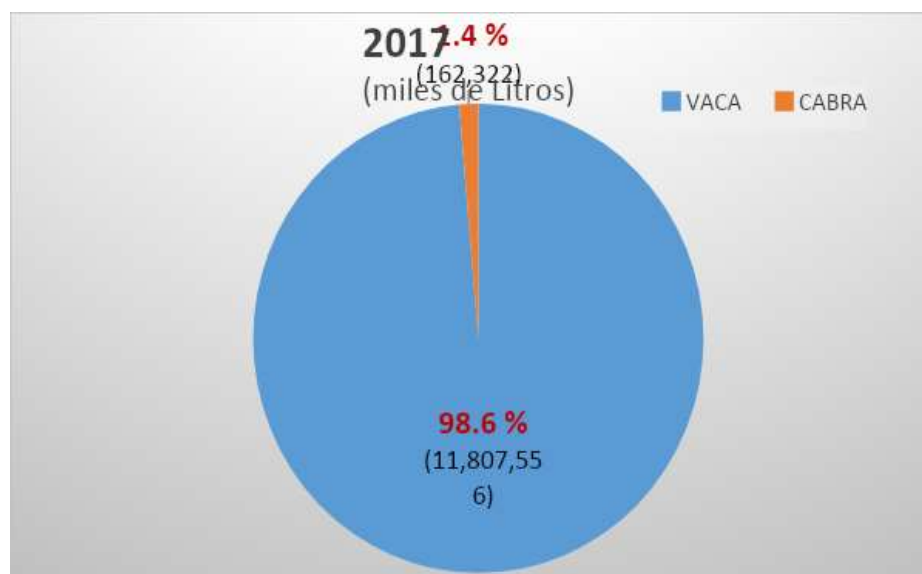


FIGURA 5. PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE DE VACA Y LECHE DE CABRA (SIAP, 2020)

1.2 Productos lácteos

Son los productos obtenidos a partir de la leche o sus componentes y otros ingredientes funcionalmente necesarios para su elaboración, incluidos los productos con grasa vegetal (NOM-243-SSA1-2010).

Tipos de productos lácteos

1.2.1 Quesos

Productos elaborados de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior, por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado, procesado y queso de suero (NOM-243-SSA1-2010).

1.2.2 Mantequilla

Producto obtenido a partir de la grasa de la leche o grasa de la crema, la cual ha sido pasteurizada, sometida a maduración, fermentación o acidificación, batido o amasado, pudiendo ser o no adicionada de sal. El contenido de grasa butírica debe ser mínimo de 80% (NOM-243-SSA1-2010).

1.2.3 Cremas

Al producto terminado en el que se ha reunido una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche, ya sea por reposo, por centrifugación o reconstitución sometida a pasteurización y cualquier otro tratamiento térmico que asegure su inocuidad.

Existen cuatro tipos de crema:

- Deshidratadas (Humedad < 4%)
- Acidificadas (Ácido láctico >0.5%)
- Fermentadas

- Batidas y para batir

1.2.4 Leche condensada azucarada

La que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de la leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica y sólidos totales (Veisseyre, 1988).

1.2.5 Leche fermentada o acidificada

Obtenida por la acidificación de la leche estandarizada entera o deshidratada, pasteurizada, parcialmente descremada, semidescremada o descremada, debido a la acción de bacterias lácticas vivas con la consiguiente reducción del pH, adicionada o no por aditivos, por alimentos e ingredientes opcionales (Veisseyre, 1988).

1.2.6 Helados y Sorbetes

Los helados son alimentos producidos mediante la congelación con o sin agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos pudiendo contener grasas vegetales, frutas, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes y otros aditivos alimentarios.

Los Sorbetes son el producto que cumple con la definición de helado, excepto en que su contenido de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales son inferiores a los del helado (NOM-036-SSA1-1993)

- Helados de crema
- Helados de leche
- Helados de grasa vegetal
- Sorbetes
- Bases para helados y sorbetes

1.2.7 Dulces a base de leche

Productos elaborados por tratamiento térmico de la leche y edulcorantes, pudiendo ser adicionados de aditivos e ingredientes opcionales (NOM-243-SSA1-2010).

Se clasifican en dulces de baja humedad, humedad intermedia y de alta humedad como se explica en la tabla 5.

TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE DULCES DE LECHE POR HUMEDAD

HUMEDAD (%)	TIPOS DE DULCES DE LECHE
Dulces de baja humedad (menos del 12%) o endurecidos	<ul style="list-style-type: none"> • Caramelos • Chiclosos • Jamoncillos, etc.
Dulces de humedad intermedia (12-20%)	<p>Se procesan mediante evaporación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glorias • Cajeta • Obleas con cajeta, etc.
Dulces de alta humedad (más de 20%),	<p>Son procesados por coagulación, aireación y procesos enzimáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flanes • Gelatinas • Arroz con leche • Mousse

Fuente: NOM-243-SSA1-2010.

1.3 Aditivos e ingredientes

Un aditivo es cualquier sustancia permitida que, sin tener propiedades nutritivas, se incluya en la formulación de los productos y que actúe como estabilizante, conservador o modificador de sus características organolépticas, para favorecer ya sea su estabilidad, conservación, apariencia o aceptabilidad. Food and Drug Administration (FAO, 2010).

En la tabla6, se muestran los aditivos que se pueden utilizar en los dulces a base de leche.

TABLA 6. ADITIVOS PARA DULCES A BASE DE LECHE

Aditivo	Límite máximo (mg/kg)
Ácido ascórbico	BPF (Buenas Prácticas de Fabricación)
Acido benzoico	1000
Ácido sórbico	600
Amarillo ocase FCF y sus lacas	200 solo o mezclado con otros colorantes.
Azul brillante FCF y sus lacas	200
Benzoato de sodio	1000
Carbonato de sodio hidrogenado	BPF (Buenas Prácticas de Fabricación)
Caramelo	
Clase I	BPF (Buenas Prácticas de Fabricación)
Clase II	150
Clase III	150
Clase IV	150
Goma guar	5,000 solo o mezclado con otros aditivos que tengan la misma función y que se listen en este apartado.
Goma xantano	5,000 solo o mezclado con otros aditivos que tengan la misma función y que se listen en este apartado.
Ponceau 4R y sus lacas	50
Rojo allura AC. y sus lacas	300
Sorbato de potasio	600
Sorbitol1	5,000

Fuente: NOM-243-SSA1-2010

1.4 Cajeta de leche

Es el producto elaborado con leche fluida, 100% de cabra o de vaca, adicionada de azúcares u otros aditivos e ingredientes permitidos por la Secretaría de Salud, con excepción de almidones de cualquier tipo, que se trata térmicamente hasta obtener la viscosidad y color necesarios que caracterizan al producto (PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011).

Clasificación

Se elaboran diversas cajetas dependiendo del uso e ingredientes como se muestra en la Tabla 7.

TABLA 7. DENOMINACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Denominación genérica	Tipo de leche	Variedades (opcional)
Cajeta	Leche de vaca	<ul style="list-style-type: none"> • Simple o natural • Quemada • Envinada • Con sabor u otros ingredientes como (nuez, almendra, piñón, cacahuete o caramelo)
	Leche de cabra	
Cajeta de uso industrial	Leche de vaca	No aplica
	Leche de cabra	

Fuente: PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011

Cajeta de uso industrial

Producto elaborado con leche fluida, 100% de cabra o vaca, azúcares u otros edulcorantes, que se trata térmicamente, pudiendo ser adicionado de saborizantes, colorantes, ingredientes opcionales, conservadores y otros aditivos permitidos, incluido el almidón, para darle al producto características tecnológicas especiales de aplicación, como en panadería, repostería, confitería y heladería. (PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011).

Tipos de cajeta. Existen cuatro tipos de cajeta clasificados con respecto a su sabor e ingredientes:

- **Natural.** Es una cajeta artesanal con color más claro por su menor tiempo de cocción.
- **Quemada.** Es la presentación tradicional de la cajeta y el tiempo de cocción es tres veces mayor al de la cajeta natural.
- **Envinada.** La cajeta adquiere un sabor envinado debido al adicionamiento de un ligero porcentaje de alcohol en su preparación además de contener canela.
- **Con sabor u otros ingredientes.** En la preparación de la cajeta se agrega normalmente vainilla para un sabor de endulzamiento ligero y diferente, además de poder agregar algunos otros Ingredientes como: nuez, almendra, piñón, etc. (PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011).

Las especificaciones fisicoquímicas de la cajeta se pueden observar en la tabla 8.

TABLA 8. ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS

Parámetro	Especificación	Método de prueba
Proteínas %	3.0 mín.	NMX-F-680-NORMEX-2002
Grasa %	2.0 min.	NOM-086-SSA1-1994
Humedad %	12-20	NOM-116-SSA1-1994
Almidón	Negativo	NMX-F-374-1983
° Bx		
Producto elaborado con leche de vaca	65 – 82	Refractómetro
Producto elaborado con leche de cabra	75 - 82	

Fuente: PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011.

1.5 Funcionalidad de ingredientes y aditivos para la fabricación de cajeta de leche de vaca

1.5.1 Leche

Sustancia obtenida del ordeño de los animales (p. ej. vacas, ovejas, cabras, búfalas). Comprende pasteurización, tratamientos de temperatura ultra elevada (UHT), esterilizada, homogeneizada o con contenido ajustado de grasa.

Es el medio de disolución para los azúcares presentes en la cajeta, para disolver todos los aditivos y hacer la mezcla para que se integren todos los ingredientes. La leche es la materia prima más importante en la elaboración de cajeta, debe presentar las siguientes características promedios: acidez 1.7 g/L, pH 6,51 y materia grasa del 3,51% (Espinal, G.C., Almanza, G. F., Barrera, S.E., Niño de Onshuus, Y., Meléndez, M.P., 1988).

1.5.2 Jarabe de sorbitol

Es un poliol (alcohol de azúcar) que se produce comercialmente mediante la hidrogenación de glucosa y está disponible tanto en forma líquida como en forma cristalina. Se utiliza como incrementadores del volumen, humectantes, secuestrantes, estabilizadores, edulcorantes, espesantes. El sorbitol es aproximadamente un 60 % tan dulce como la sacarosa y tiene un tercio menos de calorías (CODEX STAN 192-1995).

1.5.3 Jarabe de maltitol

Es un miembro de una familia de edulcorantes de carga conocidos como polioles o alcoholes de azúcar. Se produce mediante la hidrogenación de la maltosa, que se obtiene del almidón. Se utiliza como incrementador del volumen, emulsionante, humectante, estabilizador, edulcorante y espesante.

Es aproximadamente un 90 % tan dulce como el azúcar y tiene significativamente menos calorías. El maltitol es especialmente útil en la producción de dulces, que incluyen golosinas duras sin azúcar, goma de mascar, chocolates, productos horneados y helado (Garcia & López, 2004).

1.5.4 Azúcar

Los Hidratos de carbono o carbohidratos son sustancias que dan sabor dulce, aportan calorías (4 Kcal/g) y además actúan como conservantes. A este grupo pertenecen la glucosa, la fructosa, la sacarosa, la lactosa, la maltosa, la galactosa y el azúcar invertido. Estructuralmente, estos compuestos están formados por una o más unidades de monosacárido. En función de la cantidad de unidades por las que esté formado el carbohidrato recibe el nombre de monosacárido (una unidad); disacáridos (2 unidades); oligosacáridos (entre 2 y 20 unidades) y, polisacáridos (más de 20 unidades).

La sacarosa purificada es obtenida de la remolacha azucarera y la caña de azúcar, está constituida por glucosa y fructosa siendo un disacárido, también conocido como azúcar común o azúcar de mesa, es uno de los edulcorantes naturales más utilizados en nuestros alimentos, es la principal fuente de energía para nuestro organismo. Proporciona el sabor dulce, ayuda a alcanzar la cantidad de sólidos solubles, y da volumen al producto final (NMX-F-084-SCFI-2004).

1.5.5 Carragenina

Es un hidrocoloide extraído de algas marinas rojas de las especies Gigartina, Hypnea, Eucheuma, Chondrus y Iridaea.

Se utiliza como aditivo para incrementador de volumen, emulsionante, agente gelificante, agentes de glaseado, humectantes, estabilizadores, espesantes tanto en sistemas acuosos como en sistemas lácticos.

Se comporta de manera diferente en agua y en leche. En el agua, se presenta, típicamente, como un hidrocoloide con propiedades espesantes y gelificantes. En el dulce de leche, tiene además la propiedad de reaccionar con las proteínas y proveer funciones estabilizantes (CODEX-STAN 192-1995).

1.5.6 Saborizante de capuchino

Son preparados especiales de sustancias que disponen de principios sápidos aromáticos, que son obtenidos directamente de la naturaleza, o en su defecto sustancias artificiales, de uso permitido en términos legales, capaces de actuar

sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no de manera exclusiva en ellos, y cuyos objetivos es reforzar el propio o transmitiéndole un sabor y/o aroma determinado, para de esa forma hacerlo más apetitoso al consumidor, pero no necesariamente con este fin (Buenrostro, 2017).

1.5.7 Color caramelo

Los colorantes alimentarios son un tipo de aditivos alimentarios que proporcionan color a los alimentos, si están presentes en los alimentos se consideran naturales y si por el contrario se añaden a los alimentos durante su procesado mediante la intervención humana se denominan artificiales.

En la cajeta pueden utilizarse tanto colorantes naturales como artificiales, normalmente el color se relaciona con el sabor, para la formulación de la cajeta se ocupará color caramelo es un aditivo que proporciona mejor aspecto al producto, es utilizado como colorante y emulsionante en los productos alimenticios (Buenrostro, 2017).

1.5.8 Sorbato de potasio

Es un aditivo que tiene por función ser una sustancia conservadora que protege al producto de hongos y levaduras, este conservador es de los más utilizados en la industria alimentaria debido a su mejor solubilidad en agua (NOM-243-SSA1-2010).

1.5.9 Bicarbonato de sodio

Es un compuesto sólido cristalino de color blanco soluble en agua, con un ligero sabor alcalino. Su función en alimentos es como, regulador de la acidez, antiaglutinantes, sales emulsionantes, leudantes, estabilizadores y espesantes. La dosis de aplicación depende de las Buenas prácticas de fabricación.

En la elaboración de cajeta se agrega para efectuar la neutralización de la acidez agregándose cuando todavía actúa el calor (mayor a 18°C) produciéndose lactato de sodio y desprendimiento de anhídrido carbónico con gran formación de espuma.

Se recomienda que el bicarbonato de sodio se disuelva en agua caliente, así se transforma en carbonato, produciendo la eliminación de parte del anhídrido carbónico que es el que forma la espuma (Ochoa Felipe y Asociados, 2008).

El bicarbonato de sodio se adiciona en la elaboración de la cajeta para evitar la coagulación de la caseína y neutralizar o reducir la acidez de la leche, necesario porque durante el proceso de elaboración el producto va evaporando la humedad y por ende el ácido láctico se va concentrando y la acidez va aumentando de manera que el proceso podría culminar por producir sinéresis. Por lo anterior, el uso de leche con acidez elevada produciría una cajeta con textura arenosa y áspera e impediría que el producto terminado adquiriera su color característico, ya que las reacciones de Maillard son retardadas por el descenso del pH por lo que se hace necesario reducir la acidez inicial de la leche (NOM-243-SSA1-2010).

El bicarbonato de sodio es el más utilizado por tratarse de un álcali suave, que usado en pequeñas proporciones no genera cambios en el sabor del producto final. El cálculo del neutralizante a utilizar debe realizarse con exactitud, ya que un defecto en la cantidad de neutralizante produciría un producto con coloración demasiado oscura y afectaría el sabor y en menor medida la textura del producto tendría un aspecto gomoso (Andrade, D.R., Vélez, I.G., Arteaga M.M., Díaz Q.Y., Sánchez S.S., 2009).

1.6 Reacciones presentes en la elaboración de cajeta

1.6.1 Caramelización (Arias y López, 2019)

Los azúcares presentes en un alimento también pueden sufrir modificaciones que conducen a coloraciones pardas, aunque estén ausentes los aminoácidos, como consecuencia de los tratamientos térmicos a temperaturas muy próximas a su punto de fusión. El fenómeno, conocido con el nombre de caramelización, puede ser frecuente en algunos alimentos procesados donde, además de los correspondientes pardeamientos, se desarrollan sabores y olores característicos.

La caramelización, también llamada pirólisis, ocurre cuando se alcanza y sobrepasa el punto de fusión de un carbohidrato sencillo (mono o disacárido) o cuando se calienta un jarabe de azúcar en presencia de catalizadores ácidos o básicos, siempre en ausencia de grupos amino. A lo largo de este proceso, se conduce a la formación de compuestos de color pardo con aroma típico a caramelo. El color caramelo se produce en un proceso de cocción controlado, de tal manera que se calientan los carbohidratos de grado alimenticio a varias temperaturas y presiones, con diferentes reactivos (Ej., ácidos, álcalis, compuestos que contienen sulfito, compuestos que contienen amonio) para ayudar al proceso de caramelización y producir una mayor intensidad de color. Este fenómeno requiere temperaturas superiores a 120°C y pH ácido (inferior a 3) o alcalino (superiores a 9), y se acelera con la adición de ácidos carboxílicos y algunas sales, sin la intervención de proteínas, aminoácidos ni otros compuestos con grupo amino. Se presenta en alimentos tratados térmicamente de manera drástica, tales como derivados de panificación, frituras y dulces a base de leche.

Cuando se trata de disacáridos, existe una hidrólisis previa que produce los correspondientes monosacáridos y estos se transforman en enoles. Seguidamente, aparece una deshidratación del enol que produce derivados furánicos que se polimerizan y dan lugar a pigmentos macromoleculares de tonalidad oscura llamados melanoidinas.

La caramelización puede orientarse bien hacia la formación de aroma o hacia la aparición de color, según sean las necesidades del proceso y las características deseables en el producto. Por ejemplo, el calentamiento de jarabes de sacarosa en una solución tamponada produce una fuerte fragmentación y, consecuentemente, una mayor producción de compuestos aromáticos, como furanonas, ciclopentenolona, ciclohexenolona, lactonas, pironas, ésteres y pirazinas. Tal es el caso de la producción de azúcar refinado y productos de confitería. Por otra parte, un jarabe de glucosa con ácido sulfúrico, en presencia de amoníaco, conduce a la formación de compuestos polimerizados intensamente coloreados cuya solubilidad y estabilidad aumentan en medio

ácido. Esta caramelización controlada se utiliza en la industria para fabricar caramelos sólidos o líquidos, de manera que puedan ser utilizados como insumos para los subsectores de bebidas, refrescos, panificación, postres y confites.

Cuando la caramelización es inducida térmicamente, dependiendo del tiempo y la temperatura utilizada, se obtienen tonos de color amarillo y marrón con la glucosa. El sabor así producido genera cambios desde leve, caramelo propio y dulce, hasta amargo y quemado. La reacción causa la liberación de H^+ , promoviendo la conformación de un medio ácido.

1.6.2 Reacción de Maillard (Badui, 2016)

Durante el procesamiento, almacenamiento y preparación de los alimentos, se forman coloraciones pardas u oscuras, las cuales se deben a reacciones de naturaleza enzimática o no enzimática. Entre las últimas se encuentran las reacciones de caramelización de los azúcares y la reacción de Maillard o reacción de pardeamiento no enzimático.

Con este nombre se designa un grupo muy complejo de transformaciones que traen consigo la producción de melanoidinas coloreadas que van desde amarillo claro hasta café oscuro, o incluso negro; para que se lleven a cabo se requiere de un azúcar reductor (cetosa o aldosa) y un grupo amino libre proveniente de un aminoácido o una proteína.

Aunque esta reacción se puede efectuar en diferentes condiciones está principalmente influenciada por los siguientes parámetros:

- **pH.** A un pH alcalino se incrementa la velocidad, por lo contrario, el mecanismo se inhibe en condiciones muy ácidas que por lo general se encuentran en los alimentos.
- **Temperatura.** Las temperaturas elevadas aceleran la reacción, pero debido a que su energía de activación es baja, también se observan en temperaturas de refrigeración.

- **Actividad de agua.** Los alimentos de humedad intermedia (entre 0,6 y 0,9) son los más propensos a que se de la reacción de Maillard por el elevado tamaño de cadena, y con mayor número de grupos amino libres, la matriz será más susceptible de sufrir pardeamiento por Maillard.
- **Tipo de aminoácido.** El tipo de aminoácido es decisivo, puesto que estos son más reactivos en medida en que se incremente el tamaño de la cadena y tengan más de un grupo amino. La lisina, la arginina, la histidina y el triptófano son aminoácidos bastante activos.
- **Tipo de azúcar reductor.** Los azúcares reductores que más favorecen la reacción de Maillard son en primer término las pentosas y en segundo término las hexosas; asimismo las aldosas actúan más fácilmente que las cetosas, y los monosacáridos son más efectivos que los disacáridos, con base en esto la xilosa es el azúcar más activo, seguido de la galactosa, la glucosa, la fructosa, lactosa, y maltosa, la sacarosa no interviene por no tener poder reductor, a menos que se hidrolice previamente.
- **Metales.** Los metales como el cobre y el hierro tienen un efecto catalizador sobre la formación de melanoidinas, lo que indica el carácter oxidoreducción de la última etapa de este mecanismo.

Etapas de la reacción de Maillard (Arías y López, 2019)

Consiste en 4 etapas principales que son: condensación del azúcar con el grupo amino, transposición de los productos de condensación, reacción de los productos de la transposición y polimerización y formación de melanoidinas y sustancias coloreadas.

Condensación del azúcar reductor con el grupo amino

Consiste en que el carbonilo libre de un azúcar reductor se condensa con el grupo amino libre de un aminoácido o una proteína. El azúcar debe tener una

estructura abierta para que su carbonilo sea atacado nucleofílicamente por el par de electrones del nitrógeno del grupo amino, y formar así la base de Schiff correspondiente como se puede observar en la Figura 6.

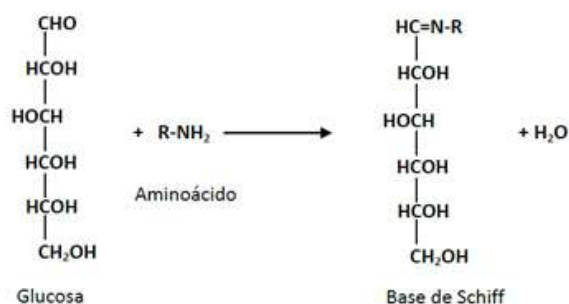


FIGURA 6. BASE DE SCHIFF (BADUI, 2006)

A su vez, la base de Schiff se cicla y genera una glucosilamina que puede ser, según intervenga una aldosa o una cetosa, alsosamina o cetosamina, respectivamente. Por ejemplo, si esta proviene de la glucosa y la glicina, el compuesto resultante se llamaría glucosil- glicina, como se puede observar en la Figura 7.

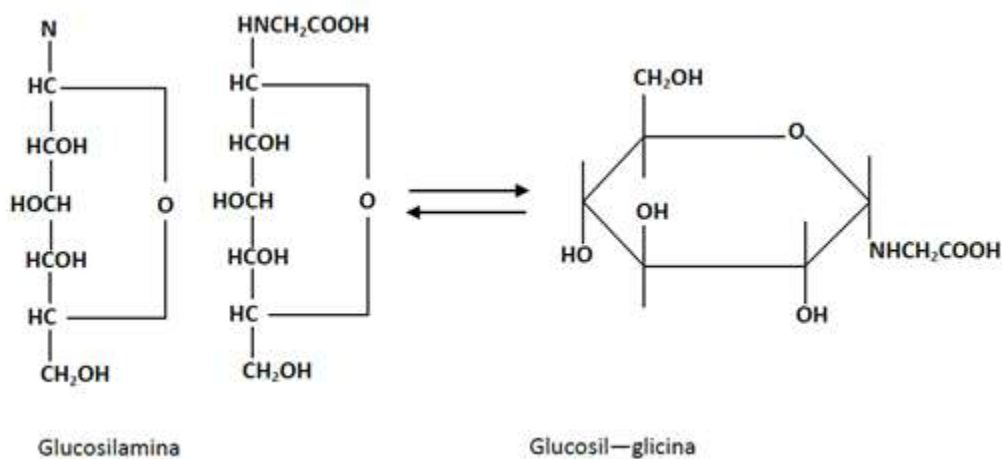


FIGURA 7. OBTENCIÓN DE LA GLUCOSIL- GLICINA (BADUI, 2006)

La fructosa, aunque con mayor dificultad, también puede condensarse y formar la fructosilamina como se puede observar en la Figura 8.

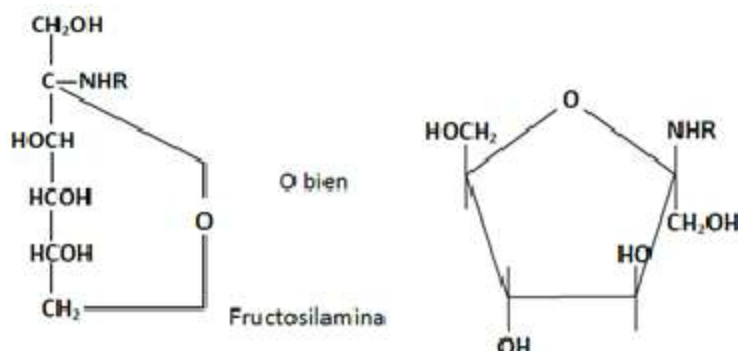


FIGURA 8. FRUCTOSILAMINA (BADUI, 2006)

Hasta este momento no hay producción de sustancias coloreadas ni de compuestos insaturados que absorben radiaciones.

La condensación puede producirse con cualquiera de los azúcares reductores presentes en un alimento: aldosas, cetosas, disacáridos, ácidos urónicos, etc. las pentosas suelen ser más reactivas que las hexosas, las aldosas más que las cetosas.

El proceso químico de la condensación depende del pH de un modo bastante complejo: la velocidad de la reacción se inhibe por los pH ácidos, mientras que la reacción se acelera por la catálisis ácida de los protones.

La condensación está favorecida, de acuerdo con la ley de acción de masas, en aquellos productos alimenticios que se comercializan parcialmente deshidratados.

Transposición de los productos de condensación

Tanto las aldosas como las cetosaminas hasta ahora producidas, son inestables y están sujetas a diversos cambios químicos; las primeras se isomerizan a cetosas por el mecanismo de Amadori. Mientras que las segundas se transforman en aldosas por la transposición de Heyns, Por ejemplo, la amino-2-desoxialdosa. Las dos isomerizaciones son reversibles y hasta aquí no se sintetizan aun sustancias coloreadas.

Se han detectado compuestos de Amadori con restos de aminoácidos diferentes en muchos alimentos calentados y almacenados, como por ejemplo las frutas y hortalizas desecadas, en productos lácteos, granos de cacao o salsa de soja. Los compuestos de Amadori son productos intermedios formados por la reacción de Maillard. A pesar de lo limitado de su estabilidad, se utilizan bajo ciertas condiciones como indicadores analíticos del grado del tratamiento térmico de los alimentos.

Las concentraciones de los compuestos de Amadori y de Heyns varían dependiendo de las condiciones de la reacción (pH, temperatura, tiempo, tipo y concentración de los productos). Como resultado, existe un cambio en el espectro de compuestos y por consiguiente en el color, sabor, olor, y otras propiedades de los alimentos en cada caso.

Reacción de los productos de isomerización

De acuerdo con el pH, la actividad de agua y la temperatura, los compuestos formados pueden sufrir modificaciones muy profundas. En esta fase aparecen algunos olores, se incrementa el poder reductor, se observan ligeras tonalidades amarillas y aumenta la absorción de las radiaciones ultravioleta.

Las principales reacciones que suceden son la deshidratación de los azúcares por isomerización enólica, también se producen compuestos como maltol, etilmaltol y el acetil-frano. Se presentan igualmente mecanismos de fragmentación de los azúcares enólicos como se puede observar en la Figura 9.

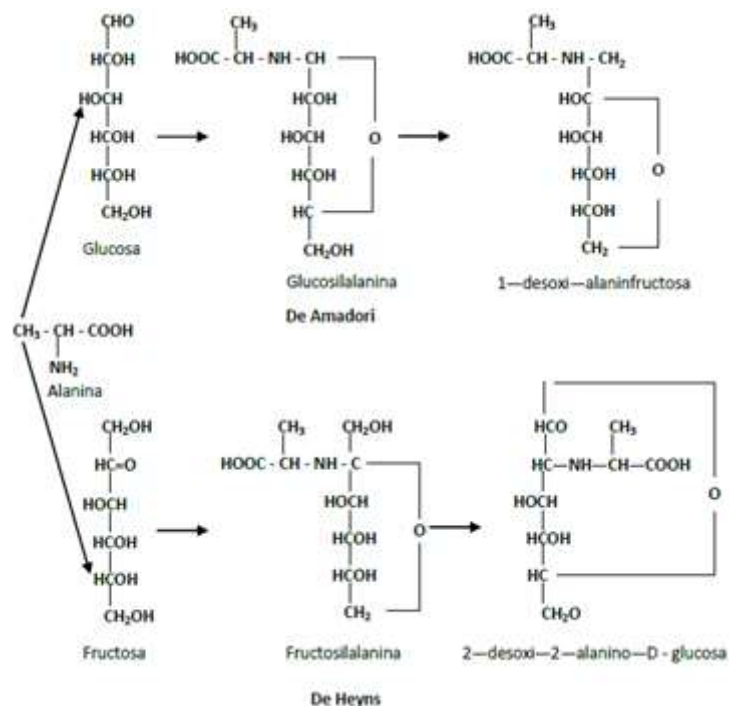


FIGURA 9. TRANSPOSICIONES DE AMADORI Y HEYNS (BADUI, 2006)

La mayoría de las sustancias formadas son insaturadas y muy reactivas, por lo que a su vez siguen diversas rutas químicas que dependen de acidez, temperatura, etc. para que prevalezcan.

Polimerización y formación de sustancias coloreadas.

La fase final de esta reacción es la polimerización de un gran número de compuestos insaturados (Figura 10) que trae consigo la síntesis de las sustancias coloreadas llamadas melanoidinas; a pesar de que su concentración es baja, ejercen un efecto muy marcado en la apariencia del alimento. El color se debe a una amplia absorción del espectro visible por parte de diversos cromóforos.

Para la síntesis del polímero influyen decididamente algunas moléculas como el furfural, el hidroximetil-furfural, las osulas, las desoxiosulas, los aldehídos, las pirazinas, los imidazoles, cetonas y reductasas; como muchos de ellos contienen carboxilos, se favorece la condensación aldólica.

1.7.1 Análisis microbiológico de alimentos

Entre las cualidades deseables que debe poseer un alimento cabe destacar que está exento de microorganismos patógenos. Aunque sea imposible desarrollar tolerancia cero para todos los alimentos elaborados bajo Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la producción de alimentos con el número más bajo posible de estos microorganismos es una meta deseable. En la actualidad hay menos fabricantes, pero producen más productos, lo que conduce a que los alimentos se almacenen un tiempo más largo y después se transporten para que lleguen a los consumidores. Se necesitan nuevas estrategias para garantizar la seguridad de los alimentos.

Las estrategias para controlar la calidad microbiológica tanto de materias primas como productos finales, el tiempo que se requería para obtener los resultados eran demasiado largos, el desarrollo y uso de ciertos métodos rápidos ha sido de gran valor para el proceso.

Los microorganismos localizados en el medio ambiente (entorno) donde se procesan alimentos contribuyen a la microbiota de estos. Un entorno extremadamente contaminado conduce a la obtención de un producto de baja calidad.

Cabe esperar un riesgo de contaminación secundaria del alimento con patógenos si estos se aíslan habitualmente en el entorno de la fábrica, Por ello, se deben tomar muestras con frecuencia para realizar análisis microbiológicos del ambiente en vez del alimento. Esto permite al investigador evaluar una fuente de contaminación secundaria en el proceso de alimentos (Microbiología de alimentos, 2005).

La leche contiene varios factores antimicrobianos: lisozima, lactoferrina, proteínas de la leche unidas a vitamina B12 y ácido fólico, lactoperoxidasa e inmunoglobulinas maternas. La lactoferrina tiene la capacidad de quelar el hierro. La lactoperoxidasa cataliza la síntesis de compuestos con efecto inhibitor sobre bacterias pero no levaduras o mohos (ICMSF, 1998).

Los microorganismos son importantes en la leche y los productos derivados porque producen aromas y propiedades físicas deseables en productos lácteos, pero otros pueden generar alteraciones y algunos patógenos o sus toxinas pueden tornar peligrosos a los productos lácteos. La diversidad en los microorganismos presentes es la responsable de la gran diferencia en las características organolépticas. La microbiota dominante incluye: a) bacterias lácticas (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, etc), b) *Pseudomonas*, c) *Micrococcaceae* (*Micrococcus* y *Staphylococcus*), y d) levaduras. Otros organismos presentes en la leche cruda son *Bacillus*, *Clostridium*, *Listeria*, *Enterobacteriaceae* (*Hafnia*, *Citrobacter*, *Serratia*), *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium* y *Propionibacterium* (Modern Food Microbiology, 2005).

1.7.2 Microorganismos indicadores

Examinar un producto en busca de microorganismos indicadores de calidad puede proporcionar información rápida, de confianza y simple sobre el proceso de elaboración de dicho alimento, contaminación post proceso, durante el proceso, contaminación desde el ambiente y del nivel general de higiene bajo el cual el alimento ha sido procesado y almacenado.

A menudo la vida útil de un alimento perecedero viene determinada por el número de microorganismos presentes inicialmente. Como regla general, un alimento que contenga una gran población de microorganismos alterantes tendrá una vida útil más corta que otro alimento del mismo tipo, si este contiene una población menor de microorganismos (Food Microbiology, 2007).

En la tabla 9 se mencionan los microorganismos indicadores de calidad microbiológica que suelen utilizarse con más frecuencia para leche destinada a consumo humano.

TABLA 9. MICROORGANISMOS INDICADORES DE CALIDAD PARA LA LECHE BRONCA

Microorganismo	Límite máximo	Referencia
Coliformes totales	≤ 10 UFC/g o mL	NOM-243-SSA1-2010
Coliformes Fecales (E. Coli)	≤ 3 NMP/g o mL	
<i>Salmonella spp</i>	Ausente en 25g o mL	
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤ 100 UFC/g o mL	
Hongos y levaduras	≤ 100 UFC/g máx.	PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011

1.7.3 Coliformes totales

Son las enterobacterias lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C.

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo “coliforme” forman parte varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etc. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas y cáscara de huevo (Microbiología Moderna de los Alimentos, 2002).

1.7.4 Coliformes fecales

Son coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a temperaturas comprendidas entre 44 y 45°C en presencia de sales biliares. Los coliformes fecales comprenden principalmente *Escherichia Coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*.

Su origen es principalmente fecal y por esos se consideran índices de contaminación fecal. Pero el verdadero indicador de contaminación fecal es *Escherichia Coli* tipo I ya que su origen fecal es seguro (Microbiología de alimentos, 2005).

1.7.5 Salmonella

Es un género de bacterias de distribución universal causante de salmonelosis y fiebre tifoidea. El período de incubación es por lo general entre 12 a 36 horas, aunque en ocasiones entre 6 y 48 horas. Se transmite por contacto directo o contaminación cruzada durante la manipulación y procesamiento de alimentos por malas prácticas de higiene. Debido a los avances tecnológicos y a la concientización sobre su prevención de quienes industrializan los alimentos, su presencia es eventual, por lo que este análisis se efectúa sólo en casos de sospecha, un gran número de bacterias provoca “salmonelosis”, infección gastrointestinal provocada por dicha bacteria.

Cuando la bacteria de Salmonella pasa de los animales hospedadores a los alimentos derivados (carne, huevos, leche) es capaz de multiplicarse a una velocidad muy elevada, ya que puede duplicar su número cada 15 ó 20 minutos si la temperatura es elevada (superior a 20°C), y más significativamente, si la temperatura ambiente supera los 30°C, ya que su temperatura óptima de crecimiento es de 30-37°C. Si los alimentos no se refrigeran rápidamente (el límite de crecimiento está en 6°C) el microorganismo se multiplica, con el consiguiente riesgo de contaminar los alimentos. Por tanto, temperatura y tiempo son dos factores claves en el desarrollo de la Salmonella (ELIKA, 2013).

1.7.6 Staphylococcus aureus

Bacteria que pertenece a la familia Staphylococcaceae. Es Gram positivo, aunque las cepas viejas o los microorganismos fagocitados se tiñen como Gram negativo. Tiene forma de coco y puede aparecer en parejas, en cadenas o en racimos, es inmóvil y algunas cepas producen una cápsula externa mucoide que aumenta su capacidad para producir infección. En relación con su metabolismo, es anaerobio facultativo, coagulasa positiva, catalasa positiva y oxidasa negativo.

Sobrevive durante semanas en los cadáveres, en los tejidos y órganos de los animales (carne) y, durante días, en la piel, en el suelo y en la superficie de los objetos metálicos y de vidrio. También puede crecer en soluciones salinas con una proporción de hasta un 15% de cloruro sódico.

La transmisión se produce principalmente por ingesta de alimentos contaminados con la bacteria o sus toxinas. En el ámbito laboral, la transmisión se produce por contacto con personas, animales (zoonosis) o elementos contaminados, ocurriendo principalmente por la contaminación de heridas y mucosas, por la inoculación accidental a través de pinchazos o cortes con objetos contaminados y por mordeduras de animales. Es responsable de muchos casos de enfermedad nosocomial (INSHT, 2012).

2 CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Cuadro metodológico

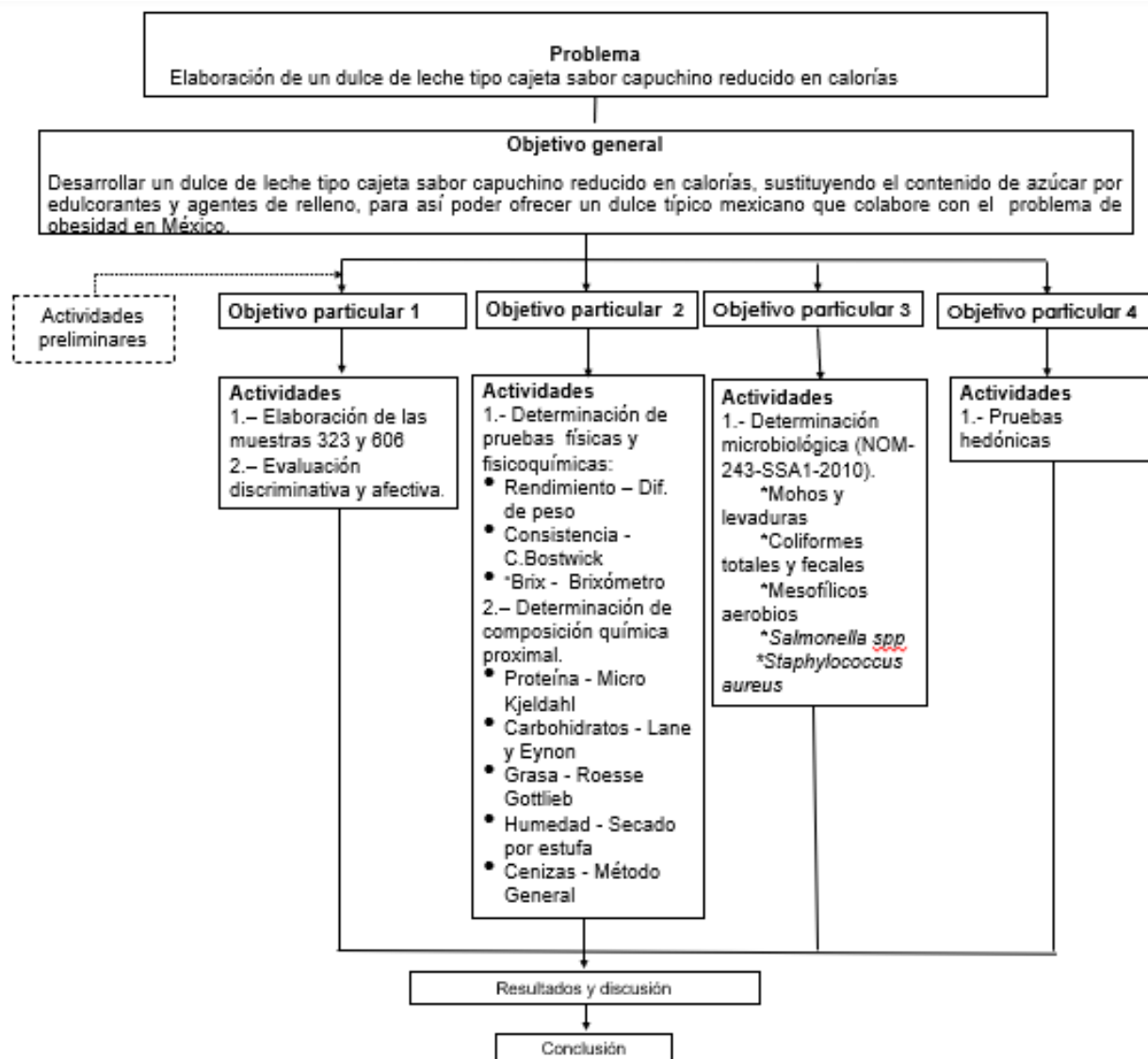


FIGURA 11. CUADRO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

2.2 Descripción del cuadro metodológico

2.2.1 Problema general

Elaboración de una cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino

2.2.2 Objetivo general

Desarrollar una cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino, utilizando aditivos alimentarios para ofrecer un producto con las nuevas tendencias de mercado

2.2.3 Objetivos particulares

- 1) Realizar un análisis sensorial discriminativo a las dos mejores formulaciones que resulten de la variación de aditivos alimentarios para determinar la formulación definitiva de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino.
- 2) Evaluar la calidad sanitaria de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino mediante un análisis microbiológico para corroborar el cumplimiento con la normatividad mexicana y garantizar un producto inocuo.
- 3) Realizar el análisis químico proximal (humedad, grasa, carbohidratos, proteína, y cenizas), propiedades fisicoquímicas (consistencia, color y °Bx) a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino para determinar su composición.
- 4) Calcular el contenido energético de la cajeta de leche de vaca sabor capuchino con base al cálculo de la NOM-086-SCFI-2015 para comprobar si el producto es reducido en calorías.
- 5) Realizar un análisis sensorial mediante pruebas de aceptación o rechazo a consumidores de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino con respecto a una cajeta comercial para determinar el grado de aceptación.

2.3 Desarrollo de Actividades preliminares

Se presentan las actividades que se llevaron a cabo previo al desarrollo del objetivo particular 1, las cuales sirvieron para la resolución de este.

- Investigación bibliográfica de Formulación base y diagrama de proceso para elaboración de cajeta.
- En la figura 12 se muestra la encuesta a consumidores para determinar el sabor preferido para la elaboración de la cajeta.

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: M F

La información que nos proporciones servirá para realizar una cajeta de sabor.

¿Has consumido la cajeta?

¿Te gusta la Cajeta?

¿Te gustaría una Cajeta de otro sabor?

Si la respuesta es sí, ¿Qué sabor preferirías?

FIGURA 12. FORMATO DE ENCUESTA PARA SABOR DE CAJETA

Realización del análisis microbiológico a la leche de vaca como materia prima mediante pruebas experimentales y de acuerdo con cada norma como se muestra en la tabla 10.

TABLA 10. MÉTODO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis	Técnica	Norma
Mohos y levaduras	Recuento en placa	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes totales	Recuento en placa	NOM-113-SSA1-1994
Coliformes fecales	NMP	NOM-210-SSA1-2014
<i>Mesofílicos aerobios</i>	Recuento en placa	NOM-092-SSA1-1994
<i>Salmonella spp</i>	Aislamiento selectivo	NOM-210-SSA1-2014
<i>Staphylococcus aureus</i>	Recuento en placa	NOM-210-SSA1-2014

(El análisis microbiológico se hizo por duplicado).

Realización del análisis químico proximal Tabla 11 y análisis fisicoquímico Tabla 12 a leche entera como materia prima por medio de las técnicas experimentales y por el equipo LactoScan 3000.

TABLA 11. MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Análisis	Método	Norma
Humedad	Secado por estufa	NOM-116-SSA1-1994.
Grasa	Roese Gottlieb	NOM-086-SSA1-1994
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-155-SCF1-2012.
Proteínas	Micro Kjeldahl	NOM-155-SCF1-2012
Cenizas	Método General	NMX-F-284-SCFI-2011

(El análisis químico proximal se hará por triplicado).

TABLA 12. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LECHE ENTERA

Análisis	Método
Densidad	LactoScan 3000
Conductividad	LactoScan 3000
Sólidos	LactoScan 3000
Adulteración de agua	LactoScan 3000
Temperatura	LactoScan 3000
Punto Crioscópico	LactoScan 3000

Elaboración y estandarización de cajeta original mediante BPM.

Investigación bibliográfica de la aplicación de aditivos alimentarios.

Realización de 28 formulaciones, las cuales fueron necesarias para llegar a las dos mejores formulaciones, variando el tipo y concentración de leche; (leche semidescremada, leche evaporada, leche en polvo y leche entera), aditivos alimentarios; (xantana, carragenina, maltodextrina, sucralosa, maltitol, sorbitol y sorbato de potasio como conservador) y el tipo de evaporación (directa y convección).

Evaluación mediante un panel de jueces semientrenados, del color, consistencia y sabor de cada formulación para determinar las dos mejores formulaciones y posteriormente realizar la evaluación sensorial para conocer la formulación definitiva como se explica en el objetivo particular 1.

2.3.1 Objetivo Particular 1

Pruebas discriminativas o afectivas a las dos formulaciones seleccionadas

Se realizó un análisis sensorial mediante pruebas discriminativas y afectivas utilizando una escala hedónica de cinco puntos, para el análisis de las dos formulaciones previamente seleccionadas por el panel de jueces. Dichas formulaciones se codificaron como “287” y “642”, se evaluaron los aspectos que se muestran en la figura 13, para que el consumidor eligiera la muestra de su agrado y así poder determinar la formulación definitiva para la Cajeta de leche de vaca reducida en calorías.

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: A continuación se le darán dos muestras de cajeta que deberá evaluar
Mediante la escala hedónica que aparece en el primer cuadro

ESCALA	CÓDIGO
Me disgusta mucho	5
Me disgusta	4
Me es indiferente	3
Me gusta	2
Me gusta mucho	1

ATRIBUTOS	287	642
Adherencia		
Color		
Olor		
Sabor		
consistencia		

FIGURA 13. FORMATO EVALUACIÓN SENSORIAL

2.3.2 Objetivo particular 2

Metodología para el análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías (formulación definitiva) para garantizar la inocuidad del producto mediante los análisis mostrados en la Tabla 13, verificando que cumpliera con los parámetros de calidad e inocuidad que marca la NOM-243-SSA1-2010 como se puede observar en la Tabla 14.

TABLA 13. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS

Análisis	Técnica	Norma
Mohos y levaduras	Recuento en placa	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes totales	Recuento en placa	NOM-113-SSA1-1994
Coliformes fecales	NMP	NOM-210-SSA1-2010
<i>Mesofílicos aerobios</i>	Recuento en placa	NOM-092-SSA1-1994
<i>Salmonella spp</i>	Aislamiento selectivo	NOM-210-SSA1-2014
<i>Staphylococcus aureus</i>	Recuento en placa	NOM-210-SSA1-2014

(El análisis microbiológico se hizo por duplicado).

TABLA 14. CUENTA MICROBIOLÓGICA PARA CAJETA

Análisis	Límite máximo	Referencia
Mohos y levaduras	100 UFC/g máx.	PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011
Coliformes totales	≤ 10 UFC/g o mL	NOM-243-SSA1-2010
Coliformes fecales	≤ 3 NMP/g o mL	
<i>Mesofílicos aerobios</i>	100,000 UFC/g o mL	
<i>Salmonella spp</i>	Ausente en 25g o mL	
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤ 100 UFC/g o mL	

(El análisis microbiológico se hizo por duplicado).

2.3.3 Objetivo particular 3

Metodología para el análisis químico proximal y pruebas fisicoquímicas Se realizó el análisis químico proximal (humedad, grasa, carbohidratos, proteína, y cenizas), pruebas fisicoquímicas (consistencia, color y °Bx,) y rendimiento a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino (formulación aceptada por el consumidor) de acuerdo a las técnicas mostradas en las siguientes tablas 15 y 16 para conocer su composición.

TABLA 15. MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL PARA LA CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS

Análisis	Método	Norma
Humedad	Secado por estufa	NOM-116-SSA1-1994.
Grasa	Roese Gottlieb	NOM-086-SSA1-1994
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-155-SCF1-2012.
Proteínas	Micro Kjeldahl	NOM-155-SCF1-2012
Cenizas	Método General	NMX-F-284-SCFI-2011

(El análisis químico proximal se hizo por triplicado).

TABLA 16. MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO PARA LA CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS

Análisis	Método	Referencia
Consistencia	Consistómetro de Bostwick	(López, 2014)
Rendimiento	Diferencia de pesos	Por diferencia
Color	Colorimetría	Escala pantone
°Bx	Refractómetro	NMX-F-436-SCFI-2011

(El análisis fisicoquímico se hizo por triplicado).

2.3.4 Objetivo particular 4

Contenido energético en la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino

Mediante los resultados que se obtuvieron del análisis químico proximal (humedad, grasa, carbohidratos, proteína, y cenizas), se procedió al cálculo del contenido energético de la cajeta de leche de vaca de acuerdo con lo establecido en la NOM-051-SCF1-2010 la cual indica los factores de conversión a utilizar para cada componente como se muestra en la Tabla 17, y comprobar mediante las especificaciones mencionadas en la NOM-086-SSA1-1994 que el producto elaborado era reducido en calorías, como se puede observar en la Tabla 18.

TABLA 17. FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EL CÁLCULO DE CONTENIDO ENERGÉTICO

Componente	Aporte energético
Carbohidratos	4 kcal/g
Proteínas	4 kcal/g
Grasa	9 kcal/g

Fuente: NOM-051-SCF1-2010

TABLA 18. DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO DE ACUERDO CON EL CONTENIDO CALÓRICO

Producto	Contenido calórico
Sin calorías	< 5 calorías/porción.
Bajo en calorías	≤ 40 calorías/porción Cuando la porción sea menor o igual a 30 g, su contenido de calorías debe ser menor o igual a 40 calorías/50 g de producto
Reducido en calorías	Siendo un 25% menor en relación al contenido de calorías del alimento original o de su similar.

Fuente: NOM-086-SSA1-1994

2.3.5 Objetivo particular 5

Pruebas de aceptación o rechazo a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino

Se realizó un análisis sensorial con 100 consumidores de entre 12 años y 50 años, la mayoría fueron universitarios, padres de familia y niños, utilizando una escala hedónica de 5 puntos como se puede observar en la Figura 14, para evaluar la cajeta de leche de vaca reducida en calorías codificada como "146", usando como referencia una cajeta comercial la cual se codificó como "856" y poder determinar el grado de aceptación por parte del consumidor.

PROCEDIMIENTO:

1.-A cada consumidor se le dio una hoja para realizar la evaluación (Figura 14), se colocaron las dos muestras (146 y 856), se dieron dos cucharas, dos galletas y un vaso con agua.

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: A continuación se le darán dos muestras de cajeta. C856 es la muestra de referencia en la que se debe basar para calificar la muestra A146". Marcando con una X el nivel de agrado de la muestra

NIVEL DE AGRADO	CÓDIGO
Me gusta mucho	5
Me gusta moderadamente	4
Me es indiferente	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

1.- Con respecto a la muestra C856, ¿Qué tanto te gusta el SABOR de la muestra A146?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

2.- Con respecto a la muestra C856, ¿Qué tanto te gusta la ADHERENCIA de la muestra A146?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

3.- Con respecto a la muestra C856, ¿Qué tanto te gusta el COLOR de la muestra A146?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

4.- Con respecto a la muestra C856, ¿Qué tanto te gusta la VISCOSIDAD de la muestra A146?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

5.- Con respecto a la muestra C856, ¿Qué tanto te gusta el OLOR de la muestra A146?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

OBSERVACIONES:

FIGURA 14. FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL (PRUEBA DE ACEPTACIÓN O RECHAZO)

2.-Se les explicó a los consumidores el significado de cada atributo que debían evaluar:

- Sabor
- Adherencia
- Color
- Viscosidad
- Olor

3.-Se les explicó a los consumidores la forma en que harían la evaluación, y para ello debían tomar como referencia la cajeta codificada como 856 para evaluar la cajeta codificada como 136.

4.-Por último, antes de que iniciaran la evaluación se les dieron las siguientes recomendaciones:

- Antes de iniciar con la evaluación deberán enjuagar su boca con un poco de agua y escupirla.
- Deberán comer un trozo de galleta.
- Al cambiar de muestra deberán enjuagar su boca con un poco de agua.
- Deberán utilizar una cuchara para cada muestra y evitar combinarla para no revolver las muestras y no afectar la evaluación
- Para medir la adherencia deberán poner un poco de cada muestra sobre cada galleta, identificando cada una sin revolver las muestras

5.-Se procedió al inicio de la evaluación sensorial.

3 CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de actividades preliminares

Se realizaron nueve actividades preliminares como se puede observar a continuación para resolver el Objetivo particular 1.

Investigación bibliográfica de formulación base y diagrama de proceso para elaboración de cajeta.

TABLA 19. FORMULACIÓN BASE PARA ELABORACIÓN DE CAJETA

INGREDIENTES	CANTIDAD
Leche	1000 g (76.85 %)
Azúcar	300 g (23.05%)
bicarbonato	1.25 g (0.10%)

Fuente: Clemente, 2013.

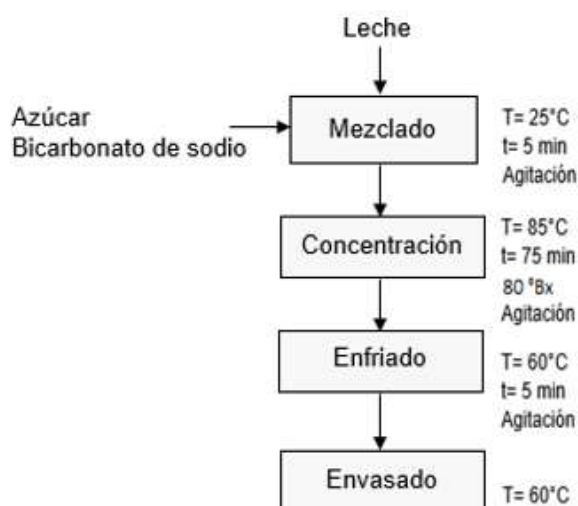


FIGURA 15. DIAGRAMA DE PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CAJETA BASE

Fuente: Andrade, Ricardo, Vélez, Gabriel, Arteaga, Margarita, Díaz, Yolanda, Sánchez, Saudit & Andrade, 2009.

Encuesta a consumidores para determinar el sabor preferido para la elaboración de cajeta. Se realizó a 20 consumidores de cajeta la encuesta que se muestra en la Tabla 12 para determinar el sabor a utilizar en la elaboración de cajeta de leche de vaca reducida en calorías, obteniendo como resultado 70% de preferencia para el sabor capuchino como se muestra en la figura 16.

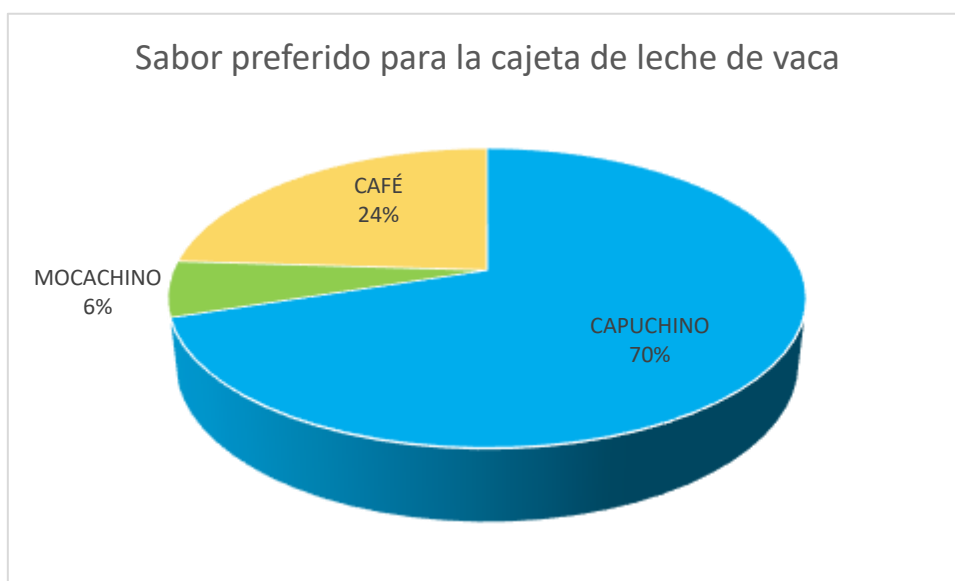


FIGURA 16. RESULTADOS DE ENCUESTA DE PREFERENCIA DE SABOR

Análisis de microbiológico a la leche de vaca como materia prima

Se realizó el análisis microbiológico por triplicado a la leche entera, empleada como materia prima para la elaboración de cajeta, aplicando las técnicas indicadas en la NOM-243-SSA1-2010. Los resultados obtenidos de dichos análisis se muestran en la Tabla 20.

TABLA 20. RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE DE VACA

Microorganismos	Resultado Experimental	Límite máximo permitido NOM-243-SSA1-2010
Mohos y levaduras	Ausente	Ausentes
Coliformes totales	<1 UFC/g	≤10 UFC/ mL por siembra directa
Coliformes fecales	<1 UFC/g	≤3 NMP/g o mL
<i>Mesofílicos aerobios</i>	Ausente	Ausentes
<i>Salmonella spp</i>	Ausente	Ausente en 25g o mL
<i>Staphylococcus aureus</i>	<1 UFC/g	≤10 UFC/ mL por siembra directa

Como puede observarse de la Tabla 20, todos los indicadores determinados de la leche se encontraron muy por debajo de los límites máximos marcados en la NOM-243-SSA1-2010, lo cual indica que la leche elegida es inocua y adecuada para ser empleada en la elaboración de un producto como la cajeta.

3.1.4 Análisis químico proximal y análisis fisicoquímico a leche entera de vaca como materia prima

Se realizó el análisis químico proximal y el análisis fisicoquímico a la leche entera como materia prima, mediante pruebas experimentales para determinar la composición y comprobar con el equipo (LactoScan 300) que no hubiera adulteración, cumpliendo con las especificaciones marcadas en las Tablas 3 y 4 y así poder utilizarla en el proceso de elaboración de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías.

TABLA 21. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL A LECHE DE VACA

Análisis	Resultados		Bibliografía PROY-NMX-F-743- COFOCALEC-2011
	Experimental	LactoScan 3000	
Humedad	89.1 %	89.3%	88%
Grasa	2.8 %	1.8%	3.3%
Carbohidratos	4.8 %	4.9 %	4.6%
Proteínas	3.1 %	3.3 %	3.4%
Cenizas	0.2 %	0.7 %	0.7%

El resultado obtenido de la composición de la leche experimentalmente y con el equipo Lactoscan 3000, fue como era de esperarse, muy similar entre sí, por lo que ambos métodos son aceptables. En comparación a la Tabla 3 se puede comprobar que cumple O COINCIDE con lo reportado en las especificaciones de composición química para leche entera, considerándose aceptada la leche para utilizarla en la elaboración de cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino.

TABLA 22. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO A LECHE DE VACA

Análisis	Resultado (LactoScan 3000)
Densidad	1.032 kg/m ³
Conductividad	4.9 S/cm
Solidos	8.95 %
Adulteración de agua	0
Temperatura	26 °C
Punto Crioscópico	-0.562 °C

El resultado obtenido del análisis fisicoquímico por medio de pruebas empíricas (LactoScan 3000) cumple con las especificaciones mencionadas en la tabla 22, por lo que al no haber adulteración en la leche entera se considera aceptada como materia prima para la elaboración de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías.

Ambas pruebas realizadas nos indican que la leche no se encuentra adulterada y que tiene la calidad necesaria para elaborar el dulce de leche.

Elaboración y estandarización de cajeta

En la Figura 17 se muestra el diagrama de proceso que se aplicó para elaborar la cajeta con la formulación base marcada en la Tabla 19 (en página 55).

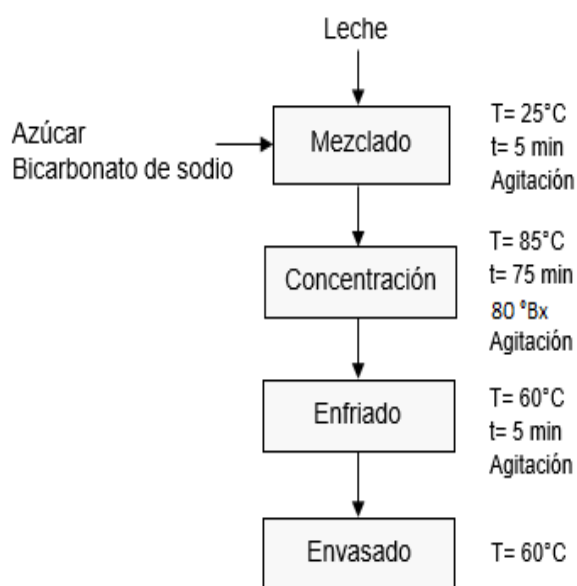


FIGURA 17. DIAGRAMA DE PROCESO DE CAJETA ESTANDARIZADA

Se elaboró la cajeta con la formulación base aplicando las Buenas Prácticas de Manufactura, para medir los tiempos requeridos para cada etapa, los cambios físicos observables en ellas, así como el incremento de sólidos solubles en el producto, medidos como °Bx.

3.1.6 Investigación bibliográfica de la aplicación de aditivos alimentarios para la elaboración de cajeta de leche de vaca reducida en calorías

Se realizó la revisión bibliográfica en documentos relacionados con el desarrollo de; dulces de leche, arequipes y cajetas, de ésta revisión se obtuvieron los valores de aplicación de los aditivos más comunes en la elaboración de este tipo de productos de donde se obtuvieron los rangos de uso para la elaboración de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías como se reportan en la Tabla 23.

TABLA 23. ADITIVOS PARA ELABORACIÓN DE CAJETA DE LECHE DE VACA

ADITIVOS / INGREDIENTE	APLICACIÓN
Polisacáridos: (Guar, Xanatana, Carragenina)	5000 mg/kg [c/u]
Consevadores: Sorbato de potasio	Para dulces y postres lácteos: De 1000 mg/kg a 1500 mg/kg
Edulcorantes: (sucralosa, maltitol, glucosa, sorbitol)	Sorbitol: 600 mg/kg Maltitol: 600 mg/kg Glucosa: 20 mg/kg Sucralosa: 400 mg/kg
Expesantes: Maltodextrina	BPF
Bicarbonato de sodio	0.04 a 0.07%
Colorante (caramelo)	150 mg/kg

3.1.7 Elaboración de las formulaciones necesarias para obtener la cajeta de leche de vaca reducida en calorías

En la Tabla 24 se muestran las observaciones que se hicieron al realizar cada formulación con la finalidad de descartar aquellas que no contaban con las características de una cajeta y obtener de entre estas 28, las mejores formulaciones de dicho producto.

TABLA 24. FORMULACIONES ELABORADAS PARA CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS

Formulación	Descripción
F1	Cajeta control (leche entera, azúcar y bicarbonato de sodio).
F2	Para reducir el contenido calórico se cambió a leche semidescremada, azúcar, glucosa, bicarbonato y se agregó el sabor capuchino.
F3	Se agregó leche evaporada (30% evap / 70% semi) y se agregó al final el sabor ya que se perdía al agregarlo en el proceso de evaporación.
F4	Se modificó la proporción de leche evaporada (20% evap / 80% semi) para ver la relación entre el tiempo de concentración y los °Bx obtenidos.
F5	Se modificó la proporción de leche evaporada (40% evap / 60% semi)
F6	Se quedó la proporción de leche utilizada de la F3 y se agregó jarabe de agave para suplir el azúcar.
F7	Se reemplazó el jarabe de agave porque daba un sabor desagradable y se sustituyó por jarabe de alta fructosa.
F8	Se modificó la proporción de leche y se disminuyó la concentración de jarabe de alta fructosa de 27% a 8%. También se cambió la forma de evaporación, de forma directa se cambió a baño maría ya que se generaba una costra al fondo del recipiente, evitando una evaporación homogénea y produciendo algunos gránulos en la cajeta.
F10	Al no tener los sólidos disueltos necesarios en la cajeta se agregó leche en polvo en una proporción de 90%-10% del total de leche utilizada.

F11	Se disminuye la proporción de leche en polvo 95%-5% porque no se hidrata bien y la cajeta quedaba con una consistencia pastosa.
F12	Se utilizó únicamente leche en polvo que se hidrata con agua para cumplir con los sólidos requeridos.
F13	Se regresa a leche fluida descremada y se aumentó el jarabe de alta fructosa a un 16% y se agregó sorbato de potasio para mejorar la consistencia.
F14	Se regresa a 8% de jarabe de alta fructosa y se aumentó el porcentaje de bicarbonato al 1% ya que no se desarrollaba la coloración de cajeta por la reducción de azúcar y se agregó goma guar.
F15 - F17	Se modifica la concentración de leche descremada y la de glucosa.
F-18	Se modifica una parte de leche descremada por leche en polvo para aumentar los sólidos.
F19	Al no hidratarse bien la leche en polvo, se quita y se agrega azúcar para incrementar los sólidos.
F21	Se reemplaza la goma guar por maltodextrina para tener una mejor consistencia de hilado como la cajeta.
F24	Se agrega sucralosa como edulcorante para mejorar el sabor y se modifica la cantidad de saborizante.
F25	Se sustituye el jarabe de fructosa por azúcar obteniendo mejor color.
F26	Se sustituye la leche descremada por leche entera para mejorar el color de la cajeta (brillante) y tener una mejor consistencia. También se sustituye la maltodextrina por sorbitol.
F27	Se quita la sucralosa ya que daba un resabio en el dulce de leche y se sustituye la glucosa por maltitol.
F28	Se modifica la cantidad de sorbitol y maltitol y finalmente quedó la formulación para el dulce de leche de vaca tipo cajeta.

En la Tabla 25 se muestran las 28 formulaciones que se realizaron con base en prueba y error, variando principalmente la concentración y el tipo de leche (semidescremada, evaporada, en polvo y entera), aditivos alimentarios (sorbato,

goma xantana, goma guar, carragenina, maltodextrina, sucralosa), y forma de evaporación (directa y baño maría), para determinar la formulación final de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías, así como el proceso más adecuado para la elaboración de la cajeta.

TABLA 25. FORMULACIONES ELABORADAS PARA DETERMINAR LA FORMULACIÓN DE CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS

FORMULACIÓN	L. Entera	L. Semidescrem	L. Evaporada	L. Polvo	Agua	Sorbito	Guar	azúcar	NaOHCO3	Jarabe de agave	Jarabe fructosa	Glucosa	Sabor	Sorbitol	Maltitol	Maltodextrina	Sucralosa	Carragenina
F1	76.85 %							23.05 %	0.10%									
F2		68.64 %						25.14 %				6.17 %	0.05 %					
F3		48.65 %	20.85 %					27.1%	1%			2%	0.4%					
F4		55.6%	13.9%					27.1%	1%			2%	0.4%					
F5		41.7%	27.8%					27.1%	1%			2%	0.4%					
F6		48.65 %	20.85 %						1%	27.1%		2%	0.4%					
F7		48.65 %	20.85 %						1%		27.1%	2%	0.4%					
F8		70.88 %	17.72 %						1%		8%	2%	0.4%					
F9		73.28 %	18.32 %						1%		5%	2%	0.4%					
F10		83%		9%					0.5%		5%	2%	0.5%					
F11		87%		5%				1%	0.5%		4%	2%	0.5%					
F12				82%	10%				0.5%		5%	2%	0.5%					
F13		79.32 %				0.5%	0.3%		0.06%		16.32 %	3%	0.5%					
F14		76.2%			10%	0.5%	0.3%		1%		8%	3%	1%					
F15		76.7%			10%	0.5%	0.3%		0.5%		8%	3%	1%					
F16		77.14 %			10%	0.5%	0.3%		0.06%		8%	3%	1%					
F17		72.17 %			10%	0.5%	0.3%		0.5%		9%	6%	1%					
F18		62.28 %		6.92 %	10%	0.5%	0.3%		1%		15%	3%	1%					
F19		76.2%			10%	0.5%	0.1%	0.2%	1%		8%	3%	1%					
F20		74.69 %			10%	0.1%	0.1%	2%	1%		8%	3%	1%					
F21		72.84 %			10%	0.16 %		2%	1%		5%	3%	1%			5%		
F22		83.84 %				0.16 %		2%	1%		6%	3%	1%			3%		
F23		73.34 %			10%	0.16 %			0.5%		5%	3%	1%			7%		
F24		83.19 %				0.16 %			1%		5%	3%	0.6%			7%	0.05 %	
F25		85%				0.16 %		6%	1%			3%	0.6%			5%	0.03 %	
F26	85%					0.16 %		6	1%			3%	0.6%	5.08 %			0.03 %	
F27	42%					0.16 %		10%	1%				0.6%	18%	19%		0.03 %	0.14%
F28	57%					0.16 %		10%	1%				0.6%	19%	12%			0.14%

Formulaciones realizadas para obtener la cajeta de leche de vaca reducida en calorías. De las 28 formulaciones realizadas, se rescataron las dos mejores; F25 y F28, después de haber evaluado el color, consistencia y sabor de cada formulación las cuales se codificaron como; “287” o “462” para posteriormente realizar la evaluación sensorial como se explica en el Objetivo 1.

Cabe resaltar que se suplió la forma de evaporación, en las primeras formulaciones se hacía de forma directa y al final se hizo con convección ya que el azúcar se caramelizaba y se generaba una costra al fondo del recipiente, evitando una evaporación homogénea y produciendo algunos gránulos en la cajeta.

3.1.1 Objetivo particular 1

Evaluación sensorial de las dos mejores formulaciones

Antes de realizar el análisis sensorial de las 2 formulaciones ganadoras, se prepararon estas, acorde a la formulación de cada una que se muestran en la Tabla 26, siguiendo los diagramas de proceso indicados en las figuras 18 para la fórmula 25 y la figura 19 para la fórmula 26. Para un manejo adecuado durante la evaluación sensorial con un panel de jueces semientrenado de 20 personas, quedo codificada la fórmula 25 con el número aleatorio 287 y la fórmula 27 con el número 462.

TABLA 26. FORMULACIONES DE LAS DOS MUESTRAS SELECCIONADAS

COMPONENTE	FORMULACIÓN "287"	FORMULACIÓN "462"
Leche	85 %	57 %
Sorbitol	N/A	19 %
Maltitol	N/A	12 %
Azúcar	6 %	10 %
Bicarbonato de sodio	1 %	1 %
Sorbato de potasio	0.16 %	0.16 %
Carragenina	N/A	0.14 %
Color	0.08 %	0.1%
Glucosa	3 %	N/A
Sabor capuchino	0.6 %	0.6 %
Maltodextrina	5 %	N/A
Sucralosa	0.03 %	N/A

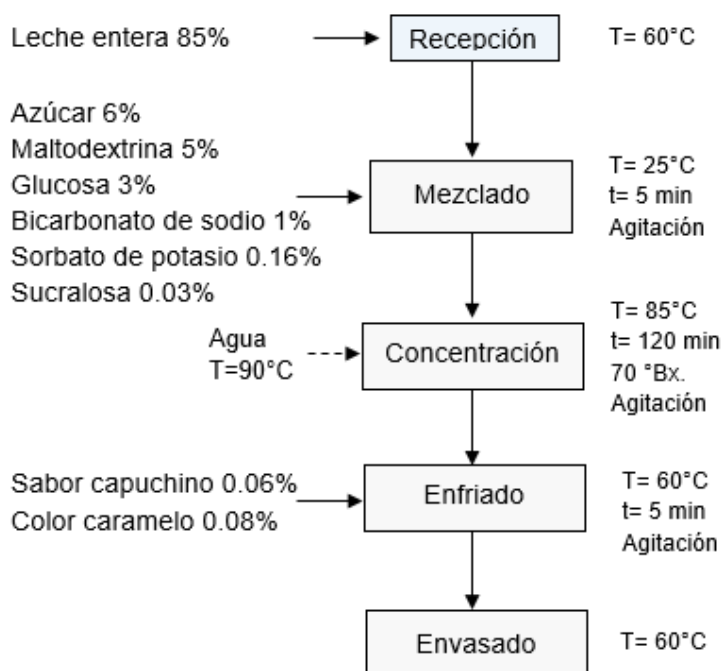


FIGURA 18. DIAGRAMA DE PROCESO DE FORMULACIÓN 25 "287"

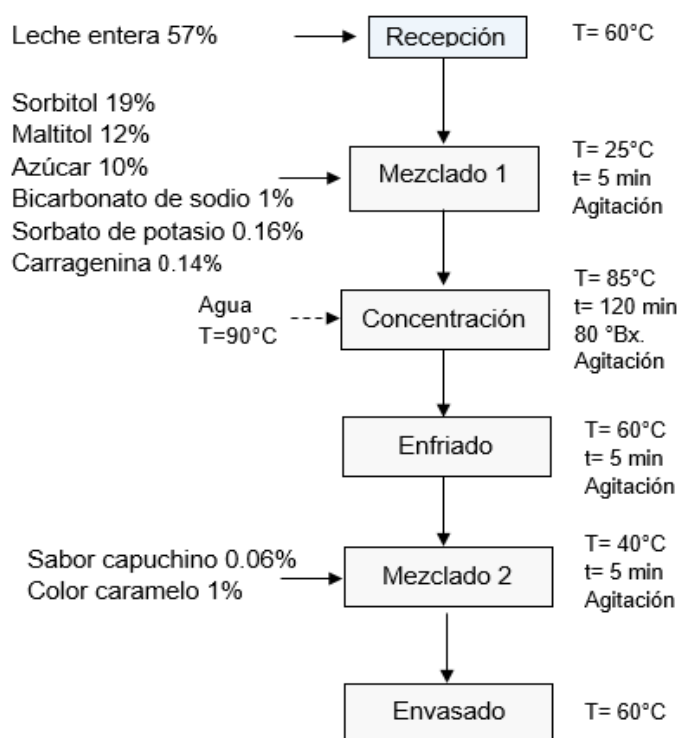


FIGURA 19. DIAGRAMA DE PROCESO DE FORMULACIÓN 28 "642"

Descripción del proceso

- **Recepción:** Proceso en el cual se recibió la materia prima, para el caso de la leche se verifica que el envase estuviera sellado y sin caducar, para el caso del azúcar y aditivos que se encuentren en buen estado, sin caducar y aptos para el consumo.
- **Mezclado:** Proceso en el que se integraron todos los ingredientes y aditivos para la elaboración de cajeta de leche de vaca reducida en calorías a una temperatura ambiente. Primero en la leche entera de vaca se agrega el azúcar hasta formar una disolución, después se agregó la carragenina como agente espesante seguido del sorbitol y maltitol mezclando perfectamente todos los componentes para una mejor funcionalidad en el proceso, finalmente se agrega el sorbato de sodio como conservador y por último bicarbonato de sodio para evitar que se afectara el sabor del producto.

- Concentración: La concentración de la leche con los demás ingredientes se hizo en un baño maría a 90°C para eliminar gradualmente el agua de la leche hasta alcanzar 80 °Bx. Para concentrar la mezcla se utilizó el baño maría con la finalidad de evaporar el agua manteniendo una temperatura constante y uniforme durante todo el proceso de concentración teniendo mayor área de contacto y así favorecer la transferencia de calor por convección evitando la caramelización del azúcar sobre las paredes del recipiente recalentado con la formación de una “costra”. En este proceso es donde se llevó a cabo la reacción de Maillard para dar el color y sabor característico de la cajeta.
- Enfriado: Se permitió la salida de vapor de la mezcla por agitación y uso de baño maría, hasta alcanzar 60°C en un periodo de 5 minutos, lo que permitió la uniformidad característica y evitó la apariencia de cortado además de la disminución de temperatura del producto final para posteriormente incorporar el colorante de caramelo y el saborizante de capuchino ya que es un componente volátil y su incorporación a altas temperaturas, habría conducido a perder parte de este.
- Envasado: A una temperatura de 60 °C se colocó el producto terminado para su fácil vertimiento en un envase de vidrio previamente sanitizado.

Resultado de evaluación discriminativa y afectiva

Después de haber preparado las dos formulaciones finales (287 y 642), se procedió a realizar la evaluación sensorial mediante pruebas discriminativas y afectivas como se muestra en el formato de la Figura 20, la evaluación se realizó con 20 consumidores para conocer de entre las dos formulaciones elegidas, la formulación definitiva para la cajeta de leche de vaca reducido en calorías, teniendo los resultados mostrados en la Figura 21.

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: A continuación se le darán dos muestras de cajeta que deberá evaluar
Mediante la escala hedónica que aparece en el primer cuadro

ESCALA	CÓDIGO
Me disgusta mucho	5
Me disgusta	4
Me es indiferente	3
Me gusta	2
Me gusta mucho	1

ATRIBUTOS	287	642
Adherencia		
Color		
Olor		
Sabor		
consistencia		

FIGURA 20.FORMATO EVALUACIÓN SENSORIAL

En la Figura 20 se muestra el formato que se presentó a los 20 consumidores para realizar la evaluación sensorial mediante pruebas discriminativas y afectivas.

En la siguiente Figura 21 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial realizada con 20 consumidores.

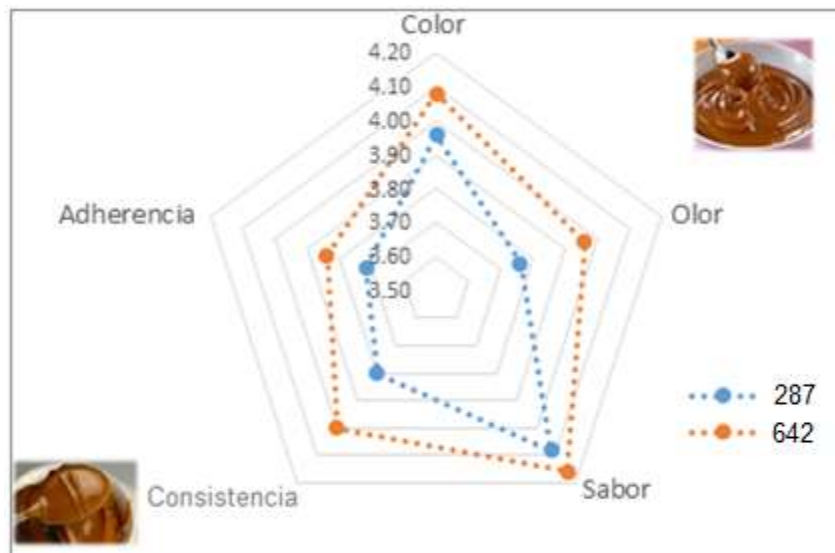


FIGURA 21. GRÁFICO CON RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DISCRIMINATIVA DE LA CAJETA

En la Figura 21, cada punto indica un atributo de la cajeta de leche de vaca, y los puntos que están más pegados a las orillas del pentágono indican que ese atributo les gustó mucho. Como se puede observar, los consumidores tuvieron mayor preferencia por el sabor, seguido del color y la consistencia para ambas muestras, pero la de mayor preferencia fue la muestra 642.

La razón del sabor se debe a que en la muestra 642 se utilizó más azúcar que en la muestra 287, mejorando así la reacción de maillard lo que impacta directamente en el color, intensificando el tono de la cajeta y favoreciendo la consistencia.

En conclusión, la muestra 642 se tomará como la formulación definitiva para la elaboración de leche de vaca reducida en calorías.

En la Figura 22 se muestra el porcentaje de preferencia que tuvieron los consumidores de cada una de las dos mejores muestras elegidas.

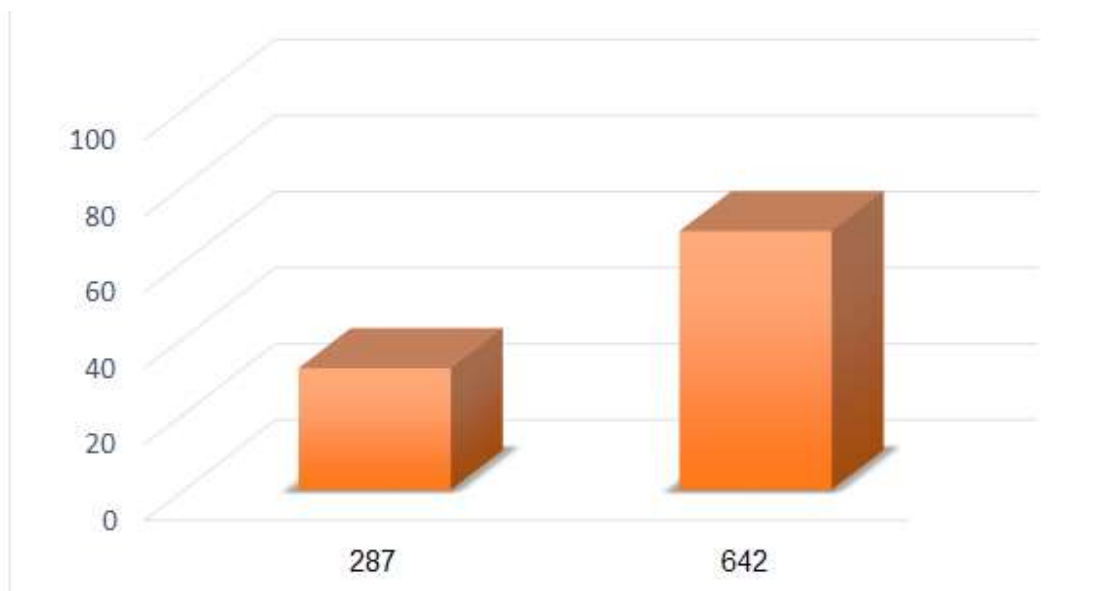


FIGURA 22. GRÁFICO DE LA PREFERENCIA DE LA CAJETA 287 Y 642

De las 2 formulaciones elegidas para ser evaluadas por los 20 consumidores, la muestra 642 fue preferida por el 60% y la muestra 287 fue preferida por el 40% de los consumidores. La 642 fue la muestra con mayor predilección en cuanto a sus características sensoriales por parte de los consumidores; la eligieron por presentar mejores características en cuanto a sabor, color consistencia, olor y adherencia.

3.1.2 Objetivo particular 2

Calidad sanitaria mediante análisis microbiológico de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías.

Se realizó el análisis microbiológico al producto terminado “Cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino” para garantizar que el producto cumpla con los parámetros de calidad e inocuidad como lo marca la NOM-243-SSA1-2010. Las pruebas se hicieron por duplicado y los resultados se muestran en la Tabla 27.

TABLA 27. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE CAJETA DE LECHE DE VACA

Microorganismos	Resultado Experimental	Límite máximo permitido NOM-243-SSA1-2010 (Tabla 14)
Mohos y levaduras	<1 UFC/g	100 UFC/g máx.
Coliformes totales	<1 UFC/g	≤10 UFC/g o mL
Coliformes fecales	<1 UFC/g	≤3 NMP/g o mL
<i>Mesofílicos aerobios</i>	<1 UFC/g	100,000 UFC/g o mL
<i>Salmonella spp</i>	Ausente	Ausente en 25g o mL
<i>Staphylococcus aureus</i>	<1 UFC/g	≤100 UFC/g o mL

En la Tabla 27 se puede observar que los resultados del análisis microbiológico de la cajeta de leche de vaca están por debajo de los límites máximos permitidos en la NOM-243-SSA1-2010. Por lo tanto, se considera un producto inocuo, que fue elaborado bajo las Buenas Prácticas de Manufactura y que puede ser consumido sin generar algún daño o representar un riesgo para los consumidores.

3.1.3 Objetivo Particular 3

Análisis químico proximal de cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino

A continuación se muestran los resultados del análisis químico proximal de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino (muestra 642) que fue la que los consumidores prefirieron en el análisis sensorial, se determinó humedad, grasa, carbohidratos, proteína, y cenizas.

TABLA 28. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA CAJETA

Componente	(%)	Referencia PROY- NMX-F-743- COFOCALEC-2011
Humedad	39.41 +/- 0.4	12 -20
Proteína	11.26 +/- 0.6	3 mín.
Lípidos	12.00 +/- 3	2 min.
CHOS (totales)	35.05 +/- 2	60 máx.
Cenizas	1.92 +/- 1	1.94 máx.

Como se puede observar en la tabla 28, el PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011 establece los parámetros mínimos y máximos para cada componente de AQP en la cajeta, siendo aceptados la mayoría de los resultados experimentales de AQP en la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino por no exceder los parámetros mínimos y máximos, con excepción de la humedad, la cajeta de leche de vaca tiene mayor cantidad de agua que como lo especifica la tabla, de esta forma es como se logra disminuir en gran cantidad las calorías de la cajeta, sustituyendo el azúcar por agua y edulcorantes, logrando un sistema lo más parecido a sus características de consistencia y sabor.

Determinación de pruebas fisicoquímicas

A continuación, se presentan los resultados de rendimiento, consistencia, color y grados brix como pruebas fisicoquímicas que se realizaron a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la cantidad de materia prima total y la cantidad de producto obtenido. Se obtuvo al pesar toda la materia prima requerida y el producto terminado; “Cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino”. El cálculo se hizo utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{Producto final}(g) * 100\%}{\text{Total de materia prima}(g)} \dots\dots\dots \text{Ec. (1)}$$

$$R = \frac{480 \text{ g} * 100\%}{1130 \text{ g}} = 42.5\%$$

Para obtener la cajeta de leche de vaca reducida en calorías, de toda la mezcla de ingredientes y aditivos que se sometió al proceso de concentración se obtuvo 42.5% de rendimiento como se puede observar en el resultado de la ecuación 1. Teóricamente el porcentaje de rendimiento de la cajeta es de 31% (Chacón, 2013), esto en una cajeta artesanal la cual no utiliza aditivos, en el caso de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías, se utilizaron agentes espesantes como la carragenina, que es un polisacárido que retiene agua para utilizarla en la formación de redes tridimensionales, evitando así la eliminación del agua y por esta razón la cajeta de leche de vaca tuvo mayor rendimiento.

Consistencia: Es una característica textural de gran importancia con el fin de indicar la consistencia del producto terminado y además sirve como control de calidad de materias primas o del producto en diferentes etapas del proceso.

Los consistómetros miden el grado de esparcimiento o fluidez de productos tipo plástico como lo es la cajeta.

El equipo utilizado fue un consistómetro de Bostwick en el cual se midió la distancia recorrida en una superficie nivelada bajo el propio peso de la cajeta de leche de vaca y de la cajeta comercial en un tiempo de 30 s. manteniendo un volumen constante para determinar la consistencia.

$$C = \frac{1}{\frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}}}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la prueba de consistencia que se hizo a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías en comparación a una cajeta comercial.

TABLA 29.RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CONSISTENCIA

PRODUCTO	TIEMPO (s)	DISTANCIA (cm)	DESV. EST.	CONSISTENCIA (cm/s)-1
Cajeta de leche de vaca reducida en calorías	30	3.7	0.2	8.0
Cajeta Coronado de leche de cabra con 50% menos azúcar	30	4.7	0.1	6.3

Como se puede observar, la cajeta de leche de vaca tiene mayor consistencia que la cajeta comercial. La cajeta de leche de vaca recorrió un centímetro menos de distancia que la cajeta comercial en el mismo intervalo de tiempo, por lo tanto, se dice que el esparcimiento o fluidez fue menor considerándose más consistente la cajeta de leche de vaca. Esto se debe a que la cajeta de leche de vaca contiene un polisacárido como gente espesante, lo que ayuda a que se formen enlaces entre las moléculas,

creando mayor cohesión entre ellas y evitando la deformación o esparcimiento del fluido.

Color: Se define como la sensación visual que se origina por la estimulación de la retina del ojo. La percepción del color incluye tres elementos necesarios: a) una fuente de luz, b) un objeto que es iluminado, y c) un observador.

- a) Fuente de Luz: La luz se propaga en forma de ondas electromagnéticas. La longitud de onda es una característica importante de la onda electromagnética. El ojo humano solo puede detectar longitudes de onda de la región visible (380 nm a 780 nm) del espectro electromagnético.
- b) Objeto: Las radiaciones de iluminación son modificadas por el objeto mediante procesos físicos como la transmisión, reflexión, absorción y dispersión. Las proporciones relativas de estos procesos dependen de las características del material como su forma, espesor, longitud, composición química, etc.
- c) Observador: Los detectores comunes de la luz y el color son el ojo, el sistema nervioso y el cerebro. El ojo enfoca la imagen del objeto en la retina. Como solución a los problemas de evaluación del color se crearon sistemas de medición para poder cuantificar y expresarlo numéricamente, cuyo principio está basado en la cantidad de luz reflejada por el objeto.

Para hacer la prueba de color se pesaron 10g de cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino y 10 de cajeta comercial. Después cada muestra se vació por separado en una superficie blanca y se extendió en una determinada área. Posteriormente se tomó una foto a cada muestra con un celular marca Apple de 12 MP, a una distancia de 30 cm en un ángulo normal a la superficie cuidando de no proyectar sombra a las muestras. Posteriormente en el programa Excel se revisó el color a cada muestra por medio de la combinación de los tres colores básicos (rojo, verde y azul).

Finalmente, al no haber una diferencia significativa y perceptible, con una escala de colores Pantone se vio el color al que pertenecían las muestras y se codificó el color.

En la siguiente Tabla 30 se muestran los resultados de la prueba de color realizada a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino.

TABLA 30. RESULTADOS DE PRUEBA DE COLOR A CAJETA DE LECHE DE VACA REDUCIDA EN CALORÍAS SABOR CAPUCHINO Y CAJETA COMERCIAL

Combinación de colores	Cajeta de leche de vaca reducida en calorías	Cajeta comercial "Coronado"	Color Pantone 724 C
Rojo	143	149	144
Verde	71	68	77
Azul	15	13	17
			

En la Tabla 30 se puede observar que existe una diferencia mínima de color entre ambas cajetas, pero visualmente esta diferencia fue imperceptible, la diferencia de calor se debió a que la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino, tiene menos azúcar, entonces la reacción de maillard y la caramelización se vieron afectadas.

El color que tuvo la combinación de colores más cercana a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino y a la cajeta comercial, fue el color codificado en la escala Pantone como 724 C.

Brix. Es la unidad que expresa el porcentaje de sólidos solubles en el producto.

Esta propiedad se midió con la ayuda de un brixómetro hasta obtener 80°Bx. Se realizaba cada 5 min después de haber visto un color beige producido por la caramelización de los azúcares en la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino,

En la tabla 31 se muestran los resultados finales de cada prueba: consistencia, rendimiento, color y grados brix que conformaron el análisis fisicoquímico.

TABLA 31. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Análisis	Cajeta de leche de vaca reducida en calorías	Cajeta comercial 50% menos azúcar
Consistencia	6.0 (cm/s)-1	6.3 (cm/s)-1
Rendimiento	42.5%	N/A
Color	Pantone 724 C	Pantone 724 C
°Bx	80	80

Como se puede observar en la tabla 31, los resultados fisicoquímicos de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías son muy parecidos a los resultados de la cajeta comercial “Coronado con 50% menos azúcar”, la principal diferencia se encuentra en la consistencia, entre menor sea el número, significa que el alimento es más consistente, por lo tanto, la cajeta de leche de vaca reducida en calorías tiene mayor consistencia que la cajeta comercial “Coronado 50% menos azúcar”. Esto va relacionado con el uso de agentes espesantes que se utilizaron en dicha formulación.

3.1.4 Objetivo particular 4

Contenido energético de la Cajeta de leche de vaca reducida en calorías

Para determinar el contenido energético de la Cajeta de leche de vaca reducida en calorías se tomó en cuenta la proteína, carbohidratos y lípidos, ya que son los nutrimentos que aportan energía al cuerpo, para ello se multiplicó cada componente por la energía que aporta cada uno 4 Kcal/g de carbohidrato, 4 Kcal/g de proteína y 9 Kcal/g de grasa, como se indica en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010

TABLA 32. CONTENIDO CALÓRICO DE LA CAJETA

Componente	Peso (g)	NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (Kcal/g)	Energía (Kcal/100g)
Proteína	13.14	4	52.56
CHO'S	35.05	4	140.0
Lípidos	10.70	9	96.3
Total			288.86 kcal

Como se puede observar en la Tabla 32, los carbohidratos son el componente que más calorías aporta, sumando un total de 288.86 Kcal de energía en 100 gramos producidos de cajeta de leche de vaca.

En la Tabla 33 se muestra el contenido energético de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino, reportando en etiqueta 30g por porción como lo marca la norma NOM-086-SSA1-1994 para verificar que sea un producto reducido en calorías.

TABLA 33. COMPARACIÓN DE CONTENIDO ENERGÉTICO DE CAJETAS EN 30 G DE PORCIÓN

Cajeta quemada (Coronado)	Cajeta quemada 50% menos azúcar (Coronado)	Cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino
131 kcal	117 kcal	86.65 kcal

Como se puede observar en la Tabla 33, una porción de 30g de cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino aporta 86.65 kcal, resultando 33 % menos calorías que la cajeta quemada (original) y 25 % menos aporte calórico que la cajeta comercial coronado con 50% menos azúcar, usando esta última como referencia del contenido energético total para cajetas, ya que no hay alguna norma que lo especifique, posteriormente se procedió a verificar que la cajeta de leche de vaca era un producto reducido en calorías de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 la cual menciona que el producto debe tener al menos un 25% menos contenido de calorías del alimento original o de su similar como se menciona en la tabla 18 (pág. 52).

3.1.5 Objetivo particular 5

Pruebas de aceptación o rechazo a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías en comparación a la cajeta comercial

Después de comprobar que la cajeta de leche de vaca era reducida en calorías, se procedió a realizar el análisis sensorial mediante pruebas de aceptación o rechazo con 100 consumidores de entre 12 años y 50 años, la mayoría universitarios, padres de familia y niños. Usando como referencia una cajeta comercial “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar”.

A continuación, en la figura 23 se presentan los resultados del análisis sensorial mediante pruebas de aceptación o rechazo a la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino tomando como referencia la cajeta comercial.

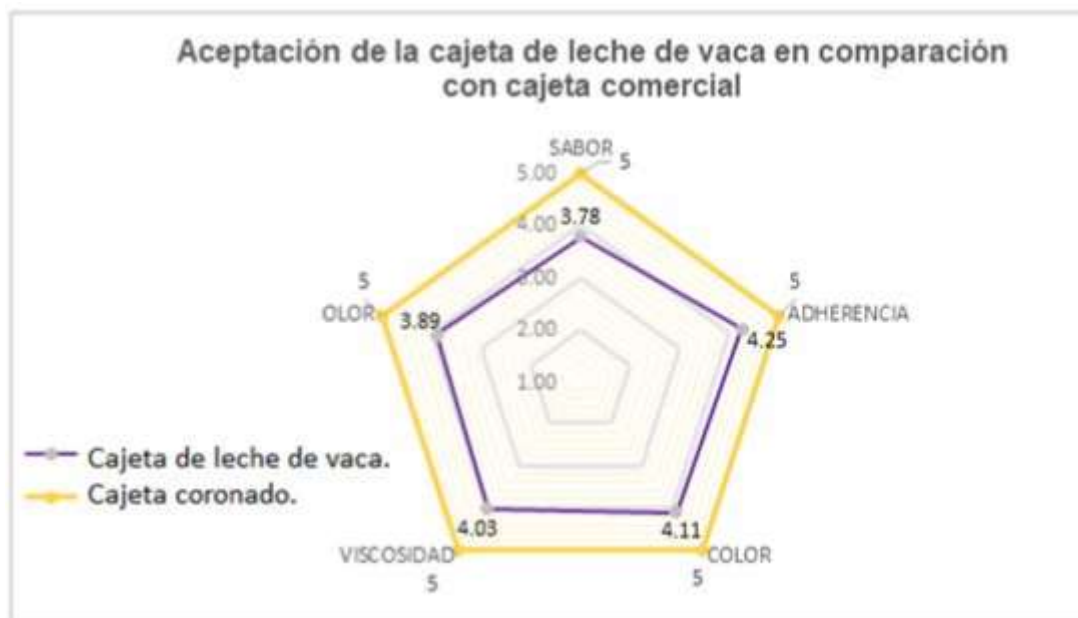


FIGURA 23. RESULTADOS DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Por medio de una escala hedónica de cinco puntos, se evaluó el color, olor, sabor, viscosidad y adherencia de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino en comparación a la cajeta comercial coronado con 50% menos azúcar.

En la figura 23, cada punto indica un atributo de la cajeta de leche de vaca, y los puntos que están más pegados a las orillas del pentágono indican que ese atributo les gustó mucho. Como se puede observar, los atributos que más les gustaron a los consumidores fueron la adherencia y el color de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías. Por el lado contrario, lo que menos les gusto fue el olor y sabor, esto podría deberse al tipo de leche que se utilizó, la cajeta utilizada como referencia (muestra 642) está hecha de leche de cabra la cual proporciona un olor y sabor característico además de tener un saborizante el cual directamente modificó el olor (Flores, C.M.A., Pérez, L.R., Basurto, S.M., Jurado, G.M.R., 2009).

En la figura 24 se presenta la gráfica con los resultados del análisis sensorial para una mejor visualización.

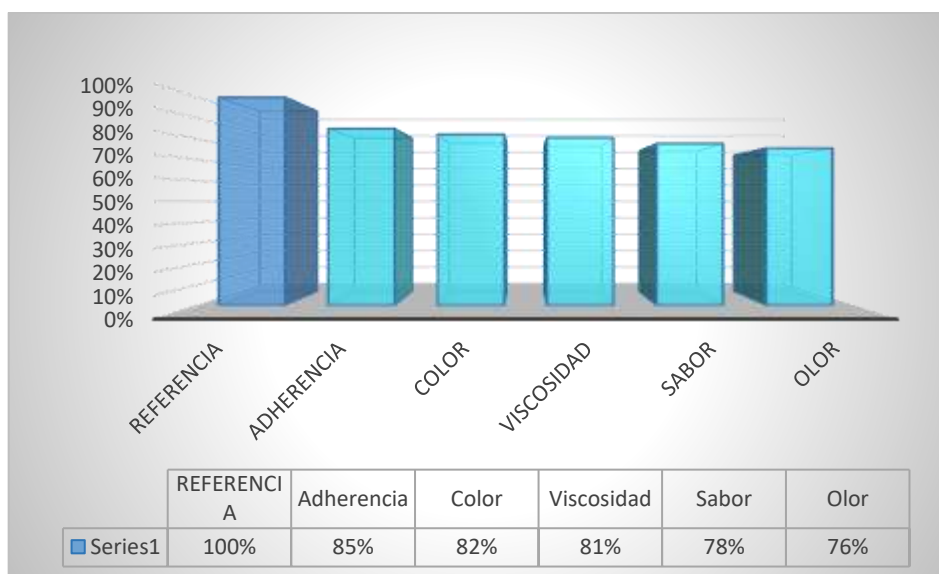


FIGURA 24. RESULTADO DE ANÁLISIS SENSORIAL

En la figura 24, se observa el porcentaje de preferencia que hubo por parte del consumidor de cada atributo para la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino usando como referencia la cajeta comercial “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar”. La adherencia corresponde al 85% siendo la propiedad más aceptada y el olor como la propiedad menos preferida con un 76% en comparación a la referencia.

En las observaciones, la mayoría comentó que les gustaba mucho la viscosidad de la cajeta de leche de vaca y aunque no era tan viscosa como la cajeta comercial, la preferían ya que permitía una fácil manipulación porque se cortaba la hilada de cajeta en un cierto momento, de esa forma era más fácil servirla sin ensuciar.

En general, el promedio de todos los atributos evaluados equivale a 4.01 de 5.00 tomando en cuenta la escala hedónica le corresponde a “me gusta” determinando así que la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino, es un producto aceptado por los consumidores.

Por último, se muestran las figuras 25, 26, 27 28 y 29 con los resultados de la comparación de medias entre la cajeta comercial: “cajeta coronado quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino (realizada en laboratorio) analizados mediante la prueba de Tuckey.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
SABOR CORONADO	92	5.000	A
SABOR LABORATORIO	92	3.7826	B

Means that do not share a letter are significantly different.

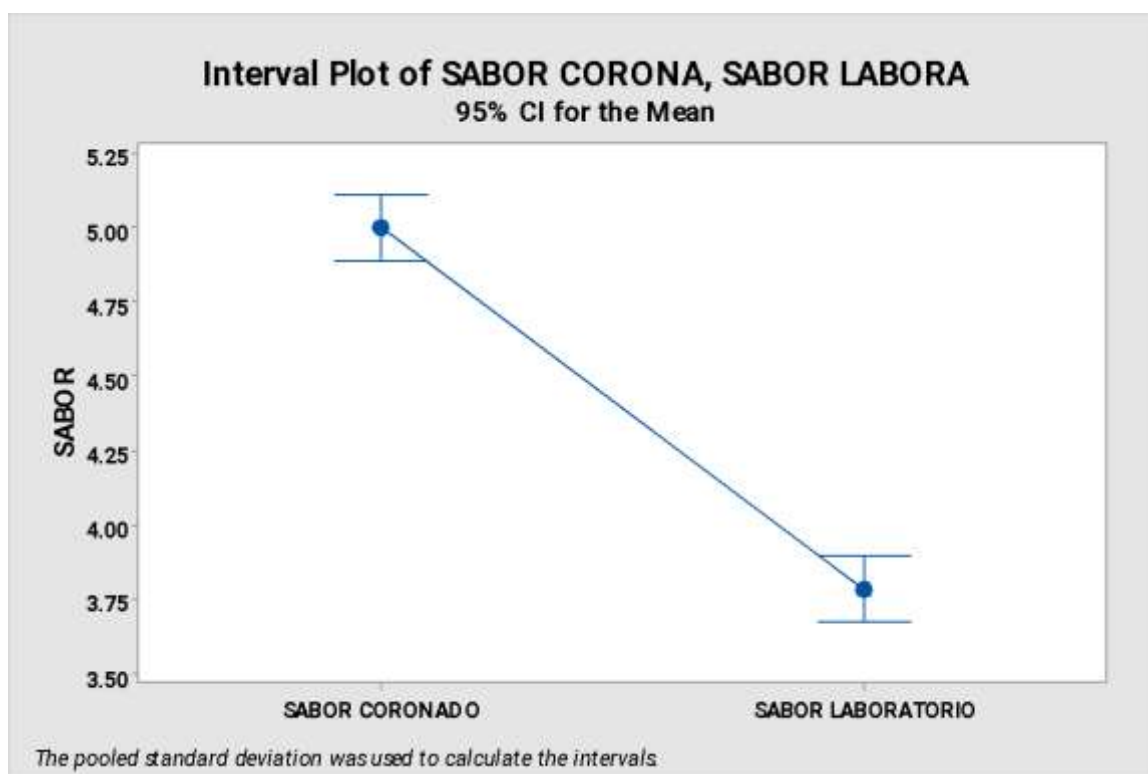


FIGURA 25. RESULTADO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA SABOR

Como se puede observar en la Figura 25, los puntos que representan el resultado de sabor para la muestra de “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino, están muy separados entre sí, estando uno en la parte superior y otro en la parte inferior, además en la agrupación, las medias tienen letras diferentes, no compartiendo ninguna entre sí, lo que indica es si hay diferencia significativa entre el sabor de ambas cajetas.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
ADHERENCIA CORONADO	92	5.000	A
ADHERENCIA LABORATORIO	92	4.2500	B

Means that do not share a letter are significantly different.

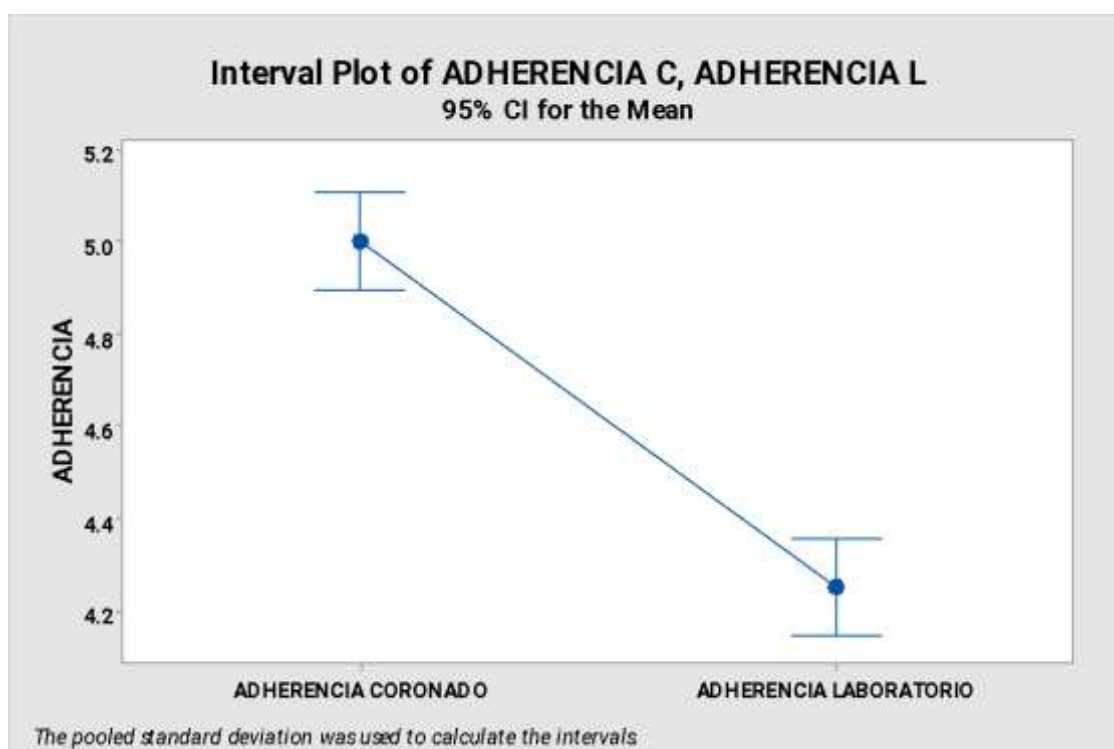


FIGURA 26. RESULTADO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA ADHERENCIA

Como se puede observar en la Figura 26, los puntos que representan el resultado de adherencia para la muestra de “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino están muy separados entre sí, estando uno en la parte superior y otro en la parte inferior, además en la agrupación, las medias tienen letras diferentes por lo tanto las medias son significativamente diferentes. Esto significa que la adherencia entre ambas cajetas no es la misma.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
COLOR CORONADO	92	5.000	A
COLOR LABORATORIO	92	4.1087	B

Means that do not share a letter are significantly different.

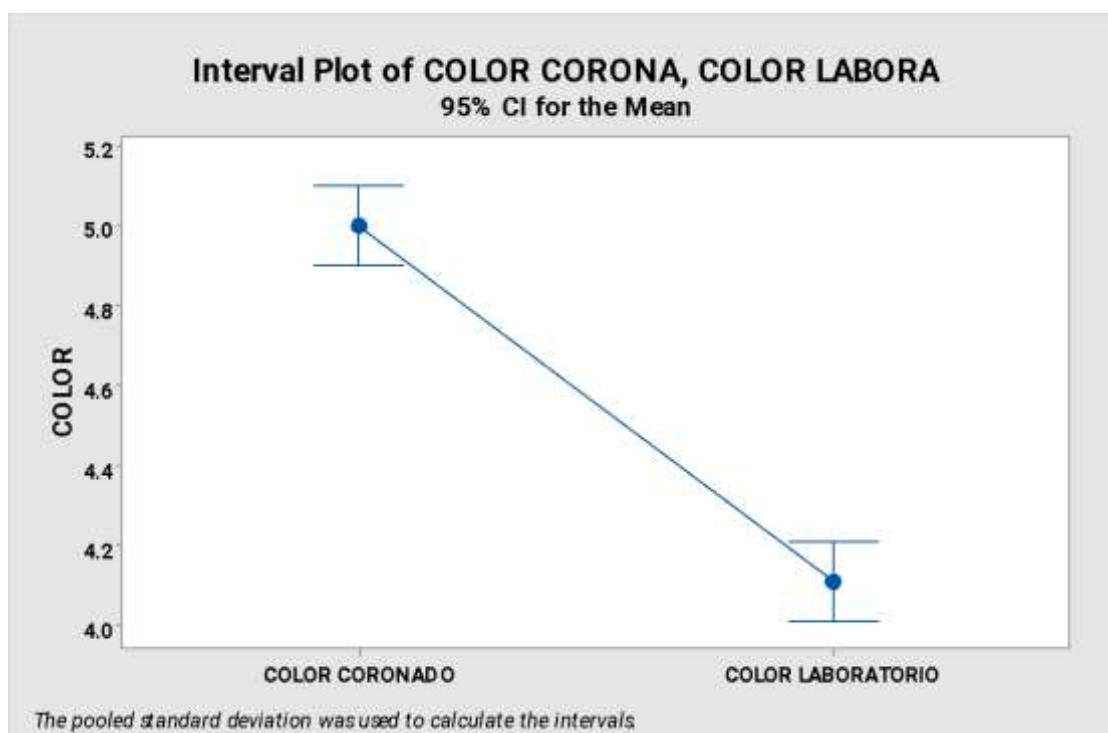


FIGURA 27. RESULTADO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA COLOR

Como se puede observar en la Figura 27, los puntos que representan el resultado de color para la muestra de “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías están muy separados entre sí, estando uno en la parte superior y otro en la parte inferior, además en la agrupación, las medias tienen letras diferentes, lo que indica que hay una diferencia significativa entre la adherencia de ambas cajetas.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
CONSISTENCIA CORONADO	92	5.000	A
CONSISTENCIA LABORATORIO	92	4.0326	B

Means that do not share a letter are significantly different.

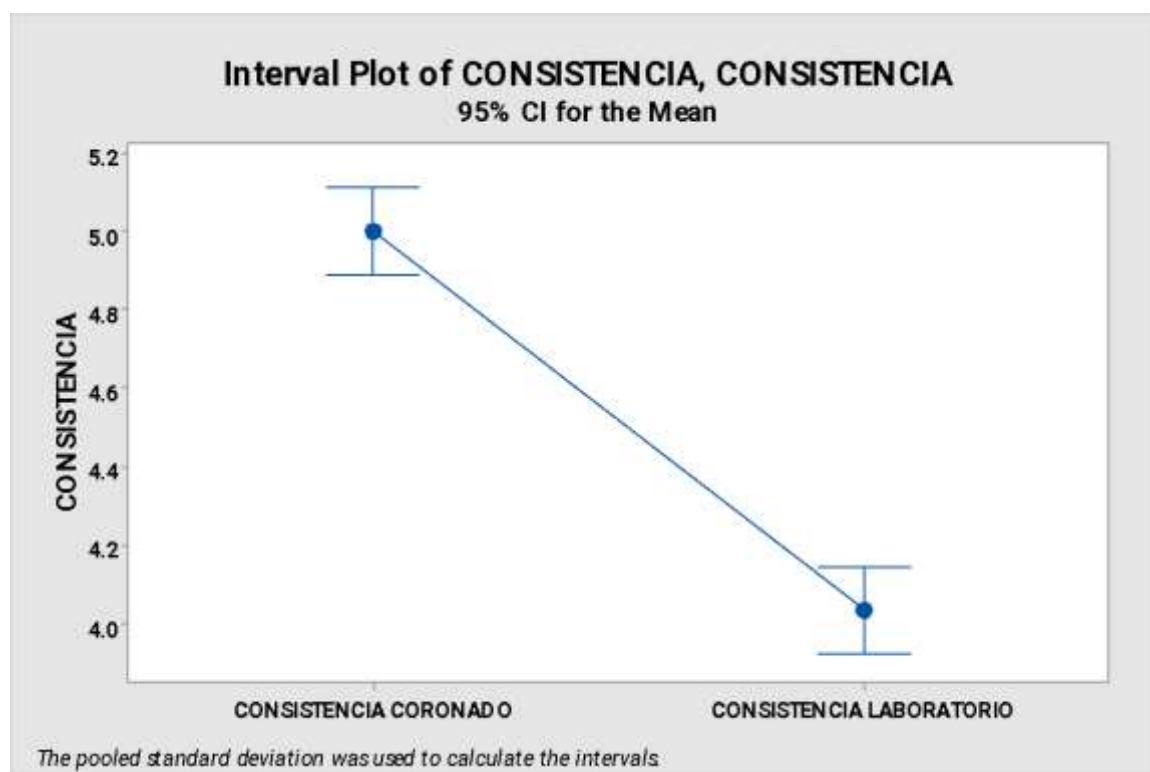


FIGURA 28. RESULTADO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CONSISTENCIA

Como se puede observar en la Figura 28, los puntos que representan el resultado de consistencia para la muestra de “cajeta coronado-quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías están muy separados entre sí, estando uno en la parte superior y otro en la parte inferior, además en la agrupación, las medias tienen letras diferentes, lo que indica es si hay diferencia significativa entre la consistencia de ambas cajetas.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
OLOR CORONADO	92	5.000	A
OLOR LABORATORIO	92	3.8913	B

Means that do not share a letter are significantly different.

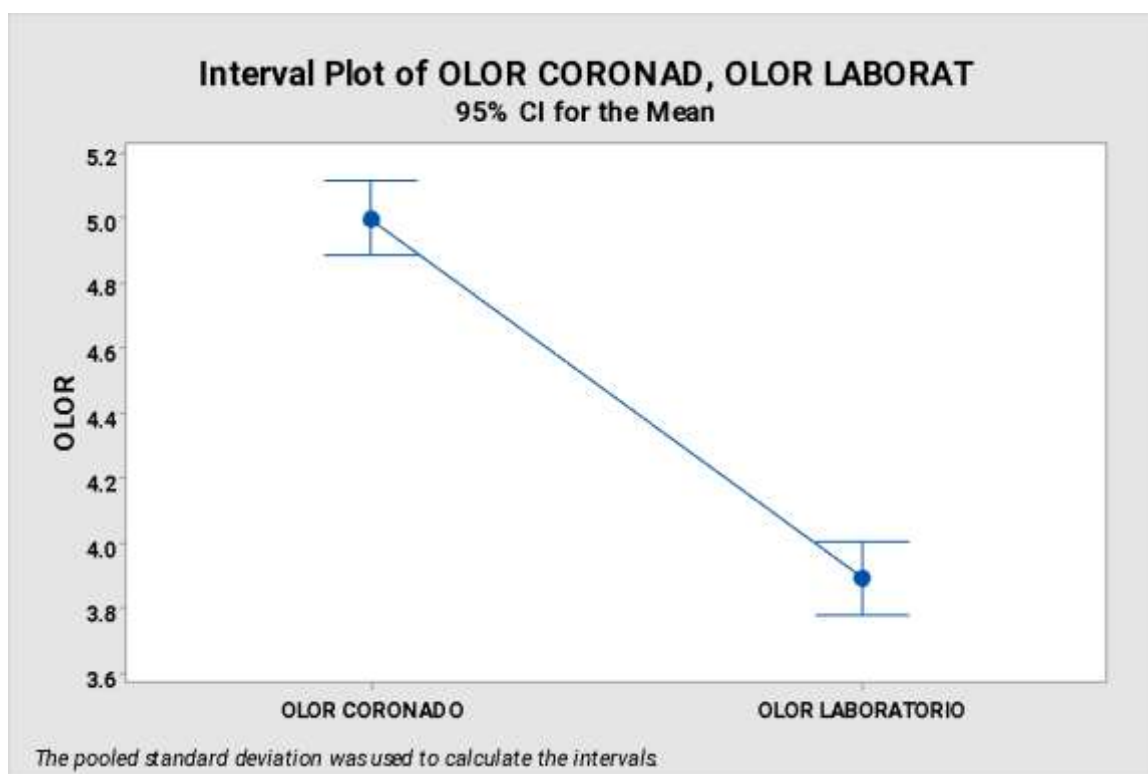


FIGURA 29. RESULTADO DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA OLOR

Como se puede observar en la Figura 29, los puntos que representan el resultado de olor para la muestra de “cajeta coronado quemada con 50% menos azúcar” y la cajeta de leche de vaca reducida en calorías están muy separados entre sí, estando uno en la parte superior y otro en la parte inferior, además en la agrupación, las medias tienen letras diferentes, lo que indica que hay una diferencia significativa entre el olor de ambas cajetas.

4 CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar una cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino para ofrecer un producto que pueda ser consumido por toda la población sin propiciar la obesidad en México con las nuevas tendencias del mercado.
- De las 28 formulaciones realizadas en las actividades preliminares se obtuvieron las dos mejores, para realizar el análisis sensorial discriminativo y así obtener una sola formulación que le agradara al consumidor, resultando la fórmula 642 como la mejor.
- Se determinó que la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino es un producto inocuo apto para su consumo.
- El análisis químico proximal de la cajeta de vaca reducida en calorías sabor capuchino se aproxima a los valores de referencia, cabe mencionar que la referencia es un proyecto de norma el cual no es obligatorio cumplir sino es un dato de referencia.
- Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino fueron muy parecidos a los de la cajeta comercial coronado con 50% menos azúcar.
- Se comprobó que el producto es reducido en calorías como inicialmente fue planteado mediante el contenido energético el cual se calculó con los datos obtenidos de la composición química.
- Finalmente se concluye que la cajeta de leche de vaca reducida en calorías sabor capuchino tuvo buena aceptación por los consumidores en comparación a la cajeta comercial coronado con 50% menos azúcar, nuestro producto puede ser consumido por cualquier tipo de personas e inclusive personas con sobrepeso o diabetes, además de ingerir un alimento con las nuevas tendencias de mercado.

5 BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Acuña, C. (2011). Prueba de alcohol en leche cruda. [En línea]. Scribd. (2011, 5 de Junio). Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/57111238/Prueba-de-Alcohol-en-Leche-Cruda>
- ❖ Andrade, D.R., Vélez, I.G., Arteaga M.M., Díaz Q.Y., Sánchez S.S. (2009). Efecto de la neutralización y adición de edulcorante en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del arequipe de leche de búfala, [En línea]. Vitae. (2009, 11 de junio). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n2/v16n2a04.pdf>
- ❖ Andrade, P., Ricardo, D., Vélez, H., Gabriel, I., Arteaga, M., Margarita, R., Díaz Q., Yolanda S., Sánchez S., Saudit S., Efecto de la neutralización y adición de edulcorante en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del arequipe de leche de búfala. Vitae [en línea] 2009, (16 de Mayo) Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815392004>> ISSN 0121-4004
- ❖ Chacón, V.A., Pineda, C.M., Méndez, R.S (2013). EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE LECHE BOVINA Y CAPRINA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL DULCE DE LECHE. Vol. 24. Universidad de Costa Rica, ISSN: 1021-7444 en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43726204008.pdf>
- ❖ Artica, M.L. (2014). Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos. Editorial TEIA. Recuperado de <https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>
- ❖ Buenrostro, R. (2017). ¿Qué hay en mi alimento? Caramelo, [En línea]. Hablemos Claro. (2017, Octubre 27). Recuperado de <http://hablemosclaro.org/que-hay-en-mi-alimento-2-caramelo/>
- ❖ Clemente, E. (2013). Cajeta casera. Receta mexicana, [En línea]. Directo al paladar. (2013, Mayo 25). Recuperado de <https://www.directoalpaladar.com/postres/cajeta-casera-receta-mexicana>.

- ❖ Codex Alimentarius (1995). CODEX STAN 192-1995, Norma general para los aditivos alimentarios, [En línea]. Recuperado de http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
- ❖ Cordova, A.M., Granados, D.M., García, M.J., Valdez, M.I. y Garduño, R.A. (2011). Características Físico-Químicas y Microbiológica de la Leche, [En línea]. Recuperado de <http:// analisisquimicosdelaleche.blogspot.com/>
- ❖ ELIKA. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria (2013). Salmonella, [En línea]. Recuperado de http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento82/1.Salmonella.pdf
- ❖ Espinal, G.C., Almanza, G. F., Barrera, S.E., Niño de Onshuus, Y., Meléndez, M.P., (1988). Manual de elaboración de dulces y panelitas de leche. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4676/1/195.pdf>
- ❖ FOA - Felipe Ochoa y Asociados (2008). Guía empresarial de cajeta. Recuperado de http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/guia_empresarial/cajeta.pdf
- ❖ Galindo, F.G., Hernández, C.V., Gómez, S.E. y Soto, R.A.I. (2009). Técnico en Análisis y Tecnología de los Alimentos. [En línea]. Secretaria de Educación Pública, (2009, Junio). Recuperado de http://cecyltebc.edu.mx/hd/archivos/guias_didacticas/analisis_y_tecnologia_de_los_alimentos___m2_s2.pdf
- ❖ Guille, P.J.M. (2018). Aseguramiento de la calidad sanitaria de la leche y los productos lácteos, [En línea]. Universidad Autónoma de México. (2008, 18 de Marzo). Recuperado de <https://www.uaa.mx/centros/cca/MVZ/M/9/Manualdepracticasc4.pdf>
- ❖ INSHT- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). Staphylococcus aureus, [En línea]. BATABIO. (2012, Septiembre 23). Recuperado de <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Bacterias/Staphylococcus%20aureus.pdf>

- ❖ José Armando Aguilar. (2015). Edulcorantes artificiales. 2016, de PROFECO Sitio web: https://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_04/edulcorantes_abr04.pdf
- ❖ Judkins C. (1962). La leche y su producción y procesos industriales. New York: Continental.
- ❖ García, M. M. A. Elaboración y caracterización de tres variedades de cajetas Tesis Universidad La Salle, 1989, 74 págs.
- ❖ Moloney, A., y Arsenault, C. (2015). La obesidad pesa en América Latina tras éxito en lucha contra el hambre. [En línea]. Rev. Reuters. (2015, Febrero 13). Recuperado en: <https://mx.reuters.com/article/salud-obesidad-latam-idMXL1N0VN0HQ20150213>
- ❖ Metas y Metrólogos asociados. (2009). Medición de color. [En línea]. La guía Metas. (2009, 9 de julio). Recuperado de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-09-07-Medicion-de-color.pdf>
- ❖ Norma Oficial Mexicana (2012). NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Secretaria de Economía. Diario Oficial de la Federación, 29 de noviembre [En línea]. Recuperado de <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>
- ❖ Nájera, O. O. (21-Marzo-2013). Proceso Industrial de la Cajeta. 2014, de Scrib Sitio web: <https://es.scribd.com/doc/131715150/Proceso-Industrial-de-la-Cajeta-docx>
- ❖ Norma Oficial Mexicana (1994). NOM-086-SSA1-1994. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Secretaria de Salud. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio [En línea]. Recuperado de <http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/1996/086-ssa1.pdf>
- ❖ Norma Oficial Mexicana (2012). NOM-139-SCFI-2012. Etiquetado de extracto natural de vainilla, derivados y sustitutos. Secretaria de Economía. Diario Oficial de la Federación, 10 de julio [En línea].

- Recuperado de
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5258389&fecha=10/07/2012
- ❖ Norma Oficial Mexicana Christian (2010). NMX-F-733-COFOCALEC-2010. Leche-alimentos-lácteos-queso Oaxaca - denominación, especificaciones y métodos de prueba. Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 10 de diciembre [En línea]. Recuperado de:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5170646&fecha=10/12/2010
 - ❖ Norma Mexicana (1982). NMX-F-426-1982 .Determinación de sólidos totales en leche fluida. food products for human use. Determination of total solids in fluid milk. Normas mexicanas. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto [En línea]. Recuperado de:
<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-426-1982.PDF>
 - ❖ Norma Mexicana (1983). NMX-F-425-1983. Determinación de inhibidores microbianos en leche fluida. Food products for human use. Determination of microbial inhibitors in fluid milk. Normas mexicanas. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Diario Oficial de la Federación, [En línea]. Recuperado de:
<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-425-1983.PDF>
 - ❖ Norma Mexicana (1997). NMX-F-026-1997. Leche. Denominación. Especificaciones comerciales y métodos de prueba. [En línea]. Recuperado de
<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-026-1997.PDF>
 - ❖ Norma Mexicana (1982). NMX-F-424-S-1982. Determinación de la densidad en leche fluida. food products for human use. detemination of the density in fluid milk. Normas mexicanas. Dirección general de normas. [En línea]. Recuperado de:

<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-424-S-1982.PDF>

- ❖ Norma Mexicana (1983). NMX-F-425-1983. Determinación de inhibidores microbianos en leche fluida. food products for human use. Determination of microbial inhibitors in fluid milk. Normas mexicanas. Dirección general de normas. [En línea]. Recuperado de:
<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-425-1983.PDF>
- ❖ Norma Oficial Mexicana (1994). NOM-116-SSA1-1994. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. [En línea]. Recuperado de:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html>
- ❖ Norma Mexicana (2016). NMX-F-737-COFOCALEC-2016, Sistema producto leche-alimentos-lácteos-determinación de la densidad en leche, mezcla de leche con grasa vegetal y producto lácteo. Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 7 de marzo de 2018 [En línea]. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5515369
- ❖ Norma Oficial Mexicana (2004). NMX- F- 700 - COFOCALEC -2004, Sistema Producto Leche - Alimentos Lácteo - Leche Cruda de Vaca - Especificaciones Fisicoquímicas Sanitarias y Métodos de Prueba. Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 23 de junio [En línea]. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112880/calidad_de_leche_cruda.pdf
- ❖ Norma Mexicana (1978). NMX-F-317-S-1978, Determinación de pH en alimentos. Secretaria de Patrimonio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación 8 de mayo [En línea]. Recuperado de:
<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>
- ❖ Norma Oficial Mexicana (1993). NOM-036-SSA1-1993, Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para

helados. Secretaria de Salud. Diario Oficial de la Federación, [En línea]. Recuperado de:

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/036ssa13.html>

- ❖ Norma Oficial Mexicana (2010). NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados -información comercial y sanitaria. Secretaria de Economía y Secretaria de Salud. Diario Oficial de la Federación, 5 de abril marzo [En línea]. Recuperado de:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5137518&fecha=05/04/2010
- ❖ Norma Oficial Mexicana (1994). NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Secretaria de Salud. Diario Oficial de la Federación, [En línea]. Recuperado de
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>
- ❖ Proyecto de Norma Oficial Mexicana (2011). PROY-NMX-F-743-COFOCALEC-2011, Sistema producto leche-alimentos-lacteos-alimentoregional-cajeta-denominación, especificaciones y métodos de prueba- Secretaria de Economía. Diario Oficial de la Federación, 22 de junio [En línea]. Recuperado de
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5197500&fecha=22/06/2011
- ❖ Proyecto de Norma Mexicana (2012). PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012, Sistema producto leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 23 de junio [En línea]. Recuperado de
http://www.academia.edu/28656574/PROYECTO_DE_NORMA_MEXICANA_PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012_SISTEMA_PRODUCTO_LECHE_ALIMENTO_L%C3%81CTEO_LECHE_CRUDA_DE_VACA_ESPECIFICACIONES_FISICOQU%C3%8DMICAS_SANITARIAS_Y_M%C3%89TODOS_DE_PRUEBA

- ❖ Jiménez, A. R. (23 de marzo de 2017). Obtendrá Celaya la denominación de origen de la cajeta. El Sol de Bajío, 1.
- ❖ García, M. R. (Mayo de 1999). Evaluación de las características de textura y color en cajeta de vaca. México: Universidad Autónoma de Chapingo <http://148.206.53.84/tesiuami/UAM%20LOTE%205/chapingo0032.pdf>
- ❖ Santiago, V.M.E. (2007). Manual de normas de control de calidad de leche cruda, [En línea]. Secretaria de Desarrollo Social. (2007, 06 de Junio). Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112880/calidad_de_leche_cruda.pdf
- ❖ Serrudo, M. (2014). La leche. [Versión de Slideshare]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/maricelserrudo/la-leche-41719630>
- ❖ SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017). Publicación electrónica. México, Méx. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecCompaNal.jsp
- ❖ SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017). Publicación electrónica. México, Méx. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/cajeta-dulce-tradicional-mexicano>
- ❖ López, G.V. (2014). Manual de textura. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Edo. de México, México.
- ❖ Norma Oficial Mexicana (2010). NOM-234.SSA1-2010, **Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.** Secretaria de Salud. Diario Oficial de la Federación, [En línea]. Recuperado de <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
- ❖ Fennema, O., (2000). Química de alimentos. Zaragoza, España: Acribia: pp. 350.
- ❖ INSP- Instituto Nacional de Salud Pública (2019). Publicación electrónica. México, México Recuperado de <https://www.insp.mx/avisos/4884-la-obesidad-mexico.html>

- ❖ OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development (2017). Health at a Glance Mexico, OECD Publishing, París. <https://www.oecd.org/mexico/Health-at-a-Glance-2017-Key-Findings-MEXICO-in-Spanish.pdf>
- ❖ Jiménez, R. (2017). Obtendrá Celaya la denominación de origen de la cajeta. [en línea] El sol del Bajío. Recuperado de: <https://www.elsoldelbajio.com.mx/local/obtendra-celaya-la-denominacion-de-origen-de-la-cajeta-a-raul-jimenez-1474785.html>
- ❖ CONASA- Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal (2020). Publicación electrónica <https://www.gob.mx/senasica/documentos/29-reunion-anual-del-conasa-278978?state=published>
- ❖ Spreer, E., (1991). Lactología Industrial Zaragoza, España: Acribia. pp. 84
- ❖ Badui, S. (2006). Química de alimentos. México, DF. Pearson Educación. pp. 98, 462-463, 511-523, 604-609, 615-630.
- ❖ Revilla, A., (1982). Tecnología de la leche, procesamiento, manufactura y análisis. Costa Rica: Herreros Hermanos. pp. 15.
- ❖ Veisseyre, R., (1988). Lactología técnica. Zaragoza, España: Acribia. pp 2, 33, 38.
- ❖ Aranceta, J., (2004). Leche, Lácteos y Salud, Madrid, España: Panamericano. pp. 29-35.
- ❖ Puri, B., (1968). Studies in stability of protein dispersion in milk. Determination of freezing point of milk. Indian J. Dairy Sci. pp. 22-24.
- ❖ (Sabharwal, P., (1972). Variation in major casein fractions of various milk animals. Indian J. Dairy Sci. pp, 27.
- ❖ CANILEC - Cámara Nacional de Industrias de la Leche (2011). Publicación manual. 1ra Ed. México, DF: El libro blanco de la leche y los productos lácteos.
- ❖ Food and Drug Administration. Report on the Food Administration's review of the safety of recombinant bovine somatotropin. USA, abril 2009. <http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/SafetyHealth/ProductSafetyInformation/ucm130321.htm> (consultada el 30 de agosto de 2010).

- ❖ García-Garibay M, López Munguía A. Biotecnología alimentaria. Productos lácteos. Ed. Limusa-Grupo Noriega Editores. México, 2004.
- ❖ Yabar Villanueva Emilio Fredy. 2005. Microbiología de alimentos. Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- ❖ ICMSF. 1998. Microorganisms in foods. 6. Microbial ecology of food commodities. Blackie Academic & Professional, London
- ❖ Jay J. Microbiología Moderna de los Alimentos. Editorial Acribia S.A: Zaragoza (España). 2002.
- ❖ Doyle M., Beuchat L. Food Microbiology. Editorial ASM Press, 3era edition, 2007.
- ❖ Jay JM et al. 2005. Modern Food Microbiology. 7º ed. Springer, New York.
- ❖ Norma Mexicana 2004 .NMX-F-084-SCFI-2004. Industria azucarera - azúcar estándar. Disponible: <https://gotomexico.today/media/doc/nmx-f-084-scfi-2004.pdf>
- ❖ Flores, C.M.A., Pérez, L.R., Basurto, S.M., Jurado, G.M.R. (2009). La leche de cabra y su importancia en la nutrición. Creatividad y desarrollo tecnológico. 1(2), 107-113.
- ❖ Arías, G. S. y López, V. D. (2019). Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria, [En línea]. Redalyc. (2019, 30 de mayo). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964509011/html/>