



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DESARROLLO DE UN ANÁLOGO DE QUESO A BASE
DE TUBÉRCULOS Y CONSERVADORES DE ORIGEN MICROBIANO

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTÍNUA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

LUIS ARAM SERRANO CEDILLO



MÉXICO, CDMX.

2021



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: RODOLFO FONSECA LARIOS**

VOCAL: **Profesor: ARGELIA SANCHEZ CHINCHILLAS**

SECRETARIO: **Profesor: SANDRA TERESITA RIOS DIAZ**

1er. SUPLENTE: **Profesor: ANA LAURA OCAMPO HURTADO**

2° SUPLENTE: **Profesor: EDUARDO MORALES VILLAVICENCIO**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: EDIFICIO H, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA:

ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS

SUSTENTANTE:

LUIS ARAM SERRANO CEDILLO

A mi Dios al que amo, por siempre estar presente en mis batallas, por sus misericordias que se renuevan todos los días, por su fidelidad en sus promesas y cuya presencia atesoro más que otra cosa en la vida; te amo Papá, gracias por amarme primero. *“Porque mejor es un día en tus atrios que mil fuera de ellos. Escogería antes estar a la puerta de la casa de mi Dios, Que habitar en las moradas de maldad.”*-Salmos 84:10-

A mis padres José Luis y Araceli, por siempre estar conmigo en los buenos momentos, en los momentos difíciles, pero sobre todo darme el regalo más grande que pueda haber: una vida en Cristo.

A mi hermana Sunem, con quien siempre puedo contar y que ha hecho mi vida divertida, llena de risas, enojos, tristezas y que, a pesar de no siempre estar de acuerdo, sé que nos tendremos el uno al otro para apoyarnos en cualquier situación.

A mi asesora Argelia Sánchez Chinchillas por su paciencia, apoyo incondicional, respaldo y consejos en la elaboración de este trabajo. Gracias por la oportunidad de poder trabajar a su lado.

A mis sinodales cuyo apoyo hasta el día de hoy continua y agradezco de todo corazón.

A mis abuelitos, familiares y amigos de RN México, la cual es mi casa, por todo su amor, alegría, enseñanzas y risas compartidas. Siempre será un placer servir al Señor y la iglesia a su lado.

A Kabubi.

Agradezco a Dios por sus vidas, los amo.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 3 |
| OBJETIVOS..... | 5 |
| Objetivo general..... | 5 |
| Objetivos particulares..... | 5 |
| 1.GENERALIDADES..... | 6 |
| 1.1. Definición de análogo de queso..... | 6 |
| 1.2. Clasificación de quesos análogos..... | 7 |
| 1.3. Normatividad de quesos análogos..... | 7 |
| 1.4. Proceso de elaboración de quesos análogos..... | 8 |
| 1.5. Aceptabilidad y factores de influencia en los consumidores en la adquisición de quesos análogos..... | 10 |
| 1.6. Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)..... | 11 |
| 1.6.1. Clasificación de papas en México..... | 12 |
| 1.6.2. Producción Nacional de papa..... | 13 |
| 1.7. Almidones utilizados en la elaboración de quesos análogos..... | 15 |
| 1.7.1. Almidón de arroz..... | 17 |
| 1.7.2. Almidón de garbanzo..... | 20 |
| 1.8. Proteínas utilizadas en la elaboración de quesos análogos..... | 21 |
| 1.8.1 Proteína de almendra | 21 |
| 1.8.2. Proteína de soya..... | 22 |
| 2. PROPUESTA DEL DESARROLLO DE QUESO ANÁLOGO DE PAPA..... | 24 |
| 2.1. Definición del producto..... | 24 |
| 2.2. Formulación..... | 24 |
| 2.2.1. Ingredientes..... | 24 |
| 2.2.1.1. Agua..... | 24 |
| 2.2.1.2. Grasa vegetal..... | 24 |
| 2.2.1.3. Proteína vegetal..... | 24 |
| 2.2.1.4. Almidón de papa..... | 24 |
| 2.2.2. Aditivos..... | 25 |
| 2.2.2.1. Conservadores de origen microbiano..... | 26 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2.2. Sales fundentes..... | 29 |
| 3. ETIQUETADO..... | 31 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 33 |
| CONCLUSIONES..... | 57 |
| ANEXOS..... | 58 |
| A. Aditivos permitidos en quesos análogos de acuerdo al CODEX-STAN . 192-1995 y el CODEX STAN 221-2001..... | 58 |
| Referencias..... | 62 |

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo fundamental el desarrollo de una propuesta de un queso análogo libre de lácteos (AQLL) a partir de papa (*Solanum tuberosum*) que funda y con conservadores de origen microbiano para atender el nicho vegano principalmente, el cual es un mercado en crecimiento hasta el día de hoy. Los ingredientes generales para la propuesta de elaboración de un análogo de queso son agua, aceite vegetal, almidón y/o proteína vegetal y/o emulsificantes. Se estudiaron diferentes tipos de almidones desde su origen vegetal hasta sus efectos cuando son modificados tanto física como químicamente y los posibles usos que se les pueden dar dependiendo el tipo de análogo de queso a elaborar. Al igual, se estudiaron fuentes proteicas de origen vegetal y el efecto al combinarse con diferentes almidones o aceites de origen vegetal.

Se encontró que el almidón de papa, tiene un alto contenido de fósforo (0.08%) a comparación de otros almidones como el de maíz, trigo, tapioca, frijol, entre otros. Esta característica del almidón de papa de su alto contenido de fósforo ligado covalentemente a las moléculas de amilopectina permite que exista una alta viscosidad y formación de geles firmes en comparación con otros almidones como el de arroz o el de garbanzo, no obstante, la modificación del almidón es necesaria para resistencia a altas temperaturas (85°C) a las que se somete en el proceso de elaboración de un AQLL. La fusibilidad o capacidad de que un análogo de queso derrita es una de las características que se buscaron y se encontró que la relación entre el contenido de almidón y grasa es la que da dureza al producto y aumentará si el contenido de almidón aumenta y el contenido de grasa disminuye.

Se analizó algún posible obstáculo o requerimiento especial para el etiquetado y establecimiento de denominación o nombre del producto ya que no existe una NOM o NMX que hable acerca de análogos de queso. Se uso como fuente el *Codex alimentarius*, FDA y NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información

comercial y sanitaria llegando a la conclusión de que es válido colocar la palabra “imitación”, “análogo” o “alternativa” siempre y cuando se indique claramente que el producto está libre de lácteos como leyenda en la parte frontal de la etiqueta.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Desarrollar la formulación de un análogo de queso a partir de almidón modificado de papa (*Solanum tuberosum*) y conservadores de origen microbiano como una alternativa para el consumidor.

Objetivos particulares

- Revisar la normatividad nacional o internacional que aplica para la elaboración de análogos de queso, así como el uso de aditivos permitidos para verificar su cumplimiento.
- Realizar una comparación de textura y usos de las diferentes fuentes de almidón que se emplean en la elaboración de quesos análogos para facilitar la toma de decisión dependiendo del tipo de queso análogo a elaborar.
- Revisar las fichas técnicas de conservadores de origen microbiano y de acuerdo con su funcionalidad seleccionar aquel o aquellos que incrementen la vida útil del producto.

1. GENERALIDADES

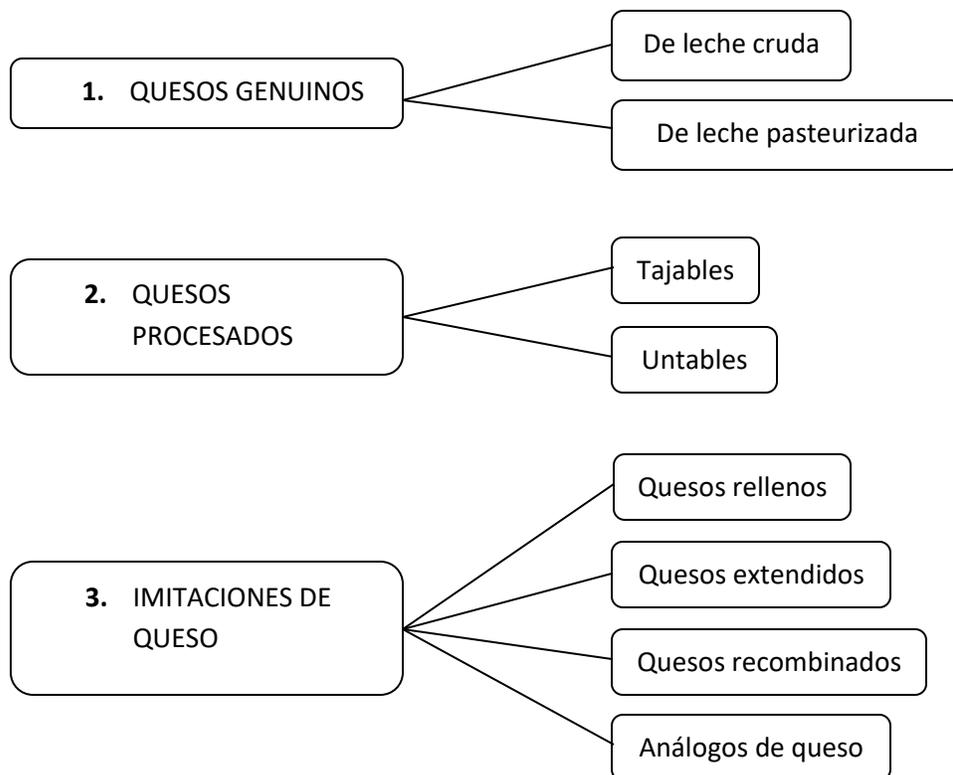
1.1. Definición de análogo de queso

El CODEX ALIMENTARIUS, 1995 define a los análogos de queso como productos que parecen queso, en el que la grasa de la leche ha sido parcialmente o completamente remplazada por otras grasas.

Los quesos análogos en términos generales son referidos a productos obtenidos mediante la mezcla de agua, aceites/grasas, proteínas, sales emulsificantes, hidrocoloides, agentes acidificantes, conservadores y otros aditivos alimentarios (saborizantes, NaCl) en una matriz homogénea semejante al queso (Fabio, 2018).

En México, los análogos de queso son catalogados como imitaciones de queso (Véase Figura 1).

Figura 1. Clasificación general de quesos y productos similares de venta en México (Villegas, 2015).



1.2. Clasificación de análogos de queso

Tamime, 2011 clasifica a los análogos de queso de acuerdo a los ingredientes usados en su formulación:

- Lácteos: contienen caseína, caseinatos y grasa butírica.
- Parcialmente lácteos: caseína, caseinatos y grasa vegetal.
- No lácteos: proteína vegetal y grasa vegetal.

Los análogos de queso pueden clasificarse en las siguientes subcategorías: a) para desmenuzar, fundir y aplicar en pizzas, tortas, quesadillas, etc (p. ej. Los análogos de queso mozzarella, Oaxaca y asadero); b) para rebanar, a la manera de quesos semiduros tajables (p. ej. Análogos de Chihuahua y tipo manchego); c) para rallar, duros (p. ej. Análogos de queso parmesano) y d) untables y “salsas” (aderezos) de queso (p. ej. Aderezos o salsas para nachos, y *díps* para botana) (Villegas, 2015).

1.3. Normatividad de análogos de queso

No existe normatividad de quesos análogos en México por lo que se utilizará como referencia el CODEX-STAN192-1995 General Standard For Food Additives y el CODEX STAN-221-2001 Codex Group Standard For Unripened Cheese Including Fresh Cheese. (Véase en ANEXOS). En ellos se establecen los aditivos y límite máximo aplicable en productos análogos de queso.

Para referencia de las especificaciones sanitarias de los análogos de queso se usó la NOM-121-SSA1-1994 Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias norma que indica cuáles deben ser las condiciones sanitarias adecuadas que permitan su comercialización y consumo.

La NOM-121-SSA1-1994 puede usarse como referencia debido a que el análogo de queso objeto de este trabajo entra en la subcategoría de quesos análogos para fundir, visto en el punto 1.2, y dentro de la NOM-121-SSA1-1994 estaría en la

categoría de quesos frescos de pasta cocida.

En la siguiente tabla se muestran los microorganismos encontrados en queso y sus límites permitidos en ellos.

Tabla 1. Límites máximos de microorganismos presentes en quesos frescos, madurados y procesados (NOM-121-SSA1-1994).

| MICROORGANISMOS | FRESCOS | MADURADOS | PROCESADOS |
|---------------------------------------|----------|-----------|--------------|
| Coliformes fecales (NMP/g) | 100 | 50 | NEGATIVO |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g) | 1000 | 100 | MENOS DE 100 |
| Hongos y levaduras (UFC/g) | 500 | 500+ | 100 |
| <i>Salmonella</i> en 25 g | NEGATIVO | NEGATIVO | NEGATIVO |
| <i>Listeria monocytogenes</i> en 25 g | NEGATIVO | NEGATIVO | NEGATIVO |

1.4. Proceso de elaboración de análogos de queso.

En la Figura 2. se muestra el diagrama general del proceso de manufactura que se sigue en la elaboración de análogos de queso.

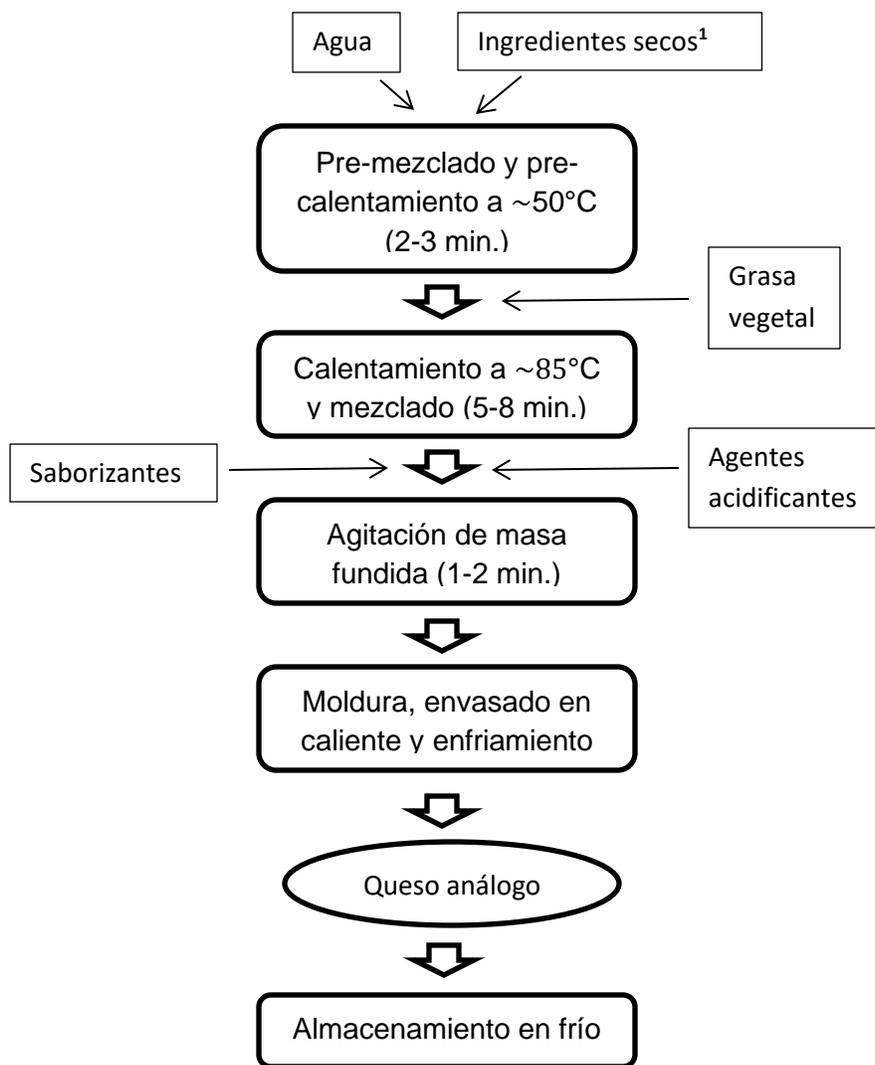


Figura 2. Diagrama de manufactura general para análogos de queso (Fabio, 2018).

¹ Los ingredientes secos pueden contener: proteína vegetal, sales emulsificantes, hidrocoloides y conservadores.

1.5. Aceptabilidad y factores de influencia en los consumidores en la adquisición de análogos de queso

El consumo de productos lácteos puede tener diversos obstáculos los cuales se pueden clasificar como intrínsecos (propios de la formulación): como la presencia de alérgenos, intolerancia a la lactosa, alto nivel de colesterol y extrínsecos (precio, idiosincrasia). El precio de un producto es considerado un factor crucial en la influencia de intención de compra, además, algunas encuestas apuntan a que el precio de los productos lácteos tiende a ser más importante para los consumidores que el sabor (Elsayed, 2018).

Las ventajas de elaborar un análogo de queso incluyen bajos costos de manufactura y su capacidad de formularse fácilmente en relación a las características fisicoquímicas y nutricionales. Estos productos son de gran utilidad en el control de peso y reducción de riesgo de desarrollar alguna enfermedad cardiovascular y arterial además de ser alimentos ideales para consumidores con restricciones alimenticias como son personas con sensibilidad alimentaria como alergia e intolerancia a la lactosa (Elsayed, 2018; Hussein, 2018).

Una de las maneras para la reducción de costo de un producto lácteo como lo es el queso, es la sustitución de la grasa láctea por grasa o aceite vegetal, sin embargo, esto compromete las propiedades sensoriales del producto final, lo que es un reto para mantener las características de sabor único, olor y textura que brinda la composición de la grasa láctea (ácidos grasos de cadena corta: butírico, caproico, cáprico y caprílico) (Elsayed, 2018; Tekla, 2019).

La compra de análogos de queso en supermercados ocurre normalmente por accidente y parte de estos compradores consideran que la categoría de este producto resulta ser engañosa. Esto se debe a que el lugar de colocación del producto en el anaquel es un factor significativo para la decisión de compra del consumidor. Los análogos de queso pueden ser considerados como “una versión

más barata de los quesos” que no son comprados por su excelencia sensorial sino por razones económicas (Tekla, 2019).

La decisión de compra usualmente se basa en la calidad de lo que el consumidor espera. Esta primera decisión de compra tiene tendencia a asociar el aspecto del producto (empaquete) con un cierto sabor, de esa manera se forman las expectativas de dicho producto y después de la compra se espera recibir esas impresiones sensoriales antes formuladas. Por tanto, la compra continua del mismo producto puede ser definida como la diferencia entre la calidad esperada y la calidad experimentada por el consumidor. La percepción de la calidad de los consumidores se aborda desde dos perspectivas: 1) sabor, salud, confort y dimensión relacionada con la producción y 2) búsqueda, experiencia y el elemento de la confianza. La elección del consumidor durante la compra es afectada por la disponibilidad o la preconcepción de la calidad basada en el diseño del producto. Otros factores secundarios, pero no menos importantes son conocimiento y conciencia del producto con respecto a los beneficios en la salud, tradiciones y modo de empleo o aplicación en el hogar (Tekla, 2019).

1.6. Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo comestible que aporta gran cantidad de hidratos de carbono (almidón) a la dieta humana. También provee cantidades significativas de proteína, con un buen balance de aminoácidos, vitamina C, B₆ y B₁, nutrimentos inorgánicos como potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y zinc. Es alto en fibra, especialmente cuando se consume con piel y rica en antioxidantes entre los cuales están los polifenoles, vitamina C, carotenoides y tocoferoles (John, 2009).

Su gránulo de almidón va de los 5-100 μm de tamaño oval, esférico y su tipo de almidón en relación amilosa-amilopectina es de 21% y 79% respectivamente alcanzando conforme a esta composición temperatura de gelatinización de 58-67

(°C). El gránulo de almidón de papa es de los más grandes, en comparación con los de maíz y tapioca, por lo que existe una mayor cantidad de humedad haciendo del análogo de queso hecho con almidón nativo de papa un producto muy viscoso lo cual puede o no ser deseable dependiendo del producto deseado. El tamaño del gránulo es un factor que se relaciona con la capacidad de retención de agua. Cuando un almidón nativo es modificado la retención de agua como la viscosidad pueden modificarse de tal forma que sea menor y puedan obtenerse otros tipos de quesos como el Oaxaca el cual no requiere de la característica de viscosidad (González, 2019).

González, 2019 realizó una comparación sobre distintas fuentes de almidón: papa, maíz, tapioca y papa modificado y encontró que de todos ellos el almidón modificado de papa tiene clara ventaja al permitir la sustitución de proteína en mayor porcentaje. Esto se debe a que el perfil de textura de un análogo de queso depende no solo de la concentración sino también del tipo de almidón, principalmente por el tamaño del gránulo y su temperatura de gelatinización lo cual le proporciona propiedades fisicoquímicas diferentes.

1.6.1. Clasificación de papas en México

Rose, 2015 reconoce alrededor de 100 especies silvestres y cuatro cultivadas (que incluyen a *Solanum tuberosum*).

Si bien México no es el centro de origen de la papa, el país cuenta con amplia diversidad de germoplasma (parte de la vegetación capaz de originar un nuevo individuo mediante la reproducción sexual a través de semillas o asexual a través de estacas, yemas hijuelos, entre otros.) (PROY,2001; Rose, 2015).

Las variedades de papa cultivadas en México se diferencian en tres grupos de genotipos, aquellos provenientes de Europa, provenientes de Estados Unidos de América y los mejorados por organismos nacionales como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Rose, 2015). En la Tabla 2. se muestra los tipos de papa cultivadas en México.

Tabla 2. Lista de cultivares y tipo de papa (Rose, 2015).

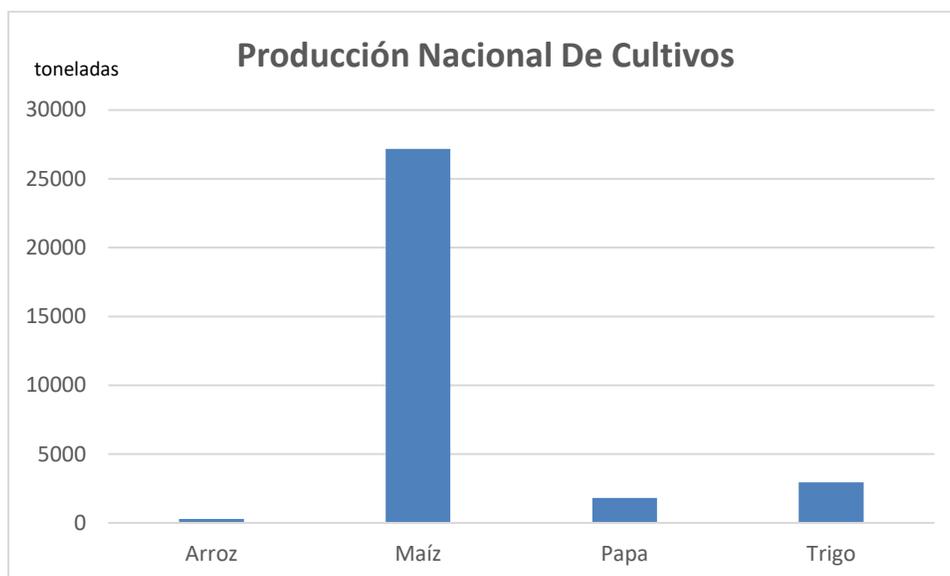
| Abreviatura | Detalles | Tipo |
|--------------------|------------------------|-------------------|
| CRM | Cambray Rosa Morelos | Variedad criolla |
| CE | Criolla Edo Mex | Variedad criolla |
| CBLANC | Cambray Blanca Edo Mex | Variedad criolla |
| TOLL | Tollocan | Cultivar mejorado |
| MOCH | Mochis | Cultivar mejorado |
| CAMB RD | Cambray Rosa DF | Variedad criolla |
| CRIO BP | Criolla Blanca Puebla | Variedad criolla |
| PAPA CHIC | Papa Chica | Variedad criolla |

1.6.2. Producción Nacional de papa

En la Gráfica 1. se muestra la producción nacional en toneladas de arroz, maíz, papa y trigo en el año 2018. El cultivo de papa ocupa el tercer lugar en producción para consumo humano a nivel nacional, al ser superado solamente por trigo (*Triticum aestivum* L.) y maíz (*Zea mays* L.) (Rose, 2015; FAOSTAT, 2018).

Los principales estados productores de papa son: Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Zacatecas (SAGARPA, 2010).

Gráfica 1. Producción Nacional de arroz, maíz, papa y trigo en toneladas (FAOSTAT, 2018).



En México, la papa se cultiva anualmente en una superficie de 60,303 ha, con una producción de 1.8 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 298,920 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2018).

En la Tabla 3. se muestra la producción nacional de papa de acuerdo a lo reportado por la FAO en el periodo del 2014 al 2018.

Tabla 3. Producción anual de papa en México (FAOSTAT, 2018).

| Año | Producción (toneladas) |
|------------|-------------------------------|
| 2014 | 1,678,833 |
| 2015 | 1,727,346 |
| 2016 | 1,796,814 |
| 2017 | 1,715,499 |
| 2018 | 1,802,592 |

1.7. Generalidades de almidón y almidones utilizados en la elaboración de quesos análogos

El almidón sufre de 50-70% de la energía para la dieta humana. La digestibilidad de los almidones se relaciona con el índice glicémico de los alimentos, el cual se refiere a la elevación de la concentración de glucosa en sangre después de consumir el alimento. Desafortunadamente, su rápido grado de digestibilidad provoca sobrepeso y obesidad causando al final enfermedades como diabetes tipo II (Yassaroh, 2019).

El almidón en las plantas se encuentra en forma de gránulos, dependiendo de la planta de la cual procede, puede tener un diámetro de 1 μm a 100 μm y su forma puede ser angular, ovalada, redonda, esférica o irregular (Vladimir, 2018).

Las propiedades del almidón pueden ser influenciadas por genotipos o factores ambientales (factores físicos) o tamaño del gránulo (éste influye en la temperatura de gelatinización y viscosidad), presencia de grupos fosfato o éster en la cadena de amilopectina, el complejo amilosa-lípido, entre otros (factores químicos) los cuales determinan su uso en la industria (Lizarazo, 2015; Vargas, 2016; Calliope, 2020).

Uno de los principales problemas en el uso de almidón nativo cocinado es la tendencia a la retrogradación durante el enfriamiento. La retrogradación se refiere al reordenamiento de las cadenas de almidón después de la gelatinización. La retrogradación influye significativamente en la calidad final del producto mediante la pérdida de humedad y alteración de la textura (Calliope, 2020).

Aquellos almidones con alta temperatura de gelatinización pueden utilizarse en alimentos enlatados debido a que requieren la aplicación de altas temperaturas durante el proceso. Los almidones con alta retención de agua ("*swelling power*") pueden utilizarse en productos como salchichas, jaleas, entre otros (Calliope, 2020). Los almidones con baja sinéresis pueden utilizarse como espesantes o

estabilizadores en sistemas alimenticios que necesiten ser refrigerados y/o congelados; una de las formas de conseguir una baja sinéresis es haciendo una modificación al almidón por acetilación para alimentos congelados y almidones hidroxipropilados y pregelatinizados son mejor para alimentos en refrigeración (G. Vargas, 2016). La extrusión es un proceso por el cual el almidón es pregelatinizado por una serie de procesos como mezclado, calentado, reducción de tamaño (*downsizing*), cocción, entre otros. Un tratamiento de extrusión con calentamiento a alta temperatura por poco tiempo provoca que las moléculas de almidón gelatinicen, las proteínas se desnaturalicen haciéndolas insolubles, lípidos sufran alteración y enzimas detengan su actividad. La generación de enlaces químicos causa reacciones de entrecruzamiento llevando al desarrollo de algunos complejos almidón-lípido y proteína-lípido (Idrees, 2019).

La capacidad de retención de agua y el tamaño del gránulo pueden alterar el orden de los geles resultantes (Calliope, 2020). La viscosidad disminuye cuando el almidón es sometido a varios tratamientos de acidificación, altas temperaturas y cizalla (*shear*). (Fausto, 2018).

Para dar propiedades deseadas al almidón pueden hacerse modificaciones químicas (acetilación, entrecruzamiento, “adelgazamiento” acidificación, hidroxipropilación, fosforilación y succinilación) añadiendo grupos funcionales y modificaciones físicas (aplicación de temperatura, humedad, presión, extrusión, tratamiento hidrotermal, molienda, sonicación y radiación gamma). Otra característica de los gránulos de almidón es que presentan poros, canales y cavidades. Estos facilitan el acceso de enzimas y reactivos químicos en los gránulos de almidón y así influenciar su reactividad durante una modificación química (Luca, 2016). Otra modificación química es la acetilación (grupos hidroxilos son sustituidos por grupos acetilos hidrofóbicos) la cual mejora la estabilidad de congelamiento-descongelamiento y poder de absorción de agua (*swelling power*), al hacer la molécula hidrofóbica y previniendo enlaces hidrógeno entre los grupos hidroxilos y las moléculas de agua. La acetilación reduce tendencias de retrogradación (Hongbo, 2017).

El almidón está constituido por moléculas de amilosa y amilopectina. La amilosa puede formar complejos de inclusión con lípidos en el momento que el almidón empieza a gelatinizarse. Los complejos amilosa-lípido ocurren también en gránulos de almidones nativos con 15-55% de fracción de amilosa complejada con lípidos en almidones de cereales. El complejo que se forma es una hélice en la cual la parte hidrofílica se encontrará en el exterior y la cavidad hidrofóbica en el interior proveyendo de sitios de enlace con moléculas apolares. Existen dos tipos de complejos amilosa-lípido: amorfo (tipo 1) y semicristalino (tipo 2); el tipo 1 es formado a bajas temperaturas comparado con el tipo 2. La estabilidad térmica y grado de cristalinidad de los complejos amilosa-lípido incrementa mientras más grande sea la longitud de la cadena de amilosa. La estabilidad térmica de los complejos incrementa aumentando la longitud de la cadena alifática de los lípidos y disminuyendo el grado de insaturación. Las interacciones entre amilosa y lípidos son importantes debido al impacto en las propiedades y funcionalidad del almidón. La complejación con lípidos reduce la susceptibilidad del almidón a hidrólisis enzimática, solubilidad en agua, capacidad de absorción y altera su capacidad para formar pasta. La formación de complejos con lípidos reduce la solubilidad y movilidad de amilosa y evita la formación de dobles hélices y cristalización.

El contenido proteico va de 0.25-0.3% en los gránulos de almidón. Las proteínas asociadas al gránulo de almidón se encuentran dentro y sobre la superficie de los gránulos; la mayoría de estas son enzimas con funciones en la biosíntesis de almidón. Estas influyen en las propiedades de *pasting* del almidón disminuyendo la viscosidad de las pastas. Los minerales se encuentran en <0.4%. Uno de ellos es el fósforo el cual se encuentra en forma de monoésteres de fosfato, fosfolípidos y fósforo inorgánico. Estos influyen en la viscosidad y estabilidad del pastado. El nivel de almidón fosforilado varía significativamente dependiendo de la región de origen del almidón. Por último, los cereales de almidón contienen entre un 10-12% de humedad (Luca, 2016).

1.7.1. Almidón de arroz

El almidón es el componente mayoritario en los granos de arroz encontrándose predominantemente en las células del endospermo de arroz maduro. Sus

propiedades físicas y de cocción, dependen del almidón y de su interacción con otros componentes del endospermo del arroz (lípidos, proteína, agua). Sirve como fuente de productos hidrolizados de almidón como maltodextrinas y jarabes de glucosa (Luca, 2016).

En el arroz, los gránulos de almidón son los más pequeños de todos los cereales (aproximadamente entre 3 μm a 8 μm cada gránulo individual), tienen forma angular y están agrupados en gránulos compuestos. El diámetro de cada gránulo compuesto es de 150 μm , tienen forma poliédrica y contienen entre 20-60 gránulos individuales. Los gránulos de almidón son descritos como semicristalinos ya que contienen una región cristalina y una amorfa. Esta semicristalinidad es conferida por el ordenamiento de las moléculas de almidón (Luca, 2016).

Cadenas externas de amilosa y amilopectina pueden formar dobles hélices lo cual puede asociarse a los dominios cristalinos. En la mayoría de los almidones estos dominios son limitados por el componente amilopectina. En almidones de arroz ricos en amilopectina, el origen de la cristalinidad es debido a la formación de dobles hélices entre las cadenas externas de las moléculas de amilopectina. La amilosa no parece afectar la cristalinidad en almidones normales y cerosos. Luca, 2016 estima que los almidones cerosos contienen alrededor de 63% de amilopectina en doble hélice. La cristalinidad de almidones de arroz no cerosos y cerosos se reporta en el rango de 25-42% y de 37-51% respectivamente.

El contenido de amilosa varía entre tipos de arroz; almidón de arroz ceroso (que contienen un alto porcentaje de amilopectina) con un contenido de 0.8-13% mientras que el almidón de arroz no ceroso contiene de 8-37% de amilosa. El contenido de amilosa en arroz molido puede clasificarse como ceroso, 1-2%; bajo, 7-20%; intermedio, 20-25% y alto, >25% (Luca, 2016).

Otros componentes de los gránulos incluyen lípidos, proteínas, minerales y humedad (agua). El contenido de lípidos en almidón de arroz no ceroso es de 0.3-

0.4% mientras que en almidón de arroz ceroso es de 0.03%. Los lípidos se encuentran en forma de ácidos grasos libres y lisofosfolípidos (es un fosfolípido con una sola cadena de ácido graso). El total de lípidos en el almidón de arroz no ceroso está compuesto por 32% de ácidos grasos libres y 68% de lisofosfolípidos (Luca, 2016).

Aplicación

Debido a que el tamaño del gránulo es similar a los glóbulos de grasa, el almidón de arroz puede utilizarse como sustituto de grasa en productos procesados de carne, leche, aderezos, sopas y pastelería manteniendo así la sensación de grasa en la boca. También puede ser utilizado como reemplazador de grenetina para aquellos productos vegetarianos o dirigidos a religiosos (Luca, 2016).

La aplicación de almidones nativos de arroz es limitada debido a su inestabilidad bajo varias condiciones de temperatura y pH.

La retrogradación en el almidón de arroz puede tratarse mediante una modificación química: la hidroxipropilación (los grupos hidroxilo en la cadena polimérica de almidón son sustituidos por grupos hidroxipropilos). Los almidones hidroxipropilados tienen mayor transparencia del gel y estabilidad en almacenamiento en frío y congelación. A mayor grado de hidroxipropilación mayor poder de retención de agua (*swelling power*) y mayor transparencia de la pasta (*paste clarity*) un parámetro importante en la elaboración de alimentos como jaleas, salsa y empaques a base de almidón comestible. Este tipo de modificación en el almidón de arroz reduce la exudación de agua cuando se almacena en frío. El almidón de arroz se distingue también por sus residuos proteicos hipoalergénicos (que tiene bajo riesgo de producir reacciones alérgicas) (Abeera, 2017).

La hidrólisis del almidón se logra con una enzima llamada pululanasa la cual se utiliza casi siempre con otras enzimas amilolíticas (hidrolizan almidón) como

glucoamilasa y α -amilasa para la producción de jarabes de azúcar. Cuando un almidón es hidrolizado aumenta la probabilidad de que la molécula pase por un alineamiento o agrupación formando estructuras cristalinas; esto ayuda a formar almidón resistente el cual tiene muchos beneficios a la salud y es muy estable a procesos donde se trate al almidón con calor (Hongbo, 2017). La esterificación de los almidones de arroz es posible y es útil para uso como surfactante en emulsiones aceite en agua (*o/w*) debido al pequeño tamaño del gránulo de arroz; algunos agentes reactivos para lograr la esterificación son anhídridos ácidos, anhídrido octenil succínico, anhídrido dodecenil succínico, ácidos grasos y cloruro de ácido graso (García, 2018).

1.7.2. Almidón de garbanzo

El garbanzo es la tercera leguminosa más consumida en el mundo después de los frijoles y chícharos debido a su resistencia a la sequía y comparativamente sus bajos insumos agronómicos y económicos requeridos para su producción (Ada Keila, 2017). Hay dos tipos de garbanzo; el pequeño, oscuro y con forma irregular “*tipo Desi*” y el largo, de color claro y redondo “*tipo Kabuli*”. Las semillas de garbanzo están constituidas aproximadamente por 17-22% de proteína, 6.48% de lípido, 3.82% de fibra cruda y 50% de carbohidratos (Idrees, 2019).

Los almidones en leguminosas son digeridos en menor medida comparados con sus contrapartes aisladas de cereales o tubérculos. Su baja digestibilidad relativa es atribuida a su morfología granular, ausencia de poros en la superficie, composición molecular, cantidad de amilosa y estructura y conformación de la amilopectina. Es difícil obtener almidones puros de leguminosas por su alto contenido proteico y de fibra presentes en la pared celular y su fuerte interacción entre proteínas y gránulos de almidón. El contenido de almidón en semillas crudas va de 35.78% a 46.23%. Una de las principales características de los almidones de leguminosas es que contienen cantidades relativamente altas de amilosa: alrededor de 25.05 a 35.26% del total del almidón presente (Ada, 2017).

El almidón de garbanzo tiene gránulos en forma lenticular (convexa por ambos lados) con una superficie lisa y diferentes tamaños, presenta un poder de retención de agua media (*swelling power*) pero es afectado por interacciones inter e intra granulares con el agua (Ada, 2017).

Aplicación

Almidones de garbanzo extruidos revelan disminución de luminosidad como resultado de reacciones de Maillard, por lo que puede aplicarse en productos en donde el color oscuro sea esperado. También se observa disminución de las propiedades de pasta (*pasting properties*) por lo que puede aplicarse en alimentos donde se requiera menor viscosidad (Idrees, 2019).

La acetil-esterificación de almidones nativos de garbanzo mejora propiedades fisicoquímicas con respecto al comportamiento de pasta, morfología granular, propiedades térmicas y perfil de retrogradación y disminuye viscosidad final debido al incremento en el contenido de amilosa, enlaces de hidrógeno y porosidad en el gránulo de almidón. Este tipo de modificación incrementa la capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de aceite en un 17.13 y 20%, respectivamente (Dev, 2015).

1.8. Proteínas utilizadas en la elaboración de análogos de queso

1.8.1 Proteína de almendra

Las semillas de almendras son una valiosa fuente de lípidos, proteína, fibra dietética, vitaminas, nutrimentos inorgánicos, compuestos fenólicos y fitoesteroles, que tienen un potencial beneficio a la salud con relación a padecimientos del corazón, diabetes y obesidad. Son consumidas en todo el mundo y Estados Unidos es el mayor productor (Myriam, 2016).

La proteína que se encuentra en mayor cantidad en la almendra es la amandina, la cual pertenece al grupo de las globulinas. Tiene una estructura hexamérica y

cada una de las 6 subunidades está compuesta por dos polipéptidos (cadena α de 45 kDa y cadena β de 20 kDa) unidos por puentes disulfuro con un peso molecular aproximado de 450 kDa. La amandina, particularmente la región rica en glutamina es la responsable de reacciones alérgicas observadas en el consumo de alimentos en ciertos individuos.

Los lípidos en almendras están compuestos principalmente por triacilglicéridos. Comparado con otras nueces, los lípidos de las semillas de almendra tienen una baja cantidad de ácidos grasos saturados, sin embargo, contienen una significativa proporción de grasas poli y monoinsaturadas. De acuerdo a la variedad de almendra puede contener alrededor de 50% de lípidos, de los cuales el 70-80% es ácido oleico, 15% ácido linoleico y 5% de ácido palmítico. Por otro lado, el contenido disponible de carbohidratos (la mayoría azúcares) y fibra dietética (pared celular) es de 5.5% y 11.8%, respectivamente.

La semilla de almendra es rica en vitaminas y minerales y es considerada buena fuente de vitamina E (tocoferol), riboflavina, calcio, magnesio, fósforo, potasio, zinc, cobre y manganeso. También contiene una amplia variedad de compuestos fenólicos como proantocianidinas, flavonoides y ácidos fenólicos los cuales se encuentran predominantemente en la piel y son responsables de propiedades antioxidantes. Contiene fitoesteroles encargados de reducir concentraciones en sangre de LDL (colesterol de baja densidad) disminuyendo riesgo de ataques al corazón (Myriam, 2016).

1.8.2. Proteína de soya

La soya es una planta en la que su frijol contiene el mayor nivel de proteína vegetal de buena calidad biológica, proporcionando, además, grasas poliinsaturadas, fibra dietética y fitoquímicos que han sido relacionados con efectos anticancerígenos (Oxalis, 2017).

Los principales exportadores de bebida a base de soya son EUA, Brasil,

Argentina, Canadá y Paraguay y los países que más importan son Holanda, China, México, Japón y Alemania.

En años recientes, el consumo de bebidas vegetales, en específico obtenidas de soya, ha aumentado debido a la percepción de los problemas de salud asociados por el alto consumo de productos de origen animal. La bebida a base de soya tiene un perfil nutricional similar al de la leche de vaca en relación al contenido de proteína (3.5%), grasa (2%) e hidratos de carbono (2.9%). No obstante, debido a la presencia de polisacáridos como la rafinosa y estaquiosa su consumo puede llevar a algunos problemas digestivos.

El proceso de coagulación de las proteínas de soya es lento e ineficiente comparado a las proteínas provenientes de la leche de vaca, sin embargo, se puede facilitar adicionado una sal ácida o álcali (Renda, 2018).

Los análogos de queso elaborados a partir de proteína de soya tienen varios beneficios como su alto valor nutritivo, bajo costo, disponibilidad y conveniencia para los intolerantes a la lactosa. Uno de los inconvenientes de los productos a base de proteína de soya es el resabio que podrían no agradar al consumidor, al igual que su textura granular en productos para untar a comparación con los que son a base de leche de vaca (Renda, 2018).

2. PROPUESTA DEL DESARROLLO DE ANÁLOGO DE QUESO A BASE DE PAPA

2.1 Definición del producto

Análogo de queso a base de papa (*Solanum tuberosum*) con conservadores de origen microbiano libre de insumos de origen animal.

2.2 Formulación

En general la formulación del queso análogo dependerá del tipo de queso deseado, en este caso dentro de la subcategoría de análogos de queso se propone el desarrollo de un producto para “fundir” (véase punto 1.2).

2.2.1 Ingredientes

Los ingredientes principales para la elaboración del queso análogo son agua, grasa vegetal, proteína vegetal y almidón de papa.

2.2.1.1. Agua

Se agrega durante el proceso de fundido, ayuda a la disolución de sales fundentes e hidratación de la proteína. Así mismo, cumple su rol dentro de la emulsión agua-aceite que se forma en el proceso.

2.2.1.2. Grasa vegetal

Da composición, textura y características de capacidad de fusión deseables. Al comparar perfiles de fusión para sustituto de grasa, el aceite de coco o grasa de palma son predominantemente idénticos a la grasa de la leche (Tekla, 2019).

2.2.1.3. Proteína vegetal

Da textura y composición al producto debido a su capacidad de formar geles. También puede dar estabilidad si se usa como emulsificante (Renda 2018).

2.2.1.4. Almidón de papa

Los almidones nativos de papa son usados porque regulan y estabilizan la textura

de alimentos por sus propiedades espesantes y gelificantes. Almidones de papa sin modificar y con bajo contenido de amilosa reportan tener gran capacidad de retención de agua (*swelling power*) (Abeera Moin, 2017). Sin embargo, cuando se usa bajo otras condiciones para producir otros productos es necesario identificar su desempeño contra variables como pH, temperatura y presión (Lizarazo, 2015).

Los almidones modificados o hidrolizados presentan mejor solubilidad que los almidones nativos, sin embargo, tiene un límite de 25% comparado con el nativo (Xi, 2019). Aquellos que resulten con baja viscosidad son empleados para la elaboración de alimentos con alto contenido de sólidos (Fausto H., 2018), con un bajo índice glucémico (Rosana, 2020) y aquellos sometidos a esterilización (Subroto, 2019).

2.2.2. Aditivos

Existen diversos factores por los cuales la calidad de los alimentos se encuentra afectada: estos pueden ser físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos es por eso que se añaden aditivos de manera intencional para preservar y/o mejorar las características del alimento (Rodríguez, 2011).

De acuerdo a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria un aditivo es: *“cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición al producto con fines tecnológicos en sus fases de producción, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o puede preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del producto o un elemento que afecte a sus características (incluidos los organolépticos)”*. Esta definición no incluye “contaminantes” o sustancias añadidas al producto para mantener o mejorar las cualidades

nutricionales.

Los aditivos se pueden clasificar de acuerdo a su categoría como: acentuadores de sabor, agentes gelificantes, antioxidantes, colorantes, edulcorantes, emulsionantes, reguladores de acidez, conservadores, entre otros (FAO/OMS, 2019).

2.2.2.1. Conservadores de origen microbiano

Uno de los objetivos primordiales en la producción de alimentos es evitar el deterioro microbiológico el cual dependerá de los microorganismos presentes, de la combinación química del producto y del tipo de carga microbiana inicial. El crecimiento microbiano en un alimento puede ser inhibido con conservadores (Rodríguez, 2011), prolongando la vida de anaquel del alimento (FAO/OMS, 2019), siendo un punto de interés para la propuesta de elaboración de análogo de queso a partir de almidón de papa.

El uso de conservadores químicos se ha relacionado con algunos tipos de intoxicaciones por lo que se ha optado por el uso de antimicrobianos naturales considerados por la FDA como sustancias del tipo GRAS (*Generally Recognized As Safe*). Estos últimos pueden clasificarse por su origen: animal (incluye proteínas, enzimas líticas tales como lisozima, hidrolasas tales como lipasas y proteasas y polisacáridos como el quitosán), vegetal (incluye compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y fitoalexinas) y de origen microbiano (Rodríguez, 2011).

Existen límites a la cantidad que se puede añadir de un conservador y de la mezcla de ellos. Los conservadores alimentarios, a las concentraciones autorizadas, son bacteriostáticos. Al añadir un antimicrobiano pueden ocurrir tres efectos en el microorganismo: 1) inhibir la biosíntesis de ácidos nucleicos o de la pared celular, 2) causar daño a la integridad de las membranas o 3) interferir en procesos metabólicos esenciales. Debido a que algunos microorganismos pueden no verse inhibidos o destruidos por las dosis convencionales de antimicrobianos

utilizados individualmente, puede ser preferible utilizar una combinación de ellos, ampliando así el espectro de cobertura en la preservación de alimentos en general (Rodríguez, 2011).

Lista de antimicrobianos de origen microbiano

Bacteriocinas

Son los principales compuestos antimicrobianos producidos por bacterias Gram positivas. Son metabolitos de las bacterias ácido lácticas (BAL) producidas durante su crecimiento. Estos polipéptidos dan al microorganismo productor ventaja competitiva sobre otros tipos de microorganismos (Farhan, 2019).

Natamicina

Es producida por *Streptomyces natalensis* y se ha observado que tiene poca o nula actividad contra bacterias patógenas. Ha sido usada en la preservación de alimentos contra hongos y levaduras. Debido a su naturaleza antifúngica ha sido usada en productos lácteos, carnes, jugos (pasteurizados y no pasteurizados), entre otros (Farhan, 2019).

Nisina

Es un antibiótico que se encuentra en forma natural en ciertos quesos ya que es producida por *Lactococcus lactis*. Su valor como conservador consiste en el control de esporas de cepas termofílicas de *Bacillus* y *Clostridium*, los cuales se desarrollan en quesos y otros productos ocasionando inflaciones y protuberancias duras. Es estable en ácido e inestable en álcali. Permitida en alimentos enlatados procesados con calor suficiente para destruir *Clostridium botulinum* o que tengan un pH menor de 4.5, así como en quesos y crema cuajada (Kirk, 2017).

Reuterina

Es un compuesto antimicrobiano producida por *Lactobacillus reuteri*. Es soluble en

agua y tiene un amplio rango antimicrobiano ya que es efectivo contra bacterias Gram-negativas y Gram-positivas junto con organismos filamentosos (mohos) y no filamentosos (levaduras). Es activa en un amplio rango de pH y resistente a varias enzimas de tipo proteolíticas y lipolíticas. Muestra actividad bacteriostática contra algunas bacterias patógenas particularmente contra *Listeria monocytogenes* (Farhan, 2019).

Bacteriófagos

Son virus que infectan específicamente a bacterias. Forman parte de todos los ecosistemas naturales, donde ejercen un papel modulador de las poblaciones bacterianas, y también se encuentran presentes como parte de nuestra microbiota. Por lo tanto, los bacteriófagos son inocuos para los humanos, animales y plantas (Gutiérrez, 2020). Son conservadores naturales fácilmente propagados y considerados como alternativas de conservadores químicos por su calidad higiénica, seguridad y extensión de la vida de anaquel de productos alimenticios (Farhan, 2019).

Bacterias ácido lácticas (BAL)

Las bacterias ácido lácticas son probióticos importantes que confieren beneficios a la salud incluyendo rol protector en los alimentos. Actúan como conservadores e inhiben el crecimiento de diversas bacterias patógenas mediante la producción de agentes microbianos como ácidos orgánicos y bacteriocinas (péptidos antimicrobianos) (Farhan, 2019), algunos ejemplos se presentan en el Tabla 4.

Tabla 4. Efecto antimicrobiano de bacterias ácido lácticas (BAL) contra microorganismos de descomposición y transmitidos por alimentos (Farhan, 2019).

| Cepas de BAL | Microorganismos de descomposición y transmitidos por alimentos |
|----------------------------|---|
| <i>Lactobacillus sakei</i> | Microorganismos de deterioro |

| | |
|---|--|
| <i>Lactobacillus curvatus</i> | Microorganismos de deterioro |
| <i>L. curvatus</i> | Patógenos transmitidos por alimentos: <i>Escherichia coli</i> O157:H7 |
| <i>Carnobacterium divergens</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> |
| <i>Enterococcus faecium, Lactococcus lactis</i> | <i>Listeria innocua</i> |

En el siguiente cuadro se muestran conservadores de origen microbiano, el microorganismo que los produce, así como los límites máximos permitidos según la NOM-243-SSAI-2010 para algunos conservadores.

Tabla 5. Conservadores de origen microbiano y microorganismos que los producen (NOM-243-SSAI-2010; Kirk, 2017; Nur, 2017; Farhan, 2019).

| Microorganismo | Conservador | Límite máximo (mg/kg) | Aplicable a | Inhibe/control |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| <i>Streptomyces natalensis</i> | Natamicina | 40 | Quesos frescos y procesados | Hongos y levaduras |
| <i>Lactococcus lactis</i> | Nisina | 12.5 | Quesos frescos y procesados | Esporas de <i>Bacillus thermophilus</i> / <i>Clostridium botulinum</i> |
| <i>Lactobacillus reuteri</i> | Reuterina | N/D | Quesos frescos y procesados | Gram positivos, Gram negativos, mohos y levaduras. Específicamente <i>Listeria monocytogenes</i> |

N/D: No declarado en la NOM-243-SSAI-2010

2.2.2.2. Sales fundentes

Las sales fundentes son sustancias que se añaden a los quesos por sus propiedades de reordenar las proteínas que están contenidas de manera dispersa y, además, dan lugar a una distribución homogénea de la grasa y otros componentes (González, 2019).

Citrato de sodio, Lecitina de soya

Juegan un papel importante en las características físicas y sensoriales en el producto elaborado ya que hacen que un queso funda o no funda, evita la separación de la grasa y controlan la textura de los quesos durante y después del proceso (evita la formación de texturas granulosas y pastosas) (González, 2019). Algunos hidrocoloides como alginatos, carragenina y gnetina pueden usarse como emulsificantes o estabilizantes (Xi 2019).

3. ETIQUETADO

La FDA (Food and Drug Administration) especifica que los alimentos están mal etiquetados si presentan una etiqueta falsa o engañosa o es una imitación de otro alimento a menos que lleve en ella la palabra “imitación”. El *Codex Alimentarius* restringe el uso de la expresión “leche” a menos que el alimento incluya o contenga componentes de origen lácteo. Dichas regulaciones, sin embargo, pueden no ser suficientes para que los consumidores distingan con confianza estos productos (Tekla, 2019).

Los análogos de queso son legítimos siempre y cuando se haga una distinción clara en el etiquetado. Además de aumentar la transparencia en el mercado para el beneficio del consumidor, también será restaurada la reputación de los análogos de queso y análogos de diferentes categorías (Tekla, 2019).

En la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria en el numeral 4.2.1.1. se indica que si el producto no tiene un ordenamiento específico jurídico para establecer el nombre correspondiente, se podrá indicar al producto por el nombre de uso común o emplear una descripción conforme a las características básicas de la composición y naturaleza del alimento. Tomando en cuenta lo mencionado por el *Codex Alimentarius* y la FDA, el producto puede llevar la palabra imitación, alternativa o análogo siempre y cuando se indique claramente que el producto está libre de lácteos como leyenda en la parte frontal de la etiqueta o mostrando que en los ingredientes no hay algo proveniente de origen animal.

De acuerdo a la formulación propuesta para la elaboración de un AQLL (Análogo de queso libre de lácteos), el etiquetado conforme a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria los siguientes sellos (para una porción de 100 g) (Véase Tabla 14):



De acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria en el numeral 4.5.3 “Información complementaria” indica que si por cada 100g de producto el total de kcal (en este caso 305kcal) es ≥ 275 kcal totales entonces el sello a usar será el de “Exceso Calorías”. Si más del 10% de energía (kcal) proviene de grasas saturadas por cada 100g de producto, entonces llevará la leyenda de “Exceso Grasas Saturadas”, en este caso (225kcal del total 305kcal). Si la cantidad de sodio es ≥ 300 mg, entonces la leyenda correspondiente será la de “Exceso Sodio”, en este caso (1.0-1.5g). Los 3 sellos correspondientes al producto serán “Exceso Calorías”, “Exceso Grasas Saturadas” y “Exceso Sodio”.

4. DISCUSIÓN

La elaboración de un análogo de queso libre de lácteos implica la utilización de ingredientes de origen no animal y las posibles combinaciones entre ingredientes y composición para obtener las características deseadas tecnológicas y sensoriales para la aceptación por el consumidor. Los ingredientes, de manera general, para la elaboración de un análogo de queso libre de lácteos son almidones nativos y/o modificados, aceite vegetal, agua, sales fundentes (para un queso que derrita) e hidrocoloides (en caso necesario para estabilidad de este). En la siguiente sección se discuten los ingredientes mencionados y las posibles combinaciones para la elaboración de quesos análogos libres de lácteos, además de diferentes conservadores de origen microbiano para cubrir el tema de vida de anaquel del producto en venta.

La selección de almidón de papa para la elaboración de análogos de quesos libres de lácteos es debido a que tienen una temperatura de gelatinización baja y la habilidad de formar geles firmes sin restringir las propiedades de fundir del producto (WIPO, 2016).

En la Tabla 6 se muestran las características químicas en porcentaje del almidón de papa y otros tipos de almidón. La concentración de fósforo en el almidón de papa es única (0.08%) en comparación con otros almidones, lo que permite que haya un comportamiento especial con iones de diferente carga mediante la presencia de enlaces covalentes presentes en grupos éster fosfato con la amilopectina del almidón de papa y en su habilidad de reemplazar su carga iónica (dependiendo en el tipo de electrolito, la concentración y condición, los diferentes grupos fosfato cargados son sometidos fácilmente al intercambio de iones). En el almidón de papa, los iones sodio (Na^+) incrementan la viscosidad de la pasta formada a niveles máximos mientras que los iones calcio (Ca^{2+}) producen el efecto contrario mediante un “entrecruzamiento iónico” (Bergthaller, 2004).

Tabla 6 Características químicas de almidones obtenidas de varias fuentes (Zhenghong, 2003).

| Almidón | Amilosa (%) | Lípidos (%) | Proteína (%) | Fósforo (%) |
|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Maíz | 28 | 0.8 | 0.35 | 0.00 |
| Maíz ceroso | < 2 | 0.2 | 0.25 | 0.00 |
| Maíz de alta amilosa | 50-70 | Nd | 0.5 | 0.00 |
| Trigo | 28 | 0.9 | 0.4 | 0.00 |
| Papa | 21 | 0.1 | 0.1 | 0.08 |
| Tapioca | 17 | 0.1 | 0.1 | 0.00 |
| Frijol Mungo | 39 | 0.3 | 0.3 | Nd |

Nd: no determinado.

El almidón de papa es bien conocido por proveer pastas de alta viscosidad y formación de geles de larga consistencia. Por otro lado, tiene una desventaja a la alta sensibilidad ante la agitación y el calentamiento. Los grupos éster fosfato del almidón de papa son en parte responsables de una rápida hidratación, hinchazón y alta viscosidad en pastas. Cuando es calentado en una suspensión acuosa, el almidón de papa pierde irreversibilidad de su estructura granular tan pronto como se alcanza el intervalo de temperatura crítica (55-66 °C), también llamada temperatura de gelatinización. Los cationes conectados con el almidón de papa ligan agua y extraen agua necesaria para la hidratación de las moléculas de almidón contribuyendo a un mayor aumento en la viscosidad. Los geles de almidón de papa se caracterizan en general por una textura fibrosa y viscosa (Zhenghong, 2003).

La sinéresis es un cambio no deseado en los productos alimenticios, especialmente en aquellos que requieren de estabilidad en congelamiento-descongelamiento como el que se propone. No obstante, los geles de almidón de papa tienen la ventaja de que difícilmente demuestran efectos de retrogradación.

La utilización de almidones modificados en la elaboración de quesos análogos permite estabilizar la red y crear una cortina tridimensional, lo que hace posible obtener una amplia variedad de propiedades de textura. La interacción entre el almidón y la proteína juega un rol importante en las características macroscópicas

de los productos alimenticios como el flujo, la estabilidad, la textura y la palatabilidad (Zhenghong, 2003).

Agudelo *et al.* (2015) realizaron un experimento en donde se elaboraron tres quesos (control, con almidón de maíz ceroso y con almidón de papa) en donde se sustituyó el 10% de proteína de leche en uno por almidón de maíz y otro por almidón de papa y con esto midió los efectos en las propiedades de textura que presentaba cada uno de los productos con dichas sustituciones en comparación con el control. Los efectos que se midieron fueron los parámetros que conforman el perfil de textura: dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad. Se encontró que en aquellos quesos donde se sustituyó el 10% de proteína de leche (con almidón de maíz ceroso y con almidón de papa) hubo diferencia significativa sobre las características reológicas principalmente en un incremento en la dureza, adhesividad y gomosidad, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Efecto de la humedad en la dureza y la gomosidad en quesos análogos (Agudelo, 2015).

| Tratamientos | Humedad (%) | Dureza (N) | Gomosidad |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Queso Control | 48.76 | 10.30 | 1.61 |
| Queso con almidón de maíz ceroso | 48.04 | 15.34 | 4.65 |
| Queso con almidón de papa | 47.98 | 26.38 | 5.70 |

La dureza de este tipo de alimentos (quesos, imitación de quesos y análogos de queso) está principalmente influenciada por el contenido de humedad mostrando que, a mayor contenido de humedad, menor valor de dureza. Dentro de este parámetro también se investigó si las sales emulsificantes y el contenido de grasa tenían influencia en la dureza y se encontró que a medida que la concentración de

sales emulsificantes se reducía, la dureza incrementaba y que a menor cantidad de grasa mayor reducción de la dureza. En este último valor, se toma como alto contenido graso si los valores van de 24%-27% y de bajo contenido graso si van de un 13%-16% (Agudelo, 2015).

Para la adhesividad se encontró que el queso control (con proteína de leche) se despegaba fácilmente del paladar en comparación de los elaborados con maíz ceroso y papa. Esto se debe a que el queso control presenta interacciones proteína-proteína las cuales se ven favorecidas por estructuras parcialmente no plegadas, lo suficientemente fuertes. Por otro lado, al sustituir parcialmente la proteína (caseinato) por almidones modificados, se ven afectadas la formación de estas interacciones, brindándoles un carácter débil, requiriendo un mayor trabajo (energía) para ser despegados del paladar. A mayor sustitución de proteína, mayor adhesividad (Agudelo, 2015).

El queso que mostró mayor gomosidad fue el elaborado con adición de almidón de papa. Esto se debe a que este almidón permite una interacción estructural de mayor unión con las demás partículas, que hace que sea difícilmente desintegrado con la masticación y que pueda ser tragado (Agudelo, 2015). En la tabla 7 se muestra el efecto de la humedad en la gomosidad y dureza en los quesos análogos.

La sustitución en la formulación de quesos análogos de 10% de proteína de leche por almidón de papa produjo quesos más duros y más adhesivos que los elaborados con almidón de maíz ceroso (Agudelo, 2015). Suponiendo que, si con un 10% de sustitución de proteína de leche por almidón hay un incremento significativo en ciertas características, a mayor sustitución más incremento de estas características. No obstante, este comportamiento se ve por la interacción entre las macronutrientes que conforman el queso. En caso de que se sustituya el total de proteína por un almidón, puede no comportarse de la manera planteada debido a que la interacción entre almidón, lípidos, sales, etc. podrían mostrar un comportamiento diferente o similar por lo que se debe de analizar las posibles interacciones entre los ingredientes del queso análogo para estimar las posibles

características reológicas que pueda presentar.

Los resultados obtenidos en los párrafos anteriores son con respecto a la sustitución del 10% de proteína de leche, sin embargo, Alcázar *et al.* (2019) elaboró un análogo de queso libre de lácteos (AQLL) con proteína vegetal obteniendo resultados similares a los quesos con sustitución al 10% de la proteína de leche con almidón. Alcázar *et al.* (2019) elaboró diferentes formulaciones de quesos análogos libres de lácteos con ingredientes como bebida de soya, bebida de almendra, grasa vegetal, almidón de maíz y harina de maíz. Se probaron tres estabilizantes para lograr la consistencia a un queso mozzarella comercial: almidón modificado, agar-agar y carragenina. En algunas formulaciones se añadieron grasa vegetal y ácido cítrico ya que confieren sabores y propiedades físicas características al queso comercial.

La formulación que contenía bebida de almendra fue descartada como uso para la elaboración de análogo de queso libre de lácteos (AQLL) debido a que el contenido de proteínas y grasa son relativamente bajos (0.4 g/100mL y 1.1 g/100mL respectivamente) para que el almidón modificado pueda interactuar y formar el cuajo deseado. Otra de las formulaciones descartadas fue la que se utilizó almidón de maíz sin modificar y carragenina y alginato como estabilizantes ya que no se alcanzó la consistencia de un queso mozzarella debido a que el almidón de maíz no soportó el tratamiento térmico a 85°C impidiendo una correcta interacción entre las proteínas de la bebida de soya y el almidón (Alcázar, 2019).

Se decidió trabajar con la bebida de soya debido a que su contenido de proteínas (3.1g/100mL) es muy cercano al contenido proteínico de la leche entera de vaca (3.4g/100mL) provocando una mayor formación de cuajo por el efecto del almidón modificado comparado con el de la bebida de almendras. La cantidad de grasa en la bebida de soya es similar al de la bebida de almendras (1.7g/100mL y 1.1g/100mL respectivamente), sin embargo, esto no impide que se forme el cuajo

deseado ya que una de las razones de usar el almidón modificado es compensar la consistencia y textura que confiere la grasa animal (Alcázar, 2019).

La formulación final estaba compuesta por almidón modificado (20%), grasa vegetal (20%), sal (1%), citrato trisódico (0.05%), sorbato de potasio (0.10%) y bebida de soya (58.85%). A esta se le añadió condimentos para enmascarar el sabor a soya; de 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5% se eligió el de 1% ya que lograba el objetivo sin saturar al paladar del consumidor.) El contenido de proteínas del análogo de queso libre de lácteos (AQLL) fue de 2% y el contenido de grasa fue de 50%. Se determinó la cantidad de proteína por el método Kjeldahl obteniendo en promedio un 2% en el AQLL. Las proteínas provienen mayoritariamente de la bebida de soya las cuales se encuentran en un 3%. El 1% de proteínas perdido se debe a que las proteínas, en general, comienzan a desnaturalizarse a partir de 60°C y para elaborar este AQLL se pasó por un tratamiento térmico de 85°C. El producto de esta formulación mostró características similares a las del queso mozzarella. La determinación de grasa se realizó por el método de Soxhlet; la grasa es importante ya que es uno de los principales elementos por las cuales el queso, de manera general, funde, además de ser un potenciador de sabor. No obstante, en este AQLL es el almidón (que contiene hidrocoloides) el que aporta la característica para que el queso funda (Alcázar, 2019).

Sabiendo el comportamiento de almidón en las muestras elaboradas por Alcázar (2019) es importante conocer el comportamiento y/o funcionalidad de los demás ingredientes que conforman el análogo de queso libre de lácteos (AQLL). Saraco *et al.* (2019) realizó una investigación más a fondo acerca de la funcionalidad de los ingredientes usados en quesos análogos libres de ingredientes lácteos, la seguridad alimentaria, implicaciones legales y costo. En general, más del 50% de los productos llamados imitación de queso libre de lácteo contienen los siguientes ingredientes, también llamados “ingredientes en común”: agua, fuente de grasa, almidones, gomas, sal y saborizantes. Las grasas son utilizadas para asemejar las propiedades texturales que ofrece la grasa proveniente de leche de vaca, los

almidones son usados para crear la estructura principal del producto y darle la rigidez deseada y las gomas para mejorar la textura y fusibilidad (facilidad con la que un material puede fundirse). Los quesos imitación libres de lácteos que se analizaron se muestran en la Tabla 8 y los países en donde más se encuentran estos tipos de quesos imitación en la Tabla 9:

Tabla 8. Tipos de Análogo de Queso libre de lácteos y sus abundancias relativas (Saraco, 2019).

| Tipo de Análogo de Queso libre de lácteos | Abundancia Relativa |
|--|----------------------------|
| Base de Aceite de Coco | 74% |
| Base de Nuez | 10% |
| Base de Aceite de Palma | 6% |
| Base de Arroz | 5% |
| Base de Soya | 3% |
| Base de Aceite de Girasol | 2% |

Tabla 9. Países de origen de los análogos de quesos libres de lácteos encontrados (Saraco, 2019).

| | |
|----------------------------------|----|
| Canadá | 3 |
| Chipre | 8 |
| Francia | 9 |
| Alemania | 2 |
| Grecia | 17 |
| Italia | 6 |
| Suiza | 1 |
| Reino Unido | 58 |
| Estados Unidos de América | 5 |

Como puede observarse en los datos anteriores (Tabla 8 y Tabla 9, el principal país que produce AQLLs es Reino Unido siendo fijado como líder mundial en términos de desarrollo de alimentos veganos (año 2018) y el AQLL que más se produce es el de a base de aceite de coco. Países que no están en la lista puede ser que no hayan sido investigados en relación a la producción de AQLLs o que simplemente no producen AQLLs sino que importan este tipo de productos brindando una oportunidad para el nicho “veganos” en esos países.

En la siguiente Tabla 10 se muestran los ingredientes base y su funcionalidad dentro del AQLL correspondiente:

Tabla 10. Análogo de Quesos libres de lácteos con ingredientes base y su funcionalidad (Saraco, 2019).

| Quesos análogos libre de lácteos | Ingredientes base | Funcionalidad | Descripción |
|--|----------------------------------|---|--|
| 1)Base de Aceite de Coco (Uso de calentamiento con mezclado continuo, seguido por enfriamiento en su elaboración). | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Aceite de coco (17-25%) | Propiedades texturales parecidas al queso, rigidez y dureza. | 80-90% de los ácidos grasos son saturados. C12:0-Ácido Láurico (48.5%), C14:0-Ácido mirístico (17.6%). |
| | Combinación de almidones (5-30%) | Estructura general del AQLL y rigidez. A mayor cantidad de almidón mayor rigidez (AQLLs | Normalmente combinación de almidón nativo con almidón modificado de papa y/o maíz. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | suaves 5%, AQLLs extra duros 30% aproximadamente). | |
| Gomas (Gomas gelificantes y no gelificantes son usadas para lograr propiedades superiores) Ejemplo: κ-carragenina + galactomananos= incremento en la fuerza del gel y elasticidad y reducción de sinéresis. | Carragenina (Forma gel). | | -0.6-1.0% da una textura dura no untable. -0.3-0.5% sí untable. |
| | Goma Guar (No forma gel). | | -Propiedades espesantes. -No forma geles. 0.8% sí untable sin necesidad de sales emulsificantes. |
| Sal | Mejora en las características sensoriales. | | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |
| Saborizantes | Mejora en las características sensoriales. | | Metanotiol, ácido hexanoico, ácido octanoico, etil butanoato (compuestos característicos encontrados en quesos). |

| | | | |
|---|-----------------------|--|--|
| | | | -Extracto de levadura o levadura nutricional provee sabor a queso. |
| | Reguladores de acidez | Extender vida de anaquel. Puede inhibir crecimiento de patógenos. | Ácido láctico y Lactato de sodio, proveen sabor agrio y lácteo típico de quesos. |
| | Colorantes | Mejora en las características sensoriales. | Carotenos: brindan color desde amarillo hasta rojos, comportamiento hidrofóbico (soluble en aceite de coco). |
| 2) Base de nuez (No requiere calentamiento en su producción a menos que se usen gomas gelificantes) | Almendras | A semejar contenido de lípidos, proteínas y humedad de los quesos comerciales. | 87.2% de ácidos grasos insaturados (35% más que en leche de vaca). |
| | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Sal | Mejora en las características sensoriales. | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |
| | Saborizantes | Mejora en las características sensoriales. | Se usan: Cultivos (enzimas de bacterias acidolácticas desarrollan sabor; |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | | | <p>sustratos: carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos) o levadura nutricional.</p> |
| 3) Base de Aceite de Palma | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Combinación de almidones (20- 27%) | Véase "1) Base de Aceite de Coco" . | ----- |
| | Aceite de palma (20% aprox.) | Propiedades texturales. (En combinación con almidón modificado de papa incrementa la dureza). | <p>-Contiene 51.4% menos ácidos grasos saturados que el aceite de coco lo cual afecta negativamente en la textura de los productos.</p> <p>-Contenido balanceado de ácidos grasos saturados e insaturados, β- caroteno y antioxidantes naturales como tocoferoles (Hussein, 2018).</p> <p>-Daño ecológico en su producción.</p> |

| | | | |
|------------|----------------------------|--|--|
| | Fuente de fibra o proteína | Fibra de chícharo o bambú. | -Da rigidez en los productos (compensación por los bajos niveles de grasa saturada) -Disminuye el uso de cantidades excesivas de almidón. |
| | | Proteína de soya o tofu. | -Incrementa humedad en el producto. -Reduce dureza -Usado para quesos suaves. |
| | Gomas | Véase "1) Base de Aceite de Coco". | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Sal | Mejora en las características sensoriales. | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |
| | Saborizantes | Mejora en las características sensoriales. | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Reguladores de acidez | Véase "1) Base de Aceite de Coco". | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Colorantes | Mejora en las características sensoriales. | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| 4) Base de | Pasta de arroz | Propiedades | -76% almidón y |

| | | | |
|--------------|----------------------------------|--|--|
| arroz | integral germinada (46-50.3%) | texturales. (Como espesante y gelificante en sistemas de alimentos). | 7.5% proteína. -El germinado de arroz da mejor sabor y textura comparado con arroz no germinado. |
| | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Aceite de coco (16%) | Véase "1) Base de Aceite de Coco". | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Jugo de limón | Mejora en las características sensoriales. | -Confiere sabor agrio similar al queso. -Como conservador. |
| | Sal | Mejora en las características sensoriales. | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |
| | Gomas | Agar (Gel termorreversible). | -Junto con el almidón de arroz forma geles con textura parecida a la del queso. -Confiere característica para fundir. |
| | | Goma arábica (espesante). | Reduce fuerza de los geles. |
| Goma xantana | | Reduce fuerza de | |

| | | | |
|-----------------|------------------|--|---|
| | | (espesante). | los geles. |
| | | Goma de algarroba (espesante). | -Reduce sinéresis. -Incrementa elasticidad en los geles de Agar. |
| | Saborizantes | Mejora en las características sensoriales. | Véase “1) Base de Aceite de Coco”. |
| 5) Base de Soya | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Aceite de soya | Propiedades texturales. | -15.5% grasa saturada. -Parcialmente hidrogenado→ AQLLs suaves. -Hidrogenado→ Variedades duras y semiduras. (El incremento en el grado de hidrogenación aumenta su punto de fusión). |
| | Tofu | Véase “3) Base de Aceite de Palma”. | Véase “3) Base de Aceite de Palma”. |
| | Proteína de soya | Véase “3) Base de Aceite de Palma”. | Véase “3) Base de Aceite de Palma”. |
| | Gomas | Carragenina. | -Forma geles termorreversibles. -Efecto sinérgico con goma de |

| | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--|--|
| | | | algarrobo y k-carragenina. |
| | | Goma guar. | Espesante. |
| | | Goma de algarrobo. | Espesante. |
| | Sal | Mejora en las características sensoriales. | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |
| | Reguladores de acidez | Véase "1) Base de Aceite de Coco". | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Maltodextrina y almidón de maíz | Propiedades texturales. | -Sustituto de grasa -Maltodextrina 2%→ mejora sensación en boca y fusibilidad. |
| | Emulsificantes | Mejora propiedades texturales. | -Lecitina de soya→ usado para quesos bajos en grasa. |
| | Saborizantes | Mejora en las características sensoriales. | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Colorantes | Mejora en las características sensoriales. | Véase "1) Base de Aceite de Coco". |
| | Conservadores | Extender vida de anaquel. | ----- |
| 6) Base de Aceite de Girasol | Agua | Disolver ingredientes. | ----- |
| | Aceite de Girasol (20% aprox.) | Propiedades texturales. | -12.6% grasas saturadas (no apropiado para |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | producción de quesos semiduros o duros). |
| | Almidón modificado (10%) | Propiedades texturales. | ----- |
| | Fibra vegetal o harina de almendra (14%) | Mejora en las propiedades texturales. | -Balance en el perfil nutricional (21% proteína, 50% lípidos, 10% carbohidratos y 11% fibra). -La proteína puede actuar como emulsificante. |
| | Acidificantes (jugo de limón o vinagre) | Mejora en las características sensoriales. | -Confiere sabor agrio similar al queso. -Como conservador. |
| | Sal | Mejora en las características sensoriales. | Altas concentraciones de sal inhiben crecimiento de microorganismos. |

Se puede analizar de la tabla anterior que para la fabricación de quesos duros o semiduros se requiere la presencia de almidones ya sea nativos o modificados o una combinación de ambos. Cuando un proceso requiere de calentamiento puede haber pérdida de la estructura del almidón perdiendo su funcionalidad como formador de gel o contribución a la estructura del AQLL, por lo que el uso de almidones modificados es necesario en estos casos. Los AQLLs blandos o tipo

para untar no requieren de la presencia de almidones, pero sí de gomas espesantes y proteína que forme una red contribuyendo a la estructura de este tipo de AQLL. Los almidones ayudan a crear la estructura principal del producto, pero al mismo tiempo reduce su fusibilidad. La presencia de almidones con gomas gelificantes da como resultado una red parecida a la formada por la proteína de la leche para-caseína.

El uso de aceites con perfil de ácidos grasos saturados o insaturados dependerá del tipo de queso que se quiera hacer; como regla general, saturado para quesos duros y semiduros como los de “1) A base de aceite de coco y 3) A base de Aceite de palma” e insaturados para quesos blandos como el de “2) A base de nuez, 6) A base de Aceite de girasol”. Se pueden elaborar AQLLs con o sin proteína vegetal y casi siempre en donde hay presencia de proteína vegetal el queso será de tipo semiduro o suave, sin embargo, el tipo de análogo de queso a fabricar dependerá de las proporciones de los ingredientes (proteína, carbohidratos, lípidos).

En los AQLLs en donde hay humedad y nutrientes como proteína, carbohidratos y fibras (en los que lo contienen como ingrediente) pueden crecer microorganismos que pueden alterar la calidad del producto o afectar la salud del consumidor (Hussein, 2018; Saraco, 2018). Serán parte de los ingredientes (conservadores), el proceso y el almacenamiento los que ayuden a inhibir el crecimiento de microorganismos en este tipo de productos. Si el proceso lleva un paso de calentamiento similar al de los quesos de leche de vaca (85°C) podría reducir el número de microorganismos viables y también eliminar hongos y levaduras (Hussein, 2018). Los reguladores de acidez no solo dan aporte sensorial sino que también inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos (el pH debe ser ajustado a menos de 4.4 para inhibir crecimiento de patógenos que puedan crecer durante el almacenamiento en frío como *Listeria monocytogenes*; no obstante, valores de pH menores o iguales a 4.4 afectan negativamente a la intensidad del sabor del producto y la funcionalidad de los almidones nativos y algunas gomas por lo que podrían utilizarse almidones modificados para estos valores de pH). Es importante que en el etiquetado se indique que el almacenamiento debe ser en

refrigerador pues esto retarda el crecimiento bacteriano además de retardar deterioro en las propiedades organolépticas de los AQLLs. Algunos de los ingredientes presentes en los AQLLs tienen efectos sinérgicos que mejoran la estabilidad de los productos, por ejemplo, es bien sabido que los lípidos retardan la retrogradación del almidón y el almidón puede reducir la sinéresis de los geles formados con κ -carragenina. Un ejemplo de un AQLL en donde es necesario el uso de conservadores o en consecuencia presenta una vida de anaquel más corta que los demás es el de tipo “2) A base de nuez” ya que para su elaboración no es requerido calentamiento en el proceso y, además, sus propiedades fisicoquímicas no inhiben el crecimiento de microorganismos.

En la Tabla 8 vemos que el AQLL que más se produce es el que está hecho a base de aceite de coco. Esto puede deberse a que el aceite de coco presenta un perfil de ácidos grasos mayoritariamente saturados brindando al producto a elaborar una estructura rígida, estable en combinación con otros ingredientes y semejante a la de un queso elaborado con leche de vaca, además de que el aceite de coco está relacionado con beneficios a la salud y presenta un perfil de sabor neutral si se refina. No obstante, el uso de ingredientes como aceite de coco, aceite de palma, aceite de girasol, nuez, soya, arroz u otro dependerá de la aceptabilidad del consumidor conforme a sabor, textura, costo, aporte nutritivo, entre otros.

En la formulación del análogo de queso a base de aceite de girasol incluye fibra como mejorador de textura. Las características que la fibra añade al producto en un incremento de la dureza y una textura arenosa y quebradiza (desmenuzable). Hussein *et al.* (2018) investigó los efectos de agregar avena (*Avena sativa* L.) y germen de trigo (*Triticum aestivum* L.) como fuentes de fibra dietética a los quesos imitación libres de lácteos (AQLL). Preparó AQLLs con diferentes formulaciones: las primeras con almidón modificado de papa y aceite de palma en diferentes proporciones y las segundas con almidón, aceite de palma, avena o germen de trigo. El AQLL elaborado con almidón de papa modificado y aceite de palma tuvo características aceptables parecidas al queso con buen sabor y textura mientras que el AQLL elaborado con avena también tuvo características parecidas al queso

pero con mayor sabor, textura y beneficios nutricionales comparados con el AQLL elaborado con germen de trigo (la proteína de avena es casi igual en calidad a la proteína de soya la cual a su vez ha sido igualada a la de la leche, huevo y carne de acuerdo con WHO (World Health Organization; la calidad de una proteína está relacionada con su digestibilidad y la cantidad de aminoácidos esenciales que proporciona)). Las formulaciones utilizadas por Hussein *et al.* (2018) se muestran en Tabla 11:

Tabla 11. Composición (kg/50kg) de diferentes mezclas usadas en la fabricación de quesos imitación libres de lácteos (Hussein, 2018).

| Ingredientes | | | | | |
|---------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------|
| Tratamientos | Avena | Germen de trigo | Almidón modificado de papa | Aceite de palma | Agua |
| A | - | - | 8.35 | 11.30 | 29.25 |
| B | - | - | 7.35 | 10.75 | 30.80 |
| C | - | - | 6.35 | 10.25 | 32.30 |
| O | 10.0 | - | 0.15 | 9.25 | 29.50 |
| W | - | 10.5 | 0.40 | 9.00 | 29.00 |

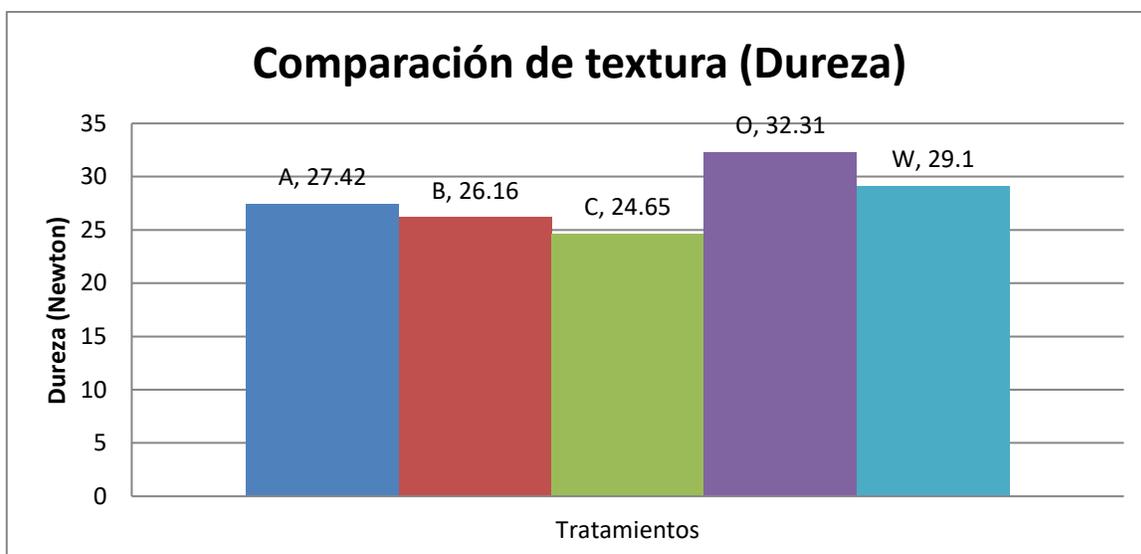
*A, B y C: Análogos de Quesos libres de lácteos con diferentes niveles de almidón modificado de papa y aceite de palma.

O: Análogo de Queso libre de lácteos con almidón modificado de papa, aceite de palma y avena.

W: Análogo de Queso libre de lácteos con almidón modificado de papa, aceite de palma y germen de trigo.

En los tratamientos B y C hubo una reducción en la cantidad de almidón de papa modificado y aceite de palma utilizados (comparados con A) por lo que se redujo la dureza del producto. La relación entre el contenido de almidón y grasa es que la dureza del producto aumentará si el contenido de almidón aumenta y el contenido de grasa disminuye; si el contenido de almidón aumenta, la fusibilidad del producto disminuye como se discutió en párrafos anteriores. El AQLL con avena (tratamiento O) fue más alto en todos los atributos texturales comparado con el elaborado con germen de trigo (tratamiento W) debido a que la avena tiene β -glucanos los cuales aumentan la capacidad de retención de agua. Ambos tratamientos (tratamiento O y W ricos con altas cantidades de fibra (2-11%), proteína (12-22%) y carbohidratos (52-58%) capaces de ligar una gran cantidad de agua (Hussein, 2018)), a su vez, fueron significativamente superiores en dureza y otras texturas en comparación con los elaborados solamente con almidón de papa y aceite de palma. Esto contradice al planteamiento propuesto en párrafos anteriores en donde se propone que el incluir proteínas a las formulaciones con solamente almidones y grasas vegetales disminuía la dureza o producían quesos suaves o para untar o semiduros. No obstante, hay un elemento en las formulaciones a tomar en cuenta las cuales son las gomas espesantes que sí se incluían en la Tabla 10 para los quesos suaves o semiduros como el de “a base de Soya” en comparación con uno “a base de aceite de coco” en donde no había uso de proteína obteniendo un queso duro y que en estas formulaciones (Tabla 11) no se incluyen, por tanto, se puede concluir que seguramente son las gomas con capacidad espesante las que ayudan para obtener un producto AQLL suave o semiduro. En la Gráfica 2 se comparan los cinco tratamientos empleados por Hussein *et al.* 2018 en relación con la dureza y las propiedades organolépticas obtenidas se muestran en la Tabla 12:

Gráfica 2. Comparación de textura (Dureza en Newtons) de tratamientos A, B, C, O y W (Hussein, 2018).



* A, B y C: Quesos imitación libres de lácteos con diferentes niveles de almidón modificado de papa y aceite de palma.

O: Análogo de Queso libre de lácteos con almidón modificado de papa, aceite de palma y avena.

W: Análogo de Queso libre de lácteos con almidón modificado de papa, aceite de palma y germen de trigo.

Tabla 12: Propiedades organolépticas de los tratamientos A, B, C, O y W.

| Tratamiento | Propiedades Organolépticas |
|-------------|---|
| A | Estructura firme, cuerpo liso, color blanco y sensación agradable en boca. |
| B | Igual que A. |
| C | Igual que A. |
| O | Firme, amarillo claro, muy pegajoso, ligeramente granulada (textura) y buena sensación en boca. |
| W | Pegajoso, amarillo oscuro, granuloso, correoso y ligeramente amargo en sensación en boca. |

El aumento de color de blanco a amarillo se debe a la disminución del grado de almidón empleado en la mezcla y a la cantidad de aceite que se mantiene. El tratamiento A (mayor grado de almidón y aceite de palma en comparación con el B

y C) tiene la mejor textura ya que las partículas de almidón y aceite hacen una textura más compacta con menos números de agujeros internos (en su microestructura). Si el grado de almidón disminuye, el número de glóbulos de grasa y agujeros en el AQLL aumentan en su microestructura como sería en el caso de los tratamientos O y W en donde la grasa junto con las proteínas forma una matriz continua a diferencia. Aun teniendo diferentes propiedades organolépticas, todos los quesos A, O y W fueron bien aceptados por los panelistas que evaluaron las muestras (no hubo diferencias significativas entre A, B, y C; B y C también fueron de agrado) (Hussein, 2018). En la siguiente tabla 12.1 se muestran los resultados de la prueba sensorial realizada:

Propiedades organolépticas de queso imitación fresco y con 10 días de almacenamiento a 7°C (Hussein, 2018).

| Tratamientos | Periodo de almacenamiento (días) | Propiedad | | | |
|--------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| | | Sabor (1-10 puntos) | Cuerpo y textura (1-5 puntos) | Apariencia y color (1-5 puntos) | Total (20) |
| A | Fresco | 9.9 ±0.1 | 4.9 ±0.1 | 5.0 ±0.0 | 19.8 ±0.2 |
| | 10 | 9.8 ±0.2 | 4.8 ±0.1 | 4.9 ±0.1 | 19.5 ±0.1 |
| B | Fresco | 9.7 ±0.1 | 4.8 ±0.1 | 4.9 ±0.1 | 19.4 ±0.1 |
| | 10 | 9.6 ±0.1 | 4.7 ±0.1 | 4.8 ±0.1 | 19.1 ±0.1 |
| C | Fresco | 9.6 ±0.1 | 4.6 ±0.1 | 4.8 ±0.1 | 19.0 ±0.1 |
| | 10 | 9.5 ±0.0 | 4.4 ±0.2 | 4.8 ±0.0 | 18.7 ±0.2 |
| O | Fresco | 9.8 ±0.2 | 4.7 ±0.2 | 4.7 ±0.0 | 19.2 ±0.2 |
| | 10 | 9.7 ±0.2 | 4.7 ±0.1 | 4.7 ±0.0 | 19.1 ±0.1 |
| W | Fresco | 8.7 ±0.2 | 4.6 ±0.1 | 4.5 ±0.2 | 17.8 ±0.2 |
| | 10 | 8.5 ±0.1 | 4.6 ±0.1 | 4.4 ±0.1 | 17.5 ±0.1 |

*A, B y C: Quesos elaborados con diferentes niveles de almidón de papa y aceite de palma.

O: Queso elaborado con almidón de papa, aceite de palma y avena.

W: Queso elaborado con almidón de papa, aceite de palma y germen de trigo.

En la siguiente Tabla 13 se presentan las características generales de cada uno de los almidones analizados en este trabajo, en el apartado de almidones (1.8 Generalidades de almidón), para un análisis de su selección para la elaboración de un AQLL:

Tabla 13. Comparación de los gránulos de almidón de almidón de arroz, garbanzo y papa (González, 2019; Jader, 2017; Luca, 2016; Mohiuddin, 2016; Yniestra, 2018).

| Almidón | <u>Papa</u> | <u>Arroz</u> | <u>Garbanzo</u> |
|---------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Forma del granulo | Oval, esférica | Angular | Lenticular |
| Tamaño Gránulo (µm) | 5-100 | 3-8 | 6-60 |
| T de gelatinización (°C) | 58-67 | 72.48-74.22 | 63.3-65.3 |
| Amilosa (%) | 21.00 | 22.50 | 30.15 |
| Amilopectina (%) | 79.00 | 77.50 | 69.85 |
| Contenido de almidón (%) | 60.00 | 80.00 | 41.00 |

La selección del almidón propuesta en este trabajo es el de papa debido a su alto contenido de fósforo ligado covalentemente a las moléculas de amilopectina ofreciendo alta viscosidad y geles firmes en comparación con otros almidones como el de arroz o el de garbanzo, no obstante, la modificación del almidón es necesaria para resistencia a altas temperaturas (85°C) a las que se somete en el proceso de elaboración de un AQLL. Por otro lado, es posible utilizar almidón de arroz y garbanzo e incluir proteína de almendra o soya agregando los ingredientes necesarios como gomas para gelificar o espesar, sales emulsificantes o fundentes, entre otros hasta alcanzar las características deseadas; el costo de los almidones o de algunos de los ingredientes a usar para la elaboración de un AQLL también

es un factor para tomar en cuenta para la selección del almidón nativo, modificado o combinación de ambos (Saraco, 2019). Aun entre una misma fuente, ejemplo arroz, existen muchas variedades y condiciones ambientales que cambian el contenido de amilosa y amilopectina, tamaño de gránulo, forma y distribución cambiando así su funcionalidad, algunas veces significativamente y otras no (Mohiuddin, 2016).

Un AQLL elaborado con los ingredientes de la Tabla 10 presentan una vida de anaquel aproximada de 6-7 meses a excepción del de “a base de nuez” (0.5-2 meses). A su vez, la mayoría de los AQLL de la Tabla 10 tienen una mayor vida de anaquel que algunos quesos elaborados con leche de vaca (1.5-3 meses) como Edam, estilo italiano, cheddar, mozzarella (bajo en humedad), queso suave unttable, entre otros (Saraco, 2019). La propuesta en este trabajo es sustituir conservadores de origen animal (en caso de que se usen) por conservadores microbianos los cuales se presentan en el Tabla 5 pudiendo seleccionar aquellos que pueden incluirse en quesos procesados.

La formulación propuesta más simple para la elaboración de un queso utilizando almidón de papa modificado y conservador de origen microbiano se presenta en el Tabla 14:

Tabla 14. Formulación para elaboración de un AQLL a base de almidón de papa y conservador de origen microbiano y con la característica que funda.

| Ingredientes | Porcentaje (%) | Contenido energético (kcal) |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Agua | 37-40 | - |
| Aceite de coco | 20-25 | 180-225 |

| | | |
|----------------------------------|---------|---------|
| Almidón modificado de Papa | 15-20 | 60-80 |
| Proteína vegetal | 13-15 | 52-60 |
| Sal | 1.0-1.5 | - |
| Saborizante | 0.2-0.3 | - |
| Conservador de origen microbiano | 0.2-0.3 | - |
| Sal fundente | 0.1-0.2 | - |
| TOTAL | 100 | 292-365 |

5. CONCLUSIONES

El almidón de papa tiene alto contenido de fósforo (0.08%) en las moléculas de amilopectina haciéndolo ideal para la formación de geles firmes y alto poder espesante.

Los análogos de queso formulados con almidón requieren de menor cantidad de éste para que presenten la característica de fundir. En el caso de emplear almidones modificados es necesario adicionar sales fundentes.

El uso de proteínas vegetales en la formulación de análogos de queso da como resultado quesos suaves y semiduros, que requieren de gelificantes para aumentar su firmeza.

Los conservadores microbianos propuestos son aptos para el uso en quesos procesados y en particular, para el mercado de alimentos libres de productos de origen animal.

De acuerdo con la FDA, los quesos análogos en los que no se utilice leche de vaca o de algún otro animal o ingredientes de origen animal deberán de llevar la leyenda de “imitación”. El uso del nombre “queso vegano” no es aceptado para el etiquetado. Para el mercado en México es válido colocar la palabra “imitación”, “análogo” o “alternativa” siempre y cuando se indique claramente que el producto está libre de lácteos como leyenda en la parte frontal de la etiqueta

ANEXOS

Aditivos permitidos en quesos análogos de acuerdo con el CODEX-STAN 192-1995 y el CODEX-STAN-221.

Tabla A.1. Acidificantes permitidos en quesos análogos

| Acidificantes | Dosis máxima (mg/kg) |
|--------------------------|----------------------|
| Ácido acético glacial | BPF |
| Ácido láctico, L-,D-,DL- | |
| Ácido málico | |
| Ácido cítrico | |
| Ácido ortofosfórico | 880 |
| Ácido clorhídrico | BPF |

Tabla A.2. Conservadores permitidos en quesos análogos

| Conservadores | Dosis máxima (mg/kg) |
|------------------------|-------------------------------------|
| Etil-lauroil arginato | 200 |
| Hidroxibenzoatos para- | 500 |
| Natamicina | 40 |
| Nisina | 12.5 |
| Sorbatos | 3000 calculados como ácido sórbico |
| Nitratos | 50 expresados como nitrato de sodio |
| Propionato de sodio | BPF |
| Lisozima | |

Tabla A.3. Colorantes permitidos en productos análogos de queso

| Colorantes | Dosis máxima (mg/kg) |
|--------------------|----------------------|
| Amarillo ocaso FCF | 300 |
| Azul brillante FCF | 100 |
| Cantaxantina | 15 |

| | |
|--|-------|
| Caramelo III | 50000 |
| Caramelo IV | 50000 |
| Carmín | 100 |
| Carotenoides | 200 |
| Carotenos, beta-, vegetales | 1000 |
| Carotenos, beta sintético | 200 |
| Carotenal, beta-apo-8 | 200 |
| Curcuminas (para la corteza de queso comestible) | BPF |
| Éster etílico del ácido beta-apo-8-carotenoico | 200 |
| Extractos de annato | 25 |
| Clorofilas y clorofilinas | 50 |
| Dióxido de titanio | BPF |
| Extracto de piel de uva | 1000 |
| Rojo de cochinilla | 100 |
| Rojo de remolacha | BPF |
| Riboflavinas | 300 |
| Rojo allura | 100 |
| Oleorresinas de pimentón | BPF |

Tabla A.4. Hidrocoloides permitidos en quesos análogos.

| Hidrocoloides | Dosis máxima (mg/kg) |
|----------------------------|----------------------|
| Alginato de sodio | BPF |
| Alginato de potasio | |
| Alginato de amonio | |
| Alginato de calcio | |
| Alginato de propilenglicol | 5 |
| Agar | BPF |
| Carragenina | |
| Goma de algarrobo | |
| Goma guar | |

| | |
|--|--|
| Goma tragacanto | |
| Goma xantana | |
| Goma karaya | |
| Goma tara | |
| Pectinas | |
| Celulosa | |
| CMC sólida | |
| Dextrinas, almidón tostado blanco y amarillo | |
| Almidones tratados con ácidos | |
| Almidones tratados con álcalis | |
| Almidón blanqueado | |
| Almidón oxidado | |
| Almidones tratados con enzimas | |
| Fosfato de monoalmidón | |
| Fosfato de dialmidón, esterificado con trimetafosfato de sodio, esterificado con oxiclورو de fósforo | |
| Fosfato de dialmidón fosfatado | |
| Fosfato de dialmidón acetilado | |
| Acetato de almidón esterificado con anhídrido acético | |
| Adipato de dialmidón acetilado | |
| Almidón hidroxipropilado | |
| Fosfato de dialmidón hidroxipropilado | |

Tabla A.5. Edulcorantes permitidos en quesos análogos

| Edulcorantes | Dosis máxima (mg/kg) |
|-----------------------|----------------------|
| Acesulfame de potasio | 350 |
| Aspartamo | 1000 |
| Neotamo | 33 |
| Sacarina | 100 |

| | |
|-----------|-----|
| Sucralosa | 500 |
|-----------|-----|

Tabla A.5. Emulsificantes y estabilizantes en quesos análogos

| Emulsificantes y Estabilizantes | Dosis máxima (mg/kg) |
|--|----------------------|
| Ésteres diacetil tartáricos y de ácidos grasos de glicerol | 10000 |
| Citrato de sodio | BPF |
| Citrato de potasio | |
| Citrato de calcio | 9000 |
| Fosfato de sodio | |
| Fosfato de potasio | |
| Fosfato de calcio | |
| Difosfato disódico | |
| Difosfato trisódico | |

REFERENCIAS

-Abeera Moin*, Tahira Mohsin Ali, Abid Hasnain. (2017). Characterization and utilization of hydroxypropylated rice starches for improving textural and storage properties of rice puddings. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 843-851.

-Ada Keila Milan-Noris, Julian de la Rosa-Millan, Cuauhtémoc Reyes-Moreno and Sergio O. Serna-Saldivar. (2017). Physicochemical, functional properties, and digestion of isolated starches from pigmented chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Starch/Stärke*, 69, 1-11.

-Agudelo Chaparro Jacqueline, Sepúlveda Valencia José Uriel y Restrepo Molina Diego Alonso. (2015). Efecto de la Adición de dos Tipos de Almidones en las Propiedades Texturales de Queso Análogo. 68, 1, 7545-7555.

- Alcázar González Carlos Jonathan. (2019). Elaboración y evaluación de queso vegano. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas: Instituto Politécnico Nacional.
- Bergthaller, W.. (2004). Developments in potato starches.. En Starch in food: structure, function and applications(241-257). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Calliope Sonia, Jorge Wagner, and Norma Samman. (2020). Physicochemical and Functional Characterization of Potato Starch (*Solanum Tuberosum* ssp. *Andigenum*) from the Quebrada De Humahuaca, Argentina. *Starch / Staerke*, 72, 1-9.
- CODEX STAN 192-1995. (1995). NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS. 31 de enero del 2020, de FAO Sitio web: http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
- Codex Standard 221-2001. (2001). NORMA DE GRUPO DEL CODEX PARA EL QUESO NO MADURADO, INCLUIDO EL QUESO FRESCO. 31 de enero de 2020, de FAO Sitio web: file:///C:/Users/Aram/Downloads/CXS_221s.pdf
- Dev Kumar Yadav & Prakash Eknatharao Patki. (2015). Effect of acetyl esterification on physicochemical properties of chick pea (*Cicer arietinum* L.) starch. *Food Science Technology*, 52, 4176-4185.
- Elsayed Mohamed Abd El-Wahed* and Mahetab F.R. Hassanien. (2018, diciembre 15). CHEMICAL, RHEOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF PROCESSED CHEESE SPREAD ANALOGUES. *CARPATHIAN JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 11, 135-148.
- Fabio Masotti*, Stefano Cattaneo, Milda Stuknyté, Ivano De Noni. (2018). Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. *Trends in Food Science & Technology Trends in Food Science & Technology*, 74, 158-169.
- Farhan Saeed, Muhammad Afzaal, Tabussam Tufail and Aftab Ahmad. (2019). *Active Antimicrobial Food Packaging*. London, United Kingdom: IntechOpen
- FAO/OMS. 2019. *Clases funcionales de aditivos alimentario*. [En línea].

Disponible en: <http://www.fao.org/gsfaonline/reference/techfuncs.html?lang=es>
[Último acceso el 21 de septiembre de 2020]

-FAOSTAT (2018) Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database. 15 Jun. 2020. Available at: <http://faostat.fao.org/site/336/default.aspx>.

-Fausto H. Cisneros,* Roberto Zevillanos, Mariella Figueroa, Gabriela Gonzalez, and Luis Cisneros-Zevallos. (2018). Characterization of Starch from Two Andean Potatoes: Ccompis (*Solanum tuberosum* spp. andigena) and Huayro (*Solanum x chaucha*). *Starch - Stärke*, 70, 1-8.

- G. Vargas; P. Martínez*; C. Velezmoro. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7 (3), 223-230.

-González-González M.R., Miranda-López R.* , Pérez-Morales L.Y., Jiménez-García S.N., Moncada-Palomares D. (2019). Efecto de la concentración de almidón (maíz, papa y tapioca) en el perfil fisicoquímico y textural de queso tipo Oaxaca.. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 612-626.

-Gutiérrez Fernández Diana. (2020). BACTERIÓFAGOS Y ENDOLISINAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 196-795, 1-11.

-Hongbo Tang, Xinxin Liu, Yanping Li, and Siqing Dong. (2017). Acetylated debranched rice starch: Structure, characterization, and functional properties. *INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD PROPERTIES*, 20, 2118-2126.

-Hussein Gehan A. and Shalaby Samah M.. (2018). PROPERTIES OF IMITATION CHEESE PRODUCTS PREPARED WITH NON-DAIRY INGREDIENTS. 2018, de ResearchGate Sitio web:

https://www.researchgate.net/publication/327976718_PROPERTIES_OF_IMITATION_CHEESE_PRODUCTS_PREPARED_WITH_NON-DAIRY_INGREDIENTS

-Idrees Ahmed Wani *, Gousia Farooq, Nafia Qadir, Touseef Ahmad Wani. (2019). Physico-chemical and rheological properties of Bengal gram (*Cicer arietinum* L.) starch as affected by high temperature short time extrusion. *International Journal of*

Biological Macromolecules, 131, 850-857.

-Jader Martínez, Jennifer Hernández, Anlly Arias. (2017). Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa* L) blanco e integral. *Alimentos hoy*, 25, 15-30.

-John E. Bradshaw and Gavin Ramsay. (2009). Chapter 1 - Potato Origin and Production. En *Advances in Potato Chemistry and Technology*(1-26). ScienceDirect: Jaspreet Singh and Lovedeep Kaur.

- Kirk R. S., Sawyer R., Egan H.. (2017). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. London, United Kingdom: Patria

-Lizarazo H. Sonia Patricia, Germán Gonzalo Hurtado R., and Luis Felipe Rodríguez C.. (Agosto 2015). Physicochemical and morphological characterization of potato starch (*Solanum tuberosum* L.) as raw material for the purpose of obtaining bioethanol. *Agronomía Colombiana*, 33 (2), 244-252.

-Luca Amagliani a, Jonathan O'Regan b, Alan L. Kelly a, James A. O'Mahony. (2016). Chemistry, structure, functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*, 70, 291-300

-Mohiuddin Bhat Farhan, Singh Riar Charanjit. (2016). Effect of amylose, particle size & morphology on the functionality of starches of traditional rice cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 637-644.

-Myriam Marie-Louise Grundy, Karen Lapsley & Peter Rory Ellis. (2016). A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1937-1946.

-Oxalis Rodríguez*, Florencio Cardoso-Castañeda, Juan González-Ríos, Carola Íñiguez y Margarita Nuñez de Villavicencio. (2017). DESARROLLO DE UN QUESO CREMA PROBIÓTICO CON LECHE DE SOYA Y BÚFALA. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27, 1-6.

-NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. [En línea] Disponible en:

https://www.dof.gob.mx/2020/SEECO/NOM_051.pdf [Último acceso el 21 de

septiembre de 2020]

-NOM-121-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. QUESOS: FRESCOS, MADURADOS Y PROCESADOS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS. [En línea] Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729075&fecha=15/08/1994 [Último acceso el 21 de septiembre de 2020]

-NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. [En línea] Disponible en: <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm> [Último acceso el 22 de septiembre de 2020]

-Nur Shazana Azhar, Noor Hasniza Md Zin, and Tengku Haziya Amin Tengku Abdul Hamid. (2017). Lactococcus Lactis Strain A5 Producing Nisin-like Bacteriocin Active against Gram Positive and Negative Bacteria. Tropical Life Sciences Research, 28, 107-118.

-PROY-NOM-025-RECNAT-2001. (07 de Diciembre de 2001). PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-025-RECNAT-2001, QUE ESTABLECE LOS PROCEDIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES PARA LA RECOLECCION Y DISTRIBUCION DEL GERMOPLASMA FORESTAL CON FINES COMERCIALES O DE INVESTIGACION QUE TENGA COMO DESTINO LA FORESTACION O REFORESTACION. 25 de febrero del 2020, de Diaro Oficial de la Federación Sitio web: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=756860&fecha=07/12/2001

-Renda Kankanamge Chaturika Jeewanthi Hyun-Dong Paik. (2018). Modifications of nutritional, structural, and sensory characteristics of non-dairy soy cheese analogs to improve their quality attributes. Journal of Food Science Technology, 55, 4384–4394.

-Rodríguez Saucedo Elvia Nereyda. (2011). USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. Ra Ximhai, 7, 153-170.

-Rosana Colussi, Dianini Kringel, Lovedeep Kaur, Elessandra da Rosa Zavareze, Alvaro Renato Guerra Dias, Jaspreet Singh. (2020). Dual modification of potato starch: Effects of heat-moisture and high pressure treatments on starch structure and functionalities. *Food Chemistry*, 318, 1-8.

-Rose Onamu, J. Porfirio Legaria-Solano*, Jaime Sahagún-Castellanos, J. Luís Rodríguez-de-la-O y Joel Pérez-Nieto. (2015). DIVERSIDAD GENÉTICA ENTRE VARIETADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CULTIVADAS EN MÉXICO . *Rev. Fitotec. Mex.*, 38, 7-15.

-SAGARPA. (2010). EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.). 31 de enero de 2020, de SAGARPA Sitio web: http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/boletinDetalle.php?from=0&accion=buscar&subrutina=pagina_1&column=2&busqueda=&orderBy=Boletines.Fecha&order=ASC&fecha=&boletinId=3707443714b7c25fbb51b9

-Subroto, E., Indiarto, R., Marta, H. and Shalihah, S.. (2019). Effect of heat-moisture treatment on functional and pasting properties of potato (*Solanum tuberosum* L. var. Granola) starch. *Food Research*, 3, 469-476.

-Saraco Maximiliano Nicolás. (2019). Functionality of the ingredients used in commercial dairy-free imitation cheese and analysis of cost-related, food safety and legal implications. Octubre 2019, de ResearchGate Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/336650686_Functionality_of_the_ingredients_used_in_commercial_dairy-free_imitation_cheese_and_analysis_of_cost-related_food_safety_and_legal_implications

-Tamime A.Y. (2011). *Processed cheese and analogues*. Blackwell Publishing Ltd.: Society of Dairy Technology.

- Tekla Izsó and Barbara Szabó-Bódi. (2019, abril 15). Consumers' willingness to buy dairy product imitations (analogues) based on structural equation modelling. *British Food Journal*, 121, 835-848.

-Villegas de Gante Abraham, de la Huerta Benítez Rafael . (2015). *Naturaleza*,

evolución, contrastes e implicaciones de las imitaciones de quesos mexicanos genuinos . Estudios sociales, 23, 214-236.

-Vladimir Litvyak. (2018). Size and morphological features of native starch granules of different botanical origin. Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus, 7, 563-576.

-WIPO World Intellectual Property Organization. (2016). CHEESE PRODUCT WITH MODIFIED STARCHES. Mayo 2021, de INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY Sitio web: <https://patentimages.storage.googleapis.com/9b/0e/57/726fcee93ed80/WO2016195814A1.pdf>

-Xi Huang, Eun Joo Lee, Dong U. Ahn. (2019 junio). Development of non-dairy creamer analogs/mimics for an alternative of infant formula using egg white, yolk, and soy proteins. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 32, 881-890.

-Yassaroh Yassaroh, Albert J.J. Woortman, Katja Loos. (2019). A new way to improve physicochemical properties of potato starch. Carbohydrate Polymers, 204, 1-8.

-Yniestra Marure Lucero Marlen. (2018). Estructura y función de almidón de cuatro variedades de garbanzo. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos: Instituto Politécnico Nacional.

-Y.V. García-Tejeda, E.J. Leal-Castañeda, V. Espinosa-Solis, V. Barrera-Figueroa. (2018). Synthesis and characterization of rice starch laurate as food-grade emulsifier for canola oil-in-water emulsions. Carbohydrate Polymers, 194, 177-183.

- Zhenghong Chen. (2003). Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products. Department of Agrotechnology and Food Sciences: Wageningen University, The Netherlands.