



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE QUESOS
ANÁLOGOS O EXTENDIDOS COMO UNA ALTERNATIVA
A LAS EXIGENCIAS DEL MERCADO ACTUAL”**

MEMORIAS DE TRABAJO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

GABRIELA BASURTO DÍAZ

DIRIGIDA POR

Q. EN A. JUAN TAMAYO RODRÍGUEZ

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2007

FACULTAD DE
QUÍMICA



BIBLOTECA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN
DE QUESOS ANÁLOGOS O EXTENDIDOS COMO UNA
ALTERNATIVA A LAS EXIGENCIAS DEL MERCADO ACTUAL”.**

MEMORIAS DE TRABAJO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

GABRIELA BASURTO DÍAZ

DIRIGIDA POR

Q. EN A. JUAN TAMAYO RODRÍGUEZ

SINODALES

Q. EN A. JUAN TAMAYO RODRÍGUEZ

DIRECTOR

Q. EN A. FCO. RAFAEL PÉREZ MUÑOZ

SINODAL

M. EN C. SILVIA AMAYA LLANO

SINODAL

**Q. B. MAGALI E. AGUILAR ORTÍZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE QUÍMICA**

INDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
II.1. Queso, producción y consumo	2
II.2. Quesos naturales o tradicionales	2
II.2.1 Manufactura del queso	2
II.2.1.1. Selección de la leche	4
II.2.1.2. Estandarización de la composición de la leche	4
II.2.1.3. Tratamiento térmico de la leche	5
II.2.1.4. Conversión de leche a cuajada de queso	6
II.2.1.4.1. Acidificación	6
II.2.1.4.2. Coagulación	7
II.2.1.4.3. Operaciones postcoagulación	8
II.2.1.4.4. Salado	8
II.2.1.5. Maduración	8
II.2.1.6. Suero y productos de suero	9
II.2.2. Rendimiento del queso	9
II.2.2.1. Definición	9
II.2.2.2. Factores que afectan el rendimiento del queso	11
II.3. Quesos procesados y sustitutos o imitación de productos de queso	14
II.3.1. Ingredientes	16
II.3.1.1. Leche en polvo	16
II.3.1.1.1. Disolución de la leche en polvo	18
II.3.1.1.2. Agua de disolución	19
II.3.1.1.3. Temperatura y tiempo de hidratación	20

II.3.1.1.4. Adición de grasa y emulsión	20
II.3.1.2. Caseínas y caseinatos	21
II.3.1.2.1. Producción industrial de caseínas.	21
II.3.1.2.2. Caseinatos	22
II.3.1.3. Proteínas de origen vegetal	23
II.3.1.4. Almidones	23
II.3.1.5. Grasas	24
II.3.1.6. Sales fundentes	25
II.3.1.7. Emulsificantes	25
II.3.1.8. Ácidos	26
II.3.1.9. Ión calcio	27
II.3.1.10. Agua	27
II.3.1.11. Otros	27
II.3.2. Protocolo de manufactura para productos de queso procesado	27
III. OBJETIVOS	30
III.1. General	30
III.2. Específicos	30
IV. METODOLOGÍA	31
IV.1. Materiales	31
IV.1.1. Aditivos	31
IV.1.2. Utensilios	31
IV.2. Métodos	32
V. RESULTADOS	33
V.1. Evaluación de ingredientes	33
V.2. Formulaciones evaluadas	34
V.3. Selección de productos	34
V.4. Estandarización de productos seleccionados	35
V.5. Evaluación de vida de anaquel	35
V.5.1. Imitación queso tipo Panela	36
V.5.2. Imitación queso tipo Oaxaca	38
V.6. Información nutrimental	39
VI. DISCUSIÓN	41
VII. CONCLUSIONES	42

VIII. BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Producción Mundial de Queso	3
2	Efecto de leche almacenada en frío a 3° C sobre el recobro de grasa de leche y sólidos, así como del rendimiento en queso.	12
3	Calidades típicas de la leche en polvo	18
4	Evaluación de leche en polvo descremada (LPD).	33
5	Evaluación de concentrado de proteína de leche al 40% (MPC40).	34
6	Información nutrimental para imitación de queso tipo panela.	40
7	Información nutrimental para imitación queso tipo Oaxaca.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema generalizado de la clasificación de queso procesado pasteurizado y sustituto o imitación de productos de queso basada en el procedimiento de manufactura e ingredientes usados.	17
2	Procesamiento en lotes para la manufactura de productos de queso procesado pasteurizado.	29
3	Comportamiento de la humedad en imitación de queso tipo panela.	36
4	Comportamiento del pH en imitación de queso tipo panela.	36
5	Comportamiento de la Cuenta Bacteriana Total en imitación de queso tipo panela.	37
6	Comportamiento de la cuenta de hongos y levaduras en imitación de queso tipo panela.	37
7	Comportamiento del % de humedad en imitación de queso tipo Oaxaca.	38
8	Comportamiento del pH en imitación de queso tipo Oaxaca.	38
9	Comportamiento de la Cuenta Bacteriana Total en imitación de queso tipo Oaxaca.	39

RESUMEN.

En el presente proyecto de desarrollo de nuevos productos se pretenden formular análogos de quesos tales como el queso Oaxaca, panela y ranchero, que serán caracterizados además de su bajo costo, por su alto valor nutritivo, su inocuidad, buena presentación y por conservar el sabor lácteo que caracteriza a los quesos tradicionales. Lo anterior con la finalidad de proporcionar al consumidor no sólo los beneficios de quesos de buen sabor y de bajo costo, que es lo primero que generalmente evaluamos al comprar un producto, sino que le proporcione un beneficio extra, que se logrará no incorporando grandes cantidades de almidones y conservando así el contenido de proteína que caracteriza a estos derivados lácteos, independientemente de ser productos lácteos análogos o naturales.

I. INTRODUCCIÓN.

Es un hecho, que en la actualidad, la mayor parte de la población de nuestro país, no tiene los recursos económicos necesarios para alimentarse como debería ser, o bien, como ellos quisieran y parece ser, que en lugar de mejorar, el problema se agudiza cada vez más, ya que el costo de los alimentos se incrementa y los salarios no lo hacen a la par.

Por lo mencionado anteriormente, la tendencia en la industria alimenticia es la de producir alimentos de la mejor calidad y al menor costo, ya que la población así lo exige.

Con el desarrollo de la industria de los análogos de quesos se han traído ventajas extras, como la reducción del contenido de grasas saturadas y colesterol en los productos, beneficiando con ello a un sinnúmero de personas que consumen este tipo de productos, lo que se acentúa todavía más si tomamos en cuenta que el alto contenido de grasas saturadas y colesterol en la sangre está relacionado con el riesgo de padecer obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, entre otras.

Sin embargo, algunos fabricantes, con el afán de producir al menor costo, han dejado de lado el valor nutritivo que caracteriza a este tipo de alimentos y han incorporado grandes cantidades de gomas, almidones y agua, lo que viene en detrimento del contenido de proteínas en los productos.

II. ANTECEDENTES.

II.1. Queso, producción y consumo.

La producción mundial de queso es aproximadamente 15 millones de toneladas por año, (cerca del 35% de la producción de leche), ver Cuadro 1, y fue incrementada en una relación media anual de cerca del 4% en los últimos 30 años. Europa con una producción aproximada de 8 millones de toneladas por año, es por mucho el principal productor.

El queso es consumido extensamente entre países europeos. El consumo de queso dentro del resto de los países, según datos disponibles, tuvo un aumento considerable en los últimos años (Fox y col., 2000).

II.2. Quesos naturales o tradicionales.

La producción de queso puede ser descrita como el proceso de remoción de agua, lactosa y algunos minerales de la leche para producir un concentrado de grasa y proteína de leche. Los ingredientes esenciales del queso son leche, enzimas coagulantes (renina), cultivos bacterianos y sal. La renina causa la agregación de las proteínas de leche y la transformación de la leche fluida en un gel semi-firme. Cuando este gel es cortado en pequeñas piezas (cuajada), el suero (principalmente agua y lactosa) dan la separación de la cuajada. La producción de ácido por los cultivos bacterianos es esencial para la expulsión del suero de la cuajada y determinar la humedad, sabor y textura final del queso (Hill, 2003).

II.2.1. Manufactura del queso.

La producción de todas las variedades de queso, generalmente envuelve un protocolo general, solamente que varios pasos son modificados para dar un producto con las características deseables. Los pasos básicos en la elaboración de queso son los siguientes (Fox y col., 2000).

Cuadro 1. Producción Mundial de Queso, 1994 (Fox y col., 2000).

País	Producción de queso (1,000 Ton)	País	Producción de queso (1,000 Ton)	País	Producción de queso (1,000 Ton)
Todo el mundo	15,084	Colombia	51	Bulgaria	72
		Ecuador	7	Croacia	21
África	511	Perú	6	Rep. Checa	139
Argelia	1	Uruguay	23	Dinamarca	291
Angola	1	Venezuela	70	Estonia	18
Botswana	2			Finlandia	89
Egipto	349	Asia	1,018	Francia	1,605
Etiopía	3	Afganistán	16	Alemania	1,569
Mauritania	2	Armenia	9	Grecia	216
Moroco	7	Azerbaiján	7	Hungría	88
Níger	14	Bangladesh	1	Islandia	3
Nigeria	14	China	206	Irlanda	91
Sudáfrica	37	Ciprés	5	Italia	1,017
Sudán	76	Georgia	3	Letonia	11
Tanzania	2	Irán	197	Lituania	27
Túnez	6	Irak	17	EYR de	
Zambia	1	Israel	92	Macedonia	1
Zimbabwe	2	Japón	114	República	
		Jordania	4	Moldava	3
Norte y América	4,130	Kazajstán	34	Países bajos	688
Central		Kyrgyzstan	5	Noruega	89
Canadá	323	Levaron	15	Polonia	397
Costa Rica	6	Mongolia	1	Portugal	65
Cuba	15	Myanmar	29	Rumania	42
República		Siria	86	Federación	
Dominicana	3	Tayikistán	1	Rusa	477
El Salvador	3	Turquía	139	Eslovaquia	44
Guatemala	11	Turkmenistán	13	Eslovenia	16
Honduras	8	Uzbekistán	14	España	163
México	123	Yemen	10	Suecia	128
Nicaragua	6			Suiza	133
Panamá	7	Europa	8,201	Reino Unido	385
Estados Unidos	3,627	Albania	1	Ucrania	71
		Austria	102	Yugoslavia	14
Sudamérica	677	Belarus	39		
Argentina	405	Bélgica-		Oceanía	544
Bolivia	7	Luxemburgo	75	Australia	270
Brasil	60	Bosnia-		Nueva Zelanda	274
Chile	51	Herzegovina	14		

II.2.1.1. Selección de la leche.

La composición del queso es influenciada fuertemente por la composición de la leche del queso, especialmente del contenido de proteína, grasa, calcio y pH. Los constituyentes de la leche son influenciados severamente por factores, incluyendo la especie, raza, individualidad, estado nutricional, salud y estado de lactancia del animal que la produce. Debido a mayores anomalías composicionales, la leche de vacas muy jóvenes o con retraso en el estado de lactancia y padecimientos de mastitis muestran ser excluidos. El conteo de células somáticas (leucocitos) es un útil índice de calidad.

II.2.1.2. Estandarización de la composición de la leche.

La leche usada para la elaboración de quesos es sujeta a algunos pretratamientos con varios objetivos. Diferentes variedades de queso tienen cierto contenido de grasa en base seca, una relación grasa: proteína y este contenido tiene un estatus legal en el "Standars of Identity" para muchas variedades de quesos. Mientras que el contenido de humedad del queso y el nivel de grasa mas proteína está determinado principalmente por el protocolo de manufactura, la relación grasa proteína es determinada principalmente por la relación grasa : caseína en la leche. Dependiendo de la relación requerida, puede ser modificada por:

- Remoción de la grasa natural por descremado
- Adición de leche descremada
- Adición de crema
- Adición de leche en polvo, leche evaporada, retentado de ultrafiltración.

El calcio juega el rol mayor en la coagulación de la leche por renina y en procesos subsecuentes a la coagulación, de aquí es común la práctica de adicionar cloruro de calcio a la leche.

El pH de la leche es un factor crítico en la manufactura del queso, el pH es inadvertidamente ajustado por la adición del 1.5-2% de cultivo iniciador, que reduce el pH de la leche inmediatamente cerca de 0.1 unidad. Cultivos iniciadores que son algunas veces usados tienen efecto acidificante no inmediato (Fox y col., 2000).

Previamente, es práctica normal adicionar el cultivo iniciador a la leche 30-60 minutos antes de la adición de la renina. Durante este período el iniciador comienza a crecer y produce ácido, un proceso llamado maduración, que tiene algunas funciones:

- Permite a la bacteria iniciadora entrar en su fase de crecimiento exponencial e incrementar su actividad durante el proceso de fabricación.
- Bajar el pH es más favorable para la acción de la renina y la formación del gel.

II.2.1.3. Tratamiento térmico de la leche.

Tradicionalmente, todos los quesos fueron hechos de leche cruda, una práctica que se extendió hasta los 1940's. Hoy en día significativas cantidades de queso son elaboradas con leche cruda en Europa. El uso de leche cruda es indeseable por dos razones:

- Daños a la salud pública
- La presencia de microorganismos indeseables, causantes de defectos en sabor y/o textura.

Cuando los quesos fueron producidos con leche fresca en granjas o pequeñas fábricas locales, el crecimiento de microorganismos contaminantes fue mínimo, pero como las fábricas de queso se volvieron grandes, el almacenamiento de la leche necesariamente se prolongó, y entonces, la calidad microbiológica de la leche varió. Por razones de salud pública, la pasteurización del líquido para su consumo se volvió mucho más popular a principios de este siglo.

Aunque una considerable cantidad de queso es todavía producida con leche cruda, la leche pasteurizada se usa ahora generalmente, en especial en grandes fábricas.

Estas son cuatro alternativas a la pasteurización para reducir el número de microorganismos en la leche:

- Tratamiento con H_2O_2
- Activación del sistema lactoperoxidasa- H_2O_2 -tiocianato
- Bactofugación
- Microfiltración (Fox y col., 2000).

II.2.1.4. Conversión de leche en cuajada de queso.

Después de que la leche fue correctamente estandarizada, pasteurizada, es transferida en contenedores, que pueden ser de forma hemisférica, rectangular, cilindra vertical y cilíndrica horizontal; pueden ser abiertos o cerrados y tienen un rango de tamaño de unos cuantos a 30,000 litros. Entonces, la leche es convertida en cuajada de queso, un proceso que envuelve tres operaciones básicas: acidificación, coagulación y deshidratación.

II.2.1.4.1. Acidificación.

Es usualmente lograda por una producción de ácido láctico in situ mediante la fermentación de la lactosa o azúcar de la leche por las bacterias lácticas. Inicialmente la microflora nativa de la leche producen el ácido, pero posteriormente esta microflora varió, la velocidad de acidificación fue variable, resultando un queso de calidad variable. Cultivos de bacterias ácido-lácticas para la manufactura del queso fueron introducidas comercialmente hace cerca de 100 años, que han mejorado enormemente.

II.2.1.4.2. Coagulación.

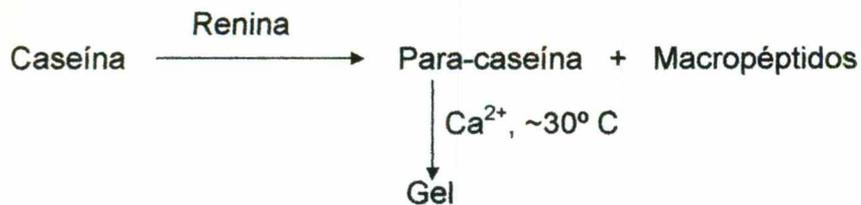
Es un paso esencial en la manufactura de todas las variedades de queso, envuelve la coagulación de la caseína, componente del sistema de proteína de la leche para formar un gel que atrapa la grasa presente. La coagulación puede ser lograda por:

- Proteólisis limitada por proteinazas seleccionadas (reninas)
- Acidificación a pH de 4.6
- Acidificación a un valor de pH mayor que 4.6 (5.2 aprox.) en combinación con fuerte calentamiento a 90° C (Fox y col., 2000).

La gran mayoría de variedades de quesos (representando cerca del 75% del total de la producción) son producidos por coagulación con renina, pero algunas variedades con coagulación ácida como el queso Quarg y el Cottage, son de mayor importancia. La coagulación ácida con calentamiento es de relativa menor importancia. Estos productos son generalmente elaborados de suero o una mezcla de suero y leche descremada y probablemente se convierte en un medio útil para recobrar el valor nutricional de las

proteínas del suero. Sus propiedades son muy diferentes que los quesos de coagulación ácida o coagulación enzimática y son generalmente usados como ingredientes en alimentos (Fox y col., 2000).

La coagulación enzimática de la leche envuelve una modificación de las micelas de caseína vía proteólisis limitada por selección de proteinasas, llamadas reninas, seguido por la agregación de calcio-inducido de las micelas renina-alteradas:



Si están presentes, los glóbulos de grasa son ocluidos en el gel pero no participan en la formación de la matriz del gel. Las micelas de caseína son estabilizadas por κ -caseína, que representa del 12 al 15% de la caseína total y es localizada principalmente sobre la superficie de las micelas como una región hidrofóbica N-terminal, reacciona hidrofóticamente con el calcio-sensible α_{s1} , α_{s2} y β -caseínas, mientras que la región terminal C-hidrofílica se destaca dentro del cerco acuoso, estabilizando las micelas por una superficie cargada negativamente.

Sin embargo, en el aislamiento en 1956, se encontró que la κ -caseína es solo la caseína hidrolizada durante la coagulación por renina de la leche y que fue hidrolizada específicamente en el enlace Phe₁₀₅-Met₁₀₆, produciendo para- κ -caseína y macropéptidos. Los macropéptidos hidrofílicos difusos en el medio circundante, mientras que la para- κ -caseína remanente quedo atrapada dentro de la micela. Remoción de los macropéptidos de la superficie de las micelas de caseína reduce su potencial de cerca de 20 a 1 mV y remueve la capa estérica estabilizada. La proteólisis de la κ -caseína es referida como la fase primaria o primera fase de la coagulación por renina.

Cuando cerca del 85% del total de la κ -caseína de la leche ha sido hidrolizada, la estabilidad coloidal de las micelas es reducida de tal manera que las temperaturas de coagulación sean mayores o cercanas a 20° C (alrededor de 30° C es lo que normalmente se utiliza en la manufactura de queso), un evento referido como la fase secundaria de la coagulación por renina. Los iones calcio son esenciales para la coagulación de micelas de renina-alterada (aunque la ligadura de Ca²⁺ por la caseína no es afectada por la renina) (Fox y McSweeney, 1998).

II.2.1.4.3. Operaciones post-coagulación.

Geles formados por coagulación ácida o enzimática son realmente estables si se mantienen bajo condiciones inmóviles, pero si son cortadas o rotas, rápidamente sufren sinéresis, despidiendo suero. La velocidad y magnitud de la sinéresis son influenciadas por la composición de la leche, especialmente la concentración de Ca^{2+} y caseína; el pH del suero; la temperatura de cocimiento; la velocidad de agitación de la mezcla de suero y cuajada, así como del tiempo. La composición final del queso está determinada por el grado de sinéresis y consecuentemente está bajo el control del operador.

II.2.1.4.4. Salado.

Es la última operación de la manufactura, promueve la sinéresis, pero no es un método satisfactorio para controlar el contenido de humedad de la cuajada, que se logra mejor asegurando que el grado de acidificación, calentamiento y agitación en la tina del queso sean apropiados para la variedad en particular.

II.2.1.5. Maduración.

Aunque los quesos coagulados enzimáticamente pueden ser consumidos al final de la manufactura y son pocos, la mayoría son madurados por un período desde cerca de 3 semanas a más de 2 años. Generalmente la duración del madurado es inversamente relacionada a el contenido de humedad del queso. Muchas variedades son consumidas en cualquier estado de maduración, dependiendo de la preferencia de sabor de los consumidores y de factores económicos.

Aunque cuajadas para diferentes variedades de queso son reconociblemente diferentes al final de la manufactura, la única característica de los quesos individuales son el desarrollo durante el madurado como un resultado de un complejo juego de reacciones bioquímicas. Los cambios que ocurren durante el madurado –y del sabor, aroma y textura del queso maduro- son grandemente predeterminados por el proceso de manufactura, que es por la composición (especialmente humedad, NaCl y pH), por el nivel de actividad de enzimas residuales, por el tipo de cultivo iniciador, y en muchos casos por el inóculo secundario adicionado (Fox y col., 2000).

Los cambios bioquímicos que ocurren durante la maduración son causados por uno o más de los siguientes factores:

- El coagulante
- Enzimas nativas de la leche, especialmente proteinasas y lipasas, que son particularmente importantes en quesos hechos de leche cruda
- Bacterias iniciadoras y sus enzimas
- Microorganismos secundarios y sus enzimas.

II.2.1.6. Suero y productos de suero.

Sólo cerca del 50% de los sólidos de la leche son incorporados dentro del queso; los remanentes (90% de lactosa, $\approx 20\%$ de la proteína, y $\approx 10\%$ de la grasa) están presentes en el suero. Hasta recientemente el suero fue considerado esencialmente un subproducto sin utilidad y muy barato. Sin embargo, el interés por reducir la contaminación ambiental, así como también por la posibilidad de producir valiosos productos de suero, el procesamiento de suero paso a una mejor faceta en el total de la industria quesera.

II.2.2. Rendimiento del queso.

La producción mundial de queso es de 15 millones de toneladas por año, con un valor estimado de \$55 billones. Aproximadamente el 7% del queso del mundo es comercializado sobre el mercado global, los mayores proveedores son: la Unión Europea ($\approx 50\%$), Nueva Zelanda ($\approx 16\%$), y Australia ($\approx 11\%$). El rendimiento del queso y su control son de gran importancia económica, determinando la ganancia de las plantas queseras y aumentando el precio de la leche a los granjeros. Debido a su importancia económica y la de los factores que lo afectan, se ha investigado extensivamente y se han publicado varias revisiones (International Dairy Federation IDF 1991, 1994) (Fox y col., 2000).

II.2.2.1. Definición.

La definición de rendimiento del queso es importante por dos principales aplicaciones:

1. Midiendo la eficiencia de y determinando la variabilidad económica de una operación de procesamiento de queso.
2. Midiendo los resultados de experimentos, que es esencial para la evaluación de una utilidad potencial de un proceso particular o cambio de tecnología.

El rendimiento puede ser expresado de muchas formas, la forma usada es generalmente determinada por las necesidades de una situación particular. El rendimiento del queso puede ser expresado simplemente como la cantidad de queso base seca que se produce de una cantidad de leche con un contenido definido de grasa y proteína (kg/100kg de leche). Rendimiento actual de queso (Y_a) es regularmente expresado como los "kilogramos de queso por 100kg de queso" o "por ciento de rendimiento". Una alternativa frecuentemente como manera de declarar el rendimiento del queso es "el número de litros de leche (de una composición dada) requeridos para elaborar una tonelada de queso", que en el caso de queso Cheddar es alrededor de 10,000 litros. Tal definición de rendimiento del queso es conveniente sólo cuando una variedad de queso es manufacturada con una leche de composición relativamente constante.

Fórmulas predictivas del rendimiento son usadas para estimar el rendimiento particular de una variedad de queso, de leche de una composición dada. La predicción del rendimiento del queso es útil en una planta quesera para :

- Medir su eficiencia por comparación actual y predicción de rendimientos
- Planear la producción (por ejemplo capacidad y tecnología) en el evento de un incremento anticipado suministro de leche
- Planear producción mixta y esquemas de costo de leche

Las fórmulas para predicción del rendimiento de una variedad particular son compiladas en base a información obtenida de:

- Experimentos en los que el rendimiento y el recobro de componentes son relativos a la composición de la leche
- Consideración teórica de los procesos de manufactura del queso y su influencia sobre la partición de varios de los componentes de la leche (por ejemplo, pérdida de glicomacropéptidos, sales de la leche y grasa) entre la cuajada y el suero (Fox y col., 2000).

II.2.2.2. Factores que afectan el rendimiento del queso.

La composición de la leche y el rendimiento del queso de una cantidad dada de leche puede depender de severos factores, incluyendo especie, casta, estado de lactación, plan nutricional, número de lactación y salud del animal. Por encima de ello, la composición de la leche del queso puede estar alterada por intervenciones tecnológicas como: la estandarización, baja concentración del factor de ultrafiltración (LCF – UF) o fortificación con leche descremada en polvo reconstituida de extra bajo tratamiento térmico, conteo de células somáticas o mastitis, así como las prácticas de pasteurización.

Para dar un nivel de proteína en la leche estandarizada, el efectivo nivel de proteína (nivel de proteína coagulable, que es potencialmente recobrada en cuajada de queso) puede ser incrementada por cambios en el tratamiento térmico de la leche. En temperatura normal de pasteurización (72° C – 15s), un bajo nivel de proteína de suero es desnaturalizada (aprox. 5% del total), dependiendo de los niveles y proporciones de las diferentes proteínas presentes en el suero. Es generalmente supuesto que las proteínas desnaturalizadas de suero forman un complejo con la κ -caseína y son retenidas en la cuajada del queso. Como la severidad del tratamiento térmico incrementa, la magnitud de proteína de suero desnaturalizada y la proteína de leche efectiva, lo que contribuye a aumentar el rendimiento del queso.

En modernas granjas de colección de leche, la leche es enfriada inmediatamente después de su ordeña hasta cerca de 8° C y la recolección de la granja generalmente ocurre al segundo o tercer día, consecuentemente, la leche puede ser almacenada en frío por 2 a 5 días antes de su procesamiento. Durante este período el enfriamiento de la leche es subjetivo, variando grados de traspaso por bombeo, flujo y agitación. Almacenamiento en frío y re-bombeo resultan en un número de cambios fisicoquímicos que alteran las propiedades de la leche usada en la manufactura de queso, incluyendo:

- Solubilización de caseínas micelares, especialmente β -caseína y fosfato de calcio coloidal, llevando a un incremento en la caseína sérica.
- Incrementó la susceptibilidad de caseína sérica o hidrólisis por proteinasas de bacterias psicotróficas o células somáticas y/o plásmidos y se incrementa el nitrógeno no proteico (Fox y col., 2000).

- Daño a la membrana de los glóbulos de grasa de la leche e hidrólisis de las grasas libres por las lipasas de las bacterias psicotróficas, resultando en un decremento del nivel de grasa, ver Cuadro 2.

Termización de la leche, prolongado calentamiento de la leche antes de su procesamiento puede ocurrir en su manufactura cuando está en oversup-ply, como ocurre durante la primavera o en la granja cuando la producción es baja como ocurre durante el invierno. Un extendido almacenamiento en frío puede desencadenar el desarrollo de una alta población psicofílica que produce enzimas proteolíticas y lipolíticas resistentes a la pasteurización. Estas enzimas pueden reducir el rendimiento del queso y adversamente afectar a la calidad del producto. La termización de la leche a una temperatura de sub-pasteurización (por ejemplo, 57-68°C por 10-15s) durante la recepción es generalmente practicada. La termización reduce el número de psicótrofos de la leche en una magnitud dependiente del tratamiento térmico.

Cuadro 2. Efecto sobre leche almacenada en frío a 3° C en el recobro de grasa de leche y sólidos, así como del rendimiento en queso (Fox y col.,2000).

Tiempo de Almacenamiento	% Recobro		Rendimiento (kg/100kg)
	% Grasa	% Sólidos	
0	89.2	57.0	9.7
3	87.7	49.2	9.1
5	86.0	48.3	9.0

Una alternativa para la adición de proteínas de suero sin desnaturalización "in situ" es la adición de la proteína ya desnaturalizada (recobrada del suero) en la leche del queso (Fox y col., 2000).

Potenciales ventajas de este método son las siguientes:

- Las propiedades de formación de la cuajada de caseína no son (o sólo ligeramente) dañadas.
- El rendimiento del queso es incrementado pero la textura no es alterada a la magnitud de algunas cuajadas de leche UHT con un nivel equivalente de proteína de suero desnaturalizada.

Potenciales desventajas de la adición de proteínas de suero desnaturalizadas incluye esta:

- La adición de una fracción de proteína de leche (por ejemplo, proteína de suero) no puede cumplir con el estándar legal de identidad del queso en algunos países.
- Puede ser demasiado caro.

Varios procesos han sido desarrollados para el recobro de proteína de suero dulce, la mayoría que envuelven una floculación, por desnaturalización por calor y/o acidificación, y su recuperación por centrifugación. Los rendimientos del concentrado por el proceso de centrifugación del suero conteniendo alrededor de 120g de sólidos / L y de 180g de sólidos / L para el proceso lácteo.

Estos concentrados son adicionados al nivel deseado en la leche del queso, que es tratada como en una manufactura normal de queso. Proteína de suero comercial parcialmente desnaturalizada también puede ser preparada por concentración del suero dulce por ultrafiltración y tratamiento térmico y así obtener el retentado para dar un nivel controlado de desnaturalización. El tratamiento térmico del retentado puede ser proporcionado por un secado.

La adición de CaCl_2 en niveles cercanos a 0.02 g/L a la leche es una práctica comercial común, generalmente mejora las propiedades de coagulación enzimática, un efecto atribuible a la reducción en el pH y el incremento en la concentración de Ca^{2+} . Mientras el efecto de la adición de CaCl_2 sobre las propiedades de coagulación enzimática ha sido estudiada extensivamente, comparativamente pocos estudios consideran este efecto sobre el rendimiento del queso. Una investigación sobre queso tipo Suizo comercial muestra que la adición de cloruro de calcio (0.1g/L) produce insignificantes efectos en el mal recobro de grasa de leche (85.3% vs. 84.7%) y sólidos de leche no grasos (33.85% vs. 33.75%) y un significativo incremento en el malo rendimiento del queso (0.038kg/100kg). La proporción de grandes partículas de cuajada (5.5 – 7.5mm) fue incrementada, y la proporción de partículas pequeñas (<3.5mm) fue reducida (Fox y col.,2000).

Estas tendencias sugieren que los efectos positivos del cloruro de calcio sobre el recobro de grasa y proteína y el rendimiento del queso probablemente suceda por un grado de reforzamiento de la agregación de la caseína, que reduce la susceptibilidad de la cuajada a fracturarse durante en cortado y la fase inicial de agitación (Fox y col., 2000).

II.3. Quesos procesados y sustitutos o imitación de productos de queso.

Intentos anteriores a reducir el costo del queso llevan la delantera al desarrollo de quesos análogos, reemplazando la grasa de leche por grasa vegetal, que es menos costosa. Análogos semejantes fueron usualmente manufacturados por métodos tradicionales de leche descremada conteniendo grasas vegetales dispersas y fueron generalmente referidos como "filled cheeses" o quesos rellenos.

Posteriores incentivos económicos y avances técnicos adelantaron el desarrollo de la fabricación de quesos análogos manufacturados fundamentalmente de caseína o sus derivados, grasas o aceites vegetales, sales, ácidos y saborizantes. Desde entonces los derivados de la caseína son legalmente definidos como ingredientes no lácteos, la fabricación de análogos fue referida como "imitation cheeses" o quesos de imitación (Zwiercan y col., 1987).

Un verdadero queso de imitación ofrece severas ventajas sobre los sustitutos de queso o "filled product". Su manufactura evita la utilización de los microorganismos productores de acidez, normalmente empleados en el proceso de fabricación de quesos sustitutos. También evitan la formación de suero como subproducto y con ello los problemas que acarrea la necesidad de separarlo para su desecho. En adición, el proceso para la producción de un queso de imitación puede ser continuo o semi-continuo, mientras que el proceso para la producción de queso natural y del queso sustituto deben ser obtenidos por lotes.

Sin embargo, desde el punto de vista nutricional, los productos sustitutos y los de imitación pueden ser de la misma calidad que sus correspondientes productos naturales (Rule y col., 1980).

Respecto a los quesos procesados, aunque los consumidores pueden considerarlos como productos inferiores comparados con los quesos naturales, ellos tienen numerosas ventajas comparados con éstos últimos:

- Cierta cantidad de queso que por otra parte se dificultaría o sería imposible comercializar puede ser usado, por ejemplo, queso con deformaciones, recorte de queso.
- Una mezcla de variedades de queso y componentes que no son queso pueden ser usados en su manufactura, esto es posible para producir quesos procesados que difieren en consistencia, sabor, forma y tamaño.
- Tienen buena estabilidad durante su vida de anaquel a temperaturas moderadas, por lo que se reduce el costo de almacenamiento y transporte.
- Su almacenamiento es estable que los quesos naturales, que resulta en un menor gasto, una característica que puede ser especialmente importante a la larga.
- Sus empaques son manejables e imaginativos , en varias unidades de tamaño conveniente.
- Son muy prácticos para sandwiches y comida rápida.

Atractivos a los niños, quienes generalmente no gustan o aprecian los sabores fuertes de los quesos naturales (Fox y McSweeney, 1998).

Productos de imitación de quesos incluyen muy alto contenido de humedad, como el queso crema; quesos de alto contenido de humedad como el queso azul y el mozzarella; quesos de humedad media como el cheddar y provolone; quesos de baja humedad como el romano y el parmesano; y quesos procesados pasteurizados, como el queso americano, queso para untar y productos de queso. Los productos de imitación de quesos proveen el sabor y funcionalidad del queso natural a un costo reducido, y adicionalmente, son bajos en calorías y colesterol, desde entonces la grasa animal fue reemplazada por la grasa vegetal.

Caseinatos de sodio, potasio y calcio, como son sales generadas "in situ" por tratamiento de caseína ácida y caseína renina con un álcali apropiado, son usados en la preparación de productos de imitación de quesos. Además, los caseinatos proveen una mejor fuente de proteína. Dan propiedades de textura y emulsificación que los hacen ideales y su moderadamente baja viscosidad permite su uso en sólidos fuertes.

El alto costo actual y la disponibilidad futura incierta de caseína y caseinatos se convierten en una mayor preocupación para los procesadores de alimentos. Por estas razones, los procesadores deben encontrar enseguida sustitutos de caseinatos disponibles, preferentemente a bajo costo, para que reemplacen total o parcialmente los caseinatos en la imitación de los productos de queso (Zwiercan y col., 1987).

Algunos intentos se realizan para utilizar aislados de proteínas vegetales, por ejemplo de soya, pero les falta la funcionalidad de los caseinatos y pueden por lo general ser usados únicamente como extensores. Los aislados deben ser tratados especialmente para proveer quesos con suficiente capacidad de fundir.

Harinas y almidones son usados en varios quesos como espesantes y/o con la finalidad de mejorar propiedades específicas. Estos no eran sin embargo, usados como reemplazo de los caseinatos o para dar características provistas por ellos. En quesos naturales, por ejemplo, son adicionadas ciclodextrinas para incrementar la retención de humedad y la vida de anaquel (Zwiercan y col., 1987).

Ingredientes tales como el aceite vegetal, proteína, emulsificante, ácido, sal de calcio y agua pueden ser considerados ingredientes activos que contribuyen a la funcionalidad del producto final, en términos de propiedades de estiramiento, dorado y gratinado. Otras sustancias como componentes del sabor y color, el conservador y suplementos vitamínicos pueden ser considerados como sustancias inertes respecto a la funcionalidad. Por tanto cuando se exponen formulaciones consisten esencialmente de aceite, agua, proteína, emulsificante, ácido y sustancia proveedora de calcio, lo que no impide la adición de pequeñas cantidades de sustancias inertes (Rule y col., 1980).

Las dos principales categorías: productos de quesos procesados pasteurizados y productos sustitutos o de imitación pueden ser subdivididos más allá dependiendo su composición, tipo y niveles de los ingredientes usados, ver Figura 1 (Fox y col., 2000).

II.3.1. Ingredientes.

II.3.1.1. Leche en polvo.

La leche es un producto perecedero y, por lo tanto, escaso en muchos países con poca o ninguna producción láctea propia. La leche fresca tiene una vida comercial muy limitada y se estropea fácilmente por la acción de enzimas bacterianas y por la exposición directa a la luz del sol. Su distribución es especialmente difícil en países de clima tropical y en regiones donde las distancias entre el productor y el consumidor son grandes (CEDELE, 2004).

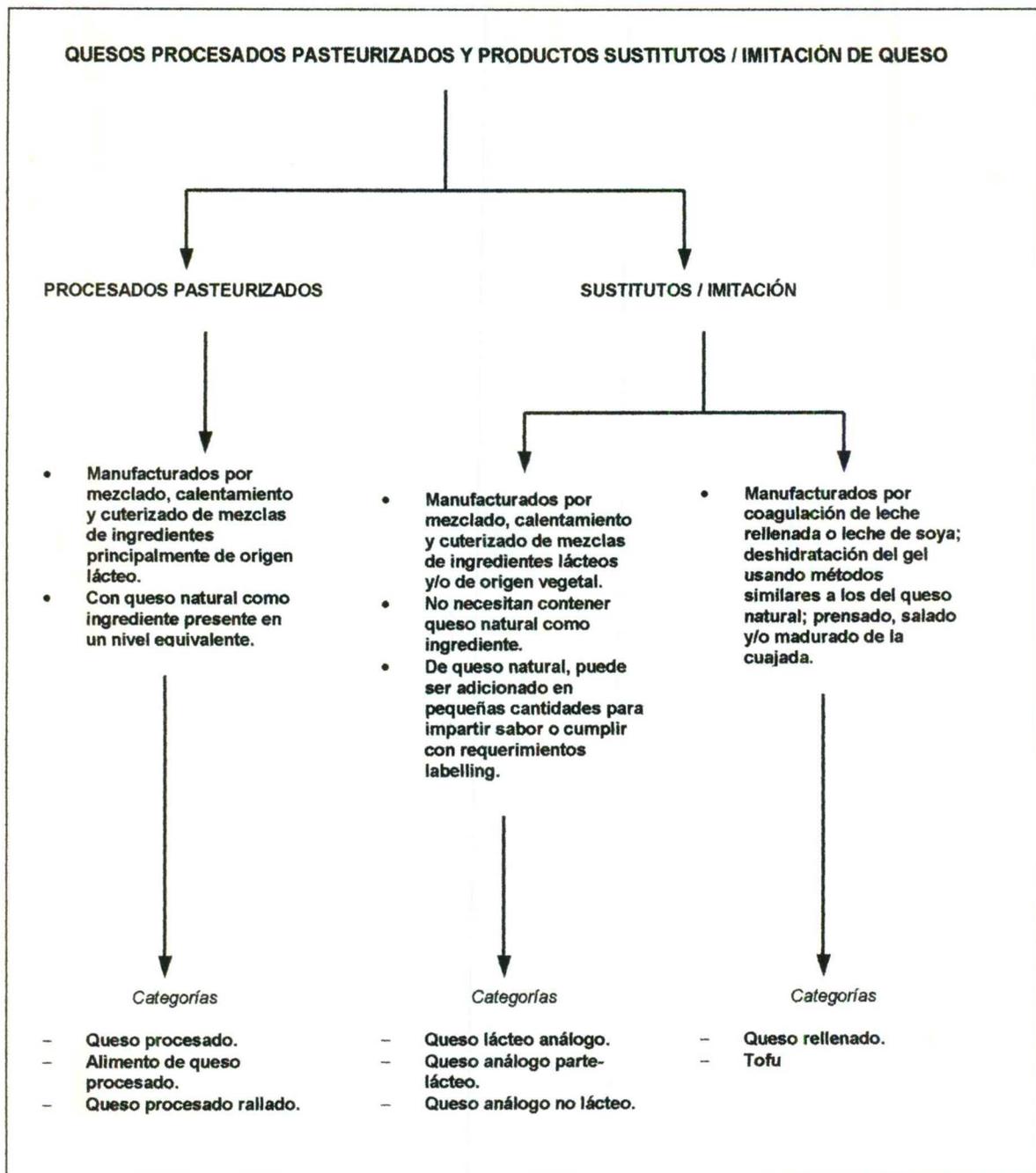


Figura 1. Esquema generalizado de la clasificación de queso procesado pasteurizado y sustituto o imitación de productos de queso basada en el procedimiento de manufactura e ingredientes usados (Fox y col., 2000).

La leche en polvo desnatada o descremada se hace por la eliminación de la nata de la leche entera en separadoras centrífugas, y posteriormente se elimina el agua de la leche por medio de evaporación y secado. El polvo obtenido puede ser almacenado durante meses e incluso años, sin que se estropee, disolviéndose fácilmente en agua para formar leche desnatada reconstituida.

El método más comúnmente utilizado para clasificar la leche en polvo desnatada se refiere a la técnica de procesado y por lo tanto al tratamiento térmico al que ha sido sometida la leche desnata antes de su evaporación y de su secado por atomización.

Durante el tratamiento térmico de la leche las proteínas del suero se desnaturalizan en diferentes grados, dependiendo de la relación temperatura / tiempo. El grado de desnaturalización puede clasificarse según el llamado Índice de Nitrógeno Proteico del suero (INPS), ver Cuadro 3.

II.3.1.1.1. Disolución de la leche en polvo.

Los factores que afectan a la disolución de la leche en polvo son:

- La humectabilidad del polvo
- La facilidad de sedimentación del polvo
- La facilidad del polvo para dispersarse
- La solubilidad del producto en polvo (CEDELE, 2004).

Cuadro 3. Calidades típicas de la leche en polvo (CEDELE, 2004).

	Tratamiento Térmico					
	Extra bajo Extra LH <70°C /15s	Bajo LH 70°C /15s	Medio MH 85-90°C /20-30s	Medio alto MHH 96-124°C /30s	Alto HH 135°C /30s	Alto HHHS*
Índice INPS, mg/g	-	>6.0	5.9-4.5	4.4-1.5	<1.4	<1.4
Nivel térmico	-	<80.0	80.1-83	83.1-88.0	>88.1	>88.1

*Polvo muy estable con tratamiento térmico elevado de leche especialmente seleccionada.

II.3.1.1.2. Agua de disolución.

El agua es una de las materias primas de todos los tipos de productos lácteos reconstituidos y recombinados. Debe ser potable y de alta calidad, libre de microorganismos patógenos y con una aceptablemente baja dureza expresada como carbonato cálcico.

Humectabilidad. Es en gran parte función del volumen de las partículas y especialmente de la capilaridad. Los polvos aglomerados tienen una buena capacidad, resultando en una mejora en su humectabilidad. Cuando el tamaño de las partículas aumenta, también aumenta su humectabilidad. Una buena humectabilidad es aquella cuyo tiempo es inferior a 30 segundos.

Facilidad de sedimentación. La facilidad para sedimentarse es función del volumen específico y del tamaño de partícula. Los polvos aglomerados normalmente son los que mejor sedimentan.

Facilidad de dispersión. Los polvos fáciles de dispersar son aquellos que cuando se añaden al agua se distribuyen en partículas aisladas, sin formación de grumos. La estructura de las partículas del polvo, así como la configuración de las moléculas de proteína, juegan un papel importante. Un producto en polvo con un alto contenido de proteínas desnaturalizadas es muy difícil de dispersar. Un grado de dispersabilidad mínimo del 90% es normal en leches en polvo para recombinación.

Solubilidad. Esta propiedad indica la facilidad del producto para disolverse y formar una suspensión estable. El grado de solubilidad de un producto en polvo depende en gran medida de la tecnología usada en su proceso de producción.

Como sólo se elimina agua "destilada" en la producción de leche en polvo, por ejemplo, el agua que se utiliza en la reconstitución debe ser también pura; un excesivo contenido de sales minerales estropeará el equilibrio salino del producto reconstituido, que a su vez causará problemas en la pasteurización.

Un contenido demasiado alto en cobre o hierro en el agua puede provocar sabores anormales resultantes de la oxidación de la grasa. Por ello los niveles máximos recomendados son 0.05 y 0.1 mg/L respectivamente (CEDELE, 2004).

II.3.1.1.3 Temperatura y tiempo de hidratación.

La humectabilidad del polvo aumenta cuando la temperatura del agua se incrementa de 10 a 50°C. Pero no se produce aumento entre 50 y 100°C, más bien al contrario. El polvo de bajo tratamiento térmico es más fácil de disolver que el de alto tratamiento térmico. Es importante que las proteínas alcancen su estado normal de hidratación, que se completa en menos de 20 minutos a una temperatura de 40-50°C.

Como regla se puede decir que el producto en polvo fresco y de alta calidad requiere el menor tiempo de hidratación. Un tiempo de hidratación insuficiente puede conducir a la aparición a un sabor a cal en el producto final. A la leche reconstituida que se va a utilizar en la elaboración de quesos se le debe dar un tiempo de hidratación de dos horas.

Se puede hacer la reconstitución a 10°C y después almacenamiento de la leche a esta temperatura durante la noche, con el objeto de alcanzar la máxima hidratación. Sin embargo, cuando se trabaja a temperatura de mezcla de 10 a 20°C quedan más partículas de polvo sin disolver que cuando se trabaja a 35-45°C, incluso si la mezcla se mantiene durante 24 horas. En la leche con el 8% de sólidos la diferencia es muy pequeña. Después de la reconstitución de la leche se calienta a más de 40°C, la proporción de polvo sin disolver es muy pequeña, incluso en mezclas con 26% de sólidos secos.

El contenido de aire de la leche reconstituida aumenta cuando la mezcla se realiza a bajas temperaturas.

La grasa debe añadirse a una temperatura por encima de su punto de fusión. Para asegurar esto la grasa se adiciona a una temperatura superior a 40°C. La leche reconstituida no debe mantenerse a temperaturas altas de mezcla durante más de dos horas, ya que se puede producir un desarrollo bacteriano.

II.3.1.1.4 Adición de grasa y emulsión.

No se debe añadir la grasa a la leche reconstituida hasta que se haya completado el período de hidratación. Se debe evitar realizar la adición de la grasa al mismo tiempo o antes que la leche en polvo, ya que esto puede originar problemas en el proceso y deteriorar la calidad del producto (CEDELE, 2004).

La grasa láctea se suele añadir junto con un emulsionante para facilitar y mejorar la emulsión de aquella.

Cuando la grasa se añade a la leche en un depósito de mezcla se debe tener agitación intensa y continua, a menudo con un agitador potente, para asegurar que la composición del producto sea uniforme cuando se bombea al pasteurizador. Incluso cuando se integra un homogenizador en el sistema, es importante que la grasa se distribuya uniformemente en la leche.

II.3.1.2. Caseínas y caseinatos.

La caseína es la proteína dominante en la leche de vaca, constituyendo el 80% del contenido total proteico de la leche. El otro 20% lo constituyen las seroproteínas o proteínas del lactosuero. La caseína es el componente básico del queso ordinario o natural.

El caseinato se puede definir como un compuesto químico de caseína y metales ligeros, por ejemplo, sodio monovalente o calcio divalente (CEDELE, 2004).

II.3.1.2.1 Producción industrial de caseínas.

Hay dos principales métodos establecidos para producción de caseínas a escala industrial: precipitación isoeléctrica y coagulación enzimática (renina). Caseína ácida es producida de leche descremada por acidificación directa, usualmente con HCl, o por fermentación con cultivo *Lactococcus* a pH de 4.6. Las cuajadas/suero son cocinadas a cerca de 50° C, separada usando barras inclinadas perforadas o por centrifugado y decantación, lavada completamente con agua, secada y molida.

La caseína ácida es insoluble en agua, pero puede ser formado caseinato soluble dispersando la caseína en agua y ajustando el pH a 6.5-7 con NaOH, KOH, Ca(OH) o NH para producir caseinato de sodio, potasio, calcio o amonio respectivamente. Los caseinatos son usualmente secados por aspersion.

Caseína renina es producida de leche descremada por tratamiento con ciertas enzimas proteolíticas, conocidas como reninas. Aparte del mecanismo de coagulación, el protocolo para la producción de caseína renina es esencialmente similar que para caseína ácida. La caseína es insoluble en agua o en álcali, pero puede ser solubilizada

por tratamiento con polifosfatos, la mayoría de caseína renina es usada en la manufactura de quesos análogos, incluyendo quelantes de calcio, por ejemplo polifosfatos.

Caseína "nativa", un exitoso nuevo desarrollo es la producción de caseína nativa, pocos detalles sobre el proceso están disponibles, pero ello envuelve la electrodiálisis de leche descremada a 10° C contra suero acidificado hasta reducir el pH a cerca de 5, la leche acidificada es centrifugada y la caseína sedimentada es dispersada en agua, concentrada por ultrafiltración y secada. El producto pronto se dispersa en agua lo que da propiedades aproximadas a las micelas nativas de caseína (Fox y McSweeney, 1998).

II.3.1.2.2 Caseinatos

Una mezcla de caseinato de sodio y caseinato de calcio es usada para proveer la extensión final, emulsificación, el gel, y propiedades de fusión. La relación de caseinato de sodio a calcio es 10-90:90-10, preferentemente 30-70:70-30. En quesos son usados los sistemas tanto de alto sodio como alto calcio con almidones. La solubilización de caseinatos es formada in situ por adición de un álcali de sodio, potasio o calcio (hidróxido) a dispersiones de caseína ácida o caseína renina (Zwiercan y col., 1987).

El caseinato de sodio ofrece una ventaja por encima del caseinato de calcio, que es proveer alto grado de estiramiento, característico de los quesos de pasta filata. Sin embargo, el uso de caseinato de sodio como proteína tiende a causar que el queso de imitación se queme y se hinche al ser usado en pizzas. Se sugiere que, en contraste, el uso de caseinato de calcio no causa semejantes quemaduras ni hinchaduras. Se dice que el uso de caseinato de calcio probablemente causa la formación de una superficie discontinua que permite que los vapores escapen. Aunque esto es mejor desde el punto de vista de quemaduras e hinchaduras, el calcio contenido en el producto, da menor gomosidad o estirabilidad, entonces no se puede hacer un buen queso de pasta filata para aplicaciones semejantes como pizzas (Rule y col., 1980).

Muchos quesos análogos son preparados con caseinatos como única o mejor fuente de proteína, las propiedades reológicas y de fusión específicas de quesos análogos reflejan directamente los constituyentes de los caseinatos. El caseinato de calcio se usa para producir imitaciones de queso Mozzarella y Cheddar, mezclas de caseinato de sodio y calcio se usan exitosamente para producir queso Mozzarella para la preparación de

pizza, una mezcla de caseinato de potasio (25%) y sodio (75%) también se usa (Cavalier-Salou y Cheftel, 1991).

II.3.1.3. Proteínas de origen vegetal.

Proteínas vegetales son usadas en parcial o total reemplazo de caseinatos, un nivel de reemplazo de proteína aislada de cacahuate en 40-50% da adecuada textura y propiedades de fusión. Se han reemplazado también con concentrado de proteína de soya nativa o cocida. La dureza y cohesividad de la cuajada resultante son reducidas, un estudio de Microscopía Electrónica indica que la cuajada que contiene proteína de soya hervida es más porosa que la cuajada control que contiene proteína nativa de soya. Una mezcla de caseinato de sodio, aislado de proteína de soya y almidón de maíz también es usada para preparar este tipo de quesos.

II.3.1.4. Almidones.

Harinas y almidones son usados en varios quesos como espesantes y/o con la finalidad de mejorar propiedades específicas. Estos no eran sin embargo, usados como reemplazo de los caseinatos o para dar características provistas por ellos. En quesos naturales, por ejemplo, son adicionadas ciclodextrinas para incrementar la retención de humedad y la vida de anaquel, dispersiones acuosas de almidón de maíz fueron mezcladas con quesos maduros fundidos para dar un producto suave estable teniendo consistencia de mantequilla.

En quesos análogos y en productos de simulación de quesos, por ejemplo, fue usado almidón de maíz para unir el agua y prevenir o retardar su pérdida, así como adicionar brillo, palatabilidad y cuerpo (Zwiercan y col., 1987).

Ciertos almidones logran emplearse como reemplazo de caseinatos en quesos de imitación, que difieren de los almidones y harinas empleados como espesantes, formadores de cortezas, etc., en que proveen la textura, termo-reversibilidad (fusión) y emulsificación, características de los caseinatos en quesos de imitación. Un almidón caracterizado por termo-reversibilidad al formar un gel cuando es cocinado en dispersión acuosa y enfriado posteriormente, gel que funde al recalentarlo y cuaja otra vez al enfriarlo (Zallie y col., 1990).

Un queso de imitación que es funcionalmente equivalente a uno elaborado con base de caseinato, contiene, almidones modificados de alta amilosa pregelatinizados, normalmente convertidos y/o derivatizados como total o parcial reemplazo de los caseinatos presentes en el queso de imitación. Almidones convertidos adecuadamente incluyen los preparados por conversión ácida o enzimática, almidones oxidados preparados con menos del 5% de cloruro activo, y dextrinas con 50% de cloruro de calcio fluidificado en agua. Adecuados almidones derivatizados son preparados por tratamiento de menos de 25% de óxido de propileno, 5% de anhídrido succínico y 10% de anhídrido octenil-succínico o con suficiente cantidad de anhídrido acético o sodio o potasio orto o tripolifosfato para producir un máximo de 6% acetilado o 0.8% fosfatado. Mezclas de arriba del 80% en peso de almidones alta amilosa modificados o sin modificar que tenga otros almidones (0-40% de amilosa) son también adecuados. Para algunas personas este tipo de quesos son sustancialmente equivalentes a los que son de base-caseinatos en todas sus propiedades (Zwiercan, y col., 1987).

II.3.1.5 Grasas.

Emplear un aceite vegetal en particular no es crítico, pero se prefieren los que tengan un punto de fusión cercano o superior a la temperatura corporal y que muestre tener buena estabilidad y una sabor blando. Un buen número de aceites hidrogenados de semilla de algodón y soya se han encontrado satisfactorios. Por ejemplo, una grasa adecuada es un aceite de semilla de algodón hidrogenado que tenga un punto de fusión de 104.6 °F. Su disponibilidad y relativo bajo costo son ventajas en el uso de este tipo de grasas. También son completamente estables, tienen un sabor blando, se trabajan bien durante el procesamiento del queso y poseen buenas características de fundido y gratinado en el producto final.

Otras grasas o aceites, como las margarinas, que son blandas en sabor, tienen un punto de fusión entre 60 y 120 °F y preferentemente son derivados de aceite de algodón, soya, palma y maíz los que se emplean. Su uso es normalmente de 22 a 26% en peso, respecto al producto final (Rule y col., 1980).

Grasas o aceites animales también son muy empleados, por ejemplo, la mantequilla o la manteca de cerdo (Middleton, 1980).

II.3.1.6. Sales fundentes.

El primer producto, en que fueron usadas sales emulsificantes, fue introducido en Europa en 1912 y en USA en 1917 por Kraft, desde entonces el mercado para quesos procesados ha incrementado, así como la variedad de productos expendidos (Fox y McSweeney, 1998).

Pueden ser usados de un 1 a un 3% en peso, y los emulsificantes más usados se encuentran en la siguiente lista: fosfato monosódico, fosfato disódico, fosfato dipotásico, fosfato trisódico, pirofosfato ácido de sodio, pirofosfato tetrasódico, metafosfato de sodio (hexametáfosfato de sodio), fosfato de sodio y aluminio (kasal), citrato de sodio, citrato de potasio, citrato de calcio y tartrato de sodio y potasio. El emulsificante especialmente preferido es una mezcla de fosfato de sodio y aluminio con uno de los citratos mencionados, normalmente citrato de sodio; en una relación de 5:1 a 1:5 en peso (Chang, 1979).

También son llamadas sales emulsificantes y su adición es muy necesaria para impartir propiedades de fusión. En la manufactura de quesos procesados (que son diferentes a los quesos análogos en que están adicionados de queso) sales emulsificantes de sodio son usadas para ajustar el pH final, quelar y remover iones de calcio de los constituyentes de la proteína. Como resultado también dispersan, hidratan y solubilizan los constituyentes de la proteína, que, en turno, aumentan la emulsificación de la grasa y la estabilización de la emulsión (Cavalier-Salou y Cheftel, 1991).

Sales emulsificantes son críticas en la manufactura de quesos procesados con propiedades deseables. Las sales emulsificantes no son emulsificantes en el estricto sentido, desde el hecho que no tiene ninguna superficie activa. Juegan un rol esencial en quesos procesados, suplementan las propiedades emulsificantes de las proteínas del queso (Fox y McSweeney, 1998).

II.3.1.7. Emulsificantes.

Existen también emulsificantes orgánicos que proveen un dramático decremento en la viscosidad durante el procesamiento, además se han obtenido mezclas y de este modo se ha mejorado la uniformidad del producto, evitando la separación del aceite durante la manufactura u horneado en pizzas. Agentes emulsificantes orgánicos elevan

II.3.1.9 Ión calcio.

La adición del ión calcio u otra sal ionizable comestible, hace que éste reaccione con la proteína dando características de estirabilidad, dorado y derretido. Calcio ionizable está contenido en sustancias muy empleadas como el hidróxido de calcio, carbonato de calcio, aunque el cloruro de calcio es tradicionalmente usado como aditivo en la industria del queso. Normalmente cerca del 0.8% de cloruro de calcio es adicionado a la composición del queso, aunque esto es muy variado, el amplio rango para este componente es de 0.5 a 1% (Rule y col., 1980).

La adición de sales de calcio optimizan ciertas propiedades del queso sintético resultante como el hilado y características de fusión, así como la opacidad del producto. En el caso donde no se requieran o se requieran poco, como en el caso del queso Americano, no es usado el cloruro de calcio (Middleton, 1980).

II.3.1.10. Agua.

Para el balance de la formulación se emplea de 45 a 53% de agua (Wynn y col., 1978). El contenido de agua depende de la firmeza deseable en el producto final (Wynn y col., 1978).

II.3.1.11. Otros.

Además de los ingredientes anteriores, saborizantes, colorantes como el beta-caroteno o color huevo, conservadores como el sorbato de potasio, suplementos vitamínicos y sal de mesa son empleados en la elaboración de quesos de imitación (Rule y col., 1980).

El ácido sórbico es usado para inhibir el crecimiento de moho cuando el producto será almacenado bajo exposición al aire (Wynn y col., 1978).

II.3.2. Protocolo de manufactura para productos de queso procesado.

La manufactura envuelve los siguientes pasos:

- Formulación de la mezcla, que implica el tipo y cantidad correcta de quesos naturales, sales emulsificantes, agua e ingredientes opcionales

- Tiraje del queso y mezclado con ingredientes opcionales
- Procesamiento de la mezcla
- Homogenización de la mezcla fundida caliente (este paso es opcional y depende del contenido graso de la mezcla, tipo de cocedor usado y características de cuerpo del producto final)
- Empacado y enfriamiento, ver Figura 2 (Fox y col., 2000).

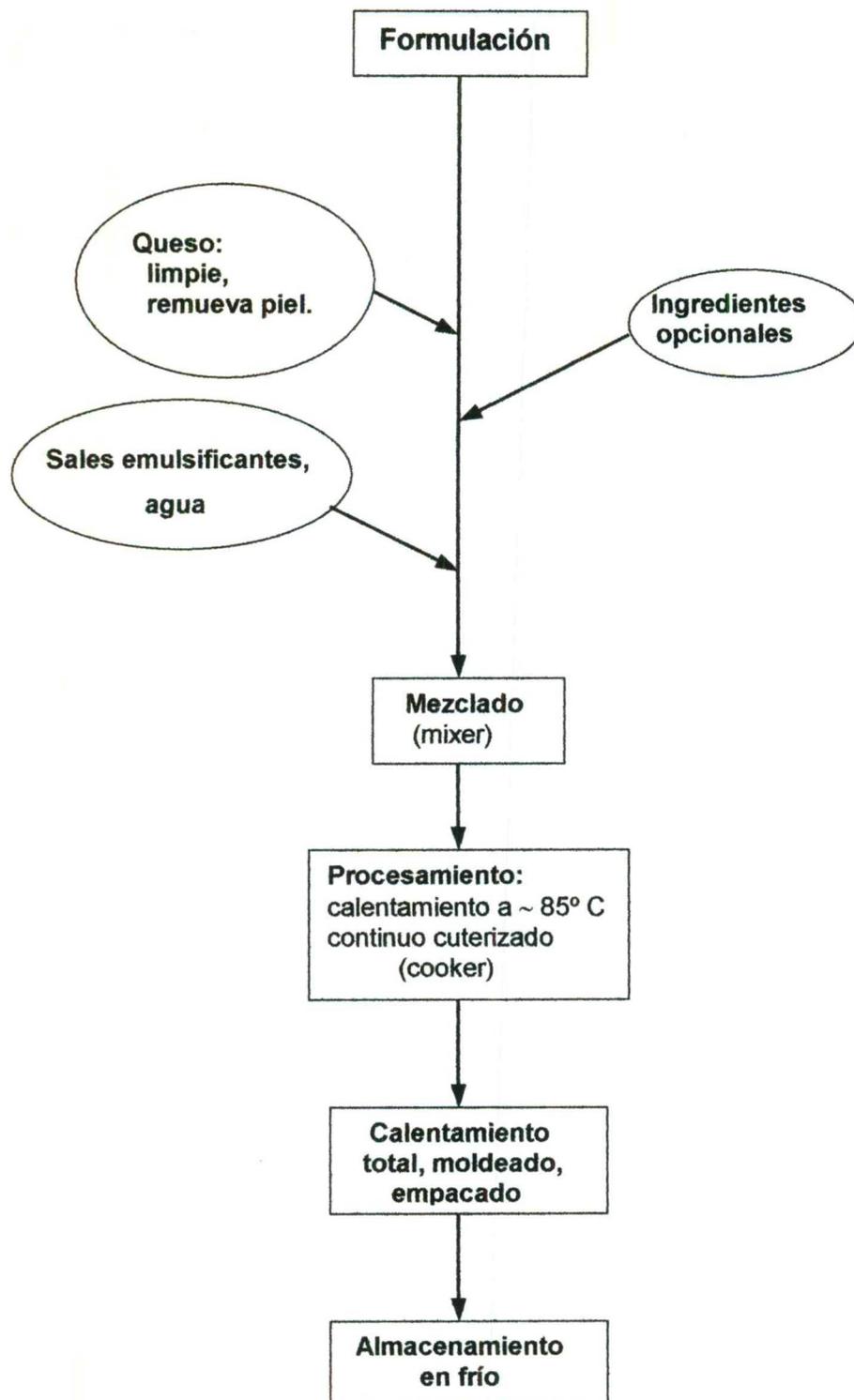


Figura 2. Procesamiento en lotes para la manufactura de productos de queso procesado pasteurizado (Fox y col., 2000).

III. OBJETIVOS

III.1. General.

Desarrollar formulaciones para la elaboración de queso oaxaca, panela y rancho análogos, con bajo contenido en grasas saturadas y colesterol, pero conservando su contenido de proteínas.

III.2. Específicos.

Realizar una investigación y documentación de los temas relacionados con los productos lácteos análogos

Desarrollar formulaciones lácteas para la elaboración de productos lácteos análogos o extendidos a nivel planta piloto.

Formular los productos antes mencionados, sin utilizar grandes cantidades de almidones, con la finalidad de conservar su contenido de proteína.

Elaborar los productos lácteos con una grasa vegetal de buena calidad, de tal manera que tengan un bajo porcentaje de grasas saturadas y al ser de origen vegetal no contengan colesterol.

Lograr que en el caso de los quesos, tengan el sabor característico de los quesos artesanales no pasteurizados.

Realizar análisis sensorial de los diferentes tipos de productos, comparándolos contra los que existen en el mercado.

Una vez aprobados los productos, llevarlos a gran escala para que sean elaborados en la línea de producción.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. Materiales.

IV.1.1 Aditivos.

Como ya se mencionó anteriormente, se buscan productos de muy buena calidad pero con un bajo costo, por ello, se probarán algunas materias primas como las que se enlistan abajo, de diferentes proveedores en varios tipos de quesos extendidos, con la finalidad de evaluar la cantidad y calidad de proteína presente en ellos, o según sea el caso.

- Leche descremada en polvo (LPD) al 93-7
- Milk Protein Concentrate (MPC-40)
- Emulsificante para grasa vegetal
- Sabores queso, leche y crema
- Caseína ácida
- Caseína renina
- Caseinato de sodio

IV.1.2. Utensilios.

- Recipiente de acero inoxidable de 8L
- Recipiente de acero inoxidable de 2L
- Braun
- Molino de carne
- Cucharas o palas de teflón
- Espátula de 30cm de longitud
- Equipo para determinación de acidez titulable
- Equipo para determinación de grasa en leche, queso y crema
- Equipo para determinación de proteína en leche
- Moldes para queso panela, ranchero
- Balanza digital con 0.1 de sensibilidad
- Mechero Bunsen y Fisher

- Probeta de 1L, 250mL y 100mL
- Pipetas graduadas y volumétricas de diferentes volúmenes
- Recipientes para pesar
- Termómetro

IV.2. Métodos.

A continuación se enlistan algunas de las técnicas a emplear, todas ellas obtenidas del "Manual de técnicas de Control de Calidad", "Manual de productos de la compañía", así como del "Compendio de técnicas de Investigación y Desarrollo", pertenecientes a la empresa Establo Nacional S. A. De C. V.

- Determinación de acidez titulable en leche por el método Dornic.
- Determinación de grasa en leche por método Gerber.
- Determinación de caseína en leche por el método del formol.
- Medición de pH por el método potenciométrico
- Determinación de grasa en queso por el método Gerber
- Determinación de humedad en queso por termobalanza.
- Determinación de acidez titulable en derivados lácteos en polvo por método Dornic.
- Determinación de grasa en derivados lácteos en polvo por método Gerber
- Determinación de caseína en derivados lácteos en polvo por el método del formol.
- Análisis microbiológico de productos terminados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM-113-SSA1-1994, NOM-092-SSA1-1994 Y NOM-111-SSA1-1994)
- Procedimiento para la elaboración de queso oaxaca natural
- Procedimiento para la elaboración de queso oaxaca extendido
- Procedimiento para la elaboración de queso panela natural
- Procedimiento para la elaboración de queso panela extendido
- Procedimiento para la elaboración de queso ranchero natural
- Procedimiento general para la activación de cultivos lácticos liofilizados
- Procedimiento general para la incorporación de grasa en leche
- Procedimiento general para la hidratación de derivados lácteos en polvo
- Procedimiento de conversión de caseína ácida en caseinato.

V. RESULTADOS.

V.1. Evaluación de ingredientes.

Fueron evaluadas 6 marcas de leche descremada en polvo, así como 3 de concentrado de proteína de leche al 40%. La evaluación se realizó en base a pruebas de coagulación-rendimiento en una fórmula estándar compuesta de leche fluida entera, leche descremada reconstituida, grasa vegetal y concentrado de proteína.

Para la evaluación de leches se utilizó un sólo concentrado para las seis marcas, como lo muestra el Cuadro 4.

Cuadro 4. Evaluación de leche en polvo descremada (LPD).

Prueba No.	LPD	MPC 40	Costo-rendimiento
1	DPI	AP	3
2	AD	AP	5
3	MS	AP	1
4	RP	AP	4
5	SZ	AP	2
6	NX	AP	6

El número 1 indica que fue la mejor.

Se observó que la leche RP, así como la AD no tuvieron buena dispersión, y por consiguiente su hidratación no fue buena.

Una vez seleccionada un marca de leche en polvo, fueron probados los diferentes concentrados de proteína con dicha leche, como se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Evaluación de concentrado de proteína de leche al 40% (MPC40).

Prueba No.	LPD	MPC 40	Costo-rendimiento
1	MS	AP	1
2	MS	MS	2
3	MS	AD	3

El número 1 indica que fue el mejor.

También fue evaluada la funcionalidad de 3 marcas de caseínas (NT, UR, HV), de acuerdo a la metodología presentada en el Anexo 1, pero en lugar de usar un control se realizó un comparativo entre las 3 muestras, resultando que la caseína UR fue mejor que la NT y a su vez NT que HV, sin embargo el hilado en NT fue muy similar que en UR.

V.2. Formulaciones evaluadas.

Una vez seleccionados los ingredientes a utilizar en las formulaciones se procedió a probar diferentes formulaciones recopiladas durante la investigación. Se probaron un total de 12 formulaciones iniciales, las cuales fueron modificándose y descartándose conforme a las necesidades del producto.

V.3. Selección de productos

Durante el proceso de desarrollo del proyecto, las formulaciones fueron modificándose y adecuándose de acuerdo a las necesidades de proceso, sensoriales, funcionales y de costo del producto.

Para el caso del queso ranchero, las fórmulas propuestas, aún con modificaciones no fueron viables, ya que el costo se excedió, para que el costo fuera adecuado hubo que cambiar radicalmente la formulación, solamente que el proceso se hizo muy complicado, por lo que se decidió continuar con el desarrollo del queso tipo Oaxaca y tipo Panela, dejando pendiente el queso tipo Ranchero.

Durante la selección final del producto a elaborar para queso tipo Oaxaca y queso tipo Panela fueron considerados 2 puntos principales, el aspecto sensorial y el nutrimental.

Se realizaron 2 paneles para cada muestra, uno seleccionando personas conocedoras o consumidoras constantes de productos lácteos y otro fue realizado al público en general. En cuanto al aspecto nutrimental solamente se tuvo tendencia hacia los productos con mayor contenido de proteína y menor contenido de colesterol, tomando en cuenta los valores teóricos de acuerdo a la información de las materias primas utilizadas.

V.4. Estandarización de productos seleccionados.

Una vez aprobados los 2 productos se procedió a estandarizar los procesos, a establecer las variables a controlar durante ellos, así como sus parámetros. Se elaboraron manuales de procedimientos, fichas técnicas, se impartió capacitación al personal a cargo de la producción, entre otros.

V.5. Evaluación de vida de anaquel.

Para determinar la vida de anaquel, una vez estandarizados los procesos, se elaboró un batch de cada producto, de tal manera que fuese representativo de las condiciones de operación y posteriormente determinar su modo crítico de deterioro, para ello se evaluaron los siguientes aspectos durante un período de 65 días:

- Porcentaje de humedad
- Potencial de hidrógeno
- Cuenta bacteriana total
- Bacterias coliformes totales
- Bacterias coliformes fecales
- Hongos y levaduras
- Rancidez de la grasa
- Sinéresis
- Grado de maduración
- Cambios en textura y apariencia

V.5.1. Imitación queso tipo panela.

Para el queso tipo panela se encontró que después de los 60 días de vida comienza a tener indicios de sinéresis, su humedad ha disminuido 14 puntos porcentuales (ver Figura 3), por lo que podría ser una delimitante al establecer la vida de anaquel.

Como lo muestra la Figura 4, el pH tuvo un cambio de 6.2 a 5.5, el cual no se percibe sensorialmente en cuanto al grado de acidez del producto, sin embargo si se detecta un sabor más maduro característico de los quesos.

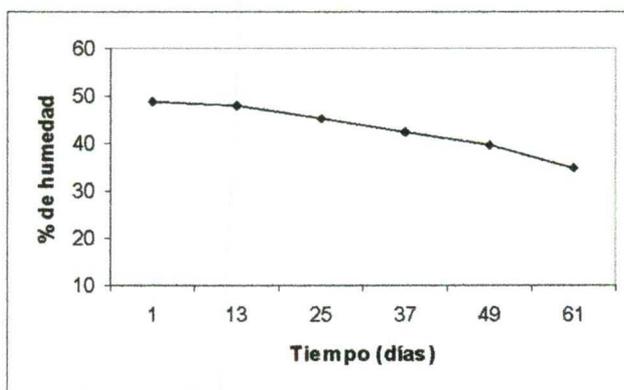


Figura 3. Comportamiento de la humedad en imitación de queso tipo panela.

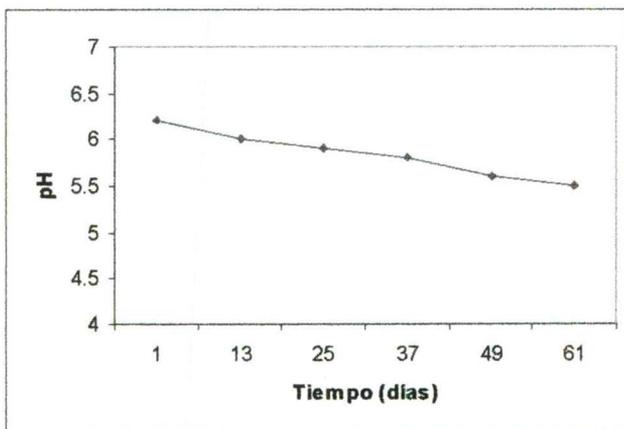


Figura 4. Comportamiento del pH en imitación de queso tipo panela.

En cuanto a microbiología tuvimos que en cuenta bacteriana total, como lo muestra la Figura 5, hubo un comportamiento característico de la curva de crecimiento normal; en hongos y levaduras (Figura 6) llegó hasta 400 UFC/g partiendo de menos de 10 UFC/g, sin embargo cae dentro de norma todavía; y para el caso de coliformes no hubo ningún crecimiento.

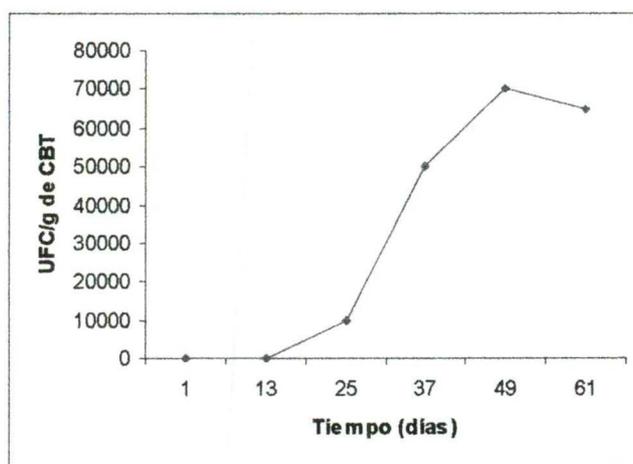


Figura 5. Comportamiento de la Cuenta Bacteriana Total en imitación de queso tipo panela.

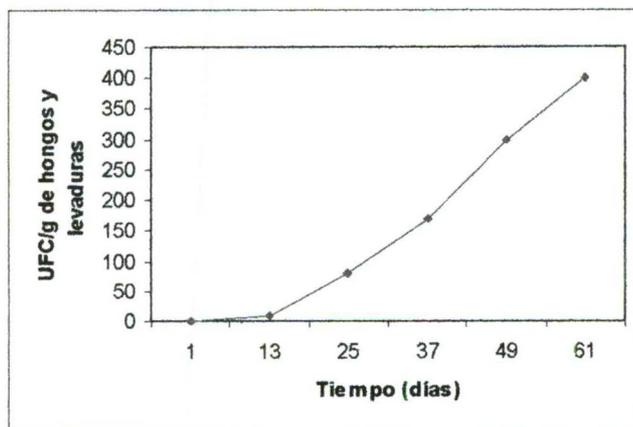


Figura 6. Comportamiento de la cuenta de hongos y levaduras en imitación de queso tipo panela.

V.5.2. Imitación queso tipo Oaxaca.

En este caso también se vio disminuido el contenido de humedad, en un período de 61 días cambió de 38.1% a 35.2% (Figura 7), menor al que presentó el queso tipo panela y sin indicios de sinéresis. Para el pH hubo un descenso de 5.45 a 4.91, como se observa en la Figura 8, que no aportó mayores cambios en sabor, sin embargo si se observa ligeramente disminuida la forma de la trenza. La propiedad de fundido se conservó hasta el final.

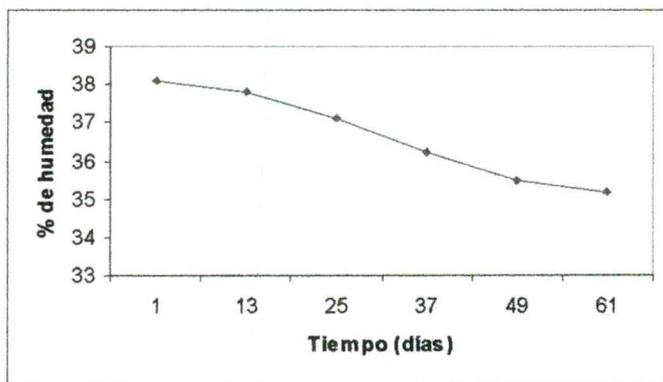


Figura 7. Comportamiento del % de humedad en imitación de queso tipo Oaxaca.

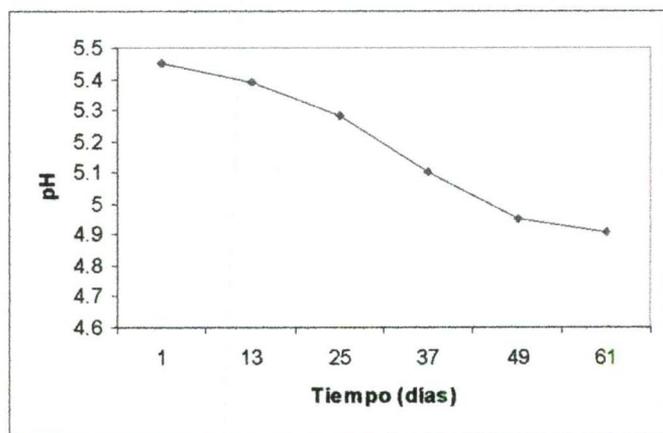


Figura 8. Comportamiento del pH en imitación de queso tipo Oaxaca.

En cuestión microbiológica solo se presentó crecimiento de cuenta bacteriana total, apreciándose en la Figura 9 las 2 primeras fases de una curva de crecimiento microbiano.

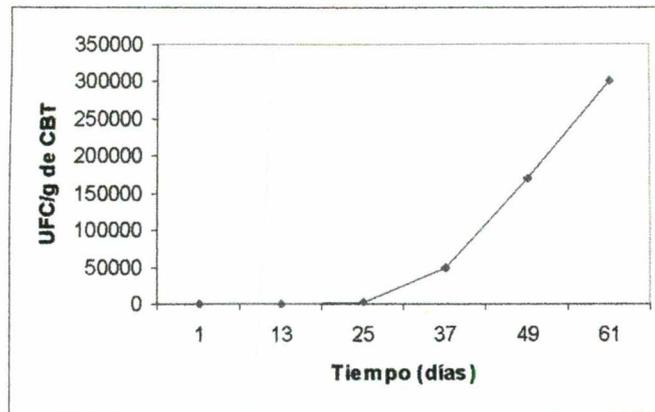


Figura 9. Comportamiento de la Cuenta Bacteriana Total en imitación de queso tipo Oaxaca.

V.6. Información nutrimental.

En cuanto a información nutrimental, para los dos productos, se observa que disminuye el contenido de grasas saturadas e incrementa el contenido de grasas insaturadas, ver Cuadro 6 y Cuadro 7.

El contenido de colesterol se reduce y se conserva el contenido de calcio, así como de proteínas.

Cuadro 6. Información nutrimental para imitación de queso tipo panela.

Información nutrimental por porción de 30g		
Contenido energético	348,6 (83,4)	kJ (kcal)
Grasas totales	6,6	g
De las cuales:		
Grasa polinsaturada	0,3	g
Grasa monoinsaturada	3,5	g
Grasa saturada	2,8	g
Colesterol	5,2	mg
Proteína	5,9	g
Hidratos de carbono	0,1	g
Sodio	115,5	mg
Calcio	195,8	mg
Vitamina B ₂	0,15	mg

Cuadro 7. Información nutrimental para imitación queso tipo Oaxaca.

Información nutrimental por porción de 30g		
Contenido energético	401,3 (96)	kJ (kcal)
Grasas totales	7,2	g
De las cuales:		
Grasa polinsaturada	0,5	g
Grasa monoinsaturada	2,9	g
Grasa saturada	3,8	g
Colesterol	12,8	mg
Proteína	7,0	g
Hidratos de carbono	0,7	g
Sodio	164,4	mg
Calcio	165,1	mg
Vitamina B ₂	0,2	mg

VI. DISCUSIÓN.

Es fundamental que durante los procesos de elaboración de todo este tipo de productos, se tengan muy en cuenta y se lleven a cabo al pie de la letra las Buenas Prácticas de manufactura, ya que de ello dependerá totalmente que el producto se encuentre dentro de norma, así como su vida de anaquel, ya que como vimos en el caso la imitación de queso tipo panela, aún cuando se partió de una cuenta de <10 UFC/g para hongos y levaduras, al final de la evaluación casi alcanza el límite máximo permitido por la NOM-121-SSA1-1994.

Para este mismo producto resultó que el modo crítico de deterioro es la sinéresis, ya que es el primer cambio desfavorable al producto, sin embargo no se descarta la posibilidad de que teniendo cuentas microbiológicas ligeramente más altas se pueda percibir algún cambio desfavorable en cuestión sensorial. Por lo anterior se estableció una vida de anaquel de 45 días para el caso del queso panela.

En el caso del queso tipo Oaxaca imitación no hubo mayores cambios en cuestión microbiológica que alteraran el producto, sin embargo, si hubo un cambio en la apariencia física del producto, quizás debida a la baja del pH específicamente la forma de la trenza se vio disminuida, lo que da como resultado que el producto no sea atractivo para el consumidor, por lo que al producto se le asignó una vida de anaquel de 50 días, donde aún no se alcanza a apreciar la pérdida de la forma.

En cuestión nutrimental, tomando como base que normalmente se tiene un contenido de colesterol de 30mg por cada porción de 30 gramos de producto para los quesos que no son de imitación; entonces, podemos considerar que para los productos de imitación tuvimos una disminución de 82,7% para el caso Panela y 57,3% para el Oaxaca, punto en el cual se ve sumamente favorecido el consumidor. Además, podemos decir que el contenido de proteína prácticamente no se vio afectado o disminuido.

Según Fox y col., 2000 un queso contiene aproximadamente 66% de ácidos grasos saturados, 30% de monoinsaturados y 4% de ácidos grasos poli-insaturados; el queso tipo Panela de imitación contiene 42.42%, 53.03% y 4.55% respectivamente, por lo que podemos decir que se obtuvo una menor cantidad en grasas saturadas, el mismo caso, aunque en menor proporción, es para el queso tipo Oaxaca de imitación ya que tiene 52.78% grasas saturadas, 40.28% monoinsaturadas y 6.94% de grasas poli-insaturadas.

VII. CONCLUSIONES.

En términos generales podemos decir que el objetivo general de este proyecto fue cumplido, ya que obtuvimos aunque no los 3 productos planteados inicialmente, si obtuvimos 2 de ellos, con muy buen sabor, sin alto contenido de almidones, buen contenido de proteína, se redujo el contenido de colesterol, así como el de grasas saturadas; situación con la que se ve sumamente favorecido el consumidor, debido a la alta incidencia de enfermedades cardiovasculares y diabetes, entre otras, que nos acosan.

El objetivo en cuanto a costo también fue cumplido satisfactoriamente, ya que es una de las razones de ser de este tipo de productos, con ello logramos beneficiar la economía de las familias consumidoras.

Hubo 2 objetivos que no lograron cumplirse, pero que podrían pasar a un segundo nivel en importancia cuando son cuestiones de salud y de economía lo que nos impulsa a desarrollar estos productos, uno de ellos fue lograr el sabor de quesos no pasteurizados; es indudable que la tecnología de sabores está sumamente avanzada, sin embargo el sabor que imparten los microorganismos contenidos en la leche cruda es insustituible, microorganismos que se eliminan durante el proceso de pasteurización

El otro objetivo fue realizar un análisis sensorial para comparar con demás productos existentes en el mercado, situación que por tiempo no fue posible llevarla a cabo en forma, sin embargo se realizaron algunas pruebas de aceptación en consumidores, con dichos resultados nos fue suficiente para lanzar el producto al mercado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Cavalier-Salou, C. y Cheftel, J. C. 1991. Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate. *Journal of Food Science: Vol. 36: 1542.*

CEDELE, 2004. Manual de industrias lácteas. 1a. ed., Centro de Estudios de la Leche, Tulancingo Hidalgo: 361-384.

Chang, P. K. 1979. Process cheese containing a modified whey solids. Stauffer Chemical Company. United States Patents, 4,166,142.

Federal Standards of Identity for Dairy, IDFA, Regulation and Food Safety.
www.idfa.org/reg/fedstandards.cfm

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. 2000. Fundamentals of Cheese Science. 1a. ed., Aspen Publishers, Gaithersburg Maryland: 5-6, 10-17, 169-196, 430, 433.

Fox, P. F. and McSweeney, P. L. H. 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. 1a. ed., Thomson Science, Boundary Row London: 211-217, 382-383, 421, 424-428.

Hill, A. R. 2003. www.foodsci.uoguelph.ca/cheese/

International Dairy Federation, 1991. Factors affecting the yield of cheese. *Special Issue No. 9301.* Brussels: Author.

International Dairy Federation, 1994. Cheese yield and factors affecting it's control. Brussels: Author.

Middleton, J. L. 1980. Process for producing synthetic cheese. Universal Foods Corporation. United States Patents, 4,197,322.

NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-109-SSA1-1994. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM-110-SSA1-1994. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Rule, C. E., Manning, R. G., Zielinski, R. J. 1980. Imitation acid-set cheese. SCM Corporation. United States Patents, 4,232,050.

Wynn, J. D., Denton, G. T., Bell, R. J., Vernon, H. R., Custer, L. R. 1978. Preparation of imitation cheese. Anderson, Clayton & Co. United States Patents, 4,104,413.

Zallie, J. P., Chiu, C. W. 1990. Imitation cheeses containing enzymatically debranched starches in lieu of caseinates. National Starch and Chemical Investment Holding Corporation. United States Patents, 4,937, 091.

Zwiercan, G. A., Lacourse, N. L., Lenchin, J. M. 1987. Imitation cheese products containing high amylose starch as total caseinate replacement. National Starch and Chemical Corporation. United States Patent, 4,695,475.

ANEXOS.

Anexo 1. Evaluación de funcionalidad de caseína renina.

Reactivos	Método A	Método B
Caseína renina	26.05%	10%
Agua	72.35%	88%
Citrato trisódico	1.08%	2%
Fosfato disódico	0.506%	-

Proceso.

Determinación del hilado de caseína renina.

1. hidratación de la proteína en agua a 67° C
2. adición de citrato y fosfato
3. calentamiento a 72° C con agitación constante
4. agitación hasta disolución completa de la proteína
5. evaluación visual del hilado contra un control

Nota: el pH antes de la adición de las sales fundentes debe estar entre 6.9 y 7.15.