

Efecto de la concentración de almidón (maíz, papa y tapioca) en el perfil fisicoquímico y textural de queso tipo Oaxaca.

González-González M.R., Miranda-López R. *, Pérez-Morales L.Y.,

Jiménez-García S.N., Moncada-Palomares D.

Tecnológico Nacional de México en Celaya, Departamento de Ingeniería Bioquímica, Laboratorio de Análisis Sensorial. Antonio García Cubas Pte. No. 600 esq. Av. Tecnológico, Colonia Residencial Tecnológico, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México.

* e-mail: rita.miranda@itcelaya.edu.mx

RESUMEN:

El queso Oaxaca es elaborado a partir de la cuajada proveniente de la leche fresca o en polvo, entera o parcialmente descremada, sometida a tratamiento térmico que asegure su inocuidad, que se puede adicionar cloruro de calcio, cuajo, cultivos lácticos o ácido (NMX-733-COFOCALEC-2012). El CODEX STAN 192-1995 indica que los productos análogos son los similares al queso en los que la grasa de la leche se ha reemplazado parcial o completamente por otras grasas. Incluye el queso de imitación, las mezclas de quesos de imitación y los quesos de imitación en polvo.

Debido a la necesidad de producir queso análogo a bajo costo con características similares a un queso 100% de leche, el objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento fisicoquímico y sensorial de un queso tipo Oaxaca incorporando almidón que suplan la caseína de la formulación. Los almidones empleados fueron nativo de maíz, nativo y modificado de papa, y de tapioca. Se elaboraron 5 formulaciones a diferentes concentraciones de almidón. Los resultados obtenidos muestran que el tipo de almidón y su concentración influyen en las propiedades de textura, no así en sus propiedades fisicoquímicas que no muestran cambios importantes. Presentando mejores resultados el nativo y modificado de papa..

ABSTRACT:

Oaxaca cheese is made from curd from fresh or powdered milk, whole or partially skimmed, subjected to heat treatment to ensure its safety, which can be added calcium chloride, rennet, lactic cultures or acid (NMX- 733-COFOCALEC-2012). CODEX STAN 192-1995 indicates that analogous products are cheese-like products in which milk fat has been partially or completely replaced by other fats. It includes imitation cheese, mixtures of imitation cheeses and imitation powder cheeses.

Due to the need to produce analog cheese at low cost with characteristics like a cheese made with 100% milk, the objective of this work is to analyze the physicochemical and sensorial behavior of an Oaxaca type cheese incorporating starch that replaces the casein in the formulation. The starches used were native corn, native and modified potato, and tapioca. Five formulations were prepared at different concentrations for each starch. The obtained results show that the type of starch and its concentration influence the texture properties, but not in its physicochemical properties because they do not show any important changes. Presenting better results the native and modified potato..

Palabras clave:

Queso Oaxaca análogo, Queso tipo Oaxaca, Queso fundible, almidones, análisis sensorial, análisis fisicoquímico.

Key Word:

Oaxaca analogue cheese, Oaxaca type cheese, meltable cheese, starches, sensory analysis, physicochemical analysis.

Área:

Evaluación Sensorial

INTRODUCCIÓN

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

Según la Norma General del CODEX para el queso (CODEX SATN 283-1978), se entiende por queso el producto blando, semiduro, duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:

a) Coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche desnatada/descremada, leche parcialmente desnatada/descremada, nata (crema) de suero o leche de mantequilla/manteca, o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso deberá ser evidentemente más alto que el de la mezcla de los materiales lácteos ya mencionados con base en la cual se elaboró el queso.

b) Técnicas de elaboración que comportan la coagulación de la proteína de la leche o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y sensoriales que el producto definido en el inciso a).

En la tabla I se muestra una comparación de algunos quesos genuinos y de sus imitaciones o análogos.

Tabla I. Clasificación de algunos quesos genuinos y quesos de imitación.

Rasgos	Quesos genuinos	Quesos análogos
Materia prima principal	Leche fluida	Grupos lácteos proteicos, almidones, grasa vegetal y butírica
Tipo de grasa utilizada	Propia de la leche	Grasa vegetal, poca grasa butírica
Materia proteica utilizada	Propia de la leche	Caseína al cuajo, caseinato
Tecnología de manufactura	Coagulación de leche y trabajo de la cuajada	Formulación, mezclado de ingredientes, fundición, empaçado
Naturaleza del material alimentario	Matriz de micelas caseínicas modificadas calcio y fósforo	Emulsión de grasa estabilizada, en una matriz gelificada proteica

(Villegas de Gante y Huerta Benítez, 2014)

Queso Oaxaca

El queso Oaxaca presenta una superficie brillante y sin corteza, de color blanco/crema o ligeramente amarillo, sabor moderadamente ácido, aroma característico a ácido (Ramírez Navas *et al.*, 2010). En la tabla II se presenta la composición química del queso Oaxaca (NMX-733-COFOCALEC-2012).

Tabla II. Composición química del queso Oaxaca.

Componente	Contenido
Humedad (%)	50.82
Grasa (%)	22.40
Proteína (%)	21.30
Ceniza (%)	3.60
pH	5.0-6.0

(NMX-733-COFOCALEC-2012)

Queso Análogo

Según el CODEX STAN 192-1995 los productos análogos son productos similares al queso en los que la grasa de la leche se ha reemplazado parcial o completamente por otras grasas. Incluye el queso de imitación, las mezclas de quesos de imitación y los quesos de imitación en polvo.

Los quesos análogos son productos elaborados mezclando constituyentes individuales, incluyendo grasas o proteínas no lácteas, con el objetivo de obtener productos similares al queso y que cumpla con las especificaciones requeridas (Bachmann, 2001).

Materia prima para queso análogo

A continuación se listan los principales ingredientes empleados en la elaboración de un queso análogo (Bachmann, 2001):

- **Agua.** Se agrega durante el proceso de fundido, ayuda a la disolución de sales fundentes e hidratación de proteína. Es el mayor ligante.
- **Grasa vegetal.** Se ha utilizado con buenos resultados grasa vegetal y de origen animal.
- **Caseína renina.** Es producida a partir de la precipitación controlada de la caseína por la acción de enzimas de cuajo microbiano en una cuajada, posteriormente lavada, secada y molida. Su aplicación es en quesos procesados e imitación de queso.
- **Caseinato.** Se emplea para lograr la apropiada gomosidad, dureza, elasticidad, firmeza, influyendo además las propiedades de fusión.
- **Sales fundentes (emulsificante).** 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 (Bedolla Gutiérrez, 2000).
- **Citrato de sodio di hidratado.** Juega un papel muy importante en las características físicas y sensoriales del queso ya que es el que hace que un queso funda o no funda, además evita la separación de la grasa, controla la textura de los quesos durante y después del proceso (evita las texturas granulosas y pastosas) (Thomson, 2008).
- **Cloruro de sodio.** Mejora el sabor, previene el resecamiento sobre el queso y agentes espesantes para proporcionar la adecuada textura, mantiene el pH óptimo.

Almidón en queso análogo

El almidón se recomienda como agente espesante y retenedor de humedad, no necesita calentarse para empastar, es conveniente agregarse con grasa ya que en agua tiende a formar grumos (Thomson, 2008). En la tabla III se muestran algunas características de los gránulos de almidón de maíz, papa y tapioca.

Tabla III. Algunas características de los gránulos de almidón de maíz, papa y tapioca.

Almidón	Gránulo de almidón		Temperatura de gelatinización (°C)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
	Tamaño (µm)	Forma			
Maíz	3-26	Poligonal	62-72	28.30	71.70
Papa	5-100	Oval, esférica	58-67	21.00	79.00
Tapioca	8-22	Esférica, truncada	51-65	17.00	83.00

(Hernández-Medina *et al.*, 2008; Badui Dergal, 2006)

La temperatura a la que se alcanza la viscosidad máxima encontrada el almidón de maíz es mayor a 90°C, mientras que en el almidón de papa es de 75°C (Bello-Pérez *et al.*, 2010). El almidón de tapioca gelatiniza a temperatura mayor de 60°C; aunque la viscosidad de la pasta es inicialmente alta, ésta decae bruscamente con solubilización

continua y agitación por encima de 90°C; con un subsecuente enfriamiento no hay formación de gel. Este comportamiento del almidón de tapioca lo hace conveniente tecnológicamente como sustrato para procesos hidrolíticos, pero inapropiado como sustituto para los almidones de cereales en procesos que requieren retrogradación. Se ha encontrado que las pastas de almidón de tapioca son estables a medios ácidos (Ospina y Ceballos, 2002).

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada y a que presenta una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes; Cuando se calienta empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y aumentar de volumen; una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante (Badui Dergal, 2006).

Al llegar a ciertas temperaturas el gránulo alcanza su volumen máximo; si se administra más calor, el gránulo hinchado, incapacitado para retener el líquido, se rompe parcialmente provocando la dispersión de la amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas. Al final de este fenómeno se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los agregados, también hidratados.

La presencia de sales modifica la velocidad de gelatinización, fundamentalmente por la acción de las sales y los azúcares. El almidón no tiene grupos ionizables como otros polímeros (carragenina, pectinas, proteínas, etc.) por lo que, debería ser insensible a las sales y a los cambios de pH. En sistemas modelos se ha visto que sí se afecta cuando aniones como fosfatos, acetatos, cloruros, citratos, sulfatos y tartratos, así como cationes sodio y calcio, que se encuentran en concentraciones muy altas (Badui Dergal, 2006; FAO, 1999).

La estructura de muchos alimentos está determinada por las interacciones físicas y químicas de las proteínas con el almidón. La proteína de la leche se emplea conjuntamente con el almidón para la elaboración de diferentes alimentos en los que se requieren ciertas propiedades funcionales; se ha encontrado que entre las micelas de caseína y los gránulos de almidón no se produce una verdadera interacción y se puede observar separadamente al microscopio (Badui Dergal, 2006).

Zwiercan *et al.* en 1986 emplearon en su formulación almidón modificado y gelatinizado rico en amilosa como reemplazo de caseína. Mounsey y O'Riordan en 1999 procesaron queso de imitación utilizando varios niveles de almidón pre-gelatinizado de maíz, y anteriormente Lee y Son en 1985 lo realizaron con una mezcla de caseinato de sodio, proteína de soya y almidón de maíz.

Mounsey (2009) elaboró queso análogo empleando el 0% de almidón de trigo, y después variando los niveles de almidón de forma ascendente. Obteniendo como resultado que la dureza en una muestra con 5% almidón aumenta significativamente respecto al control, si se continúa incrementando la cantidad de almidón, la dureza se ve disminuida, estudios previos también muestran que al incrementar los niveles de almidón pre-gelatinizado no tienen un efecto significativo en la dureza del queso análogo. Mounsey y O'Riordan (2001) muestran que los quesos análogos que contienen un 3% de amilosa adicional tienen valores de dureza mayores que el queso control.

Mounsey (2009) sugiere que el almidón granular forma puentes de hidrógeno, produciendo la lixiviación de amilosa durante el procesamiento del queso análogo, lo cual favorece el incremento de la dureza. Según Mounsey (2009) se obtiene que los niveles óptimos de almidón de trigo están entre 5 y 7%, incrementando la dureza de los quesos análogos, posiblemente los gránulos de almidón actúan reforzando la matriz proteica.

Mounsey (2009) explica que el almidón pre-gelatinizado forma una fase continua con la caseína, contribuyendo al desarrollo estructural. Además que el efecto de la exclusión entre caseína y almidón pre-gelatinizado genera un gel multi-textura con incremento de la interacción proteína-proteína en la matriz de la caseína. Según Mounsey (2009), la matriz de caseína de un queso análogo menos hidratado en presencia de niveles óptimos de almidón de trigo resulta en una mejor interacción proteína-proteína y un incremento en las propiedades fuerza/elasticidad de un queso análogo. El almidón de trigo funcionó como un material de carga en la red de hinchamiento de paracaseinato.

La cohesión de un queso análogo con el 3% de almidón de trigo no presenta diferencia significativa al control. Por lo contrario la cohesión se reduce significativamente con el incremento de los niveles de almidón de trigo, debido a la reducción en el contenido de proteína y el número de enlaces capaces de formarse (Mounsey, 2009).

Noronha *et al.* (2008) presentan los resultados donde se empleó un queso control de imitación (0% almidón) con 54.73% de humedad, 21.8% proteína, 0.952 de actividad de agua y un pH de 5.98, y quesos con almidón, reduciendo el nivel de grasa de 19.1 a 10.7% e incrementado la concentración de almidón (nativo, ceroso, pre-gelatinizado y resistente) del 1.9 a 9.9% w/w, presentando en promedio un contenido de humedad de $54.74 \pm 0.24\%$, niveles de proteína de $21.82 \pm 0.3\%$, y un pH de 5.98 ± 0.01 con una a_w de 0.936 ± 0.01 . Al incrementarse el contenido de almidón a 5.8% cambian el perfil de textura de los quesos, de ser ligeramente gomosa a más frágil. El perfil de textura de los quesos con el 5.8% de almidón resistente de maíz no cambian en la misma medida que los quesos con almidón pre-gelatinizado, ceroso y nativo. Los quesos que contienen el 5.8% de maíz ceroso también son frágiles, teniendo valores similares a los quesos con almidón nativo y almidón pre-gelatinizado; los quesos tienen movilidad de agua similar a los quesos que contienen almidón resistente. Noronha *et al.* (2008) afirman que debido a que el almidón de maíz ceroso consiste en gran parte de cadenas de amilopectina altamente ramificadas, puede haber influido en la textura del queso, ya que tiende a agruparse. Estas agrupaciones podrían proveer áreas de fragilidad en el queso.

Por otra parte, los almidones más comúnmente modificados para uso comercial son de maíz normal, tapioca, papa y maíz ceroso. Los almidones modificados se utilizan para mejorar la viscosidad, estabilidad durante el almacenamiento, integridad de las partículas, parámetros de la elaboración, como textura, aspecto y emulsificación. (FAO, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las formulaciones empleadas en la elaboración de queso tipo Oaxaca se basaron en las proporciones indicadas por Burciaga (2015) y en la aplicación de la mezcla Núcleo RICAP^{MR} (2017) (tabla V). Los almidones empleados fueron de maíz, papa y tapioca; a 5, 7, 10, 12 y 14%. Cantidades mayores al 14 % producían una pasta no maleable para formar el queso.

Los quesos control fueron hechos con 100% leche (marca comercial LALA), elaborado en el laboratorio con 0% almidón, y un queso análogo empleando una mezcla de ingredientes proporcionada por RICAP llamada “núcleo”.

Tabla V. Proporción de componentes empleados en la elaboración del queso tipo Oaxaca.

Materia	Concentración (%)
Agua	49.90
Grasa vegetal	20.71
Sabor natural	0.19
Caseína a la renina	14.00
Almidón (maíz, papa, tapioca)	14.00
Sal fundente (fosfato de sodio)	1.10
Ácido cítrico	0.10

(Burciaga, 2015; RICAP, 2017).

Elaboración de queso análogo

La grasa se fundió a 55°C; se adicionaron la caseína, almidones y sales fundentes hasta obtener una pasta homogénea; después se agregó el agua. La pasta se mezcló hasta alcanzar una temperatura de entre 70 y 75°C. Finalmente se disminuyó la temperatura a 65 °C y se amasó por 10 minutos (RICAP, 2017; Burciaga, 2015).

Pruebas fisicoquímicas

Para la preparación se pesaron 10 g de muestra y se trituraron en 50 mL de agua destilada, hasta homogenización, finalmente la mezcla se filtró (García-Islas, 2006).

Determinación de pH AOAC (920.124). Con un potenciómetro (UltraBasic Benchtop UB-10 Denver Instrument).

Determinación de acidez titulable (NOM-155-SCFI-2003). Se tituló la muestra hasta alcanzar un pH de 8.3 (punto de equivalencia). 1 mL de NaOH al 0.1 N = 0.009 g de ácido láctico.

Determinación de humedad AOAC (16.233). En una cápsula de porcelana se pusieron 5 g de queso y se secaron a 100 °C por 4 h (Vacumm Oven Shel Lab modelo 1430), posteriormente se colocó la muestra en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y se pesó. El porcentaje de humedad se calculó por diferencias de peso.

Análisis del perfil de textura

Se realizó un análisis sensorial descriptivo del perfil de textura por tacto y por boca (tabla VI). Se emplearon 14 panelistas previamente entrenados, estudiantes de licenciatura del Tecnológico Nacional de México en Celaya (fig. 1). La escala empleada fue de 10 puntos, donde 1=apenas detectable, 10=intensidad extrema.

Tabla VI. Cuestionario para evaluación del perfil de textura en queso tipo Oaxaca.

Textura	
Por tacto	<i>Dureza</i> (fuerza para comprimir). <i>Flexibilidad</i> (doblar la muestra por los extremos). <i>Elasticidad</i> (estirar la muestra). <i>Humedad</i> (cantidad de humectación).
Primer mordida	<i>Dureza</i> (fuerza requerida para morder).
Primer masticado	<i>Densidad</i> (que tan compacta queda la muestra).
Masticado	<i>Cohesividad</i> (que tan junta se mantiene la muestra.)
Residual en boca	<i>Capa aceitosa</i> (recubrimiento en la boca). <i>Aglomeración en dientes</i> (producto que queda adherido entre los dientes).



Figura 1. Sala de cata para análisis sensorial del producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Queso Oaxaca control (comercial LALA, almidón 0%, y Núcleo RICAP)

Perfil fisicoquímico

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-733-COFOCALEC-2012 para queso Oaxaca, el pH debería de estar entre 5 y 6, y el porcentaje de humedad de 50.82 (tabla II). Solo el queso LALA cumplió con los requisitos de pH. El porcentaje de humedad fue menor que la Norma en los 3 quesos (tabla VII).

Tabla VII. Perfil fisicoquímico de los quesos Oaxaca control.

Control	pH	Acidez titulable (g. de ácido láctico/100 g)	Humedad (%)
LALA	5.23	0.1162	46.52
0% almidón	6.87	0.0160	48.28
Núcleo RICAP	6.6	0.0495	45.51

Media de 2 repeticiones

Perfil de textura

Queso LALA presentó la mayor dureza y flexibilidad al tacto, elasticidad similar al 0% almidón y la menor humedad. Por lo cual se puede observar un comportamiento inverso entre humedad y dureza (tabla VIII).

Tabla VIII. Perfil de textura por tacto de queso Oaxaca control.

Queso	Dureza	Flexibilidad	Elasticidad	Humedad
LALA	6.27±0.72	8.14±0.68	6.20±0.59	4.73±0.87
Almidón 0%	5.87±0.70	7.39±0.49	6.30±0.82	6.30±0.70
RICAP	4.48±0.96	6.52±0.94	4.57±0.97	5.55±0.86

Media de 14 panelistas x 2 repeticiones ±desviación estándar

En el perfil de textura por boca (tabla IX), la muestra con 0% almidón presentó mayor dureza comparado con LALA y Núcleo RICAP.

Tabla IX. Perfil de textura por boca de queso Oaxaca control.

Control	Dureza	Densidad	Cohesividad	Capa aceitosa	Aglomeración
LALA	3.30±0.59	6.11±0.69	5.59±0.73	5.12±0.69	4.43±0.69
0 % almidón	4.80±0.93	6.04±0.78	6.61±0.82	5.21±0.49	4.86±0.91
Núcleo RICAP	2.41±0.46	6.23±1.08	6.11±1.34	4.50±0.97	4.25±0.90

Media de 14 panelistas x 2 repeticiones ±desviación estándar

Almidón nativo de maíz

Perfil fisicoquímico

De acuerdo con la Norma (tabla II), los quesos no cumplen por tener un valor de pH mayor. En el porcentaje de humedad obtenido en las muestras con concentraciones de 14 y 12 % fueron adecuados a la Norma (tabla X).

Tabla X. Parámetro fisicoquímico de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de maíz nativo.

Almidón nativo de maíz (%)	pH	Acidez titulable (g. de ácido láctico/100 g)	Humedad (%)
5	7.30	0.0179	52.26
7	7.12	0.0307	53.88
10	7.17	0.0313	53.99
12	7.18	0.0300	51.07
14	7.22	0.0249	50.59

Media de 2 repeticiones

Perfil de textura

Conforme aumentó el contenido de almidón de maíz nativo se observó un incremento en la dureza del queso. Tanto la flexibilidad como elasticidad tuvieron cambios mínimos, por lo que se considera que no tienen efecto significativo la concentración del almidón. La humedad tiene su valor máximo en el 10% (fig. 2).

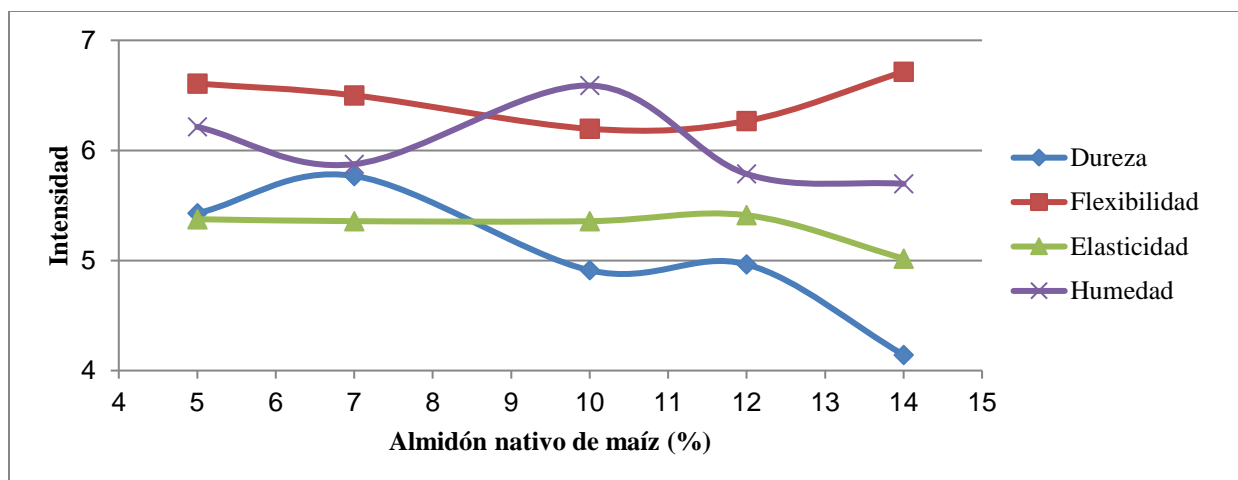


Figura 2. Perfil de textura por tacto de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de maíz nativo.

Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

En el perfil de textura en boca (fig. 3), al incrementar la cantidad de almidón se tuvo un aumento en la cohesividad alcanzando su punto máximo en el 12%, y algo muy similar ocurrió con la aglomeración en dientes la cual alcanzó su punto máximo en el 7% y para después descender.

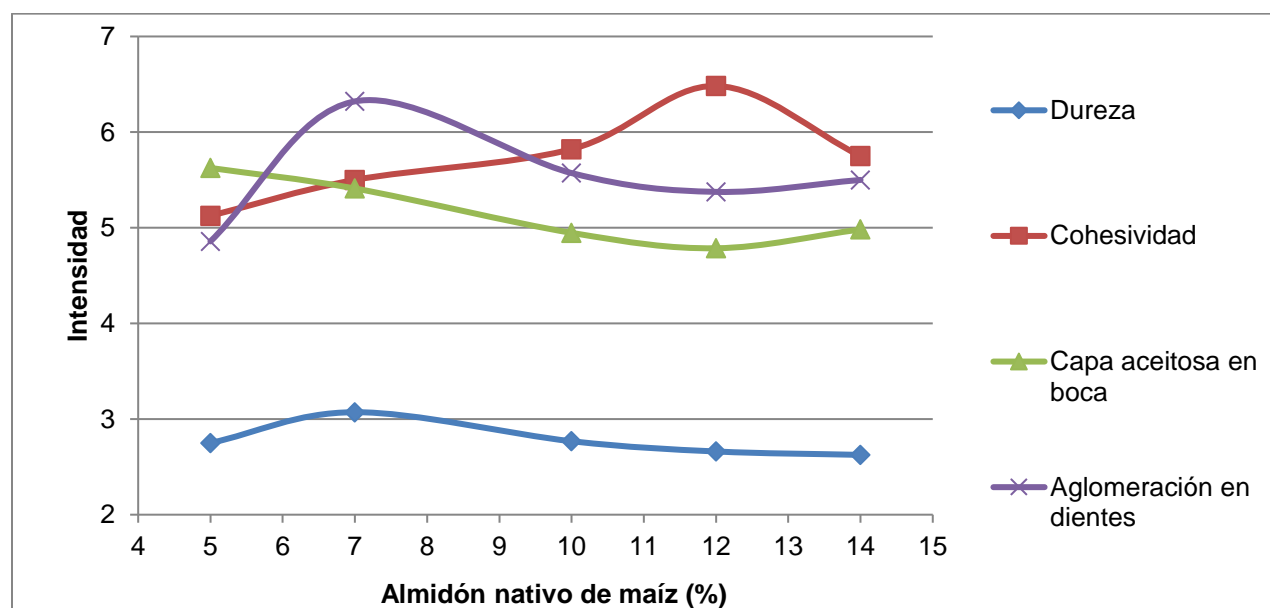


Figura 3. Perfil de textura por boca de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de maíz nativo.

Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

Las mejores características fisicoquímicas y texturales se obtuvieron en el queso elaborado con 5% de almidón de maíz nativo, ya que otorga una textura adecuada y menor cantidad de aceite exudado durante el proceso de manufactura. El queso con 7 % tuvo una elasticidad y cantidad de aceite exudado durante el proceso de elaboración similar al queso control.

Almidón nativo de papa

Perfil fisicoquímico

De las muestras hechas con almidón nativo de papa, el pH fue menor comparado con la Norma (tabla II), y en el porcentaje de humedad las únicas formulaciones que lo cumplieron fueron a partir del 10% (tabla XI).

Tabla XI. Parámetros fisicoquímicos de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón nativo de papa.

Almidón (%)	pH	Acidez titulable (g. de ácido láctico/100 g)	Humedad (%)
5	7.10	0.0281	31.63
7	7.01	0.0249	48.47
10	7.04	0.0249	51.89
12	6.94	0.0345	51.74
14	7.02	0.0237	49.92

Media de 2 repeticiones

Perfil de textura

La dureza, elasticidad y humedad tuvieron en un marcado descenso después de la concentración al 7 %, lo cual no sucedió con la flexibilidad ya que no mostró cambios importantes (fig. 4).

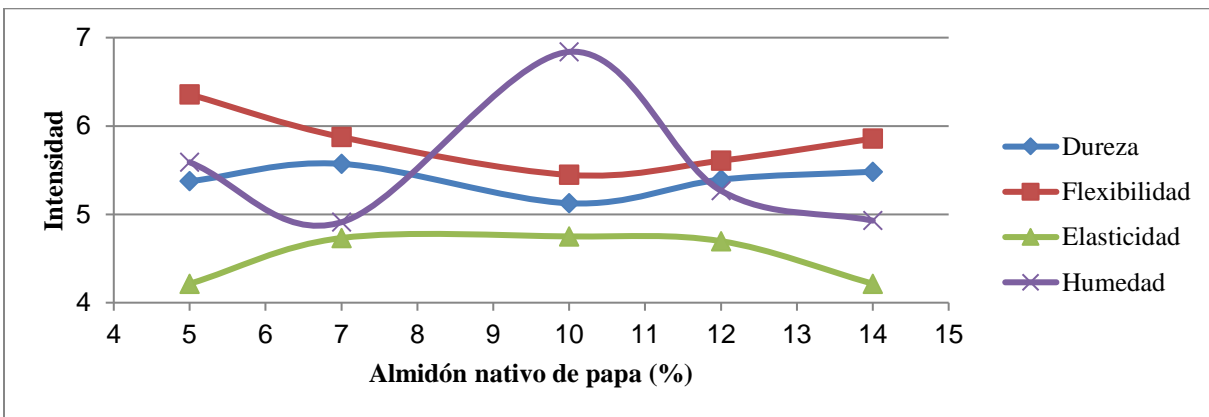


Figura 4. Perfil de textura por tacto de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón nativo de papa. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

La densidad y capa aceitosa en boca no cambiaron de manera importante, la aglomeración en dientes fue constante excepto por un descenso en la concentración al 12% y aumentando a su punto inicial al 14% de almidón en la formulación, por el contrario la dureza aumentó a una concentración del 10 % y regresó a un punto similar al de inicio en las concentraciones del 12 y 14 % (fig. 5).

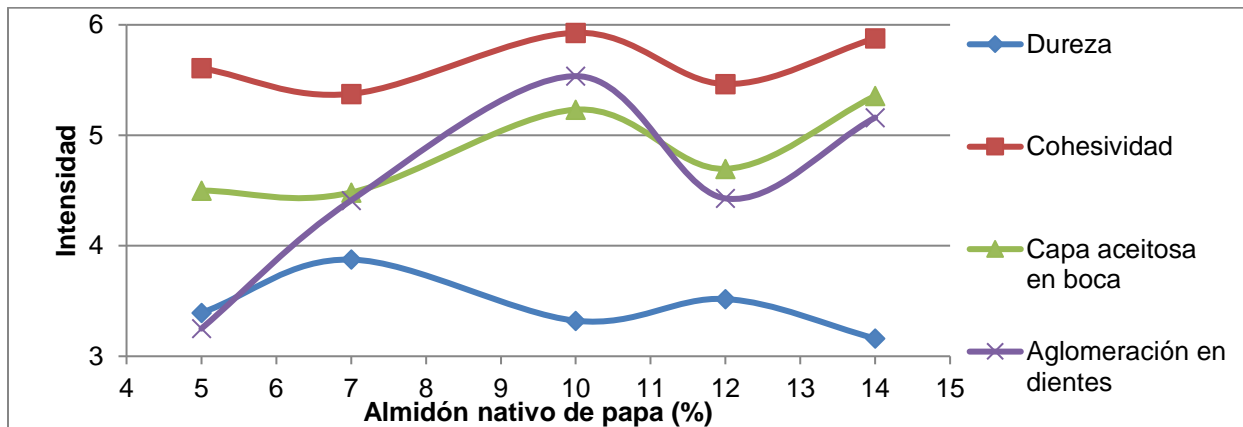


Figura 5. Perfil de textura por boca de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de papa nativo. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

La mejor concentración fue al 7% de almidón nativo de papa ya que la cantidad de aceite expulsado durante su elaboración fue menor, presentando también una textura adecuada, similar al queso marca LALA. En relación al aceite expulsado presentó menores cantidades que los otros dos controles y mayor elasticidad.

Almidón modificado de papa

Perfil fisicoquímico

Ninguna formulación cumplió con las especificaciones de pH de la Norma (tabla II), en los porcentajes de humedad si bien no son exactos a los indicados por la Norma cumplen con lo esperado excepto al 7 y 14 % (tabla XII).

Tabla XII. Perfil fisicoquímico de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de modificado papa.

Almidón (%)	pH	Acidez titulable (g. de ácido láctico/100 g)	Humedad (%)
5	7.00	0.0275	51.24
7	7.02	0.0224	47.16
10	6.95	0.0288	49.23
12	6.96	0.0327	48.96
14	7.12	0.0173	44.67

Media de 2 repeticiones

Perfil de textura

La dureza se mantuvo casi constante excepto al 12% que tuvo un incremento. La flexibilidad fue mayor en el 5% y después se mantuvo casi constante (fig. 6). La elasticidad fue mayor el 5 y 14%. La humedad fue menor al 7 % y fue incrementándose conforme aumentó la concentración del almidón.

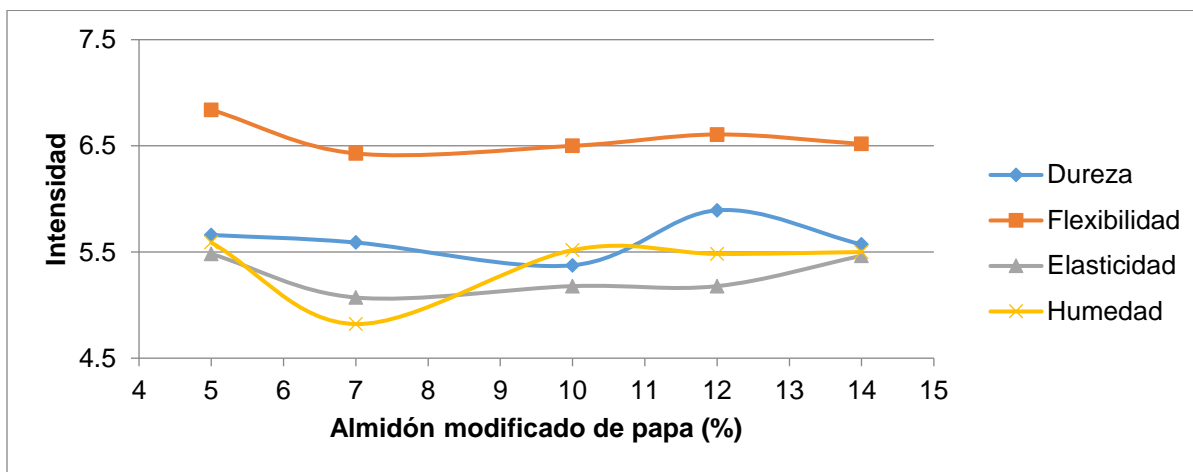


Figura 6. Perfil de textura por tacto de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón modificado de papa. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

El almidón de papa modificado causó modificaciones en el perfil de textura por boca (fig. 7), y se observan cambios mínimos en los parámetros de densidad y capa aceitosa en dientes. La cohesividad fluctuó primero con una disminución para después aumentar y luego volvió a disminuir.

En relación a la aglomeración en dientes se mantuvo constante pero disminuyó en el 12% de almidón, sin embargo regresó a su escala inicial al 14 %. En la dureza ocurrió algo parecido, el valor aumento, para descender entre la

concentración del 7 y 12%, para finalmente terminar en un punto similar a la inicial con una concentración de almidón del 14 %.

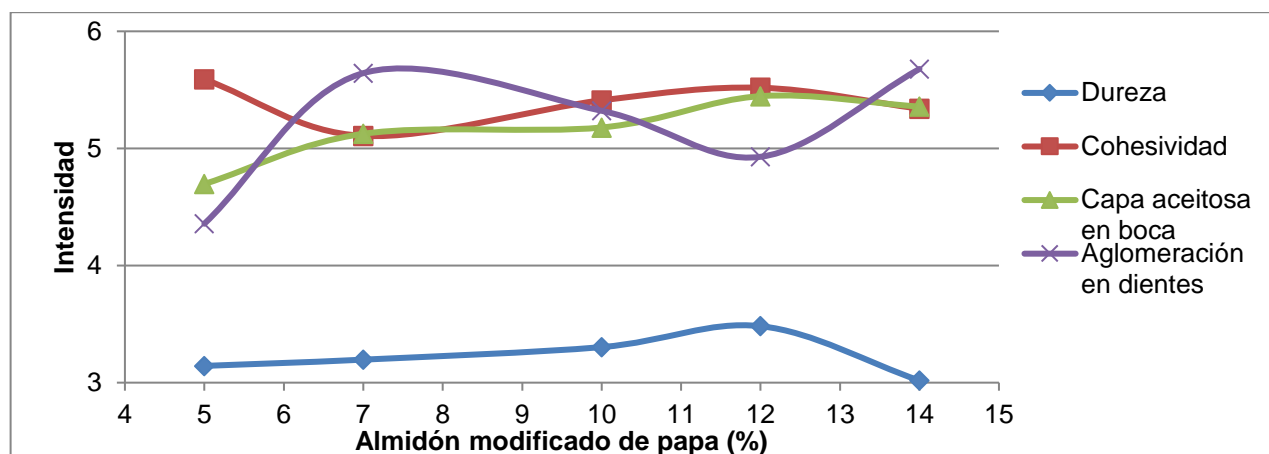


Figura 7. Perfil de textura por boca de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón modificado de papa. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

El mejor resultado se obtuvo en el queso elaborado al 12% y 10 %, ya que sus propiedades texturales al tacto fueron favorables a una concentración del 10% y durante el masticado al 12%. Presentando además menor separación de aceite y mayor elasticidad durante el proceso de elaboración; no fue viscoso y los ingredientes se incorporaron mejor.

En comparación con los controles fue similar al queso elaborado 0% almidón, presentando una elasticidad similar a la de queso LALA y expulsó menor cantidad de aceite que los quesos de Núcleo RICAP y almidón 0%.

Almidón de tapioca

Perfil fisicoquímico

Los quesos elaborados con tapioca tuvieron valores de pH diferentes a los establecidos por la Norma (tabla II), mientras que los porcentajes de humedad pudieran ser aceptables en cada una de las formulaciones (tabla XIII).

Se obtuvo mayor grado de hidratación para las formulaciones con una concentración del 7 y 14 % de almidón, mientras que la más alejada de lo establecido por la Norma fue la concentración al 5% de almidón.

Tabla XIII. Perfil fisicoquímicos de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de tapioca.

Almidón (%)	pH	Acidez titulable (g. de ácido láctico/100 g)	Humedad (%)
5	6.93	0.0243	48.43
7	6.99	0.0230	50.25
10	6.94	0.0333	48.63
12	6.97	0.0173	48.80
14	6.97	0.0192	50.14

Media de 2 repeticiones

Perfil de textura

En elasticidad y dureza se tuvo un ascenso conforme aumentó la concentración de almidón hasta un 7 % y a continuación un descenso marcado. Mientras que la humedad aumentó hasta una concentración de 12%. La flexibilidad mostró el mismo comportamiento a concentraciones de 5, 7 y 14 % (fig. 8).

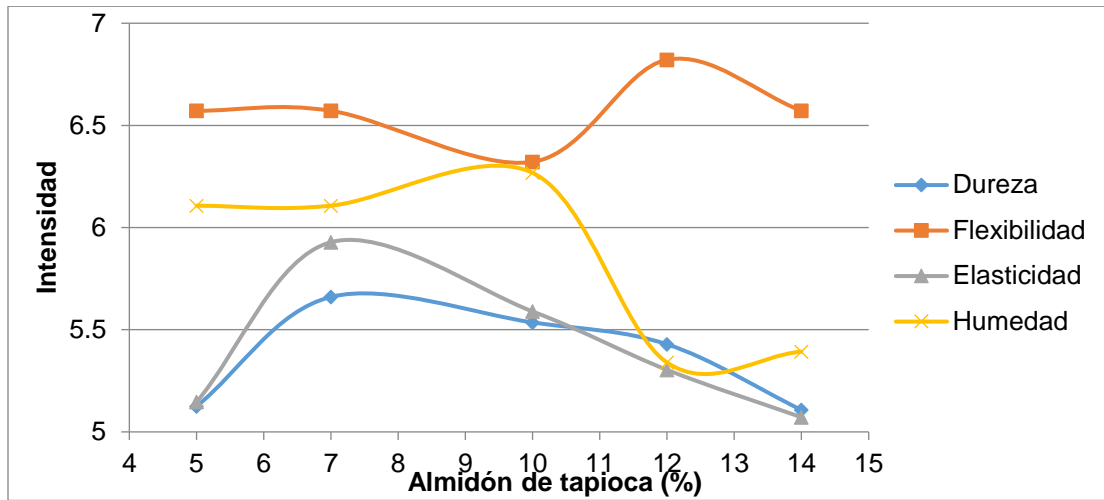


Figura 8. Perfil de textura por tacto de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón de tapioca. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

En densidad y capa aceitosa se tuvo un descenso mínimo, un pequeño aumento de la cohesividad, y cambios muy pequeños en la dureza y aglomeración en dientes.

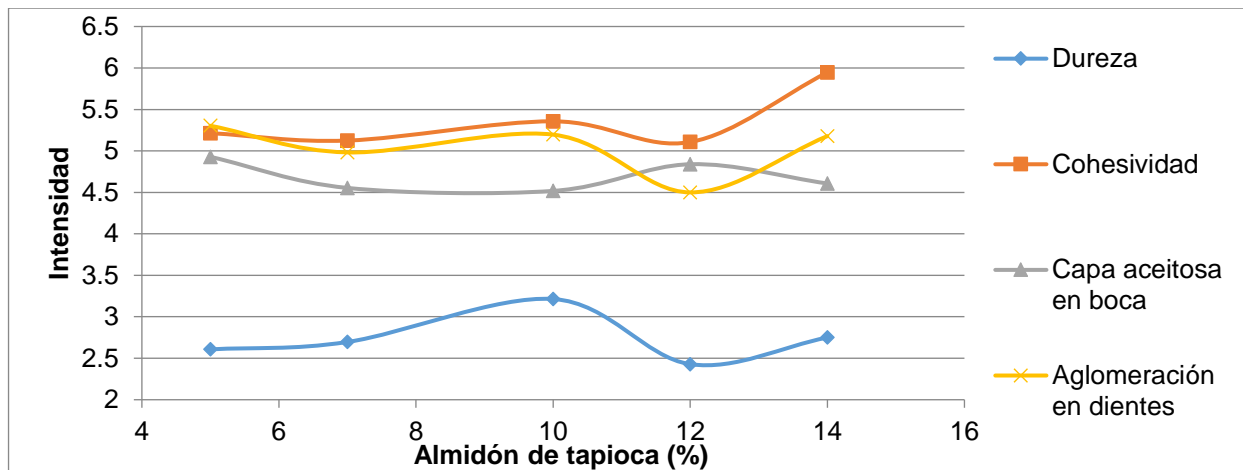


Figura 9. Perfil de textura por boca de queso tipo Oaxaca elaborado con almidón modificado de tapioca. Media de 14 panelistas x 2 repeticiones, Desviación estándar menor a 1.

La mejor concentración se presentó al 7% de almidón de tapioca ya que se tuvo la mayor elasticidad y flexibilidad al tacto; mientras que el perfil de textura en boca se mantuvo con poca variación conforme aumentó el contenido de almidón. Sin embargo el punto clave que presenta dicha formulación es, que mientras aumentó la concentración de almidón la humedad en boca decreció rápidamente. El queso elaborado con dicho almidón no tuvo consistencia con los datos arrojados por el control LALA.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comparación de controles (LALA, Núcleo RICAP y 0% almidón) y las mejores formulaciones (almidón nativo de maíz 5%, almidón nativo de papa 7%, almidón modificado de papa 12% y almidón de tapioca 7%). Se puede mencionar que el almidón de tapioca confiere un sabor característico no adecuado para un queso (datos no mostrados).

Dentro de los resultados anteriores, un punto crítico importante en la elaboración de quesos con almidón es la humedad retenida al finalizar su elaboración. El almidón nativo de papa tuvo la mayor intensidad de humedad seguido por el almidón nativo de maíz, almidón de tapioca y finalmente almidón modificado de papa. Lo cual coincide con el grado de viscosidad que cada uno tiene haciendo del queso con almidón de nativo de papa un producto muy viscoso lo cual es indeseable en un queso tipo Oaxaca.

Debido probablemente al tamaño del gránulo según la literatura ya que la capacidad de retención de agua se relaciona a este factor, siendo el gránulo de almidón de papa el más grande y el gránulo de almidón de tapioca el más pequeño, mientras que la baja retención de agua y por tanto poca viscosidad de almidón modificado de papa se debe probablemente a las modificaciones a las que fue sometido.

En la fig. 10 se puede observar que los controles que se aproximan con mejores resultados al control LALA (100% de leche) son los almidones modificado de papa (12%) y tapioca (7%). Esto debido probablemente a las características del gránulo de almidón como su tamaño y forma, así como su capacidad de absorción de agua.

Se logra observar en la figura 10 que el control del núcleo de RICAP no arroja resultados satisfactorios en relación a textura, comparados con los controles 0% almidón y LALA, siendo éstos últimos muy semejantes.

La textura de los quesos elaborados con almidón de tapioca y papa modificado muestra resultados próximos a lo obtenido por el queso control LALA y 0% almidón excepto para la flexibilidad y elasticidad por tacto, lo cual de acuerdo a Mounsey (2009) podría corregirse al aumentar o disminuir la hidratación de la proteína, mejorando así la interacción molecular e incrementando la relación fuerza/elasticidad, además la correcta interacción de la proteína con la fase de grasa asegura una buena emulsificación llevando a una adecuada capacidad de fundición del queso y menor expulsión de grasa (Duggan *et al.*, 2007), mientras que el almidón de papa nativo tiene resultados semejantes al control elaborado con formulación Núcleo RICAP.

El comportamiento de textura que se observa para cada uno de los almidones durante el desarrollo de los experimentos coincide con los resultados obtenidos por varios autores citados (Duggan *et al.*, 2007; Noronha *et al.*, 2008; Mounsey, 2009). Sin embargo se consigue mejorar el porcentaje de sustitución de caseína por almidón, alcanzando hasta un 12% de almidón modificado de papa en la mejor formulación.

Lo anterior podría deberse a que dicho almidón tiene mayor capacidad de absorción de agua, resistencia a tratamientos a altas temperaturas y además se consigue una pasta mejor incorporada (homogénea), como lo indica Mounsey (2009) que permite la adecuada hidratación de la proteína y de los polvos empleados.

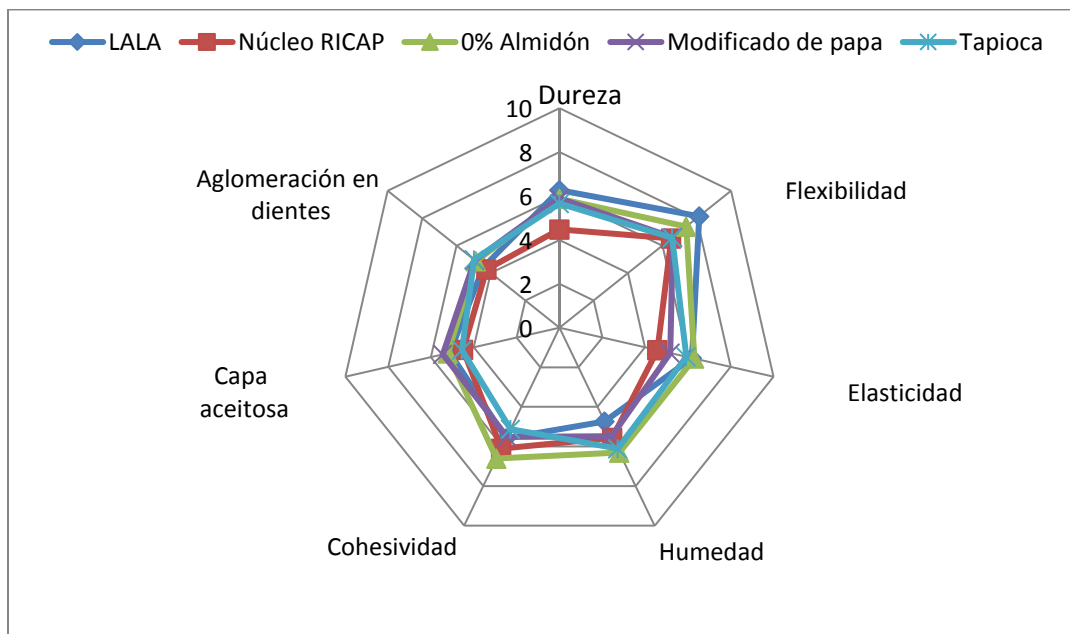


Figura 10. Comparación del perfil de textura por tacto y por boca de la mejor formulación de queso tipo Oaxaca con cada almidón y queso control marca LALA.

CONCLUSIÓN

El comportamiento de los almidones de papa, tapioca y maíz con respecto a la textura del queso depende no solo de la concentración sino también del tipo de almidón, principalmente por el tamaño de gránulo y su temperatura de gelatinización lo cual le proporciona propiedades fisicoquímicas diferentes.

Los almidones que presentaron mejor comportamiento en el perfil de textura comparado con el control de queso Oaxaca LALA son el almidón modificado de papa y almidón de tapioca. El almidón de papa tiene ventaja al posibilitar una sustitución de proteína en mayor porcentaje.

El almidón nativo de maíz presenta resultados similares a los de tapioca y papa modificado, la concentración que la formulación admite es muy baja (5%), lo cual le confiere clara desventaja, ya que se pretende disminuir la concentración de proteína de leche.

AGRADECIMIENTO:

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto (Clave 6301.17-P).

BIBLIOGRAFÍA

- Bachmann H. P. (2001). Cheese analogue: a review. *International Dairy Journal*. 11 (2001): 505 – 515.
- Badui Dergal S. (2006). Química de los alimentos. Ed. Pearson Educación de México, S.A. de C.V. 4^{ta} ed. México, D.F. pp. 81-92.
- Bedolla Gutiérrez J. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Ed. Díaz de Santos. pp. 132.
- Bello-Pérez, L.A., González-Soto, R.A., Agama-Acevedo, E., Palma-Rodríguez, H.P. (2010). Efecto del tamaño de gránulo en la modificación química de almidón. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. UANL. pp. 281-285.
- Burciega J.D. (2015). Taller de Lácteos. XXIV Jornada de Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Celaya.
- Duggan E., Noronha N., O’Riordan E.D., O’Sullivan M. (2007). Effect of resistant starch on the water binding properties of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*. 84(2008): 108-115.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1999). Los Carbohidratos En La Nutrición Humana. Ed. FAO (Roma). pp. 76-79.
- García-Islas, B. (2006). Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo., con el fin de proponer normas de calidad Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Tulancingo de Bravo, Hidalgo. pp. 38-41.
- Lee, C. H., & Son, H. S. (1985). The textural properties of imitation cheese by response surface analysis. *Korean Journal of Food Science & Technology*, 17, 361.
- Hernández-Medina M., Torruco-Uco J.G., Chel-Guerrero L., Betancur-Ancona D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência, Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 28(3): 718-726, jul.-set.
- Mounsey, J. S., and E. D. O’Riordan. (1999). “Empirical and Dynamic Rheological Data Correlation to Characterize Melt Characteristics of Imitation Cheese.” *Journal of Food Science* 64(4): 701–3.
- Mounsey, J.S., and E.D. O’Riordan. (2001). “Characteristics of Imitation Cheese.” *Journal of Food Science* 66(4): 586–91.
- Mounsey S. (2009). Effect of wheat starch on imitation cheese texture. *Journal of Food Technology*. 7 (2): 30-33.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Noronha N., Duggan E., Ziegler G.R., O'Riordan E.D., O'Sullivan M. (2008). Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*. 22 (2008): 1612-1621.

Núcleo RICAP^{MR}. (2017). Ficha técnica de uso de la mezcla llama Núcleo.

Ospin B. y Ceballos H. (2002). La yuca en el tercer milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT Volumen 327. 30-31

Ramírez Navas J.S., Osorio Lodoño M., Rodríguez de Stouvenel A. (2010). El quesillo: un queso colombiano de pasta hilada. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. (60):63-67.

Thomson. (2008). Diccionario de especialidades para la industria alimentaria No. 18 Ed.

Villegas de Gante A., Huerta Benítez R. (2014). Naturaleza, evolución, contrastes e implicaciones de las imitaciones de quesos mexicanos genuinos. *Redalyc*. 23(45): 213-236.

Zwiercan, G. A., Lacourse, N. L., & Lenchin, J. M. (1986). Imitation cheese products containing high-amylose starch as partial or total caseinate replacement. United States Patent, 4 608 265 (assigned to National Starch and Chemical Corporation).