

1 **PROPIEDADES DE TEXTURA DE MASA Y PAN DULCE TIPO “CONCHA”**

2 **FORTIFICADOS CON PROTEINAS DE SUERO DE LECHE**

3

4

5

6

7

8 *A quem a correspondência deve ser enviada.

1 **RESUMEN**

2 La fortificación de alimentos es importante debido a una creciente población en estado de
3 malnutrición, por las sequías provocadas a nivel mundial y por personas de bajos recursos.
4 La adición de proteínas puede causar problemas tecnológicos. Por ello, el objetivo de este
5 trabajo fue determinar el efecto de la adición de proteínas de lactosuero a pan dulce tipo
6 “concha” sobre las propiedades químicas y de texturas de las masas y panes. Se planteo un
7 experimento con diferentes concentraciones de suero comercial y precipitado por calor, se
8 evaluó la adhesividad y el análisis de perfil de textura en masa y panes. Los resultados
9 indicaron que el testigo presentó menor contenido de proteína (17.2 ± 0.01 %) con respecto a
10 los panes con 10% (19.8 ± 0.01) y 15% (22.9 ± 0.03) de suero comercial y precipitados por
11 calor, el contenido de grasa fue similar en el testigo (7.01 ± 0.02) y en los panes con suero
12 comercial ($7.29\pm 0.04\%$) y precipitado por calor (7.37 ± 0.01), el mayor trabajo de adhesión se
13 presentó al 10% de suero comercial, mientras que los tratamientos a base de suero tuvieron
14 valores intermedios. La firmeza fue mayor ($P<0.05$) en las muestras con proteína de suero
15 comercial, pero menos cohesiva que las fortificadas con suero precipitado por calor. La
16 firmeza del pan mejoró por la presencia de suero lácteo comercial que con el suero
17 precipitado por calor, sin detectar diferencia significativa ($P>0.05$) entre los porcentajes de
18 suero. Existe un efecto del tipo y concentración de suero en la adhesividad de las masas.
19 Respecto a la textura de los panes, el suero precipitado por calor tuvo características
20 aceptables en comparación con el suero comercial.

21 **Palabras-claves:** Pan, panificación, fortificación de alimentos, textura, adhesividad.

22

23

24

25

26

27

1 **RESUMO**

2 PROPRIEDADES DE TEXTURA DE MASSAS E DE PÃES TIPO *CONCHA*
3 FORTIFICADOS COM PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE

4 O fortification de alimento é importante devido a uma população crescente no estado do
5 malnutrición. A adição da proteína pode causar problemas technological. Para essa razão, o
6 objetivo deste trabalho era determinar o efeito da adição da proteína do lactosuero ao do
7 pão tipo “concha” nas propriedades dos químicas e das texturas das massas e dos pães. Eu
8 considero uma experiência com concentrações diferentes do serum comercial e hasty pelo
9 calor, avaliado o adhesiveness, análise do perfil da textura na massa e pães. Os resultados
10 indicaram que a testigo tem trabalho mais grande da adesão, visto que os tratamentos com
11 serum tiveram valores intermediários. A dureza era mais grande ($P < 0.05$) entre a
12 porcentagem do serum comercial, mas mais menos cohesive do que o calor precipitated
13 amostras. A dureza do pão foi melhorada pelo lactosuero, com nenhum efeito ($P > 0.05$) por
14 cento do lactosuero. Um efeito da concentração do tipo e do serum existe o adhesiveness
15 das massas. Com respeito à textura dos pães, o serum hasty pelo calor teve características
16 aceitáveis em comparação com o serum comercial.

17 **Palavras-chave:** Pao, fortificacion, fortificação de alimentos, textura, adesividade.

1 INTRODUCCIÓN

1 La fortificación de los alimentos ha sido una práctica común en las sociedades actuales,
2 buscando ofrecer alimentos más nutritivos sobre todo a sectores de la población con
3 problemas de desnutrición GÜEMES, PEÑA, JIMENEZ, DAVILA & CALDERON¹⁴. Los
4 productos de panificación, debido a sus características de vida de anaquel (baja a_w , por lo
5 que es menos susceptible a crecimiento microbiano), su bajo costo y formulación, son
6 productos que pueden ser enriquecidos al adicionar otras proteínas, como concentrados o
7 aislados proteicos de diversas leguminosas. Existen varios reportes referentes a modificar el
8 contenido proteico de masas y panes sin alterar las características del producto final.
9 TAHA, ATTIA & SHEHATA²³ utilizaron cinco fuentes diferentes de proteínas en el
10 enriquecimiento de pan blanco, añadiendo concentrados de proteína de semillas de girasol,
11 soya, harina de lupino, arroz y pescado a niveles del 5 y 10%, encontrando que el contenido
12 de proteína se elevó de 16 a 60%, dependiendo del concentrado utilizado, pero utilizar un
13 nivel del 5% de adición de los concentrados favorece el enriquecimiento del pan blanco sin
14 afectar características de color, aroma, sabor o textura. Por otra parte, el uso de
15 concentrados y aislados de harina de lupino sin grasa mezclados con harina de trigo
16 demostraron que la proteína de esta semilla mejoró la estructura proteica de las masas
17 GUEMES, ARCINIEGA & DAVILA¹². Del mismo modo, aislados de ajonjolí pueden ser
18 añadidos a panes de harina de trigo incrementando el nivel de proteína en un 18% sin
19 observar cambios detrimentales en sus propiedades sensoriales EL-ADAWY⁸. La inclusión
20 de harina de soya para mejorar el nivel proteico en panes a concentraciones del 4 al 8%
21 incrementaron la adsorción de agua, disminuyendo el tiempo de amasado, ya que el uso de
22 niveles superiores aumentaron la pegajosidad e hicieron el pan más oscuro YAÑEZ,
23 BALLESTER, AGUAYO & WULF²⁶. Del mismo modo, la aplicación de concentrados de
24 amaranto mejoró la funcionalidad de las masas, así como el valor biológico y la
25 digestibilidad debido a la buena utilización del nitrógeno de amaranto, siendo una buena
26 fuente de enriquecimiento para pan en dietas especiales DE LUQUEZ, FERNANDEZ, DE
27 ARELLANO & DE MUCIARRELLI⁷.

1 El lactosuero o suero de leche es la fase acuosa que se separa de la cuajada en el proceso de
2 elaboración de quesos y contiene la mayor parte de las sustancias solubles, como lactosa,
3 proteínas del suero, sales y algo de grasa LUQUET¹⁷. Existen varios métodos para
4 determinar la fracción proteica del lactosuero, donde el proceso de separación o
5 concentración de las proteínas afectará definitivamente las propiedades funcionales de los
6 concentrados. Este efecto puede incidir directa o indirectamente sobre su funcionalidad,
7 esto es, que afecte ya sea la conformación o estructura de las proteínas o bien actúe
8 indirectamente sobre la funcionalidad debido a variaciones en la composición SCHIMIDT,
9 PACKARD & MORRIS²². Los concentrados proteicos de lactosuero han sido un
10 ingrediente común en la industria panificadora GÜEMES, PEÑA, JIMENEZ, DAVILA &
11 CALDERON¹⁴. Un proceso fácil para concentrar esta proteína es mediante la precipitación
12 por calor, sobre todo sino se cuenta con equipos para secado por aspersión. La adición de
13 esta proteína en los productos de panificación se debe principalmente porque en México el
14 consumo per cápita es de 32 kilos por año, en nuestro país panes como el bolillo, la telera y
15 la concha, son los más demandados por la población, estas cifras están muy por debajo de
16 naciones como los latinoamericanos y europeos. Existen países como Chile, Alemania y
17 Francia con consumos per cápita de entre 75 y 95 kilos,
18 CANAINPA⁵.

19 El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de dos diferentes
20 concentrados de lactosuero, uno comercial y otro obtenido por precipitación por calor,
21 sobre las características químicas y de textura de las masas en un pan dulce tipo “concha”.

22 **2 MATERIALES Y MÉTODOS**

23 **2.2 Preparación y almacenamiento de la masa**

24 Se prepararon lotes de 250 g de masa para cada tratamiento, mezclando 75 % (p/p) de
25 harina de trigo Hoja de Plata (Molinos Elizondo, S.A. de C.V.), 2 % (p/p) de leche en polvo
26 entera (Nestle, SA de CV, México), 2.25 (p/p) de levadura (Nevada S.A. de C.V.), sal,
27 mantequilla y azúcar, estos ingredientes fueron utilizados en todas las formulaciones
28 elaboradas. Para enriquecer las formulaciones utilizadas se adicionó proteínas de lactosuero
29 en 0, 10, 15, 20, 25 y 30% (p/p) de un concentrado comercial LACTILAB (San Nicolás de

1 los Garza, México) y de un precipitado por calor de acuerdo a lo reportado por PRUNEDA
2 OLGUIN²⁰, donde 10 litros de lactosuero se calentaron a ebullición en una marmita hasta
3 reducir su volumen a un tercio, obteniendo un pasta viscosa que se seco posteriormente en
4 una estufa a 70 °C durante 12 h. Se agregó 25 mL de agua y 25 mL de huevo, amasando en
5 un batidora Kitchen Aid K45S de 1 L con el mezclador de gancho a velocidad de media
6 durante aproximadamente 5 min. Se agregó mantequilla LA GLORIA (Naucalpan, Estado
7 de México) y se incorporó mezclando por 3 minutos más. Las masas fueron divididas en
8 porciones de 83 g con forma de bollo, se fermentaron durante 20 min a 30 ° C y se
9 hornearon a 180° C durante 20 min. Las masas de los diferentes tratamientos se
10 almacenaron en bolsas de polietileno (ZiplocTM) a 4 °C hasta su análisis, atemperadas a 60
11 °C, durante 10-15 min en porciones correspondientes a la cantidad necesaria para cada
12 prueba.

13 **2.3 Análisis químico proximal**

14 Se realizó un análisis químico proximal de los panes con 10 y 15% del concentrado de
15 proteínas de lactosuero utilizando los métodos oficiales recomendados por la AACCC¹,
16 utilizando en las formulaciones el suero comercial y el precipitado por calor, determinando
17 el contenido de proteína total por el método de Kjeldhal (método oficial 950.36), fibra
18 cruda (método oficial 950.37), cenizas (método oficial 930.22), grasa (método oficial
19 935.38) y humedad (método oficial 935.36).

20 **2.4 Análisis de textura**

21 *2.4.1 Adhesividad de Hoseney de las masas*

22 Para determinar el efecto de la incorporación de los concentrados de lactosuero, se
23 determinó la adhesividad de Hoseney de acuerdo a lo reportado por CHEN Y HOSENEY⁶,
24 utilizando el aditamento para adhesividad de masas SMS/Chen-Hoseney (Texture
25 Technologies, New York, USA), adaptado a un equipo analizador de textura TA-HDi
26 (Texture Technologies, New York, USA/ Stable Microsystems, Surrey, UK). La masa de
27 cada tratamiento fue colocada en el aditamento, llenando el mismo haciendo presión para
28 obtener la muestra que se colocó en el aditamento Chen/Hoseney, dejándola reposar por un

1 minuto. La muestra fue entonces comprimida a una velocidad constante de 1.7 mm/s, registrando la fuerza necesaria para retirar el vástago de la muestra.

3 2.4.2 *Análisis de Perfil de Textura*

4 La textura de las muestras de masa se determinó en el mismo equipo analizador de textura
5 comprimiendo 20% de su altura original 25 g de masa con forma cilíndrica de 3 cm de alto.
6 Las muestras se comprimieron dos veces consecutivamente con el vástago de 2” de
7 diámetro a una velocidad de 1.7 mm s⁻¹ 17. La textura de los panes fue determinada en el
8 mismo equipo comprimiendo dos veces las muestras en el centro 20% de su altura a una
9 velocidad de 1.7 mm s⁻¹. De las curvas de fuerza-deformación se obtuvieron los parámetros
10 del análisis de perfil de textura de acuerdo a lo reportado por BOURNE⁴ y TEXTURE
11 TECHNOLOGIES²⁴.

12 **2.5 Diseño experimental y análisis estadístico**

13 El efecto de incorporar dos tipos de concentrado de lactosuero en la fortificación de las
14 masas y panes se determinó mediante un análisis de varianza utilizando el paquete
15 estadístico SAS v. 8.0 (SAS Institute, Cary, North Carolina). La diferencia entre medias se
16 calculó utilizando la prueba de comparaciones múltiples de medias de Duncan.

17 El modelo estadístico propuesto fue:

$$18 y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

19 Donde y_{ij} es el parámetro de la variable respuesta al i-ésimo tipo de concentrado de
20 lactosuero al j-ésimo nivel de concentrado utilizado, μ es la media general, τ_j es la media de
21 cada tratamiento considerando los porcentajes de inclusión de suero precipitado por calor y
22 ϵ_{ij} representa el error experimental.

23 **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

24 **3.2 Análisis químico proximal de panes fortificados con lactosuero.**

25 En la Tabla 1 se observa los resultados del análisis químico proximal del pan sin fortificar y
26 de los panes fortificados con 10 y 15 % de los concentrados de lactosuero. La humedad fue

1 similar en las muestras, solo un poco menor en los panes con 10% de lactosuero precipitado
2 por calor. Como era de esperarse, el contenido de proteína fue mayor al aumentar en
3 porcentaje de lactosuero concentrado. La muestra comercial presentó un incremento en el
4 precipitado por calor debido probablemente al mayor contenido de proteína del primero,
5 pues el tratamiento térmico puede desnaturalizar parte de la proteína durante su
6 concentración PRUNEDA OLGUIN²⁰. Sin embargo, el aumento en el porcentaje de
7 proteína respecto al control fue significativo. Las muestras con lactosuero concentrado por
8 calor tuvieron valores altos en el porcentaje de grasa ya que este no fue descremado antes
9 de precipitarlo, práctica común a nivel industrial. Del mismo modo, un mayor porcentaje de
10 lactosuero aumento el porcentaje de cenizas debido a los minerales presentes en los
11 concentrados de lactosuero.

12 **3.3 Textura**

13 *3.3.1 Adhesividad Hosenev de las masas*

14 La incorporación de lactosuero modificó la adhesividad de las masas, pero no se encontró
15 diferencia significativa entre ambos tipos de concentrados de lactosuero. La masa sin suero
16 mostró mayor trabajo de adhesión en comparación con el resto de los tratamientos, donde el
17 incorporar un 10% resultó en los menores valores, pero porcentajes mayores de suero
18 tuvieron valores intermedios sin diferencia significativa entre ellos, debido al traslape de
19 medias. En la firmeza de adhesión, a pesar de que el 10% de suero resultó en la menor área
20 de adhesión, esta correspondió a los valores más altos de firmeza en comparación con el
21 control y el resto de los tratamientos, los cuales a su vez no fueron significativamente
22 diferentes entre ellos (Tabla 2). Las formas de las curvas obtenidas en el formato fuerza-
23 distancia se trata de un material más adhesivo que cohesivo según la clasificación dada por
24 TEXTURE TECHNOLOGIES²⁴. Esto quiere decir que el incorporar un 10% de cualquier
25 suero mejora la firmeza de adhesión de las masas, pero no así la energía necesaria para
26 manejarla, lo cual implica menor adhesión a la superficie de los equipos facilitando su
27 maleabilidad este aspecto reduce costos en los procesos de producción además de no
28 afectar las reacciones de caramelización durante el horneado y las propiedades de color de
29 este tipo de pan, en el cual es muy usual utilizar colorantes de color amarillo para ser

1 atractivos de forma visual al consumidor, además de mejorar las propiedades sensoriales
2 del sabor. Porcentajes arriba del 15% no mejoran estas propiedades las detrimen. Al
3 respecto, TOTOSAUS²⁵ reportó que las proteínas de lactosuero precipitadas por calor
4 tuvieron una mayor capacidad de retener agua en batidos cárnicos, debido probablemente a
5 la relación que existe entre el tratamiento térmico y la solubilidad de la proteína al ser
6 concentradas. Esto puede explicar el comportamiento que tienen las proteínas de lactosuero
7 precipitadas por calor provocando una mayor adhesividad del material al aumentar el
8 contenido de este. Las proteínas de lactosuero al precipitarse por calor tienen más facilidad
9 de coagular debido a la desnaturalización que sufren al momento de ser tratadas con calor
10 BELITZ L.; GROSCH W³; MORR¹⁹. Sin embargo, a pesar del tratamiento térmico durante
11 la precipitación, las proteínas del lactosuero mantuvieron su funcionalidad al no disminuir
12 las propiedades de las masas, lo cual probablemente indique una buena interacción entre
13 estas y las proteínas y demás componentes de las masas. Análisis de Perfil de Textura de
14 las masas fortificadas. En la Tabla 2 también se observa que los valores para el trabajo de
15 adhesión aumenta en el 10% del suero comercial y luego disminuye al aumentar las
16 concentraciones, al respecto GÜEMES, PEÑA, JIMENEZ, DAVILA & CALDERON¹⁴
17 reportan que estas diferencias que se presentan es probable a los altos contenidos de
18 proteínas y de carbohidratos que tienen las formulaciones de estos productos, ya que se les
19 adiciona huevo y leche, que al conjuntarse con las proteínas de lactosuero provocan un
20 aumento de la adhesión, la disminución de la adhesión lograría estar en función de: 1) La
21 materia usada para este pan ya que puede cambiar la acción de las levaduras; 2) el
22 ponchado y boleado de la masa, se considera como una energía mecánica adicional,
23 repercutiendo en el desarrollo de la masa y 3) el tiempo de fermentación utilizado, es
24 importante considerar la presencia de las proteínas de lactosuero que podrían estar
25 afectando la formación de la red del gluten.

26 En el análisis del perfil de textura de las masas se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$)
27 en la dureza y cohesividad, pero no así en la resiliencia y elasticidad ($P > 0.05$). La firmeza
28 de la masa fue mayor para los ejemplos con suero comercial, pero menos cohesivas que las
29 muestras con suero precipitado con calor. Para el porcentaje de suero se encontró que
30 mayores porcentajes (25 y 30%) hicieron a las masas más duras, pero sin efecto en la

1 cohesividad ni en los otros parámetros estudiados (Tabla 3). La concentración del 5% en el
2 Suero Comercial o Suero Precipitado por Calor provoca un aumento en la cohesividad de la
3 pasta, pero tiene repercusiones en la firmeza y la consistencia de estas GÉLINAS.;
4 AUDET.; LACHANCE & VACHON¹¹. TOTOSAUS²⁵ reporto que la incorporación de
5 estos concentrados de lactosuero en batidos cárnicos formaron un gel más compacto,
6 probablemente a la interacción con otras proteínas, requiriendo de mas fuerza para se
7 deformadas. En el caso de las masas fortificadas, esto podría deberse a que la proteína del
8 suero tiene un efecto sobre la estructura de la masa, ya que al ser hidratada con el resto de
9 los ingredientes afecta su dureza, pero sin tener ningún tipo de interacción en la masa pues
10 no afectó los parámetros relativos a la integridad de la masa, como son cohesividad y
11 resiliencia ni ala elasticidad. Estos datos concuerdan con lo reportado por RAMIREZ²¹,
12 quien menciona que las masas que presentan estas características se consideran un material
13 más adhesivo que cohesivo. La proteína de lactosuero desnaturalizada puede afectar la
14 viscoelasticidad y la calidad de las masas, ocasionando una disminución en la absorción de
15 agua e interfiriendo con la formación de la red del gluten, esto podría explicar en cierta
16 forma el porque se ven afectadas las masas en su cohesividad y firmeza ASHWORTH.;
17 KRUEGER², ERDOGDU-ARNOCZKY.; CZUCHAJOWSKA & POMERANZ¹⁰. Los
18 resultados obtenidos de las gráficas muestran unas curvas que en general pueden decir que
19 presentan un comportamiento de material suave (los valores de fuerza máxima (firmeza)
20 reportados en general son bajos con respecto a otros reportados por RAMIREZ²¹), cohesivo
21 (pues la diferencia en el tamaño de las áreas del primer y segundo ciclo de compresión no
22 es grande, de hecho los valores de cohesividad están muy cercanos a la unidad en la
23 mayoría de los casos, lo que marca una valor de área similar en ambos picos de
24 compresión) y con características adhesivas lo cual denota presencia de un área negativa de
25 magnitud significativa entre el primer y segundo ciclo de compresión de la curva GUEMES
26 *et all*¹³

27

1 3.3.2 Análisis de Perfil de Textura en panes fortificados

2 La Tablas 4 y 5 se muestran los valores obtenidos en el análisis del perfil de textura de los
3 panes fortificados con 10 y 15% de lactosuero, donde la incorporación del lactosuero
4 concentrado disminuyó la firmeza, pero sin diferencia significativa ($P>0.05$) respecto al
5 tipo de lactosuero. La firmeza del pan fortificado muestra una disminución en comparación
6 al testigo, demostrando que las proteínas de suero lácteo mejoran las propiedades de textura
7 del alimento en el que son incorporadas, en estos resultados también presenta que la
8 adhesividad no tuvo efecto por la adición de los concentrados de lactosuero GUEMES *et*
9 *all*¹³. ESTELLER; LIRA; & CAETANO DA SILVA LANNES S¹⁰ mencionan que durante
10 el proceso de mezclado, los ingredientes (azúcar, sal, levaduras, etc) no se pueden
11 incorporar de una forma uniforme al mezclarlos con agua, aunque en el proceso se controle
12 el tiempo de mezclado. También mencionan acerca del proceso de fermentación en el cual
13 el agua, los compuestos volátiles y el CO₂ se difunden en una solución formada por
14 almidones y proteínas, esto da como resultado celdas de gas de varios tamaños. Estas en la
15 miga pueden causar variaciones en la firmeza y en otros parámetros de textura del pan. Las
16 muestras sin lactosuero fueron del mismo modo más fracturables, sobre todo las que
17 contenían lactosuero precipitado por calor (Tabla 4), esto podría relacionarse con el
18 contenido de humedad que a menor contenido de esta el pan pierde suavidad y por lo tanto
19 se hace más fracturable. También es importante considerar el alto contenido de azúcares,
20 grasa y proteína que están presentes por la presencia del lactosuero, lo cual puede modificar
21 la fracturabilidad del pan. ESTELLER; LIRA; & CAETANO DA SILVA LANNES S¹⁰
22 reportan que los panes que tienen más contenido de azúcar y grasa pierden cohesividad,
23 caso contrario a lo que se observa en la Tabla 5 con respecto a la cohesividad de los panes
24 ya que no hubo efecto en la cohesividad y la elasticidad de los panes al incorporar los
25 concentrados de lactosuero, pero sí sobre la resiliencia. Solamente en la resiliencia la
26 diferencia por el tipo de lactosuero fue significativa, ya que las muestras con el concentrado
27 por calor fueron más resilientes (Tabla 5).

28 KENNY, DYBING & SMITH¹⁶ reportaron que las proteínas del lactosuero pueden variar
29 debido a su composición y a la desnaturalización durante su procesamiento, ya que esta

1 desnaturalización hace que las proteínas sean mas solubles, mejorando su solubilidad, por
2 lo que pueden emulsificar y formar geles al calentarse, aunque la dureza disminuyó
3 conforme aumento la adición del lactosuero. La incorporación de proteínas de lactosuero
4 modificó el aroma y firmeza de panes fortificados GÉLINAS.; AUDET.; LACHANCE &
5 VACHON¹¹. El suero precipitado por calor tuvo características más aceptables de textura,
6 ya que solo presentó valores menores de cohesividad en comparación con el lactosuero
7 comercial. El color de los panes adicionados con los concentrados de lactosuero
8 aumentaban su coloración amarilla.

9 **4 CONCLUSIÓN**

10 Se encontró un efecto significativo del tipo y concentración del suero precipitado por calor
11 analizado en la adhesividad de las masas. La incorporación del 10% de cualquier tipo de
12 suero mejora la fuerza de adhesión de las masas. La adhesividad de las masas se ve
13 afectada por la presencia de proteínas precipitadas por calor las cuales se desnaturalizan al
14 momento de concentrarse. Porcentajes arriba del 15%, no mejoran estas propiedades.
15 Porcentajes mayores del 25 al 30% dan la característica de dureza a las masas, pero sin
16 efecto en la cohesividad y en otros parámetros obtenidos del análisis del perfil de textura.
17 Respecto a la textura de los panes, el suero precipitado por calor tuvo características
18 aceptables de APT en comparación con el suero comercial. En cuanto al contenido de
19 proteína de los panes adicionados con suero precipitado por calor tuvieron un ligero
20 incremento con respecto al pan testigo.

21 **5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 22 1. A.A.C.C. American Association of Cereal Chemistry. Approved Methods of American
23 Association of Cereal Chemist. The Association, St. Paul. 1995.
- 24 2. ASHWORTH, U. S.; KRUEGER, G.J. Chemical factors affecting the baking quality of
25 non-fat milk solids. IV. Minimum heat treatment for maximum loaf volume. Cereal
26 Chem. v. 28, p. 145-152. 1951.
- 27 3. BELITZ L.; GROSCH W. Química de los Alimentos. Acribia, Zaragoza. p. 125. 2002.

- 1 4. BOURNE M.C. Texture profile analysis. Food Technol., vol. 32, no. 7, pp. 62-66, 72.
2 1978.
- 3 5. CANAINPA, 2007. www.eleconomista.com.mx/articulos/200704-1634198. Acceso 7
4 mayo.2008.
- 5 6. CHEN W.Z.; HOSENEY R.C. Development of an objective method for dough
6 stickiness. Lebensm. Wiss. Technol., vol. 28, pp. 467-473. 1995.
- 7 7. DE LUQUEZ, N.; FERNANDEZ, S.; DE ARELLANO, M.L.; DE MUCCIARELLI, S.I.
8 Concentrado proteico de *Amaranthus mantegazzianus*. Caracterización físico,
9 química y biológica. Arch. Latinoam. Nutr., v. 47, n. 4, p. 359-361. 1997.
- 10 8. EL-ADAWY, T.A. Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional,
11 physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. Food Chem., v. 59, n.
12 1, p. 7-14. 1997.
- 13 9. ERDOGDU-ARNOCZKY, N.; CZUCHAJOWSKA. Z.; POMERANZ, Y. Functionality
14 of whey and casein in fermentation and bread baking by fixed and optimized
15 procedures. Cereal Chem. v. 73, p. 309–316. 1996.
- 16 10. ESTELLER, S.M; LIRA A.R; AND CAETANO DA SILVA LANNES S. Effect of
17 sugar and fat replacers on the texture of baked goods. J. of Texture Studies, v. 35, p.
18 383-393, 2004.
- 19 11. GÉLINAS, P.; AUDET, J.; LACHANCE O.; VACHON, M. Fermented dairy
20 ingredients for bread: effects on dough rheology and bread characteristics. Cereal
21 Chem. v. 72, n. 2, p. 151-154. 1995.
- 22 12. GÜEMES-VERA, N.; ARCINIEGA-RUIZ ESPARZA, O; DÁVILA-ORTIZ, G.
23 Structural analysis of the *Lupinus mutabilis* seed, its flour, concentrate, and isolate as
24 well as their behavior when mixed with wheat flour. Lebensm. Wiss. Technol., v. 37,
25 n. 3, p. 283-290. 2004.
- 26 13. GUEMES- VERA N., DÍAZ MALDONADO E; M-I. REYES SANTAMARÍA; S.
27 SOTO SIMENTAL; QUINTERO-LIRA A; TOTOSAUS-SÁNCHEZ A. Análisis de

- 1 perfil de textura em masas y panes dulces de harina trigo fortificadas com lactosuero.
2 VII Congreso Nacional de Ciência de los Alimentos y III Foro de Ciência y
3 Tecnologia de Alimentos, Guanajuato, Gto.
4 [www.uanl.mx/publicaciones/respyn/especiales/2005/ee-13-](http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA21.pdf)
5 [2005/documentos/CNA21.pdf](http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA21.pdf).
- 6 14. GÜEMES-VERA, N.; PEÑA-BAUTISTA J.R.; JIMENEZ-MARTINEZ C.;
7 DAVILA-ORTIZ G. AND CALDERON-DOMINGUEZ G. Effective detoxification
8 and decoloration of *Lupinus mutabilis* seed derivatives, and effect of these derivatives
9 on bread quality and acceptance. *J. of the Sci. of Food and Agric.* V. 88, n.3, p. 1135-
10 1143. 2008.
- 11 15. JACOBSON, K. A. Whey protein concentrates as functional ingredients in baked
12 goods. *Cereal Foods World*, v. 42, p.138-141. 1997.
- 13 16. KENNY S.; WEHRLE K.; STANTON C.; ARENDT K. E. Incorporation of dairy
14 ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *Eur Food*
15 *Res Technol.* v. 210, p. 391-396. 2000.
- 16 17. LUQUET, F.M. Leche y Productos Lácteos. Acribia, Zaragoza, p. 278-317. 1993.
- 17 18. MODLER, H.W. Milk processing. *Food Proteins*, Nakai S y Modler HW. Wiley-VCH,
18 New York, p. 1-88. 2000.
- 19 19. MORR, C.V. Whey proteins. Manufacture. Pages 245-284. En: *Developments in Dairy*
20 *Chemistry*. Vol. 4 P.F. Fox, ed. Elsevier Applied Science: London. 1989.
- 21 20. PRUNEDA OLGUÍN, E. Funcionalidad de proteínas de lactosuero precipitadas por
22 calor en un sistema cárnico, Tesis Licenciatura Ingeniería Agroindustrial, UAEH,
23 México, 2004.
- 24 21. RAMÍREZ, O.M.E. Modelamiento matemático del comportamiento viscoelásticos
25 dinámico y textural de masas para elaborar pizza. Tesis de Maestría, México, 2002.
- 26 22. SCHIMIDT, R.H; PACKARD, V.S.; MORRIS H.A. Effect of processing on whey
27 protein functionality. *J. Dairy Sci.* v. 67, p. 2723-2733. 1984.

1 23. TAHA, F.S., ATTIA, M., SHEHATA, N.A. Protein enrichment of bread: I. Chemical
2 and sensoric evaluation. *Z. Ernährungswiss.*, v. 21, n. 1, p. 77-82. 1982.

3 24. TEXTURE TECHNOLOGIES. *Texture Technologies*, 2003. Textural profile analysis
4 explained & annotated. [http:](http://www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html)
5 [//www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html](http://www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html). [Accesada Nov 2004].

6 25. TOTOSAUS, A. Functionality of glicosilated heart surimi and heat-precipitated whey
7 proteins in meat batters. *J. Muscle Foods*. V. 15, p. 256-268. 2004.

8 26. YANEZ, E.; BALLESTER, D.; AGUAYO, M.; WULF, H. Enriquecimiento de pan con
9 harina de soya. *Arch. Latinoam. Nutr.*, v. 32, n. 2, p. :417-428. 1982.

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

1 **TABLA 1.** Análisis químico proximal de los panes fortificados con lactosuero comercial y
 2 lactosuero precipitado por calor.

	Suero Comercial			Suero Precipitado por calor	
	0%	10%	15%	10%	15%
Humedad	12.8 ±0.03 ^a	13.7±0.02 ^a	11.6±0.02 ^{a,b}	9.3±0.21 ^b	13.1±0.01 ^a
Proteína	17.2±0.01 ^d	19.8±0.01 ^c	22.9±0.03 ^a	19.8±0.02 ^c	20.5±0.03 ^b
Grasa	7.01±0.02 ^c	7.29±0.04 ^b	7.37±0.01 ^a	7.26±0.05 ^b	7.35±0.06 ^a
Ceniza	0.01±0.04 ^d	0.08±0.03 ^c	0.09±0.04 ^a	0.08±0.01 ^c	0.09±0.01 ^b

3 ^{a, b} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes
 4 (P>0.05)

5

6

TABLA 2. Adhesividad de las masas de harina de trigo fortificadas con lactosuero comercial y lactosuero precipitado por calor.

	Suero Comercial		Suero Precipitado por calor	
	Trabajo de adhesión (N/s)	Firmeza (N)	Trabajo de adhesión (N/s)	Firmeza (N)
0%	-0.1625±0.012 ^{A, a}	-0.4075±0.005 ^{B, b}	-0.1625±0.012 ^{A, a}	-0.4075±0.005 ^{B, b}
10%	-0.2625±0.040 ^{B, c}	-0.3950±0.006 ^{A, a}	-0.1700±0.010 ^{B, c}	-0.4067±0.005 ^{B, a}
15%	-0.2125±0.032 ^{B, bc}	-0.4000±0.001 ^{A, ab}	-0.1867±0.005 ^{B, bc}	-0.4067±0.005 ^{B, ab}
20%	-0.1667±0.015 ^{B, abc}	-0.4000±0.001 ^{A, ab}	-0.2200±0.036 ^{B, abc}	-0.4033±0.006 ^{B, ab}
25%	-0.1767±0.015 ^{B, ab}	-0.4000±0.001 ^{A, ab}	-0.1933±0.015 ^{B, ab}	-0.4067±0.005 ^{B, ab}
30%	-0.1650±0.021 ^{B, ab}	-0.4000±0.001 ^{A, ab}	-0.1967±0.041 ^{B, ab}	-0.4067±0.005 ^{B, ab}

^{A, B} Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes (P>0.05) por tipo de suero.

^{a, b} Medias con la misma letra en el misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05) por porcentaje de suero.

TABLA 3. Análisis del perfil de textura para las masas de harina de trigo fortificadas con lactosuero comercial y lactosuero precipitado por calor.

	Suero Comercial				Suero Precipitado por calor			
	Firmeza (N)	Cohesividad	Resilencia	Resorteo	Firmeza (N)	Cohesividad	Resilencia	Elasticidad
10%	3.14±0.40 ^{A,b}	0.6853±0.04 ^{B,a}	0.2110±0.04 ^{A,a}	1.004±0.01 ^{A,a}	0.46±0.12 ^{B,b}	0.6788±0.10 ^{A,a}	0.1773±0.02 ^{A,a}	0.9995±0.01 ^{A,a}
15%	4.16±0.41 ^{A,ab}	0.6446±0.03 ^{B,a}	0.2248±0.02 ^{A,a}	1.001±0.01 ^{A,a}	1.24±0.45 ^{B,ab}	0.7686±0.03 ^{A,a}	0.2029±0.01 ^{A,a}	0.9963±0.01 ^{A,a}
20%	3.21±0.23 ^{A,ab}	0.6318±0.02 ^{B,a}	0.1759±0.02 ^{A,a}	1.000±0.00 ^{A,a}	2.02±1.56 ^{B,ab}	0.7660±0.05 ^{A,a}	0.2392±0.04 ^{A,a}	1.000±0.01 ^{A,a}
25%	4.22±1.61 ^{A,a}	0.6287±0.02 ^{B,a}	0.1885±0.02 ^{A,a}	0.9965±0.01 ^{A,a}	1.18±0.26 ^{B,a}	0.8338±0.02 ^{A,a}	0.1982±0.01 ^{A,a}	0.9960±0.00 ^{A,a}
30%	4.01±1.05 ^{A,a}	0.6743±0.00 ^{B,a}	0.2055±0.03 ^{A,a}	1.000±0.01 ^{A,a}	1.96±0.33 ^{B,a}	0.6911±0.07 ^{A,a}	0.2199±0.03 ^{A,a}	0.9968±0.01 ^{A,a}

^{A, B} Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) por tipo de suero.

^{a, b} Medias con la misma letra en el misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) por porcentaje de suero.

TABLA 4. Dureza y fracturabilidad en el análisis del perfil de textura para los panes fortificados con lactosuero comercial y lactosuero precipitado por calor.

	Suero Comercial		Suero Precipitado por calor	
	Firmeza (N)	Fracturabilidad	Firmeza (N)	Fracturabilidad
0%	24.37±8.7 ^{A, a}	7.99±1.83 ^{A, b}	24.37±8.7 ^{A, a}	7.99±1.83 ^{B, b}
10%	14.15±4.47 ^{B, b}	6.26±1.59 ^{B, a}	13.97±2.07 ^{B, b}	13.34±1.67 ^{A, a}
15%	9.81±1.27 ^{B, b}	4.28±1.72 ^{B, a}	15.14±1.98 ^{B, b}	24.05±1.89 ^{A, a}

^{A, B} Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes (P>0.05) por tipo de suero.

^{a, b} Medias con la misma letra en el misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05) por porcentaje de suero.

TABLA 5. Cohesividad, resiliencia y elasticidad en el análisis del perfil de textura para los panes fortificados con lactosuero comercial y lactosuero precipitado por calor.

	Suero Comercial			Suero Precipitado por calor		
	Cohesividad	Resiliencia	Elasticidad	Cohesividad	Resiliencia	Elasticidad
0%	0.2712±0.02 ^{A, a}	0.0964±0.01 ^{B, b}	0.9986±0.00 ^{A, a}	0.2712±0.02 ^{A, a}	0.0964±0.01 ^{B, b}	0.9986±0.00 ^{A, a}
10%	0.2430±0.03 ^{AB, a}	0.0748±0.01 ^{B, a}	0.9989±0.00 ^{A, a}	0.2058±0.01 ^{B, a}	0.2167±0.21 ^{A, a}	1.1151±0.16 ^{A, a}
15%	0.2489±0.04 ^{AB, a}	0.080±0.02 ^{B, b}	1.0005±0.00 ^{A, a}	0.2436±0.02 ^{B, a}	0.0738±0.02 ^{A, b}	0.9949±0.01 ^{A, a}

^{A, B} Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) por tipo de suero.

^{a, b} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) por porcentaje de suero.