

**Efecto del uso de lactosuero dulce en el
rendimiento y en las propiedades
fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco**

Kevin Ameth Solís Cianca

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Kevin Ameth Solís Cianca

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco

Presentado por:

Kevin Ameth Solís Cianca

Aprobado:

Flor Nuñez, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco

Kevin Ameth Solís Cianca

Resumen: La unidad de panificación de Zamorano busca mejorar la calidad de sus productos con nuevos ingredientes. El lactosuero dulce de quesería puede ser utilizado en panificación aportando propiedades de color y textura. El objetivo del estudio fue determinar el efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos (0, 30, 50 y 70% de sustitución de agua por lactosuero) y tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales con dos medidas repetidas en el tiempo (días cero y cinco). Se realizó un análisis de varianza y separaciones de medias Tukey y Lsmeans. Se determinaron características de calidad (pH y grados Brix) del lactosuero; se determinó rendimiento, color, textura, pH y aceptación sensorial de los tratamientos. El lactosuero de queso Zamorella de la Planta de Lácteos Zamorano puede ser utilizado como un ingrediente estandarizado en panificación. Se puede sustituir hasta un 50% de agua por lactosuero sin influir negativamente en el rendimiento de pan blanco. Los tratamientos con adición de lactosuero presentaron mayor firmeza que el control. La sustitución del agua parcialmente por lactosuero dulce redujo el pH del pan blanco, resultó en una coloración amarilla-roja en su miga y mayor coloración roja en su corteza. La sustitución de lactosuero dulce hasta un 70% del agua no influyó en la aceptación sensorial de los panes blancos.

Palabras clave: Fermentación, harina de trigo, lactosa, Maillard, lactoglobulina.

Abstract: The Zamorano bakery unit seeks to improve the quality of their products with new ingredients. The sweet cheese whey can be used in bread providing color and texture properties. The aim of the study was to determine the effect of using sweet whey on performance and physicochemical and sensory properties of white bread. A Randomized Complete Block experimental design with four treatments (0, 30, 50 and 70% substitution of water for whey) and three replicates was used, for a total of 12 experimental units with two repeated measures time (days zero and five). An analysis of variance was performed with Tukey and Lsmeans mean separation. Whey quality characteristics were determined (pH and Brix) as well yield, color, texture, pH and sensory acceptance of the treatments. The Zamorella cheese whey from the Zamorano Dairy Plant can be used as a standardized ingredient in baking. Up to 50% water of can be replaced with whey without adversely affecting the yield of white bread. The addition of whey treatments had greater firmness than the control. Water replacement with sweet whey partially reduced the pH of white bread, resulted in a yellow-red coloration in the crumb and deeper red coloration in the crust. Replacing up to 70% of water with sweet whey did not affect the sensory acceptance white breads.

Keywords: Fermentation, wheat flour, lactose, Maillard, lactoglobulin.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4 CONCLUSIONES.....	11
5 RECOMENDACIONES.....	12
6 LITERATURA CITADA.....	13
7 ANEXOS.....	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Formulación de pan blanco usando lactosuero dulce, para 18 panes.	2
2. Resumen de los tratamientos de pan blanco con lactosuero.....	4
3. Características de calidad del lactosuero dulce de la planta de lácteos de Zamorano.	5
4. Rendimiento por peso en pan blanco con lactosuero.	6
5. Valor L* en la miga del pan blanco con lactosuero.	6
6. Valor a* en la miga del pan blanco con lactosuero.	7
7. Valor b* en la miga del pan blanco con lactosuero.....	7
8. Valor a* en la corteza del pan blanco con lactosuero.	8
9. Valor a* en la corteza del pan blanco con lactosuero.	8
10. Dureza del pan blanco con lactosuero.....	9
11. Resultados de pH en pan blanco con lactosuero.	9
12. Evaluación sensorial de pan blanco con lactosuero.	10
13. Evaluación sensorial de pan blanco con lactosuero.	10

Figura	Página
14. Diagrama de flujo para la elaboración de pan blanco con lactosuero dulce.	3

Anexo	Página
15. Hoja de evaluación sensorial del pan blanco con lactosuero.	16
16. Color: valor L* de la corteza del pan blanco con lactosuero.	17
17. Color: valor b* de la corteza del pan blanco con lactosuero.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de elaboración de pan es un proceso de cocción sofisticado que se ha incorporado a los métodos de conservación por tratamiento térmico (Dendy *et al.* 2001). Actualmente el lactosuero dulce como ingrediente en la industria alimentaria ha permitido mejorar las cualidades de ciertos productos de panificación, como mejorar el color y sabor del pan blanco (Ledezma *et al.* 2008).

El lactosuero dulce de quesería es una parte de la composición acuosa de leche entera, que se obtiene de la precipitación de la caseína de la leche entera. Es un fenómeno complejo que resulta de un proceso activo que integra la sinéresis y la actitud del gel formado por la acción del cuajo, que constituye un estado físico inestable que deja que fluya el lactosuero oculto (Mahaut *et al.* 2003). El lactosuero contiene cerca del 50% de los sólidos de la leche entera, 20% de las proteínas, 7% de las grasas, 95% de la lactosa y cerca del 50% de minerales (Inda 2000); además tiene proteínas como la β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas y glicomacropéptidos (Parra 2009). Las proteínas del lactosuero son un componente funcional en la formulación del pan; mejoran la estructura de la corteza y sabor, mejoran la capacidad de tostado debido a las propiedades funcionales que tiene como solubilidad, absorción de agua, adhesión, cohesión y emulsificación (Burrington 2000).

En panes con harina de trigo utilizar lactosuero concentrado a 15 y 26% tuvo efecto en sus características sensoriales una la concentración de 26%. La miga se tornó amarillenta debido a los niveles de lactosa que resultaron en reacción de Maillard, también presentó una firmeza superior. Los tratamientos con suero tuvieron un pH inferior al control (Divya *et al.* 2010). Otro estudio sobre perfil de textura en masas y panes dulces elaborados con harina trigo y lactosuero en concentraciones de 10, 15, 20, 25 y 30% comprobó que las mejores concentraciones fueron al 10 y 15% dieron mejores resultados en las propiedades de textura en los panes (Güemes *et al.* 2009).

La unidad de panificación de Zamorano investiga nuevas alternativas de usos de ingredientes para mejorar las formulaciones de sus productos. Se plantearon los siguientes objetivos para el desarrollo de este estudio:

- Determinar características químicas de calidad del lactosuero dulce.
- Determinar los rendimientos del pan blanco.
- Determinar características físicas y químicas de cada uno de los tratamientos.
- Determinar la aceptación de los tratamientos con un análisis sensorial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La elaboración y evaluación de los cuatro tratamientos se llevó a cabo en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), los análisis físicos y químicos de las muestras, se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ) y el análisis sensorial se realizó en Planta de Innovación de Alimentos (PIA); todas las instalaciones están localizadas en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), 30 km al Este de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Honduras, C.A.

Lactosuero dulce. El lactosuero dulce del procesamiento del queso Zamorella de la planta de lácteos de Zamorano se pasteurizó en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). El objetivo principal del tratamiento térmico fue mantenerlo libre de microorganismos patógenos. Se pasteurizó a 63°C por 30 minutos; a esa temperatura se eliminó la cuenta total de coliformes y se disminuyó significativamente la cuenta viable de lactobacilos a 1 log UFC mL⁻¹ (Montero *et al.* 2009). Después de pasteurizado, el lactosuero se almacenó en un cuarto frío a 4°C. En cada repetición se midió el pH con un potenciómetro Waterproof modelo pH Testr 10 y los grados Brix con un refractómetro Atago modelo 50-090-115 para caracterizar el lactosuero dulce utilizado en la elaboración de los tratamientos.

Elaboración del pan. Para la elaboración del pan se utilizó los mismos procedimientos y una formulación similar a la que la unidad de panificación de Zamorano utiliza para hacer un pan blanco de molde (Cuadro1).

Cuadro 1. Formulación de pan blanco usando lactosuero dulce, para 18 panes.

Ingredientes	LS ¹ 0-A ² 100	LS 30-A 70	LS 50-A 50	LS70-A 30
	Cantidad %	Cantidad %	Cantidad %	Cantidad %
Harina de todo uso	55.26	55.26	55.26	55.26
Agua	34.23	23.96	17.11	10.27
Lactosuero	0.00	10.27	17.11	23.96
Azúcar	4.64	4.64	4.64	4.64
Margarina	3.73	3.73	3.73	3.73
Sal	1.3	1.3	1.3	1.3
Levadura	0.72	0.72	0.72	0.72
Propionato de calcio	0.12	0.12	0.12	0.12
Total %	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Planta de Innovación de Alimentos (PIA 2013), Zamorano. Adaptado por el autor.

¹LS: Lactosuero, ²A: Agua.

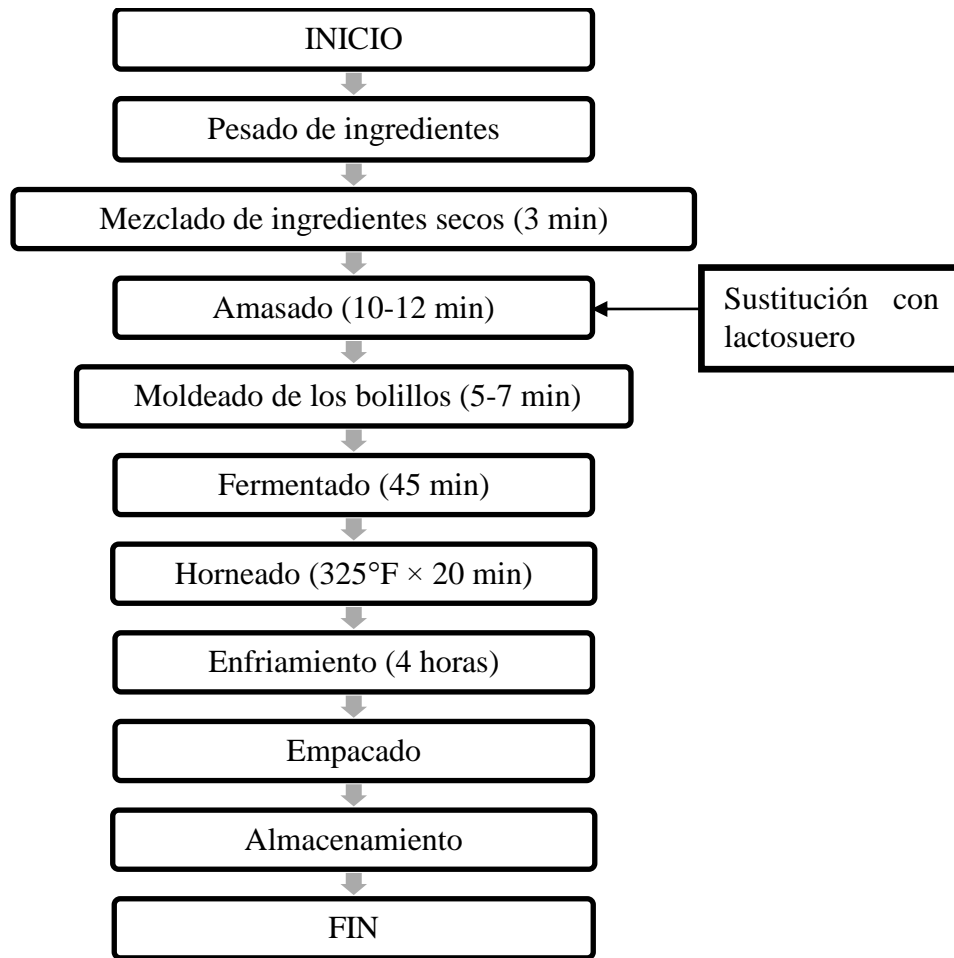


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de pan blanco con lactosuero dulce.
Fuente: Planta de Innovación de Alimentos (PIA 2013), Zamorano. Adaptado por el autor.

Análisis de rendimiento. Para determinar rendimiento se utilizó una balanza digital OHAUS donde se pesaron los bolillos de masa cruda antes de meterlos al fermentador y también se pesaron los panes al salir del horno de cada tratamiento en el día cero de cada repetición. Para el cálculo de rendimiento se utilizó la Ecuación 1:

$$\% \text{ Rendimiento de peso en pan} = \frac{\text{Peso de los panes horneados}}{\text{Peso de la masa cruda}} \times 100 \quad [1]$$

Análisis físicos químicos. Para el análisis de textura se utilizó el Texturómetro Instron Serie 4400 modelo 4444 con un acople Yunque 57 O/. de compresión. Las muestras se cortaron en formas rectangulares con dimensiones de 2 cm de ancho x 2 cm de largo x 3 cm de alto. Las muestras se comprimieron a un 40% (Ponzio 2010). Los resultados se reportaron en Newton (N).

Para el análisis de color se utilizó el Colorflex HunterLab[®], que mide los valores de color L*, a*, b*. El eje L* mide la claridad y brillo de negro (0) a blanco (100). El eje a* mide el espectro de luz visible comprendido desde el color verde (-60) al rojo (+60). El eje b* mide el espectro comprendido del azul (-60) al amarillo (+60). Se realizaron tres mediciones para cada unidad experimental.

Se midió el pH en la miga del pan terminado con un potenciómetro Thermo Scientific modelo Oreon 5, según el método AOAC 945.42 (Horwitz 2011). Los análisis se hicieron por triplicado.

Análisis sensorial. Se realizaron evaluaciones sensoriales de aceptación en los días cero y cinco de almacenamiento para cada repetición de los tratamientos. Los panelistas evaluaron cada atributo con una escala hedónica de nueve puntos, donde uno significaba “me disgusta extremadamente” y nueve significaba “me gusta extremadamente”. El panel estaba integrado por veintiocho panelistas no capacitados, entre ellos estudiantes y empleados del Zamorano. Los atributos que se evaluaron fueron: color, aroma, textura, sabor y aceptación general. Durante la evaluación sensorial se usó manzanas verdes y agua como limpiadores de paladar. Se codificó cada muestra con números de tres dígitos sirviéndose en bandejas de poliestireno expandido.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos (0%, 30%, 50% y 70% de sustitución de agua por lactosuero) y tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales con dos medidas repetidas en el tiempo (días cero y cinco) (Cuadro 2).

Los resultados pH y grados Brix del lactosuero así como el rendimiento, color, textura, pH y aceptación sensorial de los tratamientos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de separación de medias Tukey y Lsmeans, con un nivel de significancia de 0.05. Se usó el programa “Statistical Analysis System” (SAS[®] versión 9.1).

Cuadro 2. Resumen de los tratamientos de pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Lactosuero (%)	Agua(%)
LS ¹ 0, A ² 100 (Control)	0	100
LS 30, A 70	30	70
LS 50, A 50	50	50
LS 70, A 30	70	30

¹LS: Lactosuero, ²A: Agua.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de calidad del lactosuero. El lactosuero dulce de queso Zamorella que se utilizó se mantuvo en un rango pH entre 6.39 a 6.47 (Cuadro 3), similar a un estudio de caracterización de un lactosuero dulce con valores entre 5.95 a 6.59 (Guerrero *et al.* 2010). La norma NMX-F-721-COFOCALEC-2012 describe que el parámetro pH en las especificaciones de un suero dulce debe estar entre un 6.4 a 6.7. El pH del lactosuero está dado por la presencia del ácido láctico y otros ácidos producidos por los microorganismos presentes en la leche (Revilla 2000).

Los grados Brix (Cuadro 3) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), con valores similares a otros investigadores, en un rango de 6.5 a 7% (Guerrero *et al.* 2010 y Escobar *et al.* 2010). Los grados Brix están relacionados con la presencia del azúcar de la leche (la lactosa). En el lactosuero se queda un 95% la lactosa de la leche entera (Inda 2000). Tanto los resultados de pH como los grados Brix (Cuadro 3) indican que el lactosuero dulce Zamorella tiene baja variabilidad en cada repetición.

Cuadro 3. Características de calidad del lactosuero dulce de la planta de lácteos de Zamorano.

Repetición	pH Media \pm D.E. ¹	Brix Media \pm D.E.
1	6.47 \pm 0.01 ^a	6.8 \pm 0.00 ^a
2	6.39 \pm 0.01 ^b	6.8 \pm 0.00 ^a
3	6.40 \pm 0.02 ^b	6.8 \pm 0.00 ^a
Coefficiente de variación %	0.21	0.00

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

¹D.E.=Desviación estándar.

Escala de pH: 1=Muy ácido, 14= Muy básico.

Rendimiento. Los rendimientos en el día cero muestran que los tratamientos con 30%, 50% de sustitución con lactosuero y el control presentaron mayor rendimiento. Todos los tratamientos perdieron humedad debido a la evaporación del agua durante la cocción en el horno. Las pérdidas de rendimiento comprenden de 10 a 15% (Dendy *et al.* 2001), similares a estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento por peso en pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Rendimiento % Media \pm D.E. ³ .
LS ¹ 0, A ² 100 (Control)	86.24 \pm 2.28 ^a
LS 30, A 70	85.68 \pm 2.00 ^{ba}
LS 50, A 50	85.56 \pm 2.25 ^{ba}
LS 70, A 30	84.34 \pm 2.62 ^b
Coeficiente de variación (%)	2.72

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

¹LS= Lactosuero, ²A= Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Color: valor L* de la miga del pan. Los resultados del valor L* de los tratamientos en los días cero y cinco mostraron una luminosidad alta, probablemente se debe a las propiedades inherentes de la harina; esta pierde color por oxidación de los carotenos y eliminación de los colorantes del salvado durante su procesamiento con sustancias químicas como el peróxido benzoílico (Tejero 2003). La harina representó un 55.26% en la formulación de cada tratamiento. El tipo de amasado probablemente también determina el color de la miga. A mayor trabajo en la masa hay mayor oxigenación, lo que provoca la degradación de los pigmentos de la harina, blanqueándose de ese modo la miga resultante (Tejero 2013). A través del tiempo de almacenamiento no se observaron cambios en el valor L* debido a que se almacenaron los panes en bolsas de polietileno en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente entre 29 a 34°C, estas condiciones mantuvieron la vida útil de los panes (Padilla y Vera 2010).

Cuadro 5. Valor L* en la miga del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0 L* \pm D.E. ³ .	Día 5 L* \pm D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	68.86 \pm 3.96 ^a (x)	69.36 \pm 1.96 ^a (x)
LS 30-A 70	67.32 \pm 7.84 ^a (x)	69.86 \pm 2.23 ^a (x)
LS 50-A 50	69.25 \pm 3.79 ^a (x)	69.82 \pm 2.82 ^a (x)
LS 70-A 30	67.57 \pm 3.83 ^a (x)	67.74 \pm 4.28 ^a (x)
Coeficiente de variación (%)	6.22	3.35

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Escala: 0=Negro, 100= Blanco. ¹LS= Lactosuero, ²A= Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Color: valor a* de la miga del pan. Los tratamientos en el día cero y cinco mostraron una tonalidad roja clara (Cuadro 6). Esta coloración es indicativa de que el pan tiene contiene alfa amilasas, azúcares y lactosa del lactosuero dulce (Tejero 2013). En los dos días solo el tratamiento control tuvo diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) al resto de los tratamientos; probablemente la lactosa y las proteínas contenidas en el lactosuero provocaron una mayor reacción Maillard durante el horneado (Divya *et al.* 2010).

A través del tiempo el control fue el único que no presentó diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). Los tratamientos con sustitución con lactosuero a 30, 50 y 70% presentaron un incremento de coloración rojo claro debido a la pérdida de humedad de pan, que causa que se concentren las melanoidinas producidas en el día cero. La pérdida de humedad de los panes esta cerca de un 2% en el transcurso de nueve días de almacenamiento (Divya *et al.* 2010).

Cuadro 6. Valor a^* en la miga del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0	Día 5
	$a^* \pm D.E.^3$	$a^* \pm D.E.$
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	1.14 \pm 0.09 ^b (x)	1.23 \pm 0.19 ^b (x)
LS 30-A 70	1.33 \pm 0.04 ^a (y)	1.53 \pm 0.22 ^a (x)
LS 50-A 50	1.36 \pm 0.08 ^a (y)	1.47 \pm 0.19 ^a (x)
LS 70-A 30	1.37 \pm 0.09 ^a (y)	1.56 \pm 0.19 ^a (x)
Coefficiente de variación (%)	5.61	11.38

a-b Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Escala: -60= verde, 60= rojo. ¹LS= Lactosuero, ²A=Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Color: valor b^* de la miga del pan. Los tratamientos en los días cero y cinco presentaron en el valor b^* un color amarillo claro (Cuadro 7). Esta coloración en los tratamientos con lactosuero es mayor probablemente por la reacciones de Maillard en el día cero (Divya *et al.* 2010). En un estudio que realizaron en panes con adición de concentrado a 15% (Güemes *et al.* 2009) encontró que los panes presentaban una coloración más amarilla El lactosuero que se utilizó en este estudio estaba menos concentrado por esta razón la coloración fue menos intensa.

En el día cinco los cuatro tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos ($P \leq 0.05$). A través del tiempo de almacenamiento el tratamiento con 70% de adición de lactosuero, presentó una tonalidad de color amarillo claro más intensa. La pérdida de humedad de los panes en el transcurso de almacenamiento también puede influir en diferencias en coloración amarilla (Divya *et al.* 2010).

Cuadro 7. Valor b^* en la miga del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0	Día 5
	$b^* \pm D.E.^3$	$b^* \pm D.E.$
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	16.56 \pm 0.75 ^a (x)	16.01 \pm 0.79 ^a (x)
LS 30-A 70	16.42 \pm 0.63 ^a (x)	16.06 \pm 0.51 ^a (x)
LS 50-A 50	16.29 \pm 0.25 ^a (x)	16.87 \pm 1.81 ^a (x)
LS 70-A 30	15.68 \pm 0.50 ^b (y)	17.02 \pm 0.19 ^a (x)
Coefficiente de variación (%)	2.19	4.84

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Escala: -60=azul, +60= amarillo. ¹LS= Lactosuero, ²A= Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Color: valor a* de la corteza del pan. Los tratamientos presentaron una coloración roja clara en la corteza de los panes (Cuadro 8). Esta coloración es característica de los panes recién elaborados debido a la reacción de Maillard entre azúcares reductores (glucosa, maltosa, fructosa y lactosa) y proteínas, con el calor y vapor desprendido durante la cocción (Tejero 2003).

En el día cero los tratamientos con 50 y 70% de sustitución con lactosuero mostraron las medias más altas, probablemente por el contenido de lactosa presente el lactosuero (Jones *et al.* 1978). Los tratamientos con 30% de sustitución con lactosuero y el control presentaron tonalidades de color roja menos intensas (Jones *et al.* 1978). En el día cinco solo el tratamiento control presentó tonalidades rojas menos intensas y a través del tiempo de almacenamiento fue el único que cambió, al tener una tonalidad color roja menos intensa debido a la falta de lactosa (Jones *et al.* 1978).

Cuadro 8. Valor a* en la corteza del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0 a* ± D.E. ³	Día 5 a* ± D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	14.93 ± 1.03 ^b (x)	13.97 ± 1.21 ^b (y)
LS 30-A 70	14.63 ± 0.69 ^b (x)	14.21 ± 1.25 ^{ba} (x)
LS 50-A 50	15.70 ± 0.39 ^a (x)	15.61 ± 1.22 ^a (x)
LS 70-A 30	15.65 ± 0.74 ^a (x)	15.13 ± 1.37 ^{ba} (x)
Coeficiente de variación (%)	2.91	7.94

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P≤0.05).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (P≤0.05).

Escala: -60= Verde, 60= Rojo. ¹LS =Lactosuero, ²A=Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Cuadro 9. Valor a* en la corteza del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0 a* ± D.E. ³	Día 5 a* ± D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	14.93 ± 1.03 ^b (x)	13.97 ± 1.21 ^b (y)
LS 30-A 70	14.63 ± 0.69 ^b (x)	14.21 ± 1.25 ^{ba} (x)
LS 50-A 50	15.70 ± 0.39 ^a (x)	15.61 ± 1.22 ^a (x)
LS 70-A 30	15.65 ± 0.74 ^a (x)	15.13 ± 1.37 ^{ba} (x)
Coeficiente de variación (%)	2.91	7.94

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P≤0.05).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (P≤0.05).

Escala: -60= Verde, 60= Rojo. ¹LS =Lactosuero, ²A=Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Textura. Los tratamientos con 70% de sustitución con lactosuero en el día cero presentaron mayor firmeza en la miga (Cuadro 10), similar a Divya y Jayaraj (2010). La causa probablemente se debe a la aportación de proteína que da el lactosuero, porque mejora el desarrollo del gluten y la estructura de la miga (Bennion 1967). Los tratamientos en el día cinco no presentaron diferencias significativas entre ellos (P≤0.05). Probablemente se deba a la retrogradación del almidón que es la principal causa del endurecimiento del pan durante su almacenamiento (Mota Zanella *et al.* 2005).

A través del tiempo de almacenamiento del día cero al día cinco cada tratamiento incrementó su firmeza ($P \leq 0.05$). El lactosuero probablemente no afectó, pero tampoco se observó que disminuyera la retrogradación de los almidones. Los factores que influyeron para que se diera el incremento de firmeza a través del tiempo de almacenamiento, probablemente fueron la migración de la humedad y retrogradación del almidón (Hallberg *et al.* 2002).

Cuadro 10. Dureza del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0	Día 5
	Dureza (N) \pm D.E. ³ .	Dureza (N) \pm D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	1.04 \pm 0.17 ^b (y)	10.47 \pm 1.07 ^a (x)
LS 30-A 70	1.30 \pm 0.30 ^{ba} (y)	10.68 \pm 1.45 ^a (x)
LS 50-A 50	1.47 \pm 0.47 ^{ba} (y)	11.28 \pm 3.63 ^a (x)
LS 70-A 30	1.63 \pm 0.56 ^a (y)	13.00 \pm 1.66 ^a (x)
Coeficiente de variación (%)	28.83	18.54

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

¹LS: Lactosuero, ²A: Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

pH. Los resultados del pH en los panes están dentro de la escala de pH ligeramente ácido, (Cuadro 10). Se verificó con la Norma Mexicana NMX-F-159-S-1983 de alimentos para pan blanco de caja, que indican un pH entre 4.5 a 5.8. El comportamiento del pH de los tratamientos estuvo dentro del rango permitido. Los tratamientos con lactosuero presentaron valores de pH inferiores al control en los días cero y cinco. Todos los tratamientos disminuyeron su pH a través del tiempo. En estudios que realizó (Divya *et al.* 2010), obtuvieron resultados de pH con la misma tendencia, los tratamientos con lactosuero presentaron un pH menor al control y una reducción de pH a través del tiempo.

Cuadro 11. Resultados de pH en pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0	Día 5
	pH \pm D.E. ³ .	pH \pm D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (control)	5.75 \pm 0.04 ^a (x)	5.64 \pm 0.04 ^a (y)
LS 30-A 70	5.71 \pm 0.03 ^b (x)	5.58 \pm 0.02 ^b (y)
LS 50-A 50	5.65 \pm 0.01 ^c (x)	5.53 \pm 0.03 ^c (y)
LS 70-A 30	5.63 \pm 0.02 ^c (x)	5.51 \pm 0.02 ^c (y)
Coeficiente de variación (%)	0.45	0.56

^{a-c} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Escala: 1=Muy ácido, 14= Muy básico.

¹LS=Lactosuero, ²A=Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

Aceptación sensorial. Los resultados para los atributos de apariencia, color aroma, textura, sabor y aceptación general indican que los panelistas tuvieron una aceptación igual entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). Esta tendencia se ubicó en el rango de aceptación entre me agrada poco y me agrada moderadamente de la escala hedónica de aceptación (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Evaluación sensorial de pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Apariencia Media \pm D.E.³	Color Media \pm D.E.	Aroma Media \pm D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	6.83 \pm 1.41 ^a	6.98 \pm 1.38 ^a	6.78 \pm 1.39 ^a
LS 30-A 70	6.81 \pm 1.52 ^a	6.83 \pm 1.45 ^a	6.63 \pm 1.40 ^a
LS 50-A 50	6.82 \pm 1.32 ^a	6.99 \pm 1.28 ^a	6.73 \pm 1.39 ^a
LS 70-A 30	6.77 \pm 1.41 ^a	6.90 \pm 1.28 ^a	6.69 \pm 1.40 ^a
Coefficiente de variación (%)	19.99	18.68	19.89

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Escala: 1=Me disgusta mucho 9= Me gusta mucho. ¹LS: Lactosuero, ²A: Agua.

³D.E.=Desviación estándar.

La razón por la cual los panelistas tuvieron una aceptación similar entre los tratamientos ($P \leq 0.05$ pudo haber sido por la dilución de lactosuero dulce a (6.8 grados Brix), lo que pudo provocar que los atributos sensoriales en el producto final elaborado no se percibieran.

Cuadro 13. Evaluación sensorial de pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Textura Media \pm D.E.³	Sabor Media \pm D.E.	Aceptación Media \pm D.E.
LS ¹ 0-A ² 100 (Control)	6.63 \pm 1.54 ^a	6.91 \pm 1.36 ^a	6.86 \pm 1.31 ^a
LS 30-A 70	6.43 \pm 1.61 ^a	6.65 \pm 1.52 ^a	6.83 \pm 1.36 ^a
LS 50-A 50	6.55 \pm 1.74 ^a	6.76 \pm 1.48 ^a	6.88 \pm 1.30 ^a
LS 70-A 30	6.40 \pm 1.74 ^a	6.58 \pm 1.47 ^a	6.70 \pm 1.39 ^a
Coefficiente de variación (%)	23.64	20.59	18.44

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Escala: 1=Me disgusta mucho 9= Me gusta mucho.

¹LS: Lactosuero, ²A: Agua. ³D.E.=Desviación estándar.

4. CONCLUSIONES

- El lactosuero de queso Zamorella de la Planta de Lácteos Zamorano puede ser utilizado como un ingrediente estandarizado en panificación.
- Se puede sustituir hasta un 50% de agua por lactosuero sin influir negativamente en el rendimiento de pan blanco. Los tratamientos con adición de lactosuero presentaron mayor firmeza que el control.
- La sustitución del agua parcialmente por lactosuero dulce redujo el pH del pan blanco, resultó en una coloración amarilla-roja en su miga y mayor coloración roja en su corteza.
- La sustitución con lactosuero dulce hasta un 70% del agua no influyó en la aceptación sensorial de los panes blancos.

5. RECOMENDACIONES

- En próximos estudios hacer un análisis de vida anaquel más prolongado a los panes blancos con lactosuero.
- Realizar un estudio de costos para determinar si es factible usar lactosuero en el pan blanco.
- Evaluar el efecto de uso de lactosuero dulce a mayor concentración en pan blanco.

6. LITERATURA CITADA

Bennion, E.B.1967. Fabricación de Pan, 4.^a ed. Trad. Mariano Álvarez. Alonso Zaragoza, España. Editorial Acribia. 144 p.

Burriton K. 2000. Productos de suero en la panificación. *Industria alimentaria*. 22 (26):19-29.

Dendy, D.A.V., Dobraszczyk, B.J. 2001. Cereales y productos derivados: Pan un alimento único. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 223p.

Divya, N. y Jayaraj Rao, K. 2010 .Studies on utilization of indian cottage cheese whey in wheat bread manufacture. *Journal of Food Processing and Preservation* 34: 975–992.

Escobar, L.F, Rojas, C.A., Giraldo G.A. y Sanabria L.P. 2010. Evaluación del crecimiento de *Lactobacillus Casei* y producción de ácido láctico usando como sustrato el suero de leche de vacuno. *Rev. Invest. Univ. Quindío. Armenia, Colombia* 20: 42 - 49.

Güemes, N., Totosaus, A., Hernandez, J., Soto, S. y Aquino, E.(2009). Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo “concha” fortificado con proteínas de suero de leche. Consultado el 14 de mayo de 2013 (en línea). Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612009000100011&script=sci_arttext

Guerrero Rodríguez W. J., Gomez Aldapa C.A., Castro Rosa J., González Ramírez C.A. y Santos López E.M. 2010. Caracterización fisicoquímica del lactosuero en El Valle de Tulancingo. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, México. 2010. Guanajuato, México, Universidad de Guanajuato. p 321-328.

Hallberg, L.M. and Chinachotia, P. 2002. Fresh Perspective on Staling: The Significance of Starch Recrystallization on the Firming of Bread. *Journal of Food Science*. 67:1092-1096.

Horwitz, W. 2011. Official Methods of Analysis of AOAC Internacional. 18th Edition, 2005. Editorial AOAC. 2590 p.

Inda Cunninham, A.E. 2000. La Leche y el queso (en línea). Consultado el 16 de Julio de 2013. Disponible en <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=O51xfikk6CU%3D&tabid=585>

Inda Cunninham, A.E. 2000. La Leche y el queso (en línea). Consultado el 16 de Julio de 2013. Disponible en <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=O51xfikk6CU%3D&tabid=585>

Jones, S., McNaughton, J. P., McMurtray, T., Sudduth, J. and Wang, E. 1978. Acceptability of one-hour rolls made with sweet whey as the liquid ingredient. *Journal of Food Science*. 43:1033-1035.

Ledezma García, V., Viera Cervantes, D., Pereyra Ávila, J. y Cruz Aguilar, J.A. .2008. Efecto de la adición del suero láctico como retardador del endurecimiento y como modificador del color en la elaboración de pan blanco (tipo francés). X congreso nacional de ciencias y tecnología de los alimentos *Revista Salud Pública y Nutrición*. México.

Mahaut, M., Jeantet, R. y Brulé, G. 2003. Introducción a la tecnología quesera: Desuerado del coágulo. Trad. Silvia Ruiz Sáez. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. p 77.

Montero Lagunes, M., Juárez Lagunes, F.I., y García-Galindo, H.S. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. *Agrociencia*, 43(6), 585-593.

Mota Zanella, V.M., Mireles Mendoza, C .E., Camarena Aguilar, E. A. y Justo, M.B. 2005. Efecto del uso de Masas Congeladas sobre las Características y Textura en Pan Blanco. VII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, México. 2005. Guanajuato, México, Universidad de Guanajuato. p 456-465.

ONN (Organismos Nacional de Normalización de COFOCALEC). 2012. PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche, alimentos lácteos, suero de leche (líquido o en polvo), especificaciones y métodos de prueba.

Padilla, H.F. y Vera, J.J. 2010. Estudio de vida útil del pan de molde blanco. Tesina Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 33p.

Parra Huertas, R. A.2009. Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62(1): 4967-4982.

Planta de Innovación Alimentos (PIA 2013), Zamorano, Honduras .2013.

Ponzio, N.R. 2010. Calidad panadera de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos. Tesis M.Sc., Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de La Plata. 228 p.

Revilla, A. 2000. Tecnología de la leche 3^{ra}.edición revisada, Escuela Panamericana, Zamorano, Honduras, Centroamérica. 34p

Tejero, F. 2003. Hacer pan es fácil: los azúcares en la masa. Editorial Montagud Editores, S.A. Barcelona, España. p 25.

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial del pan blanco con lactosuero.

Hoja de Evaluación Sensorial Prueba hedónica de aceptación de Pan blanco con lactosuero

Nombre: _____
 Nacionalidad: _____
 Fecha: _____

Instrucciones

- Pruebe las muestras de izquierda a derecha, en el orden que se le presenten. Evalúe la apariencia antes de probar cada muestra, marque con una **X** el cuadrado indicando su grado de aceptación para cada uno de los atributos.
- Limpie su paladar con agua y manzana antes y después de cada muestra.

Muestra: _____

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Color									
Aroma									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Observaciones: _____

Muestra: _____

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Color									
Aroma									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Observaciones: _____

Anexo 2. Color: valor L* de la corteza del pan blanco con lactosuero.

Cuadro 13. Valor L* en la corteza del pan blanco con lactosuero

Tratamiento	Día 0	Día 5
	L* ± D.E. ³	L* ± D.E.
LS ¹ 0, A ² 100	48.06 ± 2.94 ^a (x)	46.45 ± 6.91 ^a (x)
LS 30, A 70	47.64 ± 2.33 ^a (x)	47.40 ± 3.85 ^a (x)
LS 50, A 50	44.58 ± 2.09 ^b (x)	43.50 ± 1.20 ^a (x)
LS 70, A 30	46.88 ± 2.00 ^{ba} (x)	44.97 ± 3.58 ^a (x)
Coeficiente de variación (%)	3.98	7.00

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P≤0.05).

x-y Medias con letras diferentes en cada fila son significativamente diferentes (P≤0.05).

Escala: 0=Negro, 100= Blanco.

¹LS=Lactosuero, ²A=Agua.

³D.E.=Desviación estándar.

Anexo 3. Color: valor b* de la corteza del pan blanco con lactosuero.

Cuadro 14. Valor b* en la corteza del pan blanco con lactosuero.

Tratamiento	Día 0	Día 5
	b* ± D.E. ³	b* ± D.E.
LS ¹ 0, A ² 100	20.80 ± 0.89 ^a (x)	20.25 ± 2.33 ^a (x)
LS 30, A 70	20.29 ± 1.50 ^a (x)	20.55 ± 1.28 ^a (x)
LS 50, A 50	19.66 ± 0.90 ^a (x)	19.72 ± 1.10 ^a (x)
LS 70, A 30	20.73 ± 0.79 ^a (x)	20.09 ± 1.33 ^a (x)
Coeficiente de variación (%)	4.69	6.00

^{a-b} Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P≤0.05).

x-y Medias con letras diferentes en cada fila son significativamente diferentes (P≤0.05).

Escala: -60=azul, +60= amarillo. ¹LS: Lactosuero, ²A: Agua. ³D.E.=Desviación estándar.