

Comparativo de tres coagulantes en la elaboración de queso fresco

Comparative of three coagulants in the preparation of fresh cheese

*Carlos Centurión Cabanillas¹, Salvador Zuloeta Romero²,
Federico Vásquez Wong³*

RESUMEN

El presente estudio se realizó en los laboratorios de Lechería y Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque (Perú), con el objetivo de evaluar el cuajo, ácido acético y ácido cítrico en la elaboración de queso fresco. En 20 muestras de leche se analizó: densidad, grasa butirométrica y acidez Dornic y en 60 muestras de quesos frescos el rendimiento quesero, tenor de humedad, grasa y proteína. La leche presentó una densidad de $1,0289 \pm 0,0014$, con un tenor de grasa butirométrica de $3,25 \pm 0,45\%$, una acidez de $16,35 \pm 2,0^\circ$ D, sólidos totales de $11,372 \pm 0,69\%$, sólidos no grasos de $8,13 \pm 0,40\%$ y $2,20 \pm 0,18\%$ de caseína. En los quesos frescos elaborados con dicha leche se obtuvo rendimientos de $8,42 \pm 1,27$; $7,51 \pm 1,20$ y $8,06 \pm 2,37$ L/kg. de queso ($P < 0,05$), el porcentaje de humedad, tenor de grasa y proteína fue de $53,97 \pm 1,11$; $16,62 \pm 3,35$ y $43,99 \pm 1,40$; $54,64 \pm 1,74$, $17,02 \pm 3,34$ y $42,58 \pm 1,84$; $57,16 \pm 2,24$, $17,05 \pm 2,73$ y $41,82 \pm 2,16$ para los quesos elaborados con cuajo, ácido acético y ácido cítrico, respectivamente. Encontrándose diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre tratamientos para humedad y proteína. La regresión del tenor de grasa, sólidos totales y proteína de la leche con el rendimiento quesero se encontró que se adecuaron a una ecuación cuártica y cuyo coeficiente de determinación nos indica una baja dependencia entre ellos. Se concluye que se puede emplear cualquiera de los coagulantes, sin embargo, el queso que tuvo mejor aceptación fue el preparado con cuajo, seguido por los elaborados con ácido acético y ácido cítrico.

Palabras clave: Leche, queso fresco.

¹ Ingeniero Zootecnista. Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Privada Antenor Orrego - Trujillo.

² Ingeniero Agrónomo. Profesor de la Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Lambayeque.

³ Ingeniero Agrónomo. Actividad Privada.

ABSTRACT

This study was carried out in laboratories of Dairy and Animal Nutrition of the Faculty of Zootechny of the National University Pedro Ruiz Gallo of Lambayeque (Peru), with the aim of evaluating rennet, acetic acid, and citric acid in the preparation of fresh cheese. In 20 samples, milk was analyzed: density, butirometric fat, and Dornic acidity, and in 60 samples of fresh cheese, the performance, tenor of moisture, fat and protein. The milk had a density of $1,0289 \pm 0,0014$, with a butirometric fat $3,25 \pm 0,45$ %, an acidity of $16,35 \pm 2,0$ °D, total solids of $11,372 \pm 0,69$ %, not fatty solids $8,13 \pm 0,40$ %, and $2,20 \pm 0,18$ % of casein. The yields of fresh cheeses made with such milk were $8,42 \pm 1,27$; $7,51 \pm 1,20$ and $8,06 \pm 2,37$ L/kg of cheese ($P > 0,05$), the percentage of moisture, fat tenor, and protein were $53,97 \pm 1,11$; $16,62 \pm 3,35$, and $43,99 \pm 1,40$; $54,64 \pm 1,74$, $17,02 \pm 3,34$, $42,58 \pm 1,784$; $57,16 \pm 2,24$, $17,05 \pm 2,73$, and $41,82 \pm 2,16$ for processed cheese with rennet, acetic acid and citric acid, respectively. There were statistical differences ($P > 0,05$) between treatments for moisture and protein. Regression of the tenor of fat, total solids, and performance cheese, milk protein found tailored to a cuartica equation and whose coefficient of determination indicated a low dependency between them. It was concluded that any coagulants can be used, however, cheese that was better accepted was the preparation with rennet, followed by those manufactured with acetic acid and acid citric.

Key words: Milk, fresh cheese.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos es tarea prioritaria en el logro de una buena nutrición, necesidad básica del poblador peruano que en la actualidad no llega a satisfacer los requerimientos mínimos. La leche es un líquido de color entre blanco y amarillento, de aspecto opaco, de consistencia homogénea, olor suave “sui generis”, sabor dulce y agradable, que es secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, destinado a la alimentación de sus crías (Nestlé, s/a).

Físicamente, la leche es un conjunto integrado por una disolución acuosa de diversas materias solubles, tales como azúcares y sales minerales, en la cual se encuentra en estado de emulsión y de otras sustancias insolubles en agua, como la caseína, las grasas, etc. La opacidad de la leche y el tono “lechoso” se debe esencialmente a la suspensión coloidal, proteínas lácticas y sales de calcio. Su densidad es ligeramente superior a la del agua: entre 1,029 y 1,033 (López, 1953; Veramatus, 1977). Químicamente, la leche es una sustancia muy compleja, cuyos principales componentes son: agua, grasa, sustancias agriadas, azúcar y materias minerales (Smith, 1962).

La composición química de la leche de vaca es muy variable, según las razas productoras edad, la fase de lactancia, época del año, naturaleza del forraje, etc. (Smith, 1962). La proporción de los diferentes nutrientes en la leche de vaca puede variar de 3,45 a 5,02% en materia grasa (Belaúnde, 1950; Porter *et al.* 1965; Dukes, 1962; Davies,

1973; Veramatus, 1977; Centurión *et al.* 1982) y en materia nitrogenada de 3,15 a 3,84% (Belaúnde, 1950; Revilla, 1974). Los sólidos totales se encuentran en niveles de 11,6 a 12,0% (Veramatus, 1977; Centurión *et al.* 1982) y los sólidos no grasos entre 8,18 a 8,95% (Montes, 1949; Luna 1952; Navarro, 1961; Veramatus, 1977; Centurión *et al.*, 1982).

El queso es una forma de conservación de los componentes insolubles de la leche: la caseína y la materia grasa. Se obtiene por coagulación de la leche seguida del desuerado, en el curso del cual el lactosuero se separa de la cuajada. Los quesos solubilizados son aquellos de pasta blanda cuya cuajada se ha sometido a lavado para evitar la acidificación demasiado elevada (Alais, 1980).

La composición química del queso en promedio es la siguiente: 25 a 60% agua, 40% de grasa, 8 a 34% proteína, 0,8 a 2,2% de hidratos de carbono y 1 a 4,5% en cenizas (Pacherres, 1989). La composición de un kilo de queso blando es de 240 g. de grasa, 205 g. proteína, 25 g. carbohidratos, 20 g. sales minerales, 500 g. de agua y sal de cocina 10 g. (Zuloeta, 1997).

En la elaboración de quesos debe emplearse la pasteurización rápida, es decir, temperaturas de 71°C a 72°C por 10 a 20 segundos (Minut, 1951).

La coagulación de la leche, físicamente, consiste en la floculación de las micelas de caseína, que se sueldan para formar un gel compacto aprisionando el líquido de dispersión que constituye el suero; para realizar esta floculación se recurre a la acidificación láctea y el cuajo, ningun-

no de estos dos modos de floculación se utiliza absolutamente aisladas (Veisseyre, 1972).

La cuajada de quesería se obtiene por acción simultánea del cuajo y del ácido láctico proveniente de la transformación de la lactosa por las bacterias lácticas. En una cuajada enzimática domina la acción del cuajo y disminuye al máximo la acidificación láctica; y en una cuajada ácida la acción del cuajo es limitada y el agente de la floculación es la acidificación. El mecanismo íntimo de la coagulación de la leche consiste en dos fases (Veisseyre, 1972): El cuajo desdobra el caseinato cálcico de la leche en paracaseinato cálcico y en materia nitrogenada soluble (proteasa) que pasa al suero. El paracaseinato se insolubiliza y forma un gel irreversible en presencia de una cantidad suficiente de sales de calcio en solución que se fijan en el paracaseinato.

El cuajo, fermento láctico o quimosina, principio segregado por el estómago de los animales jóvenes que a pequeñas dosis es capaz de coagular grandes cantidades de leche normal y tibia. Enzima que transforma en gel coloidal la caseína de la leche (Agenjo, 1956). El tiempo de coagulación está determinado por la cantidad de iones de calcio libres y de la acidez de la leche. Así, el mayor tiempo de coagulación de la leche calentada puede ser atribuido a que el calor disminuye el diámetro medio de las partículas de fosfocaseinato (Ramsdell y Hugnagel, 1953).

En la coagulación de la leche, también se puede emplear ácido acético (vinagre blanco) en la proporción de 25 mL/litro de leche, o ácido cítrico (jugo de limón) en la proporción de 2 limones/litro de leche, los que deben agitarse hasta la formación de la cuajada (Zuloeta, 1997).

El rendimiento en el tipo de queso duro varía de 8 a 14 lb/100 lb de leche, dependiendo de la cantidad de grasa y de proteína de la leche y de la pérdida de estos durante el proceso, y de la cantidad de agua incorporada. En los quesos blandos es mayor debido, principalmente, a la mayor cantidad de agua incorporada (Revilla, 1985). El rendimiento de queso de pasta dura con cantidades mínimas fluctúa de 0,850 a 1,010 kg por cada 10 litros de leche (Zuloeta, 1964).

En la elaboración de queso el pequeño productor emplea como coagulante el cuajo por costumbre y transmitida como tradición a través del tiempo. Sin embargo, existen productos de manejo fácil y de uso cotidiano, que se emplean como coagulante en la elaboración de quesos, tales como el vinagre y el jugo de limón, que están al alcance de todos los productores.

Ante esta situación el presente estudio tuvo como objetivo el comparar el rendimiento quesero al emplear

cuajo, vinagre (ácido acético), y jugo de limón (ácido cítrico) en la coagulación de la leche.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue realizado en las instalaciones de los Laboratorios de Lechería y Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Los tratamientos en estudio fueron:

T₀ = Coagulación de la leche con cuajo.

T₁ = Coagulación de la leche con vinagre (ácido acético).

T₂ = Coagulación de la leche con jugo de limón (ácido cítrico).

Se empleó leche fresca de vaca proveniente del establo de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, y de pequeños productores de la ciudad de Monsefú.

Se empleó vinagre blanco y jugo de limón como coagulante no enzimático; y como coagulante enzimático, pastillas de cuajo Hansen y sal refinada de mesa para el proceso de salazón.

La elaboración de los quesos y los análisis de la leche se realizaron en los Laboratorios de Lechería y Nutrición Animal. La recepción de la leche fue en baldes plásticos con tapa y 8 litros de capacidad, y para la elaboración de los quesos se emplearon: ollas de aluminio, cocina a gas, paños o telas, moldes de madera, termómetro de 0 a 110 °C, balanza, pesas para el prensado, cuchillo para el corte de cuajada, coladores plásticos, cinta adhesiva, bolsas plásticas, lápiz y papel mantequilla.

Se tomó 20 muestras de 1000 mL de leche cada una como representativas de la totalidad de la leche empleada en la preparación de los quesos. La densidad se determinó por medio del Lactodensímetro de Quevenne, simultáneamente, se tomó la temperatura y luego, se procedió a la corrección para averiguar el peso específico, que es igual a los gramos que pesa un litro de leche.

$$LC = LD \pm 0,2 X N$$

Donde:

LC = Lectura corregida.

LD = Lectura lactodensimétrica.

0,2 = Constante.

N = Número de grados centígrados por debajo o encima de 15 °C.

La densidad de la leche corregida a 15 °C, se determinó anteponiendo 1.0 (densidad del agua) a los grados lactodensimétricos corregidos.

La determinaci3n de la grasa de la leche y quesos se realiz3 a trav3s del M3todo BABCOCK, los s3lidos totales a trav3s de la f3rmula de FLEISHMANN que es la siguiente:

$$ST = 1.2 \times G \frac{D \times 100}{D} \times 2.665$$

Donde:

- ST = S3lidos Totales.
- G = % de grasa.
- D = Densidad corregida a 15°C.

Asimismo, se emple3 el calculador Ackermann.

Los s3lidos no grasos se calcul3 a trav3s de la siguiente f3rmula:

$$SNG = ST - \% \text{ de grasa}$$

Donde:

- SNG = S3lidos no grasos.
- ST = S3lidos totales.

La Acidez Titulable (AT) a trav3s del m3todo DORNIC, la materia seca por calentamiento hasta obte-

ner peso constante. Se registr3 el peso y se procedi3 al c3lculo.

$$100 - \% \text{ de Materia seca} = \% \text{ de Humedad}$$

La determinaci3n del porcentaje de prote3na fue a trav3s del m3todo Microkjeldahl y el rendimiento quesero se determin3 a partir del volumen de leche que se dispuso para su elaboraci3n.

Para la prueba de degustaci3n se elabor3 una peque1a cartilla para consignar las respuestas. Los quesos fueron cortados en trozos de 1 cm e identificados como 1, 2 y 3, y se puso a disposici3n para su degustaci3n de los alumnos, administrativos y docentes de la Facultad de Ingenier3a Zootecnia y amas de casa de la Urbanizaci3n del Ingeniero de la ciudad de Chiclayo.

Los datos fueron evaluados en un Dise1o Completamente Randomizado. Asimismo, se empleo la Prueba de Duncan para detectar la significaci3n de las diferencias entre tratamientos (Ostle (1979)).

Se calcul3 promedios, desviaciones est3ndares y coeficientes de variabilidad (Calzada,1970) y se aplic3 el modelo de regresi3n lineal y m3ltiple para conocer el de

Cuadro 1
ANALISIS F3SICO QU3MICO DE LA LECHE EMPLEADA

Muestra	Densidad	Grasa (%)	Acidez (°D)	S3lidos totales (%)	S3lidos no grasos (%)	Caseina*
1	1,0291	2,5	18	10,57	8,07	1,90
2	1,0298	2,5	14	10,75	8,25	1,90
3	1,0285	2,9	14	10,90	8,00	2,06
4	1,0289	3,0	16	11,10	8,10	2,10
5	1,0289	3,1	15	11,22	8,12	2,14
6	1,0299	3,0	16	11,35	8,35	2,10
7	1,0273	3,0	17	10,95	7,95	2,10
8	1,0288	3,2	15	10,95	7,93	2,18
9	1,0303	2,8	14	11,21	8,41	2,02
10	1,0273	3,5	16	11,30	7,80	2,30
11	1,0292	3,5	16	11,78	8,28	2,30
12	1,0256	3,6	16	10,69	7,09	2,34
13	1,0312	4,0	21	12,86	8,86	2,50
14	1,0261	2,6	21	9,91	7,31	1,94
15	1,0306	3,4	16	12,00	8,60	2,26
16	1,029	3,7	15	11,96	8,26	2,38
17	1,0288	3,6	16	11,79	8,19	2,34
18	1,0301	3,8	16	12,37	8,57	2,42
19	1,0288	3,8	19	12,04	8,24	2,42
20	1,029	3,5	16	11,73	8,23	2,30
\bar{X}	1,0289	3,25	16,35	11,372	8,131	2,2
S	0,0014	0,453	2	0,696	0,405	0,181

* Calculada por la f3rmula de Van Slyke: Caseina = 0,4 (Grasa - 3) 2,1

Cuadro 2
 RENDIMIENTO DE QUESO SEGÚN COAGULANTE
 (L leche/kg queso)

Muestra	Cuajo	Vinagre	Jugo limón
1	9,09	7,47	6,9
2	8,40	6,94	7,58
3	8,00	6,83	6,85
4	7,41	7,55	7,76
5	8,16	7,76	9,00
6	8,98	7,20	6,02
7	12,50	6,40	7,20
8	8,33	6,67	8,08
9	9,30	6,78	8,33
10	6,94	6,95	16,21
11	8,73	10,00	10,26
12	6,67	10,00	5,26
13	7,69	6,67	5,88
14	8,33	7,14	6,19
15	8,00	6,19	10,64
16	8,70	6,54	7,02
17	8,26	9,29	8,33
18	10,00	6,89	7,84
19	8,03	9,52	9,09
20	6,87	7,41	6,76
\bar{X}	8,42 ^a	7,51 ^a	8,06 ^a
S	1,27	1,20	2,37

a: Sin diferencias significativas.

mejor ajuste que relacionó el contenido de grasa, proteína y porcentaje de sólidos totales con respecto al rendimiento quesero (Ostle, 1979).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la leche

La elección de la leche es sin duda la operación más importante en la industria quesera, ya que la calidad de los quesos depende indirectamente de la materia prima, cualquier defecto de la leche se transmitirá posteriormente al producto.

En el Cuadro 1 se presenta los resultados de los análisis físico-químico de la leche empleada en el presente estudio. Observándose una densidad de $1,0289 \pm 0,0014$, corregida a 15 °C, que corresponde a una leche normal según lo reportado por López (1953) y Veramatus (1977). Su calidad, desde el punto de vista higiénico y biológico, también corresponde a una leche normal en función a su acidez presentada de $16,35 \pm 2,0$ °D (Zuloeta, 1997). El tenor de grasa butirométrica fue ligeramente menor a los repor-

tes de Belaunde (1950), Dukes (1962), Davies (1973), Veramatus (1977), y Centurion *et al.* (1982). El rango de 2,797 a 3,703% de grasa butirométrica de la leche empleada en el presente estudio, puede atribuirse a que su adquisición se hizo de diferentes productores, los cuales, es de suponer, no emplean el mismo manejo del hato lechero, y sobre todo en lo relacionado al régimen alimenticio (Sarria, 1973; Belaunde, 1950; Davies, 1973; Smith, 1962).

El porcentaje de sólidos totales en la leche fue de $11,372 \pm 0,696$ que resulta menor a los 11,6 a 12,0% reportados por Veramatus (1977) y Centurión *et al.* (1982) variación que puede ser atribuida al tenor de grasa de la leche. Y al determinar los sólidos no grasos éstos fueron similares a los reportados por Montes (1949), Luna (1952), Navarro (1961), Veramatus (1977) y Centurión *et al.* (1982).

El porcentaje de caseína estimado a través de las fórmulas propuestas por Van Slyke nos indica un promedio de $2,2 \pm 0,181\%$ lo cual es menor al 3% referido por Shopflocher (1967), diferencia que está plenamente justificada porque el cálculo está en función al tenor de grasa.

Características de la cuajada

La cuajada obtenida en el presente estudio mediante la coagulación enzimática (cuajo), presentó una textura cerrada, homogénea, con aspecto y consistencia de un plan, debido a que el cuajo retiene gran parte de las sales insolubles de la leche. Mientras que las cuajadas obtenidas por coagulación no enzimática (vinagre y jugo de lim3n) presentaron una textura relativamente abierta, poco elástica y poco homogénea, debido a que las sales insolubles, son transformados en solubles por acción de los ácidos, y se pierden al momento del desuerado (Sylvester y Lora, 1972).

Los rendimientos queseros obtenidos para los quesos frescos elaborados con un coagulante enzimático (cuajo) y dos no enzimáticos (vinagre y jugo de lim3n) fueron de $8,42 \pm 1,27$; $7,51 \pm 1,20$ y $8,06 \pm 2,37$ L, respectivamente, (Cuadro 2). Al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, lo cual es confirmado con la Prueba de Duncan ($P < 0,05$) (Cuadro 1A y 2A).

Los rendimientos queseros obtenidos son coinciden-

tes con los reportes de Revilla (1985) para quesos frescos y menores a los referidos por Zuloeta (1964) para quesos de pasta dura al emplear unidades mínimas.

En el Cuadro 2, se muestra la cantidad de leche que ha sido necesaria utilizar para obtener un kilogramo de queso fresco. Los rendimientos queseros obtenidos para los quesos frescos elaborados con un coagulante enzimático (cuajo) y dos no enzimáticos (vinagre y jugo de lim3n) fueron de $8,42 \pm 1,27$; $7,51 \pm 1,20$ y $8,06 \pm 2,37$ L, respectivamente. Al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, lo cual es confirmado con la Prueba de Duncan ($P < 0,05$) (Cuadro 1A y 2A). Los rendimientos queseros obtenidos son coincidentes con los reportes de Revilla (1985) para quesos frescos y menores a los referidos por Zuloeta (1964) para quesos de pasta dura al emplear unidades mínimas.

Rendimiento quesero

El efecto del contenido de grasa de la leche con respecto al rendimiento quesero fue cúbico significativo

Cuadro 3
HUMEDAD, GRASA Y PROTEINA DE LOS QUESOS

Muestra	Humedad (%)			Grasa (%)			Proteína (%)		
	Cuajo	Vinagre	Jugo lim3n	Cuajo	Vinagre	Jugo lim3n	Cuajo	Vinagre	Jugo lim3n
1	52,06	52,85	55,71	21,0	19,0	16,5	41,90	37,20	34,81
2	52,69	50,53	56,42	20,5	19,0	19,0	40,52	39,50	39,43,
3	52,09	56,56	52,94	18,5	18,0	20,5	44,20	43,62	43,45
4	53,71	56,21	57,11	22,0	12,0	21,0	42,36	41,65	40,56
5	53,74	54,33	58,44	22,0	18,0	18,0	42,80	41,73	40,69
6	54,15	54,10	55,77	17,0	17,0	21,0	43,51	42,33	41,49
7	53,61	54,64	59,62	11,0	18,0	16,0	44,48	43,98	43,70
8	56,69	56,90	61,34	19	20,0	15,0	46,78	45,59	44,90
9	54,60	54,20	59,65	14,0	15,0	17,0	43,81	43,17	42,67
10	53,79	54,80	54,75	16,0	17,0	15,0	44,84	42,51	42,28
11	55,77	55,40	56,85	18,0	17,0	15,0	46,33	44,46	43,31
12	53,00	53,50	57,55	16,0	27,0	16,0	43,50	42,40	43,05
13	54,94	55,70	58,75	17,0	15,0	19,0	44,70	43,10	40,12
14	53,80	52,95	55,65	12,0	17,0	15,0	44,51	42,93	42,76
15	54,10	55,85	59,62	16,5	20,0	20,0	43,60	44,95	40,49
16	54,40	53,35	54,78	15,0	14,0	16,0	43,99	42,71	43,54
17	53,90	57,21	54,60	16,0	12,0	20,0	44,83	41,56	42,45
18	53,6	51,99	56,90	15,0	13,5	13,0	44,61	41,99	41,99
19	54,80	56,25	57,90	10,0	15,0	11,0	44,05	43,80	42,80
20	54,10	55,50	57,10	16,0	17,0	17,0	44,66	42,67	42,19
\bar{X}	53,97 ^b	54,641 ^b	57,165 ^a	16,625 ^a	17,025 ^a	17,050 ^a	43,99 ^a	42,588 ^b	41,823 ^b
S	1,11	1,746	2,242	3,356	3,342	2,738	1,409	1,849	2,168

($p < 0,05$) para los quesos elaborados con coagulante enzimático (cuajo) y cuya ecuación es

$$\hat{y} = 3.4113x^3 - 32.863x^2 + 103.57x - 98.209$$

similar tendencia se obtuvo con aquellos quesos elaborados con los coagulantes no enzimáticos, siendo las ecuaciones: $\hat{y} = 5.340x^3 - 51.252x^2 + 161.21x - 173.47$ para el ácido acético, y para el ácido cítrico de

$$\hat{y} = 8.649x^3 - 79.235x^2 + 238.63x - 242.84$$

El efecto del porcentaje de sólidos totales de la leche con respecto al rendimiento quesero fue cuártico significativo ($P < 0,05$), siendo sus ecuaciones:

$$\hat{y} = 0.6371x^4 - 29.061x^3 + 495.71x^2 - 3747.8x - 1.0587$$

$$\hat{y} = 0.4362x^4 - 19.486x^3 + 325.66x^2 - 2413.3x + 6683.5$$

$$\hat{y} = 1.2152x^4 - 56.141x^3 + 968.37x^2 - 7390.1x + 21060$$

para los quesos elaborados con cuajo, vinagre y limón. Y al evaluar el efecto del contenido proteico de la leche con relación al rendimiento quesero fue significativo ($P < 0,05$), tanto con los elaborados con cuajo, vinagre y jugo de limón, siendo sus ecuaciones:

$$\hat{y} = 357,61x^4 - 3201,7x^3 + 10711x^2 - 15,67x$$

$$\hat{y} = 287,66x^4 - 2449,2x^3 + 7789,7x^2 - 10971x + 5767,4$$

$$\hat{y} = 503,82x^4 - 4570,2x^3 + 15457x^2 - 2310x + 12880,$$

En general, los coeficientes de determinación indican una baja influencia del tenor de grasa, proteína y sólidos totales sobre el rendimiento quesero.

Características de los quesos

Los quesos elaborados en el presente estudio no presentaron defectos de color en ninguno de los tratamientos, lo que nos indica que la distribución de la sal (sala-zón) fue adecuada, y de otro lado, aparentemente no hubo contaminación microbiana. Sin embargo, el cuerpo de los quesos elaborados con coagulantes no enzimáticos no presentaron mucha cohesión al compararlos con los elaborados con cuajo (coagulante enzimático) a pesar del buen moldeado y prensado, lo cual puede atribuirse a que la cuajada por acción de los ácidos es mineralizada.

En el Cuadro 3 se observa los contenidos de humedad de los quesos elaborados, siendo $57,97 \pm 1,11$, $54,641 \pm 1,746$ y $57,165 \pm 2,242\%$ para los quesos elaborados con cuajo, vinagre y jugo de limón, los mismos que están dentro de los porcentajes referidos para quesos frescos por Zuloeta (1997).

Al analizarlos estadísticamente se determinó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos y a la Prueba de Duncan ($P < 0,05$) nos indica que los quesos

elaborados con jugo de limón difieren de aquellos en los que se empleó vinagre y cuajo, y no existe diferencias entre éstos (Cuadros 2A y 4A).

En el Cuadro 3 se observa los tenores de $16,625 \pm 3,356$, $17,025 \pm 3,42$ y $17,050 \pm 2,738\%$ de grasa butirométrica para los quesos elaborados con cuajo, vinagre y jugo de limón, respectivamente, los mismos que al ser analizados estadísticamente no se encontró diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$), lo cual es confirmado por la Prueba de Duncan ($P < 0,05$) (Cuadro 5A y 6A).

El contenido de proteína cruda en base seca fue de $43,999 \pm 1,409$, $42,588 \pm 1,849$, y $41,823 \pm 2,168\%$ para los quesos elaborados con cuajo, vinagre y jugo de limón, respectivamente. Al análisis estadístico se encontró diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos y a la Prueba de Duncan ($P < 0,05$) se determinó que los quesos frescos obtenidos con el coagulante enzimático fue superior a los otros tratamientos que elaboraron con coagulantes no enzimáticos, siendo el tenor proteico similar entre ellos (Cuadro 7A y 8A).

Prueba de degustación

Los quesos elaborados con los tres coagulantes se sometieron a una prueba de degustación, para lo cual se conformó un panel de 30 personas, integrado por docentes, alumnos y administrativos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia y amas de casa residentes en la Urbanización del Ingeniero. La prueba consistió de tres etapas y cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.

En la primera fase el 100% de los panelistas encontraron diferencias entre las tres muestras identificadas como M_1, M_2 y M_3 . En la segunda fase se determinó que los panelistas en su totalidad prefirieron la M_2 (cuajo) seguido del M_3 (vinagre) y por último la M_1 (limón). Y finalmente, en la III fase, la muestra M_2 (cuajo) fue la de total aceptación por el sabor y textura, seguido por M_3 (vinagre) manifestando un 80% la similitud con M_2 (cuajo) y 20% indicó que era al M_2 (cuajo); y la M_1 sólo alcanzó un 10% de aceptación y 90% lo rechazó por el acentuado sabor a limón.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los coagulantes no enzimáticos (vinagre y jugo de limón) pueden ser empleados en la elaboración de quesos frescos por obtenerse rendimientos queseros comparables a los obtenidos con el coagulantes enzimático (cuajo). Los quesos elaborados con cuajo y vinagre tienen similar aceptación por el consumidor.

El tenor de la grasa butirom3trica de la leche influye sobre el tenor de case3na en la leche y en la textura del queso fresco.

Se recomienda:

Incentivar el uso de vinagre (3cido ac3tico) como coagulante no enzim3tico en la elaboraci3n de quesos frescos, cuando el productor no cuente con el coagulante enzim3tico (cuajo).

5. REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS

Agenjo, C. 1956. Enciclopedia de la Leche. Editorial Espasa Calde S.A. Barcelona, Espa1a. 690 pp.

Alais, CH. 1980. Enciclopedia de la Leche. Editorial Espasa Calde S.A. Madrid, Espa1a. 580 pp.

Bela3nde, H. 1950. La influencia de la alimentaci3n en la producci3n de leche. Tesis Ingeniero Agr3nomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Per3. 60 pp.

Calzada, C. 1970. M3todos Estad3sticos para la Investigaci3n. Editorial Jur3dica S.A. Lima, Per3. 644 pp.

Centurion, C. S. Zuloeta y Fonseca, J. 1982. Cantidad y tipos de tratamientos de la leche consumida en el 3rea Piloto de M3rrope. U. N. P. R. G. Lambayeque, Per3. 65 pp.

Davies, R. 1973. La Vaca Lechera, su cuidado y Explotaci3n, Editorial Limusa Wiley S.A. M3xico DF. P3g. 30-96.

Dukes, H. 1972. Fisiolog3a de los Animales Dom3sticos. 2º Edici3n Editorial Aguilar. Madrid, Espa1a. P3g. 860 - 869.

L3pez, P. 1953. Ganado Cabr3o. 1ª Edici3n. Editorial Salvat Editores S.A. Barcelona, Espa1a. 299 pp.

Luna, S. 1952. La calidad de leche de la gran Lima. Tesis Ingeniero Agr3nomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Per3. 65 pp.

Minut, J. 1951. Elaboraci3n de Quesos. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. P3g 11 - 16.

Montes, J. 1949. Composici3n y variaci3n de la leche en Lima. Tesis Ingeniero Agr3nomo. Escuela Nacional de Agricultura. Lima, Per3. 58 pp.

Navarro, R. 1961. Estudio estad3stico de la grasa y s3lidos no grasos de la leche producida en zonas de Lima, Ca1ete y San Felipe Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Per3. 72 pp.

Nestl3. S/a. La leche. Bolet3n de Divulgaci3n 79 pp.

Ostle, B. 1979. Estad3stica Aplicada. Editorial. Limusa S.A. M3xico DF 629 pp.

Pacherres, L. 1989. Tabla de Composici3n Bioenerg3tica. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Per3. 33 pp.

Porter, A. R., Sims, J.A. and P. Foreman. 1965. Dairy Cattle in American Agriculture Farms. Iowa State University Press. USA. 328 pp.

Revilla, A., 1974. Tecnolog3a de la Leche. 4º Edici3n Editorial Hermanos Herrera S.A. M3xico DF. 160 pp.

Revilla, A., 1985. Tecnolog3a de la Leche, Manufactura y An3lisis. IICA. San Jos3, Costa Rica.

Ramsdall, G and C. Hugnagel. 1953. Effect of heat on the physical and chemical composition of skim milk. Actas 13 th. International Dairy Congress.

Sarria, M. 1973. El ganado lechero. Centro Regional de Ayuda T3cnica. AID. M3xico DF. 54 pp.

Schopflochier, R. 1968. Enciclopedia Agropecuaria. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.

Silvestre, F. y M. Lora. 1972. Industrias L3cteas. Departamento de Tecnolog3a de Alimentos y Productos Agropecuarios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Per3.

Smith, Y. 1962. Fisiolog3a de la Lactancia. Editorial SIC - IICA de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 110pp.

Veramatus, B. C 1977. Estudio de algunos aspectos bromatol3gico de la leche de vaca que se produce en el valle de Piura. Tesis Ingeniero Universidad Nacional de Piura. Piura, Per3. 66 pp.

Veisseyre, R. 1972. Lactolog3a T3cnica. Editorial Acribia. Zaragoza, Espa1a.

Zuloeta, S. 1964. Elaboraci3n de quesos de pasta dura con unidades m3nimas. Tesis Ingeniero Agr3nomo. Universidad Nacional Agraria del Norte. Lambayeque, Per3 63 pp.

Zuloeta, S. 1997. Productos derivados de la leche. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Per3. 80pp.

Cuadro 4

PRUEBA DE DEGUSTACION DE QUESOS FRESCOS

Fase	Par3metro	Resultado		
I	Prueba de diferencias	SI	30	100%
		NO	0	0%
II	Ranking de preferencias	M ₁	3º	
		M ₂	1º	100%
		M ₃	2º	
III	Aceptaci3n por sabor y textura	M ₁	10%	
		M ₂	100%	
		M ₃	80%	

M₁ = LIMON M₂ = CUAJO M₃ = VINAGRE.

ANEXOS

Cuadro 1A

ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA CARACTERÍSTICA
RENDIMIENTO QUESERO

FV	GL	SC	CM	FC	SIGN	ft. 0,5	ft. 0,1
TRATAMIENTO	2	8,391	4,196	1,45	NS	3,17	5,01
ERROR	57	164,890	2,893				
TOTAL	59	173,281					

CV = 21,27%

Cuadro 2A

PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN (0,05)
PARA RENDIMIENTO QUESERO

Tratamientos	Rendimiento quesero SIGN
Cuajo	8.420 a
Limón	8.060 a
Vinagre	7.510 a

X = 7,997 DLSO.05 1,080 1,137

Cuadro 3A

ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA CARACTERÍSTICA
HUMEDAD - QUESO

FV	GL	SC	CM	FC	SIGN	ft. 0,5	ft. 0,1
TRATAMIENTO	2	104,859	52,43	17,696	NS	3,17	5,01
ERROR	57	168,875	2,963				
TOTAL	59	273,734					

CV = 3,12 %

Cuadro 4A

PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN (0,05)
PARA HUMEDAD - QUESO

Tratamientos	Rendimiento quesero SIGN
Limón	57,047 a
Vinagre	54,641 b
Cuajo	53,967 b

X = 55,219 DLSO.05 1,093 1,151

Cuadro 5A

ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA CARACTERÍSTICA
GRASA - QUESO

FV	GL	SC	CM	FC	SIGN	ft. 0,5	ft. 0,1
TRATAMIENTO	2	2,275	1,138	0,114	NS	3,17	5,01
ERROR		568,625	9,976				
TOTAL	59	570,9					

CV = 18,69 %

Cuadro 6A
PRUEBA DE SIGNIFICACI3N DE DUNCAN (0,05)
PARA GRASA - QUESO

Tratamientos	Rendimiento quesero SIGN
Lim3n	17.50 a
Vinagre	17.51 a
Cuajo	16.625 a

X = 16,900 DLSO,05 2,408

Cuadro 7A
AN3LISIS DE VARIANCIA PARA LA CARACTER3STICA
PROTEINA

FV	GL	SC	CM	FC	SIGN	ft. 0,5	ft. 0,1
TRATAMIENTO	2	48,742	24,371	7,236	NS	3,17	5,01
ERROR	57	191,977	3,368				
TOTAL	59	240,719					

CV = 4,29 %

Cuadro 8A
PRUEBA DE SIGNIFICACI3N DE DUNCAN (0,05)
PARA PROTEINA

Tratamientos	Rendimiento quesero SIGN
Cuajo	43,999 a
Vinagre	42,588 b
lim3n	41,823 b

X = 42,803 DLSO.05 1,399