



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**  
**Y TECNOLOGÍA QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO QUESERO PRÁCTICO Y SU  
CORRELACIÓN CON ECUACIONES PREDICTIVAS DE  
RENDIMIENTO TEÓRICO, EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO  
GAUDA ELABORADO A PARTIR DE LECHE CON Y SIN  
ADICIÓN DE RETENTADO PROVENIENTE DE LA  
ULTRAFILTRACIÓN DE LECHE**

**Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos**

**PROFESOR PATROCINATE**

**Dr. (c) Alicia Rodríguez Melis**  
Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química  
Universidad de Chile

**DIRECTORES DE MEMORIA**

**Carlos Ríos Rodríguez**  
Gerente de Planta Osorno  
Empresa Watt's S.A

**Dr. (c) Alicia Rodríguez Melis**  
Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química  
Universidad de Chile

**DIANA PATRICIA REYNAUD CABELLO**

**Santiago - Chile**

**2013**

## DEDICATORIA

*Dedicado con amor  
a mis padres,  
Antonio y Marta y  
a mis hermanos, Antonio y Paul*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su incondicional apoyo, paciencia y comprensión.

A la profesora Alicia Rodríguez, profesor patrocinante y director, por sus consejos, comprensión y apoyo durante este trabajo

Al Sr. Carlos Ríos, Gerente Planta Osorno de la empresa Watt's S.A, por su constante apoyo, consejos y confianza depositada durante el desarrollo de este trabajo.

Al Sr. Alejandro Martínez, Jefe de Área y a la Sra. Kattia Lillo, Supervisor de Procesos y a todo el personal que trabaja en la Quesería Tebel, especialmente a los maestros queseros por su ayuda y compartir sus conocimientos conmigo.

A mis compañeros de Universidad que alegraron mis años en ella, y por los inolvidables momentos compartidos.

A la empresa Watt's S.A., Planta Osorno, por la confianza y oportunidad para desarrollar este trabajo de memoria.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Características generales del queso Gauda.....	2
2.2 Definición de rendimiento quesero.....	2
2.3 Factores que influyen sobre el rendimiento quesero.....	4
2.3.1 Composición de la leche.....	5
2.3.2 Variaciones estacionales de leche.....	5
2.3.3 Estandarización de la leche.....	6
2.3.4 Características composicionales del queso.....	7
2.3.5 Constituyentes de la leche perdidos en el suero.....	8
2.3.6 Pérdida de humedad del queso durante la maduración.....	9
2.4 Determinación del rendimiento quesero teórico.....	10
2.4.1 Clasificación de las ecuaciones utilizadas para la determinación del rendimiento quesero teórico.....	10
2.5 Separación por membranas.....	11
2.5.1 Proceso de separación por membranas.....	11
2.5.2 Clasificación de los procesos de separación cuya fuerza impulsora es la presión.....	13
2.5.3 Ultrafiltración aplicada a la elaboración de quesos.....	14
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>16</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16

<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
5.1	Materiales.....	18
5.1.1	Materia prima.....	18
5.1.2	Insumos.....	18
5.1.3	Equipos.....	19
5.1.3.1	Equipos de la quesería.....	19
5.1.3.2	Equipos de laboratorio.....	19
5.2	Metodología.....	20
5.2.1	Ensayos.....	20
5.2.2	Elaboración y caracterización mediante análisis físico-químico de la leche para elaborar queso Gauda.....	20
5.2.2.1	Pasteurización de la leche.....	20
5.2.2.2	Proceso de ultrafiltración de la leche.....	20
5.2.2.3	Estandarización de la leche para elaborar queso Gauda.....	21
5.2.2.4	Caracterización físico-química de la leche para elaborar queso Gauda.....	21
5.2.3	Producción y caracterización mediante análisis físico-químico del queso Gauda.....	22
5.2.3.1	Características del queso Gauda según especificaciones de la empresa.....	22
5.2.3.2	Análisis físico-químico del queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido.....	23
5.2.3.3	Análisis físico-químico del suero proveniente de la elaboración del queso Gauda.....	23
5.2.4	Determinación del rendimiento quesero práctico.....	25
5.2.5	Determinación del rendimiento quesero teórico mediante la aplicación de diferentes ecuaciones matemáticas.....	25
5.2.6	Determinación de la correlación entre el rendimiento práctico del	

	queso Gauda y las ecuaciones de rendimiento teórico.....	26
5.2.7	Análisis estadístico.....	26
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>28</b>
6.1	Composición físico-química de la leche fluida y mezcla de leche fluida-retentado utilizada en la elaboración de queso Gauda.....	28
6.2	Composición físico-química del suero obtenido durante el proceso de elaboración de queso Gauda.....	34
6.3	Características físico-químicas del queso Gauda.....	38
6.3.1	Contenido de humedad del queso Gauda.....	38
6.3.2	Contenido de materia grasa del queso Gauda.....	42
6.3.3	Contenido de proteína total del queso Gauda.....	44
6.3.4	Contenido de sal del queso Gauda.....	46
6.3.5	Análisis de pH del queso Gauda.....	47
6.4	Rendimientos del queso Gauda.....	49
6.4.1	Coeficientes de retención de la materia grasa y proteína total.....	49
6.4.2	Rendimiento quesero práctico.....	51
6.4.3	Rendimiento quesero teórico.....	56
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>64</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ecuaciones matemáticas para calcular el rendimiento quesero teórico.....	25
Tabla 2.	Composición físico-química de la leche fluida y mezcla leche fluida-retentado utilizada en la elaboración de queso Gauda.....	28
Tabla 3.	Composición físico-química del 1º suero obtenido durante el proceso de elaboración del queso Gauda.....	34
Tabla 4.	Componentes de la leche perdidos a través del 1º suero.....	35
Tabla 5.	Contenido de humedad (%) del queso Gauda.....	39
Tabla 6.	Contenido de materia grasa (%) en base total y base seca del queso Gauda.....	42
Tabla 7.	Contenido de proteína total (%) del queso Gauda.....	45
Tabla 8.	Contenido de sal (%) del queso Gauda.....	46
Tabla 9.	Análisis de pH del queso Gauda.....	48
Tabla 10.	Coefficientes de retención de proteína total y materia grasa al inicio de la maduración del queso Gauda.....	49
Tabla 11.	Rendimiento práctico del queso Gauda (kg de queso/100 kg leche).....	52
Tabla 12.	Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y los componentes de la leche.....	54
Tabla 13.	Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y las ecuaciones predictivas de rendimiento teórico.....	57
Tabla 14.	Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda para el Ensayo 1.....	58
Tabla 15.	Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda para el Ensayo 2.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de bloques del proceso de elaboración de queso Gauda.....	24
Figura 2.	Estandarización de la leche para elaborar queso Gauda.....	31
Figura 3.	Humedad al Día 15 para cada una de las repeticiones realizadas en ambos Ensayos.....	41
Figura 4.	Materia grasa en base seca para cada una de las repeticiones realizadas en ambos Ensayos.....	44
Figura 5.	Relación entre el rendimiento práctico y la proteína total.....	55
Figura 6.	Relación entre el rendimiento práctico y la materia grasa.....	55
Figura 7.	Relación entre el rendimiento práctico y la caseína.....	56
Figura 8.	Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda elaborado para el Ensayo 1.....	59
Figura 9.	Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda elaborado para el Ensayo 2.....	60

## RESUMEN

Se elaboró queso tipo Gauda a partir de leche con y sin adición de retentado proveniente de la ultrafiltración de leche. Se estudió el rendimiento quesero práctico y se correlacionó estos resultados con ecuaciones predictivas de rendimiento teórico para ambas elaboraciones.

El rendimiento práctico del queso se determinó en base a la masa de queso obtenido a partir de 100 kilogramos de leche y el rendimiento teórico se calculó mediante ecuaciones seleccionadas desde la literatura técnica y se compararon con sus propios rendimientos prácticos, seleccionando así aquellas ecuaciones que presentaron la mejor correlación con el rendimiento práctico.

Se determinó la composición físico-química de la leche fluida, mezcla de leche fluida-retentado, suero y queso recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido, estos resultados fueron utilizados en cada ecuación, en el cálculo del rendimiento teórico.

El rendimiento quesero práctico fue de 10,81 kg queso/100 kg leche para el queso Gauda elaborado solo con leche fluida y de 11,99 kg queso/100 kg leche para el queso elaborado con la mezcla de leche fluida-retentado.

Se determinó el rendimiento teórico para cada elaboración de queso Gauda y mediante análisis de correlación de Pearson se determinó que para la elaboración de queso Gauda a partir solo de leche fluida la ecuación que tuvo la mejor correlación fue la de Lelièvre *et al.* (1983) con un índice de correlación  $r = 0,7024$  ( $p \leq 0,05$ ) y para la elaboración de queso a partir de la mezcla de leche fluida-retentado se seleccionó la ecuación de Jensen (1971) con un índice de correlación  $r = 0,8811$  ( $p \leq 0,05$ ).

## ABSTRACT

### **Evaluation of actual cheese yield and its correlation with equations to predict the theoretical yield, in Gauda cheese production from milk with and without addition of retentate from ultrafiltration of milk**

Gauda type cheese was prepared from milk with and without addition of retentate from ultrafiltration of milk. Actual cheese yield was studied and these results were correlated with predictive equations from theoretical performance for both preparations.

Actual yield of cheese was determined based on the mass of cheese obtained from 100 kilograms of milk. Theoretical yield was calculated using equations selected from technical literature that were compared with actual yields, selecting the equations that presented the best correlation with actual yields.

The physical and chemical composition of fluid milk, a mix of fluid milk – retentate, whey and recently prepared and ready for marketing cheese was determined. These results were used in each equation, in the calculation of theoretical yield.

The actual cheese yield was 10,81 kilograms cheese/100 kilograms milk for Gauda cheese prepared using fluid milk alone and 11,99 kilograms cheese/100 kilograms milk for cheese prepared from a fluid milk-retentate mix.

Theoretical yield was determined for each Gauda cheese preparation using Pearson's correlation analysis. In the preparation of Gauda cheese from fluid milk alone, the equation with the best correlation was Lelièvre *et al.* (1983) with a correlation index  $r = 0,7024$  ( $p \leq 0,05$ ). Jensen's equation (1971) was

selected to prepare cheese from a fluid milk –retentate mix using a correlation index  $r = 0.8811$  ( $p \leq 0,05$ ).

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos más importantes que afectan la economía de la industria lechera es el rendimiento de producción, por lo tanto, la optimización de estos rendimientos se ha convertido en un desafío permanente (Emmons, 1991a).

Los factores que influyen en el rendimiento quesero están asociados principalmente a: (i) composición de la leche, especialmente la caseína y el contenido de materia grasa, (ii) el contenido final de humedad del queso y (iii) el grado de proteína y materia grasa en la recuperación de la cuajada o la pérdida de componentes de la leche en el suero durante el proceso de elaboración (Brito *et al.*, 2002).

Numerosas ecuaciones de predicción para el rendimiento quesero han sido desarrolladas para supervisar la elaboración del queso y evaluar la eficiencia del proceso (Emmons, 1990). Las ecuaciones que permiten determinar el rendimiento quesero teórico incluyen los parámetros de la composición de la leche, los parámetros de la composición de queso o ambos. Sin embargo, como en el rendimiento práctico, los resultados derivados del uso de ecuaciones dependerán de la variedad de queso elaborado, condiciones de procesamiento, el coeficiente de recuperación de la caseína y materia grasa, el nivel de humedad en el queso y la exactitud de los métodos analíticos utilizados (Olson, 1977; Van Boekel, 1994).

De esta forma, en este estudio se ha planteado determinar las correlaciones de los rendimientos prácticos encontrados frente a ciertas ecuaciones previamente obtenidas desde la literatura, a fin de seleccionar una o más ecuaciones de aplicación práctica en la industria lechera.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Características generales del queso Gauda**

De acuerdo a la Norma Chilena Oficial para queso Gauda, NCh 2478 Of. 1999. Productos lácteos - Queso Gauda - Requisitos, el queso Gauda se puede definir como un queso madurado, sin cáscara, que se elabora con leche pasteurizada de vaca, obtenido por coagulación enzimática coadyudado por la acidez desarrollada por los cultivos lácticos puros que se agregan; su maduración se produce en un envase de material retráctil durante un mínimo de 15 días en condiciones controladas.

Las características organolépticas que debe presentar el queso Gauda son: una consistencia firme y elástica, adecuada para cortar y laminar; el color de la masa interna debe ser amarilla pálida y constar de una masa cerrada con escasos ojos redondos (de cultivos lácticos); la forma del queso debe ser en block rectangular, con pesos de 2 kg a 15 kg. (INN, 1999).

El queso Gauda, junto con el tradicional Chanco, son los quesos más producidos en Chile, y se estima que representan más del 60% de la producción total industrial de quesos de leche de la especie bovina en el país, que en 2011 correspondió a un total de 66.679.192 kg/año (ODEPA, 2011).

### **2.2 Definición de rendimiento quesero**

El rendimiento quesero o el rendimiento de la transformación de la leche en queso es la expresión matemática de la cantidad de queso obtenido a partir de una determinada cantidad leche, generalmente 100 L o 100 kg (Emmons, 1991b).

Otras formas de expresión pueden también ser empleadas para expresar este concepto:

- Fracción de un determinado constituyente de la leche o grupos de constituyentes, los cuales son retenidos en el queso (proteínas y caseínas, extracto seco magro) (Eck, 1990).
- Kilogramos de materia seca del queso por 100 Kilogramos de leche (FIL-IDF, 1991).

Gilles y Lawrence (1985), mencionan que la más conveniente forma de expresión de rendimiento quesero está basada en los kilogramos de queso obtenidos a partir de 100 kg de leche, debido a que expresa con una mejor precisión las variaciones presentes en el rendimiento quesero, al igual que las variaciones en los sólidos totales de la leche a través de las temporadas. No obstante, algunos autores señalan que la forma de representar el rendimiento basado en el peso de la leche posee la dificultad que leches con pesos iguales, pero con diferente contenido de sólidos, resultará en distintos rendimientos.

De acuerdo con Banks *et al.* (1984) y Gilles y Lawrence (1985) esta dificultad puede ser superada a través de la medición del peso de la caseína, materia grasa de la leche y del queso y permitir que el rendimiento quesero sea expresado sobre la base del porcentaje recuperado de caseína y materia grasa de la leche.

Sin embargo, es evidente que esta definición debe ser complementada por la necesidad de fabricar productos que estén de acuerdo con la legislación vigente y por tanto, presentar un peso determinado y una composición definida, consiguiendo el mejor rendimiento posible (Eck, 1990; Dumais *et al.*, 1991).

Como la composición de la leche varía y por lo tanto también el rendimiento, es importante definir la expresión de rendimiento como “kilogramos

de queso por 100 kg de leche conteniendo X% de materia grasa y un Y% de proteína o caseína (preferentemente). Debido al uso de ciertos procesos tales como la ultrafiltración es imprescindible utilizar ésta definición (Emmons, 1991b).

### **2.3 Factores que influyen sobre el rendimiento quesero**

Los factores que influyen sobre el rendimiento y eficiencia quesera son: la composición de la leche particularmente el contenido de caseína y materia grasa, humedad final del queso y las pérdidas de constituyentes de la leche a través del proceso de elaboración; es decir el coeficiente de recuperación de cada componente (Gilles y Lawrence, 1985).

En relación a la composición de la leche, los niveles de los componentes presentes en ésta, se encuentran influenciados principalmente por dos factores: genéticos y medioambientales. Entre los factores genéticos se encuentra la selección de animales y la raza del ganado, dentro de los factores medioambientales se encuentran los factores climáticos como la estación del año y temperatura; los factores fisiológicos como estado de gestación y lactación, edad y salud del ganado; los factores alimentarios como la nutrición y frecuencia y forma de ordeño (Alais, 1985).

Otras causales que afectan indirectamente el rendimiento quesero a través de la influencia que tienen sobre la consistencia de la cuajada son: el tamaño del corte de los granos, la acidez, la temperatura de cocción, la agitación y el prensado del queso (Dumais *et al.*, 1991).

Gilles y Lawrence (1985), mencionan además el uso de otras tecnologías como la ultrafiltración como un factor influyente en el rendimiento quesero.

### **2.3.1 Composición de la leche**

Steffen (1983), señala que la composición de la leche que va a ser usada en la elaboración de quesos, es de significación primordial en lo que se refiere al rendimiento.

El potencial de la leche para la producción de queso, depende en gran medida de la composición de leche, principalmente en relación a materia grasa y proteína en particular la caseína (Gilles y Lawrence, 1985).

Alais (1985), indica que la influencia de las proteínas es preponderante en lo que se refiere al rendimiento quesero, ya que cada gramo de caseína aporta un peso muy superior al que aporta un gramo de materia grasa, esto se debe a que la caseína tiene la capacidad de absorber agua varias veces superior a su peso. Por ello el factor en el rendimiento, que se atribuye a las proteínas es muy superior al que se le atribuye a la materia grasa (Alais, 1985; Gilles y Lawrence, 1985).

La proporción de materia grasa/caseína es tecnológicamente importante para asegurar la producción de un queso de calidad uniforme y un rendimiento con una óptima recuperación de materia grasa y proteína; además de cumplir con las regulaciones y prevenir defectos estructurales en la maduración (Mc Ilveen y Strugnell, 1990; Chivari *et al.*, 1993).

### **2.3.2 Variaciones estacionales de la leche**

Las variaciones estacionales de la composición de la leche, en particular las relativas al contenido de proteínas, afectan marcadamente el rendimiento quesero (Paolo *et al.*, 2008).

El contenido de proteína de la leche es más alto en los meses de otoño y más bajos en los meses de verano debido a las diferencias de temperatura y a programas de alimentación (Lawrence, 1991).

El contenido de materia grasa alcanza los mayores porcentajes en invierno y los más bajos en verano; sin embargo las mayores producciones de leche se alcanzan en los meses de verano (Covington, 1993). El contenido de caseína varía durante toda la estación pero menos marcadamente que la materia grasa (Lawrence, 1991).

Dentro de los factores fisiológicos la edad del ganado también influye en la composición de la leche. Covington (1993), señala que la concentración de proteínas y materia grasa experimenta una reducción gradual según la edad del animal. El porcentaje de proteína disminuye en una tasa más lenta que el porcentaje de materia grasa.

### **2.3.3 Estandarización de la leche**

La estandarización de la leche ofrece al fabricante la capacidad de homogeneizar la composición del queso que se elaborará mediante el control de la composición de la leche de partida, con el fin de cumplir con la normativa legal de la variedad específica y para mejorar los rendimientos. Además, el uso de leche estandarizada evita la elaboración de quesos con exceso de materia grasa y minimiza las pérdidas de materia grasa y la caseína en el suero (Lucey y Kelly, 1994, Scott, 1991).

El contenido de humedad del queso, se determina principalmente por el protocolo de fabricación, mientras que la proporción de materia grasa/proteína en el queso se determina principalmente por la proporción de la materia grasa/caseína en la leche utilizada. Dependiendo de la proporción requerida, la composición de la leche puede ser modificada (Fox *et al.*, 2000):

- Eliminando la materia grasa
- Agregando leche descremada
- Agregando crema de leche
- Agregando leche en polvo o retentado de ultrafiltración (tales adiciones también aumentan el contenido de sólidos totales de la leche y del queso, por lo tanto aumentan el rendimiento).

#### **2.3.4 Características composicionales del queso**

El rendimiento quesero varía con el contenido final de humedad del queso; cuanto mayor es la cantidad de agua en el queso, mas alto es el rendimiento (Spreer, 1975; Kosikowski, 1977). Por este motivo el rendimiento es muy diferente en los quesos duros, semiduros y blandos (Dumais *et al.*, 1991).

Variaciones en el contenido de humedad son altamente significativas en la determinación del rendimiento del queso obtenido de leche de una determinada composición, determinando de esta manera la eficiencia de las operaciones de fabricación. Como el contenido de humedad del queso varía ampliamente en la práctica comercial, los fabricantes tienden a mantener una proporción óptima de agua/caseína, la cual está asociada con una máxima calidad y eficiencia de las operaciones de elaboración afectando directamente el rendimiento quesero (Lawrence, 1993).

Steffen (1983), señala que el contenido de agua del queso está influenciado a través del tratamiento de la cuajada. El corte de la cuajada permite aumentar la superficie total a través de la cual el suero puede escapar, acelerándose así la salida del mismo (sinéresis), además que el corte de la cuajada permite realizar un calentamiento uniforme de la cuajada (FAO, 1986). Por lo tanto, cuanto más grandes son las partículas de la cuajada, menor será

la superficie expuesta a la cocción, y en consecuencia menor será la pérdida de humedad (Zehren, 1993).

La sinéresis (retracción del coágulo) es aumentada por la elevación de la temperatura. Al subir la temperatura de la cuajada, aumenta la pérdida de humedad ya que se ve estimulada la acción del cuajo afectando la capacidad física de la cuajada para retener humedad (Dumais *et al.*, 1991).

El lavado de la cuajada afecta el contenido de sólidos no grasos en la tasa de humedad del queso tipo Gauda, ya que un aumento en la cantidad de agua incorporada desde un 30 – 40 % (porcentaje de masa de cuajada después de ser removido el suero) reduce el rendimiento en un 0,5 – 1,0 % (Lawrence, 1991).

El prensado del queso ayuda a eliminar el suero y a compactar la masa, este procedimiento varía mucho en intensidad y duración con el tipo de queso (Dumais *et al.*, 1991). Un corto tiempo de prensado y baja presión producen una expulsión débil del suero del grano produciéndose debido a esto un más alto contenido de agua en la cuajada (Steffen, 1983).

### **2.3.5 Constituyentes de la leche perdidos en el suero**

Mediante el proceso de elaboración del queso, el contenido de caseína y materia grasa son retenidos parcialmente en el queso, a su vez que porciones pequeñas son pérdidas en el suero (Callanan, 1991).

Las mayores pérdidas de estos dos componentes pueden ocurrir por diferentes causas, siendo algunas de ellas: la agitación de la leche original donde se forman granos de mantequilla que son eliminados con el lactosuero, un corte excesivo seguido de una agitación muy violenta en una cuajada

blanda, un rápido calentamiento, una presión al inicio del prensado muy fuerte, etc. (Callanan, 1991 y Dumais *et al.*, 1991).

FAO (1986) y Gilles y Lawrence (1985), indican que las pérdidas de materia grasa junto con la caseína varían a través de las estaciones del año escapándose al control del productor.

Olson (1977), señala que a medida que aumentan las pérdidas de los componentes de la leche en el suero, el rendimiento del queso que se obtiene será menor.

### **2.3.6 Pérdida de humedad del queso durante la maduración**

Durante la maduración, el queso pierde peso por evaporación según la temperatura y la humedad relativa de la cámara de maduración y dependiendo si el producto se encuentra o no recubierto con una película protectora (Dumais *et al.*, 1991).

Las temperaturas usadas para conservar y madurar los quesos varían entre 4 – 5°C y 18°C, dependiendo del tipo de queso. La humedad necesaria varía entre los 75 – 85% para quesos duros hasta 90 – 95% para quesos blandos (Kessler, 1981).

Muchos autores señalan que es conveniente proteger los quesos con un material apropiado (celulosa PT, celulosa encerada, Nylon 6, etc.), para evitar la pérdida de peso y aparición de mohos y ácaros, lo que dependerá de las reglamentaciones señaladas para cada variedad de queso (Dumais *et al.*, 1991; Lawrence, 1991; Scott, 1991).

## **2.4 Determinación del rendimiento queso teórico**

Durante muchos años, diferentes autores han derivado ecuaciones para estimar el rendimiento queso, las cuales se han basado en algunos de los constituyentes de la leche y del queso, tales como materia grasa, caseína, sólidos totales y sólidos no grasos (Olson, 1977; Banks *et al.*, 1984).

Estas ecuaciones se pueden aplicar como una herramienta para controlar la elaboración del queso (Emmons, 1991a).

Olson (1977), señala que el rendimiento práctico y las ecuaciones de rendimiento teórico están sujetos a los parámetros de elaboración, precisión en los métodos analíticos usados y de los tipos específicos de quesos producidos.

### **2.4.1 Clasificación de las ecuaciones utilizadas para la determinación del rendimiento queso teórico**

Las ecuaciones de cálculo de rendimiento teórico pueden ser divididas en dos grupos: aquellas basadas en la elaboración quesera actual y aquellas con una base teórica (Emmons *et al.*, 1991).

Aquellas ecuaciones basadas en la teoría se encuentran los Tipos A, B, C, D y aquellas basadas en la elaboración quesera las del Tipo E (Emmons *et al.*, 1991).

En la ecuación Tipo A, se puede apreciar que los sólidos el suero, la sal y la humedad se distribuyen proporcionalmente a la materia grasa y al complejo de paracaseína, calcio y fosfato. En la ecuación Tipo B, los sólidos del suero y la sal están incluidas en el complejo de paracaseína ( $\text{CaH}_2\text{PO}_4$ ), para dar un queso libre de materia grasa y humedad; y la humedad se distribuye proporcionalmente a la materia grasa y al queso libre de materia grasa y

humedad. En la ecuación Tipo C, la humedad, la sal y los sólidos del suero se distribuyen únicamente en el complejo de paracaseína y la materia grasa es agregada por separado. La ecuación Tipo D, es similar a las del Tipo C, excepto que está basada en el volumen y no en el peso (Emmons *et al.*, 1991).

Las ecuaciones del Tipo E son aquellas que se han desarrollado a partir de datos de producción de queso real y son utilizadas cuando se relaciona el rendimiento práctico a las variables de grasa y caseína de la leche (Emmons *et al.*, 1991). Estas ecuaciones se basan en que la proteína total y la materia grasa representan más del 80% de la materia seca del queso (Brito y Astete, 1997).

Una ecuación más compleja y que no pertenece a la clasificación antes mencionada es la ecuación de Jensen (1971) la cual requiere para su cálculo el contenido de materia grasa, proteína total, cenizas y lactosa de la leche, además del contenido de humedad y humedad del queso, así como también las cifras de transición de los distintos constituyentes de la leche al queso.

## **2.5 Separación por membranas**

### **2.5.1 Proceso de separación por membranas**

La filtración de flujo cruzado consiste en un proceso que, como bien indica su nombre, usa un flujo perpendicular a la superficie de la membrana para minimizar la deposición de partículas sobre la misma (Sotto, 2008).

La filtración en flujo cruzado es un proceso que se conduce bajo presión, una mezcla de líquido y sólidos se pone en contacto con una membrana y se fuerza al líquido a pasar a través de la misma. Los sólidos retenidos, son barridos a lo largo de la superficie de la membrana por el flujo de la mezcla sólido-líquido. Una pequeña cantidad de sólidos pasan también a través de la membrana (Casp y Abril, 1999).

El flujo de líquido a través de la membrana es conducido por el gradiente de presión hidráulica. Estas diferencias de presión y de concentración hacen que el agua y moléculas pequeñas pasen a través de la membrana (filtrado o permeado), mientras que las moléculas grandes permanecen en el lado de la alimentación (retentado) (Casp y Abril, 1999).

La presión requerida para forzar el paso a través de alguna membrana suele ser proporcional al tamaño de los poros, siendo necesario incrementar sustancialmente su magnitud a medida que el tamaño de estos decrece (Brans *et al.*, 2004). Entre ambos lados de la membrana se establece un diferencial de presión denominado presión transmembrana y que es utilizado como un parámetro importante asociado al rendimiento del proceso de membranas (Gesán-Guizoiu *et al.*, 2000). La permeabilidad de una membrana es adecuada cuando se registra una relación lineal entre un flujo de agua de baja dureza y la presión transmembranaria que se registra en la misma (Carneiro *et al.*, 2002).

La presión transmembrana (TMP) es la diferencia existente entre los dos lados de la membrana, el retentado y el permeado. Como en cualquier configuración de membranas, lo que se conoce es la presión a la entrada y la salida de retentado y permeado, además de la TMP local en cada punto de la membrana, se define una TMP promedio entre las entradas y salidas de ambas corrientes (Delgado, 2010).

El adecuado manejo de la TMP es muy importante para reducir el impacto de la colmatación, ya que el efecto de compresión bajo una presión muy acentuada puede provocar un agudo incremento en la resistencia hidráulica y una disminución de la selectividad de la membrana (Delgado, 2010).

Por necesidades técnicas y económicas en ocasiones es obligatorio reducir al máximo el volumen del retentado especialmente si se desea emplear la tecnología de membranas para la concentración. El factor de reducción de volumen (FRV) constituye un parámetro útil para medir esta disminución y está directamente relacionado con el rendimiento del proceso. El factor de reducción de volumen (FRV) se utiliza para medir el grado de concentración en el proceso global (Chacón, 2006).

### **2.5.2 Clasificación de los procesos de separación cuya fuerza impulsora es la presión**

Las técnicas más utilizadas para filtración por membrana son descritas a continuación, de acuerdo a lo señalado por Casp y Abril (1999):

- **Osmosis inversa (OI):** se usa para concentrar soluciones por eliminación de agua. Utiliza las membranas más finas, que son capaces de separar las moléculas más pequeñas de soluto. Se requieren altas presiones, entre 4 a 8 MPa para vencer la elevada presión osmótica de las soluciones de pequeñas moléculas.
- **Nanofiltración (NF):** se utiliza para la concentración de componentes orgánicos por eliminación de parte de iones monovalentes como el sodio y cloruros (desmineralización parcial). Las membranas de nanofiltración retienen moléculas de soluto de peso molecular entre 100 y 1000 Dalton, se clasifican por el peso molecular de corte, que se define como el peso molecular de la molécula más pequeña de la cual el 90% es retentado por la membrana, o por el porcentaje de cloruro sódico rechazado. El rango de presiones a las que opera la nanofiltración es de 700-3500 kPa.
- **Ultrafiltración (UF):** se aplica para concentración de macromoléculas, tales como proteínas y almidones. La ultrafiltración se extiende desde

pesos moleculares de corte de 1000 a 500000 Dalton. Requiere presiones de operación entre 35 y 1000 kPa.

- **Microfiltración (MF):** se utiliza para eliminación de bacterias y separación de macromoléculas; sus aplicaciones se refieren a la separación de pequeñas partículas suspendidas en líquidos. El diámetro de poro de corte típicamente oscila entre 0,1 y 10  $\mu\text{m}$ . La microfiltración requiere las presiones de operación más bajas de todas las técnicas citadas, normalmente entre 70 y 350 kPa.

### 2.5.3 Ultrafiltración aplicada a la elaboración de quesos

La ultrafiltración ofrece la posibilidad de intervenir sobre la composición de la materia prima láctea asegurando un mayor valor nutricional en contenido proteico del producto final, obteniendo una elevada racionalización del proceso productivo con impacto económico (Taglietti, 1991).

La ultrafiltración de la leche y del lactosuero permite una concentración selectiva de algunos de los componentes en función del tipo de membrana empleada; en general son retenidas materia grasa y proteína y en el permeado lactosa, sales minerales y componentes minoritarios en fase soluble (Graselli *et al.*, 1997; Maugas, 2002).

El empleo de la ultrafiltración en la industria láctea inicialmente tuvo dos usos; primero para la concentración y posterior secado de las proteínas del lactosuero obteniendo los WPC y segundo para la elaboración de concentrados de leche descremada (SMC), los cuales son utilizados para el procesamiento del queso con la finalidad de estandarizar el nivel de proteína y obtener mayores rendimientos; se usa también esta técnica en la industria para clarificar las salmueras utilizadas en el acondicionamiento del queso (Hutson, 1982).

Maubois *et al.* (1992) quien fue precursor de ésta tecnología, la utilizó para obtener concentrados líquidos de proteína de lactosuero que se agrega a la cuba de cuajado previa precipitación de las fosfolipo-proteínas por proceso termo cálcico. Posteriormente Schkoda y Kessler (1996); Jameson y Lelievre, (1996) y Grassano (2002) la incorporan comercialmente para la elaboración de diferentes tipos de quesos de alta humedad como el Camembert, el Feta, Cottage, Quark, de pasta estabilizada tipo Brie, quesos de cuajada lavada de maduración corta.

Algunos de los beneficios alcanzados mediante el uso de la UF son (Cheryan, 1998):

- Aumento del rendimiento quesero, pudiéndose incrementarse hasta en un 10-20 %, debido a la incorporación de las proteínas solubles.
- Menor cantidad de ingredientes empleados, como cuajo y fermentos, disminuyendo los costes de fabricación.
- Reducción del volumen de leche a manejar, para conseguir la misma cantidad de queso, por lo que es menor el volumen de los equipos empleados. Es decir, se consigue un aumento de la capacidad productiva.
- Posibilidad de usar sistemas de producción en continuo; en alguna de las aplicaciones, la concentración alcanzada mediante UF permite el cuajado en línea, disminuyendo enormemente los tiempos de elaboración.
- Ahorro de energía y reducción de tiempos de elaboración.

### **3. HIPÓTESIS**

Es posible obtener una correlación entre el rendimiento quesero práctico y el rendimiento quesero teórico evaluado mediante ecuaciones predictivas, en la elaboración de queso Gauda.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el rendimiento quesero práctico y correlacionar estos resultados con ecuaciones predictivas de rendimiento teórico, en la producción de queso Gauda elaborado a partir de leche con y sin adición de retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

#### **4.2 Objetivos específicos**

1. Elaborar y caracterizar mediante análisis físico-químico:

- Leche pasteurizada y estandarizada con y sin adición de retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.
- Suero proveniente de la elaboración del queso.

2. Producir y caracterizar mediante análisis físico-químico:

- Queso Gauda recién elaborado (Día 0).
- Queso Gauda comercialmente apto para ser consumido (Día 15).

3. Determinar el rendimiento práctico de la producción de queso Gauda.

4. Determinar el rendimiento quesero teórico mediante la aplicación de las ecuaciones previamente obtenidas desde la literatura.

5. Determinar y seleccionar una o más ecuaciones que presenten la mejor correlación entre el rendimiento práctico del queso Gauda y el rendimiento teórico calculado.

## 5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 5.1 Materiales

Este estudio se realizó en la empresa Watt's S.A. ubicada en la ciudad de Osorno, Región de Los Lagos, durante los meses de Junio a Octubre de 2012.

#### 5.1.1 Materia prima

- Leche pasteurizada y estandarizada.
- Leche pasteurizada y estandarizada con adición de retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.
- Suero proveniente de la elaboración del queso.
- Queso Gauda recién elaborado (Día 0).
- Queso Gauda comercialmente apto para ser consumido (Día 15).

#### 5.1.2 Insumos

- Cultivo láctico, concentrado liofilizado para inoculación directa a la tina, compuesto por los siguientes cultivos:

Cultivos termófilos homofermentativos: *Streptococcus thermophilus*.

Cultivos mesófilos homofermentativos: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* y *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*.

- Cloruro de calcio.
- Colorante natural amarillo.
- Lisozima de clara de huevo.
- Coagulante líquido: quimosina.
- Cloruro de sodio.

### **5.1.3 Equipos**

#### **5.1.3.1 Equipos de la quesería**

- Equipo de membranas de ultrafiltración marca APV Systems.
- Intercambiador de calor de placas marca Sondex.
- Tinajas de elaboración de queso de acero inoxidable de capacidad 16 m<sup>3</sup>.
- Pre-prensa para quesos marca Tetra Pak.
- Prensa para quesos marca Tetra Pak.
- Moldes micro perforado
- Tinajas de salmuera de acero inoxidable para salado de queso.
- Envasadora al vacío marca Multivac.
- Balanza marca Metler Toledo.

#### **5.1.3.2 Equipos de laboratorio**

- Estufa marca Binder.
- Mufla marca Heraeus.
- Potenciometro marca Hanna Instruments.
- Destilador marca Büchi.
- Digestor marca Büchi.
- Neutrlizador marca Büchi.
- Equipo infrarrojo marca Foss.
- pHmetro marca Hanna Instruments.
- Balanza analítica marca Metler Toledo.
- Balanza digital marca Precisa.

## **5.2 Metodología**

### **5.2.1 Ensayos**

Se realizaron 2 Ensayos con 15 repeticiones cada uno.

- Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida.
- Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

### **5.2.2 Elaboración y caracterización mediante análisis físico-químico de la leche para elaborar queso Gauda**

#### **5.2.2.1 Pasteurización de la leche**

La leche fue sometida a un proceso de pasteurización HTST el cual implica un calentamiento hasta 72-75°C con un tiempo de mantenimiento de 15-20 segundos antes de proceder a su enfriamiento.

#### **5.2.2.2 Proceso de ultrafiltración de leche**

El retentado de ultrafiltración se obtuvo concentrando leche pasteurizada y estandarizada a través de una planta de ultrafiltración (UF) equipada con 2 loops de circulación, el primero con 7 y el segundo con 3 módulos, cada uno de éstos diseñado y construido con membrana en espiral con una capa interna de polisulfona con micro poros, una capa de poliamida y una capa de poliéster como refuerzo en el tope de la superficie de la membrana, con un corte de peso molecular de 10.000 Da, abarcando un área total de 567 m<sup>2</sup>. La ultrafiltración se llevó a cabo a < 10°C con presiones de entrada y de salida de 2 a 4 y 1 a 2 bar, respectivamente. Cuando se alcanzó un factor de reducción de volumen de FRV = 2,5 (40% de reducción de volumen), el retentado se envió a un tanque externo de almacenamiento para su posterior utilización y el permeado al

tanque de balance de la planta UF desde el que se bombea y almacena en un tanque externo.

### **5.2.2.3 Estandarización de la leche para elaborar queso Gauda**

Para el Ensayo 1 se utilizó 100% leche fluida pasteurizada y estandarizada al 3,2% de materia grasa.

Para obtener la leche requerida para el Ensayo 2, se mezcló en un silo de acero inoxidable; el retentado obtenido en el proceso de ultrafiltración de leche con leche fluida, para obtener una leche con 3,5-3,55% de materia grasa, 3,7-3,8% de proteína y 12,5% de sólidos totales aproximadamente.

### **5.2.2.4 Caracterización físico-química de la leche para elaborar queso Gauda**

Para la determinación de proteínas totales, materia grasa, sólidos totales, sólidos no grasos y lactosa en las muestras de leche se utilizó el equipo infrarrojo MilkoScan FT 120 (Foss Electric, Dinamarca). Las muestras de suero también fueron analizadas utilizando éste equipo, en este caso se determinaron proteínas totales, materia grasa y sólidos totales. La calibración de éste equipo se puede observar en el Anexo 1. Los análisis físico-químicos realizados a las muestras de leche se señalan a continuación:

- Determinación de pH. Método Potenciométrico. NCh 1671 Of. 1979 (INN, 1979).
- Determinación de acidez titulable. NCh 1738 Of 1998 (INN, 1998).
- Determinación de densidad. Método del lactodensímetro. NCh 1672 Of. 1979 (INN, 1979).
- Determinación de proteínas totales. Método Infrarrojo (MilkoScan).
- Determinación de materia grasa. Método Infrarrojo (MilkoScan).

- Determinación de sólidos totales. Método Infrarrojo (MilkoScan).
- Determinación de sólidos no grasos. Método Infrarrojo (MilkScan).
- Determinación de lactosa. Método Infrarrojo (MilkoScan).
- Determinación de cenizas totales. Método Gravimétrico. NCh 2669 Of. 2001 (INN, 2001).
- Determinación de caseínas. Método de Referencia. ISO 17997-1:2004 (IDF 29-1: 2004).

### **5.2.3 Producción y caracterización mediante análisis físico-químico de queso Gauda**

El proceso de elaboración del queso Gauda se puede observar en la Figura 1. Además se pueden observar los puntos que fueron controlados durante el proceso.

#### **5.2.3.1 Características del queso Gauda según especificaciones de la empresa**

Queso de forma rectangular de  $8,3 \pm 0,3$  kg aprox. Se trata de un producto de sabor y aroma limpio y suave, con presencia de sal y de color amarillo característico. Debe presentar una masa pareja, semidura, no quebradiza, al partir el queso este debe presentar plasticidad y flexibilidad. Debe tener un contenido de humedad de 44 - 46%, de materia grasa en base seca de 48 - 52%, pH entre 5,0 - 5,4 y la concentración salina debe ser de 2,0% como máximo. Corresponde a un producto envasado al vacío en bolsa de film multicapas termorretráctil transparente de alta barrera al oxígeno y gases, compuesto por LDPE/EVOH/LDPE (LDPE = Polietileno de baja densidad, EVOH = Etilen-Vinil-Alcohol). El queso Gauda elaborado corresponde a un producto intermedio para laminar.

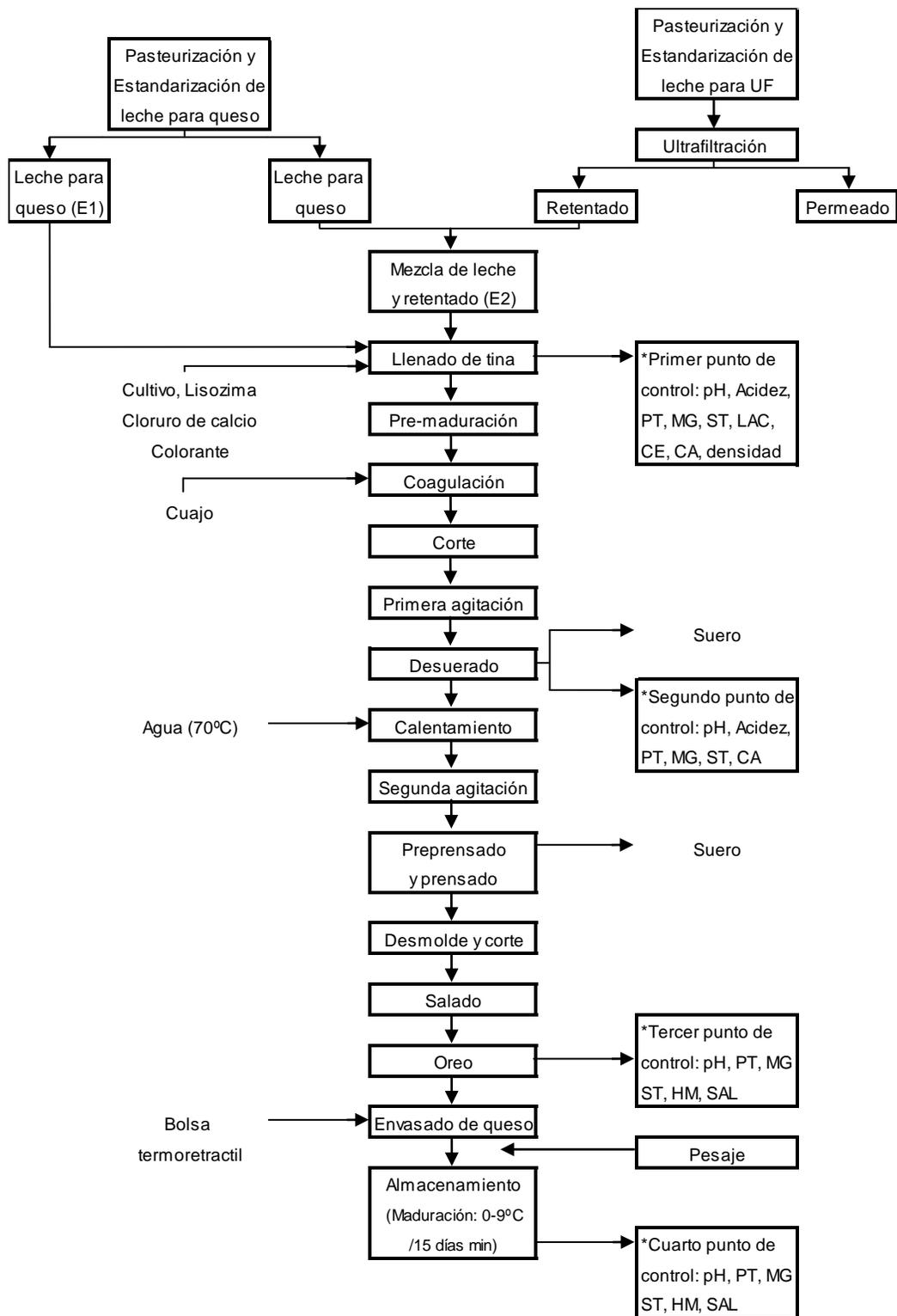
### **5.2.3.2 Análisis físico-químico del queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido**

De cada elaboración realizada se muestrearon 2 piezas de queso al azar, cada una de 8 kg aprox. para realizar los siguientes análisis físico-químicos:

- Determinación de pH. Método Potenciométrico. NCh 1671 Of. 1979 (INN, 1979).
- Determinación de proteínas totales. Método de Kjeldahl. ISO 8968-3:2004 (IDF 20-3: 2004).
- Determinación de materia grasa. Método Gerber-Van Gulik. ISO 3433:2008 (IDF 222: 2008).
- Determinación de sólidos totales. Método de Referencia. ISO 5534:2004 (IDF 4: 2004).
- Determinación del contenido de cloruro. Método por Valoración Potenciométrica. ISO 5943:2006 (IDF 88: 2006).
- Determinación de humedad. Método de Referencia. ISO 5534:2004 (IDF 4: 2004).

### **5.2.3.3 Análisis físico-químico del suero proveniente de la elaboración del queso Gauda**

Se realizaron determinaciones de pH, acidez titulable, proteínas totales, materia grasa, sólidos totales y caseína, utilizando los mismos métodos usados para la leche fluida.



**Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de queso Gauda (E1 = Ensayo 1, E2 = Ensayo 2).**

### 5.2.4 Determinación del rendimiento práctico quesero

Para cada uno de los Ensayos realizados se determinó el rendimiento práctico, en base a los kilogramos de queso obtenidos a partir de 100 kilogramos de leche, siguiendo la siguiente fórmula:

$$R = \frac{kg \text{ queso}}{kg \text{ leche}} \cdot 100 \quad (1)$$

### 5.2.5 Determinación del rendimiento quesero teórico, mediante la aplicación de diferentes ecuaciones matemáticas

El cálculo del rendimiento teórico se llevó a cabo utilizando ecuaciones de diversos autores, las cuales se muestran en la Tabla 1. En éstas se utilizaron los valores reales obtenidos del análisis físico-químico de la leche, suero y queso Gauda para cada Ensayo.

**Tabla 1. Ecuaciones matemáticas para calcular el rendimiento quesero teórico.**

Autor	Ecuación
Jensen (1971)	$R = \frac{(CR_{MG} \times MG_L + CR_{PT} \times PT_L + 0,35 \times CE_L + 0,04 \times LAC_L) \times 100}{100 - (H_Q + SAL_Q)}$
Van Slyke (1949)	$R = \frac{[(0,93 \times MG_L) + (CA_L - 0,1)] \times 1,09}{1 - H_Q}$
Lelièvre et al. (1983)	$R = \frac{MG_L \times CR_{MG} + 0,94 \times (0,97 \times CA_L) + 0,78}{1 - H_Q}$

Lolkema (1978)	$R = (MG_L \times CR_{MG} + 1,2142 \times PT_L - 1,140 \times FS_L \times PT_S) \cdot \left( \frac{1}{1 - H_Q} \right)$
Emmons (1978)	$R = 0,93 \times MG_L + \frac{1,1682 \times CA_L}{1 - [H_Q/(1 - MG_Q)]}$
Banks et al. (1984)	$R = 1,42 \times MG_L + 1,32 \times CA_L + 1,58$

Donde:

R: Rendimiento (kg queso/100 de leche),  $MG_L$ : Contenido de materia grasa de la leche (g/100 g),  $PT_L$ : Contenido de proteína de la leche (g/100 g),  $CE_L$ : Contenido de cenizas de la leche (g/100 g),  $LAC_L$ : Contenido de lactosa de la leche (g/100 g),  $CA_L$ : Contenido de caseína de la leche (g/100 g),  $H_Q$ : Contenido de humedad del queso (g/100 g),  $SAL_Q$ : Contenido de sal del queso (g/100 g),  $CR_{MG}$ : Coeficiente de retención de grasa,  $CR_{PT}$ : Coeficiente de retención de proteínas,  $MG_Q$ : Contenido de materia grasa del queso (g/100 g),  $PT_S$ : Contenido de proteína del suero (g/100 g),  $FS_L$ : Fracción de suero en la leche (leche – suero)

### 5.2.6 Determinación de la correlación entre el rendimiento práctico del queso Gauda y las ecuaciones de rendimiento teórico

Se determinó mediante análisis de correlación de Pearson con un 95% de confianza, lo que permitió medir el grado de asociación entre el rendimiento práctico y teórico. Se seleccionaron las ecuaciones que presentaron el mejor coeficiente de correlación (r).

### 5.2.7 Análisis estadístico

Se realizaron 2 Ensayos con 15 repeticiones cada uno. Los resultados fueron expresados como el promedio  $\pm$  la desviación estándar para cada uno de los Ensayos. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA simple) para determinar si hay o no diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre Ensayos para cada uno de los parámetros estudiados. Se aplicó análisis de correlación de Pearson para determinar la correlación ( $p \leq 0,05$ ) entre el rendimiento práctico y las ecuaciones de rendimiento teórico y para determinar la correlación entre los

componentes de la leche y el rendimiento práctico. Todo esto se realizó utilizando el programa computacional Statgraphics Centurion XV.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Composición físico-química de la leche fluida y mezcla leche fluida-retentado utilizada en la elaboración de queso Gauda

La Tabla 2, presenta los resultados obtenidos del análisis de composición físico-química de la leche fluida y de la mezcla leche fluida-retentado utilizada en el proceso de elaboración del queso Gauda. Los resultados de cada una de las repeticiones se pueden observar detalladamente en el Anexo 2 y 3. Los resultados de los análisis estadísticos se pueden observar en el Anexo 4.

**Tabla 2. Composición físico-química de la leche fluida y mezcla leche fluida-retentado utilizada en la elaboración de queso Gauda.**

Ensayo	Componentes (%)										
	MG	PT	CA	ST	SNG	LAC	CE	MG/PT	MG/CA	Ac. (°Th)	pH
1	3.24 <sup>a</sup> (0.03)	3.49 <sup>a</sup> (0.06)	2.67 <sup>a</sup> (0.05)	12.46 <sup>a</sup> (0.18)	9.22 <sup>a</sup> (0.17)	4.90 <sup>a</sup> (0.05)	0.71 <sup>a</sup> (0.02)	0.93 <sup>a</sup> (0.02)	1.22 <sup>a</sup> (0.02)	15.63 <sup>a</sup> (0.69)	6.64 <sup>a</sup> (0.03)
2	3.53 <sup>b</sup> (0.06)	3.73 <sup>b</sup> (0.05)	2.92 <sup>b</sup> (0.07)	12.45 <sup>a</sup> (0.08)	8.92 <sup>b</sup> (0.08)	4.37 <sup>b</sup> (0.04)	0.75 <sup>b</sup> (0.03)	0.95 <sup>a</sup> (0.02)	1.22 <sup>a</sup> (0.07)	15.77 <sup>a</sup> (0.42)	6.69 <sup>b</sup> (0.04)

Donde:

MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, SNG = sólidos no grasos, LAC = lactosa, CE = cenizas, MG/PT = relación materia grasa/proteína total, MG/CA = relación materia grasa/caseína, Ac = acidez titulable

() Desviación estándar

Letras distintas difieren significativamente entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida.

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

Se puede observar que la materia grasa, luego de la estandarización de la leche, alcanzó un valor promedio de 3,24% en el Ensayo 1 y un 3,53% en el Ensayo 2.

Fox y McSweeney (1998) y Fuquay *et al.* (2011), señalan que la leche bovina contiene típicamente 3,5 a 3,6% de materia grasa, pero que el nivel varia

ampliamente, dependiendo de factores genéticos y/o ambientales, como raza del animal, alimentación, época del año, etapa de lactación, edad del animal, entre otros.

Por otro lado Alais (1985), reporta valores promedio de 3,4% para una leche normal y Scott (1991), un 3,75%. Pinto *et al.* (1998), según estudios realizados en leche cruda de la VIII, IX y X Regiones de Chile, declaran un promedio de 3,53% para este mismo componente.

Con relación a los valores promedio de proteína total encontrados en las leches, se observa que se alcanzó un valor de 3,49% para el Ensayo 1 y 3,73% para el Ensayo 2.

En cuanto al contenido de proteína total, Fuquay *et al.* (2011) señalan que la leche bovina contiene un 3,5% de proteína, pero que al igual que la materia grasa varía dependiendo de diversos factores genéticos y/o ambientales.

Según Amiot (1991), la leche de vaca en general contiene 3,2% de proteína y Alais (1985) señala valores promedios de 3,4%. Según Pinto *et al.* (1998), la composición promedio de la leche en la zona Sur de Chile es de aproximadamente 3,53% para la proteína total.

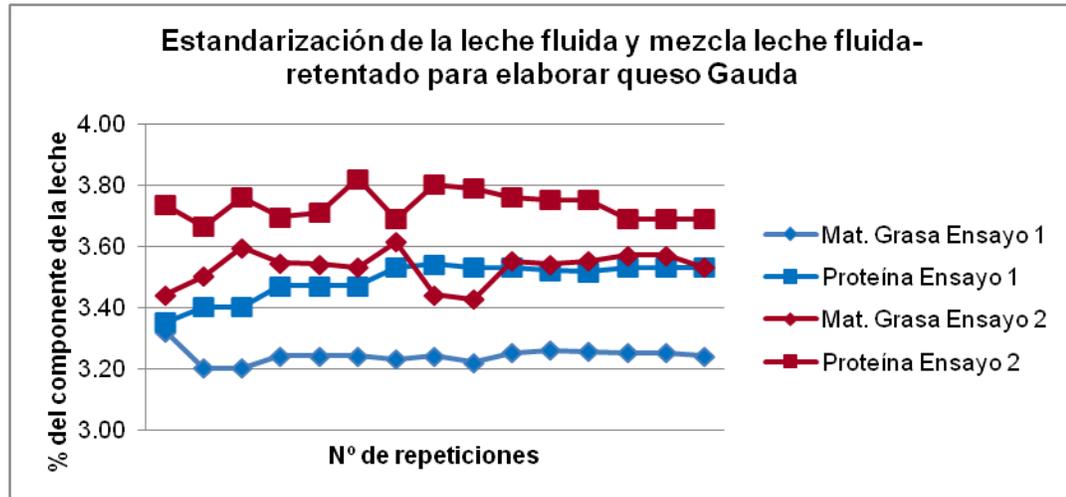
Aproximadamente el 80% de la proteína total de la leche bovina, ovina, caprina y de búfalo corresponde a la caseína (Fox *et al.*, 2000; Amiot, 1991). Según Madrid (1991), la caseína equivale a un 77 a 82% de la proteína total que se encuentra en la leche, valores similares aunque inferiores fueron reportados por Fox (1986) y Alais (1985) correspondientes a 76 a 78% y 74 a 79% respectivamente.

Steffen (1983) y Eck (1990), otorgan especial relevancia a la riqueza composicional de la materia prima a ser utilizada en la elaboración de quesos, especialmente a su contenido en caseína, por ser éste el soporte básico de la estructura de la cuajada y, por lo tanto, por su gran incidencia sobre el rendimiento.

Como se puede observar la caseína presente en la leche alcanzó un valor promedio de 2,67% para el Ensayo 1, constituyendo cerca del 76,5% de la proteína total, mientras que en el Ensayo 2 llegó a 2,92%, representando en promedio un 78,3% del total de proteína.

Del análisis de varianza realizado (ANOVA) se desprende que existe diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los Ensayos para los parámetros de materia grasa, proteína total y caseínas, siendo el Ensayo 1 estadísticamente inferior que el Ensayo 2 en éstos parámetros.

La diferencia entre los Ensayos para los parámetros de materia grasa, proteína total y caseínas, se debe a que en el Ensayo 1 se utilizó leche pasteurizada y estandarizada a un 3,2% de materia grasa, por lo que solo se varió el contenido graso de la leche. Mientras que para el Ensayo 2 la leche utilizada fue el resultado de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche, por lo que para éste Ensayo se varió tanto el contenido graso de la leche como el de proteínas totales y por ende, el de caseínas, razón por la cual ambos Ensayos presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) para éstos parámetros.



**Figura 2. Estandarización de la leche para elaborar queso Gauda.**

La leche se estandariza ajustando la proporción de materia grasa/proteína total para así controlar el porcentaje de materia grasa en extracto seco en el queso, producir queso consistente y cumplir con las normas reglamentarias de una variedad de queso determinada (Farkye, 2004).

En la Figura 2, se pueden observar los niveles de materia grasa y proteínas totales alcanzados durante el proceso de estandarización de la leche para ambos Ensayos. La proporción de materia grasa/proteína alcanzada para el Ensayo 1 fue de 0,93 y para el Ensayo 2 fue de 0,95, valores que no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) (Anexo 5). La empresa considera que la relación óptima de materia grasa/proteína total en la leche para elaborar quesos es de 0,95.

Según Alais (1985), cuando la relación materia grasa/proteína total permanece constante, es decir, cuando los contenidos en estos dos componentes varían de la misma forma, la composición del queso no varía.

Los sólidos totales no presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre el Ensayo 1 y Ensayo 2, obteniéndose valores promedio de 12,46 y 12,45% respectivamente.

Para los sólidos totales Alais (1985) y Fox *et al.* (2000), señalan valores promedio de 12,7%. Según Amiot (1991), el extracto seco total de la leche es por término medio del 13,1%. Según Pinto *et al.* (1998), la composición promedio de la leche en la zona Sur de Chile es de aproximadamente 11,94% para los sólidos totales.

En relación a los sólidos no grasos se obtuvieron valores promedio de 9,21% para el Ensayo 1 y 8,92% para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los Ensayos.

En cuanto a los sólidos no grasos Alais (1985) y Amiot (1991), reportan un valor promedio de 9,2%. Según Pinto *et al.* (1998), la composición promedio de la leche en la zona Sur de Chile es de aproximadamente 8,42% para sólidos no grasos respectivamente.

En cuanto al contenido de lactosa de la leche, Fuquay *et al.* (2011) señalan que la leche bovina contiene aproximadamente 4,8% de lactosa. Alais (1985) reporta un valor promedio de 4,9%, mientras que Amiot (1991) un valor de 5%. Según Pinto *et al.* (1998), el contenido de lactosa en leche cruda de la zona Sur de Chile es de 4,91%.

Se puede observar que la lactosa de la leche varió entre un 4,9% para el Ensayo 1 y 4,37% para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los Ensayos.

Se observa que el contenido de lactosa de la leche que se utilizó en el Ensayo 1 coincide con lo indicado por los autores antes mencionados, sin embargo, en el Ensayo 2 se encuentra más baja a lo señalado por ellos.

Esta diferencia se podría deber a que en el proceso de ultrafiltración de la leche son retenidos sólidos en suspensión y solutos de alto peso molecular como proteínas y materia grasa, eliminando en el permeado agua, sales minerales y lactosa. Por esta razón, es que la leche del Ensayo 2 tuvo un menor contenido de lactosa, ya que en su composición contenía un 8% de retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

Según Fox y McSweeney (1998), el contenido de cenizas de la leche se mantiene relativamente constante en 0,7 - 0,8%, pero las concentraciones relativas de los diversos iones puede variar considerablemente.

En relación a este componente se puede observar que se obtuvieron valores promedio de 0,71% de cenizas para el Ensayo 1 y 0,75% para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ) significativa entre los Ensayos.

Alais (1985), menciona que las caseínas presentes en la leche contienen cantidades apreciables de calcio, fosfato y pequeñas cantidades de magnesio y citrato. Por lo tanto, es posible que la diferencia en el contenido de cenizas entre ambos Ensayos se deba a que en el Ensayo 2 el contenido de caseínas fue significativamente mayor que en el Ensayo 1 y por ende, también mayor el contenido de cenizas.

Al observar los resultados obtenidos se puede apreciar que para el parámetro acidez titulable de la leche se obtuvieron valores de 15,63 y 15,77°Th para el Ensayo 1 y Ensayo 2, respectivamente, valores que no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ). En relación al pH los valores obtenidos

fueron 6,64 para el Ensayo 1 y 6,69 para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ) significativa entre los Ensayos.

Disposiciones reglamentarias chilenas sobre los requisitos que debe cumplir una leche fluida apta para el consumo humano indican que el pH de ésta debe encontrarse entre 6,6 y 6,8 y la acidez entre 12 a 21<sup>o</sup>Th.

Se puede observar que los valores obtenidos para el pH y la acidez de la materia prima se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Chilena NCh 1671 Of. 1979 y NCh 1738 Of. 1998, respectivamente.

## 6.2 Composición físico-química del suero obtenido durante el proceso de elaboración de queso Gauda

En la Tabla 3 se presenta la composición físico-química del 1<sup>o</sup> suero (al término de la primera agitación), obtenido durante el proceso de elaboración del queso Gauda. En el Anexo 6 y 7 se pueden observar los resultados de cada una de las repeticiones para ambos Ensayos. Los resultados de los análisis estadísticos se pueden observar en el Anexo 8.

**Tabla 3. Composición físico-química del 1<sup>o</sup> suero obtenido durante el proceso de elaboración del queso Gauda.**

Ensayo	Componentes (%)					
	MG	PT	CA	ST	Ac. (°Th)	pH
1	0.27 <sup>a</sup> (0.02)	0.94 <sup>a</sup> (0.02)	0.08 <sup>a</sup> (0.02)	6.69 <sup>a</sup> (0.11)	10.47 <sup>a</sup> (0.69)	6.53 <sup>a</sup> (0.05)
2	0.28 <sup>a</sup> (0.02)	1.00 <sup>b</sup> (0.02)	0.10 <sup>a</sup> (0.07)	6.51 <sup>b</sup> (0.09)	10.77 <sup>a</sup> (0.46)	6.58 <sup>b</sup> (0.05)

Donde:

MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, Ac = acidez titulable

( ) Desviación estándar

Letras distintas difieren significativamente entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida.

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

Durante la transformación de la leche en queso, el contenido de materia grasa y caseína son parcialmente retenidos en éste y pequeñas porciones se pierden en el suero (Callanan, 1991).

En la Tabla 4 se presentan los componentes de la leche que pasan al suero. Estos valores entregan mayor información que el análisis físico-químico del suero, ya que consideran el porcentaje del componente de la leche que pasa al suero, permitiendo evaluar con mayor precisión el proceso de elaboración del queso.

**Tabla 4. Componentes de la leche perdidos a través del 1º suero.**

Ensayo	Componentes (%)			
	MG	PT	CA	ST
1	7.39 <sup>a</sup> (0.46)	23.92 <sup>a</sup> (0.26)	2.79 <sup>a</sup> (0.79)	47.90 <sup>a</sup> (0.57)
2	6.91 <sup>b</sup> (0.53)	23.64 <sup>a</sup> (0.58)	2.93 <sup>a</sup> (2.10)	46.02 <sup>b</sup> (0.66)

Donde:

MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales

() Desviación estándar

Letras distintas difieren significativamente entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida.

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche.

Como se observa en la Tabla 3, la materia grasa encontrada en el suero fue de 0,27% para el Ensayo 1 y 0,28% para el Ensayo 2, valores que no presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ). Sin embargo, si dichos valores se expresan como porcentaje de la materia grasa total de la leche, como se puede observar en la Tabla 4, si se encuentran diferencias

estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre Ensayos, obteniéndose valores de 7,39% para el Ensayo 1 y 6,91% para el Ensayo 2.

Law y Tamine (2010), señalan que el contenido de materia grasa en el suero alcanza valores de 0,5%. Según Dumais *et al.* (1991), las pérdidas de materia grasa en el suero para una elaboración normal pueden alcanzar un 0,3%, las cuales dependen de las diversas etapas involucradas en el proceso (corte, agitación de la cuajada, calentamiento, etc.). Scott (1991), señala que un 10% de la materia grasa original de la leche pasa al suero. Según esto, los valores determinados para ambos Ensayos se encuentran dentro de lo reportando por estos autores.

Para las proteínas totales los valores promedio encontrados en el suero fueron de 0,94% para el Ensayo 1 y 1,00% para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los Ensayos. Según la Tabla 4, estos valores representan un 23,92% de la proteína total de la leche para el Ensayo 1 y un 23,64% para el Ensayo 2, valores que no presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ).

Madrid (1991) indica valores de 0,8 a 1,0% de pérdidas de proteína total en el suero durante la elaboración de queso Gauda. Por su parte Fox (1986), indica que debería haber un 0,6% de proteínas correspondientes a las del suero más una cantidad de caseína la que permanece en forma soluble.

En cuanto a la caseína determinada en el suero esta alcanzó un valor promedio de 0,08% para el Ensayo 1 y 0,10% para el Ensayo 2. Expresando estos valores como porcentaje de la caseína total de la leche, ésta alcanza valores de 2,79% para el Ensayo 1 y 2,93% para el Ensayo 2. Los valores antes mencionados no presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ).

Aproximadamente el 3 - 4% de la caseína total de la leche se pierde en el suero a través de la acción del cuajo sobre la caseína. Las pérdidas adicionales de caseína puede ocurrir debido a factores mecánicos, lo que resulta en la liberación de “finos” en el suero de leche o debido a razones fisicoquímicas tales como la coagulación incompleta de la caseína o de la acción de proteasas bacterianas sobre la caseína (Olson, 1977).

Según Callanan (1991), en los sistemas convencionales de fabricación de quesos, la pérdida de proteínas en el suero consiste principalmente en la pérdida de seroproteínas que no se coagulan por el cuajo, o bien otras sustancias nitrogenadas presentes en la leche o liberadas durante el proceso de fabricación de queso y al glicomacropéptido soluble liberado por la hidrolización de la  $\kappa$ -caseína por acción de cuajo.

En relación a los sólidos totales se determinaron valores promedio de 6,69% para el Ensayo 1 y 6,51% para el Ensayo 2, valores que presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ). Estos valores representan un 47,90% de los sólidos totales de la leche para el Ensayo 1 y un 46,02% para el Ensayo 2, valores que presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Según Madrid (1991), en el suero liberado durante las elaboraciones de queso Gauda, se pierden de 5,55 a 6,75% de los sólidos totales de la leche. De esta forma, los valores determinados se encontrarían dentro del rango aceptable.

Cheyran (1998), señala que dependiendo de la tecnología de procesamiento, el suero de leche contiene 50% a 60% de los componentes de la leche en materia seca.

Al observar la Tabla 3, se puede apreciar que para el parámetro de acidez titulable se obtuvieron valores de 10,47 y 10,77<sup>o</sup>Th para el Ensayo 1 y Ensayo 2, respectivamente, valores que no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ). En relación al pH los valores obtenidos fueron 6,53 para el Ensayo 1 y 6,58 para el Ensayo 2, encontrándose diferencia estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ) significativa entre los Ensayos.

De acuerdo a Brito (1990) y Scott (1991) la acidez del suero del primer corte deber estar entre los 10 a 11<sup>o</sup>Th para el queso Gauda.

Delbeke (1985) reporta valores de pH del suero después del primer corte de 6,52 para la elaboración de queso Gauda. Por su parte, Fuquay *et al.* (2011) reportan valores de pH para suero dulce de 6,0 a 6,5.

Se puede observar que los valores obtenidos para el pH y la acidez del suero se encuentran dentro de los rangos dictados por los diferentes autores mencionados.

### **6.3 Características físico-químicas del queso Gauda**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al queso Gauda recién elaborado (Día 0) y comercialmente apto para ser consumido (Día 15) se presentan a continuación en las Tablas 5, 6, 7 y 8. En el Anexo 9 y 10 se pueden observar los resultados de cada una de las repeticiones para ambos Ensayos. Los resultados de los análisis estadísticos se pueden observar en el Anexo 11.

#### **6.3.1 Contenido de humedad**

En la Tabla 5 se presentan los valores promedio de humedad para el queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido.

**Tabla 5. Contenido de humedad (%) del queso Gauda.**

Ensayo	Humedad (%)	
	Día 0	Día 15
1	44.85 <sup>a</sup> (0.86)	43.68 <sup>a</sup> (0.76)
2	44.01 <sup>b</sup> (0.95)	44.38 <sup>b</sup> (0.84)

Donde:

() Desviación estándar

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Letras distintas indican diferencia significativa entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

Dumais *et al.* (1991), señala que durante la maduración el queso sufre una pérdida de peso por evaporación dependiendo de factores tales como temperatura y humedad relativa de la cámara de maduración, influye además si la pieza de queso se encuentra o no recubierta con algún tipo de película protectora. Según Acuña (1985), en quesos semiduros envasados al vacío y envueltos en película plástica, la pérdida de humedad es mucho menor que en aquellos que se encuentran desprovistos de un envoltorio.

Según lo expuesto anteriormente, se debería esperar que no hubiese una disminución significativa de la humedad del queso Gauda que se elaboró en ambos Ensayos, ya que corresponde a un queso envasado en una bolsa termoretráctil de alta barrera al oxígeno y vapor de agua. Por lo que, las diferencias que se observan entre el Día 0 y el Día 15, se deben básicamente a la variabilidad del método de determinación de humedad.

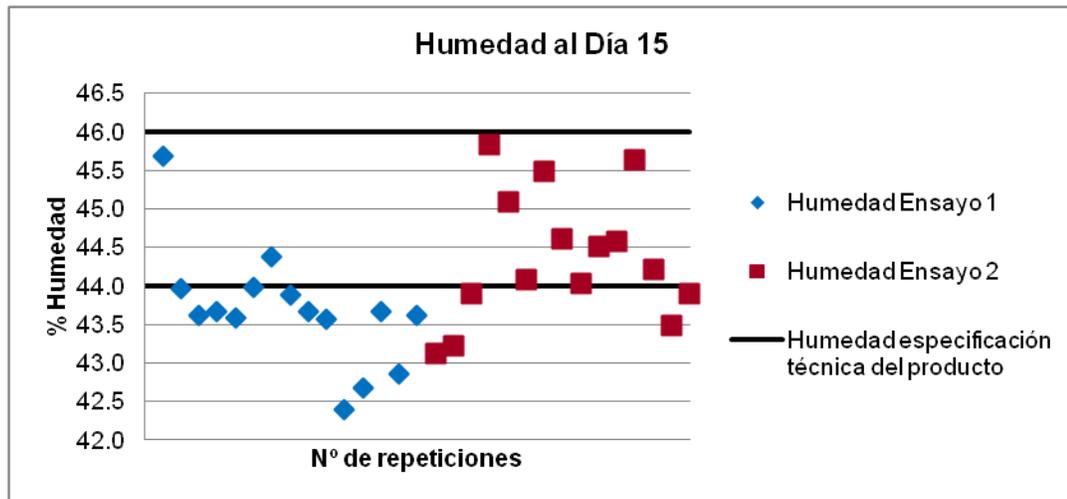
Según Scott (1991), existen numerosos factores que afectan el contenido de humedad, como por ejemplo tiempos de fabricación más cortos, temperaturas más bajas de cocimiento así como tratamiento mecánico, menor tiempo de prensado y presión de prensa más baja, pueden producir una

expulsión de suero más débil por parte del grano de cuajada y con esto un contenido de agua en la masa del queso más alta. En relación a lo anterior, cabe destacar que el tratamiento mecánico en la tina, tiempos de procesamiento y la cantidad de insumos se mantuvieron constantes para ambos Ensayos.

Según Micheloni (2012) el trabajo en la tina y los tiempos de procesamiento deben ser adaptados a cada formulación de leche, principalmente si la misma varía significativamente en su composición. Por ejemplo, si se dispone de una leche con 3,3% de proteína total, la velocidad de coagulación y endurecimiento de la cuajada será significativamente menor que el de una leche con 3,8 o 4% de proteínas totales, ya que, tanto la primera como la segunda etapa de la coagulación verán aumentada su velocidad por el aumento de concentración proteica (Pires *et al.*, 1999). Por lo tanto, la empresa debería desarrollar procedimientos distintos en relación al trabajo en tina, a los tiempos empleados en cada etapa del proceso y a la cantidad de insumos utilizados cuando elabore queso Gauda solo con leche fluida o con la mezcla de leche fluida-retentado.

Una de las principales razones para desarrollar procedimientos distintos dependiendo de la composición proteica de la leche es determinar una firmeza de coágulo consistente, que permita maximizar los rendimientos y lograr una óptima estructura del queso. Según Mayes y Sutherland (1984) y Lawrence (1991), la elección del momento más apropiado para el corte de la cuajada, ha sido considerada como una de las decisiones más importantes en quesería, ya que cuando el corte del coágulo es demasiado temprano (coágulo demasiado suave) el rendimiento quesero se ve afectado adversamente debido al aumento de las pérdidas de materia grasa y finos hacia el suero. Por el contrario el corte tardío (coágulo demasiado firme) retarda la expulsión del suero, lo cual conlleva

a un queso con alta humedad y cuyas partículas tienden a romperse con una fuerte agitación.



**Figura 3. Humedad al Día 15 para cada una de las repeticiones realizadas en ambos Ensayos.**

Se puede observar en la Figura 3, una gran dispersión en los resultados obtenidos, observándose que los resultados de humedad del Ensayo 1 fueron significativamente ( $p \leq 0,05$ ) más bajos que los del Ensayo 2 (Anexo 18). Esto se podría deber a que el tiempo de coagulación y momento del corte de la cuajada fue el mismo para ambos Ensayos, por lo que es probable que cuando se cortó la cuajada, la firmeza del coagulo no haya sido la adecuada, cortando una cuajada más blanda en el Ensayo 1 y una más dura en el Ensayo 2, produciéndose variaciones en la humedad del producto final y en la composición del suero.

### 6.3.2 Contenido de materia grasa

Los valores promedios de la materia grasa para cada uno de los Ensayos realizados en el queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido se pueden observar en la Tabla 6.

**Tabla 6. Contenido de materia grasa (%) en base total y base seca del queso Gauda.**

Ensayo	Materia grasa (%)		MG(BS) (%)	
	Día 0	Día 15	Día 0	Día 15
1	27.48 <sup>a</sup> (0.71)	27.56 <sup>a</sup> (0.54)	49.81 <sup>a</sup> (0.82)	48.94 <sup>a</sup> (1.19)
2	27.22 <sup>a</sup> (0.67)	27.23 <sup>a</sup> (0.77)	48.62 <sup>b</sup> (0.63)	48.94 <sup>a</sup> (0.89)

Donde:

() Desviación estándar

MG(BS) = materia grasa en base seca

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Letras distintas indican diferencia significativa entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

Scott (1991), menciona que la materia grasa presente en el queso es la fuente original de los componentes particularmente responsables del sabor y aroma del queso y en conjunto con la caseína interviene en el cuerpo y en el rendimiento final del mismo.

También se conoce que el nivel de grasa en el queso afecta directamente su aceptación por parte del consumidor (Banks *et al.*, 1989). Drake *et al.* (1995) señalan que existen niveles críticos de materia grasa en queso por debajo de los cuales este producto es inaceptable tanto en sabor como en aceptabilidad.

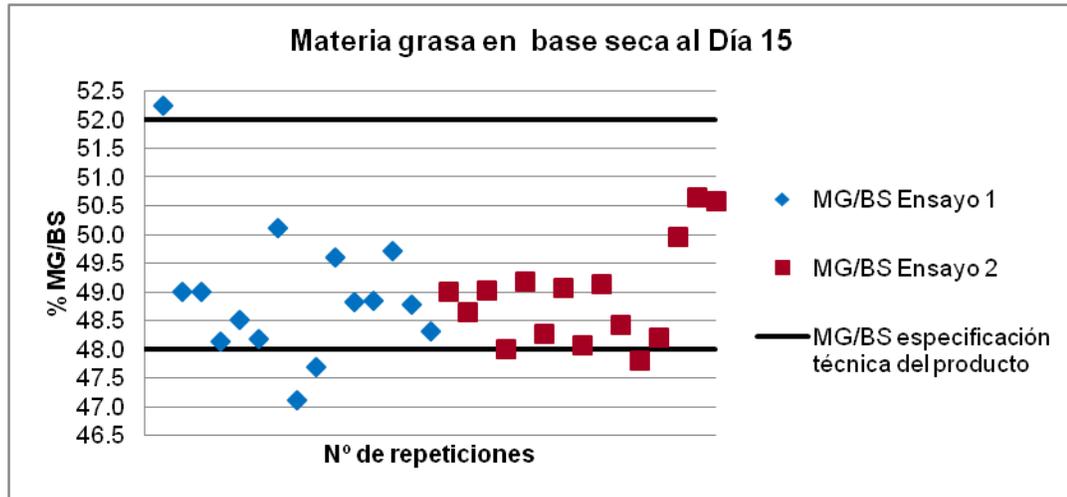
El queso recién elaborado presentó un valor promedio de 27,48% para el Ensayo 1 y 27,22% para el Ensayo 2. Y comercialmente apto para ser consumido presentó un valor promedio de 27,56% para el Ensayo 1 y 27,23% para el Ensayo 2. Del análisis estadístico se desprende que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre Ensayos (Anexo 19).

FIL-IDF (1993) indica que el queso Gauda es elaborado con diversos contenidos de materia grasa que van desde 30 a 50%, debido a que este tipo de queso se elabora con leches de diferente contenido graso según su lugar de origen. Kosikowski (1977), reporta valores de materia grasa para queso Gauda de 28,5%.

Según un estudio realizado por Brito *et al.* (2002), el contenido de materia grasa para queso Gauda recién elaborado osciló entre 27,8 y 29,8% y cuando estuvo listo para consumir, los valores oscilaron entre 28,8 y 30,5%.

Sin embargo, según Brito (1995), es más lógico evaluar el contenido de materia grasa en base seca (MG(BS)), debido a las pérdidas de humedad en los quesos durante el período de maduración.

En relación a esto, FAO (1986), indica que el contenido mínimo de materia grasa expresado en extracto seco para quesos semiduros es de 46,0%. Por su parte van den Berg *et al.* (2004) señalan que para el queso Gauda, el contenido de materia grasa en extracto seco varía entre 40 y 50%.



**Figura 4. Materia grasa en base seca para cada una de las repeticiones realizadas en ambos Ensayos.**

En la Figura 4 se puede observar que la mayoría de los resultados obtenidos se encuentran dentro de la especificación técnica del producto, que señala que el porcentaje de materia grasa en base seca del queso Gauda comercialmente apto para ser consumido debe estar entre 48-52%. Sin embargo, se observa que estos resultados presentan una gran dispersión, esto se podría deber, al igual que con los resultados de humedad, a que para ambos Ensayos se mantuvieron constantes los tiempos de procesamiento y el trabajo mecánico en la tina.

### 6.3.3 Contenido de proteína total

En la Tabla 7 se muestran los valores promedio del contenido de proteína total del queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido para cada uno de los Ensayos.

**Tabla 7. Contenido de proteína total (%) del queso Gauda.**

Ensayo	Proteína total (%)	
	Día 0	Día 15
1	24.06 <sup>a</sup> (0.70)	24.45 <sup>a</sup> (0.53)
2	23.60 <sup>a</sup> (0.61)	23.49 <sup>b</sup> (0.56)

Donde:

() Desviación estándar

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Letras distintas indican diferencia significativa entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

Las proteínas forman la estructura básica del queso, en consecuencia, cualquier modificación en la naturaleza o en la cantidad de proteína, modificará su estructura, es por eso que las transformaciones producidas a raíz de la degradación de las proteínas, genera importantes cambios organolépticos en el queso tales como: sabor, aroma, textura y consistencia del queso (Dumais *et al.*, 1991).

El queso recién elaborado presentó un valor promedio de proteína total de 24,06% para el Ensayo 1 y 23,60% para el Ensayo 2, valores que no presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ). Y el queso comercialmente apto para ser consumido presentó un valor promedio de 24,45% para el Ensayo 1 y 23,49% para el Ensayo 2, valores que presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Anexo 20).

Los valores observados en la Tabla 7 se encuentran dentro de las especificaciones de la empresa, que indican un máximo de 24% de proteínas totales para el producto comercialmente apto para ser consumido.

En cuanto al contenido en proteína total del queso Gauda Salvadori del Prato y Marchesi (1994) determinaron en un estudio en particular valores de 25-26%. Sciancalipore (1983) informó un valor de 28% para igual componente.

### 6.3.4 Contenido de sal

Los valores promedios del contenido de sal para cada uno de los Ensayos realizados en el queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido, se pueden observar en la Tabla 8.

**Tabla 8. Contenido de sal (%) del queso Gauda.**

Ensayo	Sal (%)	
	Día 0	Día 15
1	0.84 <sup>a</sup> (0.23)	1.21 <sup>a</sup> (0.19)
2	1.60 <sup>b</sup> (0.30)	1.50 <sup>b</sup> (0.33)

Donde:

() Desviación estándar

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Letras distintas indican diferencia significativa entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

FAO (1986), señala que el contenido de sal en el queso es un factor muy importante, debido a que otorga cualidades de sabor que lo hacen más apetecible; además de dar al producto una mayor conservación, de inhibir o retardar el desarrollo de microorganismos indeseables.

El contenido de sal determinado para el Ensayo 1 fue de 0,84% para el queso recién elaborado y de 1,21% para el queso comercialmente apto para ser consumido. Para el Ensayo 2 el contenido de sal fue de 1,60% para el queso recién elaborado y 1,50% para el queso comercialmente apto para ser

consumido. La variación que se produce en el contenido de sal entre el queso recién elaborado y comercialmente apto para el consumo, se podría deber a que en el método de salado por inmersión, la sal no difunde de igual forma hacia el interior del queso, debido a que primero alcanza las capas superficiales y después se va difundiendo lentamente hasta alcanzar el centro del queso, debido a esto se puede encontrar mayor proporción de sal y menor cantidad de agua en las capas externas, llegando a encontrar nada de sal en la parte central del queso (Scott, 1991, Martínez, 2012). Posteriormente, durante el proceso de maduración de los quesos este proceso migratorio continúa pero nunca se va a producir una distribución pareja de la sal en toda la masa del queso (Martínez, 2012).

Por lo tanto, sería aconsejable determinar el contenido de sal cuando el producto este comercialmente apto para el consumo dada la lenta difusión de la sal en la masa del queso (Brito *et al.*, 2002).

Según Scott (1991) el porcentaje de sal para el queso Gauda maduro puede variar entre 1,5 a 2,2%, Fox (2000) indica un porcentaje de sal del 2% y Madrid (1991) señala que el contenido de sal puede variar desde 1,4 a 1,8%. En un estudio realizado por Brito *et al.* (2002), se determinó la sal en queso Gauda maduro dando valores de 1,58 a 2,28%.

Los valores observados en la Tabla 8 se encuentran dentro de las especificaciones de la empresa, que indican un máximo de 2% de sal para el producto comercialmente apto para ser consumido.

### **6.3.5 Análisis de pH**

Los valores promedios del pH de cada uno de los Ensayos realizados en el queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido, se pueden observar en la Tabla 9.

**Tabla 9. Análisis de pH del queso Gauda.**

Ensayo	pH	
	Día 0	Día 15
1	5.38 <sup>a</sup> (0.05)	5.41 <sup>a</sup> (0.03)
2	5.40 <sup>a</sup> (0.04)	5.42 <sup>a</sup> (0.05)

Donde:

() Desviación estándar

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

El rol del pH en la elaboración de quesos es de gran importancia, puesto que su cambio está directamente relacionado con los cambios bioquímicos que se producen en la red de proteínas del queso, controla el tipo de fermentación y la actividad enzimática. Se considera como pH ideal en el producto terminado valores entre 5,4 – 5,7 (Dumais *et al.*, 1991).

Se puede observar que entre el Día 0 y Día 15 hubo una variación positiva del pH para ambos Ensayos. Esta variación concuerda con lo señalado por Alais (1985), que indica que durante la maduración, se produce un aumento del pH producto de la combinación del ácido láctico con el calcio y sales tampones presentes en el queso, además de la liberación de ciertos aminoácidos básicos y NH<sub>3</sub> de la descomposición de proteína. Scott (1991), considera como valores promedios de pH para queso Gauda después del salado y a las 8 semanas de maduración de 5,2 y 5,4 respectivamente, es decir una variación positiva.

Los valores observados en la Tabla 9 se encuentran dentro de las especificaciones de la empresa, que indican un pH entre 5,0 - 5,4 para el producto comercialmente apto para ser consumido.

## 6.4 Rendimientos del queso Gauda

### 6.4.1 Coeficientes de retención de la materia grasa y proteína total

El coeficiente de retención se define como el porcentaje de los componentes sólidos de la leche que pasan al queso (FAO, 1986, Scott, 1991) y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{\% \text{ componente en el queso} \times \text{kg de queso}}{\% \text{ componente en la leche} \times \text{kg de leche}} \quad (2)$$

La retención de materia grasa y proteína total de la leche en el queso, constituye un factor muy importante que influye en gran parte en el cálculo de rendimientos en las diferentes variedades de queso (Kosikowski, 1977).

En la Tabla 10 se puede observar el promedio de los coeficientes de retención de proteína total y materia grasa en el queso Gauda recién elaborado.

**Tabla 10. Coeficientes de retención de proteína total y materia grasa al inicio de la maduración del queso Gauda.**

Ensayo	CR Proteína	CR Mat. Grasa
1	0.75 <sup>a</sup> (0.02)	0.92 <sup>a</sup> (0.03)
2	0.76 <sup>a</sup> (0.02)	0.92 <sup>a</sup> (0.02)

Donde:

CR = coeficiente de retención

() Desviación estándar

Letras distintas indican diferencia significativa entre Ensayos ( $p \leq 0.05$ )

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

La proteína retenida en el queso es responsable de la mayor cantidad de humedad retenida en el queso y es por lo tanto, un factor determinante en el rendimiento quesero. En términos de rendimiento, por lo tanto, la pérdida de proteínas supone la pérdida del peso de la proteína mas la humedad que la acompaña (Callanan, 1993). Por lo tanto, es imprescindible que el queso retenga la mayor cantidad de la proteína de la leche.

Callanan (1993) indica que el coeficiente de retención para la proteína varía entre 0,70 a 0,77, mientras que Phelan (1981) señala que para queso Cheddar este coeficiente varía entre 0,74 a 0,77. FAO (1986) indica un 0,74 a 0,77 para todas las variedades de queso.

Se puede observar que el coeficiente de retención para la proteína fue de 0,75 para el Ensayo 1 y 0,76 para el Ensayo 2, valores que no presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) (Anexo 12).

FIL-IDF (1993) indica que el coeficiente de retención de la materia grasa de la leche al queso es alrededor de un 0,9 para la mayoría de las variedades de queso, a pesar que depende del tratamiento mecánico durante el proceso de elaboración y según esto puede variar entre 0,85 a 0,93. Según Callanan (1993), bajo condiciones de fabricación modernas, la recuperación de materia grasa varia en el orden de 0,88 a 0,92.

Se puede observar que el coeficiente de retención para la materia grasa fue igual para el Ensayo 1 y 2, ya que ambos este coeficiente fue de 0,92.

Brito *et al.* (2002), determinaron los coeficientes de retención de para queso Gauda, obteniendo valores de 0,73 para la proteína y 0,96 para la materia grasa.

Los coeficientes de retención encontrados en este estudio podrían considerarse correctos, ya que están de acuerdo con lo reportado por los diversos autores citados.

#### **6.4.2 Rendimiento quesero práctico**

En estudios realizados por Brito *et al.* (2002), Menz (2002) y Angulo (2005), donde se controló el proceso de elaboración y maduración de diferentes tipos de quesos, se evaluó el rendimiento práctico quesero (kg queso/100 kg leche) en el queso recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido, ya que durante el proceso de maduración el queso pierde peso por evaporación cuya intensidad depende de las condiciones de temperatura y humedad relativa de la cámara de almacenamiento, particularmente si se trata de quesos con cáscara o si poseen película protectora.

En este estudio sólo se determinó el rendimiento práctico obtenido en el queso recién elaborado, ya que la empresa determina el rendimiento de cada elaboración en base a los kilogramos de queso obtenidos luego del proceso de envasado. Este procedimiento consiste en pesar cada una de las piezas de queso por separado y registrar el peso de éstas en una planilla electrónica. Luego las piezas son ordenadas dentro de bins previamente sanitizados, finalmente éstos son transportados a las cámaras de almacenamiento donde permanecen en maduración a temperaturas que pueden fluctuar entre 0 y 9°C por un tiempo mínimo de 15 días.

El rendimiento del queso comercialmente apto para ser consumido no es evaluado por la empresa, ya que, una vez pasados 15 días desde que se elaboró el queso, éstos son llevados al proceso de laminado, en donde no existe un procedimiento de pesaje de las piezas de queso para el control de rendimientos. Sin embargo, para fines de este estudio se pesó el 47% de las

elaboraciones realizadas para cada Ensayo, lo que corresponde a 7 tinas por Ensayo, esto con el fin de determinar si existe una disminución del rendimiento práctico del queso Gauda.

En la Tabla 11, se expone el promedio de los resultados del rendimiento práctico del queso Gauda recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido para ambos Ensayos. Los resultados del rendimiento práctico para cada uno de los muestreos se pueden observar detalladamente en el Anexo 13 y 14.

**Tabla 11. Rendimiento práctico del queso Gauda (kg de queso/100 kg leche).**

Ensayo	Rendimiento práctico (kg queso/100 kg leche)	
	Día 0	Día 15*
1	10.81 (0.20)	10.76 (0.23)
2	11.99 (0.20)	11.97 (0.16)

Donde:

() Desviación estándar

\*Promedio de 7 elaboraciones

Día 0 = queso recién elaborado, Día 15 = queso comercialmente apto para ser consumido

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche

Se puede observar que el rendimiento práctico del queso recién elaborado fue en promedio 10,81 (kg queso/100 kg leche) para el Ensayo 1 y 11,99 (kg queso/100 kg leche) para el Ensayo 2.

Según Gilles y Lawrence (1985), los factores que influyen sobre el rendimiento quesero son: la composición de la leche particularmente el contenido de caseína y materia grasa, la humedad del queso y los coeficientes de recuperación de cada componente.

El rendimiento aumenta con la riqueza de la leche en extracto seco, especialmente en caseína y en materia grasa. Sin embargo, se debe señalar que este incremento no es proporcional al contenido de materia grasa, sino principalmente al de caseína (Alais, 1985, Dumais *et al.*, 1991).

En relación a lo anterior, se puede observar que el efecto de la composición química de la leche (ver Tabla 2) fue el factor que tuvo mayor influencia sobre el rendimiento práctico, ya que la composición química de la mezcla leche fluida-retentado utilizada en el Ensayo 2 fue estadísticamente superior que la de la leche fluida utilizada Ensayo 1, para los parámetros de proteína total, materia grasa y caseína. Por lo tanto, el aumento en el rendimiento práctico se debió básicamente al uso del retentado de la ultrafiltración de leche en la elaboración del queso Gauda.

En la Tabla 11 se puede observar que los valores promedio de rendimiento práctico, determinado en el queso recién elaborado y comercialmente apto para ser consumido para cada Ensayo varían muy poco, siendo esta variación en el orden de la centésima.

Esto se debe a que el queso Gauda elaborado es envasado al vacío en una bolsa de film termoretráctil, por lo tanto, esto evita una reducción de la humedad durante el periodo de maduración.

Por otro lado, se estudió la asociación que existe entre el rendimiento práctico de ambos Ensayos con los diferentes componentes de la leche utilizada. En la Tabla 12, se puede observar el coeficiente de correlación ( $r$ ) que mide la fuerza de la relación lineal entre las variables y el valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. En el Anexo 15 se puede observar detalladamente el análisis de correlación para las variables.

**Tabla 12. Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y los componentes de la leche.**

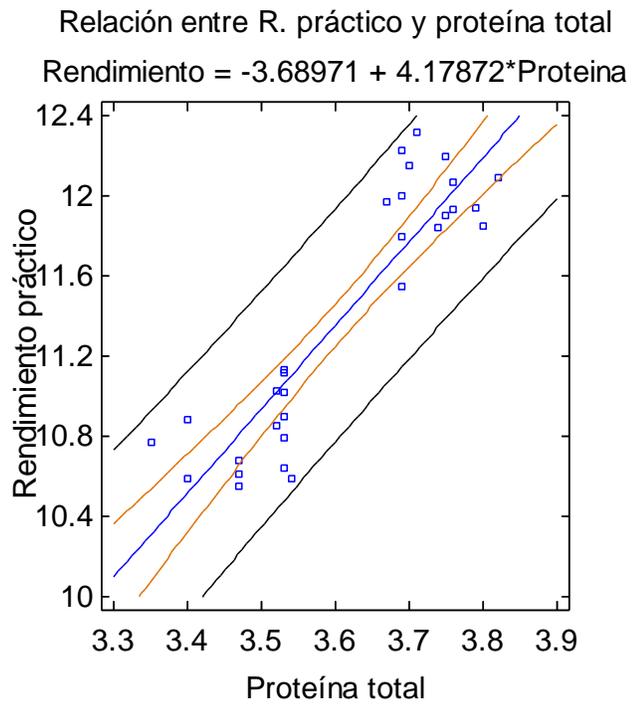
<b>Componente de la leche</b>	<b>r</b>	<b>valor-P</b>
Proteína total	0.9003	0.000
Materia grasa	0.9309	0.000
Caseína	0.823	0.000
Lactosa	-0.9461	0.000
Sólidos no grasos	-0.641	0.001
Cenizas	0.5423	0.002
Sólidos totales	0.1127	0.5533

Al observar los coeficientes de la Tabla 12, se puede ver que existe correlación alta y positiva entre el rendimiento práctico y la proteína total, materia grasa y caseína, comprobando su importancia sobre el rendimiento. Esto concuerda con lo determinado por Gilles y Lawrence (1985) quienes señalan que la materia grasa y proteína, especialmente la caseína, tienen una profunda incidencia sobre el rendimiento del queso.

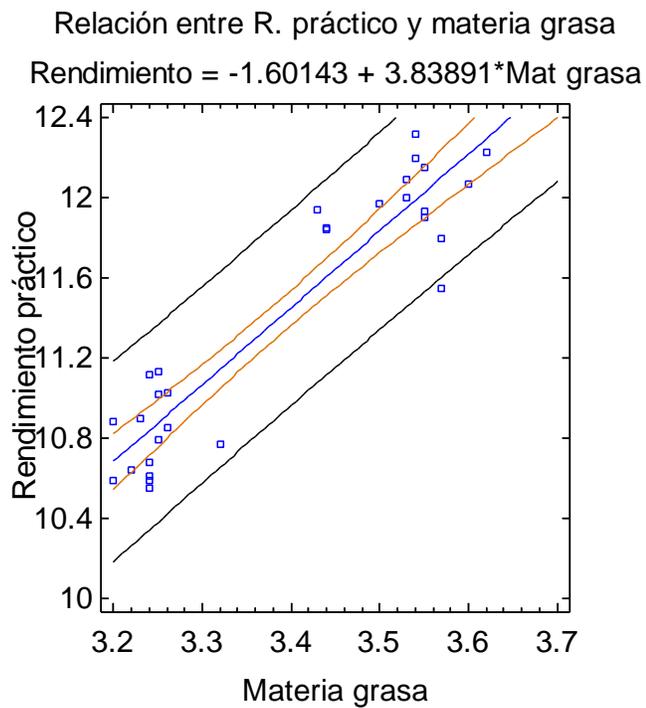
En cuanto a la lactosa, su correlación con el rendimiento práctico resultó ser alta y negativa, ya que en el proceso de ultrafiltración se elimina parte de la lactosa de la leche en el permeado.

Los sólidos no grasos presentaron una correlación moderada y negativa mientras que las cenizas presentaron una correlación moderada y positiva. Los sólidos totales presentaron una correlación muy baja y sin significancia estadística con el rendimiento práctico.

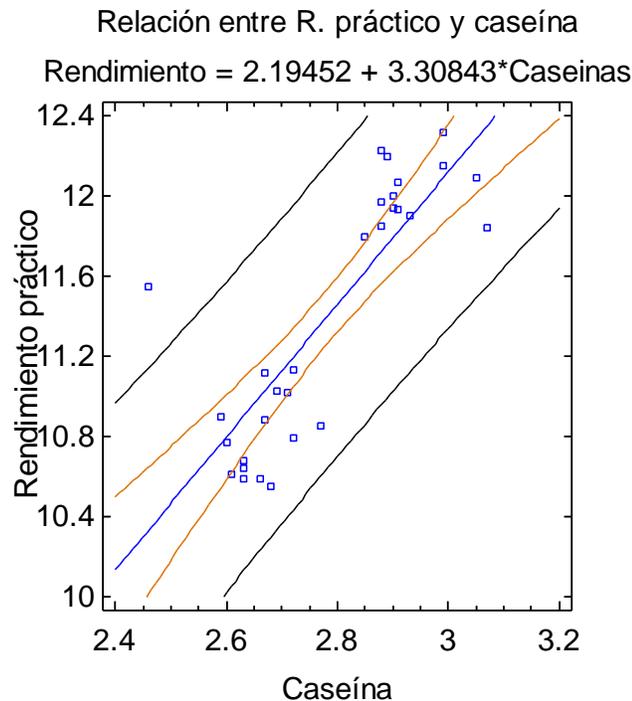
Se aplicó un análisis de regresión simple para observar gráficamente (Figura 5, 6 y 7) la relación entre el rendimiento práctico (var. dependiente) del queso Gauda y la proteína total, materia grasa y caseína (var. independiente).



**Figura 5. Relación entre el rendimiento práctico y la proteína total.**



**Figura 6. Relación entre el rendimiento práctico y la materia grasa.**



**Figura 7. Relación entre el rendimiento práctico y la caseína.**

Se observa que el rendimiento quesero práctico aumentó al aumentar la proteína total, materia grasa y caseína. Según Menz (2002), al existir un mayor contenido en materia grasa disponible en la leche, más de ésta será atrapada por la malla de caseína durante el proceso de coagulación. Si existe más caseína disponible, ésta podría favorecer la formación de la malla de caseína, atrapando más cantidad de materia grasa y otros sólidos en la cuajada.

#### **6.4.3 Rendimiento teórico**

Para calcular el rendimiento teórico se aplicaron diferentes ecuaciones predictivas seleccionadas desde la literatura (ver subcapítulo 5.2.6), la correlación que éstas tuvieron con el rendimiento práctico para ambos Ensayos se puede observar en la Tabla 13. Los resultados obtenidos del rendimiento

teórico de cada una de las ecuaciones predictivas se encuentran en el Anexo 13 y 14.

**Tabla 13. Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y las ecuaciones predictivas de rendimiento teórico.**

Ecuación (Autor)	Ensayo 1		Ensayo 2	
	r	valor-P	r	valor-P
Jensen (1971)	0.6019	0.0176	0.8811	0.0000
Van Slyke (1949)	0.1595	0.5701	0.7676	0.0008
Lelièvre et al. (1983)	0.7024	0.0035	0.8284	0.0001
Lolkema (1978)	0.0743	0.7923	0.7574	0.0011
Emmons (1978)	0.3298	0.2299	0.7350	0.0018
Banks et al. (1978)	0.4065	0.1327	0.2603	0.3488

Se puede observar que para el Ensayo 1 las ecuaciones predictivas de Jensen (1971) y de Lelièvre *et al.* (1983) presentaron una correlación alta y estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) con el rendimiento práctico. Y para el Ensayo 2 las ecuaciones predictivas de Jensen (1971), Van Slyke (1949), Emmons (1978), Lelièvre *et al.* (1983) y Lolkema (1978) presentaron una correlación alta y estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Anexo 16 y 17).

En la Tabla 14 se presenta el promedio de los resultados del rendimiento práctico para el Ensayo 1 y el rendimiento teórico calculado mediante la ecuación de Lelièvre *et al.* (1983), ya que ésta ecuación resultó tener la mejor correlación con el rendimiento práctico, obteniendo un índice de correlación de  $r = 0,7024$ . Para el Ensayo 2 (Tabla 15) la ecuación de predicción que tuvo la mejor correlación con el rendimiento práctico fue la ecuación de Jensen (1971), ya que obtuvo un índice de correlación de  $r = 0,8811$ .

**Tabla 14. Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda para el Ensayo 1.**

Ensayo	Rendimiento (kg queso/100 kg leche)	
	Práctico	Teórico (Ec. Lelièvre et al., 1983)
1	10.81 (0.20)	10.99 (0.23)

Donde:

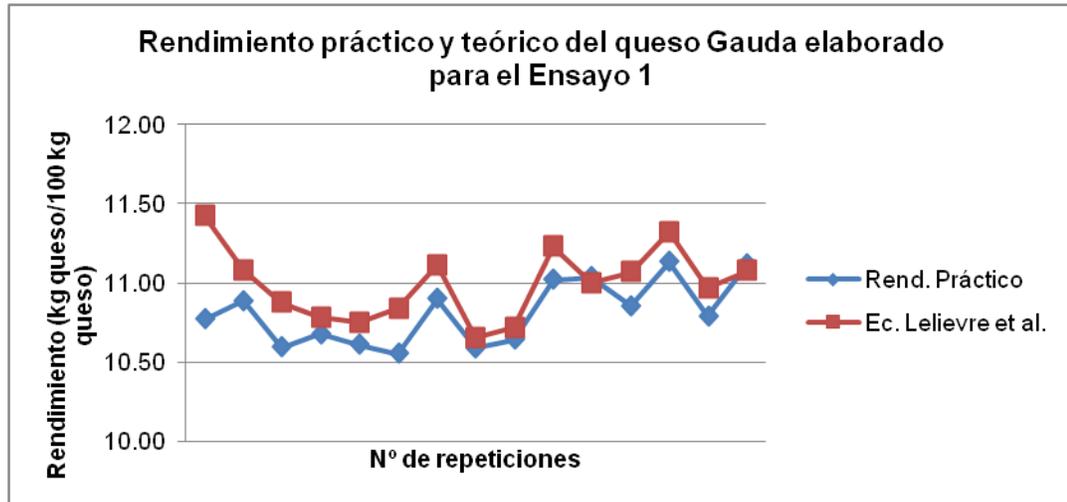
() Desviación estándar

Ensayo 1: Elaboración de queso Gauda a partir de 100% de leche fluida

Se puede observar en la Tabla 14, que el rendimiento teórico calculado mediante la ecuación de Lelièvre *et al.* (1983) es de 10,99 kg queso/100 kg leche, que es 0,18 kg o 1,66% mayor que el rendimiento práctico. Según Emmons y Lacroix (2000), esto significa que puede haber sesgos en alguna parte del sistema de medición, en mediciones de pesos, en el muestreo y análisis.

Los sesgos en el muestreo, el análisis y la medición tendrán un gran impacto en los rendimientos estimados. Por ejemplo, un sesgo en la determinación de la humedad de 0,5% significa una diferencia en el rendimiento teórico de aproximadamente 1%. De éstos, el muestreo es, probablemente, el más difícil de controlar (Emmons y Lacroix, 2000).

En la Figura 8, se puede apreciar que existe un patrón de comportamiento similar para ambos rendimientos, por lo que ésta ecuación podría ser utilizada por la empresa para predecir el rendimiento práctico del Ensayo 1 con una buena aproximación.



**Figura 8. Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda elaborado para el Ensayo 1.**

Para el Ensayo 2, se puede observar en la Tabla 14, que el rendimiento teórico calculado mediante la ecuación de Jensen (1971) es de 12,04 kg queso/100 kg leche, que es 0,05 kg o 0,42% mayor que el rendimiento práctico. La diferencia entre los rendimientos se puede deber a la variabilidad de los métodos y del muestreo (Emmons y Lacroix, 2000). A pesar de la pequeña diferencia observada entre los rendimientos, se puede observar en la Figura 9, que la ecuación de Jensen (1971) predice el rendimiento práctico del queso Gauda con una excelente aproximación.

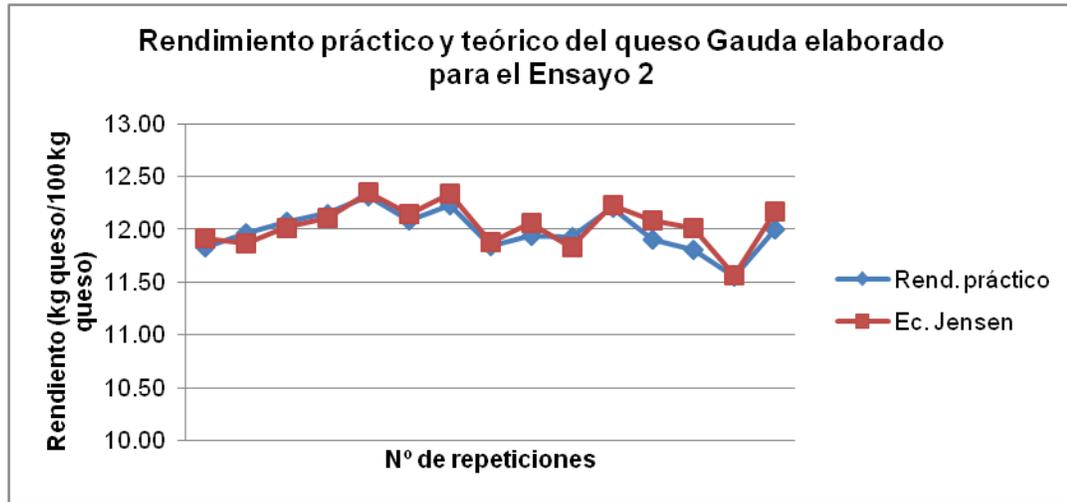
**Tabla 15. Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda para el Ensayo 2.**

Ensayo	Rendimiento (kg queso/100 kg leche)	
	Práctico	Teórico (Ec. Jensen, 1971)
2	11.99 (0.20)	12.04 (0.21)

Donde:

( ) Desviación estándar

Ensayo 2: Elaboración de queso Gauda a partir de una mezcla de leche fluida con retentado proveniente de la ultrafiltración de leche



**Figura 9. Rendimiento práctico y teórico del queso Gauda elaborado para el Ensayo 2.**

Según los análisis realizados, la ecuación de Lelièvre *et al.* (1983) y la ecuación de Jensen (1971), son confiables estadísticamente y predicen con bastante exactitud el rendimiento práctico del queso Gauda.

La ecuación de Lelièvre *et al.* (1983), corresponde a una ecuación del Tipo A. Estos autores analizan los factores que contribuyen a la determinación del rendimiento del queso, adoptando el principio del balance de masa; en la práctica, el peso del producto final está constituido por la suma del peso de la materia grasa, la humedad y materia seca libre de grasa. El peso de la materia grasa en el queso se calcula como el peso de la materia grasa contenida en la leche menos el peso de la materia grasa que se pierde en el suero; mientras que la materia seca libre de grasa está constituida principalmente de caseína y parcialmente de los componentes minerales. Lelièvre *et al.* (1983) consideran que la contribución de otros componentes, tales como lactosa y proteínas de suero son despreciables.

Para aplicar la ecuación de Lelièvre *et al.* (1983) es necesario calcular las variables de materia grasa y caseína de la leche, humedad del queso y coeficiente de retención de materia grasa. En relación a estas variables, es preciso señalar que la determinación de la caseína de la leche no se realiza a través del equipo infrarrojo MilkoScan, por lo que se requiere de mayor tiempo para los análisis y que la humedad del queso y el coeficiente de retención de la materia grasa resulta más conveniente determinarlos en el queso comercialmente apto para el consumo (Día 15) para obtener un resultado que sea más confiable.

La ecuación de Jensen (1971) es una ecuación compleja que no corresponde a ningún tipo de ecuación definido, que incluye la composición de la leche; materia grasa, proteína total, cenizas y lactosa, multiplicados por su coeficiente de retención, tomando en cuenta el porcentaje de materia seca sin sal.

La ecuación de Jensen (1971) requiere valores de componentes de la leche como las cenizas, el contenido de humedad en el queso y los coeficientes de retención, que necesitan de un mayor tiempo para su análisis y determinación. Además, considera el nivel de sal del queso, el cual es aconsejable determinarlo una vez que el producto este apto para el consumo, dada la lenta difusión de la sal en la masa del queso.

Por lo tanto, tomando en cuenta el número de análisis requeridos para cada ecuación y el tiempo empleado para realizarlos, la aplicación de las ecuaciones seleccionadas resultaría adecuada para evaluar el rendimiento en el periodo de una semana o mensualmente, estimar pérdidas y verificar la eficiencia del proceso.

## 7. CONCLUSIONES

- Al mezclar leche fluida con retentado de la ultrafiltración de leche se incrementó la concentración de proteínas totales, materia grasa y caseína en la leche utilizada para elaborar queso Gauda.
- La relación de los diferentes componentes de la leche con el rendimiento práctico resultó altamente significativa para los componentes proteína total, caseína y materia grasa, determinados a partir del análisis de correlación de Pearson ( $p \leq 0,05$ ).
- Se observó que el rendimiento quesero práctico aumentó al aumentar la proteína total, materia grasa y caseína de la leche.
- El rendimiento quesero práctico fue de 10.81 kg queso/100 kg leche para el queso Gauda elaborado solo con leche fluida y de 11.99 kg queso/100 kg leche para el queso elaborado con la mezcla de leche fluida-retentado.
- Se seleccionó la ecuación de Lelièvre *et al.* (1983) para predecir el rendimiento práctico del queso Gauda elaborado solo con leche fluida (Ensayo 1) ( $r = 0,7024$ ,  $p \leq 0,05$ ).
- Para predecir el rendimiento práctico del queso Gauda elaborado a partir de la mezcla de leche fluida-retentado (Ensayo 2), se seleccionó la ecuación de Jensen (1971) ( $r = 0,8811$ ,  $p \leq 0,05$ ).
- Se puede concluir que es posible obtener una correlación entre el rendimiento quesero práctico y el rendimiento quesero teórico evaluado mediante ecuaciones predictivas, en la elaboración de queso Gauda.

## **8. RECOMENDACIONES**

- El uso de retentado de ultrafiltración de leche es utilizado para aumentar el contenido proteico de la leche que se utilizará en la elaboración de quesos. Por lo tanto, la empresa debería ajustar las condiciones del proceso en relación a la cantidad de cuajo y a los tiempos de coagulación y corte, con el fin de minimizar las pérdidas de sólidos en el suero y estandarizar el contenido de humedad en el producto terminado, cuando elabore quesos utilizando mezcla de leche fluida-retentado.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, X. 1985. Estudio preliminar sobre maduración de queso semiduro en películas plásticas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Escuela de Agronomía. Valdivia. Chile. 111 p.

ALAIS, CH. 1985. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 2ª ed. Reverté. Barcelona. España. 872 p.

AMIOT, J. 1991. Ciencia y Tecnología de la Leche. Ed. Acribia.

ANGULO, C. 2005. Factibilidad de Producción y Estudio de Rendimiento de Queso Chanco con Incorporación de Suero en Polvo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia. Chile.

BANKS J.M., MUIR D.D., TAMINE A.Y. 1984. Equations for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production. Dairy Ind. Int. 49, 14-17.

BANKS, J.M., BRENCHANY, E.Y., CHRISTIE, W.W. 1989. The production of low fat Cheddar type cheese. Journal of the Society of Dairy Technology, 42 (6):6-9.

BANKS, J.M., MUIR, D.D., TAMINE, A.Y. 1984. Equations for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production. Dairy Industries International 49 (4): 14-15.

BRANS, G., SCHRÖEN, C.G.P.H., VAN DER SMAN, R.G.M., BOOM, R.M. 2004. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. Journal of Membrane Science 243: 263–272.

BRITO C., NIKLITSCHKE L., MOLINA L.H., MOLINA I., 2002. Evaluation of mathematical equations to predict the theoretical yield of Chilean Gouda cheese. Int. J. Dairy Technol. 55: 32-39.

BRITO, C. 1990. Queso Gouda: Caracterización, Procesamiento y Control de Calidad. II Curso Internacional sobre Tecnología de leche y productos lácteos. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. pp 13.1 - 13.11.

BRITO, C., ASTETE, M. 1997. Queso tipo Maribo elaborado con leche concentrada. II. Rendimiento. Alimentos. Vol. 22, Nº 1-2.

BRYONY, J. 2003. Membrane fouling during filtration of milk: a microstructural study. *Journal of Food Engineering* 60(1): 431–437.

CALLANAN, T. 1991. Recovery of milk constituents in cheesemaking (relation process control). Factors affecting the yield of cheese. *International Dairy Federation Special Issue 9301* (pp. 48). Bruselas, Bélgica.

CARNEIRO, L., DOS SANTOS, I., DOS SANTOS, F., MARTINS, V., CORRÊA, L.M. 2002. Cold sterilization and clarification of pineapple juice by tangential microfiltration. *Desalination* 148 (1-3): 93- 98.

CASP, A., ABRIL, J. 1999. *Procesos de Conservación de Alimentos*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 494 p.

CHACÓN, A. 2006. Tecnologías de membrana en la agroindustria láctea. *Agronomía Mesoamericana* 17 (2) 243-264.

CHERYAN, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, U.S.A. 527 p.

CHIVARI, C., BAGNI, A., CASTAGNETTI, G., FERRI, G., LOSI, G. 1993. Physical, Chemical and Microbiological Properties of vat milk in the Parmigiano-Reggiano Cheese zone: Importance and Effects on Technology. *Cheese Yield and Factors Affecting its Control: Proceedings of the IDF Seminar Held in Cork, Ireland*. (pp. 55). Bruselas, Bélgica.

COGGINS, J. 1991. Predicting Cheddar cheese yield in an individual plant: Van Slyke revisited. *Journal of Dairy Science* 74 359–368.

COVINGTON, C. 1993. Genetic and environmental factors affecting milk composition and their relationship to cheese yield. *Cheese Yield and Factors Affecting its Control: Proceedings of the IDF Seminar Held in Cork, Ireland*. (pp. 76). Bruselas, Bélgica.

DELBEKE, R. 1985. Direct vat inoculation of milk with lyophilized starter for making Gouda cheese. *Milchwissenschaft* 40 (11) 653-657.

DELGADO, D. 2010. Optimización del proceso de elaboración de queso semicurado de mezcla a partir de concentrados de ultrafiltración. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos.

DRAKE, M.A., SWANSON, B.G. (1995) Reduced- and low-fat cheese technology: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 366–369.

DUMAIS R, BLAIS, J. A., CONRAD, F. 1991. Queso en Ciencia y Tecnología de la Leche. Principios y Aplicaciones, pp 249–295.

ECK, A. 1990. El queso. Ediciones Omega S.A. Barcelona. España.

EMMONS, D. B. 1991a. Economic importance of cheese yield. Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation Special Issue 9301 (pp. 10). Bruselas, Bélgica.

EMMONS, D. B. 1991b. Definition and expression of cheese yield. Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation Special Issue 9301 (pp. 12). Bruselas, Bélgica.

EMMONS, D. B., ERNSTROM, C. A., LACROIX, C., VERRET, P. 1990. Predictive formulae for yield of cheese from composition of milk: A review. Journal of Dairy Science, 73(6), 1365–1394.

EMMONS, D. B., ERNSTROM, C., LACROIX, C. 1991. Yield formulae. Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation Special Issue 9301 (pp. 21). Bruselas, Bélgica.

EMMONS, D.B. 1978. Future development needs for cheese and cultured products. Proceedings of the IDF Seminar on New Dairy Foods, Document 107. International Dairy Federation. Bruselas, Bélgica. pp. 103-117.

EMMONS, D.B., LACROIX, C. 2000. Use of predictive yield formulae. Practical Guide for Control of Cheese Yield. International Dairy Federation. Bruselas, Bélgica.

FAO. 1986. Manual de Elaboración de Quesos. Equipo Regional de Fomento y Capacitación en Lechería de FAO para América Latina TR-LA/85/3-0. Santiago, Chile.

FARKYE, N.Y. 2004. Cheese Technology. Int. J. Dairy Tech., 57: 91-98.

FIL-IDF, International Dairy Federation. 1991. Factors Affecting the yield of cheese. IDF Special Issue 9301. 197 p.

FIL-IDF. 1993. Cheese Yield and Factors Affecting its Control: Proceedings of the

FOX, P., GUINEE, T., COGAN, T., MCSWEENEY, P. 2000. Fundamentals of Cheese Science. Gaithersburg M.D., Aspen Publishers, Inc. Irlanda.

FOX, P.F. 1986. Developments in Dairy Chemistry 1: Proteins. London, Elsevier Applied Science Publisher. 409 p.

FOX, P.F., MCSWEENEY, P.L.H. 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Department of Food Chemistry, University College Cork, Irlanda.

FUQUAY, J.W., FOX, P.F., MCSWEENEY, P.L.H. 2011. Encyclopedia of Dairy Sciences. Second Edition.

GÉSAN-GUIZIOU, G., DAUFIN, G., BOYAVAL, E. 2000. Critical stability conditions in skimmed milk crossflow microfiltration: impact on operating modes. Lait 80(1): 129-140.

GILLES J., LAWRENCE R.C. 1985. The yield of cheese. New Zeal. J. Dairy Sci. Techn. 20, 205-214.

GRASSANO, E. 2002. Principi generali, analisisi dei bilanci di materia, e dei consumi energetici in varie tecnologie con applicazione dell'ultrafiltrazione nella fabbricazione di diversi formaggi. Tesina di Grado. Centro de formazione professionale – Lodi. 38 pp

GRASSELLI, M., NAVARRO, A., FERNANDEZ, H., MIRANDA, M., CAMPERI, S., CASCONI, O. 1997. Qué hacer con el suero. Rev. Ciencia Hoy. Fac Fcia y Bioq. Universidad de Buenos Aires 8(43):12-17.

HUTSON, T. 1982. Membrane technologies for the dairy industry. Rev Dpto. Filtration Engineering Co. Inc Champlin MN USA pp 1-12.

IDF. 2004. Determinación de caseínas. Método de Referencia. ISO 17997-1:2004.

IDF. 2004. Determinación de humedad. Método de Referencia. ISO 5534:2004.

IDF. 2004. Determinación de proteínas totales. Método de Kjeldahl. ISO 8968-3:2004.

IDF. 2004. Determinación de sólidos totales. Método de Referencia. ISO 5534:2004.

IDF. 2006. Determinación del contenido de cloruro. Método por Valoración Potenciométrica. ISO 5943:2006.

IDF. 2008. Determinación de materia grasa. Método Gerber-Van Gulik. ISO 3433:2008.

INN. 1979. Leche y productos lácteos. Determinación de pH. Método Potenciométrico. Norma Chilena Oficial 1671.

INN. 1979. Leche. Determinación de densidad. Método del lactodensímetro. Norma Chilena Oficial 1672.

INN. 1979. Leche. Determinación del contenido de materia grasa. Método de Gerber. Norma Chilena Oficial 1016/1.

INN. 1998. Leche. Determinación de acidez titulable. Método Potenciométrico. Norma Chilena Oficial 1738.

INN. 1999. Productos Lácteos. Queso Gouda. Requisitos. Norma Chilena Oficial 2478.

INN. 2001. Productos hidrobiológicos. Determinación de cenizas totales. NCh 2669 Of. 2001.

JAMESON, G., LELIEVRE, J. 1996. Effects of whey proteins on cheese characteristics. IDF bulletin 313: 3-8.

JENSEN, J. 1971. Cálculos de Rendimientos en Quesos. Lechería Latinoamericana, 3. Equipo Regional de Fomento y Capacitación en Lechería de FAO para América Latina. Santiago, Chile: Food and Agricultural Organization of The United Nations.

KESSLER, H.G. 1981. Food Engineering and Dairy Technology. Verlag A. Kessler. P.O. Box 1721 D-8050. Freising, Alemania.

KOSIKOWSKI, F.V. 1977. Cheese and fermented milk foods. Edwards Brothers Ann Arbor MI.

LAW, B.A., TAMIME, A. 2010. Technology of Cheese making, 2nd ed., Blackwell Publishing Ltd. United Kingdom.

LAWRENCE, R.C. 1991. Cheese yield potential of milk. Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation Special Issue 9301 (pp. 109). Bruselas, Bélgica.

LAWRENCE, R.C. 1993. Processing conditions. Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation Special Issue 9301 (pp. 64). Bruselas, Bélgica.

LELIÈVRE, J., FREESE, O.J., GILLES, J. 1983. Prediction of Cheddar cheese yield. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology* 18: 169-172.

LOLKEMA, H. 1978. Control of cheese yields in Friesland. Paper presented at Cheese Industry Conference, Utah State University, Logan, UT.

LUCEY J., KELLY J. 1994. Cheese yield. *J. Soc. Dairy Techn.* 47 (1), 1-14.

MADRID, V. A. 1991. Manual de tecnología quesera. AMV Ediciones, Mundi-Prensa, Madrid.

MARTINEZ, R. El salado de los quesos. [en línea] <[http://www.portalechero.com/innovaportal/v/183/1/innova.front/el\\_salado\\_de\\_los\\_quesos.html](http://www.portalechero.com/innovaportal/v/183/1/innova.front/el_salado_de_los_quesos.html)> [consulta: 12 noviembre 2012].

MAUBOIS, J.L., OLLIVIER, G. 1992. Milk protein fractionation. *IDF Special issue* 9201:15-22.

MAUGAS, J. 2002. Le technologie a membrana aplicata al siero di latte. *Rev IL Latte* 27(2):58-64.

MAYES, J.J., SUTHERLAND, B.J. 1984. Coagulum Firmness and Yield in Cheddar Cheese Manufacture. The role of curd firmness instrument in determining cutting time. *The Australian Journal of Dairy Technology.* 6: 69-73.

MC ILVEEN, H., STRUGNELL, C. 1990. Standardization and its influence on the recovery of fat and protein into Cheddar cheese. *Dairy Industries International.* 55: 11-18.

MENZ, M. 2002. Estudio del Rendimiento Quesero Teórico a través de Ecuaciones Predictivas y su Correlación con el Rendimiento Práctico, en Queso Chanco Industrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia. Chile.

MICHELONI, C. 2012. Comunicación personal.

ODEPA, 2011. Boletín de la leche. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

OLSON, N. 1977. Factors affecting cheese yield. *Dairy Industries International* 42 4-19.

PAOLO, F., ANDREA, S., PIERO, F., MASSIMO, M., PRIMO, M. 2008. Cheese yield: Factors of variation and predictive formulas. A review focused particularly on grana type cheeses. *Ann. Fac. Med. Vet. Parma* 28, 211-232.

PHELAN, J.A. 1981. Standardization of milk for cheesemaking at factory level. *Journal of the Society of Dairy Technology* 34 (4): 152-156.

PINTO, M., CARRASCO E., FRASER B. 1998. Composición química de la leche cruda y sus variaciones a nivel de silos en plantas lecheras de la VIII, IX y X Regiones de Chile. Parte I. Macrocomponentes. *Agrosur*, vol. 26 no. 2, p.97-109.

PIRES, M., ALESSI, A., GATTI, C. 1999. Estudio de laboratorio del efecto de las concentraciones de calcio y caseína, el pH y la temperatura sobre la incorporación de proteínas lácteas al coágulo obtenido por acción enzimática. *Quím. Nova*. vol.22, n.4. São Paulo.

PUHAN, Z., JACOB, E. 1993. Genetic variants of milk proteins and cheese yield. *Cheese yield and Factors Affecting its Control. Proceedings of the IDF Seminar Cork, Ireland*. 540 p.

SALVADORI DEL PRATO, S., MARCHESI, G. 1994. Y Formaggi a pasta pressata semicotta. *Il Latte* 19 (7) 714-722.

SCHKODA, P., KESSLER, H. G. 1996. Manufacture of fresh cheese from ultrafiltered milk with reduced amount of acid whey. *IDF bulletin* 311: 33-35.

SCIANCALIPORE, V. 1993. Ulteriore caratterizzazione del formaggio tipo Gouda, nota 3. *Il Latte* 8 (1) 14-16.

SCOTT, R. 1991. *Fabricación de queso*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España. 520 p.

SOTTO, A. 2008. Aplicación de la tecnología de membranas de nanofiltración y osmosis inversa para el tratamiento de disoluciones acuosas de compuestos fenólicos y ácidos carboxílicos. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Departamento de Tecnología Química y Ambiental.

SPREER, H. 1975. *Lactología industrial*. Zaragoza, España. Acribia. 461 p.

STEFFEN, C. H. R. 1983. Factores que influyen sobre el rendimiento y calidad en la elaboración del queso. *Industria Lechera* 677 4-9.

TAGLIETTI P. 1991. Applicazioni dell' ultrafiltrazione nell'industria casearia Rev Il Monde del latte 45(1): 14-16.

VAILLANT, F., PEREZ, A.M., VIQUEZ, F. 2004. Microfiltración tangencial: una alternativa innovadora para la transformación de frutas tropicales. La Alimentación Latinoamericana 252, pp. 38-46.

VAN BOEKEL, M. A. J. S. 1994. Transfer of milk components to cheese: scientific considerations. Cheese Yield and Factors Affecting its Control: Proceedings of the IDF Seminar Held in Cork, Ireland (pp. 19). Bruselas, Bélgica.

VAN DEN BERG, G., MEIJER, W.C., DÜSTERHÖFT, E.M., SMIT, G. 2004. Gouda and Related Cheeses. NIZO Food Research, Ede, The Netherlands.

VAN SLYKE, L.L. 1979. Cheese (revised and enlarged edition). Orange Judd Co., Inc., New York, NY.

WILSTER, G.H. 1974. Practical cheesemaking. Oregon, Book Stores. 555 p.

ZEHREN, V.L. 1993. Factors that affect yield over which the cheese plant has control. Cheese Yield and Factors Affecting its Control: Proceedings of the IDF Seminar Held in Cork, Ireland. (pp. 245). Bruselas, Bélgica.

## 10. ANEXOS

### **Anexo 1. Calibración equipo MilkoScan.**

El equipo MilkoScan utilizado es calibrado 2 veces al año a partir de 10 muestras de leche fluida estandarizada de referencia, además, semanalmente se envían 3 muestras de leche cruda al Laboratorio de Calidad de Leche de la empresa Cooprinsem, esto con el fin de comparar los resultados entregados por el equipo MilkoScan utilizado con los del equipo MilkoScan de ésta empresa. Cooprinsem analiza cerca de 2 millones de muestras por año, por lo que realiza la calibración de su equipo semanalmente, por lo tanto, esta comparación sirve para detectar rápidamente si los resultados entregados por el equipo MilkoScan utilizado presentan alguna desviación.

Los métodos analíticos estándares utilizados para la calibración del MilkoScan FT 120 son los siguientes:

- Determinación de proteínas totales. Método de Kjeldahl. ISO 8968-3:2004 (IDF 20-3: 2004).
- Determinación de materia grasa. Método Gravimétrico. ISO 1211:1999.
- Determinación de sólidos totales. Método Gravimétrico. FIL/IDF 21B:1987.
- Determinación de sólidos no grasos
- Determinación de lactosa. Método Enzimático. ISO 5765-2:2002 (IDF 79-2: 2002).

**Anexo 2. Valores de repetición de la composición físico-química de la leche fluida (Ensayo 1) utilizada en la elaboración de queso Gauda.**

Muestreo	Componentes (%)								
	MG	PT	CA	ST	SNG	LAC	CE	Ac. (°Th)	pH
1	3.32	3.34	2.6	12.19	8.87	4.78	0.70	15.5	6.67
	3.32	3.35		12.2	8.88	4.79	0.71		
2	3.2	3.4	2.67	12.18	8.98	4.83	0.72	15.5	6.67
	3.19	3.41		12.17	8.98	4.82	0.71		
3	3.21	3.4	2.67	12.18	8.97	4.82	0.72	15.5	6.67
	3.21	3.4		12.16	8.95	4.82	0.72		
4	3.24	3.47	2.64	12.38	9.14	4.93	0.71	15.0	6.66
	3.25	3.47		12.39	9.14	4.93	0.70		
5	3.24	3.47	2.64	12.38	9.14	4.92	0.71	17.0	6.57
	3.24	3.48		12.39	9.15	4.93	0.74		
6	3.24	3.47	2.64	12.37	9.13	4.93	0.70	17.0	6.61
	3.24	3.47		12.37	9.13	4.92	0.72		
7	3.23	3.54	2.63	12.45	9.22	4.95	0.69	16.0	6.64
	3.22	3.53		12.43	9.21	4.94	0.64		
8	3.23	3.53	2.63	12.44	9.21	4.94	0.71	16.5	6.68
	3.24	3.55		12.47	9.23	4.94	0.70		
9	3.23	3.53	2.63	12.44	9.21	4.95	0.65	15.5	6.66
	3.22	3.53		12.43	9.21	4.93	0.67		
10	3.25	3.53	2.71	12.63	9.38	4.90	0.69	15.5	6.63
	3.25	3.53		12.65	9.40	4.91	0.68		
11	3.26	3.53	2.71	12.63	9.37	4.89	0.72	15.5	6.60
	3.26	3.52		12.65	9.39	4.92	0.69		
12	3.25	3.51	2.71	12.61	9.36	4.90	0.71	15.0	6.67
	3.26	3.52		12.65	9.39	4.92	0.67		
13	3.25	3.53	2.71	12.64	9.39	4.90	0.70	15.0	6.62
	3.25	3.53		12.65	9.40	4.91	0.70		
14	3.25	3.52	2.71	12.63	9.38	4.90	0.74	15.0	6.65
	3.25	3.53		12.64	9.39	4.91	0.73		
15	3.26	3.53	2.71	12.65	9.39	4.91	0.72	15.0	6.66
	3.26	3.53		12.64	9.38	4.90	0.72		

Donde:

MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, SNG = sólidos no grasos, LAC = lactosa, CE = cenizas, Ac = acidez titulable

**Anexo 3. Valores de repetición de la composición físico-química de la mezcla leche fluida-retentado (Ensayo 2) utilizada en la elaboración de queso Gauda.**

Muestreo	Componentes (%)								
	MG	PT	CA	ST	SNG	LAC	CE	Ac. (°Th)	pH
1	3.44	3.73	3.07	12.33	8.88	4.32	0.82	16.0	6.74
	3.44	3.74		12.33	8.88	4.32	0.89		
2	3.5	3.66	2.88	12.26	8.75	4.27	0.73	16.0	6.69
	3.5	3.67		12.28	8.77	4.28	0.73		
3	3.6	3.76	2.91	12.57	8.97	4.39	0.75	15.5	6.74
	3.59	3.76		12.58	8.99	4.41	0.75		
4	3.54	3.69	2.99	12.39	8.85	4.33	0.74	15.5	6.66
	3.55	3.7		12.41	8.86	4.34	0.75		
5	3.54	3.71	2.99	12.42	8.88	4.35	0.73	15.0	6.62
	3.54	3.71		12.43	8.88	4.35	0.74		
6	3.53	3.82	3.05	12.6	9.07	4.43	0.76	16.0	6.71
	3.53	3.82		12.6	9.08	4.44	0.72		
7	3.61	3.69	2.88	12.44	8.83	4.31	0.73	16.0	6.66
	3.62	3.69		12.44	8.81	4.30	0.76		
8	3.44	3.79	2.89	12.44	9.00	4.39	0.76	16.0	6.71
	3.44	3.81		12.46	9.02	4.38	0.75		
9	3.43	3.79	2.89	12.4	8.97	4.36	0.73	16.0	6.72
	3.42	3.79		12.4	8.97	4.36	0.75		
10	3.55	3.76	2.91	12.5	8.96	4.38	0.70	16.5	6.66
	3.55	3.77		12.51	8.96	4.38	0.74		
11	3.54	3.75	2.91	12.47	8.93	4.36	0.72	16.0	6.70
	3.54	3.75		12.47	8.93	4.36	0.76		
12	3.55	3.75	2.91	12.51	8.96	4.39	0.74	15.5	6.72
	3.55	3.76		12.52	8.96	4.39	0.75		
13	3.56	3.69	2.85	12.47	8.92	4.40	0.73	15.0	6.71
	3.58	3.69		12.49	8.92	4.41	0.73		
14	3.57	3.69	2.85	12.48	8.91	4.41	0.73	15.5	6.69
	3.57	3.7		12.50	8.94	4.42	0.73		
15	3.56	3.69	2.85	12.46	8.91	4.40	0.71	16.0	6.64
	3.57	3.69		12.48	8.92	4.41	0.71		

Donde:

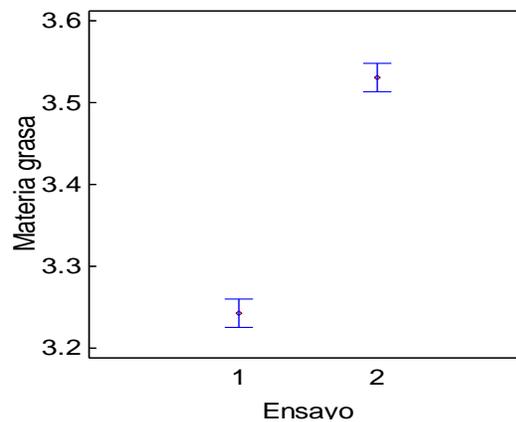
MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, SNG = sólidos no grasos, LAC = lactosa, CE = cenizas, Ac = acidez titulable

**Anexo 4. Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la composición físico-química de la leche fluida y mezcla leche fluida-retentado utilizada en la elaboración de queso Gauda.**

- Análisis de varianza para materia grasa por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.62208	1	0.62208	312.23	0.0000
Intra grupos	0.0557867	28	0.00199238		
Total (Corr.)	0.677867	29			

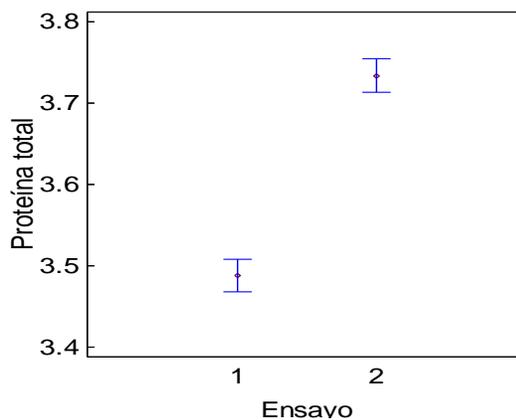
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- Análisis de varianza para proteína total por Ensayo.**

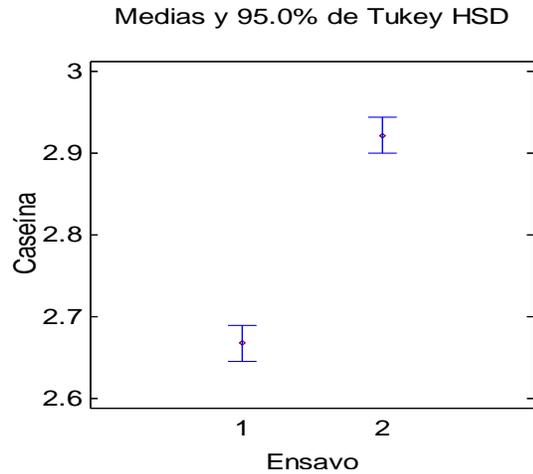
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.45387	1	0.45387	156.51	0.0000
Intra grupos	0.0812	28	0.0029		
Total (Corr.)	0.53507	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD



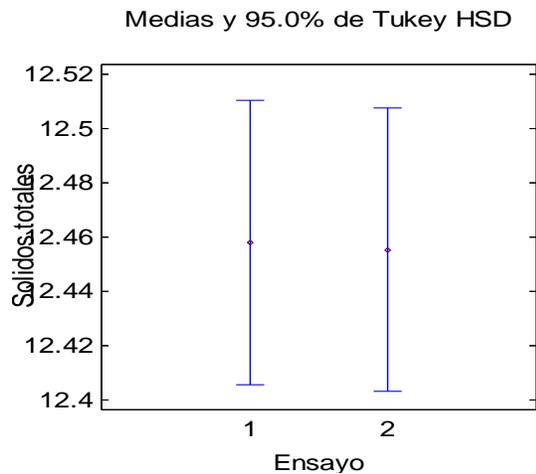
- **Análisis de varianza para caseína por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.486413	1	0.486413	149.45	0.0000
Intra grupos	0.0911333	28	0.00325476		
Total (Corr.)	0.577547	29			



- **Análisis de varianza para sólidos totales por Ensayo.**

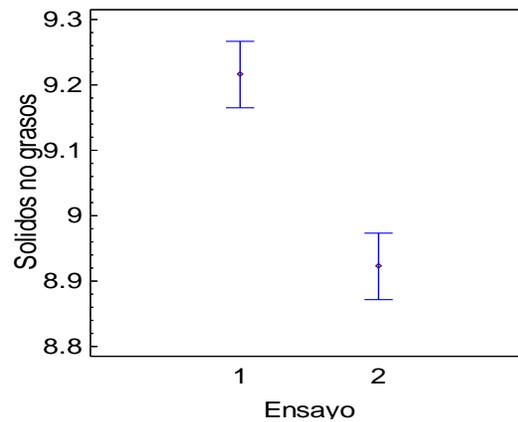
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0000533333	1	0.0000533333	0.00	0.9587
Intra grupos	0.546613	28	0.0195219		
Total (Corr.)	0.546667	29			



- **Análisis de varianza para sólidos no grasos por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.645333	1	0.645333	35.12	0.0000
Intra grupos	0.514453	28	0.0183733		
Total (Corr.)	1.15979	29			

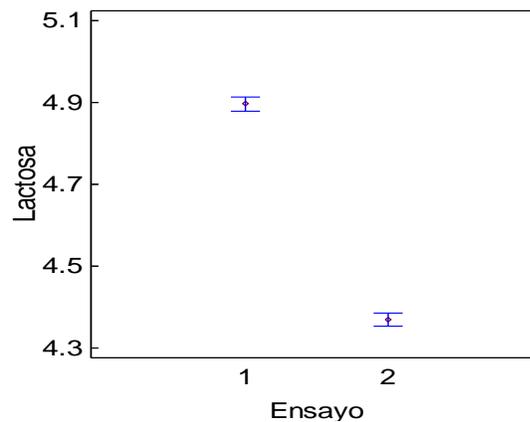
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para lactosa por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.0856	1	2.0856	992.69	0.0000
Intra grupos	0.0588267	28	0.00210095		
Total (Corr.)	2.14443	29			

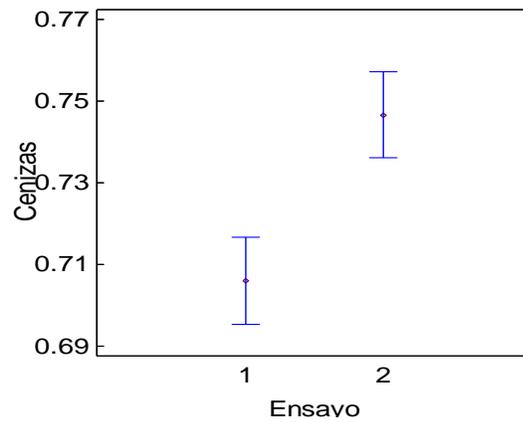
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para cenizas por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0124033	1	0.0124033	15.44	0.0005
Intra grupos	0.0224933	28	0.000803333		
Total (Corr.)	0.0348967	29			

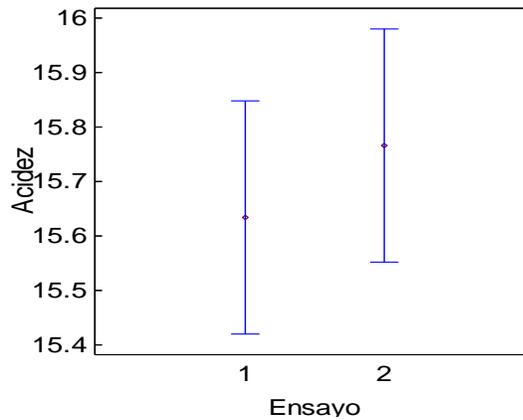
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para acidez por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.133333	1	0.133333	0.41	0.5285
Intra grupos	9.16667	28	0.327381		
Total (Corr.)	9.3	29			

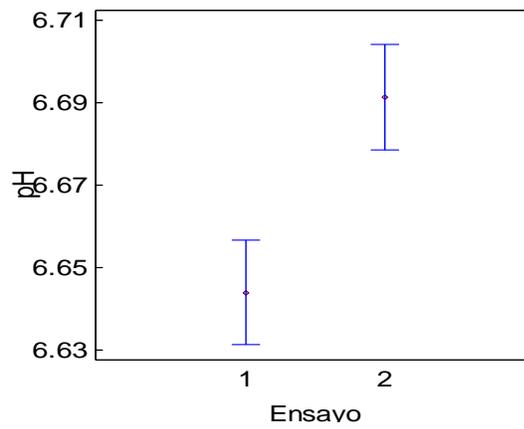
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para pH por Ensayo.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0168033	1	0.0168033	14.55	0.0007
Intra grupos	0.0323333	28	0.00115476		
Total (Corr.)	0.0491367	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD

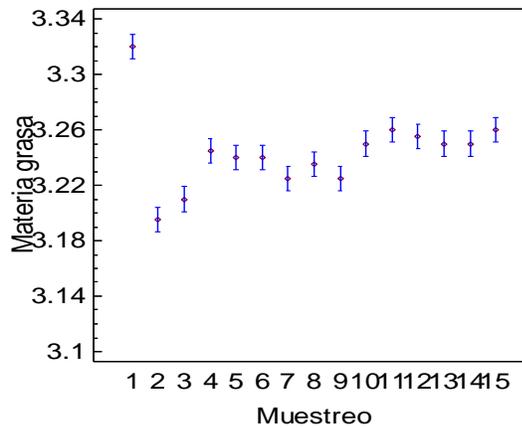


**Anexo 5. Análisis de varianza (ANOVA) para la estandarización de la materia grasa y proteína total en leche fluida (Ensayo 1) y mezcla leche fluida-retentado (Ensayo 2).**

- **Análisis de varianza para materia grasa por muestreo (Ensayo 1).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.02182	14	0.00155857	77.93	0.0000
Intra grupos	0.0003	15	0.00002		
Total (Corr.)	0.02212	29			

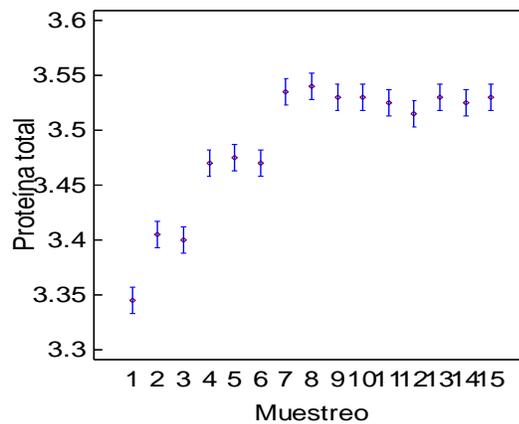
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para proteína total por muestreo (Ensayo 1).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.102667	14	0.00733333	200.00	0.0000
Intra grupos	0.00055	15	0.0000366667		
Total (Corr.)	0.103217	29			

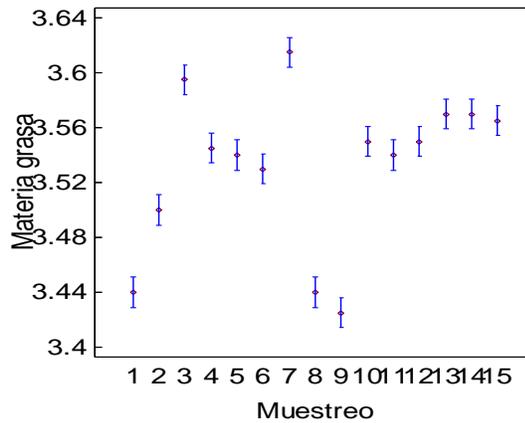
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para materia grasa por muestreo (Ensayo 2).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0903667	14	0.00645476	<b>215.16</b>	<b>0.0000</b>
Intra grupos	0.00045	15	0.00003		
Total (Corr.)	0.0908167	29			

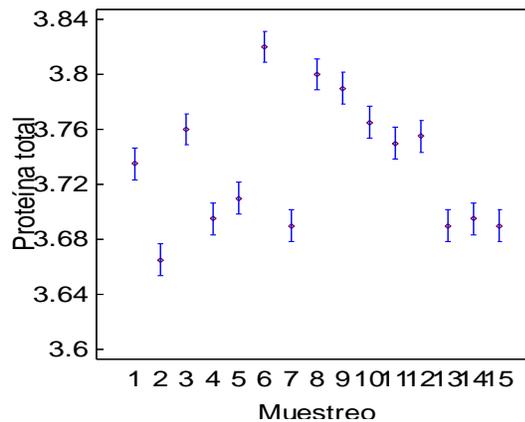
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para proteína total por muestreo (Ensayo 2).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.06282	14	0.00448714	<b>134.61</b>	<b>0.0000</b>
Intra grupos	0.0005	15	0.0000333333		
Total (Corr.)	0.06332	29			

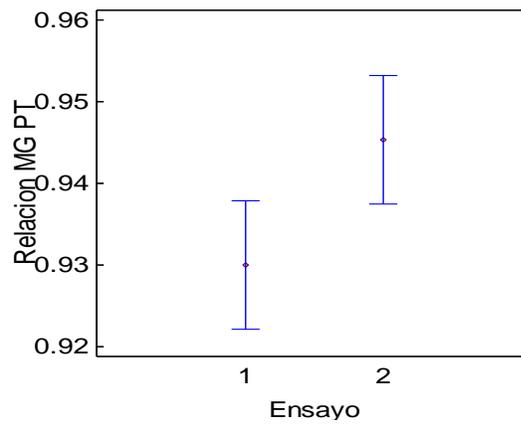
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para relación materia grasa/proteína total por Ensayo.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00176333	1	0.00176333	3.93	0.0574
Intra grupos	0.0125733	28	0.000449048		
Total (Corr.)	0.0143367	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD



**Anexo 6. Valores de repetición de la composición físico-química del suero obtenido durante el proceso de elaboración de queso Gauda (Ensayo 1).**

Muestreo	Componentes (%)					
	MG	PT	CA	ST	Ac. (°Th)	pH
1	0.29	0.88	0.08	6.47	10.50	6.58
	0.29	0.89		6.47		
2	0.27	0.89	0.07	6.48	10.50	6.55
	0.26	0.88		6.49		
3	0.28	0.9	0.1	6.47	11.00	6.56
	0.27	0.91		6.5		
4	0.25	0.91	0.07	6.77	10.00	6.52
	0.26	0.94		6.74		
5	0.25	0.91	0.06	6.77	10.00	6.42
	0.26	0.94		6.74		
6	0.26	0.94	0.09	6.74	9.50	6.51
	0.26	0.94		6.78		
7	0.24	0.95	0.05	6.71	9.50	6.55
	0.24	0.95		6.75		
8	0.25	0.95	0.14	6.73	9.50	6.56
	0.25	0.94		6.78		
9	0.25	0.95	0.06	6.68	10.00	6.58
	0.24	0.95		6.76		
10	0.28	0.94	0.08	6.7	11.50	6.57
	0.28	0.94		6.74		
11	0.26	0.95	0.07	6.73	11.50	6.49
	0.26	0.96		6.74		
12	0.28	0.94	0.12	6.75	11.00	6.51
	0.27	0.95		6.77		
13	0.27	0.95	0.09	6.75	11.00	6.54
	0.27	0.95		6.8		
14	0.28	0.96	0.08	6.75	10.50	6.56
	0.28	0.95		6.72		
15	0.29	0.94	0.09	6.73	11.00	6.55
	0.29	0.95		6.76		

Donde:

MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, Ac = acidez titulable

**Anexo 7. Valores de repetición de la composición físico-química del suero obtenido durante el proceso de elaboración de queso Gauda (Ensayo 2).**

Muestreo	Componentes (%)					
	MG	PT	CA	ST	Ac. (°Th)	pH
1	0.27	0.99	0.11	6.41	11.00	6.54
	0.25	0.99		6.41		
2	0.29	1.01	0.07	6.58	10.50	6.60
	0.28	1.02		6.59		
3	0.27	1.02	0.16	6.56	10.50	6.63
	0.28	1.02		6.60		
4	0.29	0.97	0.24	6.38	12.00	6.48
	0.30	0.97		6.41		
5	0.26	0.98	0.26	6.41	10.00	6.69
	0.26	0.99		6.42		
6	0.26	1.02	0.03	6.58	11.00	6.62
	0.26	1.02		6.62		
7	0.29	0.98	0.14	6.40	10.50	6.53
	0.29	0.98		6.45		
8	0.25	1.01	0.04	6.45	10.50	6.60
	0.25	1.01		6.48		
9	0.25	1.00	0.07	6.57	10.50	6.58
	0.25	1.01		6.57		
10	0.29	1.00	0.04	6.51	11.00	6.60
	0.28	1.00		6.51		
11	0.27	1.00	0.07	6.46	10.50	6.61
	0.27	1.01		6.47		
12	0.26	1.00	0.04	6.49	11.00	6.58
	0.26	1.01		6.50		
13	0.30	0.99	0.07	6.54	11.00	6.60
	0.29	0.99		6.55		
14	0.34	1.06	0.07	6.71	11.00	6.55
	0.34	1.06		6.69		
15	0.29	0.99	0.06	6.53	10.50	6.54
	0.29	0.99		6.51		

Donde:

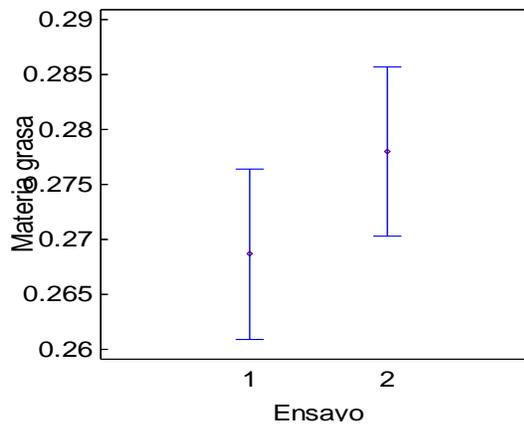
MG = materia grasa, PT = proteínas totales, CA = caseínas, ST = sólidos totales, Ac = acidez titulable

**Anexo 8. Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la composición físico-química del 1º suero obtenido durante el proceso de elaboración del queso Gauda.**

- **Análisis de varianza para materia grasa por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.000653333	1	0.000653333	1.52	0.2275
Intra grupos	0.0120133	28	0.000429048		
Total (Corr.)	0.0126667	29			

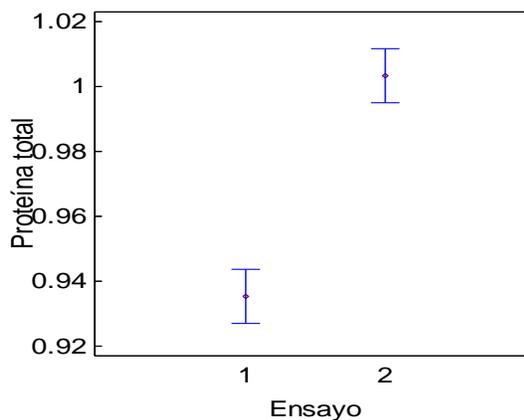
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para proteína total por Ensayo.**

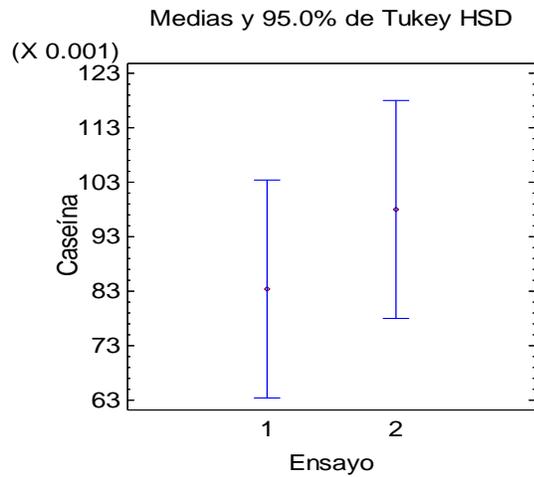
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.03468	1	0.03468	71.89	0.0000
Intra grupos	0.0135067	28	0.000482381		
Total (Corr.)	0.0481867	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD



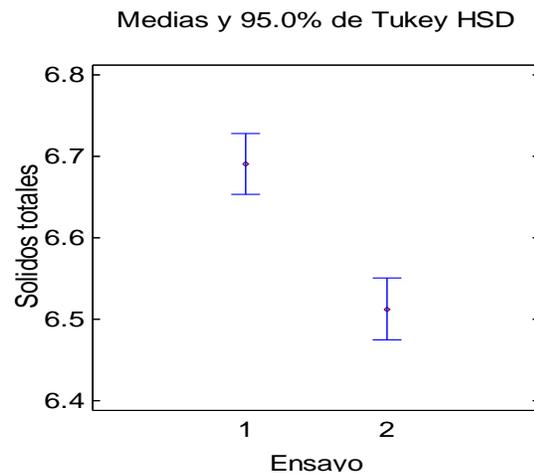
- **Análisis de varianza para caseína por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00161333	1	0.00161333	0.56	0.4586
Intra grupos	0.0799733	28	0.00285619		
Total (Corr.)	0.0815867	29			



- **Análisis de varianza para sólidos totales por Ensayo.**

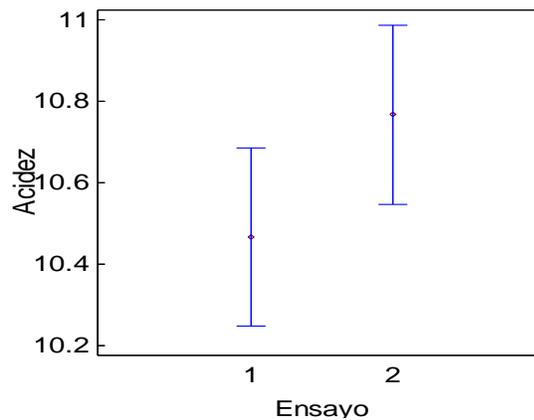
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.23763	1	0.23763	23.78	0.0000
Intra grupos	0.279787	28	0.00999238		
Total (Corr.)	0.517417	29			



- **Análisis de varianza para acidez por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.675	1	0.675	1.96	0.1730
Intra grupos	9.66667	28	0.345238		
Total (Corr.)	10.3417	29			

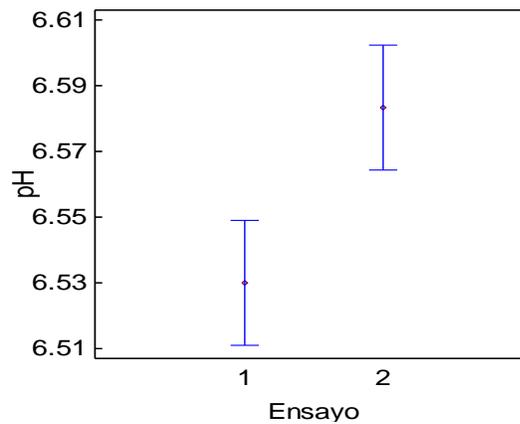
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para pH por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0213333	1	0.0213333	8.26	0.0077
Intra grupos	0.0723333	28	0.00258333		
Total (Corr.)	0.0936667	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD



**Anexo 9. Valores de repetición de la composición físico-química del queso Gauda (Ensayo 1).**

Muestreo	Composición Día 0 (%)						Composición Día 15 (%)					
	H <sub>a</sub>	MG <sub>a</sub>	MG(BS) <sub>a</sub>	PT <sub>a</sub>	SAL <sub>a</sub>	pH	H <sub>a</sub>	MG <sub>a</sub>	MG(BS) <sub>a</sub>	PT <sub>a</sub>	SAL <sub>a</sub>	pH
1	47.06	27.00	51.00	21.32	0.60	5.42	45.63	29.50	54.26	23.73	1.99	5.38
	47.08	27.00	51.02	22.09	0.58	5.36	45.55	29.50	54.18	24.14	2.01	5.47
	46.63	27.00	50.59	22.48	1.05	5.39	45.77	27.50	50.71	23.21	1.40	5.45
	45.07	27.00	49.15	22.87	1.08	5.39	45.77	27.00	49.79	23.36	1.43	5.44
2	43.76	28.00	49.79	24.71	0.50	5.44	44.65	27.00	48.78	23.68	1.41	5.44
	44.02	28.00	50.02	25.28	0.47	5.42	44.47	27.00	48.62	24.65	1.40	5.42
	46.11	27.00	50.10	24.91	1.30	5.37	43.18	28.00	49.28	23.08	0.98	5.41
	45.77	26.50	48.87	23.38	1.30	5.38	43.54	28.00	49.59	24.44	0.95	5.45
3	43.90	27.00	48.13	23.19	1.40	5.33	45.03	27.00	49.12	24.34	1.30	5.42
	44.02	28.00	50.02	25.34	1.43	5.39	45.21	27.00	49.28	24.75	1.30	5.45
	45.84	28.00	51.70	25.38	0.98	5.28	42.07	28.00	48.33	25.21	1.01	5.44
	45.65	28.00	51.52	23.91	0.95	5.38	42.18	28.50	49.29	24.91	0.99	5.44
4	45.92	26.00	48.08	23.46	0.78	5.30	44.02	27.00	48.23	24.72	1.45	5.36
	45.82	26.00	47.99	23.29	0.78	5.35	43.85	27.00	48.09	26.84	1.43	5.38
	44.99	27.00	49.08	24.13	0.94	5.36	43.33	27.00	47.64	23.55	1.41	5.38
	45.05	26.50	48.23	23.86	0.91	5.34	43.45	27.50	48.63	24.28	1.39	5.37
5	44.43	26.50	47.69	24.50	0.31	5.27	43.98	27.00	48.20	24.61	1.34	5.35
	44.26	27.00	48.44	24.19	0.29	5.31	44.18	27.50	49.27	24.91	1.31	5.41
	47.09	26.50	50.09	22.42	0.69	5.26	43.26	27.50	48.47	24.97	1.25	5.36
	47.07	27.00	51.01	22.90	0.70	5.31	42.93	27.50	48.19	25.04	1.26	5.40
6	45.30	27.00	49.36	24.61	0.45	5.26	43.73	27.00	47.98	25.10	1.17	5.40
	45.25	27.00	49.32	24.60	0.43	5.27	43.92	27.00	48.15	25.32	1.15	5.38
	45.41	26.50	48.54	24.89	0.47	5.28	44.27	27.00	48.45	25.20	1.22	5.37
	45.69	27.00	49.71	23.56	0.49	5.30	43.98	27.00	48.20	25.18	1.19	5.40
7	43.86	28.50	50.77	24.35	0.98	5.48	44.84	29.00	52.57	25.07	1.23	5.46
	43.94	28.00	49.95	24.20	0.96	5.46	45.09	28.50	51.90	25.51	1.20	5.44
	47.16	26.00	49.21	24.14	1.55	5.42	43.85	27.00	48.09	24.75	1.26	5.43
	47.10	25.50	48.20	23.82	1.57	5.45	43.76	27.00	48.01	24.75	1.24	5.44
8	46.37	26.50	49.41	22.91	1.02	5.42	43.66	26.50	47.04	24.46	1.60	5.46
	46.27	26.50	49.32	23.83	1.03	5.44	44.26	27.00	48.44	24.27	1.58	5.44
	45.05	27.00	49.14	24.82	0.88	5.41	43.88	26.25	46.77	25.12	0.90	5.41
	44.87	27.00	48.98	24.78	0.89	5.44	43.74	26.00	46.21	25.14	0.88	5.42
9	44.59	28.00	50.53	24.22	1.00	5.44	43.73	27.00	47.98	24.91	1.27	5.44
	44.59	27.50	49.63	24.94	1.01	5.45	43.53	27.00	47.81	24.69	1.27	5.48
	43.75	28.50	50.67	24.64	0.68	5.36	43.64	26.50	47.02	24.35	1.49	5.46
	43.89	29.00	51.68	24.98	0.67	5.35	43.76	27.00	48.01	24.62	1.49	5.43

10	44.46	28.00	50.41	23.17	0.83	5.35	42.81	28.00	48.96	25.88	0.86	5.38
	44.46	27.50	49.51	23.02	0.84	5.34	43.06	28.00	49.17	25.07	0.86	5.43
	44.16	28.00	50.14	23.58	0.88	5.34	44.04	28.00	50.04	24.31	1.56	5.46
	44.08	28.00	50.07	24.01	0.81	5.35	44.34	28.00	50.31	23.76	1.53	5.45
11	45.58	29.00	53.29	23.22	0.76	5.37	41.93	28.50	49.08	23.99	1.07	5.46
	45.07	28.50	51.88	23.12	0.78	5.40	42.03	28.00	48.30	24.00	1.05	5.47
	43.02	28.00	49.14	23.12	0.76	5.34	42.82	28.00	48.97	24.74	1.06	5.44
	42.86	28.50	49.88	24.76	0.79	5.36	42.80	28.00	48.95	25.11	1.05	5.42
12	42.99	28.50	49.99	24.96	0.66	5.40	43.45	28.00	49.51	24.53	0.78	5.36
	42.44	29.00	50.38	25.08	0.64	5.46	42.32	28.00	48.54	24.30	0.80	5.42
	44.63	28.50	51.47	23.28	0.65	5.42	42.45	28.00	48.65	24.55	1.11	5.37
	44.52	29.00	52.27	23.59	0.63	5.40	42.51	28.00	48.70	24.16	1.11	5.39
13	44.80	27.50	49.82	26.07	0.57	5.38	44.06	28.50	50.95	24.19	0.91	5.39
	45.16	27.00	49.23	25.56	0.55	5.34	44.11	28.00	50.10	24.20	0.91	5.41
	43.57	27.00	47.85	23.64	0.54	5.35	43.17	28.00	49.27	24.04	1.29	5.39
	43.40	27.00	47.70	23.90	0.57	5.41	43.33	27.50	48.53	24.40	1.26	5.36
14	43.39	28.00	49.46	25.20	1.00	5.39	44.10	27.50	49.19	23.38	1.16	5.40
	43.30	28.00	49.38	25.18	0.98	5.43	43.40	28.00	49.47	23.39	1.13	5.36
	43.34	28.00	49.42	24.53	0.88	5.44	41.99	28.00	48.27	23.95	0.80	5.34
	43.32	28.00	49.40	24.76	0.89	5.50	41.94	28.00	48.23	23.15	0.79	5.36
15	44.19	28.50	51.07	24.28	0.92	5.42	43.37	27.50	48.56	23.95	1.28	5.46
	44.19	28.50	51.07	24.52	0.90	5.48	43.88	27.50	49.00	23.77	1.26	5.43
	45.85	27.00	49.86	23.80	1.24	5.42	43.61	27.00	47.88	23.63	0.97	5.43
	45.40	27.00	49.45	24.11	1.22	5.45	43.62	27.00	47.89	23.75	1.00	5.42

Donde:

$H_Q$  = humedad,  $MG_Q$  = materia grasa,  $MG(BS)_Q$  = materia grasa en base seca,  $PT_Q$  = proteína total,  $SAL_Q$  = sal

**Anexo 10. Valores de repetición de la composición físico-química del queso Gauda (Ensayo 2).**

Muestreo	Composición Día 0 (%)						Composición Día 15 (%)					
	H <sub>a</sub>	M <sub>G<sub>a</sub></sub>	M <sub>G(BS)<sub>a</sub></sub>	P <sub>T<sub>a</sub></sub>	SAL <sub>a</sub>	pH	H <sub>a</sub>	M <sub>G<sub>a</sub></sub>	M <sub>G(BS)<sub>a</sub></sub>	P <sub>T<sub>a</sub></sub>	SAL <sub>a</sub>	pH
1	43.18	28.00	49.28	24.41	1.45	5.39	43.37	27.50	48.56	24.60	1.03	5.44
	44.48	27.00	48.63	24.82	1.68	5.39	43.31	28.00	49.39	24.36	1.00	5.49
	44.24	27.50	49.32	23.73	1.58	5.36	42.97	28.00	49.10	24.15	1.06	5.50
	43.45	28.00	49.51	23.64	1.55	5.46	42.81	28.00	48.96	24.31	1.04	5.49
2	41.85	27.50	47.29	24.19	1.39	5.33	43.14	27.00	47.49	24.01	1.38	5.35
	42.29	28.00	48.52	25.54	1.40	5.31	43.04	27.50	48.28	23.79	1.38	5.32
	43.35	29.00	51.19	23.59	2.15	5.37	43.24	28.00	49.33	23.43	1.48	5.36
	43.57	28.50	50.51	23.80	2.13	5.32	43.46	28.00	49.52	23.57	1.47	5.32
3	44.96	27.00	49.06	23.13	1.72	5.38	45.70	26.50	48.80	22.78	1.74	5.38
	44.32	27.00	48.49	23.29	1.73	5.35	45.73	26.00	47.91	22.43	1.72	5.30
	43.94	27.00	48.16	22.74	2.27	5.40	42.08	28.50	49.21	23.63	1.27	5.31
	43.75	27.00	48.00	22.91	2.25	5.37	42.09	29.00	50.08	24.11	1.25	5.35
4	46.04	26.00	48.18	22.34	1.58	5.34	45.28	26.00	47.51	22.31	2.09	5.38
	46.00	26.00	48.15	22.31	1.59	5.38	45.21	26.00	47.45	22.79	2.08	5.47
	45.55	26.00	47.75	22.25	2.50	5.46	46.41	26.00	48.52	21.58	2.52	5.44
	45.58	25.50	46.86	22.67	2.49	5.38	46.42	26.00	48.53	21.74	2.54	5.45
5	46.26	27.00	50.24	23.24	1.29	5.35	44.82	26.00	47.12	23.04	1.50	5.43
	46.20	27.00	50.19	23.43	1.30	5.41	44.75	26.50	47.96	22.83	1.48	5.50
	44.26	26.00	46.65	22.84	2.17	5.52	45.26	27.50	50.24	22.93	1.77	5.45
	44.55	26.00	46.89	22.32	2.16	5.44	45.54	28.00	51.41	22.85	1.79	5.47
6	43.42	28.50	50.37	24.22	1.34	5.37	44.30	27.00	48.47	23.45	1.62	5.42
	43.30	28.00	49.38	23.95	1.35	5.43	44.34	27.00	48.51	21.81	1.60	5.38
	43.98	27.00	48.20	24.18	1.20	5.43	43.55	27.00	47.83	24.10	1.47	5.42
	44.18	27.00	48.37	23.59	1.18	5.41	44.10	27.00	48.30	26.82	1.48	5.44
7	45.57	26.00	47.77	22.67	1.93	5.41	45.11	27.50	50.10	25.72	1.57	5.41
	45.36	26.00	47.58	22.22	1.94	5.45	45.40	27.50	50.37	23.26	1.56	5.45
	44.13	28.00	50.12	22.95	1.62	5.45	45.76	26.00	47.94	22.63	1.45	5.38
	44.03	28.00	50.03	23.28	1.59	5.49	45.66	26.00	47.85	21.05	1.46	5.46
8	43.42	27.00	47.72	23.95	1.36	5.40	44.21	26.50	47.50	23.88	1.38	5.47
	43.44	26.50	46.85	23.99	1.36	5.45	45.00	26.50	48.18	24.01	1.37	5.53
	43.23	27.00	47.56	24.27	1.26	5.43	44.37	26.50	47.64	23.88	1.11	5.49
	43.36	27.00	47.67	24.42	1.27	5.56	44.87	27.00	48.98	24.19	1.10	5.50
9	44.09	27.00	48.29	23.65	1.58	5.44	43.93	28.00	49.94	24.01	1.46	5.47
	43.94	27.00	48.16	23.84	1.59	5.45	44.13	28.00	50.12	23.85	1.43	5.47
	45.10	26.50	48.27	22.81	1.87	5.42	44.09	27.00	48.29	24.13	1.25	5.49
	44.78	26.00	47.08	23.60	1.86	5.48	43.91	27.00	48.14	24.18	1.26	5.51

10	44.37	27.50	49.43	23.53	1.67	5.42	44.79	27.00	48.90	23.10	1.66	5.39
	44.12	27.50	49.21	23.77	1.68	5.38	45.08	26.50	48.25	23.12	1.63	5.41
	43.48	26.50	46.89	23.11	1.94	5.43	43.89	27.00	48.12	22.57	1.40	5.44
	44.00	27.00	48.21	23.34	1.95	5.39	44.28	27.00	48.46	23.46	1.42	5.38
11	44.68	27.00	48.81	23.58	1.33	5.43	44.58	26.50	47.82	23.86	2.06	5.47
	44.58	27.00	48.72	23.45	1.36	5.46	44.29	26.50	47.57	23.52	2.04	5.40
	43.75	27.50	48.89	23.75	1.97	5.39	44.61	26.50	47.84	23.66	1.76	5.43
	43.68	27.50	48.83	24.20	1.96	5.40	44.83	26.50	48.03	23.28	1.77	5.51
12	43.71	27.50	48.85	24.13	1.87	5.38	45.67	26.50	48.78	23.60	1.34	5.40
	43.60	27.00	47.87	23.45	1.87	5.33	45.27	26.50	48.42	23.47	1.37	5.37
	43.78	27.00	48.03	24.07	1.57	5.40	45.76	26.00	47.94	23.75	1.93	5.39
	43.38	27.00	47.69	23.83	1.56	5.43	45.84	26.00	48.01	23.58	1.93	5.41
13	42.26	28.00	48.49	25.39	1.23	5.36	45.58	27.00	49.61	22.87	1.92	5.37
	41.90	28.00	48.19	24.85	1.20	5.40	45.65	27.00	49.68	23.33	1.92	5.54
	42.19	29.50	51.03	23.73	1.02	5.29	42.86	28.50	49.88	24.33	1.20	5.39
	42.00	29.00	50.00	24.38	1.00	5.38	42.74	29.00	50.65	24.17	1.21	5.51
14	45.53	27.00	49.57	23.71	1.44	5.34	44.84	28.50	51.67	24.63	1.01	5.25
	45.27	27.50	50.25	23.19	1.44	5.37	44.34	28.00	50.31	24.89	1.02	5.39
	44.08	27.50	49.18	23.17	1.38	5.33	42.28	29.00	50.24	21.32	0.96	5.38
	44.06	27.50	49.16	23.69	1.40	5.37	42.45	29.00	50.39	22.10	0.94	5.39
15	43.19	27.00	47.53	23.67	0.82	5.37	44.48	27.00	48.63	22.48	1.61	5.40
	43.51	27.50	48.68	23.85	0.80	5.37	44.73	27.00	48.85	22.86	1.63	5.48
	43.59	28.00	49.64	23.73	1.27	5.33	43.33	29.50	52.06	24.47	1.00	5.42
	42.87	27.50	48.14	23.66	1.29	5.35	43.07	30.00	52.70	24.88	0.98	5.45

Donde:

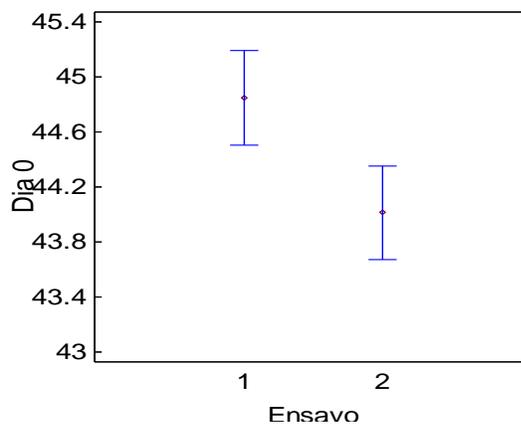
$H_Q$  = humedad,  $MG_Q$  = materia grasa,  $MG(BS)_Q$  = materia grasa en base seca,  $PT_Q$  = proteína total,  $SAL_Q$  = sal

**Anexo 11. Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la composición físico-química del queso Gauda.**

- **Análisis de varianza para humedad por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.24172	1	5.24172	6.34	0.0178
Intra grupos	23.1611	28	0.827181		
Total (Corr.)	28.4028	29			

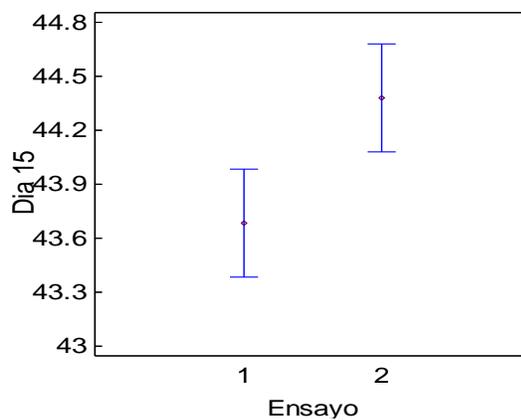
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para humedad por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.62616	1	3.62616	5.64	0.0247
Intra grupos	18.0048	28	0.643028		
Total (Corr.)	21.631	29			

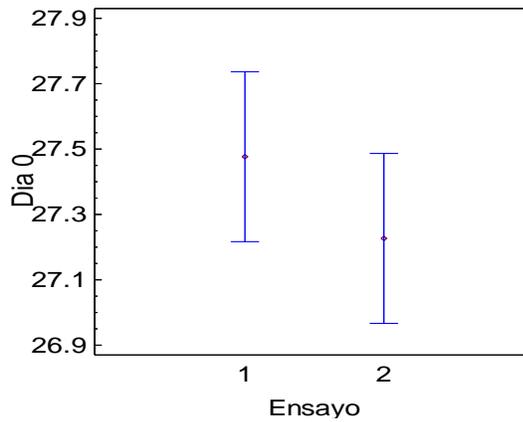
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para materia grasa por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.46875	1	0.46875	0.98	0.3311
Intra grupos	13.4155	28	0.479124		
Total (Corr.)	13.8842	29			

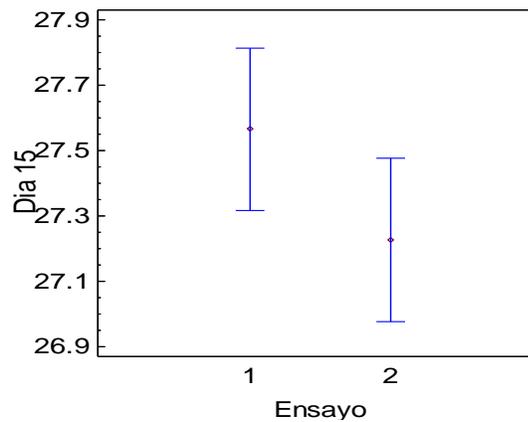
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para materia grasa por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.861907	1	0.861907	1.95	0.1738
Intra grupos	12.3908	28	0.44253		
Total (Corr.)	13.2528	29			

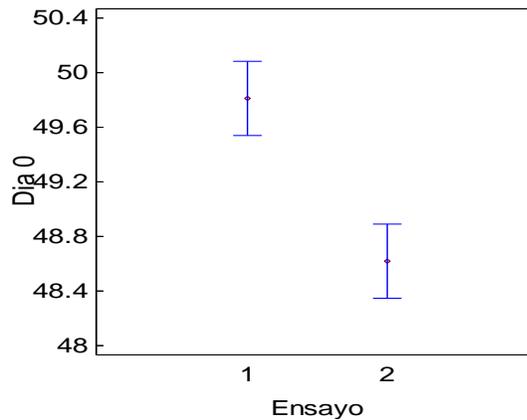
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para materia grasa en base seca por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.6923	1	10.6923	20.05	0.0001
Intra grupos	14.9323	28	0.533295		
Total (Corr.)	25.6245	29			

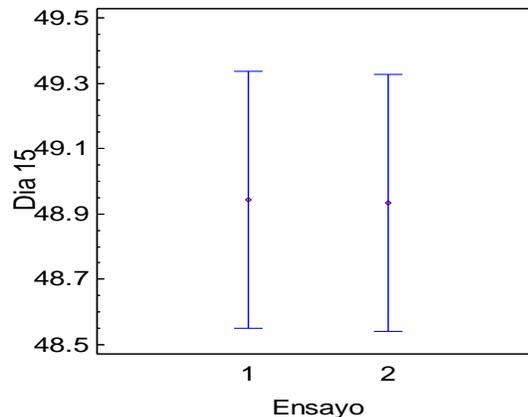
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para materia grasa en base seca por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.000653333	1	0.000653333	0.00	0.9808
Intra grupos	30.9577	28	1.10563		
Total (Corr.)	30.9584	29			

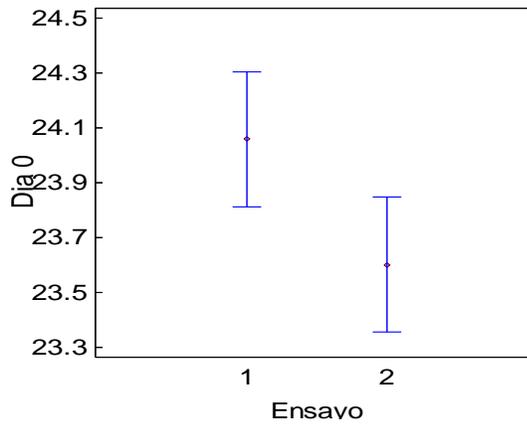
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para proteína total por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.56408	1	1.56408	3.61	0.0677
Intra grupos	12.1214	28	0.432908		
Total (Corr.)	13.6855	29			

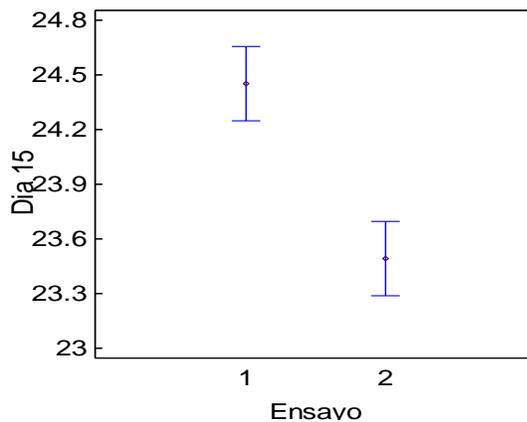
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para proteína total por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.89281	1	6.89281	22.97	0.0000
Intra grupos	8.40197	28	0.30007		
Total (Corr.)	15.2948	29			

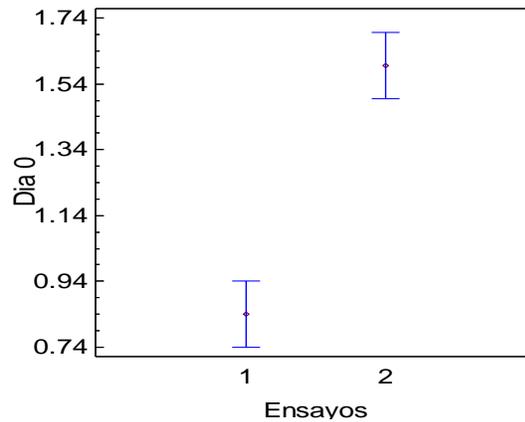
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para sal por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.27896	1	4.27896	58.88	0.0000
Intra grupos	2.03491	28	0.0726752		
Total (Corr.)	6.31387	29			

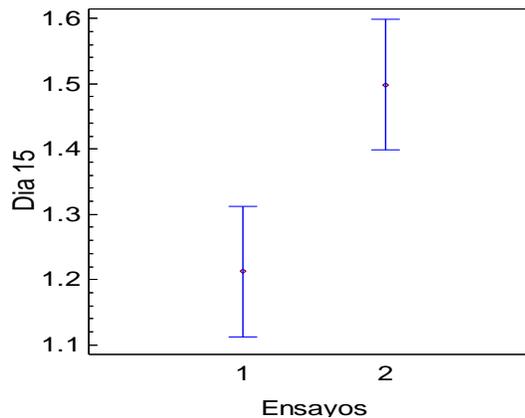
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para sal por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.611327	1	0.611327	8.57	0.0067
Intra grupos	1.99649	28	0.0713031		
Total (Corr.)	2.60781	29			

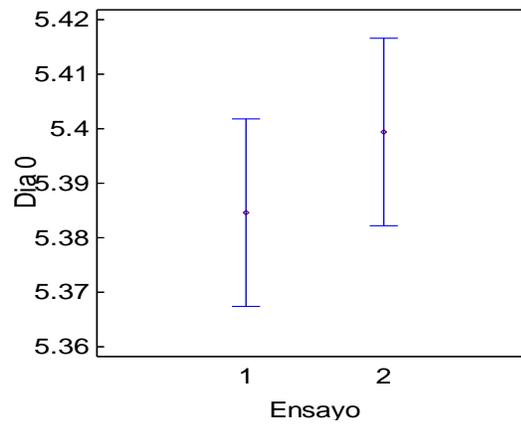
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para pH por Ensayo (Día 0).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00161333	1	0.00161333	0.76	0.3901
Intra grupos	0.0592667	28	0.00211667		
Total (Corr.)	0.06088	29			

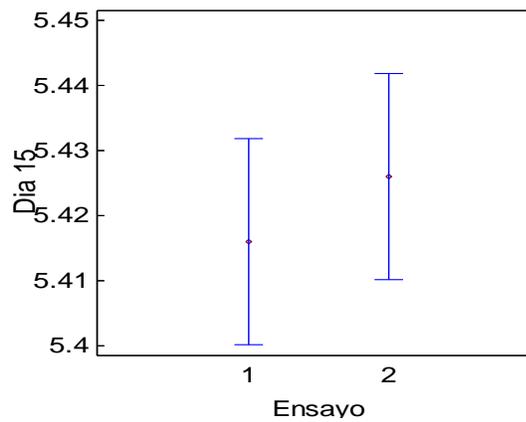
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- **Análisis de varianza para pH por Ensayo (Día 15).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00075	1	0.00075	0.42	0.5227
Intra grupos	0.05012	28	0.00179		
Total (Corr.)	0.05087	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD

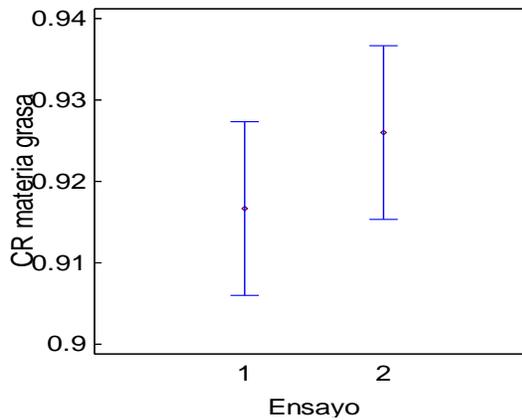


**Anexo 12. Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los coeficientes de retención del queso Gauda.**

- Análisis de varianza para coeficiente de retención de materia grasa por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.000653333	1	0.000653333	0.81	0.3769
Intra grupos	0.0226933	28	0.000810476		
Total (Corr.)	0.0233467	29			

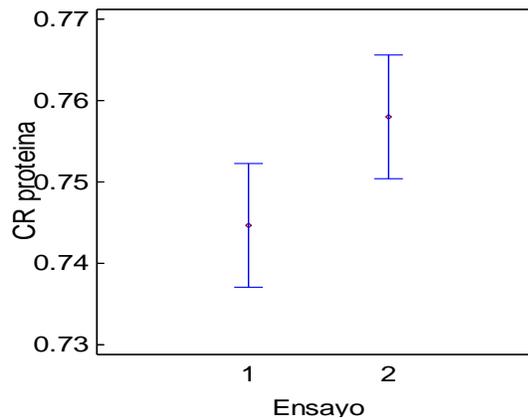
Medias y 95.0% de Tukey HSD



- Análisis de varianza para coeficiente de retención de proteína total por Ensayo.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00133333	1	0.00133333	3.21	0.0838
Intra grupos	0.0116133	28	0.000414762		
Total (Corr.)	0.0129467	29			

Medias y 95.0% de Tukey HSD



**Anexo 13. Rendimiento práctico y rendimiento teórico para el queso Gauda, obtenido a partir de cada formula y expresados como kg de queso/100 kg leche (Ensayo 1).**

Muestreo	Rendimiento práctico	Ec. Jensen (1971)	Ec. Van Slyke (1949)	Ec. Lelievre et al. (1983)	Ec. Lolkema (1978)	Ec. Emmons (1978)	Ec. Banks et al. (1978)
1	10.77	11.48	11.21	11.43	11.47	11.47	10.38
2	10.88	11.02	10.79	11.08	11.00	10.90	10.29
3	10.59	10.86	10.70	10.88	10.94	10.80	10.29
4	10.68	10.91	10.72	10.78	11.13	10.68	10.44
5	10.61	10.88	10.67	10.75	11.11	10.64	10.44
6	10.55	10.86	10.88	10.84	11.19	10.89	10.44
7	10.90	11.39	10.77	11.11	11.35	10.87	10.50
8	10.59	10.69	10.77	10.65	11.29	10.63	10.53
9	10.64	10.76	10.69	10.72	11.19	10.62	10.49
10	11.02	11.32	10.88	11.23	11.22	11.04	10.53
11	11.03	11.05	10.64	11.00	10.99	10.69	10.53
12	10.85	10.86	10.83	11.07	11.03	10.97	10.52
13	11.13	11.32	10.92	11.32	11.24	11.10	10.53
14	10.79	10.67	10.76	10.97	11.08	10.85	10.53
15	11.12	11.08	10.79	11.07	11.22	10.80	10.52
Promedio	10.81	11.01	10.80	10.99	11.16	10.86	10.46
Des. Estan	0.20	0.26	0.14	0.23	0.14	0.22	0.08

**Anexo 14. Rendimiento práctico y rendimiento teórico para el queso Gauda, obtenido a partir de cada formula y expresados como kg de queso/100 kg leche (Ensayo 2).**

Muestreo	Rendimiento práctico	Ec. Jensen (1971)	Ec. Van Slyke (1949)	Ec. Lelievre et al. (1983)	Ec. Lolkema (1978)	Ec. Emmons (1978)	Ec. Banks et al. (1978)
1	11.84	11.91	11.82	12.09	12.02	12.12	11.05
2	11.97	11.87	11.59	11.82	11.87	11.61	11.04
3	12.07	12.02	11.96	12.04	12.23	11.96	11.29
4	12.15	12.11	12.45	12.31	12.32	12.47	11.14
5	12.32	12.35	12.27	12.44	12.47	12.43	11.15
6	12.09	12.15	12.15	12.20	12.30	12.27	11.28
7	12.23	12.34	12.28	12.25	12.42	12.24	11.22
8	11.85	11.88	11.78	11.86	12.19	11.81	11.14
9	11.94	12.06	11.64	11.97	12.29	11.78	11.10
10	11.93	11.83	12.00	11.96	12.19	11.99	11.23
11	12.20	12.23	12.00	12.03	12.25	11.93	11.20
12	11.90	12.09	12.25	12.06	12.28	12.22	11.22
13	11.80	12.02	11.86	11.95	12.14	11.92	11.16
14	11.55	11.56	11.71	11.83	11.89	11.84	11.16
15	12.00	12.17	11.72	12.09	12.29	11.88	11.11
Promedio	11.99	12.04	11.97	12.06	12.21	12.03	11.17
Des. Estan	0.20	0.21	0.27	0.18	0.17	0.25	0.07

**Anexo 15. Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y la composición de la leche.**

	Rendimiento	Proteína	Mat grasa	Caseína	Lactosa	Sol no grasos	Cenizas	Sol totales
Rendimiento		0.9003	0.9309	0.8230	-0.9461	-0.6410	0.5423	0.1127
		(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0020	0.5533
Proteína	0.9003		0.8516	0.7744	-0.8636	-0.4619	0.5336	0.2799
	(30)		(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0024	0.1341
Mat grasa	0.9309	0.8516		0.6840	-0.9434	-0.7205	0.4983	0.0704
	(30)	(30)		(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.7116
Caseína	0.8230	0.7744	0.6840		-0.7616	-0.4668	0.6291	0.0884
	(30)	(30)	(30)		(30)	(30)	(30)	(30)
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0002	0.6421
Lactosa	-0.9461	-0.8636	-0.9434	-0.7616		0.8097	-0.6319	0.1177
	(30)	(30)	(30)	(30)		(30)	(30)	(30)
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.5357
Sol no grasos	-0.6410	-0.4619	-0.7205	-0.4668	0.8097		-0.4964	0.6400
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)		(30)	(30)
		0.0001	0.0102	0.0000	0.0093	0.0000	0.0053	0.0001
Cenizas	0.5423	0.5336	0.4983	0.6291	-0.6319	-0.4964		-0.1612
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)		(30)
		0.0020	0.0024	0.0051	0.0002	0.0002	0.0053	0.3947
Sol totales	0.1127	0.2799	0.0704	0.0884	0.1177	0.6400	-0.1612	
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	
		0.5533	0.1341	0.7116	0.6421	0.5357	0.0001	0.3947

Correlación  
(Tamaño de Muestra)  
Valor-P

## Anexo 16. Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento práctico y teórico para el Ensayo 1.

	Rendimiento o práctico	Ec Jensen	Ec Van Slyke	Ec Lelievre	Ec Lolkema	Ec Emmons	Ec Banks
Rendimiento práctico		0.6019	0.1595	0.7024	0.0743	0.3298	0.4065
		(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)
		<b>0.0176</b>	0.5701	<b>0.0035</b>	0.7923	0.2299	0.1327
Ec Jensen	0.6019		0.6152	0.8490	0.5571	0.7154	-0.0108
	(15)		(15)	(15)	(15)	(15)	(15)
	<b>0.0176</b>		<b>0.0146</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0310</b>	<b>0.0027</b>	0.9695
Ec Van Slyke	0.1595	0.6152		0.7298	0.6711	0.9361	-0.1035
	(15)	(15)		(15)	(15)	(15)	(15)
	0.5701	<b>0.0146</b>		<b>0.0020</b>	<b>0.0062</b>	<b>0.0000</b>	0.7135
Ec Lelievre	0.7024	0.8490	0.7298		0.3595	0.8896	0.0064
	(15)	(15)	(15)		(15)	(15)	(15)
	<b>0.0035</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0020</b>		0.1882	<b>0.0000</b>	0.9821
Ec Lolkema	0.0743	0.5571	0.6711	0.3595		0.4828	0.2709
	(15)	(15)	(15)	(15)		(15)	(15)
	0.7923	<b>0.0310</b>	<b>0.0062</b>	0.1882		0.0683	0.3287
Ec Emmons	0.3298	0.7154	0.9361	0.8896	0.4828		-0.1561
	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)		(15)
	0.2299	<b>0.0027</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	0.0683		0.5784
Ec Banks	0.4065	-0.0108	-0.1035	0.0064	0.2709	-0.1561	
	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	
	0.1327	0.9695	0.7135	0.9821	0.3287	0.5784	

Correlación  
(Tamaño de Muestra)  
Valor-P

**Anexo 17. Análisis de correlación entre el rendimiento práctico y teórico para el Ensayo 2.**

	Rendimiento práctico	Ec Jensen	Ec Van Slyke	Ec Lelievre	Ec Lolkema	Ec Emmons	Ec Banks
Rendimiento práctico		0.8811	0.7676	0.8284	0.7574	0.7350	0.2603
		(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)
		0.0000	0.0008	0.0001	0.0011	0.0018	0.3488
Ec Jensen	0.8811		0.7737	0.8678	0.8590	0.7803	0.2313
	(15)		(15)	(15)	(15)	(15)	(15)
	0.0000		0.0007	0.0000	0.0000	0.0006	0.4069
Ec Van Slyke	0.7676	0.7737		0.9056	0.7839	0.9541	0.3738
	(15)	(15)		(15)	(15)	(15)	(15)
	0.0008	0.0007		0.0000	0.0005	0.0000	0.1699
Ec Lelievre	0.8284	0.8678	0.9056		0.8010	0.9714	0.1400
	(15)	(15)	(15)		(15)	(15)	(15)
	0.0001	0.0000	0.0000		0.0003	0.0000	0.6187
Ec Lolkema	0.7574	0.8590	0.7839	0.8010		0.7534	0.4406
	(15)	(15)	(15)	(15)		(15)	(15)
	0.0011	0.0000	0.0005	0.0003		0.0012	0.1003
Ec Emmons	0.7350	0.7803	0.9541	0.9714	0.7534		0.1971
	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)		(15)
	0.0018	0.0006	0.0000	0.0000	0.0012		0.4814
Ec Banks	0.2603	0.2313	0.3738	0.1400	0.4406	0.1971	
	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	
	0.3488	0.4069	0.1699	0.6187	0.1003	0.4814	

Correlación  
(Tamaño de Muestra)  
Valor-P