

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**COMPARACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ALMACENAMIENTO DE
YOGURES COMERCIALES DE LECHE DE CABRA Y VACA CON EL YOGURT
DE CABRA EXPERIMENTAL ELABORADO EN LA UNIVERSIDAD DE FORT
VALLEY, EE. UU. DURANTE 4 SEMANAS**

POR:

KAREN ALEJANDRA HERNÁNDEZ GUILLEN

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2011

**COMPARACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ALMACENAMIENTO DE
YOGURES COMERCIALES DE LECHE DE CABRA Y VACA CON EL YOGURT
DE CABRA EXPERIMENTAL ELABORADO EN LA UNIVERSIDAD DE FORT
VALLEY, EE. UU. DURANTE 4 SEMANAS**

POR:

KAREN ALEJANDRA HERNÁNDEZ GUILLEN

OSCAR ARMANDO NUÑEZ FIALLOS Dr.

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2011

DEDICATORIA

A MI DIOS PADRE, HIJO Y ESPIRITU SANTO por iluminarme, estar a mi lado y darme la fortaleza para seguir adelante en este largo camino.

A MIS PADRES HECTOR ROLANDO HERNÁNDEZ Y VILMA GUILLEN DAVID, porque después de Dios ellos son lo más importante en mi vida. Los amo con todo mi corazón.

A MI HERMANO HECTOR DAVID HERNÁNDEZ GUILLEN, por estar conmigo siempre y ser esa persona que alegra mi vida en todo tiempo.

A MI FAMILIA, que de una u otra forma siempre estuvieron apoyando en todo momento y dándome ánimos para salir adelante.

AL ALMA MATER UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA, por formarme en el estudio, trabajo y disciplina.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios mi Padre Celestial por su fidelidad para conmigo que en los momentos de angustia siempre el permanecía a mi lado, por la sabiduría que me brinda, por cada una de las bendiciones que derrama sobre mi vida, porque sé que para siempre es su misericordia con migo, y que provee todo conforme a su voluntad, sin el nada fuera posible.
Te Amo.

A mis padres porque han confiado en mí, porque con amor me aconsejan, por su apoyo incondicional en mi vida y porque son mi orgullo, a ellos todo mi agradecimiento Los Amo.

Mi alma mater UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA por prepararme y brindarme el pan del saber para poder culminar mi carrera universitaria.

A mi asesor principal Dr. Oscar Fiallos por compartir su conocimiento y brindarme su apoyo incondicional, a mi asesora secundaria M.S.c Yesenia Martínez por estar dispuesta ayudarme y aclarar mis dudas y a la Dra. Elky Bock por su colaboración.

Al Dr. Young Park, Jolethia Oglesby y Douglas Mecham quienes fueron parte fundamental en esta etapa y brindarme toda la ayuda necesaria en la realización de mi trabajo.

A mis compañeros de clase por todo lo compartido y toda su ayuda y a los de año por brindarme su amistad y compartir tiempo conmigo.

A los catedráticos y personal de la Universidad, especialmente a los de la planta cárnica por su colaboración y sus conocimientos transmitidos durante compartí con ellos.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	pág. i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 General.....	4
2.2 Específicos	4
III. HIPÓTESIS	5
3.1 Hipótesis nula (H_0):.....	5
3.2 Hipótesis Alternativa (H_a):	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Generalidades	6
4.1.1 La cabra	6
4.1.2 Leche de cabra	7
4.1.3 Características organolépticas.....	7
4.1.4 Componentes básicos de la leche.....	8
4.2 Principales macromoléculas que componen la leche de cabra.....	9
4.2.1 Proteínas en la leche de cabra	9
4.2.2 Proteínas mayoritarias en la leche de cabra.....	10
4.2.3 Caseína	11
4.2.4 Características generales de la grasa de leche de cabra.....	12
4.2.5 Cenizas	13

4.3	Yogurt	13
4.3.1	Características generales de yogurt de leche de cabra	14
4.3.2	Procedimientos de elaboración del yogurt de leche de cabra	14
	Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del yogurt (Park 2001).	15
4.3.3	Principios bioquímicos y microbiológicos de la elaboración del yogurt	16
4.4.	Procedimiento de elaboración del yogurt	18
4.4.1	Estandarización de la leche.....	18
4.4.2	Homogenización	19
4.4.3	La pasteurización	19
4.4.4	Enfriamiento post pasteurización.....	20
4.4.5	La inoculación y fermentación	20
4.4.6	El enfriamiento post fermentación.....	21
4.5.	Principales cambios físico-químicos implicados en la maduración del yogurt	21
4.5.1	Proteólisis y lipólisis	21
4.5.2	Proteólisis	22
4.5.3	Lipólisis	22
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1	Localización del experimento	24
5.2	Preparación de los yogures comerciales de la especie bovina y caprina	24
5.3	Preparación del yogurt de leche de cabra	24
5.4	Diseño experimental	25
5.5	Análisis químico	25
5.5.1	Contenido de grasa (Procedimiento Babcock) (Richardson 1985).....	25
5.5.2	Proteínas totales	26
5.5.3	Nitrógeno soluble en agua (NSA) (Jin y Park, 1995).	26
5.5.4	Valoración del grado de acidez (Richardson G., 1985)	26
5.5.5	Análisis de textura.....	27
5.5.6	Materia seca (AOAC 1985).	27
5.5.7	Ceniza.....	27
5.6	Análisis estadístico	27
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

6.1 Composición de los nutrientes básicos	29
6.2 Perfil del pH	31
6.3 Valoración del grado de acidez (VGA)	32
6.4 Perfil del nitrógeno soluble en agua	34
6.5 Perfil de textura	35
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. RECOMENDACIONES	39
IX. BIBLIOGRAFÍA	39
Anexos	45

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Comparación de las composiciones básicas de las leches de cabra, vaca y humana.	9
Cuadro 2. Contenido de caseínas y proteína de la leche de cabra en comparación con los de las leches de vaca y humana.	11
Cuadro 3. Porcentaje de caseína presente en la leche de vaca y cabra.	12
Cuadro 4. Resumen del contenido de nutrientes de las tres variedades de yogures (YCV, YCC) y el yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV).	30
Cuadro 5. Comparación de los valores de pH entre el yogurt de leche bovina y el yogurt de leche caprina por 4 semanas bajo refrigeración.	31
Cuadro 6. Comparación de la valoración del grado de acidez (VGA) entre los yogures comerciales de leche de vaca y cabra con el yogurt de leche de cabra de Fort Valley.	33
Cuadro 7. Comparación del nitrógeno soluble en agua (NSA) de tres variedades de yogurt (YCV, YCC) y yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV)..	34
Cuadro 8. Comparación de propiedades de textura entre yogures comerciales de vaca y de leche de cabra, y el yogurt de YCFV durante 4 semanas de almacenamiento refrigerado..	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del yogurt (Park, 2001).	15
Figura 2. Comparación de los valores de pH entre el yogurt de leche bovina y el yogurt de leche caprina por 4 semanas bajo refrigeración.....	31
Figura 3. Comparación de la valoración del grado de acidez (VGA) entre los yogures comerciales de leche de vaca y cabra con el yogurt de leche de cabra de Fort Valley.....	33
Figura 4. Comparación del nitrógeno soluble en agua (NSA) de tres variedades de yogurt (YCV, YCC) y yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV)..	34

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Procedimiento de nitrógeno soluble en agua.	46
Anexo 2. Procedimiento de valoración del grado de acidez.	47
Anexo 3. Procedimiento de contenido de grasa.	48
Anexo 4. Procedimiento de Vario Max carbono Analizador de Nitrógeno Elemental.	49
Anexo 5 Lista de materiales	50

Hernández Guillen, KA. 2011. Comparación de la estabilidad del almacenamiento de yogures comerciales de leche de cabra y vaca con el yogurt de cabra experimental elaborado en la universidad de Fort Valley, EE. UU. durante 4 semanas. Tesis Lic. Tecnología Alimentaria. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 63.

RESUMEN

El estudio fue un análisis realizado en los laboratorios de la Universidad de Fort Valley State (YCFV), Georgia, EE.UU. Se ha considerado que el yogurt ha sido un alimento de dieta cotidiana en varios países del mundo, ello se debe a los altos valores nutricionales y los beneficios en la salud del ser humano por sus dos cultivos de bacteria, *Lactobacillus* y *Streptococcus*. En este caso los productos analizados se adquirieron de la siguiente manera: (El yogurt comercial de leche de vaca (YCV) y el yogurt comercial de leche de cabra (YCC)), de tiendas locales situados en la localidad de Warner Robins, Georgia, y el yogurt de leche de cabra de la Universidad de Fort Valley State (YCFV) fue elaborado utilizando el cultivo láctico directamente en la leche. La leche se obtuvo de un rebaño de cabras de ordeño que consiste en las razas como Saanen, Alpine y de Toggenburg alimentadas en el Centro de Investigación de Pequeños Rumiantes en Georgia y el Centro de Extensión de la Universidad de Fort Valley State.

El procedimiento fue el siguiente: la leche de cabra utilizada se colectó desde el depósito a granel en la lechería de FVSU, la cual se emplea para la fabricación del yogurt de leche de cabra (YCFV). Todos los yogures experimentales fueron sometidos a una temperatura de 4°C de almacenamiento refrigerado por 4 semanas, se analizó la composición de nutrientes básicos, el pH, la valoración del grado de acidez (VGA), nitrógeno soluble en agua (NSA) y la textura por 4 semanas para determinar los cambios lipolíticos, proteolíticos y de textura en los yogures de leche de las dos especies. La media de la materia seca y el contenido grasa (%) de los productos YCV, YCC y el YCFV fueron 12.35, 2.9; 12.25, 3.2; 10.80, 3.5, respectivamente, indicando que el yogurt comercial de leche de vaca tiene el mayor contenido de materia seca y en cuanto al contenido de grasa se puede decir que el YCFV tuvo el nivel más alto entre las variedades de yogures experimentados.

En general la composición de nutrientes básicos, los datos demuestran un mayor contenido de sólidos totales en el yogurt simple hecho de leche entera de cabra de FV. La media inicial y final de los pHs de YCV, YCC y YCFV fue de 4.14, 3.93; 3.76, 3.78; 4.00, 3.93, la disminución del pH durante el periodo de almacenamiento sucedió como se esperaba, ya que las bacterias del cultivo iniciador sintetizaron concentraciones superiores de ácido láctico. En cuanto a la media inicial y final de VGA en los productos YCV, YCC y YCFV

fue de 0.21, 0.85; 1.32, 1.67; 0.91, 1.14; lo que implica que la lipólisis significativa se produjo en el YCV y YCFV, mientras que en el YCC revelo mínimo cambio lipolítico. La media en la cuarta semana del nitrógeno soluble en agua del YCV, YCC y YCFV fue de 4.20, 3.57, 4.16, lo que significa que no se produjo una proteólisis significativa en los yogures. Sin embargo, en la media inicial y final de la textura del YCV, YCC y YCFV fue de 36.16, 55.16; 46.14, 51.84; 23.71, 23.22, lo cual se demostró que los yogures de leche de vaca generalmente tienen una textura más firme que el de la leche de cabra, debido al mayor contenido de caseína α_1 .

Palabras Claves: Yogurt, cabra, vaca.

I. INTRODUCCIÓN

La historia demuestra que el ganado caprino fue domesticado hace más de 3,000 años. En las últimas décadas (Siglo XX y XXI), los rebaños de cabras se han convertido en importantes recursos económicos en las comunidades rurales en muchas partes del mundo, esto porque la leche, carne, mohair, cachemir, y el cuero de las cabras han contribuido significativamente a la economía rural y al bienestar de la humanidad. Aun cuando por largo tiempo la producción y derivados de este tipo de ganado sean parte de la dieta alimenticia de países europeos. El interés por la investigación en este tema ha sido de mayor interés en países como Estados Unidos (EE.UU.), mas a principios de 1980 (Heanlein y Caccese 1984, Park 1990).

Muy poco interés ha demostrado los países centroamericanos en la producción e investigaciones del ganado caprino; en parte se debe a la poca cultura agrícola y gastronómica relacionada con este tipo de ganado. Lo que explica la poca infraestructura para desarrollar investigaciones relacionados con los derivados de la leche de cabra. Es por ello que la tesis que ahora se presenta es un esfuerzo que intenta presentar un análisis comparativo de dos tipos de yogures, de ganado vacuno y caprino. De particular interés en el yogurt de la leche de Cabra, en los laboratorios de la Universidad antes citada.

Si se hace referencia al concepto, el yogurt, es una palabra de origen turco, se le atribuye a la leche que se ha sido fermentada con cultivo iniciador láctico (Richardson 1985). Varios países tienen como tradición cocinar o comer con algún tipo de leche con cultivo láctico (Park 2001). En el caso del yogurt es un producto fácil de digerir, tiene un contenido con mayores nutrientes en la leche y contiene valores terapéuticos; el proceso del yogurt se debe al crecimiento de dos cultivos iniciadores bacterianos que son; *Streptococcus thermophilus* (bacteria amante del calor) y *Lactobacillus bulgaricus* (una cepa de bacterias

procedente de Bulgaria), que a su vez torna los azúcares de la leche en ácido láctico en los productos fermentados, el ácido láctico es mucho más fácil para el cuerpo de digerir o absorber los azúcares de la leche. Los fenómenos de proteólisis y lipólisis se consideran los procesos más importantes en la transformación y el deterioro del producto de leche fermentada. El tiempo y la temperatura elevada sinérgicamente generan la mayoría de los índices de actividad proteolítica y lipolítica en el yogurt de leche de cabra (Park 1995, Park 2001). La lipólisis puede ser inducida a través de la temperatura de agitación, homogeneización, almacenamiento y transporte (Park 1995). La lipólisis de yogurt de leche de cabra ha sido estimada por el valor grado ácido como uno de los métodos. La proteólisis es el evento más importante en la parte bioquímica generando un gran impacto en el sabor y la textura de los productos lácteos (Fox 1989, Park 2001).

La tendencia del consumo de este producto en países industrializados tiene a aumentar, y esto se debe a la fermentación como elemento más nutricional que la leche original. Con la fortificación y la fermentación en los procesos de fabricación, el porcentaje de proteína en el yogurt es mayor, por lo que casi siempre presentan un mayor nivel de proteínas que la leche (Deeth y Tamime 1981). En ese sentido, esta tesis trata de demostrar la composición de nutrientes y minerales de los yogures comerciales en EE.UU. de leche de cabra (Park 1994). El porcentaje promedio de sólidos totales, proteína, grasas, carbohidratos y cenizas para las variedades de yogurt natural a partir de tres empresas respectivamente fueron: 11.5% 0.56% 3.99% 0.12% 2.25% 0.13% 4.49% 0.56% 0.818% y 0.019%.

Con esta experiencia y los resultados que se detallan en las páginas de este documento se puede considerar que para países como el nuestro, se debe recomendar la producción de cabras, y los derivados de la leche, en particular el yogurt, como una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria de nuestro país, por los altos valores nutricionales básicos del yogurt. De igual manera esta tesis puede ser utilizada como guía en la enseñanza en las carreras afines a la seguridad alimentaria, a investigadores, productores u otros entes que tengan interés en la producción caprina y sus derivados o la seguridad alimentaria y nutricional. Al igual a empresas dedicadas al procesamiento de lácteos no solo en la región, sino a nivel nacional.

Para la realización de este trabajo se contó la gestión de la Dirección de Cooperación Externa de la UNA y las cartas de intenciones con especialistas de la Universidad de Fort Valley State (EE.UU.), para desarrollar una estancia de 3 meses en los laboratorios y los técnicos en el área de Tecnología de Alimentos, de la Universidad de Fort Valley State (YCFV), Fort Valley, Georgia, Estados Unidos (EE.UU.).

II. OBJETIVOS

2.1 General

- ✓ Evaluar lipólisis y proteólisis en yogurt comercial de leche de vaca (YCV) comparado con yogurt comercial de leche de cabra (YCC) y yogurt de leche de cabra simple elaborado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV), Fort Valley, Georgia, Estados Unidos (EE.UU.).

2.2 Específicos

- ✓ Comparar las diferencias en la estabilidad de almacenamiento y vida útil de los yogures fabricados a partir de dos especies de la leche (cabra y vaca) almacenados bajo refrigeración por 4 semanas.
- ✓ Evaluar las propiedades nutricionales, físico-químicas y de textura de las tres variedades diferentes de los yogures experimentados durante el tiempo de almacenamiento refrigerado.
- ✓ Determinar los valores en el cambio de pH, valor del grado de acidez (VGA), y el nitrógeno soluble en agua (NSA) de los 3 yogures experimentales para comparar las diferencias en los índices proteolíticos y lipolíticos en relación con la vida útil de los productos de yogurt.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis nula (H₀):

- ✓ Entre los tres tipos de yogures analizados (yogurt comercial de leche de vaca, yogurt comercial de leche de cabra y yogurt de leche de cabra fabricado en la Universidad de Fort Valley State), no existieron diferencias en las propiedades químicas y de textura durante el almacenamiento refrigerado de 4 semanas debido a la estabilidad de las propiedades intrínsecas de la leche como: la composición de nutrientes básicos, pH, valoración del grado de acidez, nitrógeno soluble en agua y textura. De los cuales los resultados del yogurt de leche de cabra de la Universidad de Fort Valley fueron de (0.91%, 1.12%, 1.14%) lo que indica que la mayor actividad lipolítica ocurrió en el YCFV y no el yogurt comercial de vaca en contraparte.

3.2 Hipótesis Alternativa (H_a):

- ✓ Entre los tres tipos de yogures analizados (yogurt comercial de leche de vaca, yogurt comercial de leche de cabra y yogurt de leche de cabra fabricado en la Universidad de Fort Valley State), se encontraron diferencias en las propiedades químicas y de textura durante el almacenamiento refrigerado de 4 semanas debido a la estabilidad de las propiedades intrínsecas de la leche como: la composición de nutrientes básicos, pH, valoración del grado de acidez, nitrógeno soluble en agua y textura. De los cuales los resultados del yogurt de leche de cabra de la Universidad de Fort Valley fueron de (0.91%, 1.12%, 1.14%) lo que indica que la mayor actividad lipolítica ocurrió en el YCFV y no el yogurt comercial de vaca en contraparte.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades

4.1.1 La cabra

Las cabras, pertenecen al ganado caprino, y son los primeros rumiantes domesticados, de ellas se derivan los productos tradicionales de leche, carne, fibras, cuero, también han sido utilizados como animales para realizar proyectos de investigación en cuanto a sus propiedades nutritivas y se utilizan de carga. Esta tradición de consumir leche de cabra ha sido una fuente de recursos que permite convertirse en parte integral de la cultura como un indicador de la riqueza y el papel simbólico de los rituales. Las cabras son los animales más abundantes de los rumiantes domésticos en el Oriente Medio (Galal 2005).

En la actualidad la producción de Cabra tiene un papel primordial en la dieta alimenticia de calidad para el hombre, especialmente en las regiones desfavorecidas del mundo, donde todavía estos alimentos constituyen la principal fuente de proteína para la población. Igualmente en, los países más desarrollados ha despertado un creciente interés por la producción de cabra, debido a que su leche y productos derivados ya que se consideran adecuados a la nueva tendencia de consumo de alimentos sanos (Boza y Sanz s.f.).

La producción media mundial de la leche de cabra es de aproximadamente 50kg por hembra por periodo lactación; un tercio del total de cabras tienen capacidad de producir leche (FAO 1997). En muchos países es difícil una expansión a gran escala y una industrialización del sector lácteo de cabra debido al bajo nivel de producción unido a medios tecnológicos inadecuados y una pequeña variedad de productos elaborados a partir de la leche de cabra (Juárez y Ramos 1986).

4.1.2 Leche de cabra

La leche de cabra ha jugado un papel muy importante en la economía de muchos países en desarrollo en los países Mediterráneos, de Oriente Medio y del Este de Europa, se han interesado por la elaboración de yogurt y otros productos (Jenness 1980). Además del significado económico y nutricional de la leche de cabra, los productos lácteos de cabra en países desarrollados, también han alcanzado recientemente una creciente popularidad entre ciertos grupos étnicos, amantes de los productos saludables (Kosikowski 1986).

Con el procesamiento de la leche de cabra se pueden elaborar una variedad de productos que incluyen productos líquidos (bajos en grasa, fortificados o aromatizados); productos fermentados como el yogurt o mohair, productos congelados como helados o yogurt helado (Park 1999). La producción de leche cruda de cabra de elevada calidad es primordial para la producción y comercialización exitosa de los productos lácteos; debe ser segura para el consumo y estar libre de bacterias patógenas y compuestos antibióticos, insecticidas y herbicidas; debe tener un sabor bueno, no desagradable, estar libre de bacterias alternantes y contener los límites mínimos legales de todos los nutrientes (Loewenstein y Speck 1984).

Los productos elaborados con leche de cabra tienen una característica muy particular, para consumo de personas intolerantes a los lácteos de origen bovino y enfermedades de nutrición.

4.1.3 Características organolépticas

Existen diferencias entre los productos analizados: la leche de cabra es más blanca que la leche de vaca a causa de no tener carotenos que amarillean a esta última. Su olor es fuerte, como consecuencia de la absorción de compuestos aromáticos durante su manejo, generalmente inadecuado con la presencia de machos en los lugares de ordeño, la mala higiene de los establos al que queda expuesta la leche, tardanza en el filtrado y enfriamiento tras el ordeño, sabor y olor (Hernández *et al.* 2010).

El sabor característico se debe a los ácidos grasos libres especialmente los de cadena ramificada: 4-metiloctanoico y 4-etiloctanoico. También contribuyen al fuerte sabor de la leche caprina las mayores concentraciones de ácidos grasos caproico, caprílico y caprico, de 6, 8 y 10 átomos de carbono respectivamente (Begoña 2006).

Se diferencia también de la leche de vaca en que esta es ligeramente ácida, mientras que la de cabra es casi alcalina (pH 6,7), debido a su mayor contenido proteico y a las diferentes combinaciones de sus fosfatos; por lo que la leche se utiliza en personas con problemas de acidez. En cuanto a su densidad oscila de 1,026 a 1,042, variación que en su mayor parte explica el diferente contenido graso presente en la leche de cabra, y sobre la que también intervienen su contenido en sólidos no grasos. El punto de congelación de la leche de cabra está próximo a los $-0,590^{\circ}\text{C}$, más bajo que el de la de vaca ($-0,540^{\circ}\text{C}$), como consecuencia del mayor contenido en solutos de aquella (Hernández *et al.* 2010).

4.1.4 Componentes básicos de la leche

La composición básica de la leche de cabra es similar a la leche de vaca. Como en el caso de la leche de vaca, la composición de la leche de cabra varía con la dieta, raza, con el animal dentro de la raza, número de parto de la hembra, condiciones ambientales, alimentación y condiciones de manejo, estación, localidad y etapa de la lactancia (Haenlein y Caccese 1984). La leche de cabra, por término medio, contiene un 12.2% sólidos totales, constituidos por un 3.8% de grasa, 3.5% de proteína, 4.1% de lactosa y 0.8% de ceniza (Cuadro 1), lo que quiere decir que tiene más grasa, proteína y cenizas y menos lactosa que la leche de vaca.

Los contenidos en grasa, sólidos totales y proteína de la leche son elevados al principio de la lactación, descienden rápidamente y alcanzan un mínimo durante el segundo y tercer mes de lactación, después aumentan de nuevo hasta el final de la lactación. Esto provoca una relación inversa entre la cantidad de la leche producida y la composición porcentual de estos componentes (Schmidt 1971).

La leche de cabra contiene un poco menos de caseína total, pero más nitrógeno no proteico que la leche de vaca (Cuadro 1). La diferencia más notable en la composición básica entre la leche de cabra o vaca y la humana consiste en la existencia en los contenidos en proteína y cenizas. Las leches de cabra y vaca tienen contenidos notablemente superiores (tres a cuatro veces mayores) de estos dos componentes que la leche humana, lo cual es privativo de las especies y está directamente relacionado con la velocidad de crecimiento del recién nacido de las especies respectivas. Las diferencias en sólidos totales y valores calóricos entre las leches de cabra, vaca y humana no son significativas.

La diferencia importante radica en la proporción de energía derivada de la lactosa y proteína. La grasa, proteína y lactosa en las leches de cabra y vaca proporcionan aproximadamente el 50, y 25% de la energía, respectivamente, mientras en la leche humana esta contribución es del 55, 7 y 38%. (Jeness 1980).

Cuadro 1. Comparación de las composiciones básicas de las leches de cabra, vaca y humana.

Constituyentes	Cabra	Vaca	Humana
Grasa%	3.8	3.6	4.0
Sólidos Totales%	12.2	12.3	12.3
Lactosa %	4.1	4.7	6.9
Nitrógeno x 6.38 %	3.4	3.2	1.2
Proteína %	3.5	3.2	1.1
Caseína %	2.4	2.6	0.4
Ceniza %	0.8	0.7	0.3

Fuente: Haenlein y Caccese 1984.

4.2 Principales macromoléculas que componen la leche de cabra

4.2.1 Proteínas en la leche de cabra

El contenido promedio de proteína en la leche de cabra es de 4,6%, p / p y en la leche de vaca se encuentra a 3,3%, p / p. El contenido de proteínas varía ampliamente dentro de cada especie, raza, la etapa de lactancia, la alimentación, el clima, el número de partos, la

estación y el estado de salud de la ubre. La leche de cabra contiene alrededor de 0,7-1,0% y 0,4-0,8% de nitrógeno (N), respectivamente, que se distribuye en fracciones; la importancia varía en función de la tecnología usada para la elaboración de productos lácteos y la nutrición humana. La leche de cabra tiene un alto nivel N-no proteico y menos N-caseína que la leche de vaca; elemento responsable de la débil estructura y la textura del yogurt (Guo 2003).

Las proteínas principales de la leche de cabra son casi las mismas en la leche de vaca. Las proteínas de la leche se producen en dos fases distintas: Una de ellas es, una fase de inestabilidad micelar compuesta de caseína, como micelas en suspensión, con un promedio de 190nm de diámetro; están vinculados entre sí por fosfato de calcio y pequeñas cantidades de magnesio, sodio, potasio y citrato, que difunden la luz y dan a la leche su aspecto blanco opaco. La otra es una fase soluble, compuesta por las proteínas del suero. Las caseínas precipitan a un pH de 4.6 a temperatura ambiente, mientras que en las mismas condiciones las proteínas del suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina y serumalbumin) permanecen solubles (Haenlein 2004).

4.2.2 Proteínas mayoritarias en la leche de cabra

En la leche de cabra hay 5 proteínas principales: β -lactoglobulina (β -Lg), α -lactoalbumina (α -La), κ -caseína (κ -CN), β -caseína (β -CN) y α _{s2}-caseína (α _{s2}-CN). A estas proteínas se les ha dado nombre después de nombrar a sus proteínas correspondientes en la leche de vaca, debido a sus naturalezas homologas en cuanto a composición y propiedades (Whitney *et al.* 1976). La composición de la caseína en la leche de cabra está influenciada por el polimorfismo genético en la caseína (Tziboula-Clarke 2003).

La movilidad electroforética en condiciones estándar muestra que la β -caseína es el componente mayoritario de la fracción caseína en la leche de cabra, mientras que la α _{s1}-caseína es la mayoritaria en la leche de vaca. El contenido total de caseína en la leche de cabra es ligeramente más bajo que en la leche de vaca (Cuadro 2). Los porcentajes de las

caseínas $\alpha 1$ y $\alpha 2$ en la leche de cabra son muy diferentes de los observados en la leche de vaca; la leche de cabra tiene mucha menos caseína $\alpha 1$ y más caseína $\alpha 2$ que la leche de vaca (Chandan *et al.* 1968).

Sin embargo, la leche de cabra muestra variaciones considerables en su contenido en caseína $\alpha 1$, oscilando desde 2.7g/l hasta solo 0.12g/l (Mora-Gutiérrez *et al.* 1991). La expresión de la caseína $\alpha 1$ puede estar regulada genéticamente en algunas razas como la Alpina-Francesa. La caseína β es la proteína abundante en las leches de cabra y humana, mientras que la caseína $\alpha 1$ es la proteína mayoritaria en la leche de vaca. Los niveles de caseína αs son mínimos en la leche humana (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de caseínas y proteína de la leche de cabra en comparación con los de las leches de vaca y humana.

Proteínas	Cabra %	Vaca%	Humana%
Proteína	3.5	3.3	1.2
Caseína total	2.11	2.70	0.40
$\alpha 1$ caseína total	5.6	38.0	-
$\alpha 2$ caseína total	19.2	12.0	-
β caseína	54.8	36.0	60-70.0
κ caseína total	20.4	14.0	7.0
Proteínas del suero	0.6	0.6	0.7
N-no proteico	0.4	0.2	0.5

Fuente: Chandan (1968), Jenness (1980).

4.2.3 Caseína

La caseína es la proteína que coagula tanto la leche de cabra como la de vaca, solo que existen marcadas diferencias y ocurren en el polimorfismo genético, en la estructura, composición y tamaños de micelas de las caseínas. En la leche de vaca el gen de la alfa S1 caseína o S1caseína es la principal caseína con 6 diferentes tipos A,B,C,D,E,F y “nula” (Hernández *et al.* 2010). Por otro lado la β -caseína es el componente cuantitativo más importante de las proteínas de la leche de cabra (Cuadro 3), representado entre 50-70% del total de las caseínas. Esta proteína está compuesta por 213 aminoácidos, en su estructura

primaria se observa la ausencia de cisteína, siendo el contenido en ácido glutámico y prolina excepcionalmente elevado. Es sensible al calcio por encima de los 20°C, pero insensible a bajas temperaturas (8-10°C) (Quiles y Hevia s.f.).

Las diferencias en los tipos de variantes genéticas son debidas a los aminoácidos presentes en las cadenas de las proteínas, los cuales son los responsables de las diferencias en la digestibilidad, y en las propiedades para la elaboración de sabores generados a los productos de la leche de cabra (Hernández *et al.* 2010).

Cuadro 3. Porcentaje de caseína presente en la leche de vaca y cabra.

Caseína	Cabra %	Vaca %
Alfa	21,2	40
Beta	67,4	43,3
Kappa		15

Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/TEISIS.pdf>

Una característica de la leche de cabra es que carece de la alfa S1 caseína y tiene una alta proporción de beta caseína, por la cual la caseína durante la digestión, forma un coagulo menos resistente y más friable que el de la caseína de la leche de vaca, de manera que las enzimas proteolíticas penetran en él y lo desintegren más rápidamente (Castro s.f.).

4.2.4 Características generales de la grasa de leche de cabra

Una de las diferencias significativas entre la leche de cabra y la de vaca se encuentra en la estructura fisicoquímica y composición de sus grasas. El tamaño medio de los glóbulos grasos de la leche de cabra es de alrededor de 3.5 micrómetros comparados con los 4.5 micrómetros de la grasa de la leche de vaca (Fahmi *et al.* 1956). Los diámetros medios de los glóbulos grasos de las leches de cabra y vaca se han fijado en (3.49 y 4.55 μm , respectivamente. En la leche de cabra, los glóbulos grasos más pequeños hacen que haya una mayor dispersión y una mezcla más homogénea de la grasa, lo que proporciona a las

lipasas un área de superficie mayor de contacto con la grasa para intensificar la digestión. Desde el punto de vista de la salud humana, la homogenización natural de la leche de cabra es más buena para la digestión que la homogenización mecánica a la que se someten los productos lácteos de la leche de vaca (Haenlein y Caccese 1984).

Este tamaño físico más pequeño del glóbulo graso de la leche de cabra parece estar asociado con la pobre capacidad de desnatado de la leche de cabra. Sin embargo, los estudios sugieren que la agrupación de los glóbulos grasos llega a lograrse favorecida por la acción de aglutininas, de las que la leche de cabra es deficitaria, por lo cual tiene una capacidad de desnatado más débil que la leche de vaca, especialmente a temperatura más baja (Jenness 1980).

4.2.5 Cenizas

La leche de cabra es más alta en minerales, calcio, potasio, magnesio, fósforo, cloro y manganeso, pero es más baja en sodio, hierro, azufre, zinc y molibdeno. La leche de cabra tiene también menos de ciertas enzimas, ribonucleasa, fosfatasa alcalina, lipasa y xantina oxidasa, por lo que existen diferencias respecto a la leche de vaca que tienen relaciones implicadas en la salud humana pero su significado aún debe ser investigado y documentado (Haenlein y Caccese 1984).

4.3 Yogurt

La fermentación es uno de los más antiguos métodos practicados por los seres humanos para la transformación de la leche en productos con una vida útil más larga. El origen exacto de la elaboración de leches fermentadas es difícil de establecer, pero podría datar de unos 3,000 a.c, cuando la forma de vida de los seres humanos pasó de ser recolector a productor de alimentos. Este cambio también incluye la domesticación de animales (cabra, vaca, oveja, búfalo y camello), y lo más probable es que la transición se produjo en momentos diferentes y en partes del mundo. La evidencia arqueológica muestra que

algunas civilizaciones (los sumerios y los babilonios en Mesopotamia, los faraones en el noreste de África y los indios en Asia) estaban muy avanzadas en los métodos de la agricultura y la ganadería, y en la producción de leches fermentadas como el yogurt (Tamime y Robinson 1999).

4.3.1 Características generales de yogurt de leche de cabra

Hay un mercado de yogurt de cabra para las personas que buscan el sabor especial o beneficios para la salud, o que son alérgicas a la proteína de la leche de vaca, especialmente α_s1 -caseína (Guo 2003). Algunas personas, simplemente disfrutan del sabor de los productos de leche de cabra, de hecho, muchos consumidores de comida gourmet, están dispuestos a pagar altos precios para determinados productos de leche de cabra (Hanlein 1996). El sabor se atribuye a los compuestos aromáticos y ácidos producidos por los cultivos iniciadores del yogurt durante la fermentación (Dulin *et al.* 1982). El Yogurt de leche de cabra se puede fabricar de una manera similar al de su homólogo de vaca. Uno de los principales problemas en la fabricación de yogurt de leche de cabra es la debilidad y falta de consistencia y tensión de la cuajada o la viscosidad frente a la agitación en comparación con el yogurt de vaca. Esto se debe a la diferencia en la composición de proteínas entre los dos tipos de leche, especialmente en el contenido de caseína (Park 2006).

4.3.2 Procedimientos de elaboración del yogurt de leche de cabra

En el mundo existen diferentes tipos de yogurt, utilizando los diferentes cultivos iniciadores y composición de la leche variada. Las etapas de fabricación típicas se muestran en la Figura 1 (Kosikowski 1986).

Los procedimientos básicos de elaboración del yogurt de leche de cabra son: (i) preparación de la leche, (ii) estandarización (estandarizado a un 1.0 a 1.7% de grasa), (iii) pasteurización (85 °C durante 30 min), (iv) enfriar a 45 °C (113 °F), (v) inoculación 0.906g

/ litro de leche (una combinación de cultivos iniciadores como (*Streptococcus thermophilus* con *Lactobacillus bulgaricus*) introducir cuidadosamente en la leche tibia), (vi) el envasado (yogurt sólido, cuajado), (vii) incubación a 45 °C por 3-5, o hasta que se forme un gel firme y suave a pH 4.5 (viii) refrigeración (el yogurt se enfría a 45 °F durante 1 hora, y (ix) almacenamiento de la envases de yogurt a 4 °C, la vida útil de yogurt a 4°C sería de 30-60 días (Park 2001).

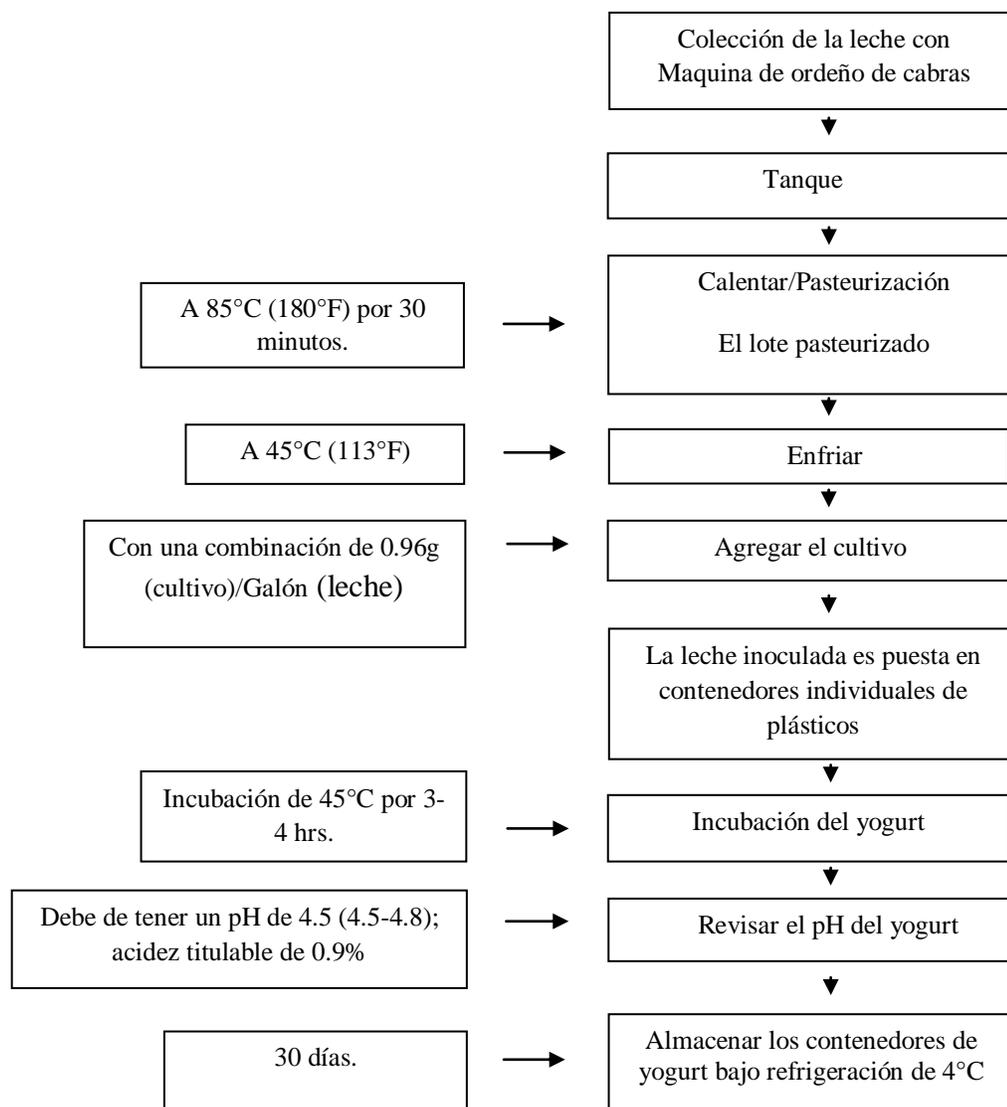


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del yogurt (Park 2001).

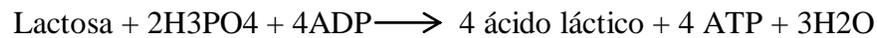
4.3.3 Principios bioquímicos y microbiológicos de la elaboración del yogurt

En la producción del yogurt, la leche debe ser pasteurizada y homogenizada, y después enfriada hasta la temperatura óptima de crecimiento de las bacterias fermentadores integrantes de los cultivos iniciadores del yogurt (dependiendo de las especies, aproximadamente 42-45°C). La siguiente fase es la adición del cultivo iniciador a la leche tibia. La combinación de cultivos iniciadores usada comúnmente es *Streptococcus thermophilus* con *Lactobacillus bulgaricus*. Estos dos cultivos producen ácido láctico en una tasa superior cuando se usan juntos que cuando se utilizan individuales (Tamime y Robinson 1999). Esto es debido a que cada microorganismo libera compuestos en la leche que pueden ser utilizados por el otro microorganismo.

Algunos de los compuestos producidos por *Streptococcus thermophilus* que estimulan el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus* el ácido fórmico (Walstra *et al.* 1999), dióxido de carbono, piruvato, purina, adenina, y uracilo (Tamime y Robinson 1999). *Lactobacillus bulgaricus* produce los compuestos siguientes que se ha demostrado que estimulan el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*: glicina, histidina, y varias enzimas proteolíticas que generan el nitrógeno necesario para el crecimiento de *Streptococcus thermophilus* (Tamime y Robinson 1999). Se ha sugerido que la leche de cabra es mejor que la de vaca para el crecimiento de las bacterias lácticas debido al alto contenido de vitaminas esenciales para su crecimiento y al contenido más elevado de nitrógeno no proteico (Abrahamsen y Rysstad 1991). En muchos casos, se añaden otras especies microbianas para proporcionar beneficios probióticos a los consumidores, como *L. acidophilus*, *L. casei*, varias especies de *Bifidobacterium*.

Las bacterias del yogurt metabolizan la lactosa de la leche y liberan ácido láctico a la leche como producto de desecho (Walstra *et al.* 1999). Los cultivos iniciadores a menudo utilizados en el yogurt son heterofermentativos, lo que indican que metabolizan los azúcares a través de la ruta glicolítica. La lactosa es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. En esta ruta, la lactosa es primeramente transportada a través de la pared celular y convertida en galactosa-6-fosfato y glucosa; ambos componentes se convierten en

glucosa-6-fosfato. La glucosa-6-fosfato después es metabolizada por las bacterias para producir energía en forma de ATP (Adenosintrifosfato) con el agua y el ácido láctico como co-productos:



Como los cultivos iniciadores continúan produciendo más cantidad de ácido, el pH inicial de 6.7 de la leche de cabra desciende hasta un valor de 4.5 o menor. Esta tasa de descenso del pH puede verse afectada por la temperatura de incubación. A temperatura elevada, 40-45°C, la fermentación puede ocurrir tan rápido como en 2.5 horas, mientras que el proceso puede durar entre 16-18 horas a temperatura más bajas, 30-35°C (Tamime y Robinson 1999). Tras el descenso del pH, la estructura de la micela de caseína se convierte en la clave de la producción del yogurt. Las micelas de caseína están cargadas negativamente y están asociadas una con otra a través de puentes de fosfato cálcico.

Durante la fermentación de la leche, a medida que el pH va descendiendo, el fosfato cálcico es liberado de las micelas provocando un aumento del contenido en calcio en la fracción del suero de la leche. La caseína también comienza a disociarse de las micelas. A pH 5.6 una parte de las caseínas mayoritarias (κ, β, α_s) ya se han disociado de las micelas. Esta disrupción de la estructura del núcleo de las micelas de caseína provoca una pérdida de estabilidad y conduce a una agregación (Holt y Horne 1996).

A un pH de 5.2, las partículas de caseína comienzan agregarse, debido al descenso de las fuerzas de repulsión, lo que permite el establecimiento de interacciones hidrofóbicas para formar estructuras con espacios vacíos entre ellas. Entre valores de pH de 5.2 y 4.8 tiene lugar una contracción de los agregados de caseína y estas partículas son más grandes que las micelas originales de la leche. A pH 4.5 o más bajo, tiene lugar una reorganización y agregación de las micelas de caseína, lo que conduce a la formación de una matriz proteica consistente en cadenas y racimos de micelas de caseína que atrapan de su interior otros

componentes de la leche, con lo cual se forma un gel lácteo (yogurt) (Tamime y Robinson 1999).

4.4. Procedimiento de elaboración del yogurt

4.4.1 Estandarización de la leche

La materia prima empleada debe estar libre de antibióticos, su presencia inhibe el desarrollo de los microorganismos que llevan a cabo la fermentación. Su contenido de sólidos totales es vital en el proceso de elaboración de este producto. En general, el contenido de sólidos total adecuado para la elaboración de yogurt es de un 15 a 16%; entre mayor sea su contenido, mayor será su viscosidad (Hernández *et al.* 2003).

Para aumentar el contenido de sólidos totales en la leche, primero es necesario estandarizar la cantidad de grasa. El contenido de grasa del yogurt debe estar entre el 0.5% en caso del descremado, y el 3.5% en el caso del entero. Es posible elaborar yogurt sin aumentar el contenido promedio de sólidos totales de la leche, pero el gel que se forma es muy débil y rompe con mucha facilidad, lo que provoca la separación del suero de la leche. Para elevar la cantidad de sólidos totales existen varias opciones. Tradicionalmente se concentraba la leche disminuyendo su volumen en una tercera parte, por medio de la evaporación del agua presente en ella (Hernández *et al.* 2003).

Actualmente, se prefiere agregar la leche descremada en polvo u otros sólidos de la leche hasta alcanzar el contenido de sólidos totales requerido, porque es un proceso más práctico y menos costoso. Para contrarrestar los efectos negativos sobre la viscosidad y fuerza del gel, por causa del bajo contenido de los sólidos totales en la leche, también se recurre a la adición de estabilizantes que mejoran el cuerpo, la textura y la apariencia del yogurt. Algunos comúnmente utilizados son el almidón, la carragenina, los alginatos, la goma de algarrobo, la gelatina y la pectina. Los estabilizantes se deben agregar durante la estandarización de la materia prima. El contenido de los estabilizantes en el yogurt no debe

superar el 0.3%, porque provocan consecuencias adversas en el sabor (Hernández *et al.* 2003).

4.4.2 Homogenización

La etapa de la homogenización generalmente se lleva a cabo antes de la pasteurización, pero puede ser realizada después. Consiste en someter la leche a altas presiones (entre 2.6 y 6.8kpa) con el fin de disminuir el tamaño de las gotas de grasa y otros constituyentes y, así, que se dispersen mejor. El resultado es un yogurt más viscoso, más estable y con mejores características organolépticas (Hernández *et al.* 2003).

4.4.3 La pasteurización

Esta es una de las etapas más importantes. Se eliminan la mayor parte de la flora contenida en la leche. La disminución de la flora asociada a la leche permite el crecimiento de los microorganismos (productores del yogurt) libres de competencia, con todos los nutrientes de la leche a su disposición. Se logra la inactivación de enzimas que afectan las características organolépticas del yogurt. Se desnaturalizan las proteínas de la leche, mediante la desnaturalización, se liberan péptidos que contribuyen al crecimiento de los microorganismos inoculados. Además, la modificación de la estructura de las proteínas favorece su agregación, lo que mejora la viscosidad del yogurt y su capacidad de retención del agua, e impide la separación del suero de la leche (Hernández *et al.* 2003).

Existe una gama de temperaturas y tiempo asociados a la pasteurización de la leche, de acuerdo con el proceso de fabricación del yogurt y el equipo disponible para realizarla. Algunos ejemplos son los siguientes: de 80 a 85°C por treinta minutos, o a 90°C por cinco minutos, para la leche procesada por lotes; entre 72 y 75°C por dieciséis segundos, si se utiliza equipo especializado. Se debe de tomar en cuenta que un calentamiento débil de la leche genera un yogurt bajo en viscosidad, mientras que un sobre calentamiento puede

provocar una textura granular y una tendencia a la separación del suero (Hernández *et al.* 2003).

4.4.4 Enfriamiento post pasteurización

Después de la pasteurización, la leche debe ser enfriada hasta la temperatura necesaria para el crecimiento óptimo de los microorganismos, oscila entre los 40 y 45°C. El enfriamiento se puede llevar a cabo de dos formas:

- ✓ Se hace pasar la leche por un intercambiador de calor de placas.
- ✓ En el mismo tanque de pasteurización, se hace pasar agua fría (en lugar de caliente) (Hernández *et al.* 2003).

4.4.5 La inoculación y fermentación

El cultivo iniciador se encuentra compuesto por los organismos *L.bulgaricus* y *S. thermophilus* en una relación 1:1, la cual garantiza una adecuada consistencia del yogurt y un agradable aroma, el procedimiento a seguir consiste: en preparar cultivos madre, desarrollando los trasposos necesarios de acuerdo con el volumen de yogurt por producir. Para preparar el cultivo madre, se inocula el cultivo iniciador en un matraz con leche estéril y se coloca en las condiciones óptimas de desarrollo. El cultivo iniciador se inocula en una proporción que oscila entre 1 y el 5% v/v de la cantidad de leche inicial que se utiliza (Hernández *et al.* 2003).

Se debe mezclar muy bien con la leche para asegurar una adecuada distribución de los microorganismos, momento donde inicia el proceso de fermentación. La fermentación se realiza durante un promedio de tres a seis horas, a una temperatura entre los 40 y 45°C.

El tiempo de fermentación depende de la temperatura de incubación y de la capacidad de producción de ácido láctico de los microorganismos. El proceso se debe detener cuando se alcanza una concentración de ácido láctico entre 0.70 y 1.1% p/v. En este rango de

concentración de ácido, el valor del pH se encuentra entre 4.6 y 3.7 (Hernández *et al.* 2003).

4.4.6 El enfriamiento post fermentación

Cuando se alcanza la acidez deseada, se debe tener el proceso de fermentación. Para detener la fermentación se disminuye la temperatura, porque los microorganismos involucrados en el proceso no son capaces de crecer a temperaturas inferiores a 10°C; de lo contrario a bajas temperaturas, se suspende la actividad de las enzimas generadas por los microorganismos. La temperatura recomendada es la de refrigeración (4°C). El enfriamiento tiene un efecto positivo, pues aumenta la firmeza del gel (Hernández *et al.* 2003).

4.5. Principales cambios físico-químicos implicados en la maduración del yogurt

4.5.1 Proteólisis y lipólisis

Como se conoce en la leche de cabra y sus productos, pueden ocurrir numerosos cambios bioquímicos y físicos en los productos manufacturados, durante los procesos de distribución y almacenamiento, procesos debido a la maduración y la degradación de los nutrientes en los productos. Proteólisis y lipólisis son dos procesos principales en la maduración del yogurt con una variedad de agentes químicos, físicos, cambios microbiológicos, de textura y reológicas. Sin embargo, estas reacciones enzimáticas se producen bajo condiciones ambientales controladas (Fox 1989). Además, estas transformaciones tienen que ser evitadas para muchos productos, tales como leche fluida.

El tratamiento térmico inadecuado puede causar la inactivación incompleta en las enzimas de la leche. Como consecuencia de la inactivación incompleta de las lipasas, la lipólisis puede ocurrir en la leche provocando un olor rancio. La Proteinasa residual en la leche térmica incorrectamente procesada puede atacar a las caseínas, lo que resulta en un sabor

amargo, y también conduce a la leche descremada a ser más o menos transparente (Walstra *et al.* 1999). El calentamiento incompleto también deja residuo de proteinasas bacterianas, que pueden atacar κ -caseína. En consecuencia, la leche se puede desarrollar un sabor amargo y la formación de gel.

4.5.2 Proteólisis

La proteólisis es un evento importante en la parte bioquímica, lo que da un gran impacto en el sabor y la textura del yogurt y otros productos lácteos (Park 2001). La leche tiene muchas proteinasas y la proteólisis puede tener lugar en la leche inicial. La proteinasa principal es la plasmina (PL), que está asociada con las micelas de caseína (Lawrence *et al.* 1987). Esta enzima es la serina proteasa tripsina con propiedades similares, es más activa en un pH alrededor de 8 a 37 °C y es estable en el rango de un pH de 4-9 a 20 °C (Kaminogawa *et al.* 1972).

PL actúa principalmente en la β -caseína, que constituye aproximadamente el 60% del total de la caseína en la leche de cabra. La estructura de la β -caseína caprina consiste en un polipéptido que contiene 207 residuos de aminoácidos en lugar de los 209 de β -caseína bovina (Roberts *et al.* 1992). Proteólisis también se atribuye a las bacterias psicotrópicas. Estos microorganismos dominan la microflora de la leche fría en la finca antes de la recolección, durante el transporte, y durante el almacenamiento en la planta de productos lácteos (Fox 1989, Ledforf 1998).

4.5.3 Lipolisis

La hidrólisis de grasas de leche por la lipasa bacteriana también ha sido un problema importante de la industria lechera, debido a su relación de defecto en cuanto al sabor rancio (Shipe *et al.* 1978). El deterioro del sabor en los productos lácteos por la lipólisis, crea serios problemas en la estabilidad de almacenamiento (Allen y Wrieden 1982). La lipólisis en la leche puede ser inducida por varios factores como: (1) El procesamiento, la agitación,

la homogenización, cambios de temperatura, la congelación y descongelación. (2) La temperatura durante el transporte, almacenamiento y procesamiento, (3) Los procesos agrícolas, máquinas de ordeño, las tuberías, tanque de agitación a variaciones de temperatura, enfriamiento lento, de almacenamiento, (4) Procesos dentro de la planta, mezcla, separación, refrigeración (Deeth y Fitz 1979).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del experimento

El análisis “Comparación de la estabilidad del almacenamiento de yogures comerciales de leche de cabra y vaca con el yogurt de cabra experimental elaborado en la Universidad de Fort Valley, EE.UU. durante 4 semanas”. Se llevó a cabo en el laboratorio de Ciencia de los Alimentos, ubicado en la Universidad de Fort Valley State, en el Estado de Georgia, EE. UU. Fort Valley, se encuentra a unas 100 millas (160 km) al sur de la ciudad de Atlanta, a 25 millas (40 km) al sur de Macon, a 18 millas (28 kilómetros) al oeste de Warner Robins, y 15 millas (24 kilómetros) al Noroeste de Perry.

5.2 Preparación de los yogures comerciales de la especie bovina y caprina

El Yogurt comercial de leche de vaca (YCV) y el yogurt comercial de leche de cabra (YCC) fueron adquiridos de las tiendas locales de venta al por menor situados en la localidad de Warner Robins, Georgia.

5.3 Preparación del yogurt de leche de cabra

El rebaño de cabras de ordeño consiste en razas como Saanen, Alpine y de Toggenburg alimentadas en el Centro de Investigación de Pequeños Rumiantes en Georgia y el Centro de Extensión de la Universidad de Fort Valley State, en Fort Valley, Georgia, EE.UU., la leche de cabra se colectó desde el depósito a granel en la lechería de FVSU, la cual se empleó para la fabricación del yogurt de leche de cabra (YCFV).

El FVYC experimental fue producido usando la leche de cabra FVSU y directamente el Set de Cultivo Continuo (SCC) cultivo del yogurt (YC-180, Chr. Hansen, Inc., Hoersholm, Denmark).

5.4 Diseño experimental

Fueron adquiridos dos lotes de yogurt; uno de yogurt comercial de leche de vaca (YCV), el yogurt de leche de cabra (YCC) y un lote de yogurt natural de leche de cabra de manufacturado en Fort Valley (YCFV).

Todas las muestras de yogurt experimentados fueron sometidos a T^o de almacenamiento de refrigeración de 4 ° C durante 4 semanas, y las diferencias en la lipólisis de los 3 tipos de yogures se evaluó a las 0, 2 y 4 semanas de almacenamiento.

El experimento se llevó a cabo en un 2 x 3 x 3 con arreglo factorial (2 lotes, tres tipos de yogurt, y 3 periodos de tiempo de almacenamiento).

5.5 Análisis químico

5.5.1 Contenido de grasa (Procedimiento Babcock) (Richardson 1985)

El yogurt se mezcló con de agua desionizada, y se agregó dentro de una botella de Babcock. La mezcla fue enfriada y luego se añadió ácido sulfúrico. El ácido fue cubriendo vigorosamente el yogurt hasta que todos los rastros desaparecieran. Las botellas se colocaron en un agitador mecánico.

Luego se centrifugo por un determinado tiempo, se detuvo la centrifuga y se le agrego agua caliente desionizada. A continuación se repite el proceso de centrifugación. Luego se transfirió la botella a un baño maría, el nivel del agua debe estar ligeramente por encima del nivel de la columna de grasa en la botella. Posteriormente se retira la botella del baño

maría, y rápidamente se seca. La botella una vez terminado el proceso de tratamiento de la muestra se midió inmediatamente en la columna el nivel de grasa la parte inferior en relación a la escala mínima y máxima de la botella. La columna de grasa en el momento de la medición debe ser de color amarillo transparente, o dorado, y libre de artículos de suspensión visible. (Rechazar todas las pruebas con columna de grasa opaca).

5.5.2 Proteínas totales

Proteína total se analizó utilizando el aparato Vario Max carbono Analizador de Nitrógeno Elemental.

5.5.3 Nitrógeno soluble en agua (NSA) (Jin y Park 1995).

Una muestra de yogurt con agua bidestilada fue colocada en una licuadora (New Hartford, CT) para su homogenización. El yogurt mezclado fue transferido a un tubo de centrifuga y se incubo en baño de agua aproximadamente con una T° de 40°C para asegurar la solubilidad completa de WSN en el agua. Tras la incubación, la mezcla homogeneizada se centrifugo a 3000 × g durante 30 minutos. Después de la centrifugación, el sobrenadante se filtró (Whatman N °1 de papel de filtro). 1g de sobrenadante se analizó utilizando el vario máximo de carbono nitrógeno analizador elemental. El porcentaje de NSA se calculó como la proporción de NSA con el total de N.

5.5.4 Valoración del grado de acidez (Richardson 1985)

Se mezcló el yogurt con el reactivo BDI (Prueba de la rancidez hidrolítica), se le adiciono a la mezcla en las botellas de Babcock y se colocaron en un baño de agua hirviendo con una T° aproximadamente entre 63 y 65°C cubriendo la base de las botellas, durante este proceso se mantuvieron en agitación asegurando la obtención de una grasa limpia, luego pasaron a la centrifuga. Se le agrego suficiente alcohol metílico acuoso para que la columna de grasa pueda salir bien dentro de la porción liquida del cuello de botella, se centrifugó

nuevamente, luego se transfirió la grasa obtenida a un Erlenmeyer y se procedió a pesar los resultados exactos de la grasa transferida. Se separó la grasa con un disolvente, se le agregó gotas de fenolftaleína y se evaluó el color.

5.5.5 Análisis de textura

Las muestras de yogurt fueron analizadas usando TAXT2i Analizadora de Textura (Texture Technologies Corp) para determinar el grado de textura (incluyendo firmeza, consistencia, Cohesividad e índice de viscosidad

5.5.6 Materia seca (AOAC 1985).

La materia seca consiste en el residuo expresado en porcentaje de peso, considerando como residuo el producto obtenido tras haber efectuado la desecación del yogurt. Las muestras de yogurt se pesaron en crisoles, las cuales fueron sometidas a un tratamiento de deshidratación durante la noche con temperatura constante hasta que se obtuvo un peso constante, el resultado final tras el desecado representa la materia seca.

5.5.7 Ceniza

El contenido de cenizas es el producto final resultante de la incineración de la materia seca, expresado en porcentaje de peso. Las cenizas se determinaron colocando las muestras de materia seca en un horno de incineración o mufla que produce una corriente lenta de aire a una temperatura determinada de (600°C).

5.6 Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron analizados estadísticamente por la determinación de media y la desviación estándar, utilizando Microsoft Excel y la comparación múltiple de Duncan entre los tratamientos con medios mínimos cuadrados descrito por Steel y Torrie (Acero y

Torrie 1960). Los datos fueron analizados también por el procedimiento de modelos lineales generales de Software de Análisis Estadístico (SAS) (SAS User's Guide 1985).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Composición de los nutrientes básicos

La Composición de los Nutrientes Básicos de las tres variedades de yogures (YCV, YCC, YCFV), fueron analizados con el fin de comparar los niveles de composición básica de los distintos tipos de yogurt.

El Contenido de materia seca de YCFV fue significativamente más bajo que los del yogurt de leche de vaca y el yogurt de leche de cabra comercial. Estos resultados pueden indicar que los dos productos comerciales contienen ciertos aditivos incluyendo tapioca, mientras que el yogurt de leche de cabra fabricado en FV sólo contenía leche líquida simple producida en la Universidad de Fort Valley State.

El contenido de cenizas reveló una tendencia similar a la del contenido de materia seca, donde los aditivos o estabilizantes agregados en los productos de YCV y YCC; fueron celulosa (pectina) el cual este tipo de aditivos normalmente no contiene ningún ceniza, por eso los contenidos de cenizas de los 3 yogures tienen la misma tendencia del contenido en materia seca.

El contenido graso del YCFV tuvo el nivel más alto comparado con los productos de YCV y de YCC. Este resultado indicó que en los dos productos comerciales (YCV y YCC) pudo haberse empleado leche con grasa reducida o la leche baja en grasa en las diferentes etapas de lactancia, mientras que el YCFV fue fabricado usando leche con el contenido de grasa alto que fue coleccionado en la temprana etapa de lactancia.

Cuadro 4. Resumen del contenido de nutrientes de las tres variedades de yogures (YCV, YCC) y el yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV).

Yogurt Muestras	Materia Seca %		Ceniza %		Grasa %		Proteína %		Carbohidrato %	
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
YCV	12.35	0.058	0.78	0.012	2.9	0.342	3.39	0.021	5.33	0.365
YCC	12.25	0.370	0.80	0.014	3.2	0	3.17	0.035	5.08	0.372
YCFV	10.80	0.436	0.74	0.035	3.5	0.659	3.20	0.028	3.346	0.488

Fuente: Elaboración propia.

No se mostraron diferencia en el contenido de proteína de los tres yogures, lo cual significa que no existe ninguna modificación en la fabricación de los tres productos. El nivel obtenido de proteína tiene un impacto sobre la firmeza en la textura de los productos, la leche de vaca tiene una α 1-caseína significativamente mayor que la de leche de cabra y esto tendrá una gran influencia sobre la firmeza del gel.

Con respecto al contenido de carbohidratos de los 3 yogures, los yogures comerciales de vaca y cabra contenían mayores % de carbohidratos que el yogurt de cabra de Fort Valley, indicando que la lactosa (residual) contenida de los productos comerciales fue superior al del YCFV. Esto puede demostrar que se produjo una mayor extensión en el tiempo de fermentación del YCFV en comparación con el YCV y el YCC.

En general la composición de nutrientes básicos, demuestran un mayor contenido de solidos totales en los productos comerciales de yogurt que el contenido de solidos totales en el yogurt simple hecho de la leche entera de cabra de FV. Esto es un fuerte indicio que ambos productos comerciales de leche de vaca y cabra deben contener aditivos, resguardando o estabilizando en los 2 productos, con el propósito de presentar un tiempo de caducidad más extenso comparado con el yogurt de leche entera simple.

6.2 Perfil del pH

En la determinación de este parámetro se mostró una tendencia general que los valores de pH decrecieron a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento o maduración del producto.

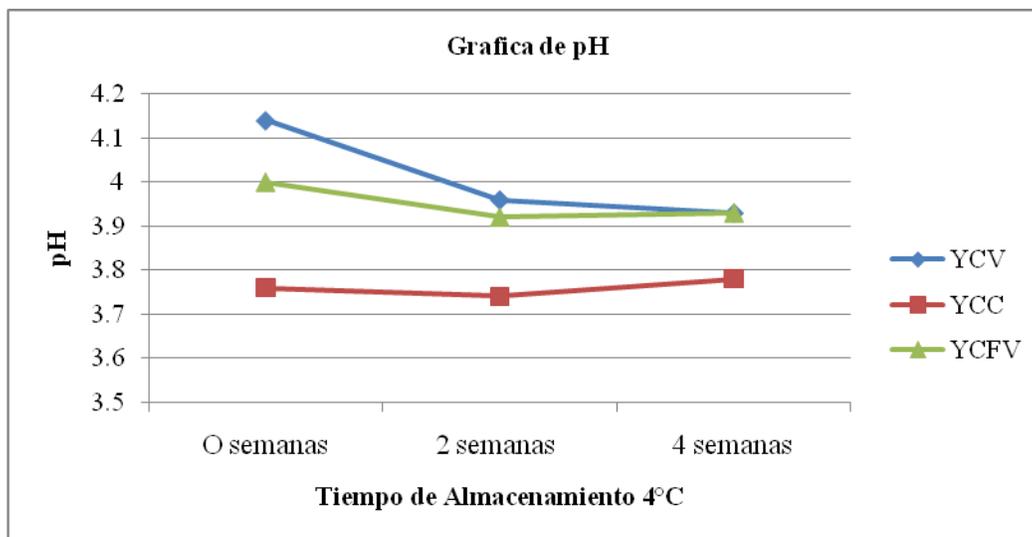
El nivel inicial del pH del yogurt comercial de leche de vaca fue el más alto, 4,14%; seguido por el de YCFV con 4,00, y el pH de YCC que fue de 3,76. La disminución del pH durante el periodo de almacenamiento sucedió tal como se esperaba, ya que las bacterias del cultivo iniciador sintetizaron concentraciones superiores de ácido láctico y algunos ácidos orgánicos como acéticos, pirúvico y ácidos cítrico. La producción de los ácidos puede ser inhibitoria porque al haber poca actividad metabólica, el resultado es una disminución en la producción de ácido láctico.

La mayor producción de ácido reduce los valores de pH (Jin y Park 1995). En el análisis observó que se presentaron aumentos generales de pH en el yogurt de leche de cabra durante 4 semanas de almacenamiento. Esto debido a la presencia de amoníaco de proteína por proteólisis, con la cual aumenta el pH en el yogurt.

Cuadro 5. Comparación de los valores de pH entre el yogurt de leche bovina y el yogurt de leche caprina por 4 semanas bajo refrigeración.

Almacenamiento (Semanas)	YCV %		YCC %		YCFV %	
	X	DS	X	DS	X	DS
0	4.14	0.030	3.76	0.010	4.00	0.033
2	3.96	0.006	3.74	0.008	3.92	0.010
4	3.93	0.024	3.78	0.017	3.93	0.012

Fuente: Elaboración propia.



YCV: Yogurt Comercial de Leche de Vaca
 YCC: Yogurt Comercial de Leche de Cabra
 YCFV: Yogurt de Cabra Fabricado en La Universidad de Fort Valley

Figura 2. Comparación de los valores de pH entre el yogurt de leche bovina y el yogurt de leche caprina por 4 semanas bajo refrigeración.

6.3 Valoración del grado de acidez (VGA)

La valoración de grado de acidez (VGA) mide los ácidos grasos libres (AGL) contenido de los productos alimenticios, y a mayor índice de VGA, el aumento de la lipólisis se produce en la toma de muestra. El incremento de VGA indica que hay una mayor generación de AGL que provoca el enranciamiento de los productos lácteos (Richardson 1985, Park 2001).

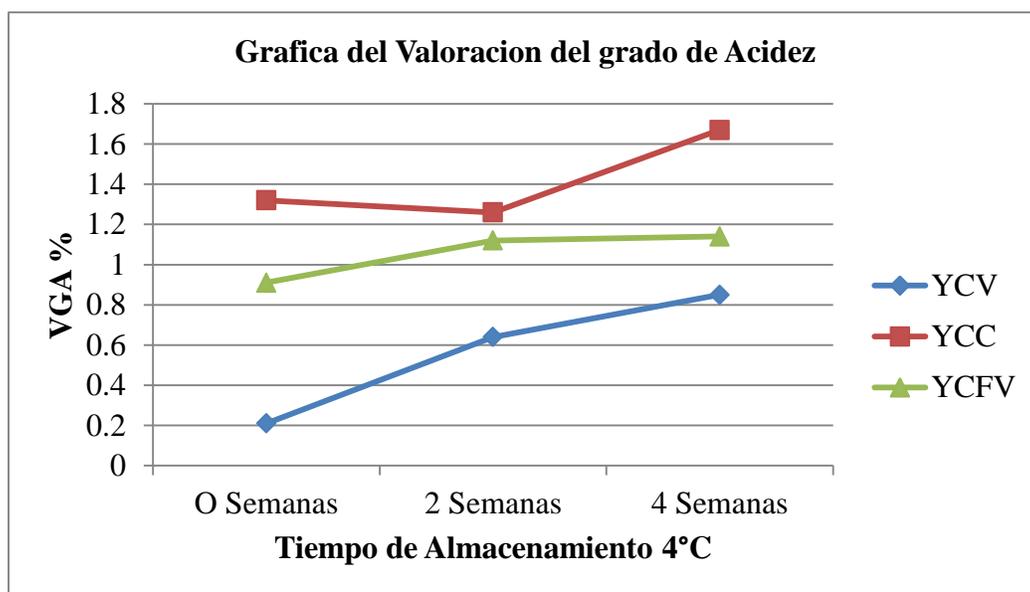
En este estudio el yogurt comercial de leche de vaca tuvo los valores más bajos de VGA (0.21%; 0.64%; 0.85%) demostrando que hubo muy poca actividad lipolítica ocurrida durante el periodo de almacenamiento refrigerado durante 4 semanas. Los valores para el yogurt comercial de leche de cabra revelaron un VGA de (1.32%, 1.26%, 1.67%) indicando un VGA superior comparado al producto de YCV con más ácido graso libre durante 4 semanas, comparado con el YCV.

El YCC desarrollo rancidez y oxidación en el sabor. El respectivo valor de VGA del yogurt de leche de cabra de la Universidad de Fort Valley fue de (0.91%, 1.12%, 1.14%) lo que indica que la mayor actividad lipolítica ocurrió en el YCFV y no el yogurt comercial de vaca en contraparte. Estos resultados indican que el YCFV muestra presencia de la lipasa mediante la cual se demuestra una pasteurización incompleta o contaminación en el post-pasteurización del yogurt de leche de cabra de Fort Valley.

Cuadro 6. Comparación de la valoración del grado de acidez (VGA) entre los yogures comerciales de leche de vaca y cabra con el yogurt de leche de cabra de Fort Valley.

Almacenamiento (Semanas)	YCV %		YCC %		YCFV%	
	X	DS	X	DS	X	DS
0	0.21	0.270	1.32	0.112	0.91	0.051
2	0.64	0.074	1.26	0.038	1.12	0.027
4	0.85	0.119	1.67	0.234	1.14	0.013

Fuente: Elaboración propia.



YCV: Yogurt Comercial de Leche de Vaca
 YCC: Yogurt Comercial de Leche de Cabra
 YCFV: Yogurt de Cabra Fabricado en La Universidad de Fort Valley

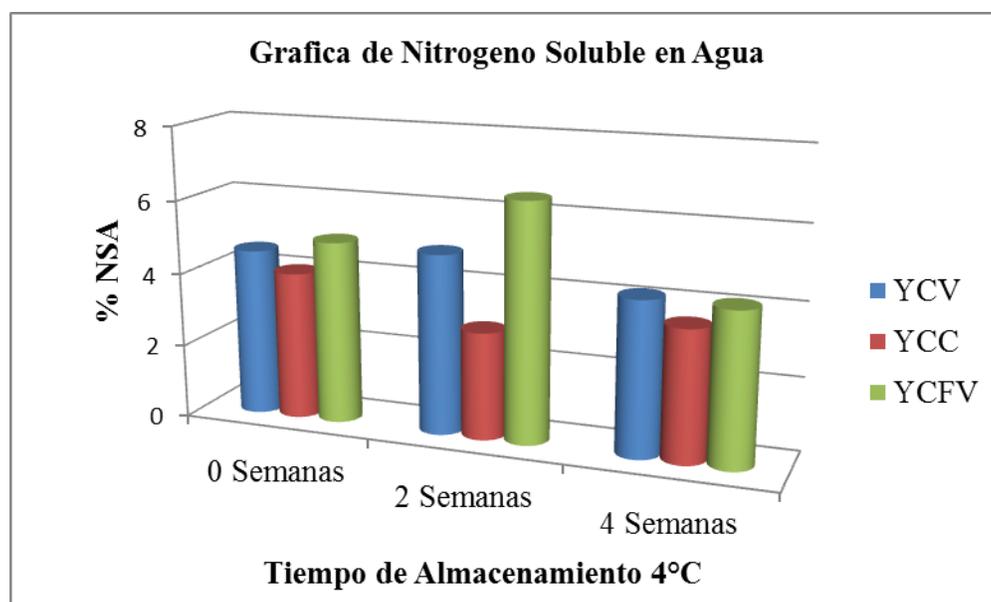
Figura 3. Comparación de la valoración del grado de acidez (VGA) entre los yogures comerciales de leche de vaca y cabra con el yogurt de leche de cabra de Fort Valley.

6.4 Perfil del nitrógeno soluble en agua

Cuadro 7. Comparación del nitrógeno soluble en agua (NSA) de tres variedades de yogurt (YCV, YCC) y yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV).

Almacenamiento (Semanas)	YCV %		YCC %		YCFV %	
	X	DS	X	DS	X	DS
0	4.57	0.602	4.03	0.502	4.98	0.877
2	4.90	0.878	2.92	0.219	6.48	2.519
4	4.20	0.774	3.57	0.462	4.16	0.246

Fuente: Elaboración propia.



YCV: Yogurt Comercial de Leche de Vaca
 YCC: Yogurt Comercial de Leche de Cabra
 YCFV: Yogurt de Cabra Fabricado en La Universidad de Fort Valley

Figura 4. Comparación del nitrógeno soluble en agua (NSA) de tres variedades de yogurt (YCV, YCC) y yogurt simple fabricado en la Universidad de Fort Valley State (YCFV).

El Nitrógeno soluble en agua (NSA) es un indicador de la degradación de proteínas durante el almacenamiento. Como la temperatura de almacenamiento y el tiempo aumentan, la

proteólisis es elevada debido a la descomposición de las proteínas (Fox 1989; Jin y Park 1995; Park 2001; Park 2006).

En el presente estudio los yogures de leche cabra durante 4 semanas de almacenamiento refrigerado, el YCV no mostró ninguna diferencia entre el periodo de almacenamiento. Sin embargo, los grupos de YCC y de YCFV mostraron algunas diferencias entre los períodos de almacenamiento, las cuales podrían haber sido errores experimentales atribuibles a la mal funcionalidad del equipo analizador de Nitrógeno, o errores técnicos durante la toma de muestras.

En general, los valores del NSA tendieron a presentar pequeños cambios en el experimento de los tres tipos de yogurt. Durante las 4 semanas de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración no se produjo una proteólisis significativa en las muestras.

6.5 Perfil de textura

Comparación de los análisis de diferentes texturas de los yogures experimentados

La firmeza del yogurt es una de las propiedades más importantes en la textura. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas entre los yogures comerciales y el producto hecho en FVSU (Cuadro 8).

La firmeza del YCV y el YCC aumento durante el almacenamiento, mientras que la firmeza en el YCFV se desarrolló muy poco, obtuvo un cambio durante las 4 semanas de almacenamiento. Los yogures elaborados de leche de vaca generalmente tienen una textura más firme que del producto de cabra, esto es debido al mayor contenido de $\alpha 1$ -caseína.

Se ha demostrado que la $\alpha 1$ -caseína realiza una coagulación más firme (Jenness 1980; Park 2006), se ha registrado que la leche de vaca tiene un contenido significativamente de

α_1 , comparado con el contenido que tiene la leche de cabra, por otro lado la leche de cabra tiene un contenido mayor de caseína α_2 que el de leche de vaca.

Cuadro 8. Comparación de propiedades de textura entre yogures comerciales de vaca y de leche de cabra, y el yogurt de YCFV durante 4 semanas de almacenamiento refrigerado.

Yogurt Tipo	Almacenamiento (Semanas)	Firmeza %		Consistencia %		Cohesividad %		Índice de Viscosidad %	
		X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
YCV	0	36.16	3.215	79.46	7.864	-13.57	1.532	-17.08	3.548
	2	45.93	3.610	104.17	6.076	-20.20	1.768	-27.28	2.666
	4	55.16	9.50	119.51	15.850	-24.41	4.465	-30.68	3.488
YCC	0	46.14	5.208	104.85	12.380	-21.10	2.735	-30.63	4.243
	2	44.79	3.698	99.41	9.772	-21.14	2.836	-31.71	4.725
	4	51.84	5.508	115.45	15.711	-25.09	3.737	-35.74	6.836
YCFV	0	23.71	0.221	51.18	0.426	-7.05	0.030	-3.82	0.144
	2	24.17	0.111	52.15	0.742	-6.21	0.027	-2.87	0.106
	4	23.22	0.354	50.76	1.53	-6.54	0.236	-2.89	0.281

Fuente: "Elaboración propia"

X: Media

DS: Desviación Estándar

YCV: Yogurt Comercial de Vaca

YCC: Yogurt Comercial de Cabra

YCFV: Yogurt de Cabra Fabricado en La Universidad de Fort Valley

La firmeza del producto comercial bovino, caprino y YCFV por 0, 2 y 4 semanas de almacenamiento refrigerado respectivamente fueron de: 36.2%, 55.2%; 46.1%, 56.8%; 23.7%. Estos resultados indican que la firmeza de los productos comerciales de ambas especies aumentó, mientras que la del yogurt de FV hizo un cambio mínimo durante las 4 semanas de almacenamiento.

Los valores de consistencia fueron mucho más altos en los productos de YCV y YCC comparados con YCFV, sugiriendo que en los yogures comerciales de ambas especies obtuvieron una consistencia elevada que en el yogurt de Fort Valley. Esta diferencia en los valores podría ser atribuible al aditivo añadido en los productos comerciales como ser

tapioca (goma o estabilizador) en el yogurt comercial de leche de cabra, mientras que en el yogurt de leche de cabra de FV fue hecho con leche de cabra simple sin aditivos.

Con respecto a la cohesión de los yogures experimentales, el YCV, YCC y YCFV los valores desde el inicio hasta las 4 semanas respectivamente fueron: -13.6%, -24.4%; -21.1%, -25.1%; -7.05%, -6.54%, indicando que ocurrió una tendencia similar con la firmeza. Estos resultados parecen estar relacionado por la misma razón de la adición de los agentes estabilizadores (goma de tapioca) a los productos comerciales.

El índice de viscosidad se refiere a las medidas de rigidez o adhesividad en los productos. Debido a la debilidad de la formación del gel y ausencia del agente de enlace. El yogurt de FV mostró sustancialmente valores inferiores de adhesividad en comparación con los valores correspondientes de los yogures comerciales de bovinos y caprinos.

VII. CONCLUSIONES

El presente trabajo demostró cambios significativos en las propiedades nutricionales y químicas de los yogures comerciales simples y el yogurt simple elaborado en FV, esto se debe a los aditivos y estabilizantes adicionados, los cuales inhiben las propiedades lipolíticas y proteolíticas de los productos comerciales con el fin de prolongar su vida útil. Los yogures experimentales en su periodo de almacenamiento en frío, mantuvieron una actividad microbiana que generó cambio en las propiedades nutricionales y físicas en la leche, pero al carecer de agentes estabilizantes no se logró una mejora en la firmeza.

La proteólisis y la lipólisis son los procesos más importantes en los productos fermentados ya que la actividad bioquímica generada promueve el desarrollo de sub-productos como ácidos orgánicos que contribuyen a resaltar las propiedades físico-químicas y organolépticas de la leche en el proceso de elaboración del yogurt.

El tiempo de almacenamiento empleado bajo condiciones controladas de temperatura contribuyó a la estabilidad del producto garantizando la vida útil y el desarrollo de los microorganismos implicados, considerados como agentes probióticos que se encargan de mejorar las propiedades nutricionales de la leche al elaborar este tipo de productos.

En cuanto al metabolismo proteico se produjo una considerable actividad proteolítica hasta las dos semanas en el YCFV 4.98, 6.48, 4.16 debido al crecimiento de microorganismos que promueven los cambios, y fueron disminuyendo en los 3 yogures durante el estudio de 4 semanas debido a una considerable disminución en la concentración celular producto de la acumulación de productos metabólicos secundarios de la actividad microbiana por tal razón el producto se estima que tiene una vida útil de 0-15 días máximo bajo condiciones de almacenamiento de 4°C.

VIII. RECOMENDACIONES

Implementación de programas de manejo y explotación de ganado caprino y realizar estudios que se orienten al bienestar y sanidad animal, para el aprovechamiento de materias primas derivadas de este tipo de explotación, que garanticen un alto valor nutritivo al consumidor. Como alternativa para mejorar la seguridad alimentaria en nuestro país, se puede utilizar la elaboración del yogurt de leche de cabra, ya que con sus importantes propiedades nutricionales ayudan a la dieta alimenticia de las personas y con este tipo de productos puede diversificar la industria láctea del país.

Utilizar este estudio como base para investigaciones futuras en el área de leche de cabra y productos derivados como ser el yogurt, y como una guía de mucha importancia para la enseñanza y mejora de la educación en las áreas afines a la seguridad alimentaria, productores u otros entes que tengan interés en la producción caprina y sus derivados, al igual sirve de apoyo a empresas dedicadas al procesamiento de lácteos no solo en la región, sino a nivel nacional.

Implementación de un laboratorio de referencia en análisis bromatológico, con el cual se podría realizar monitores en las muestras lácteas de diferentes industrias de procesamientos lácteos del país, determinando los parámetros nutricionales específicos que validen la calidad nutricional y sanitaria de los productos lácteos elaborados a nivel nacional.

Realización de estudios dentro y fuera del país que fortalezcan los conocimientos adquiridos de los estudiantes de la Carrera de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Agricultura, generando mayores experiencias y habilidades científicas para la mejora en la elaboración de productos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Abrahamsen R. y Rysstad G. 1991. "Fermentation of goat's milk with yogurt starter bacteria": A review, *Cult, Dairy Prod, Journal*, E26:20-26.

AOCA Official methods of analysis 1985. 14th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, E43: 292: 7,001, 7,009-.7,006.

Begoña, P. 2006. "Efecto de la leche de cabra y vaca sobre la utilización mineral y destino metabólico, en especial sus repercusiones óseas", Granada, España, Tesis doctoral, Universidad de Granada, Facultad de Medicina.

Boza J. y Sanz M. (s.f.). "Aspectos Nutricionales de la leche de cabra", Estación Experimental del Zaidin C.S.I.C., Granada, Profesor Albareda.

Castro A. (s.f.). "La leche de cabra, la solución presente para los nutricionistas", Magister Scientiae en Producción Analítica, Costa Rica, Doctorando en Ganadería Ecológica.

Chandan R. Parry R. y Shahani K 1968. "Lysozyme, lipase and ribonuclease in milk of various species", *Journal of Dairy Science*, E51:606.

Deeth H. y Fitz-Gerald C. 1976. "Lypolysis in dairy products: a review". *Aust. Journal Dairy Technology*, E31: 53-64.

Deeth H. y Tamime A. 1981. Yogurt: "Nutritive and therapeutic aspects", *Journal of Food Prot*, E44.

Dulin A. Paape M. y Wergin W. 1982. "Differentiation and enumeration of somatic cells in goat milk", *Journal of Food Prot*, E45.

Fahmi A., Sirry I., y Safwat A. 1956. "The size of the fat globules and the creaming power of cow, buffalo, sheep and goat milk", *Indian, Journal of Dairy Science*, E9.

FAO Food and Agriculture Organization 1997. "Production Yearbook", Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome, E51:218.

Fox P. 1989. "Proteolysis during cheese manufacture and ripening", *Journal of Dairy Science*, 72, 1379-1400.

Guerrero J. 2010. "Elaboración de koumiss a partir de leche de vaca y/o leche de cabra y sus combinaciones, utilizando dos tipos de estabilizantes", Ibarra, Ecuador, Tesis.

Galal S. 2005. "Biodiversity in Goats", *Small Ruminant Research*, E60: 75.

Guo M. 2003. "Goat milk", In: Caballero, B. Trugo L. Finglas. (Eds), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Academic Press, London, UK, pp. 2944-2949.

Haenlein G. y Caccese R. 1984. "Goat milk versus cow milk", In G.Haenlein and D. Ace (Eds.), *Extension Goat Handbook*, USDA Publ, Washington DC, E1:1-4.

Haenlein G. 1996. "Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk", In: *Proceedings of the IDF/CIRVAL Seminar Production and Utilization of Ewe and Goat Milk*, vol. 9603, Crete Greece, Dairy Fed., Publ., pp.159-178.

Haenlein G. 2004. "Goat milk in human nutrition", *Small Ruminant Research*, E51:155-163.

Hernández A. *et al.* 2003. “Microbiología Industrial”, Primera edición, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, Citado el 24 mayo 2011, carácter personal.

Hernández S. *et al.* 2010. “Productos no tradicionales de leche de cabra”, Veracruz México, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana.

Holt C. y Horne D. 1996. “The hairy casein micelle: evolution of the concept and its implications for dairy technology”, *Netherl, Milk and Dairy Journal*, E50:85-111.

JenessR. 1980. “Composition and characteristics of goat milk”, Review 1986-1979, *Journal of Dairy Science*, E:63: 1605-1630.

Juarez M. y Ramos M. 1986. “Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk”. *Intl. Dairy Bull*, No 202.

Jin Y. y Park Y. 1995. “Effects of aging time and temperature on proteolysis of commercial goat milk cheeses produced in the United States”, *Journal Dairy Science*, E78: 2598-2608.

Kaminogawa S. Mizobuchi H. Yamauchi K. 1972. “Comparison of bovine milk protease with plasmin”, *Agriculture, Biology, Chemical*, E:36: 2163-2165.

Kosikowski F. 1986. “Requirements for the acceptance and marketing of goat milk cheese”, *Dairy Goat Journal*, E64:462.

Lawrence R. Creamer L. Gelles J. 1987. “Texture development during cheese ripening”, *Journal Dairy Science*, E70: 1748-1760.

Ledford R. 1998. "Raw milk and fluid milk products", In: MarthE. Steele J. (Eds), Raw milk and fluid products, Applied Dairy Microbiology, Marcel Dekker, Inc., pp. 55-64.

Loewenstein M. y Speck S. 1984. "Producing quality milk", In Haenlein G. and Ace D. (eds.), Extension Goat Handbook, USDA Publ, Washington DC, E-5, pp.1-5; also Producing quality goat milk, E4: 1.

McGregor J. y White C. 1987. "Effects of sweeteners on major volatile compounds and flavor of yogurt". *Journal of Dairy Science*, E70:1828

Mora-Gutierrez A. y Farrell H. 1991. "Quantification of α s1-casein in goat milk from French Alpine and Anglo-Nubian breeds using reverse-phase high performance liquid chromatography", *Journal of Dairy Science*, E74:3303.

Park Y. 1990. "Nutrient profiles of commercial goat milk chesses manufactured in the United States", *Journal of Dairy Science*, Small Ruminant, Georgia, E73:..3059-3067.

Park Y. 1994. "Basic nutrient and mineral composition of commercial goat milk yogurt produced in the US", *Journal of Dairy Science*. Small Ruminant, Georgia, E13:63-70.

Park Y. 1995. "Effects of aging time and temperature on proteolysis of commercial goat cheeses in US", *Journal of Dairy Science*, Small Ruminant, Georgia, E-78, 2598-2608.

Park Y. 1999. "Cholesterol contents of US and imported goat milk cheeses as quantified by different colorimetric methods", *Journal of Dairy Science*. Small Ruminant, Georgia, E32:77-82.

Park Y. 2001. "Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese", *Journal of Dairy Science*. Small Ruminant, Georgia, E84: E92.

Park Y. 2006. "Goat milk Chemistry and nutrition", In: Park Y., Haenlein G. (Eds), Handbook of Milk of Non-bovine Mammals, Blackwell Publishing, Oxford, pp. 34-58.

Quiles A. y Hevia M. (s.f.). "Leche de cabra I", Caprino, Departamento de Producción Animal Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, pp. 34-41.

Richardson G. 1985. "In Standard Methods for the Examination of Dairy products", 15Th ed. Am. Publ. Health Assoc, Washington DC, pp. 327-329.

Roberts B. Di Tullio P. Vitale J. Hehir K. Gordon K. 1992. "Cloning of the goat beta casein gene and expression in transgenic mice" *Gene*, E121: 255-262

SAS^oUser's Guide 1985. Statistics Version 5, SAS Inst., Inc., Cary, North Caroline.

Schmidt G. 1971. "Biology of Lactation", Freeman and Co. San Francisco, pp.182-195.

Shipe W. Bassette R. Deane D. Dunkley W. Hammond E. Haper W. Kleyn D. Morgan M. Nelson J. Scanlan R. 1978. "Off flavor of milk; nomenclature", standard, and bibliography *Journal Dairy Science*, E61: 855-869.

Tamime A. y Robinson R. 1999. "Yogurt": Science and Technology, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2nd Edition, pp. 2-300.

Tziboula-Clarke A. 2003. "Goat milk", In Encyclopedia of Dairy Sciences, Academic Press, H. Roguiski, J. Fuquay and P. Fox, eds, pp. 1270-1279.

Underwood E. 1977. "Trace Elements in Human and Animal Nutrition", Academic Press, New York, 4th ed., p.173.

Walstra P., Geurts, Noomen T., and Jellema A., 1999. "Dairy Technology": Principles of Milk Properties and Processes, Marcel Dkker, Inc., New York, E27: 147.

Whitney R., Brunner J., Ebner K., Farrell H., Josephson R., Morr C., and Swaisgood H., 1976. "Nomenclature of the proteins of cow's milk", Fourth revision, *Journal of Dairy Food Science*, E59:795

Anexos

Anexo 1. Procedimiento de nitrógeno soluble en agua.

Se pesó 10g de yogurt y se midió 40 ml de agua bidestilada, fueron colocados en una licuadora (New Hartford. CT) y se homogeneizó durante 6 segundos. El yogurt mezclado fue transferido a un tubo de centrifugación de 50 ml y se incubaron en un baño de agua a 40°C durante 1 hora para asegurar la solubilidad completa de NS en agua. Tras la incubación, la mezcla homogeneizada se centrifugo a $3000 \times g$ durante 30 minutos. Después de la centrifugación, el sobrenadante se filtró (Whatman N ° 1 de papel de filtro). Luego de colocó en tubos de centrifugación el líquido filtrado, posteriormente se pesó 1g del líquido y se analizó utilizando el vario máximo de carbono nitrógeno analizador elemental. El porcentaje de NSA se calculó como la proporción de NSA con el total de N.



Pesado del Yogurt



Mezclado



Homogenizado



Baño de agua



Centrifugación



Filtrado

Anexo 2. Procedimiento de valoración del grado de acidez.

En botellas de Babcock se añadieron 10g de yogurt con 10 ml de reactivo de BDI (Prueba de la rancidez hidrolítica) y se mezcló apropiadamente. Las botellas fueron colocadas a baño de agua hirviendo aproximadamente de 63 y 65°C cubriendo las bases de las botellas, durante este proceso se mantuvieron en agitación cada 5 minutos asegurando la obtención de una grasa limpia, el tiempo total de agitación fue de 15 a 20 minutos.

Luego pasaron a centrifugar durante 1 min, se agregó suficiente alcohol metílico acuoso para que la columna pueda salir bien dentro de la porción líquida del cuello de botella, se centrifugó de nuevo durante 1 minuto, igual se realizó la transferencia de grasa de la botella de Babcock a un Erlenmeyer con una temperatura de 57°C, utilizando la jeringa de un 1ml, luego se pesó para obtener los resultados exactos de la grasa transferida.

Se separó la grasa con la presencia de 5 ml de disolvente de grasa y 5 gotas de fenolftaleína al 1%, se valoró el primer cambio de color tenue utilizando una micro bureta de 5 ml con solución estandarizada de KOH alcohólico, y se utilizó un Erlenmeyer sin presencia de grasa con el disolvente de grasa y las 5 gotas de indicador con el propósito de verificar la diferencia en los resultados de las otras pruebas realizadas.



Medición de Ácidos grasos libres



Titulación

Anexo 3. Procedimiento de contenido de grasa.

Se pesa 9g de yogurt y se mezcla con 10 ml de agua desionizada a 60°C, transfiriendo la muestra a una botella de Babcock. La mezcla se enfrió a 22°C y luego se le añadió un aproximado de 15 ml de ácido sulfúrico. El color cambio vigorosamente sin dejar rastros de yogurt (temperatura de reacción debe ser de 100 a 105°C), las botellas se colocan en un agitador mecánico durante al menos 5 minutos.

La botella de Babcock con una temperatura de aproximadamente (60°C) se centrifuga durante 5 minutos alcanzando la centrifuga una velocidad adecuada, se detuvo la centrífuga y se le agrego agua desionizada a una temperatura de (60°C) hasta que alcance unos 0.6cm de cuello de la botella. Se repitió el proceso de centrifugación esta por 2 minutos, se transfirió la botella a un baño maría con T° de 55 a 60°C (de preferencia 57°C) y se mantuvo sumergido mínimo 10 min. El nivel del agua debe estar ligeramente por encima del nivel de la columna de grasa en la botella. Se retiró la botella del baño maría, y rápidamente se secó. Se midió inmediatamente en la columna el nivel de grasa la parte inferior en relación a la escala mínima y máxima del menisco de la botella, la columna de grasa en el momento de la medición fue de color amarillo transparente o dorado, y libre de artículos de suspensión visible. (Rechazar todas las pruebas con columna de grasa opaca).



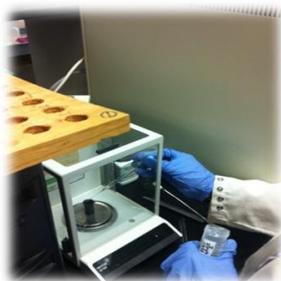
Medicion del nivel de Grasa

Anexo 4. Procedimiento de Vario Max carbono Analizador de Nitrógeno Elemental.

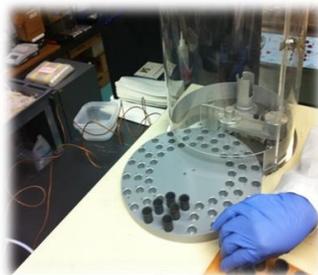
La base de análisis elemental orgánico es la combustión de la muestra a 900°C hasta 1150°C. Dependiendo del material de la muestra, tazas reutilizables hechas de acero inoxidable o de cerámica, con un volumen de 5 ml se utilizan para la muestra. Se introduce oxígeno en la combustión a través de una inyección a chorro, dirigido sólo en la parte superior de la muestra. El alta velocidad de la corriente de oxígeno y sus resultados de la posición óptima en un exceso de oxígeno en el punto de combustión, con esto no hay necesidad de utilizar grandes cantidades de oxígeno. El gas portador helio transporta los gases de combustión a través del horno de reducción de NOx, donde el oxígeno se reduce a N₂ y el exceso es absorbido. Como alternativa a los clásicos del cobre como agente reductor, el tungsteno puede ser utilizado para la N / CN y CHN versión (patente en trámite). El tungsteno tiene 3 a 4 veces mayor capacidad de absorción en comparación con el cobre. Nitrógeno viaja después de lavado de gases aún más con el gas portador para el detector de termo conductividad y se mide no cuantitativamente. Otros gases a analizar como el CO₂ de C, H y H₂O de SO₂ de S será absorbido por medio de trampas específicas en las versiones correspondientes y luego secuencialmente liberados por desorción térmica y medida en la termo conductividad.



Analizador de Nitrógeno Elemental



Pesado



Colocación en el carrusel



Inicio de análisis

Anexo 5 Lista de materiales

Erlenmeyer

Bureta

Disolvente de grasa

Fenolftaleína

Centrifugadora

Botellas de Babcock

Termómetro

Balanza analítica

Agua desionizada

Ácido sulfúrico

Papel filtro

Analizador de nitrógeno elemental

Alcohol metílico acuoso

Agitador mecánico

Mufla

Crisol

Analizadora de textura (Texture technologies Corp)