

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE  
APURIMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LA ADICION DE BICARBONATO DE SODIO A LA  
LECHE Y LA INFLUENCIA DE LA ACIDEZ SOBRE LA  
VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CESAR AYMARA AMARO**

**Abancay, Noviembre del 2010**

**PERU**



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	
CÓDIGO	MFN
T IAG A 2010	
	BIBLIOTECA CENTRAL 04 ENE 2011
FECHA DE INGRESO:	00002
Nº DE INGRESO:	



**“EFECTO DE LA ADICION DE BICARBONATO DE SODIO A LA  
LECHE Y LA INFLUENCIA DE LA ACIDEZ SOBRE LA  
VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO”**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE  
APURIMAC**

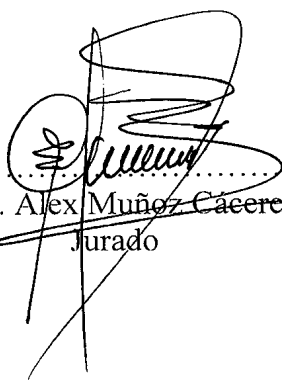
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**

**Jurado calificador integrado por:**



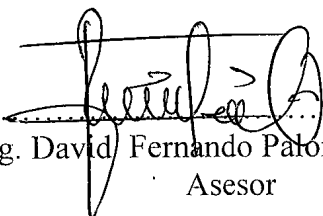
.....  
Ing. Ruth Mery Ccopa Flores  
Presidente



.....  
Ing. Alex Muñoz Cáceres  
Jurado



.....  
Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres  
Jurado



.....  
Ing. David Fernando Palomino Quispe  
Asesor

## **DEDICATORIA**

*Dedico a mi esfuerzo a Dios por haberme dado la sabiduría y fortaleza en cada paso de mi vida.*

*A mis padres Virgilio Aymara y Marcelina Amaro, a mis hermanos Fortunato, Dina y a mi familia en general por ser el estímulo para seguir adelante en momentos difíciles.*

*A mi novia Kathy Karina quien es la fuerza motriz de mi vida y quien día a día me obliga a ser mejor persona.*



## AGRADECIMIENTOS

A mis padres A mis padres Virgilio Aymara y Marcelina Amaro por su apoyo en todo momento.

A Ing. David Fernando Palomino Quispe, por ser mi patrocinado durante la realización de este trabajo de investigación.

A Ing. Reynaldo Silva, por ser mi patrocinado externo durante la realización de este trabajo de investigación.

A Ing. Mg.C Fulgencio Vilcanqui Pérez, por facilitarme los laboratorios como director de la escuela académica profesional de ingeniería agroindustrial.

A Qim. Melquiades Barragan Condori, por la asesoría en estandarización de reactivos

A los señores del jurado calificador.

A mi hermano Fortunato Aymara Amaro por su apoyo de siempre.

A mi hermana Dina Aymara Amaro y a mi familia en general por ser el estímulo para seguir adelante en momentos difíciles.

A Kathy Karina por querer verme cada día mejor.

A mis amigos y compañeros.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRAC	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo general	14
2.2. Objetivos específicos	14
III. MARCO TEÓRICO	15
3.1. Leche	15
3.1.1. Definición	15
3.1.2. Composición físico química	15
3.1.3. Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos	18
3.1.4. Estructura Molecular	19
3.1.4.1. Azúcares	19
3.1.4.2. Proteínas	20
3.1.5. Microbiología de la leche	21
3.1.5.1. Microbiología del interior de la ubre	21
3.1.5.2. Contaminación externa de la leche	22
3.2. Yogurt	24
3.2.1. Definición	24
3.2.2. Principales ingredientes del yogurt	25
3.2.3. Tipos de yogurt	26
3.2.4. Características nutricionales	26
3.2.5. Factores que afectan la elaboración del yogurt batido	28
3.2.6. Propiedades físicas y químicas relacionadas con el yogurt	29
3.2.6.1 pH del yogurt	30
3.2.6.2 Sinéresis en el yogurt	30
3.2.6.3 Densidad del yogurt	30
3.2.6.4 Color del yogurt	31
3.3. Reología en Alimentos	31
3.3.1. Concepto y Aplicaciones	31
3.3.2. Viscosidad Aparente	33
3.3.3. Umbral de Fluencia ( $\sigma_0$ )	34
3.3.4. Reología en Fluidos Alimentarios	34
3.3.5. Clasificación de los Alimentos Fluidos	36
3.3.5.1. Fluidos Newtonianos	36
3.3.5.2. Fluidos No Newtonianos	37
3.3.5.2.1. Fluidos No Newtonianos Independientes del Tiempo	38
3.3.5.2.1.1. Fluidos Plásticos	39
3.3.5.2.1.2. Fluidos Pseudoplásticos	40
3.3.5.2.1.3. Fluido Herschel Bulkley	41
3.3.5.2.1.4. Fluido Mizrahi Berk	41
3.3.6. Factores que Influyen en el Comportamiento Reológico	42
3.3.6.1. Efecto de la Temperatura	42
3.3.6.2. Efecto de la Concentración	43
3.4. Bicarbonato de sodio	44
3.4.1. Generalidades	44
3.4.2. Estructura química	44
3.4.3. Aplicaciones	45



IV. PARTE EXPERIMENTAL	46
4.1. Materiales	46
4.1.1. Materiales de ensayo	46
4.1.2. Reactivos	46
4.1.3. Equipos	47
4.1.4. Maquinarias	47
4.1.5. Utensilios	47
4.1.6. Indumentaria	48
4.1.7. Materia prima e insumos	48
4.2. Métodos de análisis	48
4.2.1. Análisis químico proximal de leche fresca	48
4.2.2. Análisis microbiológico de la leche	48
4.2.3. Análisis fisicoquímico de leche fresca	49
4.3. Metodología experimental	49
4.3.1. Preparación del cultivo madre	49
4.3.2. Adición de bicarbonato de sodio a la leche fresca	51
4.3.3. Obtención de yogurt batido con la adición de bicarbonato de sodio	51
4.3.4. Análisis fisicoquímico del yogurt	54
4.3.5. Análisis de viscosidad de yogurt batido con la adición bicarbonato	54
4.3.6 Determinación de sinéresis	54
4.3.7. Evaluación de análisis sensorial del yogurt batido	55
4.3.8 Análisis fisicoquímico del yogurt mas preferido	55
4.3.8. Análisis microbiológico de yogurt mas preferido	55
4.4 Análisis estadístico	56
4.4.1. Diseño experimental	56
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
5.1. Determinación de análisis fisicoquímico de la materia prima	58
5.2 Análisis microbiológico de la leche	59
5.3 Adición de bicarbonato de sodio a la leche fresca	60
5.4 Yogurt elaborado a diferentes concentraciones de acidez y bicarbonato	61
5.4.1 Variación del pH y acidez	61
5.4.2 Variación de la viscosidad aparente	65
5.4.3 Formación de Sinéresis	71
5.5 Evaluación Sensorial	75
5.5.1 Análisis de escala hedónica de los tratamientos	75
5.6 análisis fisicoquímico del yogurt mas preferido	86
5.7 Análisis microbiológico de yogurt	86
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6.1. Conclusiones	89
6.2. Recomendaciones	90
VII. BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	
APENDICE	

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 01.	Composición química de la leche	16
CUADRO 02.	Lípidos de la leche de vaca	16
CUADRO 03.	Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos	19
CUADRO 04.	Características de algunos microorganismo en la leche	23
CUADRO 05.	Características y modelos matemáticos y empíricos para fluidos	35
CUADRO 06.	Neutralización de acido láctico	51
CUADRO 07.	Acidez titulable	53
CUADRO 08.	Arreglo factorial	57
CUADRO 09.	Diseño Experimental	57
CUADRO 10.	Composición química leche fresca entera	58
CUADRO 11.	Análisis fisicoquímico de leche fresca <sup>1</sup>	59
CUADRO 12.	Resultados de análisis microbiológico	60
CUADRO 13.	Adición de bicarbonato de sodio (g) a la leche fresca	60
CUADRO 14.	Evolución del pH y acidez de las muestras de yogurt	64
CUADRO 15.	Análisis de variancia (ANVA) de viscosidad aparente	66
CUADRO 16.	Comparación de medias de viscosidad aparente con prueba de Tukey para cada tratamiento	69
CUADRO 17.	Comparación de medias de sinéresis con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio	74
CUADRO 18.	Análisis de varianza (ANVA) del análisis organoléptico	76
CUADRO 19.	Comparación de medias de consistencia con prueba de Tukey cada tratamiento	78
CUADRO 20.	Comparación de medias de Aceptabilidad General con prueba de tukey para cada tratamiento	80
CUADRO 21.	Comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada tratamiento	82
CUADRO 22.	Comparación de medias de Sabor con prueba de Tukey para cada tratamiento	83
CUADRO 23.	Comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada tratamiento	85
CUADRO 24.	Análisis fisicoquímico del yogurt (TRT3) y el patrón	86
CUADRO 25.	Análisis microbiológico del yogurt TRT3	87



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01.	La lactosa se sintetiza en la ubre a partir de la glucosa y galactosa.	20
FIGURA 02.	Estructura de las proteínas	21
FIGURA 03.	Lactosa y Acido Láctico	27
FIGURA 04.	Reogramas correspondientes a diferentes tipos de comportamiento de liquido	38
FIGURA 05.	Diagrama de Flujo para la obtención de cultivo madre	50
FIGURA 06.	Diagrama Flujo para la elaboración de yogurt batido adicionado con bicarbonato de sodio	52
FUGURA 07.	Evaluación de acidez del yogurt	62
FIGURA 08.	Evaluación de pH del yogurt	63
FIGURA 09.	Dispersión de los datos observados y predecidos	66
FIGURA 10.	Influencia de concentración de bicarbonato y acidez titulable sobre la viscosidad aparente.	67
FIGURA 11.	Análisis de Varianza (ANVA) de viscosidad para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable	69
FIGURA 12.	Evaluación de formación de sinéresis en diferentes concentraciones de acidez titulable y diferentes niveles de bicarbonato de sodio	72
FIGURA 13.	Análisis de Varianza (ANVA) de sinéresis para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable	73
FIGURA 14.	Frecuencia de los datos de aceptación, en función de la consistencia del yogurt	77
FIGURA 15.	Frecuencia de los datos de aceptación, en función a la aceptabilidad del yogurt	79
FIGURA 16.	Frecuencia de los datos de aceptación, en función al color del yogurt	81
FIGURA 17.	Frecuencia de los datos de aceptación, en función al sabor del yogurt	82
FIGURA 18.	Frecuencia de los datos de aceptación, en función al olor del yogurt	84



## RESUMEN

En la presente investigación, la leche fresca de vaca fue almacenada a  $8\pm 1^{\circ}\text{C}$  en el laboratorio de EAPIA-UNAMBA, hasta alcanzar una acidez titulable de  $18^{\circ}\text{D}$ ,  $21^{\circ}\text{D}$  y  $24^{\circ}\text{D}$ , en consecuencia con cada concentración de acidez titulable se prepararon diferentes formulaciones de yogurt con la adición de bicarbonato de sodio en concentraciones de 0,019 %, 0,037 % y 0,056 % con la finalidad de determinar la influencia de la acidez titulable de la leche y concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la viscosidad aparente del yogurt.

Las muestras de leche después de cada acidez alcanzada, fueron sometidas a análisis físico químicos determinándose pH, acidez titulable y microbiológico. Posteriormente las muestras de yogurt fueron evaluadas a través de análisis fisicoquímico (pH, acidez, viscosidad aparente, formación de sinéresis y análisis sensoriales).

Finalmente se realizó análisis fisicoquímico (pH, acidez titulable y la viscosidad) y microbiológico (coliformes, levaduras y mohos) al yogurt mas preferido.

Con respecto a las concentraciones de acidez titulable evaluados a diferentes niveles de concentraciones de bicarbonato de sodio, tienen un efecto altamente significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la viscosidad de los yogurt, mostrándose en el siguiente orden en forma descendente los tratamiento 6, 9, 8, 3, 5, 2, 7, 1 y por último el patrón.

Del mismo modo, en la evaluación sensorial se analizó la característica de “consistencia”, evaluada a través de las pruebas escala hedónica y de ordenamiento. Se obtuvo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo el tratamiento 3 y tratamiento 9 los que mostraron mayor consistencia, sin embargo las formulaciones de yogurt que mejor aceptabilidad tuvieron son los tratamiento 3, tratamiento 2 y la muestra patrón mostraron mayor aceptación por los jueces.



## ABSTRAC

In this research, fresh cow milk was stored at  $8 \pm 1$  ° C in the laboratory of EAPIA-UNAMBA, until a titratable acidity of 18 °D 21 °D 24 °D, therefore at each concentration of acidity were prepared different formulations of yogurt with the addition of baking soda concentrations of 0.019%, 0.037% and 0.056% in order to determine the influence of the acidity of milk and sodium bicarbonate concentrations on the apparent viscosity of yogurt.

The milk samples after each acidity reached, were subjected to physical chemical analysis determining pH, acidity and microbiological. Later yogurt samples were evaluated by physicochemical analysis (pH, acidity, apparent viscosity, syneresis and formation of sensory analysis).

Finally physicochemical analysis was performed (pH, acidity and viscosity) and microbiological (coliform, yeast and molds) the most preferred yogurt. With respect to the concentrations of acidity assessed at different levels of concentrations of sodium bicarbonate, have a highly significant effect ( $p < 0,05$ ) on the viscosity of yogurt, appearing in the following descending order in the treatment 6, 9, 8, 3, 5, 2, 7, 1 and finally the pattern.

Similarly, in the sensory evaluation examined the property of "consistency", as measured by hedonic scale test and ordering. There were significant differences ( $p < 0.05$ ) between the treatments, treatment 3 and treatment 9, which showed greater consistency, but yogurt formulations had better acceptability are the treatment 3, treatment and the reference sample showed greater acceptance by the judges.



## I. INTRODUCCIÓN

El yogurt es un alimento de alto consumo, por la gran variedad que ofrece el mercado nacional e internacional, por sus cualidades que hacen definitivamente superior a la leche, no habiéndose registrado reportes de daños que éste pueda producir debido a que sus grasas así como sus proteínas aparecen en forma predigeridas, lo cual facilita su digestión. Por otro lado, el yogurt posee aún más calcio y potasio que la misma leche y su contenido de lactasa convertido en ácido láctico le permite al organismo humano asimilar fácilmente (Domper, 1997).

Los factores como composición de la leche, acidez, sólidos totales, homogeneización, tratamiento térmico, tipo de cultivo y grado de proteólisis de la leche influyen en las propiedades reológicas del yogurt (Corzo, 1988).

Cabe señalar que la leche con acidez titulable mayor a 18°D (grados Dornic), es destinada a la elaboración de queso (Mozarela) debido a la elevada acidez titulable que presenta, disminuyendo la rentabilidad económica. Porque al realizar el tratamiento térmico coagula las proteínas de la leche, debido a este problema es necesario plantear una solución corrigiendo la acidez con bicarbonato de sodio y elaborando un producto rentable siendo el yogurt batido, pero la adición de ésta puede influir en la viscosidad en el yogurt batido.

En la ciudad de Abancay, la leche está siendo comprada por pocas empresas acopiadoras existentes; debido a este problema, ocurre en muchos casos que los productores no están cerca a la carretera para el acopio y se tienen que trasladar la leche durante 2 a 5 horas sin mantener la cadena de frío y algunas veces se tiene que juntar el ordeño de mañana y tarde para poder trasladar, en este caso la acidificación de la leche es rápida, por ello la elevada acidez se propone reducir con un aditivo alcalino como el bicarbonato para su posterior procesamiento.



Y por ultimo en este trabajo de investigación se trata de dar solución al uso adecuado de la leche acidificada que se considera en el rango de 19°D a 24°D, reduciendo la acidez titulable con bicarbonato de sodio hasta 18°D para poder realizar un tratamiento térmico, posteriormente, dando un valor agregado como yogurt batido. Pero teniendo en cuenta que la acidificación no sea por microorganismos patógenos como coliformes fecales.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la adición de bicarbonato de sodio a la leche y la influencia de la acidez sobre la viscosidad del yogurt batido.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la adición de tres niveles de bicarbonato de sodio a la leche fresca, sobre la viscosidad del yogurt batido.
- Evaluar la influencia de la acidez titulable de la leche fresca sobre la viscosidad del yogurt batido.
- Evaluar la aceptabilidad del yogurt batido, elaborado a partir de la leche fresca adicionado con diferentes niveles de bicarbonato de sodio.

## II. MARCO TEÓRICO

### 3.1. Leche

#### 3.1.1. Definición

Leche es el producto íntegro de la secreción mamaria normal sin adición ni sustracción alguna y que ha sido obtenido mediante el ordeño (NTP. 2001).

La designación de leche sin especificaciones de la especie productora, correspondiente exclusivamente a la leche de vaca. (NTP. 2001)

Leche cruda entera, es el producto íntegro no alterado ni adulterado del ordeño higiénico, regular y completo de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y exento de color, olor, sabor y consistencia anormales y que no ha sido sometido a procesamiento o tratamiento alguno.(NTP. 2001)

#### 3.1.2. Composición físico química

En general, la leche está compuesta por agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menos concentración y que en conjuntos forman un sistema fisicoquímico relativamente estable; esto se debe a que todos los constituyentes se encuentran en equilibrio, estableciendo tres estados de dispersión. Los sólidos totales de la leche (grasa y sólidos no grasos) representan entre 10.5 y 15.5 % de su composición total y varían de acuerdo con muchos factores, tales como raza de vaca, tipo y frecuencia de la alimentación, época del año, hora del día de la ordeñada, etc. (Badui, S. 1990).

**CUADRO 01. Composición química de la leche (%).**

Raza	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Ceniza
HOLSTEIN	88.12	3.44	3.11	4.61	0.71
AIRSHIRE	87.39	3.93	3.47	4.48	0.73
SUIZA					
CCAFE	87.31	3.97	3.37	4.63	0.72
GUERNSEY	86.36	4.50	3.60	4.79	0.75
JERSEY	85.66	5.15	3.70	4.75	0.74

Fuente: Badui, S. (1990)

En el cuadro 01, se muestran los valores promedio de las composiciones globales de diferentes leches; cabe indicar que los datos de este cuadro es estrictamente indicativo, ya que es común encontrar grandes diferencias en una misma raza, y más aun, entre las distintas razas de cada país.

La fracción lipídica de la leche está representada por un gran número de sustancias solubles en disolventes orgánicos, pero cuantitativamente 98 % corresponden al grupo de los triacilgliceridos; por esta razón, las propiedades físicas y químicas son un reflejo de los ácidos grasos que contiene. La relación de saturados a insaturados determina su estado físico, al igual que su susceptibilidad a las reacciones químicas que afectan el sabor de la leche y de los productos lácteos; la sensibilidad de la grasa a la oxidación aumenta directamente con el contenido de ácidos insaturados (Jack, E. 1965).

**CUADRO 02. Lípidos de la leche de vaca.**

	Porcentaje del total de lípidos	Concentración (g/L)
Triacilgliceridos	97-98	31.20
Diacilgliceridos	0.28-0.60	0.14
Monoacilgliceridos	0.015-0.04	0.01
Fosfolípidos	0.2-1.0	0.20
Ácidos grasos libres	0.1-0.4	0.08
Esteroles	0.2-0.4	0.10
Hidrocarburos	rastros	rastros
Esteres de esteroles	rastros	rastros

Fuente: Badui, S. (1990).

Los triacilgliceridos se encuentran asociados integrando pequeñas partículas llamadas glóbulos que en la leche cruda tienen un tamaño que varía de 0.1 a 22  $\mu$ ; su membrana está constituida por diversos lípidos, proteínas y algunos minerales (Badui, S. 1990).

La lactosa (4-0- $\beta$ -D-galactopiranosil-D-glucopiranososa) solo se encuentra en la leche, es el principal hidrato de carbono de estos alimentos y está considerado por algunos autores como el único; sin embargo, también se encuentra pequeñas cantidades de glucosa (7.4 mg/100 ml), galactosa (2 mg/100 ml), sacarosa, cerebrósidos y aminoazucres derivados de la hexosamina. A pesar de que estos últimos están en concentraciones muy bajas, llegan a ejercer una influencia importante en la estabilidad de la leche, sobre todo cuando la leche ha sido sometida a tratamientos térmicos intensos (Badui, S. 1990).

La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria, por un sistema enzimático en el que interviene la  $\alpha$ -lactalalbumina, para después segregarse en la leche; tiene aproximadamente 15% del poder edulcorante de la sacarosa y contribuye, junto con las sales, al sabor global de este alimento (Badui, S. 1990).

Este disacárido está integrado por la condensación de una molécula de galactosa y otra de glucosa mediante un enlace glucosídico  $\beta$  (1,4); existe en dos formas isoméricas  $\alpha$  y  $\beta$ , que se diferencia por su propiedad física. Teóricamente, ambas pueden presentarse hidratadas o anhidras; sin embargo, las más estables son las  $\alpha$ -hidratada y la  $\beta$ -anhidra. Cabe indicar que en una solución de lactosa siempre se tiende al equilibrio entre ambas formas, pero generalmente siempre hay más  $\beta$  que  $\alpha$ , ya que la primera es más soluble en el agua (Badui, S. 1990).

La producción de ambos isómeros se lleva a cabo por cristalización controlada de una solución saturada del disacárido; si este proceso se efectúa a  $<93.5^{\circ}\text{C}$  se produce la  $\alpha$ -hidratada que tiene un cristal duro y es la de mayor tamaño ( $> 0.02$  mm); si la temperatura es superior a  $93.5^{\circ}\text{C}$  se obtiene la  $\beta$ -anhidra en forma de pequeñas agujas

(<0.01 mm) que son mas solubles y dulces que la anterior. Comercialmente, la lactosa cristalina se encuentra como  $\alpha$ -hidratada, pero esta se convierte en  $\beta$  al disolverse en agua ya que se presenta la mutorrotación (Badui, S. 1990).

Su cristalografía es muy importante puesto que de ella depende de estabilidad de muchos productos lácteos, sobre todo los que contiene una concentración alta del disacárido como la leche (Badui, S. 1990).

En la leche siempre existe un equilibrio entre la lactosa  $\alpha$ -hidratada y la  $\beta$ -anhidra y su concentración depende de la temperatura, mientras más bajas sea, mas se favorecerá la  $\alpha$  cuya solubilidad es menor que la de la  $\beta$  (Badui, S. 1990).

La leche es un buen alimento debido a la alta calidad de sus proteínas, las cuales para su estudio, se ha dividido en dos grandes grupos de acuerdo con su estado de dispersión: las caseínas que representa 80 % del total, y las proteínas del suero o seroproteínas que constituyen el 20 % restante. Cabe indicar que la relación de caseína/proteína de suero en la leche de vaca es de 3.5 a 4.7 (Badui, S. 1990).

### **3.1.3. Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos**

La leche cruda debe cumplir con los siguientes requisitos, según la norma técnica peruana NTP - (2001), como se muestra en el cuadro 03.



**CUADRO 03. Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos.**

<b>Ensayo</b>	<b>Requisito</b>
Materia grasa (g/100 gr)	Mínimo 3,2
Sólidos no grasos (g/100 gr)	Mínimo 8,2
Acidez, expresado en g. de ácido láctico	0,14-0,18
Densidad a 15°C (g/ml)	1,0296-1,0340
Índice de refracción de suero, 20 °C	Mínimo 1,341
Ceniza total (g/100 gr)	Mínimo 0,7
Índice crioscópico	Máximo -0,540°C
Sustancias extrañas a su naturaleza	Ausencia
Prueba de alcohol (74% v/v)	No coagulable
Prueba de reductasa con azul de metileno	Mínimo 4 horas
Numeración de microorganismos mesófilos aerobios y Facultativos viables ufc/mL	Máximo 1 000 000
Numeración de coliformes ufc/mL	Máximo 1000
Conteo de células somáticas	Máximo 500 000

Fuente: NTP (2001)

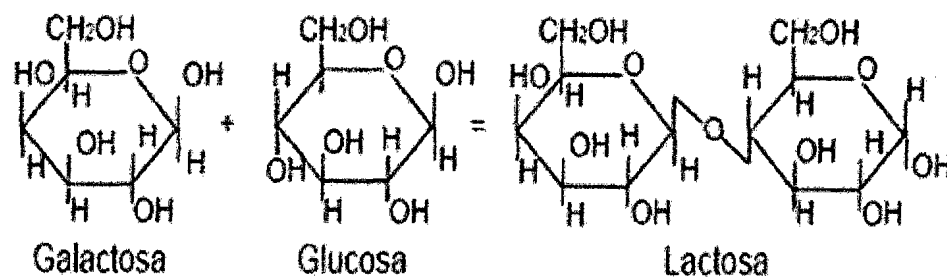
### **3.1.4. Estructura Molecular**

#### **3.1.4.1. Azúcares**

El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa (Figura 01). A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5 % (4.8 %-5.2 %). A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación. Las moléculas de las que la lactosa se encuentran en una concentración mucho menor que en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/100 g), según Walstra y otros (2001).



**FIGURA 01: La lactosa se sintetiza en la ubre a partir de la glucosa y galactosa.**



Fuente: Walstra y otros (2001).

### 3.1.4.2. Proteínas

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína (Figura 02). Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético y le otorga a la proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica en la alimentación humana (Walstra y otros 2001).

La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0 % (30-40 gr/Lt). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche, cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína presente en la leche (Walstra y otros 2001).

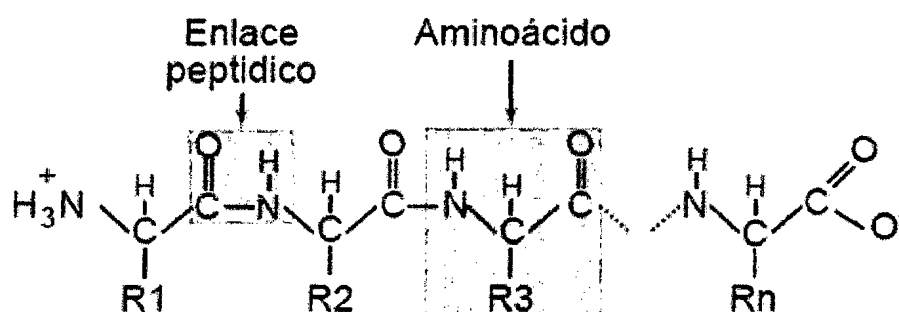
Walstra y otros (2001), mencionan que las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80 %) y proteínas séricas (20 %). Históricamente, esta clasificación es debida al proceso de fabricación de queso, que consiste en la separación del cuajo de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de la renina

(una enzima digestiva colectada del estómago de los terneros).

El comportamiento de los diferentes tipos de caseína ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, proveen las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de leche (Walstra y otros, 2001).

Ocasionalmente, los niños o lactantes son alérgicos a la leche debido a que su cuerpo desarrolla una reacción a las proteínas en la leche. La alergia produce erupciones en la piel, asma y/o desórdenes gastrointestinales (cólicos, diarrea, etc.). En los casos de alergia, la leche de cabra es utilizada generalmente como sustituto; aún así, algunas veces la leche con caseína hidrolizada debe ser utilizada (Walstra y otros, 2001).

**FIGURA 02. Estructura de las proteínas (R1, R2, etc., son los radicales específicos de cada aminoácido).**



Fuente: Walstra y otros (2001).

### 3.1.5. Microbiología de la leche

#### 3.1.5.1. Microbiología del interior de la ubre

En el interior de la ubre, incluso si el animal está sano, existen siempre bacterias banales que contaminan la leche en el momento del ordeño. Esta carga original es escasa y está compuesta principalmente por micrococos y bacterias coliformes (30 -

bacterias Gran positivas, esporuladas o no, y Gran negativas, aunque en tasas que no suelen ser mayores al 10 % (Ordoñez A. 2001).

### 3.1.5.2. Contaminación externa de la leche

Una vez que la leche abandona la ubre queda expuesta a ulteriores contaminaciones. La tasa original de la leche procedente de un animal sano (aproximadamente  $10^3$  ufc/ml) se multiplica inmediatamente después de su salida al exterior por un factor de 10 o 100, si la leche se obtiene con cierta higiene, y el número de bacterias puede sobrepasar el nivel  $10^6$  ufc/ml si no se guardan las mismas condiciones higiénicas (Ordoñez A. 2001).

Las fuentes más importantes de la contaminación de la leche, pueden ser las siguientes: Tipo de establo, el aire, el tipo de ordeño y las aguas utilizadas para la limpieza de los materiales (Ordoñez, A. 2001).

Los microorganismos como *Bacillus subtilis* y *B. stearothermophilus*, son suficientemente termoresistentes como para alterar la leche esterilizada que no han recibido un tratamiento adecuado (Walstra y otros 2001).

En la leche pueden existir bacterias de formas esporuladas, principalmente del genero *Bacillus* y *Clostridium*. Entre las bacterias psicrotrofas encontradas en la leche pertenecen a dos grandes grupos (Gran positivas y Gran negativas) y se han incluido en al menos 15 géneros. Entre esta diversidad *Pseudomonas* spp. Predomina habitualmente y casi invariablemente se detectan *Flavobacterium* spp. *Acinetobacter* spp. y *enterobacterias*, este último se encuentra en proporciones más bajas, dependiendo de los factores de contaminación (Ordoñez, A. 2001).



**CUADRO 04. Características de algunos microorganismos y grupos de organismos que son importantes en la leche.**

Nombre	Fuente	Crecimiento en la leche cruda	Resistencia al calor	Patogenesidad	Alteración
<i>Bacillus subtilis</i> y <i>B. stearothermophilus</i>	Alimentación, estiércol, suelo, polvo	++	+	Probablemente no	Alteración de la leche esterilizada
<i>Clostridium butulinum</i>	Suelo, agua contaminada	-	+	Botulismo	No
<i>Clostridium perfringens</i>	Suelo, estiércol, agua contaminada	(+)	+	Desordenes intestinales	No
<i>Coliformes</i>	Heces, utensilios de ordeño, agua contaminada	++	-	mastitis, desordenes intestinales	Alteración de leche y queso
<i>Pseudomonas</i>	Utensilios, leche refrigerada, agua contaminada	++	-	ocasionalmente	Hidrolizan las proteínas y la grasa de la leche refrigerada
<i>Lactobacillus spp.</i>	Utensilios de ordeño, leche en cantarás, sala de ordeño	++	-	No	Acidificación de leche
<i>Lactococcus lactis</i>	Utensilios de ordeño, leche en cantarás, sala de ordeño	++	-	No	Leche acidificada
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Enfermedades de la vaca o del ordeño	-	-	Mastitis, tuberculosis	No
<i>Micrococcus spp. (2)</i>	utensilios de ordeño	+	+	No	Crece en productos pasteurizados
<i>Salmonella, shigella</i>	Estiércol, agua contaminada	+	-	Desordenes intestinales	No
<i>Staphylococcus aureus</i>	Canal del pezón, interior de la ubre, piel, ordeñador	++	-	Intoxicaciones alimentarias, ulcera	Casi nunca
<i>Streptococcus termophilus</i>	Utensilios de ordeño, leche en cantarás, sala de ordeño	++	-	No	Acidificación de leche

Un signo mas significa que el organismo no es destruido, en un tratamiento térmico a 63°C durante 30 minutos, (Ordoñez A. 2001).

## 3.2. Yogurt

### 3.2.1. Definición

Por yogurt se entiende al producto de leche coagulada, obteniendo por fermentación láctica mediante la acción de *Lactobacillus del brueckii subsp. Bulgaricos* y *Streptococcus Salivarius subsp. Thermophilus* a partir de la leche pasteurizada o leche concentrada, leche pasteurizada parcialmente descremada o leche concentrada descremada, crema de leche pasteurizada, o una mezcla de dos o más de estos productos con o sin las adiciones facultativas de leche en polvo, leche descremada en polvo, suero de mantequilla sin fermentar, suero en polvo, proteína de suero concentradas, proteínas de leche soluble en agua caseína alimentaria, caseinatos fabricados a partir de productos pasteurizados, cultivos de bacterias adecuadas de ácido láctico, además de los cultivos esenciales como son el *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Los microorganismos presentes en el producto final deberán ser apropiados y abundantes (NTP, 2001)

Los microorganismos productores de la fermentación láctica deben ser viables y estar presentes en el producto terminado en cantidad mínima de  $10^7$  colonias por gramo o por mililitro. Esta premisa de microorganismos vivos puede justificarse por: las bacterias viables pueden tener efectos profilácticos y terapéuticos en el consumidor en su organismo (Ordoñez, A. 1998).

La fecha de caducidad, debe expresarse en el envase y no debe sobre pasar en 30 días de fabricación, siempre que no se abuse de la temperatura de almacenamiento. A más de 10 °C, la vida útil se calcula en unos pocos días ya que el producto alcanza un grado de acidez excesivo porque *Lb. delbrueckii subsp. Bulgaricus* puede continuar metabolizando la lactosa y alcanzarse hasta un 2.5 % de ácido láctico en el producto terminado (Ordoñez, A. 1998).

### 3.2.2. Principales ingredientes del yogurt

En la producción de yogurt se puede añadir a la leche sustancias que aumentan el contenido de materia seca del yogurt final, mejorando así sus características físicas. En general, cuanto mayor sea el contenido de extracto seco magro de la mezcla, mayor consistencia y viscosidad tendrá el producto final. Estas propiedades mejoran notablemente al aumentar el extracto seco total de la leche de un 12 % a un 20 %; sin embargo, después de 16 % es poco lo que los sólidos no grasos contribuyen en la consistencia del yogurt. Normalmente el yogurt debe contener de 12 % a un 14 % de sólidos no grasos para tener una viscosidad adecuada (Tamine y Robinson, 1991).

El aumento del extracto seco de la mezcla se puede lograr por medio de la adición de los siguientes aditivos:

- ✓ **Leche en polvo:** Es el ingrediente más utilizado. Es agregado a la mezcla en un rango de 1 – 6 % pero se recomienda de 3 – 4 %, ya que si se añade por encima de este rango puede que el yogurt obtenga un sabor a leche en polvo. Además, ayuda a mejorar la consistencia y viscosidad en el producto final (Muller, H. 1977).
- ✓ **Azúcar:** La principal función del azúcar es atenuar la acidez del producto final. La cantidad de azúcar añadida depende de tipo de azúcar utilizada, preferencias del consumidor, fruta utilizada, limitaciones legales y consideraciones económicas.  
  
Cabe mencionar que si se agrega demasiada azúcar (más del 10 %), a la leche antes del periodo de inoculación/incubación tiene un efecto adverso sobre las condiciones de fermentación debido a que cambia la presión osmótica de la leche (Tamine y Robinson, 1991).
- ✓ **Estabilizadores:** Con este ingrediente se aumenta la viscosidad del yogurt y se previene la separación del suero. La cantidad que se utiliza es entre 0.1 – 0.5 %. Si se agrega demasiado se obtiene una consistencia dura y elástica. La gelatina, pectinas, almidón y agar-agar son las sustancias más utilizadas (Muller, H. 1977).



### 3.2.3. Tipos de yogurt

Según la NTP (2001), menciona que el Yogurt batido, es el cuya fermentación se realiza en los tanques de incubación, produciéndose en ellos la coagulación y el batido.

- ✓ Yogurt bebible, es el yogurt bebible, con mayor tratamiento mecánico.
- ✓ Yogurt coagulado o aflanado, es el yogurt cuya fermentación y coagulación se produce en el envase.
- ✓ Yogurt tradicional o natural, es el yogurt sin adición de saborizantes, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizadores y conservadores permitidos por la legislación peruana.
- ✓ Yogurt frutado, es el yogurt al que se le ha agregado fruta procesada en trozos, zumo de fruta y aditivos permitidos por la legislación peruana.

### 3.2.4. Características nutricionales

Los principales cambios químicos que afectan a los componentes del yogurt, están referidos a una disminución en el contenido de la lactosa y consecuente formación de ácido láctico, aumento en el contenido de péptidos y aminoácidos libres y cambios en las proporciones de los ácidos grasos y algunos cambios en el contenido de vitaminas liposolubles y hidrosolubles (Jofre, H. 1980).

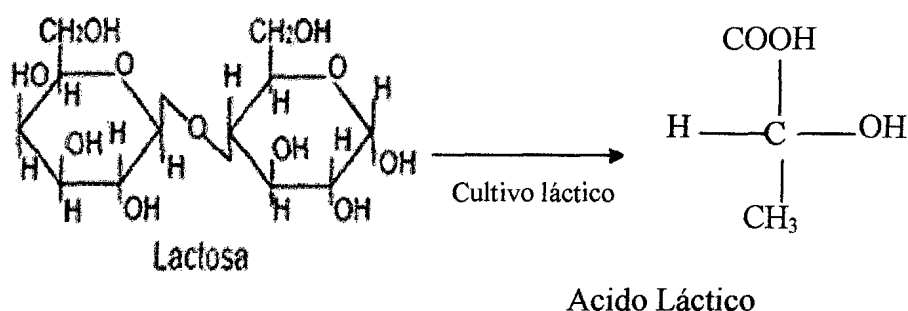
- ✓ **Lactosa y ácido láctico:** La acidez en productos lácteos es expresada como porcentaje de ácido láctico. Según la Ley General de Salud (1996) el porcentaje de ácido láctico presente en el yogurt oscila entre 0.8- 1.8 % de ácido láctico.

El aumento en la acidez en yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína, además afecta la textura y el sabor en el producto terminado (Fennema, 1996).

El porcentaje de ácido láctico adecuado es extremadamente importante para la producción de yogurt de alta calidad con sabor, cuerpo y textura propia, que exhiba el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento (Fennema, 1996).

Gracias a la producción de ácido láctico, el pH baja y las micelas de caseína se desestabilizan formando el gel característico del yogurt.

**FIGURA 03. Lactosa y Acido Láctico.**



Fuente: Walstra y otros (2001).

- ✓ **Proteínas:** La digestibilidad de los productos lácteos fermentados como el queso, yogurt, kéfir, leche acidófila y otros es aumentada en relación a aquella de la leche a partir de la cual fueron preparados. Este efecto es ocasionado por los siguientes fenómenos:

La formación de ácido láctico origina, a un determinado nivel, la precipitación de la caseína en finas partículas, las cuales son atacadas más fácilmente por enzimas digestivas presentes en el tracto en comparación con las partículas de caseína de mayor tamaño presentes en la leche no fermentada (Tamime y Robinson, 1991).

La fermentación de la leche trae consigo un significativo grado de hidrólisis de las proteínas. El consecuente aumento en el contenido de aminoácidos y péptidos favorece la acción de las enzimas digestivas, lo que se traduce en un aumento del valor biológico y de la digestibilidad de las proteínas (Tamime y Robinson, 1991).

- ✓ **Materia grasa:** Las bacterias lácticas se caracterizan por poseer una actividad lipolítica restringida. Sin embargo, durante la elaboración y especialmente la maduración de productos fermentados, se manifiesta cierta actividad lipolítica atribuible a los cultivos lácticos empleados, que tiene como consecuencia una moderada liberación de ácidos grasos, lo cual afecta positivamente el valor nutricional del producto final (Tamime y Robinson, 1991).

- ✓ **Minerales y vitaminas:** En los productos fermentados fluidos no ocurren prácticamente cambios en su contenido mineral en relación a la leche utilizada para su elaboración. Sin embargo, el calcio, fósforo y hierro tienen una mejor utilización, probablemente debido al efecto favorable del ácido láctico en la absorción de estos elementos (Tamime y Robinson, 1991).

### **3.2.5. Factores que afectan la elaboración del yogurt batido**

Existen varios factores que pueden afectar de forma directa la calidad del yogurt. Se tienen que tomar en cuenta una serie de factores para obtener un producto con el adecuado sabor, aroma, viscosidad, consistencia, apariencia y evitar la separación del suero en el producto final, y asegurar una vida de anaquel lo suficientemente larga (Bylund, 1996).

Todos los factores que a continuación se enumerarán son de suma importancia para la elaboración del yogurt batido por igual.

Estos factores son los siguientes:

- ✓ Elección de la leche
- ✓ Normalización de la leche
- ✓ Aditivos lácteos
- ✓ Homogeneización
- ✓ Tratamiento térmico
- ✓ Preparación de los cultivos
- ✓ Diseño de la planta

La leche que se utiliza tiene que tener un recuento bajo de bacterias, no debe tener antibióticos, ni sustancias químicas que puedan interferir con el desarrollo del cultivo. Se debe seleccionar a los mejores ganaderos con prácticas de calidad aprobadas para utilizar su leche en la elaboración del yogurt (Bylund, 1996).

La normalización de la leche se hace por medio de regulaciones de la FAO/OMS y son los

siguientes:



El yogurt puede tener un contenido graso que varía de 0 a 10 %. Lo más común es que tenga un contenido graso de 0.5-3.5 %. El yogurt se clasifica en los siguientes grupos, según el código y principios establecidos por la FAO/OMS:

Yogurt: Contenido graso mínimo 3 %; El mínimo contenido de sólidos no grasos de la leche establecido por la FAO/OMS debe ser de 8.2 %.

En cuanto a los aditivos de la leche tales como edulcorantes o azúcar podemos mencionar algunas de las siguientes características:

El disacárido sacarosa o la glucosa se puede añadir solo en combinación con las frutas. Para personas con restringido uso de azúcares como diabéticos, es necesario el uso de edulcorantes, ya que éstos sólo proporcionan el dulzor al alimento, sin ninguna aportación alimenticia. Esta dulzura se puede obtener mediante la adición de un 12-18 % de fruta. Si se agrega demasiada azúcar a la leche antes del período de incubación, esto trae problemas para la fermentación láctica, ya que ocurren cambios de presión osmótica en la leche que se procesa (Bylund, 1996).

La función principal de los estabilizadores es de ligar agua, así aumenta la viscosidad del producto y previene la separación del suero. Es importante utilizar los estabilizadores en las proporciones indicadas con el fin de evitar consistencias indeseables para el producto. Los estabilizadores que más se utilizan son: gelatina, pectina, agar-agar, almidón, por lo general en proporciones de 0.1-0.5 % (Bylund, 1996).

### **3.2.6. Propiedades físicas y químicas relacionadas con el yogurt**

#### **3.2.6.1. pH del yogurt**

El valor de pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia (es la medida de la concentración de iones de hidrógeno presentes). Los valores de pH se representan en una escala que va del 1 al 14, donde el valor de 7, es para un producto neutro como el agua, por arriba de este valor son productos básicos y por debajo son ácidos, como es el caso del yogurt (Tamime y Robinson, 1991).



En un alimento el pH se determina por el balance entre las sustancias ácidas en el mismo y la capacidad del buffer. De acuerdo al pH, los alimentos se clasifican en cuatro grupos:

- a) Los de acidez alta ( $\text{pH} < 3.7$ )
- b) Los ácidos ( $\text{pH} < 4.6$ )
- c) Los de acidez intermedia ( $4.6 < \text{pH} < 5.3$ )
- d) Los de acidez baja ( $\text{pH} > 5.3$ )

La leche tiene un valor de pH entre 6.5 y 6.7 clasificándose como una acidez baja, los valores de pH de un yogurt están en un rango de 4 a 4.5 clasificándose como productos ácidos (Tamime y Robinson, 1991).

El pH es una de las propiedades principales, ya que la disminución de pH en yogurt contribuye al olor y sabor característico.

### **3.2.6.2. Sinéresis en el yogurt**

La sinéresis es una característica que presentan los subproductos lácteos, observándose una capa líquida, que es la separación del suero y el sólido del producto. Uno de los grandes retos que enfrenta la industria de lácteos específicamente la del yogurt es elaborar productos de calidad que respondan a las demandas tanto de los abastecedores como de los consumidores que sean económicamente competitivos reduciendo costos de producción y mejorando la calidad (Molina, I. 2009).

Un factor que influye en el aumento de la sinéresis es el desarrollo de alta acidez, así como la agitación a temperaturas relativamente altas, también se ve afectada por la presencia de aditivos como pueden ser gomas, la adición de minerales aumenta el porcentaje de sinéresis (Tamime y Robinson, 1991).

### **3.2.6.3. Densidad del yogurt**

La densidad absoluta es igual a la masa de la sustancia dividida por el volumen que ocupa. La densidad relativa es el cociente de dividir el valor de la masa de un volumen

de leche por la masa de un volumen igual de agua a 4°C (Tamine y Robinson, 1991).

La densidad de los productos lácteos se ha reportado a 15 °C como gravedad específica y se encuentra entre 1.032 - 1.036 gr/ml (Tamine y Robinson, 1991).

#### **3.2.6.4. Color del yogurt**

El color es una característica de calidad en los alimentos, el color de los productos lácteos es causado por la dispersión de la luz por los constituyentes de la leche: los glóbulos de grasa, las micelas de la caseína, el fosfato de calcio coloidal, algunos pigmentos y la riboflavina. Al adicionar más sólidos, mayor es la dispersión por lo que el producto contiene menor luminosidad y blancura (Harper, 1981).

El color es una de las principales causas de que un producto sea comprado por el consumidor o rechazado, no obstante no refleja el sabor o el valor nutricional del mismo (Harper, 1981).

### **3.3. Reología en Alimentos**

#### **3.3.1. Concepto y Aplicaciones**

La reología se define como la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia además, estudia la relación entre fuerzas ejercidas sobre un material y la deformación resultante como una función del tiempo (Geankoplis, 1998).

El comportamiento reológico de los alimentos ha sido definido como el estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, productos intermedios o semielaborados, y productos finales, con el fin de evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de correlaciones entre las medidas reológicas y pruebas sensoriales, permitiendo elucidar la estructura o composición y analizar los cambios estructurales que ocurren durante el proceso de elaboración a los que son sometidos (Sharma, k. 2003).



El conocimiento adecuado de las propiedades reológicas en alimentos es muy importante por numerosas razones: para el diseño de plantas y dimensionamiento de equipos, tales como cintas transportadoras, tanques de almacenamiento, pulverizadores, evaporadores, en el cálculo de requerimientos de bombeo ya que sirve para establecer las dimensiones de tuberías y válvulas; para realizar mezclas; además se utilizan en el cálculo de operaciones básicas con transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento (Sharma, k. 2003).

Se definen dos conceptos básicos para el estudio de reología; uno es la tensión de cizalla ( $\sigma$ ) definido como la razón entre la fuerza aplicada y el área de la capa móvil, así como se aprecia en la ecuación 1:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

$\sigma$  = Tensión de cizalla [Pa]

F = Fuerza [N]

A = Área [m<sup>2</sup>]

A la tensión de cizalla se la denomina también esfuerzo de cizalla, esfuerzo de corte, esfuerzo tangencial, o presión (Geankoplis, 1998)

El otro concepto es el gradiente de deformación ( $\gamma$ ), definido como la variación de velocidad de un elemento de fluido con relación a la variación en distancia, como se manifiesta en la ecuación 2:

$$\gamma = \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots(2)$$



Donde:

$\gamma$  = Gradiente de deformación [ $s^{-1}$ ]

$dv$  = Variación de velocidad [m/s]

$dy$  = Variación de distancia [m]

Al gradiente de deformación se le denomina también como velocidad de deformación en cizallamiento, velocidad de cizallamiento, velocidad de corte (Sharma, k. 2003).

Se puede inferir que la tensión de cizalla ( $\sigma$ ) es directamente proporcional a la fuerza, en tanto que el gradiente de deformación ( $\gamma$ ) depende del tipo de perfil de velocidad presente en el fluido (Sharma, k. 2003).

### 3.3.2. Viscosidad Aparente

La viscosidad es la propiedad del líquido que define la magnitud de su resistencia debida a las fuerzas de cizalla en su interior, siendo la propiedad del líquido que más influye en las características del flujo (Geankoplis, 1998).

Para los fluidos no newtonianos se ha definido una viscosidad aparente; donde el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la velocidad de deformación, como se revela en la ecuación 3:

$$\eta_{app} = \frac{\sigma}{\gamma} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$\eta_{app}$  = Viscosidad aparente [Pa.s]

La viscosidad aparente para un fluido que sigue la ley de la potencia está dada por la ecuación 4 y 5:

$$\sigma = \eta_{app} \gamma = K\gamma^n \quad (4)$$

$$\eta_{app} = K\gamma^{n-1} \quad (5)$$



Donde:

K = Coeficiente de consistencia [Pa.s<sup>n</sup>]

n = Índice de comportamiento de flujo

### 3.3.3. Umbral de Fluencia ( $\sigma_0$ )

Se define como la tensión de cizalla mínima necesaria para iniciar el flujo. El método más común de obtener un valor de umbral de fluencia es mediante la extrapolación de las curvas de tensión de cizalla versus gradiente de deformación. Los valores obtenidos usando este método de extrapolación están fuertemente influenciados por el modelo reológico (Bingham, Herschel Bulkley) seleccionado para representar los datos. Un procedimiento numérico alternativo es representar la viscosidad aparente versus tensión de cizalla y  $\sigma_0$  se determina desde el punto (relacionado a un gradiente de deformación cero) donde  $\eta_{app}$  se hace infinito (Sharma, k. 2003).

### 3.3.4. Reología en Fluidos Alimentarios

Los alimentos se presentan en una gran variedad de formas, tales como sólidos, líquidos y semilíquidos. Algunos alimentos, entre los que se encuentran los helados y las grasas, son sólidos o líquidos a diferentes temperaturas. Otros son suspensiones (mermeladas, zumos, purés, cremogenados de frutas o emulsiones como la leche). Debido a esta amplia variación en su estructura y composición, el comportamiento del flujo de los alimentos fluidos presenta una amplia gama de modelos que van desde el simple newtoniano a los no newtonianos dependientes del tiempo y los viscoelásticos. Incluso un mismo tipo de alimento puede exhibir conducta newtoniana y en otros casos no newtoniana, dependiendo de su origen, concentración y de otras propiedades que tienen relación con interacciones moleculares (Sharma, k. 2003).

El tamaño o volumen, la forma, la concentración y la interacción de las partículas son parámetros básicos que afectan a las propiedades reológicas de cualquier sistema, sea éste molecular, una suspensión, una dispersión, una pasta o un gel. Sin embargo, el rango de operación de cada uno de estos parámetros básicos es diferente para cada uno de los sistemas. De hecho, no son estos parámetros por sí mismos los que controlan las propiedades de flujo, sino las interacciones entre ellos (Sharma, k. 2003).

**CUADRO 05. Características y modelos matemáticos y empíricos para fluidos independientes del tiempo.**

FLUIDO	K	n	$\sigma_0$	ECUACIÓN	EJEMPLOS TÍPICOS
Newtoniano	0	1	0	$\sigma = \mu\gamma$	Se aplica en el agua y en soluciones diluidas, por ejemplo: Jugos de frutas clarificadas, miel, aceites de vegetales, soluciones azucaradas, leche pasteurizada, alcohol, etc.
Pseudoplástico	>0	$0 < n < 1$	0	$\sigma = K\gamma^n$	Se ha aplicado a variedad de alimentos. Por su facilidad de manejo en la forma logarítmica. Ejemplos: Yogurt, Jugo concentrado de naranja, puré de banana, salsa de manzana, zumos de fruta, leche concentrada, leche condensada, etc.
Plástico	>0	1	>0	$\sigma = \sigma_0 + K\gamma$	Una característica importante de este modelo es la incorporación de un umbral de fluencia. Ejemplos: Pasta de tomate, pasta dental, mayonesa, margarina, mantequilla, grasas, puré de manzana, etc.
Herschel-Bulkley	>0	$0 < n < 1$	>0	$\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n$	Este modelo tiene un amplio rango de aplicaciones en productos biológicos y de alimentos. Es un modelo general que tiene como casos particulares los tres modelos anteriores, por ejemplo: Pasta de pasas, pasta de pescado.
Dilatante	>0	$1 < n < \infty$	0	$\sigma = K\gamma^n$	Algunos tipos de miel, suspensión al 40%, almidón de maíz, mantequilla de cacahuate.

Fuente: Sharma, k. (2003).

En el Cuadro 05, se muestra el comportamiento al flujo y algunos ejemplos de varios tipos de alimentos fluidos y semifluidos, además se muestra el modelo reológico que

mejor representa un conjunto de datos experimentales de la tensión de cizalla y el gradiente de deformación.

### **3.3.5. Clasificación de los Alimentos Fluidos según su Comportamiento Reológico**

Para una mayor comprensión de los problemas que se plantean en el estudio del comportamiento reológico de los alimentos, se presenta a continuación una clasificación de los diversos alimentos fluidos más habituales según su comportamiento reológico. Además, existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos. Finalmente, existe alimentos que se comportan como fluidos viscosos y sólidos elásticos a la vez, son los fluidos viscoelásticos (Geankoplis, 1998).

#### **3.3.5.1. Fluidos Newtonianos**

El fluido newtoniano no posee propiedades elásticas, es incompresible, isotrópico y carente de estructura. Sin embargo, muchos líquidos reales muestran un comportamiento newtoniano en un amplio rango de esfuerzos cortantes. Para este caso el perfil de velocidad es una línea recta, de tal manera que para una fuerza ( $F$ ) determinada, el gradiente de deformación es constante (Geankoplis, 1998).

La placa superior es obligada a moverse con una velocidad, relativa con respecto a la placa inferior, esta fuerza es debida a la aplicación de una fuerza ( $F$ ) por unidad de área (se considera que los efectos de borde son despreciables) o lo que es lo mismo, un esfuerzo cortante o tensión de cizalladura  $\sigma$ . Las capas del fluido en contacto con las placas se considera que se mueven a la misma velocidad que la superficie con la que están en contacto, lo que supone que no tiene lugar deslizamiento en las paredes. Entonces el fluido se comporta como una serie de capas paralelas, o láminas, cuyas velocidades son proporcionales a su distancia a la placa inferior (Geankoplis, 1998).

El comportamiento reológico de los fluidos ideales o newtonianos puede describirse mediante la ley de Newton de la viscosidad, donde  $\mu$  es constante e independiente, que viene expresada por la ecuación 6:

$$\sigma = \mu\gamma \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

$\sigma$  = Tensión de cizalla [Pa]

$\mu$  = Viscosidad [Pa.s]

$\gamma$  = Gradiente de deformación [ $s^{-1}$ ]

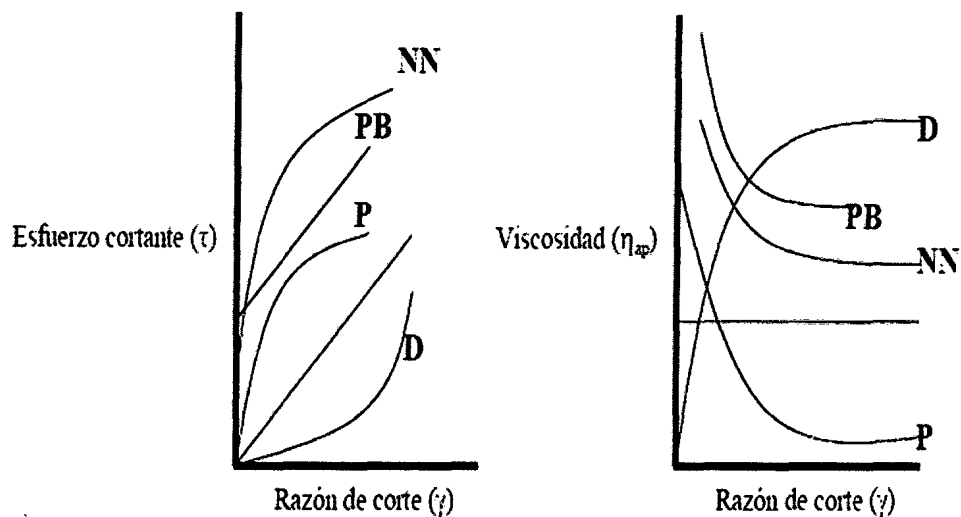
En este tipo de fluidos la viscosidad solo depende de la temperatura y composición, siendo independiente del tiempo, de la velocidad de deformación y de la historia previa del fluido. Un número limitado de alimentos muestran características de flujo ideal, entre los que se encuentran algunos tan importantes fisiológicamente como el agua, nutritivamente como la leche y económicamente como las bebidas refrescantes (Geankoplis, 1998).

### 3.3.5.2. Fluidos No Newtonianos

Son aquellos fluidos que no cumplen la ley de Newton de la viscosidad, por lo tanto, la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación deja de ser lineal. Estos fluidos se caracterizan porque su viscosidad depende del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad y, a veces, del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto o muestra (Sharma, k. 2003)



**FIGURA 04. Reogramas de diferentes líquidos.**



D = dilatante; N = fluido Newtoniano; P = pseudoplástico; PB = plástico de Bingham; NN = fluido no Newtoniano.

Fuente: Sharma, k. (2003).

Ello es debido a que la constitución física varía al someter el producto a los efectos de rozamiento a lo largo del tiempo. Dado que en este tipo de fluidos la viscosidad no permanece constante, se define la viscosidad aparente,  $\eta_{app}$ , como la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación correspondiente como se muestra en la ecuación 7:

$$\eta_{app} = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \neq \text{cte} \dots\dots\dots (7)$$

Si la  $\eta_{app}$  disminuye con el aumento de  $\dot{\gamma}$  se habla de comportamiento pseudoplástico y si se observa un aumento, se habla de comportamiento dilatante (Geankoplis, 1998).

**3.3.5.2.1. Fluidos No Newtonianos Independientes del Tiempo**

Los fluidos independientes del tiempo se han clasificado en tres categorías o grupos: Plásticos, Ley de la potencia (pseudoplásticos y dilatantes), Herschel Bulkley y se caracterizan porque la viscosidad aparente sólo depende de la temperatura, de la

composición del fluido y del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad aplicado, pero nunca del tiempo de aplicación de éste último (Geankoplis, 1998).

### 3.3.5.2.1.1. Fluidos Plásticos

Los fluidos plásticos son aquellos que no fluyen hasta que son sometidos a un esfuerzo cortante límite determinado, llamado esfuerzo de deformación plástica, umbral de fluencia o límite de fluencia; al desaparecer la tensión o ser menor que el valor umbral, la estructura se reconstituye (Geankoplis, 1998).

En el caso de los fluidos plásticos de Bingham, una vez que se supera el valor del umbral de fluencia, la velocidad de deformación es proporcional al esfuerzo, como en el caso de los fluidos newtonianos. Estos fluidos exhiben propiedades de líquido a esfuerzos superiores al umbral de fluencia, por lo tanto, pueden ser clasificados tanto como líquidos y sólidos (Geankoplis, 1998).

El producto plástico ideal es el descrito por el modelo de Bingham, como se representa en la ecuación 8:

$$\sigma = \sigma_0 + K \gamma \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

- $\sigma_0$  = Umbral de fluencia [Pa]
- $K$  = Índice de consistencia de flujo [Pa.s<sup>n</sup>]
- $\gamma$  = Velocidad de deformación [s<sup>-1</sup>]

El umbral de fluencia puede ser consecuencia de un entrelazado de moléculas o partículas debido a su gran tamaño, ramificaciones o forma irregular. También puede ser debida a la formación de redes provocadas por las interacciones entre moléculas (Sharma, k. 2003).

### 3.3.5.2.1.2. Fluidos Pseudoplásticos

Los fluidos pseudoplásticos se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación y tiende hacerse lineal, un incremento de la fuerza cortante produce un mayor incremento de la velocidad de deformación, pero esta curva empieza en el origen. Este comportamiento indica una ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo, y es debido a la presencia de sustancias de alto peso molecular así como a la dispersión de sólidos en la fase sólida (Geankoplis, 1998).

De los modelos utilizados para describir el comportamiento reológico de los fluidos pseudoplásticos, el más conocido y simple de aplicar es el de Ostwald-De Waale, también conocido como ley de la potencia (Geankoplis, 1998), pues se describe en la ecuación 09:

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \dots\dots\dots (09)$$

Donde:

$K$  = Índice de consistencia de flujo [Pa.s<sup>n</sup>]

$n$  = Índice de comportamiento al flujo.

El Índice de consistencia ( $K$ ) da una idea de la consistencia del producto y  $n$  de la desviación del comportamiento al flujo respecto al newtoniano. Esta ecuación es una de las más utilizadas para describir el flujo de los derivados de fruta que se comportan como pseudoplásticos.

El comportamiento pseudoplástico es, el más frecuente en los fluidos alimentarios. En general, se comportan de esta forma muchos derivados de frutas y vegetales como algunos zumos y purés de frutas, derivados del tomate, confituras de fruta; productos lácteos como

la nata o leches fermentadas; algunas sopas y salsas; la clara de huevo; la yema del huevo; el ketchup y la mostaza francesa.

### 3.3.5.2.1.3. Fluido Herschel Bulkley

En este tipo de flujo a medida que aumenta el esfuerzo cortante existe un incremento de la velocidad de deformación, pero debe existir un esfuerzo de producción o un esfuerzo mínimo para que el fluido empiece a deformarse (Geankoplis, 1998).

Una relación general más comúnmente usados y de aplicación general para ajustar los datos experimentales y expresar cuantitativamente el comportamiento al flujo de los fluidos inelásticos independientes del tiempo es el modelo propuesto por Herschel y Bulkley, como se expone en la ecuación 10:

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- $\sigma$  = Esfuerzo cortante [Pa]
- $\sigma_0$  = Umbral de fluencia [Pa]
- $K$  = Índice de consistencia de flujo [Pa.s<sup>n</sup>]
- $\gamma$  = Velocidad de deformación [s<sup>-1</sup>]
- $n$  = Índice de comportamiento al flujo [s.u.]

### 3.3.5.2.1.4. Fluido Mizrahi Berk

El modelo de Mizrahi Berk es un modelo de tres parámetros (índice de consistencia, índice de comportamiento reológico, umbral de fluencia); es un modelo que intenta coincidir con los efectos de la ley de la potencia, utilizado para indicar la pseudoplasticidad debido a los sólidos disueltos, a través del índice de comportamiento reológico y de Casson utilizado para demostrar el efecto (Geankoplis, 1998). El modelo de Mizrahi Berk se expresa de la siguiente manera en la ecuación 11:

$$\sqrt{\sigma} = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n \dots\dots\dots (11)$$

### 3.3.6. Factores que Influyen en el Comportamiento Reológico

Existen muchos factores que influyen en el comportamiento reológico de los alimentos como son la presión, la estructura del alimento, el gradiente de velocidad o velocidad de deformación y el tiempo de tratamiento de la muestra. Pero, la temperatura de tratamiento y la concentración del alimento son los más importantes.

#### 3.3.6.1. Efecto de la Temperatura

La viscosidad de un líquido depende fuertemente de la temperatura. Hasta el momento en que son consumidos, los alimentos están sometidos continuamente a cambios de temperatura. Empezando por el proceso de elaboración y pasando por los períodos de transporte y almacenamiento las condiciones de temperatura a que son sometidos los alimentos pueden variar notablemente. Por este motivo es muy importante conocer sus propiedades reológicas en función de la temperatura (Geankoplis, 1998).

La viscosidad de los fluidos disminuye con un aumento de la temperatura, además se considera que la viscosidad varía en un 2 % por grado Celsius. Para algunos jugos de frutas o los fluidos newtonianos, el efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia y la viscosidad aparente de las moléculas a una gradiente de deformación específica se describe utilizando una relación de tipo Arrhenius (Geankoplis, 1998), como se indica en la ecuación 12:

$$K = \eta_{app} = K_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \dots\dots\dots (12)$$



Donde  $K_0$  es el factor de frecuencia, viscosidad de referencia o constante de Arrhenius [Pa.s],  $E_a$  es la energía de activación de flujo [KJ/g.mol],  $R$  es la constante universal de los gases perfectos [8.314 J/g.mol.K] y  $T$  es la temperatura absoluta [K].

En el caso de los fluidos no newtonianos en lugar de la viscosidad se correlaciona la viscosidad aparente a una velocidad de deformación fijada como es visible en la ecuación 13 (Garza 2002):

$$\eta_{APP} = \eta_{\infty} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \dots\dots\dots (13)$$

Siendo  $\eta_{app}$  la viscosidad aparente [Pa.s] y  $\eta_{\infty}$  una constante denominada viscosidad de deformación infinita [Pa.s].

### 3.3.6.2. Efecto de la Concentración

Hay dos tipos de correlaciones o modelos matemáticos para considerar el efecto de la concentración en la viscosidad o en el índice de consistencia, una según un modelo potencial (ecuación 14):

$$\eta_{app} = A_1 C^{B_1} \dots\dots\dots(14)$$

y otra según un modelo exponencial (ecuación 15):

$$\eta_{app} = A_2 \exp(B_2 C) \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

$C$  = Contenido en sólidos solubles del fluido expresado en °Brix

$A_1$  y  $A_2$  = Constantes [Pa.s]

$B_1$  y  $B_2$  = Constantes [s.u.]



### 3.4. Bicarbonato de sodio

#### 3.4.1. Generalidades

El bicarbonato de sodio (también llamado bicarbonato sódico o hidrogenocarbonato de sodio o carbonato ácido de sodio) es un compuesto sólido cristalino de color blanco muy soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio, de fórmula  $\text{NaHCO}_3$ . Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente (Luft, f. 2001).

Con otro nombre se le conoce como hidrogenocarbonato de sodio su fórmula es  $\text{NaHCO}_3$  su estado de agregación es sólido, apariencia: blanco cristalino, densidad  $2173\text{kg/m}^3$ , su masa molar  $84,0\text{g/mol}$ , punto de fusión  $323.15\text{K}$  ( $50^\circ\text{C}$ ) (Hill y Kolb, 1999).

#### 3.4.2. Estructura química

Solubilidad en agua  $10,3\text{g}/100\text{g}$  de  $\text{H}_2\text{O}$

Cuando se expone a un ácido moderadamente fuerte se descompone en dióxido de carbono y agua. La reacción es la siguiente:

- $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (gas)
- $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (gas)
- Ácido láctico + Bicarbonato de sodio  $\rightarrow$  Lactato de sodio + agua + dióxido de carbono

Debido a la capacidad del bicarbonato de sodio de liberar dióxido de carbono se usa junto con compuestos ácidos como aditivo leudante en panadería y en la producción de gaseosas. Algunas levaduras panarias contienen bicarbonato de sodio. Antiguamente se usaba como fuente de dióxido de carbono para la gaseosa Coca Cola (McNaughton y Nwebold, 1997).

Se puede obtener mediante el proceso de Solvay. Aunque es utilizado para obtener  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , es posible obtener en una de las reacciones intermedias bicarbonato sódico. El



proceso consiste en la siguiente reacción:  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$  En la cual precipita el bicarbonato de sodio (Hill y Kolb, 1999).

### 3.4.3. Aplicaciones

El bicarbonato de sodio se usa principalmente en la repostería, donde reacciona con otros componentes para liberar  $\text{CO}_2$ , que ayuda a la masa a elevarse, dándole sabor y volumen también se utiliza en la elaboración de dulce de leche. Los compuestos ácidos que inducen esta reacción incluyen bitartrato de potasio (también conocido como crema de tártaro), jugo de limón, yogur, ácido acético (Hill y Kolb, 1999).

## IV. PARTE EXPERIMENTAL

En este trabajo de investigación la parte experimental se realizó en los laboratorios de Procesamiento de Productos Agroindustriales, Química y Operaciones unitarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y laboratorio de Microbiología de dirección regional de salud Cusco.

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Materiales de ensayo

- Termómetro rango de medición -10 °C hasta 132 °C
- Lactodensímetro quevemne
- Butirómetros de Gerber
- Vasos de precipitado de 50, 100, 250 y 1000 mL
- Placas petri
- Pipetas graduadas de 1, 2 y 5 ml
- Pipetas volumétricas de 25 y 50 mL
- Probetas volumétricas de 10, 20, 50 y 100 mL
- Matraces erlenmeyer de 100, 250 y 500 mL
- Fiolas de 100, 250 y 500 ml.
- Matraces de kitasato de 500, 1000 mL
- Baguetas
- Pinzas
- Crisoles
- Desecador
- Balones de kjeldahl de 100 mL
- Embudos de vidrio y porcelana
- Bureta manual

#### 4.1.2. Reactivos

- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) p.a
- Sulfato cúprico pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) p.a



- Sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) p.a
- Hidróxido de sodio (NaOH) p.a
- Alcohol etílico (Etanol) ( $C_2H_6O$ ) 96°
- Alcohol Isoamélico (p.e. 0,810 – 0,812)
- Indicador fenoftaleína ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) p.a
- Indicador rojo de metilo
- Ácido sulfúrico 0.1 N
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Agua destilada

#### 4.1.3. Equipos

- Kjeldahl, marca: Velp Scientifica, modelo: UDK126D
- Centrifuga de Gerber
- Mufla, marca: Barnstead Thermolyne, modelo: FB1410M, rango de temperatura de 0 – 100 °C
- Estufa, marca: Memmert, modelo: 200-800, rango de temperatura 30 –250 °C
- Viscosímetro rotacional, marca: H W.Kessel, modelo: ST – 2001
- Balanza analítica, marca: Ohaus, con sensibilidad de 0,0001 g; máximo de 210 g
- Potenciómetro, marca: SCHOTT, modelo: Postfach 2480'D con rango de medición -2,0 hasta 19,99
- Bureta semiautomática

#### 4.1.4. Maquinarias

- Refrigeradora comercial
- Incubadora
- Balanza eléctrica capacidad de 200 kg
- Autoclave

#### 4.1.5. Utensilios

- Ollas
- Cocina industrial
- Balón de gas
- Baldes de 5 litros para la incubación
- Tela para la filtración



- Envases 1 litro para el envasado de producto terminado
- Vasos para el envasado de cultivo madre
- Cucharones para batir
- Balanza comercial capacidad de 1250 g

#### **4.1.6. Indumentaria**

- Mandilones
- Gorras
- Barbijos

#### **4.1.7. Materia prima e insumos**

- Leche fresca adquirido de APAPA
- Azúcar blanca refinada
- Leche en polvo
- Cultivo láctico (SACCO LYOFAS 452B)
- Bicarbonato de sodio

### **4.2. Métodos de análisis**

#### **4.2.1. Análisis químico proximal de leche fresca**

Se realizó de acuerdo al método descrito por la NTP 2001 y AOAC (2000 –2001), en el laboratorio de química de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

- Humedad: Método 209.264 (NTP – 2001)
- Proteína micro kjeldahl: Método 12.1.07 (AOAC, 2000)
- Grasa: Método Gerber: Norma Internacional (FIL-IDF 22: 1963)
- Cenizas: Método 209.265 (NTP – 2001)
- Carbohidratos: Diferencia de la composición % de humedad, ceniza, proteína y grasa.

#### **4.2.2. Análisis microbiológico de la leche**

El análisis microbiológico de la leche se ha realizado en el laboratorio de microbiología de la dirección regional de Salud Cusco, según los métodos: para la numeración de aerobios Mesófilos Viabiles el método ISO-4833:2003(E) UFC/g y para la numeración de Coliformes el método ISO-4831:2006.NMP/g.



### 4.2.3. Análisis fisicoquímico de leche fresca

Los análisis se realizaron en los laboratorios de química y Procesamiento de Productos Agroindustriales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

- **Densidad.-** Se determino directamente utilizando el lactodensímetro quevenne a 20 °C según el método N.T.P. 202.008 (INDECOPI, 1998).
- **pH.-** Para realizar esta medición se usó el potenciómetro digital marca SCHOTT, el cual fue calibrado previamente con buffer a pH = 4,0 y pH = 7,0. El valor se obtuvo introduciendo directamente el electrodo dentro de la muestra según el método 981.12 (AOAC 1990).
- **Acidez Titulable.-** Se determinó de acuerdo al método 16.023 (AOAC., 1984). vasado en una titulación con NaOH 0.1 N.

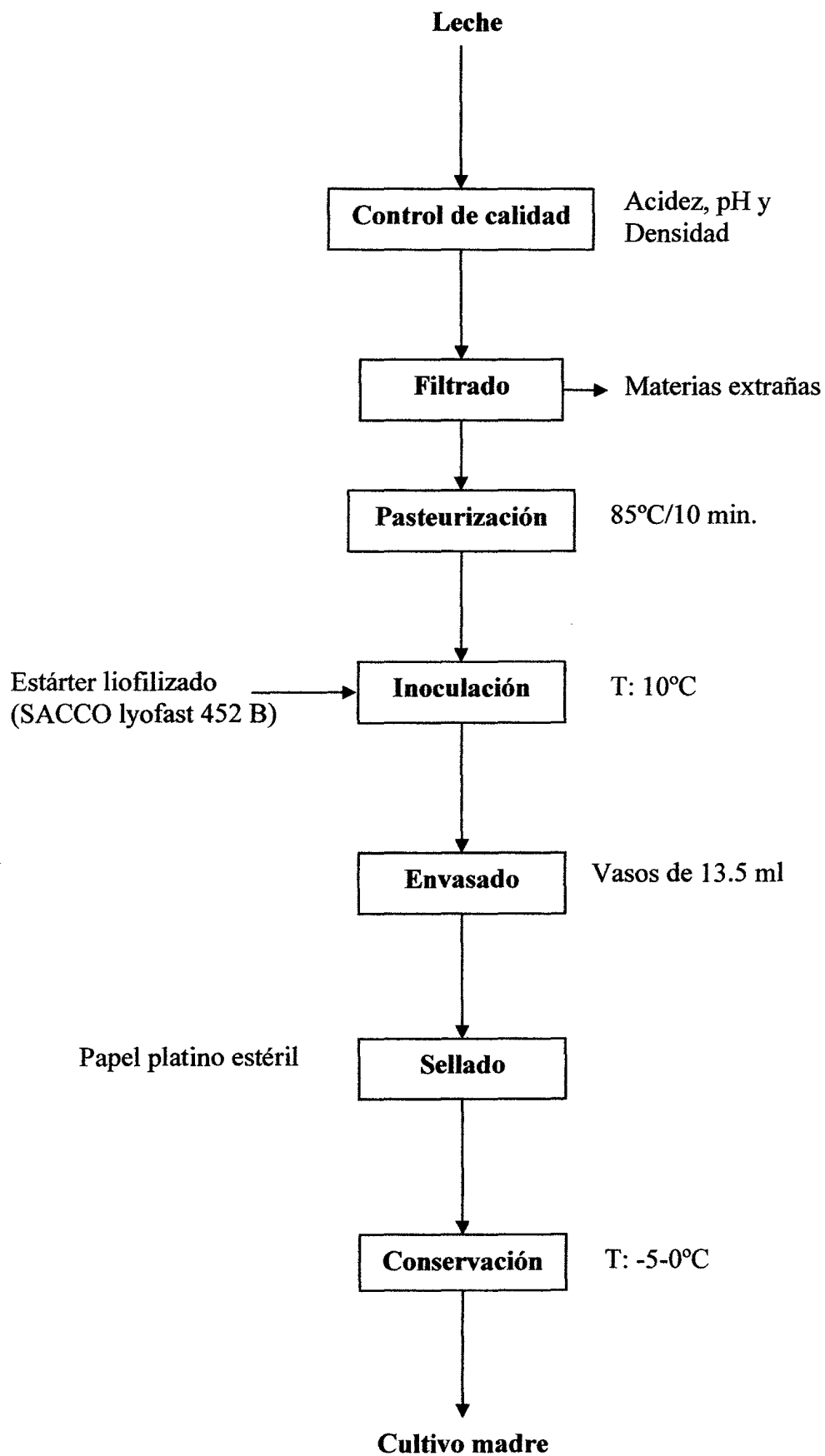
## 4.3. Metodología experimental

### 4.3.1. Preparación del cultivo madre

Para la preparación del cultivo madre, se utilizó el cultivo liofilizado comercial marca (SACCO Lyofast 452 B), para ello se procedió según el flujograma descrito en la figura 05.

- **Control de calidad.-** se realizo un control de acidez titulable, pH y densidad de la leche fresca.
- **Filtrado.-** Se filtro la leche con la ayuda de una tela especial para filtrado para eliminar presencia de material extraño (pelos, impurezas macroscópicas, etc).
- **Pasteurización.-** Esta operación se efectuó en una olla, sometiendo a un tratamiento térmico la leche a una temperatura de 85 °C por 10 minutos.

**FIGURA 05. Diagrama de flujo para la obtención de cultivo madre.**



- **Enfriamiento.-** Se enfrió hasta una temperatura de 10 °C.
- **Inoculación.-** Se inoculó el estárter liofilizado (SACCO Lyofast 452 B) del sobre entero a 10°C.
- **Envasado.-** Para elaborar en pequeñas cantidades, el cultivo se envasó en vasos descartables estériles con 13.5 ml aprox. para elaborar 02 litros/batch de producto e inmediatamente se congela a temperatura constante de 0 °C.
- **Conservación.-** Los cultivos envasados se refrigeró a -5-0 °C, para inactivar el desarrollo de las bacterias lácticas hasta el momento de su utilización.

#### 4.3.2. Adición de bicarbonato de sodio a la leche

La adición de bicarbonato de sodio se realizo a la leche antes del tratamiento térmico para evitar la desnaturalización de las proteínas, se agrego de acuerdo a los estándares permitidos de acuerdo a las normas de uso de aditivos. Con la siguiente teoría de 84 g de bicarbonato neutraliza 90 gramos de ácido láctico y 1°D es 10 gramos de ácido láctico en 100 Lts de leche propuesto por Montero, R. (2000). En presente trabajo de investigación se trabajó con 2 Lts de leche y para reducir 6 °D se neutraliza 1,2 g de ácido láctico.

#### CUADRO 06. Calculo de bicarbonato requerido para 2 Litros de leche.

84 g de ácido láctico	—————→	90 g ácido láctico
1,2 g de ácido láctico	—————→	X

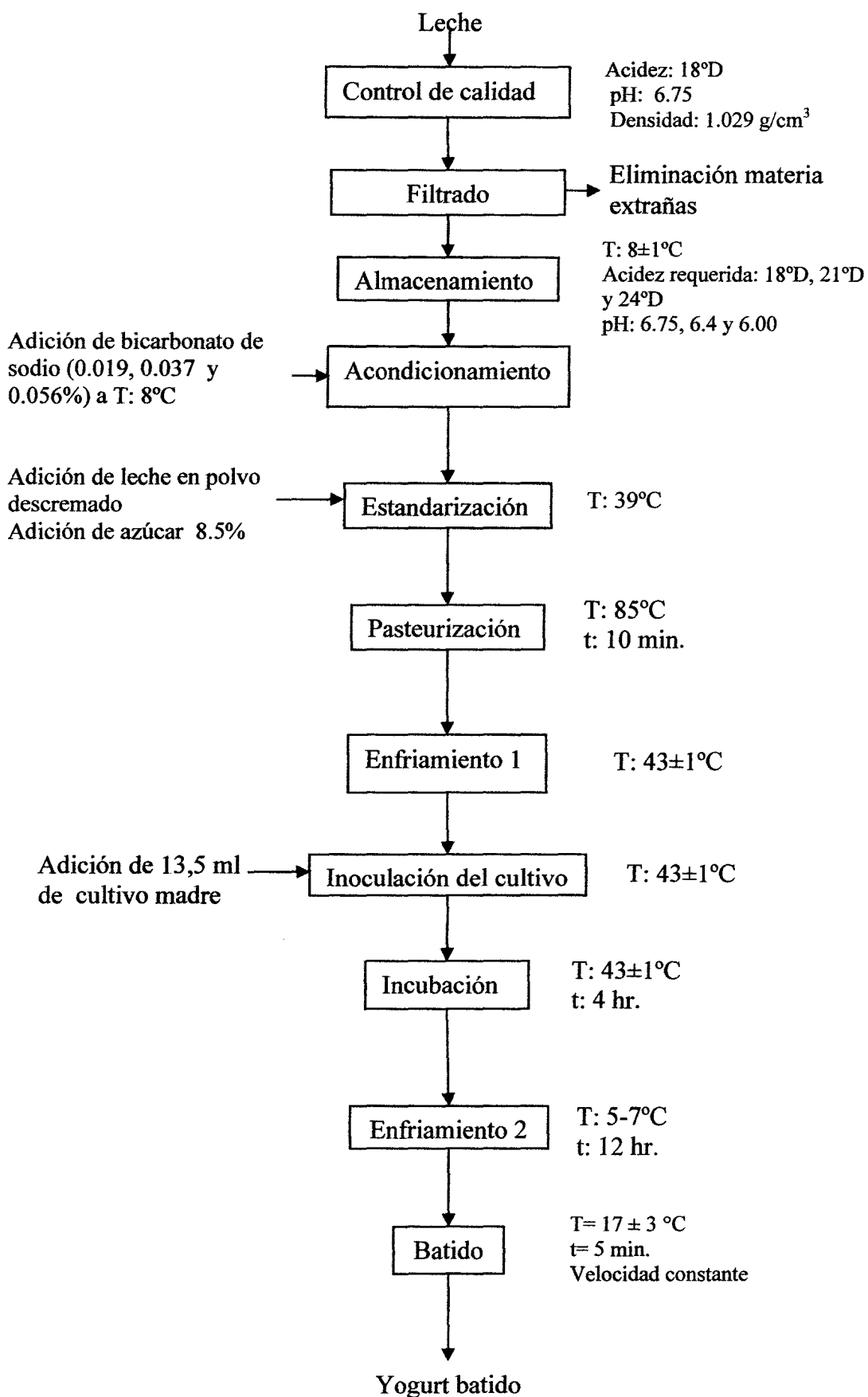
#### 4.3.3. Obtención de yogurt batido elaborado con la adición de bicarbonato de sodio

Esta etapa de investigación se desarrolló en el laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales de la E.A.P de Ingeniería Agroindustrial de la UNAMBA. Los procesos para este trabajo se efectuaron según el flujograma descrito en la figura 06.

- **Control de calidad.-** En esta etapa de proceso se determinó la calidad de la leche fresca, mediante los análisis fisicoquímicos de Acidez, pH y densidad regulando la temperatura a 20 °C.



**FIGURA 06. Diagrama de bloques para la elaboración de yogurt batido adicionado con bicarbonato de sodio.**



- **Filtración de leche fresca.-** Se filtro la leche con la ayuda de una tela especial para filtrado para eliminar partículas extrañas (pelos, impurezas, etc.)
- **Almacenamiento.-** la leche se almacenó a temperatura constante de  $8\pm 1^{\circ}\text{C}$  hasta obtener una acidez titulable de  $18^{\circ}\text{D}$ ,  $21^{\circ}\text{D}$  y  $24^{\circ}\text{D}$ .
- **Acondicionamiento.-** Se acondicionó a la leche acidificada con la adición de bicarbonato de sodio antes de realizar la pasteurización. Como se indica en el siguiente cuadro.

**CUADRO 07. Corrección de acidez titulable.**

Concentración de acidez titulable inicial $^{\circ}\text{D}$	Acidez corregida ( $^{\circ}\text{D}$ ) con 0,019% de Bicarbonato	Acidez corregida ( $^{\circ}\text{D}$ ) con 0,037% de Bicarbonato	Acidez corregida ( $^{\circ}\text{D}$ ) con 0,056% de Bicarbonato
18	16,5	15	12
21	19,5	18	15
24	22,5	21	18

- **Estandarizado.-** También en esta etapa se adicionó la leche en polvo descremado para poder alcanzar los sólidos totales requeridos para un yogurt batido y el azúcar en cantidad de 8.5 %.
- **Pasteurización.-** La leche fresca con bicarbonato de sodio se sometió al tratamiento térmico a una temperatura de  $85^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos, para destruir los microorganismos patógenos. Este proceso se desarrolló en ollas de aluminio mediante agitación continua, donde también se adiciona el azúcar.
- **Enfriamiento 1.-** Se enfrió rápidamente hasta  $43\pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- **Inoculación.-** Se adiciona el cultivo madre preparado, y se agita cuidadosamente.
- **Incubación.-** Se efectuó en una incubadora de material diseñado con tecnopor, controlando la temperatura de 42 a  $43^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 4 a 4,5 horas con siembra de cultivo madre, hasta que el yogurt alcance un pH de 4,5.



- **Enfriamiento 2.-** Se enfrió a una temperatura de 5-7 °C por 12 horas.
- **Batido.-** El yogurt se homogeneizó cuidadosamente con cucharones de madera aproximadamente por un tiempo de 5 min y a una temperatura de  $17 \pm 3$  °C a una velocidad constante.

#### 4.3.4. Análisis fisicoquímico del yogurt

- **pH.-** Se determinó por lectura directa con el potenciómetro digital marca SCHOTT, según el método 981.12 (AOAC 1990)
- **Acidez.-** La determinación de la acidez se efectuó a la temperatura de  $35 \pm 1$  °C, en todos los yogurt elaborados, por titulación con hidróxido de sodio de 0.1N, en este ensayo se adicionó agua destilada a las muestras medidas para facilitar la dilución del indicador la muestra para posteriormente valorar con facilidad según el método 16.023 (A.O.A.C., 1984).

#### 4.3.5. Análisis de viscosidad de yogurt batido elaborado con la adición bicarbonato de sodio

La evaluación de esta propiedad física se efectuó utilizando el viscosímetro rotacional modelo: ST – 2001, a 60 rpm con Husillo L3 en todas las muestras de yogurt, los valores obtenidos en unidades (cps).

#### 4.3.6. Determinación de sinéresis

Se determinó con la técnica de guinee *et al.*, (1995), se peso 5 g de yogurt a 12°C en un tubo de centrifuga y se centrifugó a 5000 r.p.m durante 20 minutos. El peso del sobrenadante obtenido se emplea para calcular el porcentaje de sinéresis mediante la expresión siguiente:

$$\% \text{ sinerisis} = \frac{\text{peso de sobrenadante}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$



#### **4.3.7. Evaluación de análisis sensorial del yogurt batido**

En el análisis sensorial se ha realizado con el método de escala hedónica se realizó con un panel de jueces NO entrenados de 20 personas, con 9 muestras de Yogurt con porcentajes de (0 % de NaHCO<sub>3</sub> muestra patrón), 0,019 % de NaHCO<sub>3</sub>, 0.037 % de NaHCO<sub>3</sub> y 0.056 % de NaHCO<sub>3</sub> a 18°D, 21°D y 24°D de acidez titulable), quienes respondieron a un test de escala hedónica de 9 puntos, valorando los atributos de aceptabilidad general, color, aroma y sabor. La escala hedónica se realizó con dos repeticiones. Para la consistencia se utilizó la prueba de ordenamiento, la forma a evaluar estadísticamente se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, también se utilizó la deferencia de la suma ordinal absoluta crítica de todos los tratamientos un nivel de significancia de 5 % para la evaluación de prueba de ordenamiento.

Para procesar los datos obtenidos por los jueces se usó los paquetes estadísticos siguientes: Microsoft Office Excel 2007 y el Statistic 7.0.

#### **3.3.8. Análisis fisicoquímico del yogurt más preferido**

El análisis fisicoquímico como son el pH, Viscosidad y % acidez titulable expresado en ácido láctico el cual se realizó al producto más preferido, determinado por el análisis organoléptico para realizar las comparaciones con el patrón, los análisis se han realizado con los mismos procedimientos descritos en los apéndices.

#### **4.3.9. Análisis microbiológico de yogurt**

Coliformes totales, levaduras y mohos, dichos análisis se han realizado en el laboratorio de Microbiología de Dirección Regional de Salud Cusco con los siguientes métodos: numeración de coliformes con el método FIL-IDF 73B: 1998, levaduras y mohos con el método FIL-IDF 94B:1990.



#### 4.4. Análisis estadístico

Las muestras se analizaron haciendo uso del Software “Statistica” v.7 Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con una separación de medias a través de la prueba TUKEY y un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Las variables evaluadas fueron: viscosidad aparente (cps), sinéresis (%), consistencia, aceptabilidad general, color, sabor del de yogur.

El modelo para medir la característica física (viscosidad) fue:

$$Y_{ijk} = u + B_i + A_{cj} + (B_i * A_{cj})_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Determinación de la viscosidad (cps) del i-ésimo nivel de bicarbonato con el j-ésimo concentración de acidez titulable.

$U$  = Efecto de la media poblacional.

$B_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de bicarbonato.

$A_{cj}$  = Efecto del j-ésimo acidez titulable.

$(B_i * A_{cj})_{ij}$  = Interacción nivel de bicarbonato por concentración de acidez titulable.

$e_{ijk}$  = error experimental.

##### 4.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental usado fue diseño factorial, con un arreglo de tratamientos de  $3^2$  (Cuadro 08), con tres repeticiones para todos los tratamientos, teniendo un total de 27 experimentos más tres experimentos de control de referencia. Para cada prueba se efectuó con dos litros de leche fresca, de acuerdo al siguiente arreglo factorial.

**CUADRO 08. Diseño factorial 3x3.**

ACIDEZ TITULABLE	CONCENTRACIÓN DE BICARBONATO		
	0,019% de NaHCO <sub>3</sub>	0,037% de NaHCO <sub>3</sub>	0,056% de NaHCO <sub>3</sub>
18°D	TRT1	TRT2	TRT3
21°D	TRT4	TRT5	TRT6
24°D	TRT7	TRT8	TRT9

En el cuadro 09, se aprecia las combinaciones de los dos factores con tres niveles para cada factor obteniéndose un total de nueve tratamientos más tres repeticiones para cada tratamiento y acompañado por un control.

**CUADRO 09. Diseño Experimental.**

C	TRT1	TRT2	TRT3	TRT4	TRT5	TRT6	TRT7	TRT8	TRT9
Acidez	18°D	18°D	18°D	21°D	21°D	21°D	24°D	24°D	24°D
NaHCO <sub>3</sub>	0,019%	0,037%	0,056%	0,019%	0,037%	0,056%	0,019%	0,037%	0,056%
1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

Leyenda:

C: Control

TRT: Tratamiento

R: Repetición

Los Factores que se presentan son: concentraciones de bicarbonato de sodio y concentraciones de acidez titulable de la leche, con tres niveles para cada factor y tres repeticiones para cada tratamiento.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1. Determinación de análisis fisicoquímico de materia prima

En el cuadro 10, se reportan los resultados de análisis químico de la leche como proteína, materia grasa, cenizas, agua y energía (Kcal).

**CUADRO 10. Composición química leche fresca entera (en porcentaje base húmeda).**

Composición química	Leche fresca entera
Energía Kcal	99,032
Agua	88,4947 ± 0,254
Proteína *	3,4235 ± 0,238
Grasa	3,5500 ± 0,040
Carbohidratos	5,0283 ± 0,054
Cenizas	0,7324 ± 0,008

\* Nitrógeno x 6,38 para leche

Para esta investigación la leche fresca fue obtenida de la planta lechera de APAPA, donde la materia prima es conformada por las diferentes razas y de varios productores. En este trabajo de investigación el resultado de proteína coincide con lo reportado por Mahaut y otros (2004) donde se tiene 3,4 % de proteína, 3,7 % de grasa, 4,8 % de carbohidratos, muy similar a los registrados Vicente A. (2001) con grasa 3,6 %, proteína 3,3 % y de hidratos de carbono 4,8 %.

Por otro lado Tamine y Robinson, (1991) presentan 3,48 % de proteínas, 3,98 % de grasa, 4,77 % de glúcidos, 0,75 % de minerales y 87,02 % de agua respectivamente. Además Ordoñez, A. (1998) y Walstra y otros, (2001) reportaron datos similares a los registrados anteriormente, encontrado que lo determinado se encuentra dentro de los parámetros establecidos.



En la cuadro 11, se detalla los resultados de análisis fisicoquímicos determinados en la leche fresca para esta investigación, estos valores se encuentran dentro de límite permitido por la NTP 2001, permite un mínimo de 1,0296 y un máximo de 1,034 con respecto a la densidad expresado ( $\text{kg/m}^3$ ). Por otro lado Walstra y otros, (2001) mencionan que la densidad depende de la temperatura y de la composición química de la leche, así para una leche fresca entera a 20 °C es de aproximadamente  $1,030 \text{ Kg/m}^3$ .

**CUADRO 11. Análisis fisicoquímico de leche fresca<sup>1</sup>**

Acidez titulable (°D)de la leche	pH	Densidad relativa*	Sólidos totales
18	6,78	1,029	11,7210
21	6,40	1,029	11,7210
24	6,00	1,029	11,7210

°D Grados Dornic

\* Densidad corregida a 20°C

1 Los análisis reportados son los promedios de tres repeticiones

La acidez de leche fresca según la norma técnica peruana esta dado como mínimo de 0,14 % y máximo hasta 0,18 %, en este trabajo realizado fue de 0,18 % para el producto patrón. Los sólidos totales de la leche obtuvieron un 11,7210 %, esta propiedad según la norma como mínimo deberá estar de unos 11,4 % en la leche fresca entera. Según estos resultados la leche tiene las características fisicoquímicas adecuadas para su transformación en sus derivados especialmente para el yogurt tipo batido.

## 5.2. Análisis microbiológico de la leche

El análisis microbiológico se puede observar en el cuadro 12, que de acuerdo al análisis microbiológico la muestra “LECHE CRUDA DE VACA” cumple con los valores permisibles establecidos por la resolución ministerial N° 591-2008/MINSA.



**CUADRO 12. Resultados de análisis microbiológico de la leche.**

ENSAYOS	RESULTADOS DEL ENSAYO N° 160-10	LIMITE DE DETECCION DE METODO	(*) LIMITE MICROBIOLOGICO				METODOS DE ENSAYO
			N	c	m	M	
Numeración de Aerobios mesófilos viables	< 10	< 10	5	1	5x10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	ISO-4833:2003(E) UFC/g
Numero de coliformes	<3	<3	5	3	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO-4831:2006. NMP/g

(\*) Criterio microbiológico de calidad sanitaria e Inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano Sub Grupo 1.1 R.M. 591-2008-MINSA/DIGESA-V.01

### 5.3. Adición de bicarbonato de sodio a la leche fresca

En el cuadro 13, se muestra los diferentes niveles de bicarbonato de sodio y su equivalente en gramos añadidos a las muestras de 2 litros de leche fresca por cada concentración de acidez. La adición de bicarbonato de sodio conlleva a una reducción de acidez titulable para poder realizar un tratamiento térmico.

**CUADRO 13. Adición de bicarbonato de sodio (g) a la leche fresca.**

Concentración de acidez titulable(°D)	0,019%	0,037%	0,056%
18	0,38g	0,74g	1,12g
21	0,38g	0,74g	1,12g
24	0,38g	0,74g	1,12g

En la presente investigación las concentraciones de bicarbonato de sodio para la adición a la leche fresca fueron consideradas dentro de los límites permitidos por algunas legislaciones. Según Madrid, A. (1992) considera como dosis máxima 0,2-0,3 % m/m de bicarbonato de sodio para su utilización en la fabricación de leches evaporadas, en la fabricación de leches condensadas y en la elaboración de leche en polvo.

El bicarbonato de sodio se utiliza en la leche en bajas proporciones con el fin de evitar la coagulación de las proteínas de la leche Montero, R. (2000).

Esta coagulación se debe a que el ácido láctico durante el proceso de tratamiento térmico desnaturaliza la proteína cuando está elevada la acidez titulable, lo que podría llevar a disminuciones importantes en el pH y causar desnaturalización de las proteínas. Así mismo, esta acidez podría producir sinéresis. Algunas veces se utiliza hidróxido de calcio como neutralizante y se ha observado que genera aumentos en la viscosidad del producto final, el mecanismo por el cual sucede es desconocido, pero se estima que se relaciona con el balance de sales en el producto final (fennema, O. 1996).

También cabe mencionar que el pH de la leche se puede corregir con ácido láctico, el cual disminuye el pH y el bicarbonato de sodio el cual lo aumenta, pero para no perder el sabor, no se debe corregir más que un pH de 0.2 menciona (Zelaya, B.1998).

#### **5.4. Yogurt elaborado a diferentes concentraciones de acidez titulable y adicionado con bicarbonato de sodio: análisis físico-químicos**

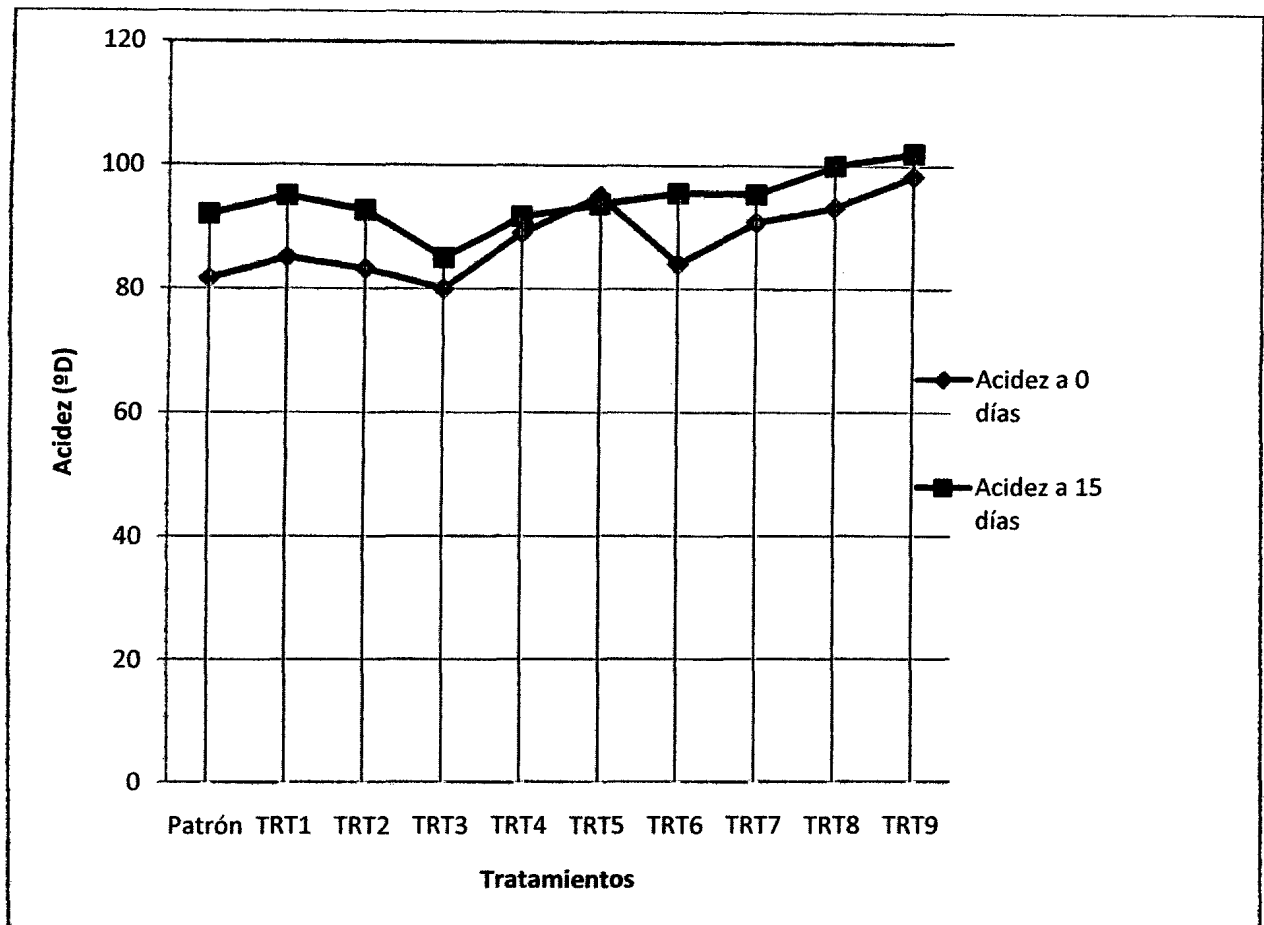
##### **5.4.1. Variación del pH y acidez**

En la figura 07, se muestra la evaluación de la acidez titulable expresado en gados dornic ( $^{\circ}$ D), donde se puede observar que la acidez a 0 días en los tratamientos TRT 9 y TRT 5 presentan la más elevadas en comparación a los demás tratamientos, sin embargo el que presenta la menor concentración de acidez titulable es el TRT 3 y TRT6, incluido el patrón.

En la misma figura se observa la evaluación de la acidez a 15 días de los tratamientos donde se puede ver que van incrementando, en donde se observa que la mayor concentración de acidez titulable esta en los tratamientos TRT 9 y TRT 8 respectivamente, manteniéndose el TRT 3 en el más bajo.



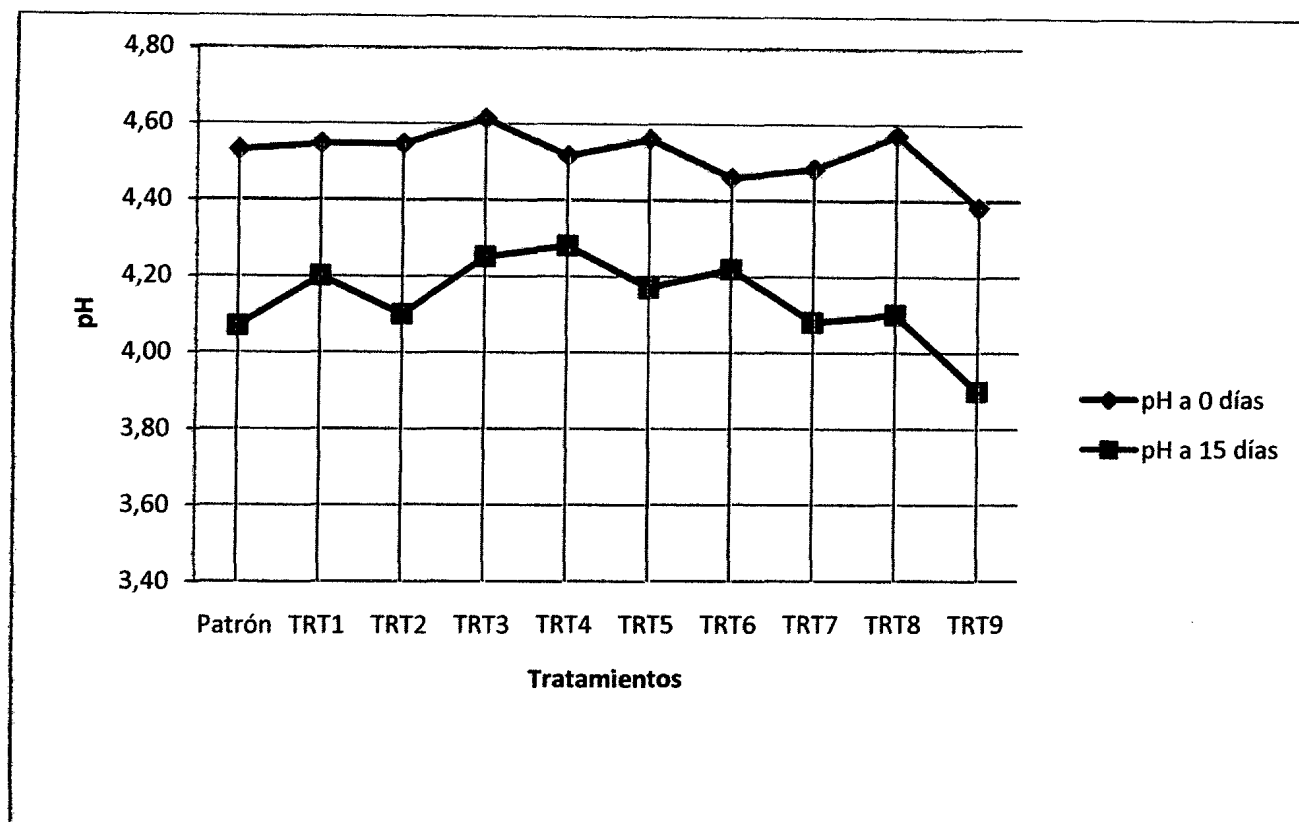
**FIGURA 07. Evaluación de la acidez de los tratamientos.**



En la figura 08, se observa la evaluación de pH en los tratamientos donde se puede apreciar que a 0 días el tratamiento que presenta elevado pH es en TRT 3 seguido por el TRT 8, sin embargo los tratamientos que presentan menor pH es TRT 9 y el TRT 6. En la misma figura se aprecia la evaluación del pH a los 15 días donde se puede ver que va decreciendo el pH de cada tratamiento, mostrándose el pH más elevado del TRT 3 y el TRT 4, sin embargo los tratamientos que presentan menor pH son los TRT 9 seguido por el TRT 7.

La disminución del pH del yogurt se debe a que el proceso de conversión de lactosa en ácido láctico sigue produciéndose a pesar de su conservación en refrigeración por la presencia de bacterias lácticas.

**FIGURA 08. Evaluación de pH de los tratamientos.**



En el cuadro 14, se muestran los valores de pH a 0 días y a 15 días de las muestras de yogurt elaboradas a diferentes concentraciones de acidez titulable y concentración de bicarbonato de sodio. El pH a 0 días de dichas muestras presentan mínimas diferencias con el patrón tan solo existe una diferencia significativa, el TRT 9 (24°D de acidez titulable con 0,056% de bicarbonato) presenta un  $\text{pH} = 4,383$  menor en comparación al patrón, sucede a los 15 días no existe diferencia significativa en los tratamientos en comparación al patrón, igualándose el pH de patrón con el TRT 9 el cual mostraba un menor pH en el día 0, mostrando una mínima descendencia del pH en los diferentes tratamientos esto demuestra que el tratamiento térmico ha sido eficiente y en todas las muestras de yogurt en esta investigación se observó que los valores de esta propiedad se encuentran dentro del rango esperado, es decir entre 3.7 y 4.6, valores también reportados por Rivas (2000), en esta investigación se puede concluir que esta propiedad no presentan variaciones por la adición de sales como el bicarbonato de sodio, coincidiendo con las investigaciones

realizadas por Valdez y otros (2005), la adición de cloruro de calcio a la leche en lo respecta al pH de yogurt presentan mínimas diferencias con las muestras de yogurt no enriquecidas con cloruro de calcio. Sin embargo Zelaya B. (1999), observaron que el pH de los yogurt enriquecidos con gluconato de calcio y lactato de calcio fueron mayores que los controles, causados probablemente por la capacidad amortiguadora adicional proporcionada por las sales de calcio.

**CUADRO 14. Evolución del pH y acidez de las muestras de yogurt elaborados con bicarbonato de sodio.**

<b>MUESTRAS DEL YOGURT</b>	<b>pH a 0 días</b>	<b>pH a 15 días</b>	<b>Acidez 0 días(°D)</b>	<b>Acidez a 15 días(°D)</b>
Patrón	4,530	4,07	81,67	92,00
TRT 1	4,546	4,20	85,04	95,00
TRT 2	4,546	4,10	83,21	92,67
TRT 3	4,613	4,25	80,01	85,00
TRT 4	4,516	4,28	89,05	91,67
TRT 5	4,560	4,17	95,05	93,67
TRT 6	4,460	4,22	84,04	95,50
TRT 7	4,483	4,08	90,83	95,33
TRT 8	4,570	4,10	93,22	100,00
TRT 9	4,383	3,9	98,31	102,00

La acidez a 0 días muestra que hay una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) mostrando una mayor acidez en lo que respecta al patrón, se puede observar que la mayor acidez muestra TRT 9 mostrando una acidez titulable de 98°D y se puede decir también que el menor pH presenta el mismo tratamiento disminuyendo inversamente y la acidez a 15 días se mantiene en el mismo orden; observándose que el mismo tratamiento muestra una acidez elevada de 102°D demostrando que la adición de bicarbonato de sodio no tiene efecto adverso en las bacterias lácticas en la producción de ácido láctico, al adicionar el bicarbonato de sodio al TRT 9 no reduce por completo el ácido láctico por que se encuentra en elevadas concentraciones en comparación a los demás tratamientos eso muestra que el ácido láctico producido antes del pasteurizado y después de la adición de

cultivo láctico son el total de ácido láctico que después presenta una elevada concentración de ácido láctico. En este trabajo de investigación el resultado de acidez titulable coincide con lo reportado por Ley General de Salud (1996), el cual menciona que el ácido láctico presente en el yogurt debe variar entre 0.8 a 1.8 %.

Del mismo modo Laye y otros (1993), estudiaron las propiedades químicas, microbiológicas y sensoriales de yogurt natural no graso y encontraron valores de pH de 4.2 a 4.5 % de ácido láctico de 0.9 a 1.3 %, concluyendo que el porcentaje de ácido láctico incrementa a través del tiempo de almacenamiento, debido al cultivo y concentraciones utilizadas, por lo tanto la cantidad y el tipo de cultivo son importantes para obtener una buena acidez, sin embargo en este trabajo se llegó a los porcentajes de acidez requeridos, sin tener que ser necesario algún tipo de cultivo específico.

El pH tiene que ver mucho con la coagulación de las proteínas que se le denomina punto isoeléctrico. El punto isoeléctrico es la reacción (pH) en la que hay un equilibrio en el número de iones con cargas negativas y positivas. Las moléculas protéicas tienen la tendencia a formar sales con los ácidos o las bases en el estado de equilibrio en el que se encuentra y es allí que se ocurre la coagulación de las proteínas (Spreer, 1975).

#### **5.4.2. Variación de la viscosidad aparente**

El análisis de varianza (ANVA) de los yogurt a diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio con diferentes concentraciones de acidez titulable se muestra en el cuadro 15, de los resultados demuestra que la adición de  $\text{NaHCO}_3$  y la concentración de acidez titulable tienen una influencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ) sobre la viscosidad de los yogurt. Sin embargo el análisis de variancia de los resultados de la viscosidad aparente demuestra que la interacción de los niveles de bicarbonato de sodio con la concentración de acidez titulable no tiene efectos significativos ( $p > 0.05$ ). Llegándose a la conclusión que las dos variables influyen en forma independiente.



**CUADRO 15. Análisis de variancia (ANVA) de viscosidad aparente con acidez titulable y concentración de bicarbonato de sodio.**

	Suma de cuadrados	de GL	Media cuadrática	F	P-value	Signif.
Acidez	285003	2	142501	8,504	0,002511	**
Bicarbonato	4122526	2	2061263	123,012	0,000000	**
Acidez*Bicarbonato	137905	4	34476	2,057	0,129059	*
Error	301620	18	16757			
	C.V= 3,852	r= 0,95				

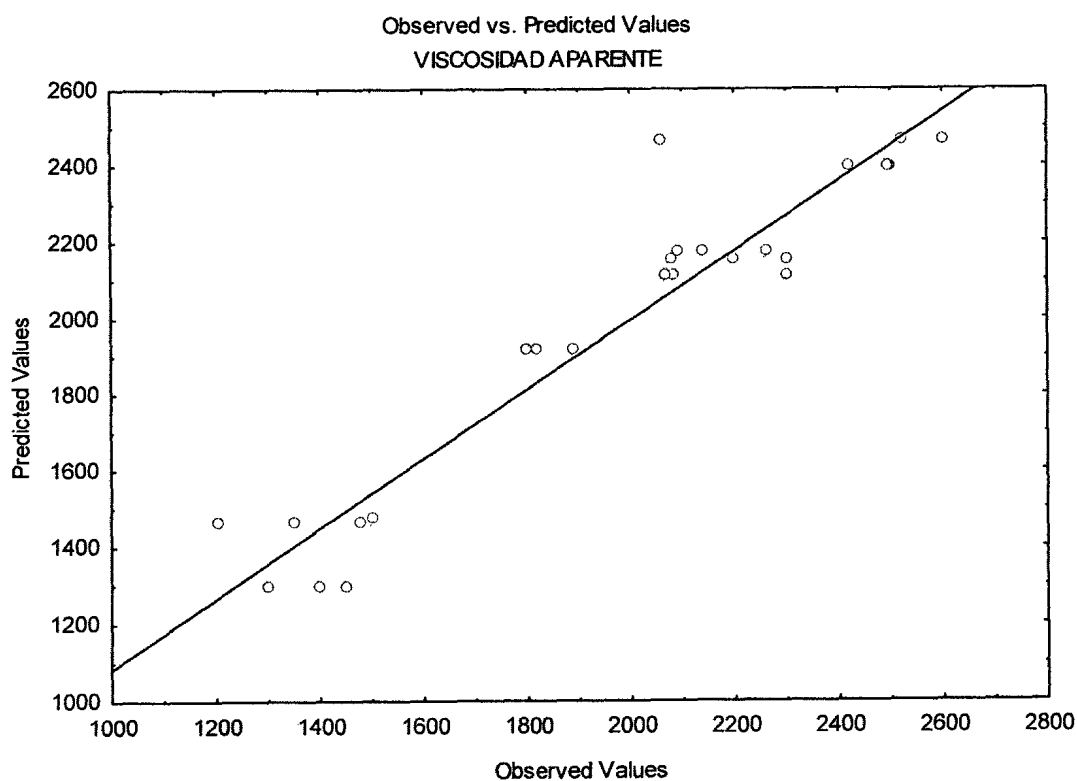
Leyenda:

\*\* : Significativo

\* : no significativo

En la figura 09, se puede observar que los datos observados en evaluación de la viscosidad aparente del yogurt y los datos predecidos no se encuentran muy dispersos sobre la línea de margen, llegándose a concluir que la investigación es confiable ( $r= 0,95$ ).

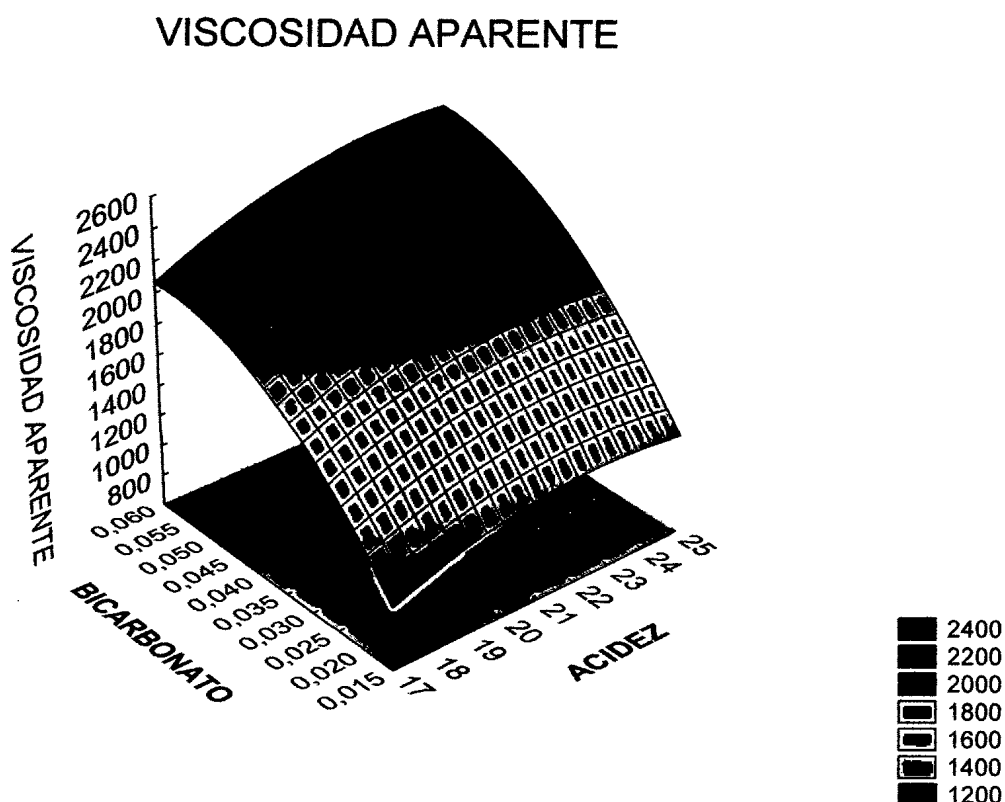
**FIGURA 09. Dispersión de los datos observados y predecidos.**



En la figura 10, se observar la Influencia de concentración de bicarbonato y acidez titulable sobre la viscosidad aparente donde la concentración de bicarbonato de sodio y la

concentración de acidez titulable influye en la viscosidad aparente del yogurt, cuanto mas se eleva la concentración de bicarbonato de sodio y la concentración de acidez titulable es mayor la viscosidad aparente del yogurt.

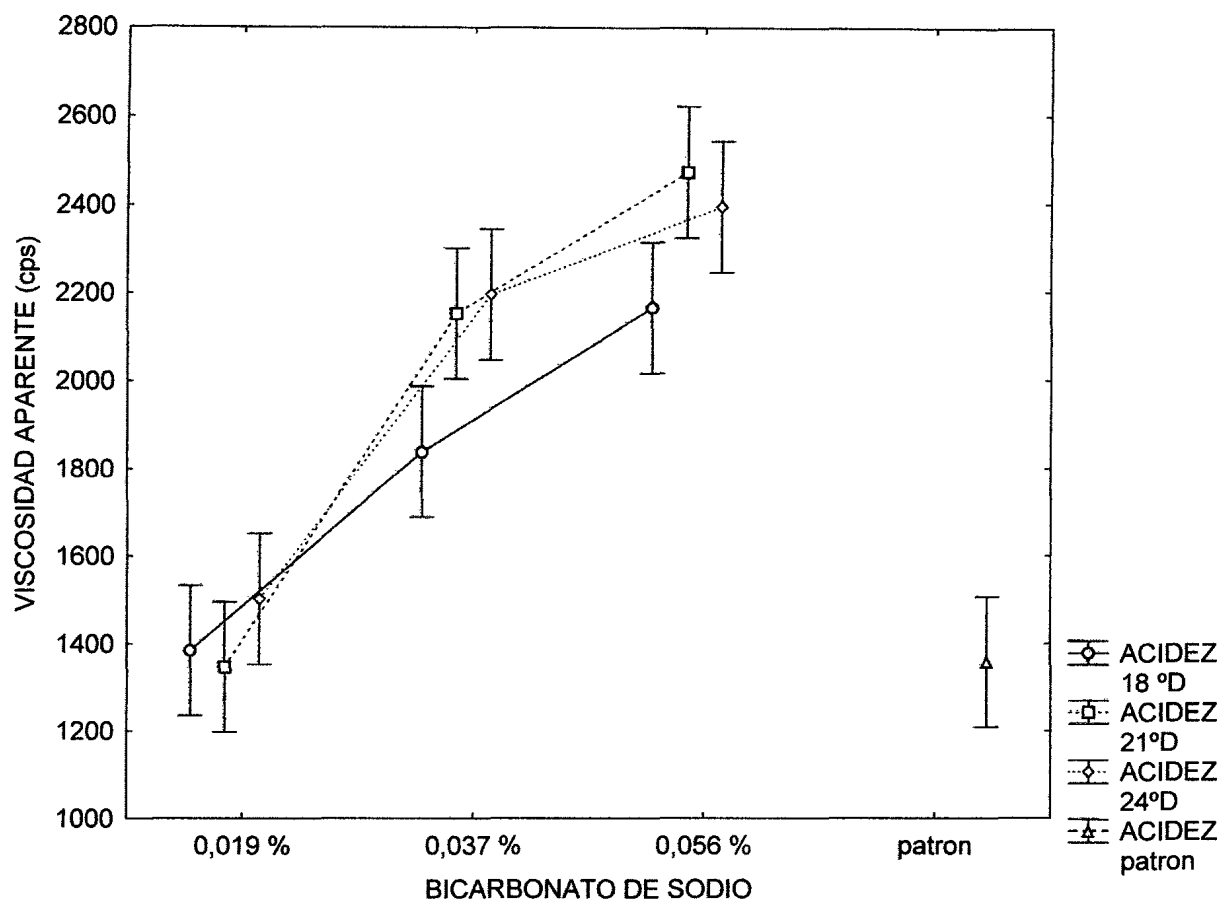
**FIGURA 10. Influencia de concentración de bicarbonato y acidez titulable sobre la viscosidad aparente.**



En la figura 11, se observa el análisis de varianza (ANVA) con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y para cada nivel de bicarbonato de sodio, donde se puede predecir que la mayor viscosidad se aprecia en la mayor concentración de acidez titulable con la mayor concentración de bicarbonato de sodio. Mostrando una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las concentraciones de acidez titulable y concentración de bicarbonato, en la figura se aprecia que la mayor viscosidad es el TRT 6 (21°D de acidez titulable con 0,056% de bicarbonato de sodio) seguido por el TRT 9 (por 24°D de acidez titulable con 0,056% de acidez titulable) y en comparación al patrón se observa una diferencia significativa la mayoría de los tratamientos mas no los tratamientos TRT 1,

TRT 4 y TRT 7, demostrando que hay una influencia de las concentraciones de acidez titulable y los niveles de bicarbonato de sodio.

**FIGURA 11. Análisis de Varianza (ANVA) de viscosidad para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**



En el cuadro 16, se observa las comparaciones de medias de la viscosidad aparente con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio, donde se aprecia en el TRT6 una media de 2472,52 cps, seguido por el TRT 9 con media de 2393,96 cps y por último el TRT 8 con una media de 2194,33 cps.

El tratamiento que se encuentra con menor viscosidad aparente es el TRT 1 con media 1383,65 cps, encontrándose una mínima diferencia con la muestra patrón con media 1357,12cps.

**CUADRO 16. Comparación de medias de viscosidad aparente con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Viscosidad aparente media	Viscosidad aparente - 95%	Viscosidad aparente +95%	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	1357,12	-	-	3
TRT 1	18°D	0,019%	1383,65	1226,63	1540,67	3
TRT 2	18°D	0,037%	1836,39	1679,38	1993,41	3
TRT 3	18°D	0,056%	2164,22	2007,21	2321,24	3
TRT 4	21°D	0,019%	1345,69	1188,68	1502,71	3
TRT 5	21°D	0,037%	2151,65	1994,63	2308,66	3
TRT 6	21°D	0,056%	2472,52	2315,50	2629,53	3
TRT 7	24°D	0,019%	1501,47	1344,45	1658,49	3
TRT 8	24°D	0,037%	2194,33	2037,31	2351,35	3
TRT 9	24°D	0,056%	2393,96	2236,94	2550,97	3

En la presente investigación se obtuvo una viscosidad aparente máximo de 2472,52 cps del TRT 6 y un mínimo de 1357,12 cps que reporta el patrón, entonces se observa que la acidez titulable y concentración de bicarbonato de sodio influyen directamente en la viscosidad del yogurt, sin embargo se coincide con los rangos obtenidos de la viscosidad aparente con otras investigaciones, Martine, S. (2003), demuestra en su tesis estandarización de la producción de la mezcla base para yogurt batido en la planta de lácteos de Zamorano una viscosidad aparente de 2845 cps como máximo.

Rojas y otros (2007) menciona la viscosidad del yogur esta en un rango de 1000 a 3500 cps. El rango depende del procesamiento dado a la mezcla de yogur.

En la presente investigación se observo que el TRT 9 y TRT 8 presentan mayor cantidad de acidez titulable y el mismo TRT 9 presenta también una elevada viscosidad aparente y se coincide con lo descrito por Fennema, (1996) donde menciona que con la producción de la acidez se afecta la textura y el sabor del producto, además el aumento en la acidez en yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína. Del mismo modo ocurre con el pH del TRT 9 donde se demuestra que el pH es inversamente proporcional a la producción de ácido láctico, esto significa que a medida disminuye el pH del yogurt, la viscosidad del mismo aumenta. Esta fenómeno se pudo observar desde el

inicio del estudio, cuando se realizó la diferenciación por acidez de los tratamientos, y también a través del tiempo cuando la acidez natural aumentaba. La viscosidad del yogur batido a un pH de 4.4 es mayor que a un pH de 5.0, esto sugiere que variando el pH de un yogur, es una forma eficiente de modificar sus viscosidad (Rojas y otros, 2007).

En este estudio realizado se pudo observar que hay una influencia de acidez sobre la viscosidad en el yogurt elaborado con bicarbonato de sodio lo mismo coincide (Maldonado, F. 2009), el cual determinó que la acidez tiene efecto positivo sobre la viscosidad del yogur, ya que a medida aumenta la acidez, aumenta la viscosidad del mismo.

En esta investigación también se puede plantear que podría incrementar ligeramente la actividad del  $\text{Na}^+$  donde una porción pequeña de bicarbonato sódico se disuelve en presencia de ácido como ácido láctico hace una reacción dióxido de carbono y agua quedando el sodio con el ácido siendo estos cambios los responsables de la ligera desintegración de las micelas, a pesar del aumento de voluminosidad, pudiendo disminuir su tamaño medio y aumentando la viscosidad del yogurt.

Fox y McSweeney (1998), menciona que las principales sales minerales de la leche son los fosfatos, citratos, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos de sodio, potasio, calcio y magnesio.

El mismo autor aporta que las micelas de caseína contienen las sales no disueltas, además de los compensadores de su carga negativa (principalmente Ca, Mg, K y Na). Las sales disueltas pueden afectar varias propiedades de la leche como por ejemplo, la estabilidad de las proteínas (Walstra y otros, 2001).

Otro factor que puede afectar el estado de las sales minerales es la producción de ácido láctico durante el proceso de fermentación.

Cabe mencionar también que Según Martínez, S. (2003) en la caracterización reológica de yogurt han demostrado que el yogurt es un fluido que exhibe un comportamiento no



Newtoniano de tipo pseudoplástico con un esfuerzo de cedencia y que los modelos que mejor describen este comportamiento son el de Casson y el de Herschel-Bulkley, del mismo modo Sharma K. y colaboradores (2003), estudiaron las características reológicas de yogurt batido, variando los contenidos de materia, temperatura de fermentación (32 a 43 °C) y composición de cultivos bacterianos (0.02 %), así como diferentes tipos de cultivo, las curvas de flujo se analizaron a un rango de velocidad de giro de 29-920 s<sup>-1</sup> y un comportamiento pseudoplástico del yogurt, los cuales fueron descritos usando el modelo de Herschel-Bulkley y el modelo de Casson.

#### 5.4.3. Formación de Sinéresis

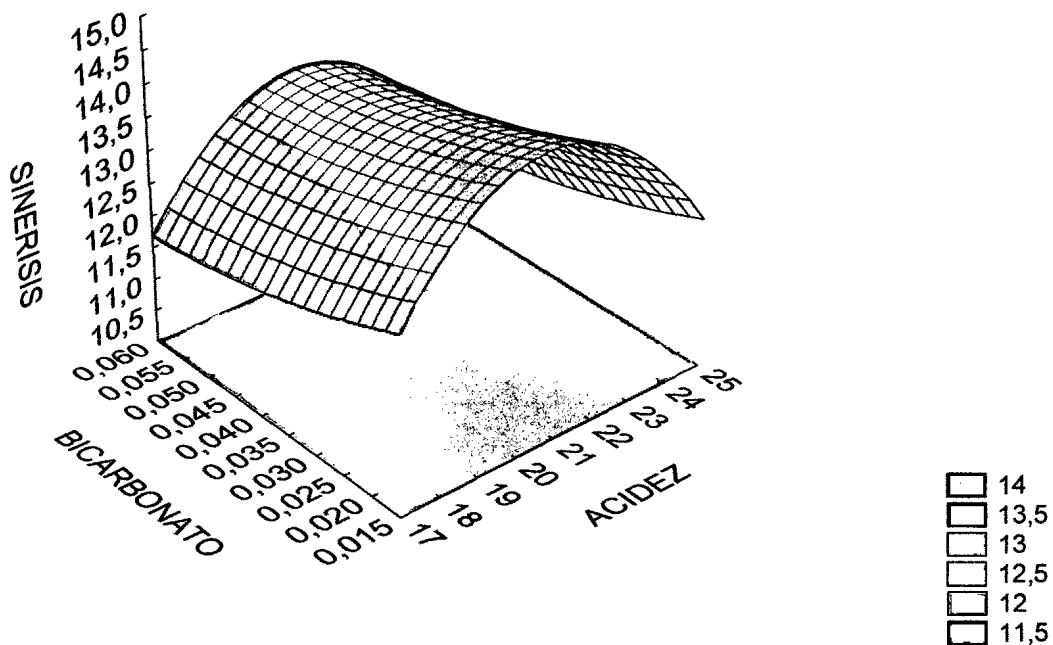
Según el análisis de Varianza (ANVA) se ha observado diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre la concentración de acidez titulable y los niveles de bicarbonato de sodio, sin embargo la figura 12, se muestra la formación de sinéresis, encontrando que la cantidad de suero desprendido tiende a disminuir según que va incrementando la cantidad de bicarbonato. Esto es atribuible en apariencia, a que el bicarbonato de sodio disminuye las hidrolisis de las proteínas en el tratamiento térmico que se le da a la leche. Por otro lado la concentración de acidez se ve que no tiene una influencia significativa a la medida que sube la acidez titulable disminuye la formación de sinéresis, tan solo se observa que la formación de sinéresis es más elevado en 21°D de acidez titulable con una concentración mínima de bicarbonato de sodio. De este análisis se puede concluir que la mayor formación de sinéresis se obtuvo donde la concentración de bicarbonato ha sido insuficiente para reducir la concentración de acidez titulable antes del pasteurizado de la leche, coincidiendo con Tamime y Robinson (1991), donde menciona que la formación de sinéresis es un factor que influye en el aumento de la sinéresis es el desarrollo de la alta acidez, al igual que la agitación a temperaturas relativamente altas; la sinéresis en el yogurt también se ve afectada por la presencia de aditivos como pueden ser gomas y por la adición de minerales aumentando el porcentaje de sinéresis.



Los cambios que sufren las proteínas durante la elaboración del yogurt resultan de gran importancia para la estabilidad del gel, porque están estrechamente relacionadas con el mejoramiento de la consistencia y viscosidad del producto al impedir la separación del suero ó sinéresis (Tamime y Robinson, 1985). Este último factor según Molina I. (2009), requiere especial atención, ya que la secreción de agua de la estructura del gel puede acabar con la estabilidad del yogurt, llegando a constituir uno de los peores defectos en el producto final. La sinéresis es un parámetro de interés y se encuentra entre las características más importantes de la calidad del yogurt, ya que se busca la ausencia completa de suero libre y grumos.

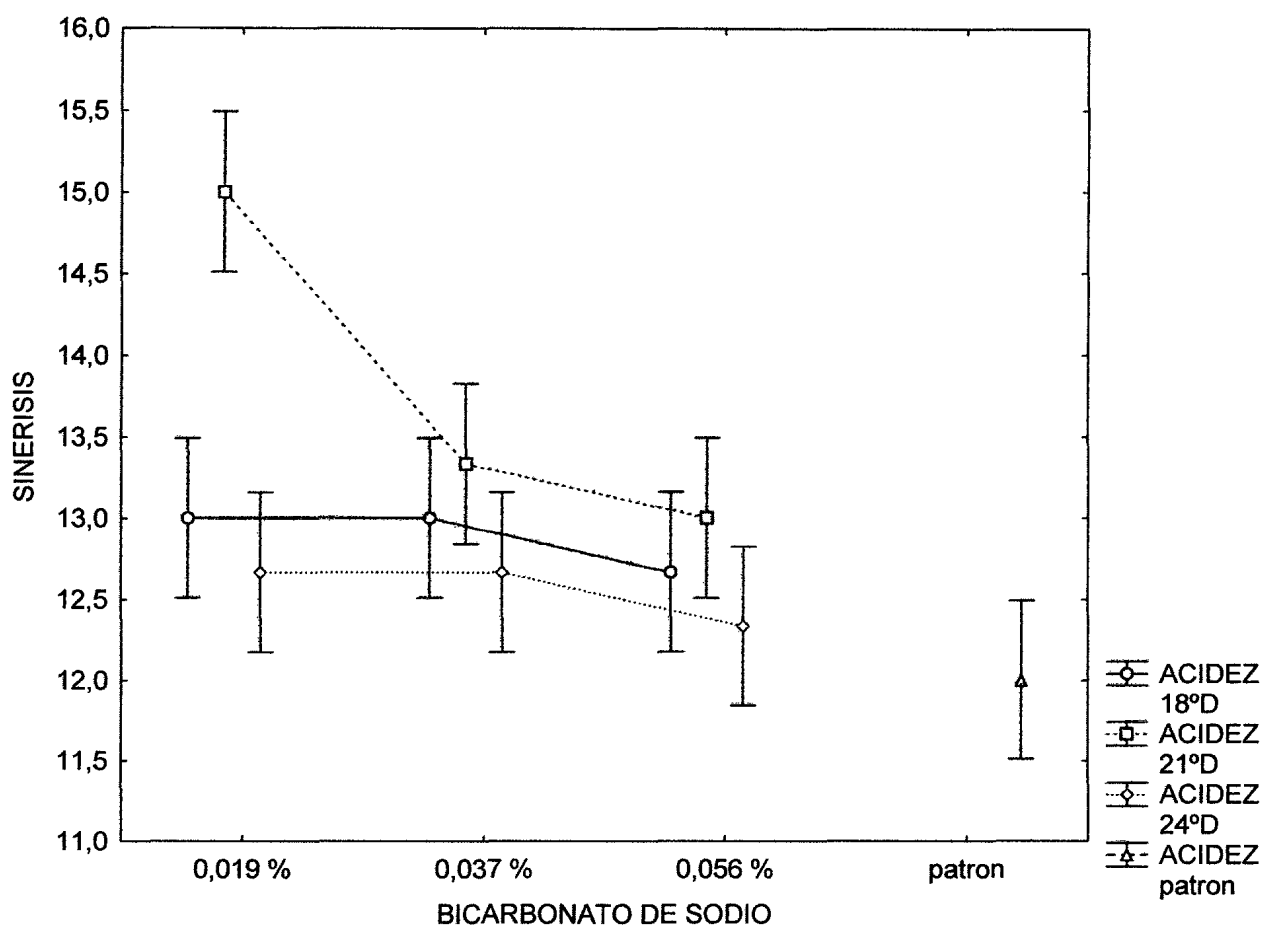
**FIGURA 12. Evaluación de formación de sinéresis en diferentes concentraciones de acidez titulable y diferentes niveles de bicarbonato de sodio.**

### SINERISIS



En la figura 13, se observa análisis de Varianza (ANVA) de sinéresis para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable donde tan solo hay una diferencia significativa en el TRT 4 (21°D de acidez titulable con 0,019% de bicarbonato de sodio), en comparación a los demás tratamientos, sin embargo en comparación al patrón muestra una mínima diferencia como se aprecia en la figura.

**FIGURA 13. Análisis de Varianza (ANVA) de sinéresis para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**



En el cuadro 17, se observa la comparación de medias de la sinéresis con la prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio donde se puede ver que la media con mayor formación de sinéresis es en el TRT 4 con 15% de formación de sinéresis. Según Rojas y otros (2007), evaluó diferentes proporciones de leche de vaca y

cabra para la elaboración de yogurt, donde se obtuvo porcentajes de sinéresis superiores a los del presente estudio que reporto un máximo 16,4 % en 100 % leche de vaca.

**CUADRO 17. Comparación de medias de sinéresis con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Sinéresis Media	Sinéresis -95%	Sinéresis +95%	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	12,00	-	-	3
TRT 1	18°D	0,019%	13,00	12,48	13,52	3
TRT 2	18°D	0,037%	13,00	12,48	13,52	3
TRT 3	18°D	0,056%	12,67	12,14	13,19	3
TRT 4	21°D	0,019%	15,00	14,48	15,52	3
TRT 5	21°D	0,037%	13,33	12,81	13,86	3
TRT 6	21°D	0,056%	13,00	12,48	13,52	3
TRT 7	24°D	0,019%	12,67	12,14	13,19	3
TRT 8	24°D	0,037%	12,67	12,14	13,19	3
TRT 9	24°D	0,056%	12,33	11,81	12,86	3

En la presente investigación se obtuvo menor porcentaje de formación de sinéresis a la medida que incrementa la concentración de acidez titulable del yogurt, contradiciendo a Vélez y Barbosa (1997), donde menciona que los yogurt tienen un mayor porcentaje de sinéresis, así como un mayor porcentaje de acidez, lo que demuestra que la sinéresis aumenta conforme aumenta la acidez de la leche. La menor formación de sinéresis a elevada concentración de acidez es posible que se deba a la reducción de acidez titulable de la leche con bicarbonato de sodio antes del tratamiento térmico a la leche.

El porcentaje de sinéresis adecuado para tener una buena calidad según Alatraste (2002), debe ser menor al 42 % para yogurt tipo asentado, este porcentaje se cumple en esta investigación con un máximo de 15 % de formación de sinéresis, sin embargo este valor de 42 por ciento es para yogurt asentado y como se mencionó el yogurt elaborado en este trabajo es batido.

Tamime y Robinson (1991) mencionan que si el porcentaje de sinéresis es mayor a 42 %, se dice que la formación de la estructura del gel no es muy buena, lo cual se puede deber a ciertos factores como la reducción de grasa o la adición de minerales.



## 5.5. Evaluación Sensorial

### 5.5.1. Análisis de escala hedónica de los tratamientos

En los tratamientos de elaboración de yogurt se adicionó el bicarbonato de sodio y la acidez expresada en grados Dornin ( $^{\circ}$ D), a fin de mejorar la consistencia y aceptabilidad del mismo. Se trabajó con 9 tratamientos seleccionados descritos en el Cuadro 8 y 9.

Idrogo, G. y Valdes, J. (2005), mencionan que en la adición de aditivos como el cloruro de calcio se puede adicionar hasta un 10 % para el yogurt batido, se encontró en esta investigación una adición del 0.056 % con bicarbonato de sodio para el yogurt batido. En el cuadro 18, se muestra el análisis de varianza los tratamientos donde demuestran que hay diferencias entre las muestras y jueces en función a la consistencia, aceptabilidad, color, olor y sabor al encontrar un probabilidad (p-value) menor a 0.05.

En los tratamientos para la elaboración del yogurt batido el tratamiento 3 con 0.056 % de Bicarbonato de sodio a una acidez de 18  $^{\circ}$ D tuvo mayor aceptación en aceptabilidad, sabor, olor, pero el tratamiento 9 con 0.056 % de bicarbonato de sodio a un acidez de 24  $^{\circ}$ D tuvo mayor aceptación en la consistencia, la muestra patrón presento un mejor aceptación en el color.

Las pruebas sensoriales, determinaron que existe diferencia significativa en cuanto a los atributos de consistencia, aceptabilidad, color, olor y sabor en función a los tratamientos (% de bicarbonato e incremento de la acidez) al encontrar un valor crítico para F (F tabulado) de 1,934.

**CUADRO 18. Análisis de varianza (ANVA) del análisis organoléptico.****ANÁLISIS DE VARIANZA****ACEPTABILIDAD**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Jueces	73.92	19	3.89052632	4.18994836	1.6456E-07	1.64770369
Muestras	74.82	9	8.31333333	8.95314271	5.0884E-11	1.93498765
Error	158.78	171	0.92853801			
Total	307.52	199				
		C.V= 4,56	r= 0,95			

**COLOR**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Jueces	35.1	19	1.84736842	4.54532374	2.6494E-08	1.64770369
Muestras	14.9	9	1.65555556	4.07338129	9.3737E-05	1.93498765
Error	69.5	171	0.40643275			
Total	119.5	199				
		C.V= 5,76	r= 0,95			

**OLOR**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Jueces	89.38	19	4.70421053	5.90096831	2.9556E-11	1.64770369
Muestras	85.48	9	9.49777778	11.9140258	1.737E-14	1.93498765
Error	136.32	171	0.79719298			
Total	311.18	199				
		C.V= 4,55	r= 0,95			

**SABOR**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Jueces	94.255	19	4.96078947	4.71026403	1.1408E-08	1.64770369
Muestras	105.805	9	11.7561111	11.1624143	1.2418E-13	1.93498765
Error	180.095	171	1.05318713			
Total	380.155	199				
		C.V= 5,87	r= 0,95			

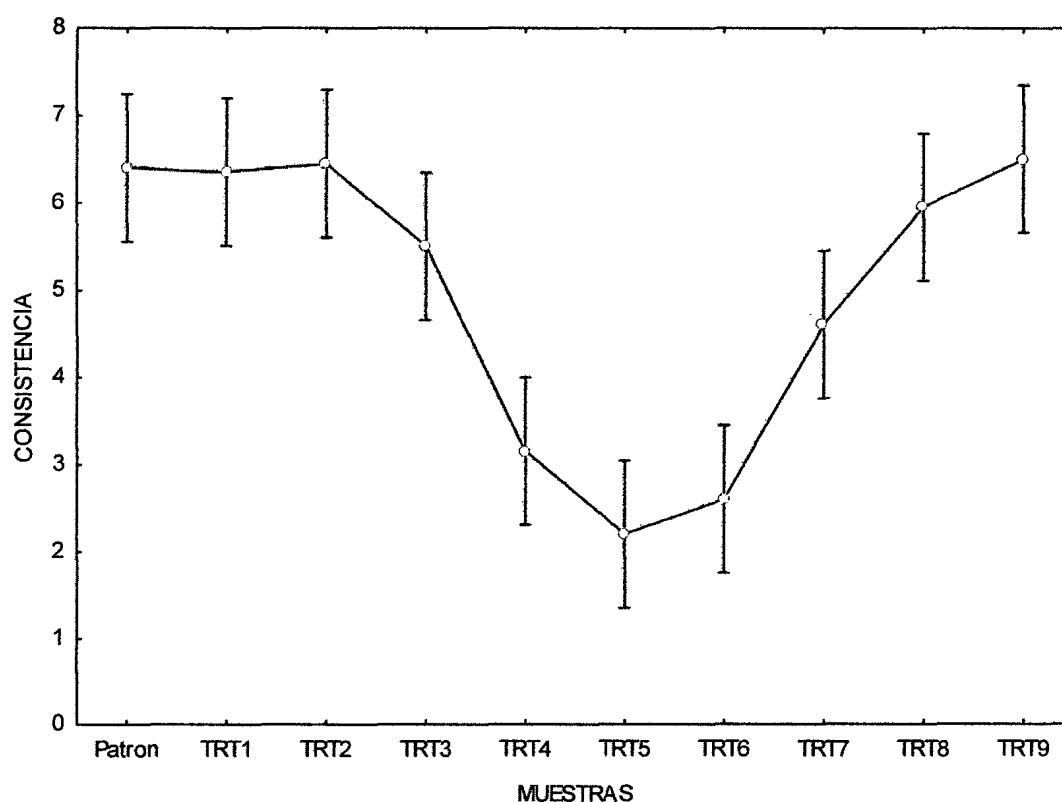
**CONSISTENCIA**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Jueces	3.42	19	0.18	0.0442763	1	1.64770369
Muestras	529.22	9	58.8022222	14.4641388	2.923E-17	1.93498765
Error	695.18	171	4.06538012			
Total	1227.82	199				
		C.V= 3,78	r= 0,95			



En las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18 se presenta las frecuencias de las pruebas de aceptación por medio de la escala hedónica, para la variabilidad de consistencia, aceptabilidad, color, olor y sabor. En las Figuras (14, 15, 16 y 18), se observa que el TRT 3 (0.056 % de bicarbonato de sodio y con una acidez de 18 °D) manifestó haber gustado a los jueces desde moderadamente hasta muchísimo.

**FIGURA 14. Frecuencia de los datos de aceptación, en función de la consistencia del yogurt batido elaborado con diferentes porcentajes de bicarbonato de sodio y diferentes grados de acidez.**



Se observa en la Figura 14, que los tratamientos son significativamente diferentes al encontrar valor mayor al F tabulado 1.934. Por lo que los tratamientos 1, 2, 3, 7, 8 y 9 y la muestra patrón, fueron preferidas por los jueces que evaluaron: consistencia, al registrar valores inferiores al DMS de Tukey en consistencia de 0.05 en comparación dichos valor, mientras que los tratamientos TRT 4, TRT 5 y TRT 6 fueron menos aceptadas en relación a estos parámetros (Cuadro 01 del Anexo 05).

Observando la muestras patrón y los tratamientos 1, 2, 3, 7, 8 y 9, presentan una similar tendencia y poseen un puntaje alto de aceptación en función a la consistencia, estadísticamente estos tratamientos son iguales.

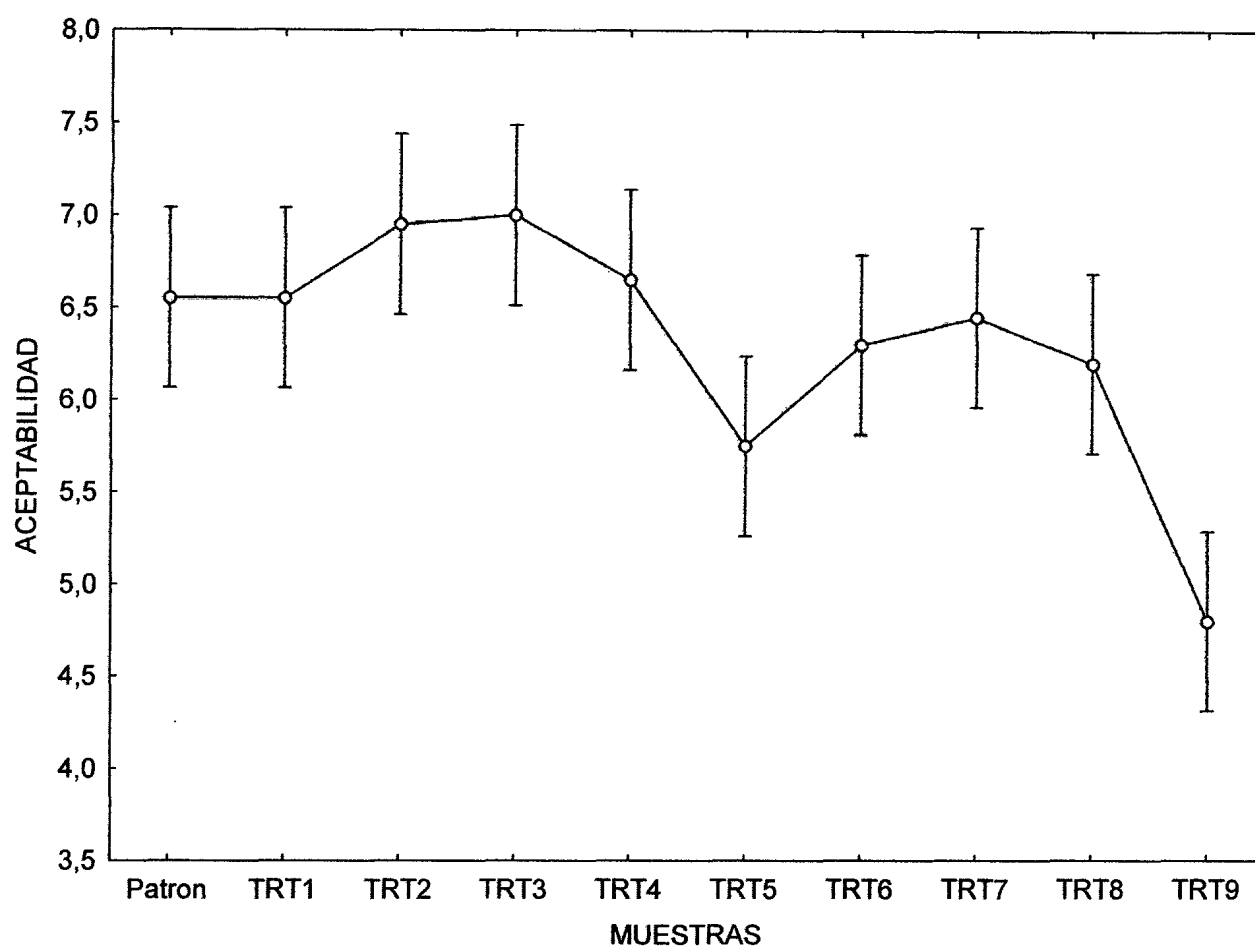
**CUADRO 19. Comparación de medias de consistencia con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Consistencia	Consistencia	Consistencia	Rep.
			media	- 95 %	+95 %	
Patrón	18°D	0,000%	6,40	5,55	7,25	20
TRT 1	18°D	0,019%	6,35	5,50	7,20	20
TRT 2	18°D	0,037%	6,45	5,60	7,30	20
TRT 3	18°D	0,056%	5,50	4,65	6,35	20
TRT 4	21°D	0,019%	3,15	2,30	3,99	20
TRT 5	21°D	0,037%	2,20	1,35	3,05	20
TRT 6	21°D	0,056%	2,60	1,75	3,45	20
TRT 7	24°D	0,019%	4,60	3,75	5,45	20
TRT 8	24°D	0,037%	5,95	5,10	6,79	20
TRT 9	24°D	0,056%	6,50	5,65	7,35	20

En el cuadro 19 se observa la comparación de medias de consistencia con prueba de Tukey para cada concentración de acidez titulable y bicarbonato de sodio donde se concluye que el tratamiento que mejor consistencia presenta es TRT 9 al presentar una media (6,50 puntos) indicando el tratamiento más consistente, seguido por TRT 1 con una media (6,45 puntos) y por último el patrón con una media (6,40 puntos), estos tres tratamientos son los que presentan una mejor consistencia los cuales coinciden con los resultados de viscosidad aparente obtenidos empleando el Viscosímetro rotacional, marca: H W.Kessel, modelo: ST – 2001.

El tratamiento que presenta menor consistencia es el TRT 5 seguido por el TRT 6 mostrando una diferencia significativa en comparación a los demás tratamientos incluida la muestra patrón.

**FIGURA 15. Frecuencia de los datos de aceptación, en función a la aceptabilidad del yogurt batido elaborado con diferentes porcentajes de bicarbonato de sodio y diferentes grados de acidez.**



Se observa en la Figura 15, que los tratamientos son significativamente diferentes al encontrar valor mayor al F tabulado 1.934. Por lo que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y la muestra patrón, fueron preferidas por los jueces que evaluaron: aceptabilidad, al registrar valores inferiores al DMS de Tukey en aceptabilidad de 0.05 en comparación dichos valor, mientras que el tratamiento 9 fue menos aceptado en relación a este parámetro (Cuadro 2 del Anexo 05).

En la comparación de medias con el test de tukey, donde compara los tratamientos para determinar si existen diferencias entre los tratamientos, esta comparación nos indica que ese resultado es menor a DMS ( $>0.05$ ), por lo tanto es significativo demostrando que existen diferencias entre tratamientos.

Observando la muestras patrón y los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 presentan una similar tendencia y poseen un puntaje similar de aceptación en función a la aceptabilidad, estadísticamente estos tratamientos son iguales.

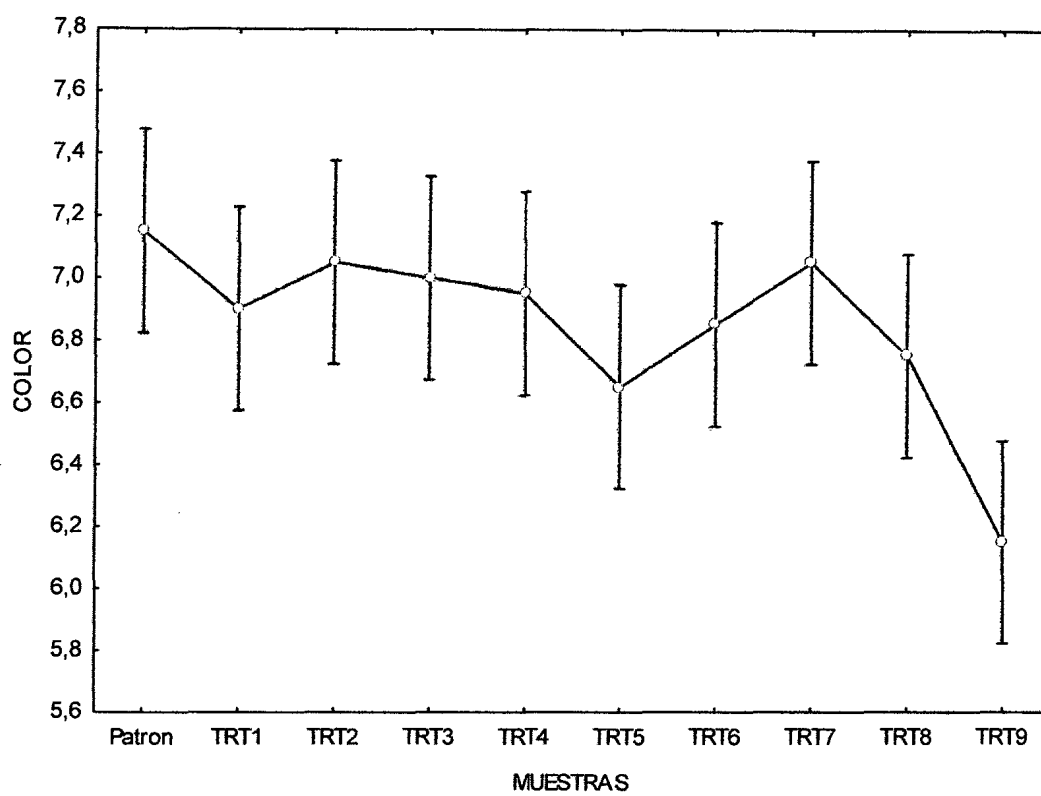
**CUADRO 20. Comparación de medias de Aceptabilidad General con prueba de tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Aceptabilidad media	Aceptabilidad - 95 %	Aceptabilidad +95 %	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	6,55	6,06	7,04	20
TRT 1	18°D	0,019%	6,55	6,06	7,04	20
TRT 2	18°D	0,037%	6,95	6,46	7,44	20
TRT 3	18°D	0,056%	7,00	6,51	7,49	20
TRT 4	21°D	0,019%	6,65	6,16	7,14	20
TRT 5	21°D	0,037%	5,75	5,26	6,24	20
TRT 6	21°D	0,056%	6,30	5,81	6,79	20
TRT 7	24°D	0,019%	6,45	5,96	6,94	20
TRT 8	24°D	0,037%	6,20	5,71	6,69	20
TRT 9	24°D	0,056%	4,80	4,31	5,29	20

En el cuadro 20, se observa que los puntajes varían entre 5 y 7 por eso se encuentra que son iguales, por consiguiente de los 9 tratamientos, el mejor en aceptabilidad es el TRT 3 con una media (7,00 puntos), seguido por el TRT 2 con una media (6,95 puntos) y por ultimo el patrón con una media (6,55 puntos) empatando con el TRT 1 con una media (6,55 puntos), se puede ver los TRT 3 y TRT 2 son mas preferidos que el patrón.

El tratamiento que muestra menor aceptación es el TRT9 con una media de (4,80 puntos) seguido por el TRT5 con una media de (5,75 puntos) en comparación a los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y la muestra patrón.

**FIGURA 16. Frecuencia de los datos de aceptación, en función al color del yogurt batido elaborado con diferentes porcentajes de bicarbonato de sodio y diferentes grados de acidez.**



Se observa en la Figura 16, que los tratamientos son significativamente diferentes al encontrar valor mayor al F tabulado 1.934. Por lo que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y la muestra patrón, fueron preferidas por los jueces que evaluaron: color, al registrar valores inferiores al DMS de Tukey en color de 0.05 en comparación dichos valor, mientras que el 9 fue menos aceptado en relación a este parámetros (Cuadro3 del Anexo 5).

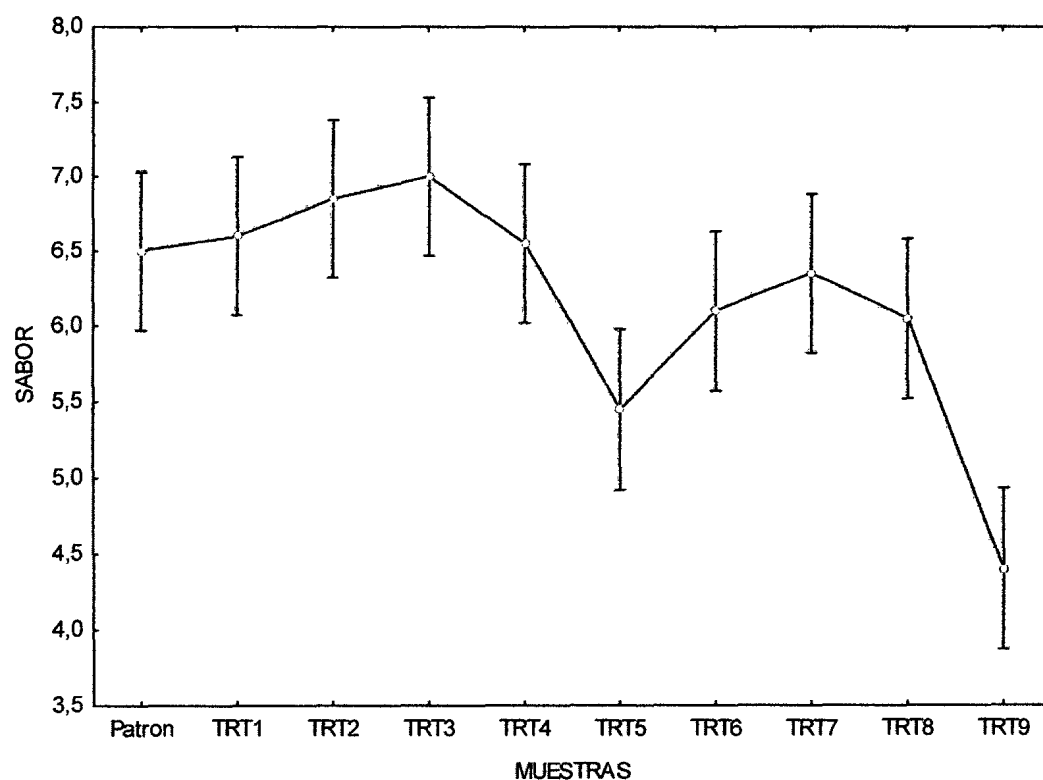
Observando la muestras patrón y los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, presentan una similar tendencia y poseen un puntaje alto de aceptación en función al color, estadísticamente estos tratamientos son iguales.

**CUADRO 21. Comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Color media	Color - 95 %	Color +95 %	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	7,15	6,82	7,48	20
TRT 1	18°D	0,019%	6,90	6,57	7,23	20
TRT 2	18°D	0,037%	7,05	6,72	7,38	20
TRT 3	18°D	0,056%	7,00	6,67	7,33	20
TRT 4	21°D	0,019%	6,95	6,62	7,28	20
TRT 5	21°D	0,037%	6,65	6,32	6,98	20
TRT 6	21°D	0,056%	6,85	6,52	7,18	20
TRT 7	24°D	0,019%	7,05	6,72	7,38	20
TRT 8	24°D	0,037%	6,75	6,42	7,08	20
TRT 9	24°D	0,056%	6,15	5,82	6,48	20

En el cuadro 21, se observa la comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable, se observa que los puntajes varían entre 6 y 7 por eso encuentran que son iguales, de los 9 tratamientos, el mejor en color es la muestra patrón, por tener una mejor aceptación en dicha evaluación.

**FIGURA 17. Frecuencia de los datos de aceptación, en función al sabor del yogurt.**



Se observa en la Figura 17, que los tratamientos son significativamente diferentes al encontrar valor mayor al F tabulado 1.934. Por lo que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y la muestra patrón, fueron preferidas por los jueces que evaluaron: sabor, al registrar valores inferiores al DMS de Tukey en sabor de 0.05 en comparación dichos valor, mientras que los tratamientos 5 y 9 fueron menos aceptadas en relación a este parámetros (Cuadro 4 de anexo 05).

Observando la muestras patrón y los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8, presentan una similar tendencia y poseen un puntaje alto de aceptación en función al sabor, estadísticamente estos tratamientos son iguales.

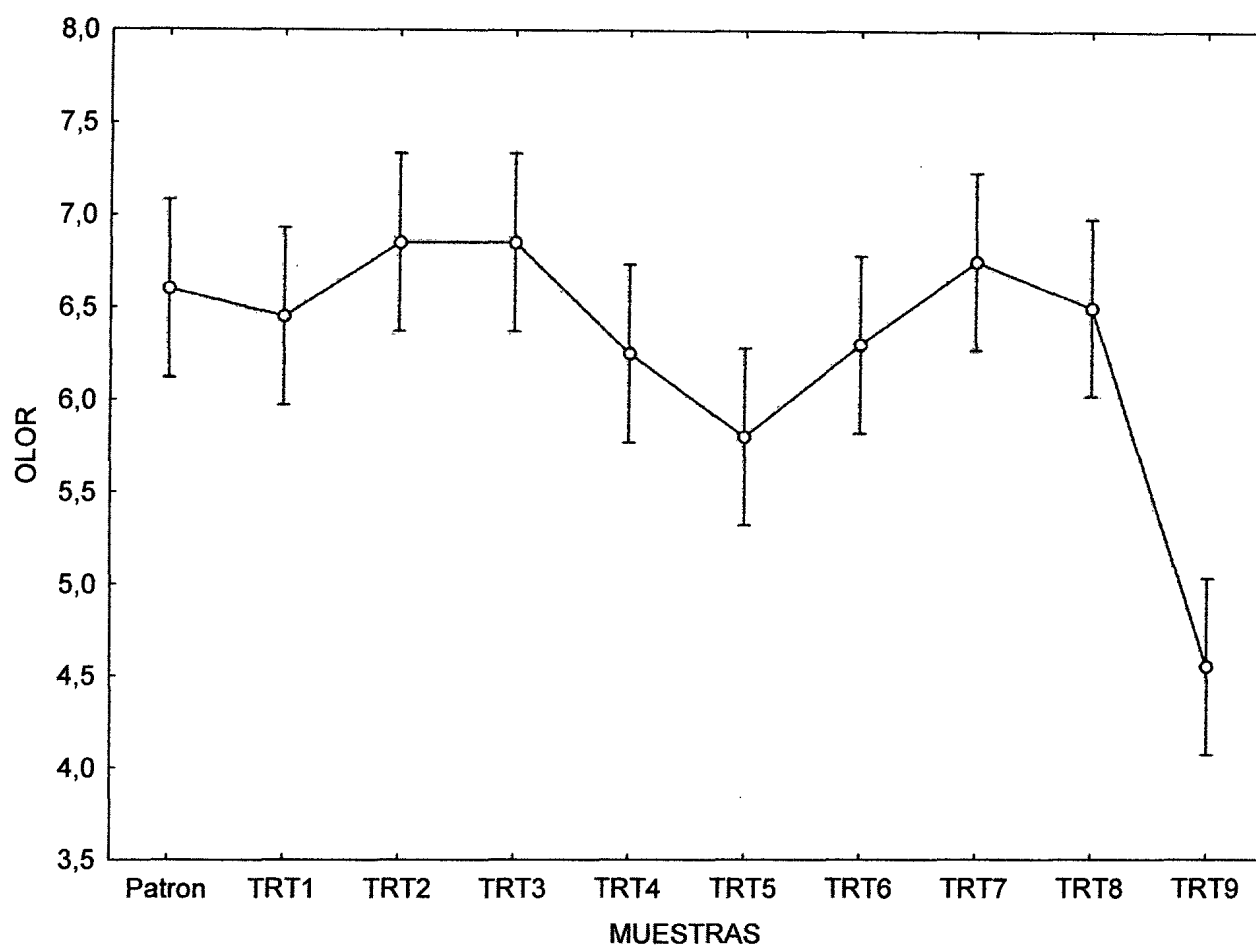
**CUADRO 22. Comparación de medias de Sabor con prueba de Tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Sabor media	Sabor - 95 %	Sabor +95 %	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	6,50	5,97	7,03	20
TRT 1	18°D	0,019%	6,60	6,07	7,13	20
TRT 2	18°D	0,037%	6,85	6,32	7,38	20
TRT 3	18°D	0,056%	7,00	6,47	7,53	20
TRT 4	21°D	0,019%	6,55	6,02	7,08	20
TRT 5	21°D	0,037%	5,45	4,92	5,98	20
TRT 6	21°D	0,056%	6,10	5,57	6,63	20
TRT 7	24°D	0,019%	6,35	5,82	6,88	20
TRT 8	24°D	0,037%	6,05	5,52	6,58	20
TRT 9	24°D	0,056%	4,40	3,87	4,93	20

En el cuadro 22, haciendo la comparación de medias de sabor con prueba de tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable se puede apreciar que el TRT 3 obtuvo una media de (7,00 puntos), seguido por el TRT 2 obteniendo una media de (6,85 puntos) y por último el TRT 1 obteniendo una media de (6,60 puntos), en el presente se aprecia la comparación con el patrón donde se puede observar que los tratamientos mencionados han superado los puntajes del patrón, en conclusión el yogurt adicionados con bicarbonato de sodio son los más preferidos.



**FIGURA 18. Frecuencia de los datos de aceptación, en función al olor del yogurt batido elaborado con diferentes porcentajes de bicarbonato de sodio y diferentes grados de acidez.**



Se observa en la Figura 18, que los tratamientos son significativamente diferentes al encontrar valor mayor al F tabulado 1.934. Por lo que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y la muestra patrón, fueron preferidas por los jueces que evaluaron: olor, al registrar valores inferiores al DMS de Tukey en olor de 0.05 en comparación dichos valor, mientras que el 9 fue menos aceptado en relación a este parámetros (Cuadro 5 de Anexo 5).

Observando la muestras patrón y los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, presentan una similar tendencia y poseen un puntaje alto de aceptación en función al olor, estadísticamente estos tratamientos son iguales.

**CUADRO 23. Comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable.**

Tratamientos	Acidez	Bicarbonato	Color media	Color -95 %	Color +95 %	Rep.
Patrón	18°D	0,000%	7,15	6,82	7,48	20
TRT 1	18°D	0,019%	6,90	6,57	7,23	20
TRT 2	18°D	0,037%	7,05	6,72	7,38	20
TRT 3	18°D	0,056%	7,00	6,67	7,33	20
TRT 4	21°D	0,019%	6,95	6,62	7,28	20
TRT 5	21°D	0,037%	6,65	6,32	6,98	20
TRT 6	21°D	0,056%	6,85	6,52	7,18	20
TRT 7	24°D	0,019%	7,05	6,72	7,38	20
TRT 8	24°D	0,037%	6,75	6,42	7,08	20
TRT 9	24°D	0,056%	6,15	5,82	6,48	20

En el cuadro 23, se observa la comparación de medias de color con prueba de Tukey para cada nivel de concentración de bicarbonato de sodio y acidez titulable donde se puede resumir que tratamiento que obtuvo mejor puntaje en lo que respecta el color es el patrón con media (7,15 puntos), seguida por el TRT 2 con media de (7,05 puntos) empatando con en TRT 7 (7,05 puntos).

En estas Figuras, se observa que las diez muestras tienen una tendencias similar ahora en todas observamos diferencias significativas viendo que el tratamiento 9 es diferentes de los demás tratamientos en sabor, olor color y aceptabilidad, ahora respecto a estos análisis era de esperarse ya que tienen alto porcentaje de bicarbonato de sodio con una alta acidez, ahora observa que los tratamientos 1, 2, 3, 5, 7 y 8 son iguales, tienen alto puntaje, ahora también el porcentaje de bicarbonato no influye en el color.

Respecto al color, olor, aceptabilidad, consistencia y sabor, todos los tratamientos son similares, pero igual que los anteriores, el TRT 3 presenta los mejores puntajes, en tanto el TRT 3 es más aceptable en aceptabilidad, sabor y olor; en color los TRT 2 y TRT 7, en consistencia el tratamiento 9, por lo tanto se concluye que el mejor tratamiento es la muestra 3 con 0.056 % de bicarbonato de sodio a una acidez de 18 °D.

## 5.6. Análisis fisicoquímico del yogurt más preferido

Según el cuadro 24, los resultados fueron obtenidos después de 20 días de elaboración, la viscosidad del yogurt con adición de bicarbonato de sodio presentó mejores resultados que el patrón de referencia, asimismo el yogurt TRT3 (0,056% de bicarbonato con 18 °D de leche) presenta menor contenido de ácido láctico que la muestra patrón y el pH varia inversamente.

Sin embargo en este trabajo de investigación la producción de acidez fue 99 °D para TRT 3 y 101 °D para la muestra patrón y cumple con límite mínimo permitido por la norma oficial peruana. De la misma forma el yogurt TRT 3 presenta mejor viscosidad en comparación a la muestra patrón.

**CUADRO 24. Análisis fisicoquímico del yogurt (TRT3) y el patrón**

<b>Propiedades fisicoquímicas</b>	<b>Yogurt TRT 3</b>	<b>Patrón</b>
PH	4,01	3,99
Viscosidad con Husillo L3 (60 rpm)	2178,21 cps	1387,32 cps
Acidez en % de acido láctico	99 °D	101 °D

## 5.7. Análisis microbiológico de yogurt más preferido

Para el análisis microbiológico del yogurt batido elaborado con la adición de bicarbonato de sodio se determinó los siguientes microorganismos:

Coliformes totales, levaduras y mohos, dichos análisis se han realizado en el laboratorio de Dirección Regional de Salud Cusco, con los siguientes métodos: numeración de coliformes con el método FIL-IDF 73B: 1998, levaduras y mohos con el método FIL-IDF 94B:1990.

**CUADRO 25. Análisis microbiológico a los 15 días al yogurt TRT 3 almacenado en refrigeración**

ENSAYOS	RESULTADO DE ENSAYO	LIMITE DE DETECCIÓN DEL METODO	(*) LIMITE MICROBIOLÓGICO				MÉTODO DE ENSAYO
			n	c	m	M	
Numeración de coliformes NMP/g)	<3	<3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	FIL-IDF 73B: 1998
Mohos y levaduras(ufc/g)	<10	<10	5	2	10	10 <sup>2</sup>	FIL-IDF 94B:1990

(\*) Criterios microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y bebidas de Consumo Humano Sub Grupo 1.1 R.M.591-2008-MINSA NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01

De acuerdo al Análisis Microbiológico, la muestra “YOGURT BATIDO” cumple, con los valores permisibles establecidos por la resolución ministerial N° 591-2008/MINSA.

La determinación de análisis microbiológico al yogurt mas preferido fue el TRT3, se efectuó el dicho análisis después de dos semanas como se observa en la Cuadro 25, los resultados indican que después de 2 semanas el producto presenta límites inferiores a los permitidos por la norma oficial peruana. Cabe mencionar que los yogurt elaborados en la presente investigación no contienen conservantes.

Concluyendo que el producto presenta condiciones aceptables para el consumo durante las dos primeras semanas, de este análisis se puede deducir que el tratamiento térmico para la leche y la higiene en el procesamiento ha sido eficiente.

Los yogurt formulados no presentaron coliformes totales lo que indica la adecuada calidad higiénica con que fueron elaborados. Adams y Moss (1997), plantean que los microorganismos coliformes no son acidodúricos por lo que no resisten pH bajos y altos valores de ácido láctico, condiciones que se producen en los yogurt durante su almacenamiento, debido a que las bacterias acidolácticas se comportan como inhibidoras de otros microorganismos y este comportamiento es la base de su capacidad para mejorar

la calidad y la inocuidad de muchos productos alimenticios, siendo algunos factores que coopera en esto, la producción de ácido láctico que conlleva a una disminución del pH, el agotamiento de nutrientes y bajo potencial redox. Por lo general los productos lácteos fermentados se encuentran libres de patógenos y las cepas prebióticas en el yogurt elaborado parecieran acentuar el efecto inhibitorio de este producto sobre algunas bacterias patógenas (Aryana y McGrew, 2007). Igualmente Oliveira y otros., (2005), señalaron que no hubo presencia de mohos y levaduras, coliformes totales y fecales en yogurt durante 28 días de almacenamiento, debido a que la viabilidad de las bacterias lácticas protegen al producto de los microorganismos patógenos.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- La concentración de bicarbonato de sodio afectó en la viscosidad del yogurt, ya que a medida que aumenta la concentración, aumenta la viscosidad del yogurt.
- De la misma forma la acidez de la leche influyó sobre la viscosidad del yogurt, ya que a medida que aumenta la acidez titulable aumenta la viscosidad del yogurt.
- De acuerdo a la comparación de medias de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 obtuvieron viscosidades superiores en comparación a la muestra patrón donde se demuestra que la adición de bicarbonato de sodio y elevada acidez titulable influye en la viscosidad del yogurt.
- La evaluación sensorial determinó que el TRT 3 (18°D de acidez titulable con 0,056% de bicarbonato de sodio) presenta los mejores puntajes, en tanto el TRT 3 es más aceptable en aceptabilidad, sabor y olor; en color los tratamientos TRT 2 y TRT 7, en consistencia el TRT 9, por lo tanto se concluye que el mejor tratamiento es la muestra 3 con 0.056 % de bicarbonato de sodio a una acidez de 18 °D.
- En la presente investigación realizada la formación de sinéresis no es influenciada por los niveles de bicarbonato y concentración de acidez titulable obteniéndose un máximo de 15% de formación de sinéresis.

## 6.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas con estabilizantes para yogurt, para determinar los efectos en las propiedades reológicas que tiene sobre el producto final.
- Se recomienda realizar la corrección de acidez titulable de la leche hasta 21°D.
- Se recomienda hacer un análisis organoléptico con yogurt saborizados.
- Corregir la acidez titulable de la leche previo un análisis microbiológico de coliformes fecales.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

Alatraste, K. J. (2002). Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogurt con sabor. Tesis de Licenciatura. UDLA Puebla, México.

Allaert V. Corrie y Escola R. Martha (2002). “Métodos de Análisis Microbiológicos de Alimentos”. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid – España.

AOAC (Association Official Analytical Chemist). (1990). Determinación de humedad en la leche. Método 986.25 (D). E.E.U.U.

Badui Dergal, S. (1984) química de los alimentos, segunda edición, editorial alambra mexicana S. A-mexico.

Bylund, G. 1996. Manuel de Industrias Lácteas. Trad. Iragra S.A. Madrid, España, Ediciones Calle Almasa. 436p.

Corzo, N. (1988). Propiedades funcionales de las proteínas de la leche. Caseínas. Revistas Alimentación Equipos y Tecnología. Volumen 7. Número 4. Julio – Agosto. P: 61-66.

Domper, M. (1997). Yogurt un alimento con futuro. Revista de Industria de Alimentos. pp: 28-30.

FAO (1983). Equipo Regional de fomento y capacitación en lechería para América latina. Manual de cultivos lácticos y productos fermentados.

Fennema, O. R. (1996). Química de los alimentos. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España. Pp 38-47, 56-78.

FIL-IDF. (1988). Quality control of fermented milks. Capítulo X. Doc 227. Centro experimental de la leche. Milano.

Fox, P. y McSweeney, P. (1998). Dairy chemistry and biochemistry. Blackie Academic and Professional. Tullamore. Irlanda. Pp. 56-62.

Geankoplis, C.J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias, tercera edición, Compañía Editorial Continental, S.A. DE C.V. México

Harper, Harold (1981) “Manual de Química Fisiológica”; Editorial El Manual Moderno; impreso en México.

Hill, John W., Kolb, Doris K(1999). Química para el Nuevo milenio, 8a. edición, PRENTICE HALL, México.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). (2001). NTP 202.001. Leche y productos lácteos. Requisitos de calidad, físicos, químicos y microbiológicos. INDECOPI. Lima – Perú.

INDECOPI. (2001). NTP 202.008. Determinación de la densidad de la leche. Método de flotación o desplazamiento. INDECOPI. Lima – Perú.



INDECOPI. (2001). NTP 202.028. Determinación de la grasa en la leche. Técnica de Gerber. INDECOPI. Lima – Perú.

Jack, E.L. y Smith, L.M. (1965). “chemistry of milk fat: A review”, J. Dairy Sci. 39:1.

Laye, I., Karleskind, D. y Morr, C. (1993). Chemical, microbiological and sensory properties of plain non fat yogurt. J. Food Science. 58(5): 991-995.

Madrid Vicente Antonio (2001). Nuevo Manual de Industrias alimentarias. Editorial Mundi - Prensa. Madrid – España.

Mahaut Michel, Jeantet R., brulé G. y Schuck Pierre (2004). Productos Lácteos Industriales. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza-España, 103.

Madrid A (1992). Los aditivos en los alimentos. Editorial Mundi - Prensa. Madrid – España.

Maldonado mejía L. (2009). Tesis evaluación de la temperatura de pasteurización y acidez final en la estabilidad de calcio y vitamina D en yogur de fresa, Zamorano, Honduras.

Martínez Salvador M (2003). Tesis de estandarización de la producción de la mezcla base para yogur batido en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras.

Molina I. (2009). Tesis de comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt de leche descremada de vaca, Guatemala.

Montero, Roberto (2000). Manjar Blanco, Proyecto San Martín, Lima Perú.

Muller, H. G. (1977). Introducción a la reología de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España. Pp. 174-180.

Ordoñez A. Juan (2001). Tecnología de los Alimentos. Editorial Síntesis. Vol. II. Madrid – España.

Rivas, A. (2000). Efecto de la adición de calcio en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de dos tipos de yogurt. Tesis de Maestría. UDLA Puebla, México.

Rojas, W., Chacon A. y Pineda M. (2007). Tesis caracterisitas del yogurt batido de fresa derivados de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra, vol. 18 numero 002, universidad de costa rica – alajuela, costa rica pp221-237.

Sharma Shri K. y colaboradores (2003). Ingeniería de alimentos, editoria limusa S.A. Mexico.

Spreer, E. (1975). Lactología industrial. 2da. Edición. Editorial Acribia, Zaragoza España. Pp 17–27, 72–79.

Vélez, R. J. y Barbosa, C. P. (1997). Rheological properties of selected dairy products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 37(4):311-359.



Tamine, A. Y. y Robinson, R. K. (1991). Yogurt Ciencia y Tecnología. Editorial Acribia. Zaragoza – España.

Ureña Peralta M. (1999). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Agraria. 1ra Edición, Lima – Perú.

Valdez Arana Jenny y Ludeña Urquizo Fanny (2005). Efecto del tiempo de almacenamiento de la leche cruda y la adición de cloruro de calcio en la viscosidad del yogurt batido. Anales científicos, Volumen LXI. Editorial Agraria. Lima - Perú.

Walstra P., Geurts T., Noomen A., Jellena A. y Van Boekel M.A.J.S. (2001). Ciencia de la Leche y Tecnología de Productos lácteos. Editorial Acribia, S.A. (Zaragoza-España).

Zelaya B. (1998). Elaboración de Yogurt Líquido en Zamorano y su aceptación en el mercado de Tegucigalpa. Zamorano-Honduras.

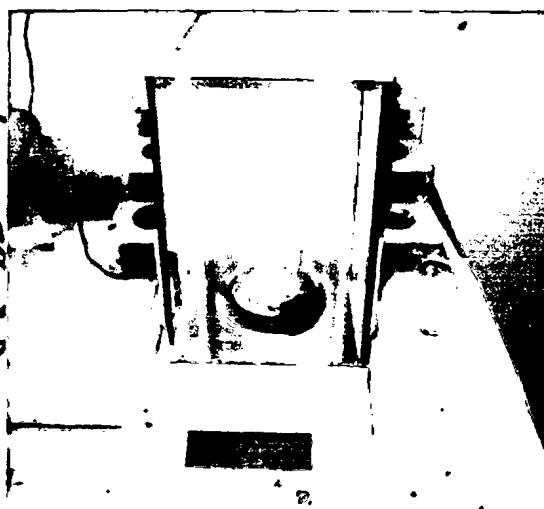


# ANEXOS

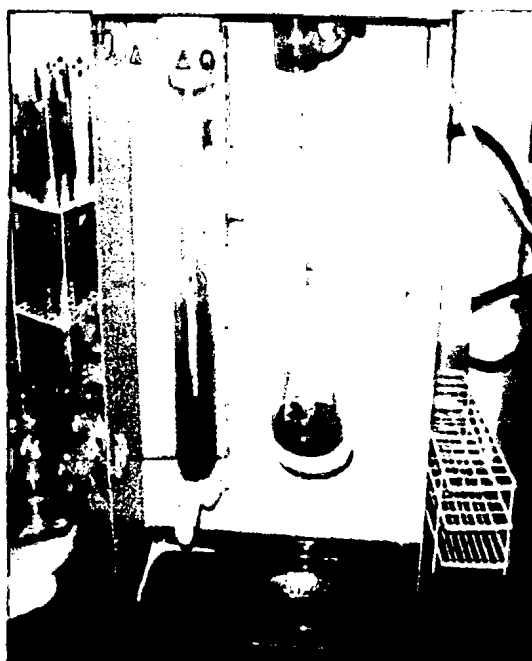
## ANEXO 01. FOTOGRAFÍAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS



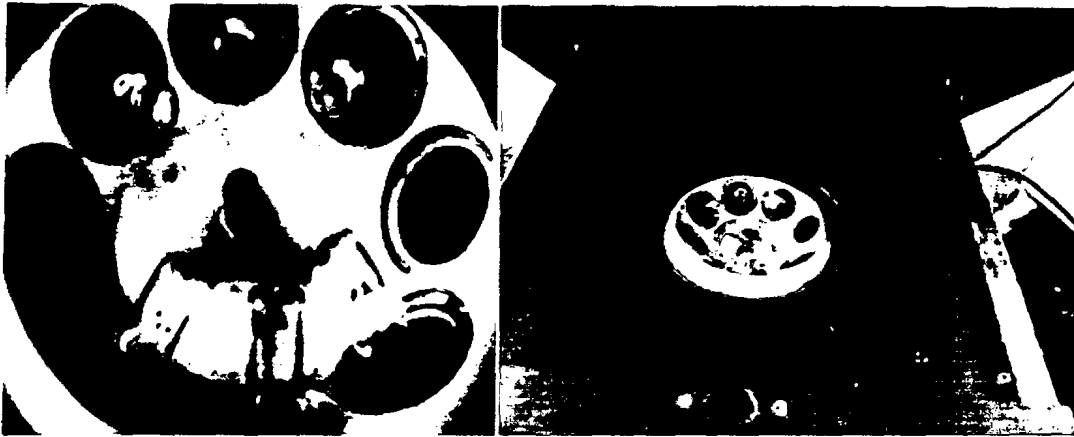
Mufla marca: Barnstead Thermolyne,  
modelo: FB1410M, rango de  
temperatura de 0 – 1100 °C.



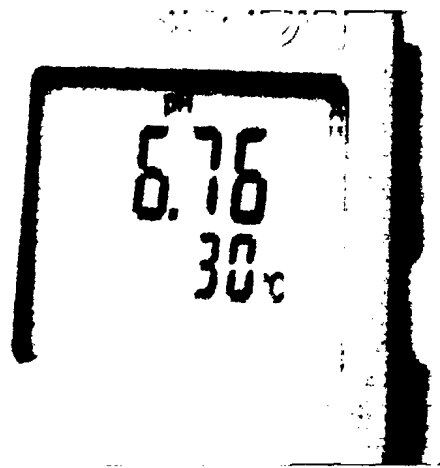
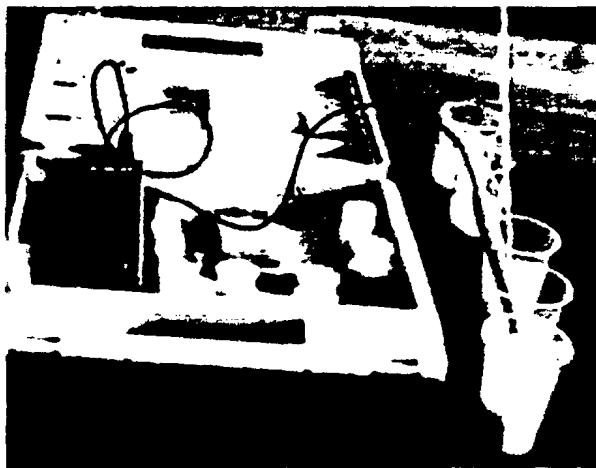
Balanza analítica marca: Ohaus, con  
sensibilidad de 0,0001 g.



Destilador Kjeldahl, marca: Velp Scientifica, modelo: UDK126D.



**Centrifuga de Gerber, determinación de grasa leche.**



**Potenciómetro marca: SCHOTT**

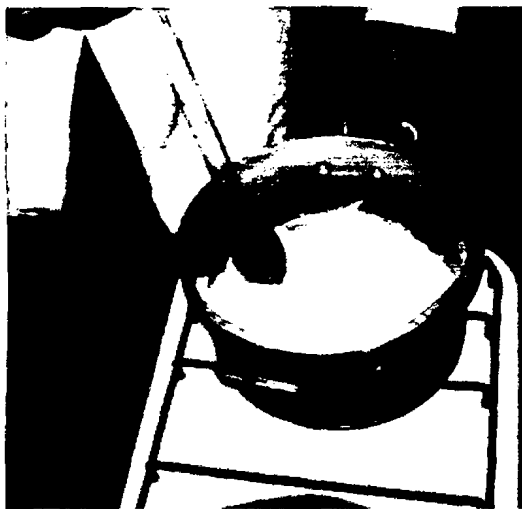


**Bureta semiautomática para la titulación de acidez.**

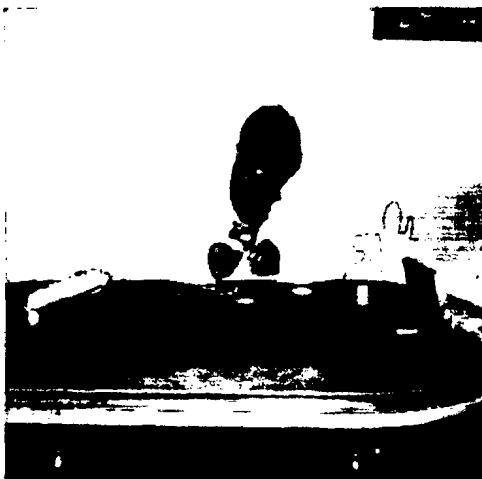


**Viscosímetro rotacional modelo: ST – 2001.**

## **ANEXO 02. FOTOGRAFÍAS DE PROCESOS DE OBTENCIÓN DE CULTIVO MADRE**



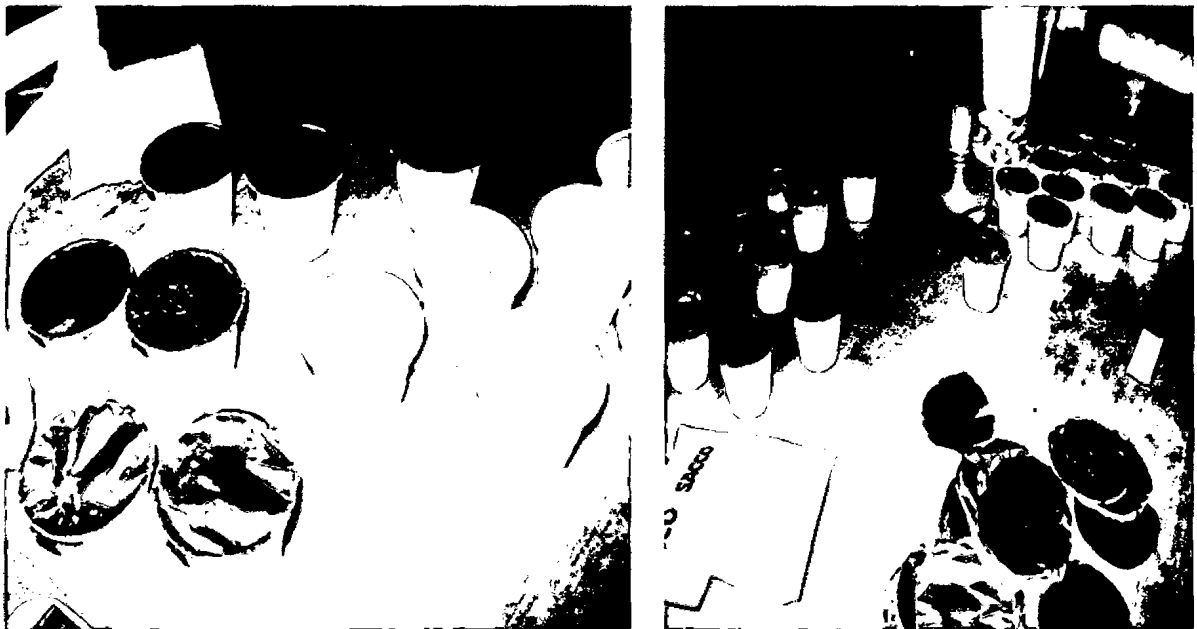
**Pasteurizado de la leche fresca.**



**Preparación de material para el sellado**

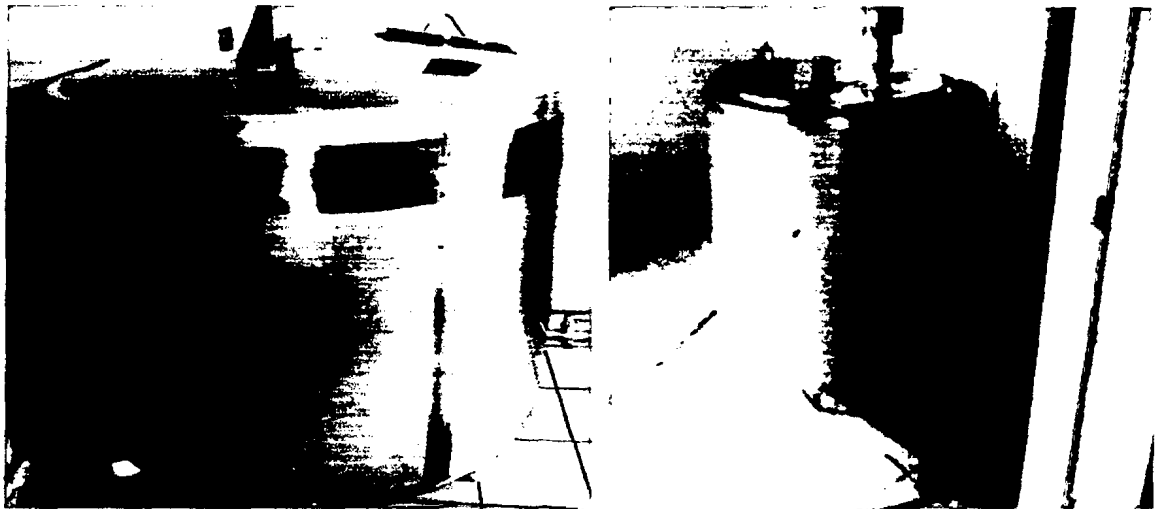


**Dilución del cultivo estárter**



**Sellado con papel platino estéril de cultivo madre**

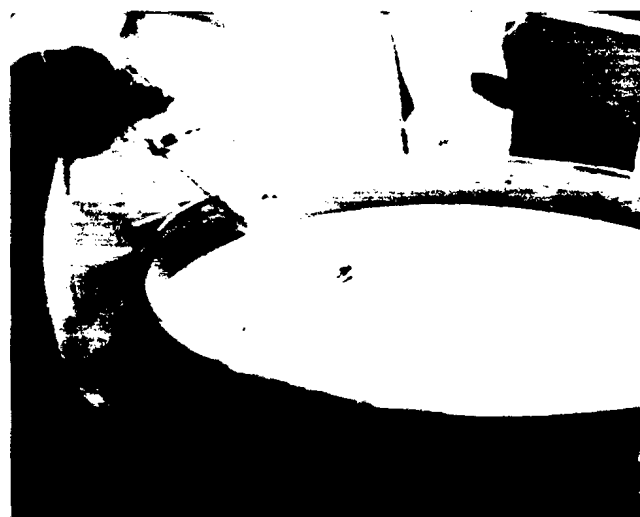
### ANEXO 03. FOTOGRAFIAS DE PROCESO DE OBTENCION DE YOGURT



Recepción de leche fresca



Control de calidad de la leche



Control de temperatura



**Batido mecánico del yogurt**



**Envasado del yogurt**

#### **ANEXO 04. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS DEL YOGURT**



**Análisis de viscosidad aparente**



**evaluación de sinéresis**



**Análisis organoléptico del yogurt**

## ANEXO 05: RESULTADOS DE DE PRUEBA DE TUKEY DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL

### CUADRO 1. PRUEBA DE TUKEY PARA CONSISTENCIA

Tukey HSD test; variable CONSISTENCIA (data 1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,6768, df = 190,00

	MUESTRAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	Patron		1,000000	1,000000	0,898769	0,000016	0,000012	0,000012	0,087692	0,999232	1,000000
2	TRT1	1,000000		1,000000	0,927096	0,000018	0,000012	0,000012	0,109365	0,999706	1,000000
3	TRT2	1,000000	1,000000		0,864284	0,000014	0,000012	0,000012	0,069627	0,998226	1,000000
4	TRT3	0,898769	0,927096	0,864284		0,004208	0,000014	0,000085	0,898769	0,999232	0,823731
5	TRT4	0,000016	0,000018	0,000014	0,004208		0,864284	0,996299	0,330884	0,000175	0,000014
6	TRT5	0,000012	0,000012	0,000012	0,000014	0,864284		0,999706	0,003038	0,000012	0,000012
7	TRT6	0,000012	0,000012	0,000012	0,000085	0,996299	0,999706		0,032914	0,000014	0,000012
8	TRT7	0,087692	0,109365	0,069627	0,898769	0,330884	0,003038	0,032914		0,438408	0,054746
9	TRT8	0,999232	0,999706	0,998226	0,999232	0,000175	0,000012	0,000014	0,438408		0,996299
10	TRT9	1,000000	1,000000	1,000000	0,823731	0,000014	0,000012	0,000012	0,054746	0,996299	

### CUADRO 2. PRUEBA DE TUKEY PARA ACEPTABILIDAD

Tukey HSD test; variable ACEPTABILIDAD (data 1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2247, df = 190,00

	MUESTRAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	Patron		1,000000	0,980239	0,957022	1,000000	0,398095	0,999435	1,000000	0,992330	0,000036
2	TRT1	1,000000		0,980239	0,957022	1,000000	0,398095	0,999435	1,000000	0,992330	0,000036
3	TRT2	0,980239	0,980239		1,000000	0,997600	0,021439	0,698056	0,918510	0,496695	0,000012
4	TRT3	0,957022	0,957022	1,000000		0,992330	0,013087	0,598873	0,862043	0,398095	0,000012
5	TRT4	1,000000	1,000000	0,997600	0,992330		0,231069	0,992330	0,999911	0,957022	0,000017
6	TRT5	0,398095	0,398095	0,021439	0,013087	0,231069		0,862043	0,598873	0,957022	0,167599
7	TRT6	0,999435	0,999435	0,698056	0,598873	0,992330	0,862043		0,999992	1,000000	0,000785
8	TRT7	1,000000	1,000000	0,918510	0,862043	0,999911	0,598873	0,999992		0,999435	0,000114
9	TRT8	0,992330	0,992330	0,496695	0,398095	0,957022	0,957022	1,000000	0,999435		0,002562
10	TRT9	0,000036	0,000036	0,000012	0,000012	0,000017	0,167599	0,000785	0,000114	0,002562	

### CUADRO 3. PRUEBA DE TUKEY PARA COLOR

Tukey HSD test; variable COLOR (data 1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,55053, df = 190,00

	MUESTRAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	Patron		0,987891	0,999993	0,999773	0,997703	0,505296	0,958539	0,999993	0,793147	0,000869
2	TRT1	0,987891		0,999773	0,999993	1,000000	0,987891	1,000000	0,999773	0,999773	0,045261
3	TRT2	0,999993	0,999773		1,000000	0,999993	0,793147	0,997703	1,000000	0,958539	0,004911
4	TRT3	0,999773	0,999993	1,000000		1,000000	0,895908	0,999773	1,000000	0,987891	0,010897
5	TRT4	0,997703	1,000000	0,999993	1,000000		0,958539	0,999993	0,999993	0,997703	0,022877
6	TRT5	0,505296	0,987891	0,793147	0,895908	0,958539		0,997703	0,793147	0,999993	0,505296
7	TRT6	0,958539	1,000000	0,997703	0,999773	0,999993	0,997703		0,997703	0,999993	0,084173
8	TRT7	0,999993	0,999773	1,000000	1,000000	0,999993	0,793147	0,997703		0,958539	0,004911
9	TRT8	0,793147	0,999773	0,958539	0,987891	0,997703	0,999993	0,999993	0,958539		0,238305
10	TRT9	0,000869	0,045261	0,004911	0,010897	0,022877	0,505296	0,084173	0,004911	0,238305	



#### CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY PARA SABOR

Tukey HSD test; variable SABOR (data 1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests  
Error: Between MS = 1,4439, df = 190,00

	MUESTRAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	Patron		1,000000	0,995842	0,950334	1,000000	0,149155	0,988893	0,999996	0,974876	0,000014
2	TRT1	1,000000		0,999712	0,988893	1,000000	0,074657	0,950334	0,999712	0,912182	0,000013
3	TRT2	0,995842	0,999712		0,999996	0,998741	0,008703	0,617697	0,950334	0,523630	0,000012
4	TRT3	0,950334	0,988893	0,999996		0,974876	0,001861	0,344946	0,789837	0,268171	0,000012
5	TRT4	1,000000	1,000000	0,998741	0,974876		0,106879	0,974876	0,999956	0,950334	0,000013
6	TRT5	0,149155	0,074657	0,008703	0,001861	0,106879		0,789837	0,344946	0,858625	0,149155
7	TRT6	0,988893	0,950334	0,617697	0,344946	0,974876	0,789837		0,999712	1,000000	0,000334
8	TRT7	0,999996	0,999712	0,950334	0,789837	0,999956	0,344946	0,999712		0,998741	0,000024
9	TRT8	0,974876	0,912182	0,523630	0,268171	0,950334	0,858625	1,000000	0,998741		0,000620
10	TRT9	0,000014	0,000013	0,000012	0,000012	0,000013	0,149155	0,000334	0,000024	0,000620	

#### CUADRO 5. PRUEBA DE TUKER PARA OLOR

Tukey HSD test; variable OLOR (data 1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests  
Error: Between MS = 1,1879, df = 190,00

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1		0,999991	0,999361	0,999361	0,991427	0,375016	0,997300	0,999991	1,000000	0,000013
2	0,999991		0,978072	0,978072	0,999899	0,678783	0,999991	0,997300	1,000000	0,000014
3	0,999361	0,978072		1,000000	0,772047	0,070516	0,850659	1,000000	0,991427	0,000012
4	0,999361	0,978072	1,000000		0,772047	0,070516	0,850659	1,000000	0,991427	0,000012
5	0,991427	0,999899	0,772047	0,772047		0,952683	1,000000	0,911025	0,999361	0,000046
6	0,375016	0,678783	0,070516	0,070516	0,952683		0,911025	0,151660	0,576878	0,010737
7	0,997300	0,999991	0,850659	0,850659	1,000000	0,911025		0,952683	0,999899	0,000028
8	0,999991	0,997300	1,000000	1,000000	0,911025	0,151660	0,952683		0,999361	0,000012
9	1,000000	1,000000	0,991427	0,991427	0,999361	0,576878	0,999899	0,999361		0,000013
10	0,000013	0,000014	0,000012	0,000012	0,000046	0,010737	0,000028	0,000012	0,000013	



**Formato 01.** Hoja de calificaciones para una categorización cualitativa según apreciaciones hedónicas

Nombre del juez: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ hora: \_\_\_\_\_

Clasifique las nueve muestras según la escala que se presenta, escribiendo su código en el casillero correspondiente.

### Aceptabilidad General

Escala	Código de las muestras								
Muy agradable									
Agradable									
Ligeramente agradable									
Ni agradable ni desagradable									
Ligeramente desagradable									
Desagradable									
Muy desagradable									

### Sabor

Escala	Código de las muestras								
Muy agradable									
Agradable									
Ligeramente agradable									
Ni agradable ni desagradable									
Ligeramente desagradable									
Desagradable									
Muy desagradable									

### Color

Escala	Código de las muestras								
Muy homogéneo									
Homogéneo									
Ligeramente Homogéneo									
Disperso con partículas									
Un poco oscuro									
Oscuro									
Muy oscuro									

### Olor

Escala	Código de las muestras								
Muy agradable									
Agradable									
Ligeramente agradable									
Ni agradable ni desagradable									
Ligeramente desagradable									
Desagradable									
Muy desagradable									

Nota: Por favor enjuagarse la boca después de cada prueba, por lo menos 10 segundos.

Comentario: \_\_\_\_\_



**Formato 02. Pruebas de ordenamiento.**

Nombre del juez \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

Pruebe los yogurt de izquierda a derecha, después de enjuagarse la boca antes de evaluar cada una. Ordénalas en forma decreciente según su intensidad en consistencia.

Más consistente \_\_\_\_\_ ➔ Menos consistente

.....

Comentarios:.....

Muchas gracias



# APÉNDICE

## APÉNDICE 01.

### DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO DE LA LECHE FRESCA ENTERA

#### 1. Determinación de humedad (Método gravimétrico)

Método aplicado (NTP 209.264 – 2001)

##### 1.1. Alcance y campo de aplicación

El método es aplicable a alimentos sólidos, líquidos o pastosos no susceptibles a degradación al ser sometidos a temperaturas superiores a 105 °C, hasta su peso constante. El contenido de agua de un producto se define como la pérdida de masa que experimenta en condiciones determinadas.

##### 1.2. Fundamento

El método se basa en la determinación gravimetría de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.

##### 1.3. Materiales y equipos

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Capsulas de vidrio con tapa
- Desccador
- Estufa regulada a  $103 \pm 2$  °C
- Espátula y pinzas

##### 1.4. Procedimiento

- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1mg registrar ( $m_1$ ).
- Pesar 2g de muestra previamente homogeneizada. Registrar ( $m_2$ ).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador

durante 30 a 45 min.

- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre tres pesadas sucesivas no excedan de 5 mg ( $m_3$ ).
- 

### 1.5. Cálculo y expresión de resultados

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

$m_1$ : masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

$m_2$ : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

$m_3$ : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

## 2. Determinación de cenizas

**Método (NTP 209.265 – 2001)**

### 2.1. Tratamiento de la muestra

Para la determinación de cenizas, en la leche se deberá realizar un tratamiento especial, es decir evaporar y luego carbonizar antes de introducir al equipo de mufla.

### 2.2. Materiales

- crisoles
- 1 desecador
- 1 pinzas largas
- 1 par de guantes de asbesto
- 1 mufla
- 1 balanza analítica
- 1 espátula
- Muestra de harina seca
- 1 mechero de Bunsen
- Cerillos
- 1 tela de alambre
- 1 soporte con anillo

### 2.3. Procedimiento

- Maneje siempre los crisoles con pinzas
- Ponga a peso constante un crisol o cápsula de porcelana por cada muestra que se va a analizar, lo cual significa dejarlo durante 15 minutos en la mufla a una temperatura de 550 a 600 °C.
- Deje enfriar el crisol en un desecador durante 15 a 20 minutos. Procure no cerrar el desecador totalmente, ya que el calor de los crisoles puede provocar que la tapa se proyecte y se rompa.
- Pese el crisol en balanza analítica e identifíquelo con el número que tiene marcado en la parte inferior. Pese en el crisol 1-2 gramos de la muestra (sobre todo si va a determinar Ca y P) de la muestra seca. Registre el peso exacto.
- Pre incinere la muestra exponiéndola a la flama del mechero de Bunsen
- Incinere la muestra en la mufla precalentada entre 550 y 600°C durante 2 horas.
- Pese el crisol con cenizas (ya no deben estar negras, si lo están incinere otra media hora) en la misma balanza que utilizó inicialmente. Anote el peso.

### 2.4 Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_1}{P} * 100$$

Donde:

P: Peso de la muestra = (Peso del crisol con muestra - Peso del crisol vacío)

P<sub>1</sub>: Peso de las cenizas = (Peso del crisol con cenizas - Peso del crisol vacío)

% de materia orgánica = 100 - % Cenizas base seca



### **3. Determinación de proteínas por micro Kjeldahl**

#### **Método 12.1.07 (A.O.A.C, 2000)**

##### **3.1. Preparación de la muestra**

Pesar 1g de muestra en un vaso limpio seco y tarado, una vez pesado adicionar 3-5 ml de agua destilada y agitar para su homogeneización, este se realiza para facilitar el ingreso de la muestra a matraz de digestión de kjeldahl.

##### **3.2. Alcance y campo de aplicación**

El método es aplicable a alimentos en general.

##### **3.3. Fundamento**

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

##### **3.4. Materiales y equipos**

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Equipo Kjeldahl
- Manto calefactor o cocina para digestión
- pH metro
- Matraz erlenmeyer
- Probeta y bureta

##### **3.5. Reactivos**

- Ácido sulfúrico concentrado, p.a.
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
- Sulfato cúprico, p.a.
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N.
- Solución de hidróxido de sodio al 30%. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro.
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1% en etanol. Disolver 1g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %).
- Solución de hidróxido de sodio 0.1N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.

### 3.6. Procedimiento del método

#### 3.6.1. Digestión

- Realizar la muestra en triplicado.
- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nitrosos eventualmente presentes en los reactivos.
- Pesar 0.2 g de muestra homogeneizada (m), con una precisión de 0.1 mg en un matraz de digestión Kjeldahl.
- Agregar 3 perlas de vidrio, 1g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.
- Enfriar y agregar 5 ml de agua.

#### 3.6.2. Destilación

- Preparar las soluciones de NaOH al 40 % y 50mL de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N para un ensayo.
- Conectar el refrigerante y las soluciones correspondientes como NaOH al 40 % y agua destilada al equipo destilador kjeldahl.
- Finalmente poner el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente en exceso NaOH al 40% al matraz, el equipo de kjeldahl es automático para este caso, solo se debe prender y presionar el botón de NaOH. antes de iniciar la destilación conectar 50 mL de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, con 4 a 5 gotas de rojo de metilo en un vaso de 250 ml para recibir el destilado. Finalmente destilar no menos de 150 ml.

#### 3.6.3. Titulación

Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo.

### 3.7. Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{14 * N * (Vb - Vm) * (\text{Factor})}{M * 1000} * 100$$



Donde:

N: Normalidad del  $H_2SO_4$

Vb: Gasto NaOH 0.1 N en el blanco y

Vm: Gasto NaOH 0.1 N en la muestra.

M: Masa de la muestra, en gramos

**Factor:**

6,25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general

5,70: para cereales y derivados de soya

6,38: leche

**Repetibilidad del método:** La diferencia entre los resultados de dos determinaciones efectuadas una después de otra, por el mismo analista, no debe exceder 0.06 % de Nitrógeno o 0.38 % de proteína.

## 4. Determinación de grasa

Norma Internacional FIL-IDF 22: 1963. (**Método Gerber**)

### 4.1. Principio

Liberación total de la grasa por disolución de las sustancias proteicas, separación de la grasa por centrifugación y posterior medida volumétrica de ésta. Aplicable a leche natural, pasterizada y esterilizada.

### 4.2. Material y aparatos

- Pipetas aforadas de 11 ml.
- Dosificador de émbolo de 10 ml para el ácido sulfúrico.
- Baño de agua regulable a 65°C.
- Centrifuga Gerber.
- Butirómetros original Gerber.
- Tapones de caucho.
- Centrifuga de gerber
- Empujador metálico.

### 4.3. Reactivos

- Acido Sulfúrico 90-91% según Gerber RE
- Alcohol iso-Amílico según Gerber mezcla de isómeros RE

### 4.4. Procedimiento

Colocar en el butirómetro 10 ml de Acido Sulfúrico 90-91% según Gerber RE y agregar 1 ml de leche con cuidado y lentamente para que no se mezclen, observándose



Agregar a continuación 1 ml de Alcohol iso-Amílico según Gerber mezcla de isómeros RE (con dosificador) y cerrar el butirómetro. Agitar enérgicamente, envuelto en un paño para evitar posibles proyecciones hasta la total disolución de la fase proteica de la leche. Verter y dejar en reposo algún tiempo para observar mejor si la disolución ha sido completa. Llevar a la centrífuga durante 5 minutos. Sacar de la centrífuga con cuidado para no mover la capa superior de grasa ya separada. Colocar en el baño (65 °C) durante 5 minutos. Sacar y leer rápidamente.

#### **4.5. Cálculo**

Se lee con rapidez directamente en la escala del butirómetro.

#### **5. Determinación de carbohidratos:**

Este compuesto se determino por diferencia según la AOAC, como sigue:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas})$$



“AÑO DE LA CONSOLIDACION ECONOMICA Y SOCIAL EN EL PERU”

## RESULTADO MICROBIOLÓGICO INFORME DE ENSAYO N° 160-2010

Solicitante	: CESAR AYMARA AMARO						
Distrito	: Abancay	Muestreador	: Cesar Aymara Amaro				
Provincia	: Abancay	Fecha de Muestreo	: 13-06-10 17:00 Hr				
Departamento	: Apurimac	Fecha de Recepción UHAZ	: 14-06-10 11:53 Hr				
		Fecha de Ingreso a LCA	: 14-06-10 12:00 Hr.				
Procedencia de muestra	: Tanque de Almacenamiento	Fecha de Análisis	: 14-06-10 13:00 Hr.				
Marca o Razón Social	: Asociación de Productores Agropecuarios	Fecha de Reporte	: 16-06-10				
Código y Nombre de la Muestra	: CCCA- MBAL-158-10	“LECHE CRUDA DE VACA ”					
Observaciones	: C,C						
<b>RESULTADOS:</b>							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
N° de unidades recibidas	: 01 unidad						
Tipo de envase	: Bolsa de plástico (polietileno) color blanco completamente sellada.						
N° de Lote	: No Indica						
Peso neto	: 1000 g.						
Fecha de producción	: No Indica						
Fecha de vencimiento	: No Indica						
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>							
ENSAYOS	RESULTADO DEL ENSAYO N° 160-10	LÍMITE DE DETECCIÓN DEL MÉTODO	(*) LÍMITE MICROBIOLÓGICO		MÉTODOS DE ENSAYO		
			N	c		m	M
Numeración. Aerobios Mesófilos Viables.	<10	<10	5	1	5x10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	ISO - 4833:2003(E) UFC/g.
Numeración de Coliformes	<0,3	<0,3	5	3	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO - 4831: 2006. NMP/g
(*) Criterios Microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y bebidas de Consumo Humano Sub Grupo 1.1 R.M. 591- 2008-MINSA NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V. 01							

**COMENTARIOS:** De acuerdo al Análisis Microbiológico, la muestra “LECHE CRUDA DE VACA CUMPLE, con los valores permisibles establecidos por la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA

- El presente Informe de Calidad se refiere únicamente a la muestra indicada.
- Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente Informe lo anula automáticamente.

DIRECCION REGIONAL DE SALUD CUSCO  
Dirección de Salud Ambiental  
*x Clorinda Pallanqui*  
Dr Rubén Bascopé Quispe  
CMVP. 3056  
DIRECTOR

Dirección Regional de Salud Cusco  
Dirección de Salud Ambiental

*[Signature]*  
Biga. Uru... .tausupa  
Responsable: Área de Microbiología de Alimentos  
C. B. P. 5272



Cusco, 18 de Junio del 2010.  
BQ/uma/mqn



"AÑO DE LA CONSOLIDACION ECONOMICA Y SOCIAL EN EL PERU"

## RESULTADO MICROBIOLÓGICO INFORME DE ANSAYO N° 161-2010

Solicitante : <b>CESAR AYMARA AMARO</b>							
Distrito : Abancay	Muestreador : Cesar Aymara Amaro						
Provincia : Abancay	Fecha de muestreo : 13-06-10 17:00 Hr						
Departamento : Apurímac	Fecha de recepción UHAZ : 14-06-10 11:53 Hr.						
	Fecha de LCA : 14-06-10 12:00 Hr.						
Procedencia de muestra : Almacenado en Refrigeración	Fecha de análisis : 14-06-10 14:00 Hr.						
Marca o Razón social : Investigación	Fecha de reporte : 18-06-10						
Código y Nombre de la Muestra: CCCA-MBAL-159-10 "YOGURT BATIDO"							
Observaciones: C,C							
<b>RESULTADOS:</b>							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
N° de unidades recibidas	: 01 unidad						
Tipo de envase	: Botella de Plástico (polietileno) color blanco completamente sellada.						
N° de lote	: TRT 3						
Peso neto	: 1000 g						
Fecha de producción	: 29-05-10						
Fecha de vencimiento	: 28-06-10						
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>							
ENSAYOS	RESULTADOS DE ENSAYO N° 161-10	LÍMITE DE DETECCIÓN DEL METODO	(*) LÍMITE MICROBIOLÓGICO				MÉTODOS DE ENSAYO
			N	c	m	M	
Numeración de Coliformes (NMP/g)	<3	<3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	FIL-IDF 73B: 1998
Numeración de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<10	<10	5	2	10	10 <sup>2</sup>	FIL-IDF 94B: 1990
(*) criterios microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y bebidas de Consumo Humano Sub Grupo 1.1 R.M.591-2008-MINSA NTS N° 071-MINSA-V.01							

**COMENTARIOS:** De acuerdo al Análisis Microbiológico, la muestra "YOGURT BATIDO" CU MPLE, con los valores permisibles establecidos por la resolución ministerial N° 591-2008/MINSA

- El presente informe de calidad se refiere únicamente a la muestra indicada.
- Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente Informe lo anula automáticamente.

**DIRECCION REGIONAL DE SALUD CUSCO**  
 Dirección de Salud Ambiental  
*x [Firma]*  
**Dr Rubén Bascopé Quispe**  
 CMVP. 3056  
**DIRECTOR**

**Dirección Regional de Salud Cusco**  
 Dirección de Salud Ambiental  
*[Firma]*  
**Bgd. C. [Firma]** tausupa  
 Responsable: Área de Higiene y Seguridad de Alimentos  
 C.B.P. 5272



Cusco, 18 de Junio del 2010.  
 BQ/uma/mqn