

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA
ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



Presentado por
LILIANA ESTHER TORRES ORTIZ

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE
LA PECTINA COMO ESTABILIZANTE EN LAS
PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS,
TECNOFUNCIONALES Y SENSORIALES DEL
YOGUR BATIDO**

Asesor:

Ing. FREDY TAIPE PARDO

Co-Asesor:

MSc. DAVID JUAN RAMOS HUALLPARTUPA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS-APURÍMAC-PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios por permitir que cumpla con cada sueño deseado.

A mis Padres; Vilma Ortiz Loa y Narlo Torres Ramos, por su apoyo incondicional, cariño y comprensión.

A mí familia; Álvaro por estar a mi lado apoyándome en cada decisión, Kiara y Liana por ser mi motivo y fortaleza a seguir adelante.

A mis hermanos; por apoyarme en los momentos difíciles.

EPÍGRAFE

Lo importante en la ciencia no es tanto obtener datos, si no descubrir nuevas formas de pensar en ellas.

William Lavurence Bragg

AGRADECIMIENTO

- ❖ A Dios por bendecirme con salud, sabiduría para poder afrontar con fuerza de voluntad este reto de formación profesional.
- ❖ A la Universidad Nacional José María Arguedas, quien me acogió en sus aulas, hasta culminar y cumplir el reto de ser profesional, con principios de moral y ética profesional.
- ❖ A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y a su plana docente, quienes contribuyeron en mi formación profesional, con sus sabidurías intelectuales ayudándome a crecer profesionalmente.
- ❖ Mi agradecimiento sincero al Ing. Fredy Taipe Pardo, asesor de la presente tesis y al Ing. David Juan Ramos Huallpartupa, Co asesor de la presente tesis quienes me brindaron su vital apoyo y orientación en los momentos difíciles que esta tesis demandó.
- ❖ Mi especial agradecimiento al Ing. Herson Danny Aroni Palomino, por su paciencia y por su apoyo guiándome con luz intelectual en el camino de la superación profesional en el desarrollo de la presente tesis.
- ❖ A los miembros del jurado evaluador Mg. Denis Hernán Martínez, MSc. David Choque Quispe y Mg. Abel Manuel Serna Herrera por su contribución en el desarrollo del presente informe de investigación.

ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES

NTP	: Norma técnica peruana
HM	: Alto metoxilo
LM	: Bajo metoxilo
UHT	: Ultra high temperature
LPD	: Leche desnatada en polvo
ANOVA	: Analysis of variance
°C	: Grados Celsius
°D	: Grados Dornic
DCA	: Diseño completamente al azar
g	: gramo
h	: Hora
L	: Litro
Kg	: kilogramo
min	: Minutos
mg	: Miligramo
mL	: Mililitro
Pa·s	: Pascal segundo
$\alpha \leq 0.05$: Nivel de significancia al 5 %
pH	: Potencial de Hidrógeno
r.p.m	: revoluciones por minuto
T°	: Temperatura
t	: Tiempo

ÍNDICE

	Pág
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CHUMASQA.....	xv
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación.....	6
1.3. Hipótesis.....	7
1.4 Objetivos.....	8
CAPITULO 2	9
REVISION DE LITERATURA	9
2.1. Bases teóricas	9
2.1.1. yogur.....	9
2.1.1.1. Clasificación del yogur.....	10
2.1.1.2. Fermentación Láctica del yogur	12
2.1.1.2.1. Desarrollo de la bacteria láctica	12
2.1.1.2.2. Factores que afectan el crecimiento y la reproducción de las bacterias durante la fermentación	14
2.1.1.3. Formulación y elaboración del yogur.....	15
2.1.1.4. Propiedades fisicoquímico del yogur.....	18
2.1.1.5. Propiedades tecno funcionales del yogur.....	21
2.1.2. Sustancias pecticas.....	22
2.1.2.1. Clasificación de la pectina.....	22
2.1.2.2. Gelificación de la pectina	23
2.1.2.3. Aplicación de la pectina	25
2.1.3. Evaluación sensorial.....	28
2.1.3.1. Propiedades sensoriales.....	259
2.1.3.2. Panel sensorial	31
2.1.3.2.1. Tipos de jueces.....	31
2.2. Marco conceptual.....	33
CAPITULO 3	35

MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Lugar de ejecución.....	35
3.2. Material de estudio.....	35
3.2.1. Población	35
3.2.2. Muestra.....	36
3.2.3. Unidad de análisis.....	36
3.3. Diseño experimental	36
3.4. Materiales, equipos, reactivos e insumos.....	37
3.5. Métodos y técnicas	39
3.5.1. Metodología preliminar.....	39
3.5.1.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima.....	39
3.5.1.1.1 Determinación del pH.....	39
3.5.1.1.2 Determinación de la acidez	40
3.5.1.1.3 Determinación de la densidad.....	41
3.5.2. Procedimiento experimental.....	44
3.5.2.1. Proceso de elaboración del yogur batido con pectina	41
3.5.2.2. Proceso de elaboración del yogur batido sin pectina	44
3.5.3. Análisis experimental	44
3.5.3.1. Análisis de las características físicas del yogur.....	44
3.5.3.1.1. Determinación de la densidad.....	44
3.5.3.1.2. Determinación de la viscosidad.....	45
3.5.3.2. Análisis de las características químicas del yogur.....	45
3.5.3.2.1. Determinación de la acidez	45
3.5.3.2.2. Determinación del pH.....	45
3.5.3.3. Análisis de las características tecno-funcional del yogur	46
3.5.3.3.1. Determinación de la sinéresis	46
3.5.3.4. Análisis sensorial del yogur.....	46
3.5.3.5. Análisis estadístico	48
CAPITULO 4.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
4.1. Determinación de las propiedades físicas del yogur batido con adición de pectina.....	51
4.1.1. Densidad del yogur batido	51
4.1.2. Viscosidad del yogur batido	53

4.2.	Determinación de las propiedades químicas del yogur batido con adición de pectina	57
4.2.1.	Acidez del yogur batido	57
4.2.2.	pH del yogur batido	59
4.3.	Determinación de las propiedades tecno funcionales del yogur batido con adición de pectina.....	62
4.3.1.	Sinéresis del yogur batido.....	62
4.4.	Evaluación sensorial del yogur batido	66
4.4.1.	Sabor del yogur batido	70
4.4.2.	Color del yogur batido	71
4.4.3.	Textura del yogur batido	72
4.4.4.	Apariencia general del yogur batido	73
4.4.5.	Determinación del mejor tratamiento por puntuación o ponderacion	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 : Composición del yogurt batido	18
Tabla 2 : Aplicaciones de las pectinas en los alimentos.....	27
Tabla 3 : Impresiones que se persiven a través de los sentidos.....	29
Tabla 4 : Arreglo experimental – diseño completamente al azar	36
Tabla 5 : Equipos e instrumentos.....	37
Tabla 6 : Materiales de Vidrio	38
Tabla 7 : Materiales de de plástico y otros.....	39
Tabla 8 : Reactivos	39
Tabla 9 : Insumos	40
Tabla 10 : Escala hedónica para la evaluación sensorial.....	47
Tabla 11 : Densidad del yogur batido.....	52
Tabla 12 : Viscosidad del yogurt batido	55
Tabla 13 : Acidez del yogurt batido	58
Tabla 14 : pH del yogurt batido	61
Tabla 15 : Sinéresis del yogurt batido	64
Tabla 16 : Evaluación sensorial del yogurt batido con pectina	69
Tabla 17 : ANOVA para los atributos sensoriales	70
Tabla 18 : Test de Dunnett para los atributos del yogurt	70
Tabla 19 : ANOVA respecto al sabor	72
Tabla 20 : ANOVA respecto al color	73
Tabla 21 : ANOVA de la textura.....	74
Tabla 22 : ANOVA respecto a la apariencia	75
Tabla 23 : Determinación de la mejor muestra de yogur por puntuación ...	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 : Degradación de la caseína por las bacterias lácticas	13
Figura 2 : Crecimiento simbiótico de las bacterias lácticas.....	14
Figura 3 : Diagrama de contrastación y variables.....	37
Figura 4 : Flujograma de la elaboración de yogur con pectina	42
Figura 5 : Diagrama de medias para la densidad del yogur	53
Figura 6 : Diagrama de medias para la viscosidad del yogur	56
Figura 7 : Diagrama de medias para la acidez del yogur.....	59
Figura 8 : Diagrama de medias para el pH del yogur	62
Figura 9 : Diagrama de medias para la sinéresis del yogur	65
Figura 10 : Diagrama radial de los atributos evaluados del yogur	71

ANEXOS

- Anexo 01 : Cartilla de evaluación sensorial.
- Anexo 02 : Resultados de la evaluación de la densidad de cada tratamiento con sus respectivas réplicas.
- Anexo 03 : Resultados de la evaluación de la viscosidad del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas réplicas.
- Anexo 04 : Resultando de la evaluación de la acidez del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas réplicas.
- Anexo 05 : Resultado de la evaluación del pH del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas réplicas.
- Anexo 06 : Resultado de la evaluación de la sinéresis del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas réplicas.
- Anexo 07 : Datos individuales de la evaluación sensorial respecto al sabor y color.
- Anexo 08 : Datos individuales de la evaluación sensorial respecto a la textura y apariencia general.
- Anexo 09 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la densidad del yogurt batido.
- Anexo 10 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la viscosidad del yogurt batido.
- Anexo 11 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la Acidez del yogurt batido.
- Anexo 12 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para el pH del yogurt batido.
- Anexo 13 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la sinéresis del yogurt batido.
- Anexo 14 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para el sabor del yogurt batido.
- Anexo 15 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para el color del yogurt batido.
- Anexo 16 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la textura del yogurt batido.

- Anexo 17 : ANOVA y pruebas de múltiples rangos para la apariencia general del yogurt batido.
- Anexo 18 : Diagrama de flujo cualitativo del yogur.
- Anexo 19 : Evaluación de las características fisicoquímicas de la leche.
- Anexo 20 : Informe de análisis de la viscosidad del yogurt batido con adición de pectina.
- Anexo 21 : Fotografías

RESUMEN

El yogur es un producto lácteo fermentado y de alto consumo humano por lo que su principal reto de la industria láctea ha sido mejorar y/o mantener su calidad, para tal fin proporcionalmente crece el uso de estabilizantes contribuyendo con su acción sobre la textura. El objetivo general del presente trabajo de investigación fue evaluar las propiedades físicas, químicas, tecno funcionales y sensoriales del yogur batido con adición de pectina a diferentes concentraciones (0.05 %, 0.10 % y 0.15 % p/v). Las muestras de leche se analizaron bajo un control de calidad tales como: acidez, pH, y densidad. Se elaboró el yogurt batido en el laboratorio de Industrias lácteas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas. Se utilizó un diseño experimental DCA con 3 repeticiones. La evaluación sensorial se sometió a una evaluación de prueba hedónica de 5 puntos con 20 panelistas semi-entrenados; se evaluaron las características de color, sabor, textura y apariencia general.

Los resultados obtenidos fueron tabulados y evaluados a través del análisis de varianza (ANOVA), empleándose diferencias mínimas significativas del Test de comparación múltiple (Tukey) para la densidad, viscosidad, acidez, pH y sinéresis; y para la evaluación sensorial se aplicó el método de Dunnett así como para determinar el mejor tratamiento se realizó el método de puntuación o ponderación, obteniéndose como resultado el tratamiento T2 (0.05% de pectina) quien obtuvo una puntuación de aceptación de 15.8 con valores de densidad de 1.050 g/mL; viscosidad 1.119 Pa.s; acidez 0.768%; pH 4.51 y sinéresis 5.933 %. Por lo que se puede decir que la pectina mejora significativamente a las propiedades del yogurt batido.

Palabras clave: *yogurt, pectina, propiedades físicas, propiedades químicas, propiedades tecno funcionales y propiedades sensoriales.*

ABSTRACT

The yogurt is a dairy product fermented and with a high consume that's the reason why the principal challenge of the lacteal industry improved or support their quality, proportionally the use of the stabilizers grow up and this contributing with the action about the texture. The general objective of the present work of the investigation was evaluated the physical, chemistries, techno-functional and sensory properties of the beaten yogurt with the addition of pectin in different concentrations. (0.05%, 0.10% and 0.15% p/v). The samples of the milk have analyzed with a specific control of quality, there was: acidity, pH, and density. We have elaborated the beaten yogurt in the laboratory of dairy's in the Professional School of Engineering Agro-Industrial of the National University "Jose Maria Arguedas" of the department of Apurimac, in the province of Andahuylas, district of Talavera. We used an experimental design DCA with 3 repetitions. The sensorial evaluation was submitted for an evaluation of hedonic test of points with 20 panelists semi-trained; we have evaluated the characteristics like color, taste, texture and general appearance.

The results obtained were tabulated and evaluated by the variance analysis (ANOVA) using the minimum and significative differences, the test of multiple comparisons (Tukey) for the density, viscosity, acidity, pH, and syneresis; and for the sensorial evaluation was applicable the Dunnett's method this was selected to determine a better treatment, we realized a punctuation or weighting method, we obtaining, like a result, the treatment T2 (0.05% of pectin) who give the punctuation of acceptance of 15.8 with values of density of 1.050 g/ml; viscosity 1.119pa.s; acidity 0.768%; pH 4.51 and syneresis 5.933%. That's the reason why we can say that the pectin is significantly better for the properties of the beaten yogurt.

Keywords: yogurt, pectin, physical properties, chemistries properties, techno-functional, and sensorial properties.

CHUMASQA

“Yogur” nisqaqa ñuqñu puqusqamanta llusqimi, hinaspapas achka runapa munananmi, chaymi llapan ñuqñu hukmayachikunapa umanpi imayna aswanta allinyachiy kallachkan, chaypaqtaqmi chay “estabilizante” nisqata suma rikukunanpaq astawan hapirichkanku. Kay llamkaypa maskasqanmi “propiedades físicas y químicas” nisqata qatipariy, chaynallataq “tecno funcionales y sensoriales” nisqakuna chay “pectina” nisqawan yaparisqa “Yogur” nisqapata (0.05 %, 0.10 % y 0.15 % p/v).

Chay akllasqa ñuqñu imayna kasqankuna qawaripa qatiparisqa karqa: puchquriynin, “PH” nisqa, chaynallataq “densidad” nisqapas. Chapusqa “Yogur” nisqatan rurarqani hatu hatun yachaywasi José María Arguedaspa yachaykuna maskarina “laboratorio” nisqapi. Chaypin hapirqanchik “diseño experimental DCA” nisqata kimsa kutita. Chay “evaluación sensorial” nisqapaqmi rurarqani “pueba hedónica” nisqata pichqa rakiypi, 20 tapurikuqkunawan; chaypin qatiparirqaniku imayna tullpun, kasqanta, asnaynin kasqanta, chaynallataq imayna rikukusqanta. Kay qatipariypi tarisqaytan chuqucharispa qawarirqani “análisis de varianza (ANOVA)” nisqawan,

Chaypaqtaqmi hapirqanchik “diferencias mínimas significativas del Test de comparación múltiple (Tukey)” nisqata, chaynallataq “densidad, viscosidad, acidez, pH chaynallataq sinéresis” nisqakunapaq; chaymantapas “evaluación sensorial” nisqapaq hapirqani “método de Dunnett”, chaynallataqmi aswan allin qawarinaypaq hapipakurqani “método de puntuación o ponderación” nisqawan, chaywantaqmi tarirqanchik “tratamiento T2 (0.05% de pectina)” nisqata. Allinkayninñataqmi 15.8 con valores de densidad de 1.050 g/mL; viscosidad 1.119 Pa.s; acidez 0.768%; pH 4.51 karqa chaynallataqmi “sinéresis” nisqapas 5.933 % ayparqa. Chay raykun nisunchikman: “pectina” nisqan chapusqa “yogur” nisqapa tukuy ima kaqninkunata allinyarichin.

Tiksi rimaykuna: “Yogur, pectina, propiedades físicas, propiedades químicas, propiedades tecno funcionales y propiedades sensoriales”.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

El yogurt es un producto lácteo obtenido generalmente de la leche de vaca, mediante un proceso de acidificación directa o microbiológica, esta fermentación microbiológica se lleva a cabo gracias a la acción de las bacterias *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, mezclados en una proporción uno a uno (Porter, 1981).

En nuestro medio se consume yogur por sus saludables beneficios y por sus propiedades organolépticas de esta forma se ha convertido en uno de los alimentos lácteos más apetecidos del mundo gracias a la variedad de sabores y presentaciones que existen en el mercado actual.

En la actualidad se ha impulsado la utilización de estabilizantes para la elaboración del yogurt dentro de las cuales destacan las pectinas. Las pectinas son polisacáridos importantes en los alimentos por sus propiedades funcionales. Se usan como agentes gelificantes, espesantes y estabilizantes (May, 1990). La pectina se utiliza para solucionar problemas de los alimentos como es el caso del yogurt que presenta sinéresis y problemas de textura, estos problemas afectan la aceptabilidad del consumidor.

El propósito de la presente investigación es evaluar la influencia de la pectina como estabilizante sobre las propiedades físicas, químicas, tecno funcional y sensorial del yogurt batido, así mismo poder encontrar la cantidad adecuada de adición de pectina para que con certeza pueda reemplazarse la leche en polvo desnatada que es usada en su preparación del yogur batido.

1.1. ANTECEDENTES

INTERNACIONAL

Mendoza, Trujillo y Duran (2007) estudiaron la *Evaluación del almidón ñañe espino (Dioscoria rotundata) como estabilizante en la elaboración de yogurt entero batido* que fue realizado en Pamplona – Colombia, utilizó el almidón de ñañe espino (*Dioscoria rotundata*) como estabilizante en la elaboración del yogurt tipo batido, prepararon muestras de yogurt sin estabilizante a la concentración de 0.3 % p/v y con almidón de ñañe espino (*Dioscoria rotundata*) en concentraciones de 0.4, 0.5 y 0.6 %. Evaluaron durante 30 días las características físicas, químicas y sensoriales, teniendo como resultados de acidez que oscila entre (0.603 – 1.17 % de ácido láctico), densidad inicial de (1054.76 – 1044.68 kg/m³) y densidad final (1032.58 – 1036.61 kg/m³), sinéresis inicial (4.29 – 9.56 %) y final (15.022 – 22.508 %), viscosidad inicial (0.803 – 0.974 Pa.s) y final (0.701 – 1.44 Pa.s); para el caso de la evaluación sensorial se determinó el color, olor, sabor y calificación global con una cantidad de 20 catadores semientrenados donde la concentración de almidón de 0.6 % fue la mejor evaluada y llegando a la conclusión que fue la que mejor llevo a cabo la función de estabilizante.

García (2004) estudió el *Efecto de la cantidad de grasa y almidón modificado en la elaboración de yogurt bajo en grasa sabor a fresa y sin azúcar*, que fue realizado en Honduras, estableció el efecto de dos cantidades de grasa (0.01 y 0.5 %) y almidón modificado (2.0 y 2.5 %) quien evaluó las características de grasa, viscosidad, consistencia y color. Obteniendo resultados de acidez que oscila entre (1.01 – 1.06 % de ácido láctico), viscosidad de (6,69 – 7,49 Pa.s) y consistencia que oscila (2 – 3.4 cm/min) se condujo un análisis sensorial donde el yogurt con 0.5 % de grasa y 2.0 % de almidón modificado fue el más preferido por el consumidor. Concluyendo que la cantidad de grasa favorece su aceptación del yogurt.

Díaz, Sosa y Vélez (2004) estudiaron el *Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt*, realizado en Puebla – México elaboraron yogures con tres niveles de grasa (2, 3 y 4 % p/p) y cuatro niveles de fibra de salvado de trigo (3, 5, 7, y 9 % p/v), a los que se realizó diversos análisis como acidez, densidad, pH, grado de sinéresis, viscosidad mostrando como resultado que el pH disminuyó hasta 4,4 y obtuvo una acidez de

0.65% a 1.1%; ambos parámetros; tuvieron un cambio significativo en función de los factores estudiados. Asimismo la textura también cambió significativamente durante el almacenamiento obteniéndose datos que oscilan para el yogur batido de (0.41 – 0.86 N) y asentado (0.65 – 1.06 N) siendo mayor la fuerza de penetración necesaria para yogurt asentado. La sinéresis disminuyó al aumentar el contenido de fibra y disminuyendo el contenido de grasa 45 a 65%. Para la densidad tuvo una variación de 1047 a 1380 kg/m³ y para la evaluación sensorial se realizó con 20 panelistas y teniendo como muestra con más aceptación el que tiene 3% de fibra y 3% de grasa.

Castillo, Borregales y Sánchez (2004) estudiaron la *Influencia de la pectina sobre las propiedades reológicas del yogurt*, realizado en Mérida – Venezuela; se basó en el efecto estabilizante y gelificante que tiene sobre las propiedades físicas, químicas y sensoriales del yogurt semidescremado firme. Se prepararon muestras de yogurt con diferentes concentraciones de pectina (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 y 0,30% p/p). Los resultados fueron para los sólidos totales de 12.30 % a 12.60 %; para la sinéresis se tuvo resultados de 4.5% v/v, y para la viscosidad se tubo datos que oscilaron de 14500 a 28000 cp. Para la evaluación sensorial se consideraron 5 panelistas semi entrenados teniendo como resultados que oscilaron de 12,2 a 14,4. Como conclusión se obtuvo que la cantidad óptima de pectina que se debe adicionar al yogurt semi descremado con adición de leche descremada en polvo al 3% es de 0,15% de pectina. El uso de pectina en las concentraciones adecuadas demostró ser una buena opción para el mejoramiento de las propiedades reológicas del yogurt.

Gaviria, Retrepo y Suárez (2009) estudiaron la *Utilización de hidrocoloides en bebida láctea tipo kumis*, realizado en Medellín – Colombia, se evaluó la mezcla más adecuada de los estabilizantes goma guar, goma xantan y carragenina en la bebida láctea tipo kumis. Se lleva a cabo un estudio preliminar que define las mezclas óptimas de estos estabilizantes, utilizando el nivel máximo de 0.5 %, la variable de respuesta medida es la viscosidad. Definida la mejor mezcla, es utilizada en tres concentraciones (T1: 0.08 %; T2: 0.1 % y T3: 0.12 %), y comparada con un control (T4: sin adición de estabilizante). Obteniéndose como resultados de acidez que oscila entre 0.54 a 0.75 %; pH de 4.35 a 4.63; sinéresis de 14 a 32,5%. El tratamiento que muestra mejores resultados es la concentración

0.12 %; que corresponde al tratamiento T3 al igual en la evaluación sensorial el tratamiento T3 es el que más aceptación tiene.

Jácome (2010) estudió la *Evaluación de la calidad de yogurt tipo II (elaborado con leche semi descremada o semi desnatada) con la utilización de gel de linaza como estabilizante natural*, realizado en Riobamba – Ecuador; se evaluó la adición de gel de linaza como estabilizante Natural en porcentajes de (0.35 %, 0.40%, 0.45 %, 0.50 %), se realizaron análisis fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales; obteniéndose resultados de pH 4.95 para todas las muestras, para la densidad fue entre 1.058 a 1.068, contenido de proteína de 2.55 a 3.10, grasa de 0.75 a 1.00, minerales de 0.62 a 0.63, coliformes totales 0%, para la evaluación sensorial como son olor de 17.50 a 18.30, sabor 17.20 a 19.20, color 17.20 a 18.80 y apariencia de 17.30 a 19.00 . Como conclusión se tiene que la muestra con 0.35% de gel de linaza en el yogurt es la que mejor características presenta al igual que en la evaluación sensorial obtuvo una puntuación de 70.10 de 80 puntos.

Quevedo (2014) *Estudio el efecto del lacto suero ácido y gelatina como estabilizante en la elaboración de una bebida láctea fermentada* realizado en Quito – Ecuador, utilizó lactosuero ácido en 25, 30, 35% y gelatina como estabilizante en porcentajes de 0.10, 0.125, 0.15% p/p; se analizó la acidez, pH, viscosidad y sinéresis. Se obtuvo resultados de 1.02 a 1.07% de ácido láctico para la acidez, 4.35 a 4.43 para el pH, 11.1 a 23% para la sinéresis y para la viscosidad expresado en cp 2409 a 4996. Como conclusión se tiene que las concentraciones de LSA y gelatina influyeron significativamente en la viscosidad y sinéresis, mientras que no causaron cambios en la acidez y pH. El tratamiento ganador fue el de 30% LSA y 0.15%.

Parra y Medina (2011) estudiaron el *Efecto de la adición de goma xantana y goma guar en la incubación del yogurt tipo entero*, elaborado en Colombia, para lo cual utilizó goma guar en concentraciones de 0.2% y 0.4% y goma xantana en concentraciones de 0.2% y 0.4%, y para comparar los efectos se empleó un control. Realizaron análisis físico y químicos de pH, acidez, sinéresis, viscosidad, y densidad. Se obtuvo resultados para la acidez de 0.77% a 0.95% de ácido láctico, pH de 4.3, sinéresis de 44 % a 65%, densidad de 0.99 a 1.05 y viscosidad de 5.72 a 5.78 cp. En conclusión la adición de hidrocoloides en la elaboración de

yogurt afecta en sus propiedades físicas y químicas. La goma xantana en 0.4% es la que menor sinéresis presentó.

Molina (2009) estudió la *Comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt de leche descremada de vaca* realizado en Guatemala; se evaluó las características de olor, aspecto, textura y sabor así como evaluar la viscosidad y el porcentaje de sinéresis. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: tratamiento 1: gelatina, pectina, carragenina, polifosfatos de sodio y monoestearato de glicerilo. Tratamiento 2: almidón modificado, gelatina kosher, pectina y sulfato de calcio y tratamiento 3: gelatina, pectina, carragenina, fórmula estandarizada con dextrosa. Los resultados obtenidos fueron que para la sinéresis el tratamiento 1 fue el que obtuvo 0 pérdidas; para la viscosidad el tratamiento 3 fue el que menor recorrido tuvo 4.5cm./5seg, por lo que indica que fue el tratamiento con mayor viscosidad.

Ramirez y Ruiz (2014) estudiaron la *Elaboración de yogurt firme bajo en calorías con inulina y harina de guayaba*, realizado en Venezuela, estudiaron las características fisicoquímicas como viscosidad, sinéresis, acidez, pH, análisis microbiológicos, evaluación sensorial; obteniéndose como resultados la disminución de pH de 4,1 a 3,7 lo cual puede deberse a la actividad microbiana en condiciones de refrigeración, la acidez aumentó oscilando entre 1,27 a 1,31% y finalizando en 1,79 a 1,83%; viscosidad de 3050 a 9250 cp. y no se observó sinéresis en la muestra. Sensorialmente fue altamente aceptado en todos los atributos sensoriales.

NACIONALES

Ladera y Canchohuamán (2010) estudiaron la *Caracterización fisicoquímica y sensorial del yogurt con adición de goma de tara (Caesalpinia spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones* realizado en la ciudad de Huancayo – Perú, utiliza goma de tara en 0,03, 0,05 y 0,07 % del contenido de la leche. Teniendo como resultados de pH que oscila de (4,20 – 4,45), acidez (69,5 – 75,0 °D) y densidad (1,045 – 1,050 kg/m³), realizó una prueba de aceptabilidad con 30 jueces no entrenados quienes evaluaron mediante una escala hedónica su apariencia general, color, olor, sabor y consistencia y se obtuvo como resultado que la cantidad óptima de la adición de goma de tara es 0,03% quien muestra

resultados de pH (4.45), acidez (69.5 °D), densidad (1.045 kg/m³). Como conclusión se tiene que el uso de goma de tara en 0.03% es la concentración adecuada para su mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogur.

Cárdenas, Alvites, Valladares, Obregon y Vásquez (2013) estudiaron la *Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides (carboximetilcelulosa, gelatina y pectina)*, realizado en Trujillo-Perú, investigaron el efecto de la combinación de los tres hidrocoloides sobre la sinéresis y textura sensorial del yogurt natural batido. Los resultados fueron de sinéresis que oscilaron entre 18.27 a 65.40% y para la textura sensorial 1.75 a 3.98. Se determinó las combinaciones óptimas para obtener valor bajo de sinéresis (24.29%) y mayor calificación en textura sensorial de 3.7 (me gusta moderadamente), se obtuvieron valores de mezclas optima de caboxilmetilcelulosa, gelatina y pectina en los siguientes porcentajes 0.24%, 0.005% y 0.004% respectivamente.

Martínez (2017) estudió la *Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (caesalpinia spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones*, realizado en Andahuaylas-Peú, investigo la adición de goma de tara en porcentajes de 0.02, 0.04 y 0.06% obteniéndose como resultados que oscilan entre 4.50 a 4.58 de pH, acidez de 65 a 72 °D, densidad de 1.054 a 1.78 g/ml, viscosidad de 0.9769 a 2.039 Pa.s, color de 51.04 a 58.92. Como conclusión tenemos que la muestra con mayor aceptación fue el yogurt con 0.04% de goma de tara.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El consumo y la producción del yogur se han incrementado en nuestra localidad durante los últimos años, esto se debe principalmente al valor nutricional del producto y la disponibilidad de la materia prima en la zona.

Es así que en los principales mercados de los distritos urbanos de la provincia de Andahuaylas se encuentra este producto con varios ofertantes en diferentes presentaciones, sabores y otros.

Este producto por lo general presenta propiedades organolépticas deficientes como es el caso de la consistencia y textura afectando la aceptación de los consumidores y con ello la compra del producto. Los factores que afecta la calidad del producto principalmente se deben a que estos pequeños productores

no cuentan con conocimiento técnico o métodos alternativos para la elaboración de yogures.

Así mismo Mendoza et al. (2007) indica que los productos lácteos obtenidos por coagulación y en especial el yogurt presenta un gel de textura pobre con tendencia a la sinéresis o desuerados. Con la cantidad natural de sólidos de la leche, el gel formado es extremadamente débil y frágil e impropio para uso comercial. La adición de sólidos lácteos como la leche en polvo antes de la fermentación puede remediar esta situación; donde se puede reemplazar total o parcialmente por hidrocoloides u otros estabilizantes con conocido efecto sobre la textura y sinéresis (Castillo et al. 2013). Estos dos autores sintetizan el problema de baja consistencia y textura del yogur que se encuentran en nuestra zona, es por ello la importancia de adición de sólidos en la elaboración de yogures ya sea la leche en polvo, gomas, gelatina, agar, pectina y otros; estos insumos que se adicionan pueden variar su uso principalmente por su costo.

La presente tesis tendrá como objetivo estudiar el efecto de la adición de pectina como estabilizante en las propiedades físicas, químicas, tecno funcional y sensorial del yogur batido, con el propósito de solucionar los problemas mencionados y este a su vez ser una alternativa para la producción de yogures mejorando así su aceptación en el mercado.

1.3. HIPÓTESIS

Hipótesis General

- ✓ La adición de la pectina al yogur batido mejorará sus características físicas, químicas, tecno funcionales y sensoriales.

Hipótesis específicos

- ✓ La adición de la pectina al yogur batido mejorará sus características físicas como la densidad y viscosidad.
- ✓ La adición de la pectina al yogur batido mejorará sus características químicas como la acidez y el pH.
- ✓ La adición de la pectina al yogur batido mejorará su característica tecno funcional como la sinéresis.
- ✓ La adición de la pectina al yogur batido mejorará sus características sensoriales respecto al sabor, color, textura y apariencia general.

1.4. OBJETIVOS

✓ **Objetivo general**

Evaluar el efecto estabilizante de la pectina sobre las propiedades físicas, químicas, tecno funcionales y sensoriales del yogurt batido.

✓ **Objetivo específicos**

- Determinar las propiedades físicas (densidad y viscosidad) del yogurt batido con adición de pectina como estabilizante.
- Determinar las propiedades químicas (acidez y pH) del yogurt batido con adición de pectina como estabilizante.
- Determinar la propiedad tecno funcional (sinéresis) del yogurt batido con adición de pectina como estabilizante.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial del yogurt batido con adición de pectina como estabilizante.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Yogur

El yogur es el alimento obtenido a partir de la coagulación de la leche pasteurizada o hervida, entera, semidescremada o descremada; debido a la fermentación de las especies bacterianas específicas del *Lactobacillus delbrueckii* sp. *Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* sp. *Thermophilus*, los que deben de estar vivos en el producto terminado, puede ser adicionado de otros ingredientes y aditivos alimentarios permitidos por la Secretaria de Salud (Briones, 2005).

Desde el punto normativo el yogurt es el producto obtenido por la fermentación láctica, mediante la acción de *Lactobacillus bulgaricus delbrueki subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*, a partir de la leche pasteurizada y/o productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en su composición pasteurizada; pudiendo o no agregarse otros cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, además de los cultivos esenciales. Estos cultivos esenciales serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Si el yogurt es tratado térmicamente luego de la fermentación no se aplica el requisito de los microorganismos viables (NTP202.092. 2004).

El yogur es la más popular de todas las leches fermentadas, se fabrica con composiciones muy distintas (contenido en grasa y en extracto seco), y puede ser natural o con sustancia añadidas, como frutas, azúcar, agentes gelificantes, etc. (Walstra *et al.*, 2001). La denominación yogurt o yogurt está reservada a la leche fermentada obtenida, según los métodos tradicionales, únicamente por el desarrollo de las bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que deben sembrarse simultáneamente y encontrarse viables en el momento de la venta al consumidor. Todos los productos que contengan otros fermentos

distintos a los mencionados no pueden denominarse yogurt, y tienen que llamarse leches fermentadas, caso de todos los nuevos productos considerados como productos “sanos” (Mahaut *et al*, 2004).

El tipo de leche utilizada en la elaboración del yogurt es muy importante ya que hay variaciones en la calidad del yogurt, por ejemplo las leches con un elevado contenido en grasa dan lugar a un yogurt rico y cremoso, con un excelente cuerpo, en comparación con el yogurt elaborado a partir de leches de bajo contenido de grasa o leches desnatadas. La lactosa de la leche es fuente de energía para los microorganismos estárter del yogurt, pero las proteínas desempeñan un importante papel en la formación del coagulo, y por tanto la consistencia y viscosidad del producto es directamente proporcional a la concentración de proteína presente (Tamime y Robinson, 1991).

2.1.1.1. Clasificación del yogur

Según Ludeña (2005). El yogurt puede ser clasificado, por la textura, por el contenido de grasa y por el sabor como se muestra a continuación:

a. Por la textura:

- **Yogur batido:** Es el producto en el que la inoculación del cultivo láctico se realiza en tanques de incubación, produciéndose en ellos la coagulación. Luego se bate y se envasa, pudiéndose presentar en estado líquido o semisólido. Este tipo de yogurt presenta un 14% de solidos totales.
- **Yogur coagulado o aflanado:** Es el producto en que la leche pasteurizada es envasada inmediatamente después de la inoculación del cultivo lácteo, produciéndose la coagulación en el envase.
- **Yogur bebible:** Es el producto en el que la leche pasteurizada presenta un contenido de solidos totales entre el 8 al 9%, por tanto la coagulación se da en la leche resultando un producto fluido.

b. Por el contenido de grasa:

- **Yogur entero:** Es aquel en el que el contenido en grasa es igual o más de 3% en la leche destinada para elaborar el yogurt.
- **Yogur parcialmente descremado:** Es aquel en el que el contenido en grasa es igual o más de 3% en la leche destinada para elaborar el yogurt.
- **Yogur descremado:** La materia grasa de la leche es menos de 1%.

c. Por el sabor

- **Yogur natural:** Es aquel sin adición alguna de saborizantes, azúcar y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizantes y conservantes.
- **Yogur frutado:** Es aquel al que se le ha agregado fruta procesada en trozos y aditivos permitidos por la autoridad sanitaria.
- **Yogur Saborizado:** Es aquel que tiene saborizantes naturales y/o artificiales y otros aditivos permitidos por la autoridad sanitaria.
- **Yogur azucarado:** Es el yogurt natural al que se le ha añadido edulcorantes como sorbitol, xilitol, sacarina, ciclamatos y sus sales.
- **Yogur aromatizado:** En la fruta se sustituye por aromatizantes sintéticos y colorantes.

2.1.1.2. Fermentación láctica del yogur

La fermentación láctica es un proceso celular anaeróbico donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico (Ramirez, 2010).

El yogurt es un producto producido por la fermentación natural de la leche a escala industrial se realiza la fermentación añadiendo a la leche dosis del 3-4% de una asociación de dos cepas bacterianas. El *S. thermophilus*, poco productor de ácido, pero muy aromático, y el *L. bulgaricus*, muy acidificante. En esta preparación se podrán, por tanto, observar dos morfologías bacterianas distintas (cocos y bacilos) y un tipo de agrupación (estreptococos, cocos en cadenas arrosariadas) (Ladera, 2010).

2.1.1.2.1. Desarrollo de las bacterias lácticas

Según Walstra *et al.* (2001) indica que las bacterias ácido lácticas o bacterias lácticas, son los microorganismos utilizados en la producción de la leche y otros productos lácteos acidificados (fermentos).

Todas las bacterias que forman parte de los cultivos iniciadores pertenecen a los géneros *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y *Lactobacillus*. Son bacterias Gram-positivas, que tienen una pared celular muy gruesa. En base a su morfología, las bacterias lácticas pueden clasificarse en cocos y bacilos. En función a su temperatura óptima de crecimiento, se distingue entre los microorganismos mesófilos, más rápidamente a 20 y 30 °C, y los termófilos, que lo hacen entre 35 – 45 °C.

Las bacterias lácticas son muy exigentes en sus necesidades nutritivas, la leche no contiene bastante cantidad de compuestos nitrogenados de disponibilidad inmediata (es decir, péptidos de bajo peso molecular y aminoácidos) para que las bacterias puedan crecer muy bien. Un requisito necesario para el desarrollo bacteriano es que las células contengan un sistema proteolítico formado por las enzimas asociadas a la pared y enzimas intracelulares. Las enzimas van hidrolizando consecutivamente las grandes moléculas proteicas hasta componentes fáciles de asimilar tal como se muestra en la figura (1).

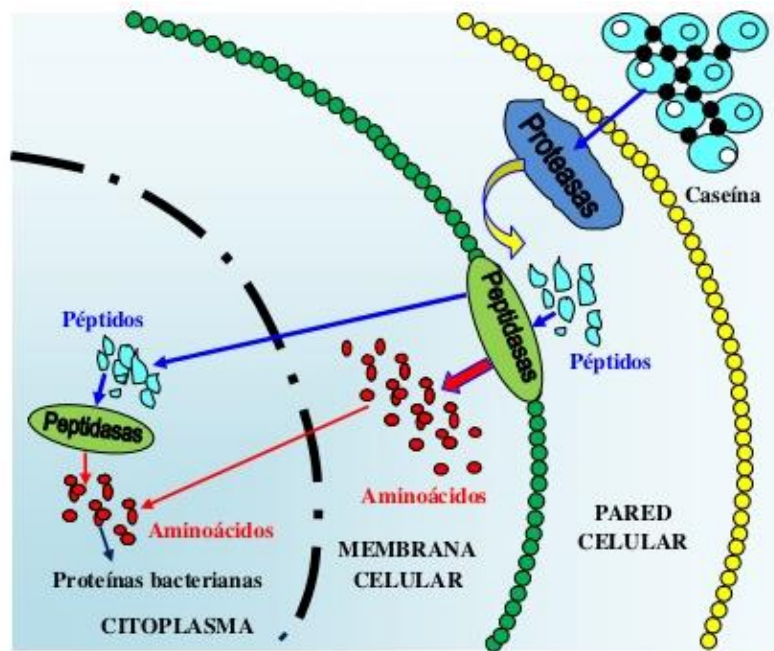


Figura 1: Degradación de la caseína por las bacterias lácticas (Walstra, et al. 2001).

Las bacterias proteolíticas favorecen el crecimiento de los *S. thermophilus* por la formación de péptidos y aminoácidos, principalmente valina. Mientras que los cocos potencian el desarrollo de *L. bulgaricus* produciendo ácido fórmico a partir del ácido pirúvico en condiciones anaeróbicas y formándose también el CO_2 en este momento (Walstra, et al. 2001).

Según Ordoñez (2001), el *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* libera, a partir de las proteínas de la leche, diversos aminoácidos (entre ellos valina, ácido glutámico, triptófano y metionina) y algunos péptidos que estimulan el crecimiento de *St. Thermophilus*. A su vez esta bacteria produce formiato durante el metabolismo de la lactosa y CO_2 a partir de la urea presente en la leche. Ambos metabolitos estimulan el desarrollo de lactobacilo como se muestra en la Figura (2).

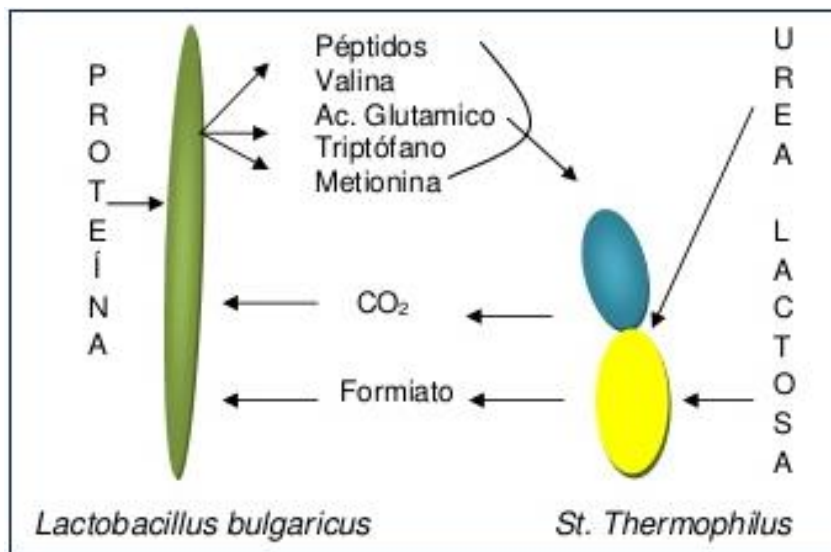


Figura 2: Crecimiento simbiótico de las bacterias lácticas (Ordoñez, 2001).

2.1.1.2.2. Factores que afectan el crecimiento y la reproducción de las bacterias durante la fermentación.

Según Walstra *et al.* (2001) son los siguientes:

- **Tiempo de incubación:** un tiempo de incubación más corto, que implica una acidez menos, produciría un aumento en la proporción de estreptococos, la repetida transferencia de un cultivo de yogurt después de incubaciones cortas, pueden llegar a hacer desaparecer los bacilos del cultivo. Por lo contrario, los tiempos de incubación largos desequilibraran la población con predominio del lactobacilo.
- **Porcentaje de inóculo:** El aumento del porcentaje del inóculo incrementa la velocidad de acidificación y en consecuencia, se alcanzara antes el nivel de acidez que detiene el crecimiento de los cocos, lo que se traducirá en un mayor número de lactobacilos (para el mismo tiempo de incubación).

Cuando el porcentaje inoculado es menos, la relación entre las bacterias se desplazara a favor de los estreptococos.

- **Temperatura de incubación:** la temperatura óptima de crecimiento de los bacilos es superior a la de los cocos, la incubación a más de 45 °C desplazara el equilibrio a favor de bacilos, la incubación a menor temperatura favorecerá el desarrollo de los cocos. Durante la elaboración de yogurt el crecimiento de *St. Thermophilus* es más rápido que el de *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, por lo que se produce en primer lugar ácido L (+) láctico y a continuación ácido D (-) láctico, siendo el porcentaje entre estos como sigue.

Si el yogurt contiene más de un 70% de ácido L (+) láctico ello indica que ha sido inoculado con un cultivo estéril consistente principalmente en *St. Thermophilus*, que la fermentación se ha desarrollado a temperaturas inferiores a 40 °C, si el yogurt contiene un 0.8 % o menos de ácido láctico, esta indica que ha sido refrigerado cuando presentaba una acidez baja (Tamine y Robinson, 1991).

Por otro lado, si el yogurt contiene más ácido D (-) láctico que L (+) láctico, ello indica que ha sido incubado a una temperatura demasiado alta, es decir, de 45 °C o superior, que ha sido incubado durante mucho tiempo, por lo que el producto ha alcanzado una acidez muy alta, que ha sido almacenado por un periodo de tiempo prolongado, también se debe cuando el inóculo de estéril fue superior al 3%, o bien cuando el cultivo estéril empleado contenía más bacilos que cocos (Tamine y Robinson, 1991).

2.1.1.3. Formulación y elaboración del yogurt

- A. Recepción:** La materia destinada a la elaboración de yogurt, se somete a un control de calidad, realizándose análisis de densidad, acidez, pH y microbiológicos (Illescas, 2001).
- B. Calentamiento:** Se calienta la leche hasta llegar a 32 °C, después se agrega la leche en polvo descremada (LPD) 21.4 gr.l de leche, luego se disuelve bien (Ramírez, 2010).

La correlación entre extracto seco de la leche y la consistencia del yogurt ha sido estudiada por (Tamine y Robinson 1991), quienes comprobaron que esta propiedad mejoraba notablemente al aumentar el extracto seco. El yogurt de mejor calidad se logra con un extracto seco total de entre un 14-15%.

C. Pasteurización: La pasteurización según Ramírez (2010) menciona que se trabaja a 90°C por 10 segundos, con esta temperatura se logra desnaturalizar las proteínas del suero, a su vez se destruye su flora bacteriana.

Pero según Hernández (2004) se puede realizar distintos tratamientos de acuerdo con el proceso de fabricación del yogurt.

- 90°C a 95°C durante un tiempo de 5 a 10 segundos.
- 80°C a 85°C durante un tiempo de 5 a 15 minutos.
- 72°C a 75°C durante un tiempo de 10 minutos.

Se debe considerar que el calentamiento débil de la leche genera un yogurt bajo en viscosidad, mientras que un sobrecalentamiento puede provocar una textura granulada y una tendencia a la separación del suero.

D. Enfriamiento: Se enfría la leche hasta la temperatura necesaria para el óptimo crecimiento de los microorganismos, que oscila entre los 40 y 45 °C. para esta etapa se recomienda hacer circulas agua a temperatura ambiente hasta llegar a la temperatura adecuada (Illescas, 2001).

E. Inoculación: Cuando se llega a esta temperatura adecuada se adiciona el cultivo, la dosificación ira referido a lo indicado por el productor del cultivo láctico (Ramírez, 2010).

La inoculación de los microorganismos específicos del yogurt *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*. Se utiliza para inocular la mezcla entre 2-3% de cultivo formando dos partes iguales de *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus* (Early, 1992).

F. Agitado: Se debe mezclar muy bien al agregar el cultivo y procurando extremar las medidas higiénicas con el fin de evitar una contaminación (Early, 1992).

Se realiza la homogenización del cultivo con la mezcla (Ramírez, 2010).

G. Transvase: Es la etapa en la que la mezcla ya con el cultivo es pasado al recipiente que se usará durante el encubado (Ramírez, 2010).

H. Incubación: Se busca desarrollar la viscosidad y acidez del producto (Ramírez, 2010).

La incubación se efectúa a una temperatura de 40 a 45 °C durante 3 a 5 horas hasta que forme coágulo. La temperatura y el tiempo de incubación, como también la cantidad de inóculo no solo influyen en la acidez final sino también en la relación entre bacterias (Tamime y Robinson, 1991).

I. Enfriamiento y refrigeración: El enfriamiento del coágulo comienza inmediatamente después de alcanzar una acidez óptima del producto, es decir un pH aproximado de 4.6 o una concentración de ácido láctico del 0.9% dependiendo del tipo de yogurt producido (Tamime y Robinson, 1991).

El enfriamiento por medio de la refrigeración es uno de los métodos más utilizados para controlar la actividad metabólica de los cultivos iniciadores y sus enzimas. El enfriamiento se ha de realizar con la mayor brusquedad posible para evitar que el yogurt siga acidificándose (Illescas, 2001).

J. Batido: Consiste en la ruptura del coágulo y la reincorporación del lacto suero y es una operación de solo se realiza en la fabricación de yogurt o yogures líquidos para beber, generalmente para obtener un gel homogéneo es suficiente a una agitación muy suave (velocidad de la paleta 2-4 rpm) durante unos 5 a 10 min. Además

la agitación tiene un efecto inhibitor sobre la actividad del cultivo y reduce la producción de ácido láctico (Early, 1992).

K. Envasado: El envasado del yogurt se realiza con jarras de manera manual o mecánico por una llenadora (Ramírez, 2010). El tamaño de los envases varía de un mercado a otro. En general la capacidad de envasado total debe ser semejante a la capacidad de la planta de pasteurización, para obtener unas condiciones óptimas de funcionamiento para todo el sistema de proceso (Luquet, 1993).

L. Refrigeración: Después de ser empacado el producto se coloca en cámaras frigoríficas con una temperatura de 5 °C, donde se mantendrá hasta la distribución a los consumidores (Early, 1992).

2.1.1.4. Propiedades físico químicas del yogurt

La composición fisicoquímica del yogurt está basada en la composición química de la leche y en los sucesivos cambios de los constituyentes de la leche que ocurren durante la fermentación láctica. En la siguiente tabla 1 se muestra los componentes del yogurt por cada 100 g de yogurt batido (Ramírez, 2010).

Tabla 1
Composición química del yogurt batido

Análisis	Resultado
Humedad %	79,81
Proteína %	2,81
Grasa %	3,16
Minerales %	0,61
Carbohidratos %	13,61
Valor Calórico Kcal / 100 g.	94

Fuente: Hernández (2004)

Los cambios químicos de los constituyentes de la leche durante la fermentación resulta con reducción de la lactosa y formación considerable de ácido láctico, con incremento de péptidos libres, aminoácidos y ácidos

grasos y con considerables cambios de algunas vitaminas (Ramírez, 2010).

- **pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución, este se mide por la concentración del ion hidrógeno según el químico Danés SLP Stirensen. El pH es la medida de la concentración de iones de hidrogeno presentes. Los valores se presentan en una escala de 1-14 donde el valor 7 es para productos neutros como el agua, por arriba de este valor son productos básicos y por debajo son ácidos como es el caso del yogurt (Ladera, 2010).

Según Teuber (1995) Los valores de pH de un yogurt están en un rango de 4,0 – 4.5.

El pH del yogurt es una de las propiedades principales debido a que en su elaboración se busca disminuir el pH de la leche y llegar al pH del yogurt lo cual contribuye al olor y sabor característico (Illescas, 2001).

- **Densidad:** Es la masa por unidad de Volumen y es el promedio de las densidades de sus componentes individuales, del grado de hidratación de las proteínas y el volumen específico del sistema leche-grasa (Illescas 2001).

La densidad del yogurt está determinada por factores como:

- Concentración de los elementos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos).
- Proporción de materia grasa.
- La temperatura.
- La densidad exigida para el yogurt puede lograrse por dos procedimientos: concentración de la leche por sustracción de agua y adición de la leche en polvo o condensada.

La densidad de los productos del yogurt que reporta a 15 °C como gravedad específica y se encuentra entre 1.032 – 1.036 kg/m³ (Harper y Hall, 1981).

- **Ácido Láctico:** Durante la preparación del yogurt, la concentración de ácido láctico cada vez se hace mayor a la vez que disminuye constituyentemente de lactosa además este ácido es utilizado en el cuerpo como fuente de energía en el proceso de respiración proveyendo 3.638 kcal/g o este puede ser transformado gracias a la fosfoenolpiruvato y glucosa 6-fosfato o glicogen (Ramírez, 2010).

El aumento de la acidez del yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína, además afecta la textura y el sabor en el producto (Fennema, 1993).

La acidez de un yogurt debe oscilar entre 0.8 – 1.8 % de ácido láctico. El porcentaje de ácido láctico adecuado es extremadamente importante para obtener un yogurt de alta calidad con sabor propio, cuerpo y textura propia, esto es para que el producto tenga el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento (Ankenman y Morr, 1996).
- **Humedad:** La humedad es la cantidad de agua presente en el alimento. Los enlaces que tiene el agua con otros elementos presentes en de fundamental importancia en la industria alimenticia ya que determinan la funcionalidad, el aprovechamiento y la estabilidad de los alimentos en su almacenamiento (Cadden, 1988).

El conocer la cantidad de agua libre que se encuentra en el alimento ayuda a prevenir algunas reacciones de crecimiento microbiano indeseable (Potter y Hotchkiss, 1999).

El contenido de humedad del yogurt es de 87.8 % según (Gambelli *et al*, 1999), pero su valor depende del tipo de leche y sólidos solubles en ella.
- **La viscosidad:** Es la resistencia del líquido a fluir o deformarse. Esta propiedad se relaciona con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa. La viscosidad varía con la temperatura, el estado de dispersión y la concentración de los componentes sólidos (López, 2003)

La leche es mucho más viscosa que el agua, esto es debido, a la materia grasa en estado globular y a las macro moléculas proteicas, la

viscosidad disminuye con la elevación de la temperatura. Toda modificación que actúa en las grasas o las proteínas tendrá un efecto particular en la viscosidad, la homogenización eleva la viscosidad de la leche, así como los factores que producen variaciones en el estado de hidratación de las proteínas también son causas de los cambios de viscosidad (Ladera, 2010).

La coagulación por acidificación para la preparación de leche ácida, se logra mediante el agregado cultivos de bacterias lácticas; estos microorganismos transforman la lactosa en ácido láctico cuando el pH se acerca al punto isoelectrico de la caseína aumenta la viscosidad, por lo que se obtiene fácilmente productos más espesos, con textura de gel, tal como el yogurt las condiciones necesarias para la formación del gel, establece un delicado balance en la precipitación (Briones, 2005).

2.1.1.5. Propiedades tecno funcionales del yogurt

Las propiedades tecno-funcionales se pueden clasificar en tres grupos principales como:

- Propiedades de hidratación (interacción proteína - agua).
- Propiedades de superficie.
- Propiedades dependientes de la interacción proteína – proteína.

Estos grupos no son totalmente independientes puesto que en algunos casos las propiedades tienen características tanto de interacción proteína-proteína como de interacción proteína-agua, por ejemplo viscosidad y solubilidad (Cheftel y Cheftel, 1986).

La sinéresis: El porcentaje de sinéresis adecuado para tener una buena calidad del yogurt debe ser menor al 42 % (Alatríste, 2002).

Cuando la sinéresis es mayor a 42 % es por que influye el desarrollo de alta acidez, así como la agitación a temperaturas relativamente altas, se dice que la formación de la estructura del gel no es muy buena debido a que se ve afectada por la presencia de minerales que aumentan el porcentaje de sinéresis (Tamime y Robinson, 1991).

Cuanto mayor es la sinéresis que se produce después del batido, menos viscoso y más grumoso es el yogurt. La tendencia a la sinéresis es menor

en un gel más firme, especialmente para una temperatura de incubación más baja. (Walstra, *et al.* 2001).

2.1.2. SUSTANCIAS PÉCTICAS

El nombre de pectina o sustancias pécticas se ha utilizado para designar, de manera general, a carbohidratos complejos de carácter coloidal que se encuentran universalmente en las plantas terrestres, ubicadas principalmente en la región intercelular o lamina media y en mucha menor extensión en la pared celular primaria. Presentes en una cantidad no superior al 1% del peso seco del material, son responsables principales de la integridad de los tejidos vegetales (Whistler, *et al.* 1969).

La pectina fue descubierta en 1970 cuando Vauquelin encontró primeramente una sustancia soluble de los zumos de fruta. El científico francés Braconnot continuó el trabajo de Vauquelin y encontró que “una sustancia ampliamente disponible de plantas vivas y ya observada en el pasado, tenía propiedades gelificantes cuando se le añadía ácido a su solución”. La llamo “pectina ácida” del griego “pectos” que significa sólido coagulado (Herbstreith, 2001).

La pectina tiene uso industrial ampliamente conocido por su capacidad de ligar agua, por lo que son utilizadas en la industria de alimentos como agente gelificante, espesante y agente que ayuda a mantener ciertas suspensiones. Se obtiene, fundamentalmente, de las pieles de los cítricos de restos de manzana y otras, que las contienen, respectivamente en un 20 – 40 % y 10 – 20 % de la materia seca (Belitz, 1997).

2.1.2.1. Clasificación de la pectina

Según con el grado de esterificación las pectinas se clasifican como pectinas de alto metoxilo o de bajo metoxilo. Los dos grupos tienen diferentes propiedades y gelificación bajo condiciones diferentes.

A. Pectinas de bajo metoxilo:

Las pectinas de bajo metoxilo (LM) tienen la mayoría de los grupos carboxilos libres. En realidad solo de 20 – 40 % de los grupos carboxilo están esterificados. Por tanto, la mayoría están disponibles para

formar enlaces cruzados con iones divalentes como calcio. Las pectinas de bajo metoxilo pueden formar geles en presencia de iones divalentes sin necesitar azúcar o ácido (Primo, 1998).

Las soluciones de pectina de bajo contenido de metoxilo LM (Comunes y amidadas) solo gelifican en presencia de cationes divalentes que originan enlaces cruzados. Al aumentar la concentración de cationes de cálcicos se incrementa la temperatura de gelificación y la fuerza de gel. (Bellavita y Guanaja, 1988).

B. Pectinas de alto metoxilo:

Las pectinas de alto metoxilo (HM) tienen una elevada proporción (normalmente 50 – 58 %) de grupos carboxilo esterificado. La mayoría de los grupos ácidos, por tanto, no están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes, así estas pectinas no forman geles de esta manera. Sin embargo, se pueden hacer gelificar con la adición de azúcar y ácido. Comúnmente, son las pectinas de alto metoxilo las que usan para formar geles de pectina (Primo, 1998).

Las soluciones de pectinas de HM gelifican cuando existe en el medio suficiente ácido y azúcar. A medida que desciende el pH de una solución de pectina, los grupos carboxilos cargados y muy hidratados se convierten en grupos de ácido carboxílicos sin carga y solo ligeramente hidratados. La formación de zonas de unión se ve potenciada por la presencia de elevadas concentraciones (64 % al menos 55 %) de azúcar que compite con las moléculas de pectina por el agua, lo que reduce la hidratación de las cadenas permitiendo interaccionar una y otras moléculas (Bellavita y Guanaja, 1988).

2.1.2.2. Gelificación de la pectina

Desde el punto de vista de la tecnología alimentaría la propiedad más importante de las pectinas es su aptitud para formar geles; por lo que concierne a la pectina en sí misma, los caracteres del gel dependen esencialmente de dos factores: longitud de la molécula péctica y su grado de metilación (Cheftel y Cheftel, 1986).

La gelificación es la formación de un gel consistente, que se puede cortar y que se produce por la unión entrecruzada por puentes de Hidrogeno de

moléculas largas de amilasa que dan lugar a un retículo tridimensional multimolecular; esta malla microrreticular retiene, entre sus huecos, las moléculas de agua y se comporta como un sólido que se corta con un cuchillo, como un flan. Las jaleas de fruta con pectina tienen la misma estructura (Primo, 1998).

Para formar un gel las fuerzas que mantienen las moléculas de pectina separadas se deben reducir de manera que puedan interactuar entre sí en puntos específicos, atrapando agua dentro de la red tridimensional resultante, en otras palabras se debe reducir la atracción de las moléculas de pectina por el agua y se debe aumentar la atracción de las moléculas de pectina entre sí. Esto se puede conseguir por la adición de azúcar y ácido (May, 1990).

Los factores del medio más importantes que influyen en la formación del gel son:

- La temperatura
- El pH
- Azúcar y otros solutos
- Los iones de calcio

➤ **La temperatura.** Cuando se enfría una solución caliente que contiene pectina las energías térmicas de las moléculas decrecen y su tendencia a gelificar aumenta. Cualquier sistema que contenga pectina, tiene un límite superior de temperatura por encima del cual la gelificación nunca ocurrirá. Por debajo de esta temperatura crítica, las pectinas de bajo metoxilo gelifican casi instantáneamente mientras que la gelificación de las de alto metoxilo depende del tiempo. En contraste con las pectinas de bajo metoxilo, las de alto no son termorreversibles (Rao *et al.*, 1984).

➤ **El pH.** La pectina es un ácido con pH de aproximadamente 3.5. Un porcentaje alto de grupos ácidos disociados respecto a no disociados hace la pectina más hidrofílica. Por lo tanto, la tendencia a gelificar aumenta considerablemente al bajar el pH. Esto se hace especialmente evidente en pectinas de alto metoxilo las cuales requieren normalmente un pH por debajo de 3.5 para gelificar (Pagani, 1998).

- **El azúcar y otros solutos similares.** Estos hidratos de carbono, tienden generalmente a deshidratar las moléculas de pectina en solución. Cuantos más sólidos en solución hay, menos agua disponible para actuar como disolvente de la pectina y por lo tanto la tendencia a gelificar se favorece. En valores de sólidos solubles superiores al 85 % el efecto deshidratante es tan fuerte que la gelificación de la pectina es muy difícil de controlar. Las pectinas de alto metoxilo gelifican a valores de sólidos solubles por encima del 55 %. Para cada valor de sólidos solubles superior al 55 % hay un valor de pH en el que en la práctica se puede gelificar. Las pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar a cualquier valor de sólidos solubles. La temperatura de gelificación disminuye al disminuir el contenido en sólidos solubles (Pagani, 1998).

- **Los iones de calcio.** Al contrario que las pectinas de alto metoxilo, las pectinas de bajo metoxilo desesterificadas requieren bastante calcio y un rango estrecho de dicho catión para una óptima gelificación. Las pectinas de bajo metoxilo muestran más flexibilidad a este respecto. Para ambos tipos de pectina, un incremento en la concentración de calcio implica un aumento de la fuerza del gel y también un aumento de la temperatura de gelificación (Pagani, 1998).

2.1.2.3. Aplicaciones de la pectina

El uso de pectina en mermeladas de alto contenido de azúcar es una de las más conocidas aplicaciones de los mercados más grandes para la pectina. La medida de la capacidad de gelificación de los geles azucarados de pectina está estandarizada y se mide en grados SAG (número de gramos de sacarosa que en una solución acuosa son gelificados por un gramo de pectina) (Herbstreithn, 2001).

Las mermeladas a menudo están hechas a partir de concentrados de frutos despectinizados y entonces requerirán gran cantidad de pectina añadida del tipo de fruto en cuestión. (May, 1990)

La pectina comercial producidos anualmente, más de la mitad extraída de cáscaras de cítricos, es usada para producir jaleas y similares productos, (Marshall y Joseph 1986).

La aplicación de pectinas otorga la liberación de sabor, gusto y control de cristalización de sorbetes, adicional a esto ha mostrado que reduce los niveles de colesterol en la sangre, funciona como fibra dietaria soluble en el intestino grueso y colon. También tiene una amplia aplicación en el campo de los complementos alimenticios. Sus propiedades gelificantes permiten que la pectina sea aplicada como un efectivo depurador del sistema digestivo (Jhoseph, 1983).

La selección de la pectina correcta es importante (la que es efectiva al contenido de menor cantidad de sólidos solubles y la de más sensibilidad al calcio, será la pectina que debería usarse) pero el contenido en fruto es también importante. A veces, especialmente en bajo contenido de sólidos solubles, es necesario añadir sal de calcio para obtener el mejor resultado. Ocasionalmente se añaden gomas neutras para reducir la sinéresis. Es muy importante el control de pH (Pagani, 1998).

Tabla 2
Aplicaciones de las pectinas en los alimentos

TIPO	TÍPICO USO	CANTIDAD APROX. (%) EN PRODUCTO FINAL	FACTORES IMPORTANTES
Pectina (HM) De alto Metoxilç (grado 150°)	Jaleas, compotas, conservas	0,1 - 0,8	Sólidos solubles para jaleas 65%, compotas 60%; pH 2,8-3,2
	Piezas de confitería	0,85 - 1,25	Sólidos solubles 80-82%; necesita sal buferada pH 3,4- 3,7; igual peso de Fructosa y sucrosa.
	Jaleas caseras	3 onzas/6-8 vasos	Mezclas de dextrosa, pectina, fruta Ácida, cerca de 10°
	Espesante para frutas De bajas calorías, Jarabe, bebidas	hasta 0,5	Necesario cuidado en preparar solución cuando el azúcar no es incluido como agente espesante.
	Emulsiones saborizadas, Ensaladas, postres	2-3 de fase acuosa	Mejor para contenidos de aceites 15-20% y superiores.
	Cremas batidas, Glaceados, malteados De leche espesantes		Estos y otros especiales usos requiere específicas instrucciones.
Pectinas (LM) De bajo metoxil	Ensalada y postres	0,85 - 1,5	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O, 8-16% peso de pectina; algunas veces citrato de sodio y ácido de fruta se adhiere.
	A) Imitación de sabor y Color (para consumo Casero)		
	B) Jugo de frutas y Vegetales (geles Enlatados)	1,0 - 1,8	CaCl ₂ .2H ₂ O, 6-14% peso de pectina pH 3,6- 3,8; pectina en solución antes de adherir sal de calcio.
	Geles de leche y Budines	0,8 - 1,5	No necesita sal de calcio
	Geles de fruta de Bajas calorías Parecidos a compotas Para uso dietético	0,8 - 1,5	Necesita correcto balance de pectina y calcio; pocas cantidades deseables de glicerol y sorbitol.
	Fresas congeladas	0,1 - 0,15 Del peso De fresa	Más efectivo cuando jarabe azucarado se adhiere en las fresas para empaclarlas
	Geles de fruta y fresa Usados en helados	0,8 - 1,5	40% -50% de azúcar; ácido de fruta algunas veces sal de calcio.

Fuente: Joseph (1983).

La pectina tiene también otros usos en las industrias lácteas. La pectina de alto metoxilo preserva a los productos lácteos de la agregación de caseína cuando se calienta a valores de pH inferiores a 4,3. Este efecto se usa para estabilizar el yogurt bebidos y tratados con UHT y también para las mezclas de leche y zumos de fruta. También estabiliza bebidas lácteas acidificadas

con soja y productos basados en el trigo, donde evita la precipitación de proteínas. El yogurt puede espesarse mediante la adición de niveles muy bajos de pectina de bajo metoxilo (Genu, 1981).

2.1.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir “sentido”. El Institute of Food Technologists IFT, (1974), define el análisis sensorial como una disciplina usada para medir, analizar e interpretar reacciones producidas por las características de los alimentos y materiales, y como son percibidas por los órganos de la vista, gusto, tacto y oído (Espinoza, 2003).

La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea sus cinco sentidos (Anzaldúa, 1994).

La valoración sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentales al observarlos o ingerirlos. Sin embargo, las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación varían con el tiempo y el momento en que se perciben, depende tanto de la persona como del entorno de ahí la dificultad de que con determinaciones de valor tan subjetivo, se pueda llegar a tener datos objetivos y fiables para evaluar la aceptación o rechazo de un producto alimentario (Sancho *et al.*, 2002).

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio se produce a través de la vista, olfato, oído, tacto y el gusto, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial.

Vista	Olfato	Tacto	Gusto	Oído
Color	Olor	Textura	Sabor:	Sonido
Brillo		Temperatura	Acido	
Tamaño		Dureza	Dulce	
Forma		Peso	Salado	
			Amargo	

Fuente: Anzaldúa (1994)

2.1.3.1. Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa, 1994).

A continuación se describen algunos atributos:

- a El color:** El color puede ser discutido en términos generales del estímulo luminoso, pero en el caso específico del color de los alimentos es de más interés la energía que llega al ojo desde la superficie iluminada, y en el caso de los alimentos transparentes, a través del material (Wittig, 2001).

El color resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de determinadas características de la luz. (Wittig, 2001).

Según Wittig (2001) estas características son, esencialmente:

- El tono o matiz se refiere a aquella característica que permite clasificar un color como rojo o azul, y depende sobre todo de la longitud de onda dominante de la luz.

- La saturación o pureza describe el grado o intensidad con la que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro.
 - La luminosidad se define como la característica de una sensación de color que hace equivalente a la producida por algún elemento de la escala de grises que va desde el blanco (máxima luminosidad) hasta el negro (mínima luminosidad).
- b Olor:** El olor es la percepción, por medio de la nariz, de sustancias volátiles liberados en los objetos. En el caso de los alimentos y la mayoría de las sustancias olorosas, esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas para los olores (Anzaldúa, 1994). Otra característica del olor es la intensidad o potencia de éste. Además, de su relación con el tiempo.
- c Sabor:** Se define sabor como la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión, y los cutáneos de calor, frío y dolor (Wittig, 2001).
El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua, así, lo dulce en la punta, lo amargo en el extremo posterior y lo salado y ácido en los bordes (Sancho *et al.*, 2002).
- d Aroma:** Esta propiedad consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto éste en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, y llegan –a través de la trompa de Eustaquio– a los centros sensores del olfato. El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos (Anzaldúa, 1994).

- e **Textura:** Es el la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa, 1994).

La medición instrumental de la textura fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de esta última: la gran variabilidad que puede existir en los resultados, la dificultad en la ejecución de las pruebas –debido a los naturales problemas que se presentan al trabajar con humanos y a lo laborioso de algunas pruebas- y las peculiaridades de la interpretación de los resultados (Bourne, 1982).

2.1.3.2. Panel sensorial

Es una evaluación sensorial el jurado es un verdadero aparato de medida, donde cada juez es considerado una repetición de la medida. El registro de las respuestas sensoriales de muchos individuos permite integrar todas las performances individuales y compensar las diferencias de sensibilidad entre los miembros del jurado y que son inherentes a los factores biológicos y culturales que caracterizan al ser humano. El jurado es un catador multi sensorial más eficaz que un solo juez. Son muy importantes pues de ellos depende en gran parte la validez de las pruebas (Espinoza, 2003).

2.1.3.2.1. Tipos de jueces

La selección y el entrenamiento de las personas que tomarán parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y la validez de las pruebas. El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida está en función del tipo de juez que vaya a ser empleado (Anzaldúa, 1994).

Existen cuatro tipos principales de paneles de jueces que son:

a) Juez experto:

El juez experto es una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento (Espinoza, 2003).

Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su respuesta. Por lo general, los jueces expertos o catadores solo intervienen en la degustación de productos caros, esto se debe a que su entrenamiento es muy largo y costoso (Anzaldúa, 1994).

b) Juez entrenado:

Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Cuando se llevan a cabo pruebas sensoriales con este tipo de jueces, el número requerido de participantes debe ser al menos de siete, y como máximo quince (Larmond, 1977). Con menos de siete jueces, los resultados carecen de validez y con más de 15 el grupo resulta muy difícil de conducir y el número de datos innecesariamente grandes. (Anzaldúa, 1994).

c) Juez semi entrenado o de laboratorio:

Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente solamente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de

una definición muy precisa de términos o escalas (Larmond, 1977) mencionado por (Anzaldúa, 1994).

Cuando quieran emplearse jueces semientrenados, hay que buscar que satisfagan la definición, o sea, que estén entrenados. Las pruebas con jueces semientrenados o de laboratorio deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20 o, cuando mucho, 25, con una evaluación de tres o cuatro muestras por cada juez (Ezpinoza, 2003).

d) Juez consumidor:

Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. Es importante escoger jueces que sean los consumidores habituales del producto a probar o en el caso de productos completamente nuevos, que sean consumidores potenciales de dicho alimento. El número mínimo de jueces tipo consumidor para que una prueba sea válida es de 30 personas aunque según Larmond, (1977) dice que es preferible contar con 40 jueces para cada muestra. Sin embargo coinciden que 30 es el número mínimo para que tenga validez estadística en los datos recolectados. (Anzaldúa, 1994).

2.2. Marco conceptual

Pectina: La pectina fue definida por Kertesz, como los ácidos pectínicos solubles en agua de grado de metilación variada que son capaces de formar geles con azúcar y ácido bajo condiciones determinadas (Alfonso, 2010).

Estabilizantes:

Según la Real academia de ingeniería define como la sustancia que impide el cambio de forma o de naturaleza química de los alimentos a los que se

incorpora, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico. Algunas sustancias tienen funciones múltiples como, por ejemplo, espesante y gelificante. Los principales estabilizantes son los emulgentes, espesantes, gelificantes, antiespumantes y humectantes.

Propiedades físicas: Las propiedades físicas de la materia son aquellas características propias de la sustancia, que al ser observadas o medidas no producen nuevas especies químicas (Levine, 1996).

Propiedades químicas: Son aquellas que al ser observadas o medidas producen nuevas especies químicas (Levine, 1996).

Propiedades tecno funcionales: Son todas las propiedades no nutricionales que influyen en el comportamiento de las proteínas en un alimento. Estas afectan principalmente a la textura del alimento, pero también pueden determinar su comportamiento durante el procesamiento y el almacenamiento (Cheftel y Cheftel, 1986).

Propiedades sensoriales: Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quínicas o texturales. (Anzaldúa, 1994).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de Industrias lácteas (elaboración del yogurt) y laboratorio de química (análisis físico, químico y tecno-funcional del yogurt con adición de pectina) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial EPIA – UNAJMA, ubicada en la Av. 28 de julio N° 1102 del Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas de la Región de Apurímac; y el análisis de viscosidad se realizó en el laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco UNSAAC, ubicada en la Av. La cultura N° 733, Cusco – Perú.

3.2 MATERIAL DE ESTUDIO

Para la investigación se elaboró yogures tipo batido en los ambientes del laboratorio Industrias lácteas de la escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Se utilizó leche fresca que fueron adquiridos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), dicha institución cuenta con vacas de raza Holstein el mencionado instituto se encuentra ubicado en el barrio Chumbibamba, distrito de Talavera, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac, a una altitud de 2900 m.s.n.m.

3.2.1 Población

Se consideró como población 15 litros de yogurt batido con adición de pectina como estabilizante y 5 litros de yogurt como patrón que fueron procesados en el laboratorio de lácteos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA).

3.2.2 Muestra

Se consideró como muestras 500 mL yogurt batido con adición de pectina por cada concentración diferente y 500mL de yogurt batido como patrón para evaluar las variables de estudio.

3.2.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis fue el yogurt batido con diferentes porcentajes de pectina que fueron producidas para su análisis de sus propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y sensoriales.

3.3 Diseño Experimental

De acuerdo a los objetivos propuestos en la investigación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) debido a que se desea comparar los tratamientos, siendo este el más simple de los diseños, solamente se estudia el efecto de un factor, el cual varía en diferentes tratamientos. Se manipula una sola variable de entrada siendo el caso la concentración en % de pectina en el yogurt batido y la variable de salida o evaluada fue sus propiedades físicas, químicas, tecno-funcional con tres repeticiones por tratamiento. El arreglo experimental se muestra en la Tabla 5.

Tabla 4
Arreglo experimental – diseño completamente al azar (DCA)

% DE PECTINA	VARIABLE DE SALIDA								
	PROPIEDADES FÍSICAS		PROPIEDADES QUÍMICAS		TECNO FUNCIONAL	SENSORIALES			
	Densidad	Viscosidad Pa/s	Acidez	pH	Sinéresis	Color	Sabor	Textura	Apariencia general
0 %	0 D1	0 V1	0 A1	0 pH1	0 S1	0 C1	0 S1	0 T1	0 A1
0.05%	0.05 D2	0.05 V2	0.05 A2	0.05 pH2	0.05 S2	0.05 C2	0.05 S2	0.05 T2	0.05 A2
0.10%	0.10 D3	0.10 V3	0.10 A3	0.10 pH3	0.10 S3	0.10 C3	0.10 S3	0.10 T3	0.10 A3
0.15%	0.15 D4	0.15 V4	0.15 A4	0.15 pH4	0.15 S4	0.15 C4	0.15 S4	0.15 T4	0.15 A4

En la Figura 3 se muestra el diagrama de contrastación y variables.

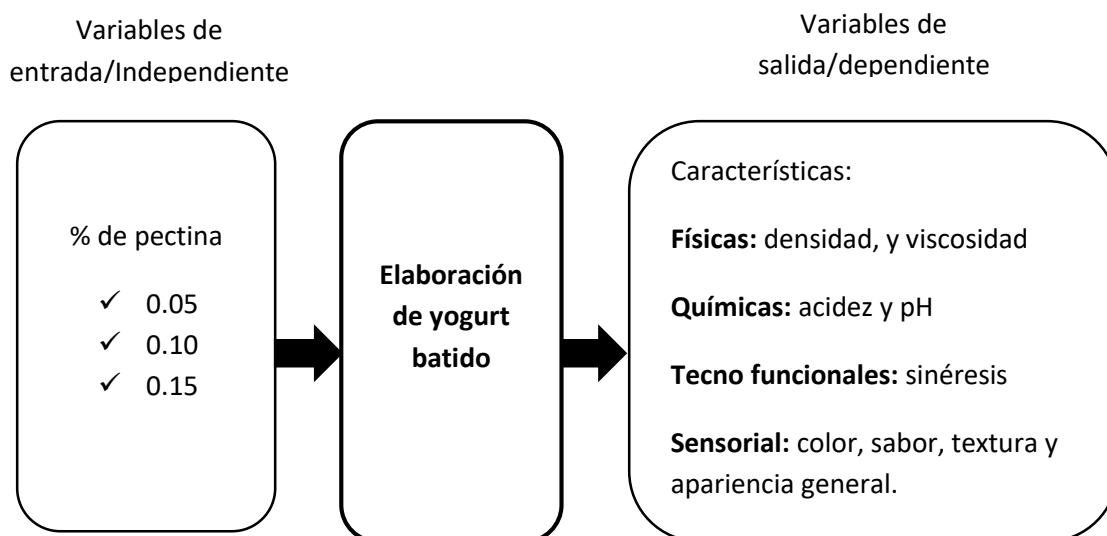


Figura 3: Diagrama de contrastación y variables

3.4 MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS

- **Equipos e instrumentos**

En la Tabla 5 se muestra los equipos e instrumentos utilizados durante el procedimiento.

Tabla 5
Equipos e instrumentos

Cant.	Equipos e instrumentos	Marca
01	Marmita sin enchaquetar	-
01	pH-metro	-
03	Incubadora, temperatura máximo 75 °C	MEMMERT/IN B 400
01	Refrigeradora	INRESA
01	Balanza digital de precisión Cap. 100 g. Sensibilidad 0.01g	ABS 200-4
01	Termómetro WT-1 de -50 °C hasta 300 °C	-
01	Centrifuga de 4000 rpm	LW – Scientifique

- **Materiales**

En la Tabla 6 y Tabla 7 se muestra los materiales de vidrio, plásticos y otros que se utilizaron en el procedimiento.

Tabla 6
Materiales de vidrio

Cant.	Materiales de vidrio	Marca
10	Tubos de ensayo de 10 mL	-
05	Matraz erlenmeyer de 250 mL	-
10	Pipetas de 10 mL	FORTUNA
10	Probetas de 100 mL y 250 mL	KINTEL
05	Vaso de precipitación de 250 mL	FORTUNA
05	Vaso de precipitación de 100 mL	FORTUNA
05	Vaso de precipitación de 50 mL	FORTUNA
05	Pro pipetas	-
01	Picnómetro de 10 mL	-

Tabla 7
Materiales de plásticos y otros

Cant.	Plásticos y otros	Marca
05	Jarra de 1 l	Basa
02	Baldes 10 l	Basa
05	Gradillas para tubo de ensayo	-
60	Vasos descartable	-
02	Rotulador	FABER
20	Taperes de polietileno	S/M

- **Reactivos**

En la Tabla 8 se muestran los reactivos utilizados durante el procedimiento.

Tabla 8
Reactivos

Cant.	Reactivos
10 mL	Fenolftaleína
10 mL	Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N
10 l.	Agua destilada
10 mL	Alcohol 90°
10 mL	Azul de metileno

- **Insumos**

En la Tabla 9 se muestra los insumos que fueron usados para el procedimiento.

Tabla 9
Insumos

Cant.	Insumos
20 l	Leche fresca
3 kg	Azúcar blanca
200 mg	Pectina "AGLUPECTIN" LA S20 HBG Bajo metoxilo
1 sobre	Cultivo Liofilizado marca SACO

3.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.5.1 Análisis preliminar.

3.5.1.1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima (leche)

3.5.1.1.1 Determinación del pH:

La determinación del pH se realizó de la siguiente manera según AOAC.981.12. (1998).

- Primeramente se calibró el potenciómetro con Buffer pH 4.01, pH 7.0 y pH 9.0, y se procedió a la medida del pH.
- Se tomó 10 ml. de leche a la temperatura de 12 °C en un vaso precipitado
- Se introdujo el electrodo del potenciómetro, se esperó hasta que se estabilice entre 3 a 5 segundos, para luego tomar la lectura.

3.5.1.1.2 Determinación de la acidez

El procedimiento para la determinación de la acidez según la AOAC.94.05. (1990) fue lo siguiente:

- Se colocó 9 ml de leche y agrego 3 gotas de indicador llamado fenolftaleína.
- Con la ayuda del soporte universal se comienza a agregar hidróxido de sodio NaOH hasta obtener un color rosa pálido persistente.
- Tomo el gasto de NaOH y se procedió a calcular en la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Acides (g/L ácido láctico)} = \frac{V \times N \times 90}{M} \dots \text{ Ec (1)}$$

Donde:

V = Volumen gastado de solución de hidróxido de sodio 0.1 N en mL.

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

M = Volumen de la muestra, en mL.

90 = Equivalente del ácido láctico.

NOTA: Un mL de NaOH 0.1 N es igual a 0.0090 g de ácido láctico.

3.5.1.1.3 Determinación de la densidad

La densidad se determinó según la AOAC 16021 (1984) de la siguiente manera:

- Se tomó una muestra de 250 mL de leche y se puso en una probeta de igual graduación.
- Luego se procedió a introducir el lactodensímetro para medir la respectiva densidad a una temperatura de 15 °C.
- Se tomó la lectura cuando el lactodensímetro se mantuvo quieto.

3.5.2 Metodología experimental.

3.5.2.1 Proceso de elaboración del yogurt batido con pectina

Se procedió según Ludeña (2005).

- **Leche**

Se utilizó leche entera procedente del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria “INIA” – Andahuaylas y se realizaron los análisis de pH, acidez y densidad que permitieron determinar y verificar que la leche se encuentre dentro de los parámetros de calidad para elaboración y/o fabricación de yogurt.

- **Calentamiento**

Se efectuó a incorporar azúcar en 8% y se incorporó pectina a diferentes porcentajes (0.05%, 0.10% y 0.15%) a una temperatura de 65°C.

- **Pasteurización**

Se efectuó la pasteurización de la leche a una temperatura 75 °C por un tiempo de 10 minutos.

- **Enfriamiento**

La leche se enfrió hasta 43 °C para luego adicionar el cultivo láctico.

- **Inoculación del cultivo**

En esta etapa se adicionó el cultivo láctico formado con sepas de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a una temperatura de 43 °C.

- **Incubación**

En esta etapa se llevó la leche a la incubadora por un tiempo de 4 horas a 43 °C, con el objetivo de que los microorganismos se desarrollen y produzcan las características que deseamos, se terminó la incubación cuando el producto alcanzó un pH de 4,5 y observándose la formación del coágulo característico del procedimiento del yogurt.

- **Enfriamiento**

Finalizado el proceso de incubación, se procedió a enfriar con el objetivo de detener el accionar de los microorganismos para evitar el incremento de la acidez.

- **Batido**

Después del enfriado se realizó el batido mecánico suave con la finalidad de romper el coágulo hasta obtener una consistencia homogénea. En esta etapa se procedió a evaluar las características físicas (densidad y viscosidad), químicas (acidez y pH), tecno funcionales (sinéresis) y sensoriales (sabor, color, textura y apariencia general) del yogurt batido.

- **Envasado y Almacenamiento**

Se efectuó el envasado en condiciones asépticas e inmediatamente se procedió el almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 °C.

A continuación se muestra en la Figura 4 el flujograma:

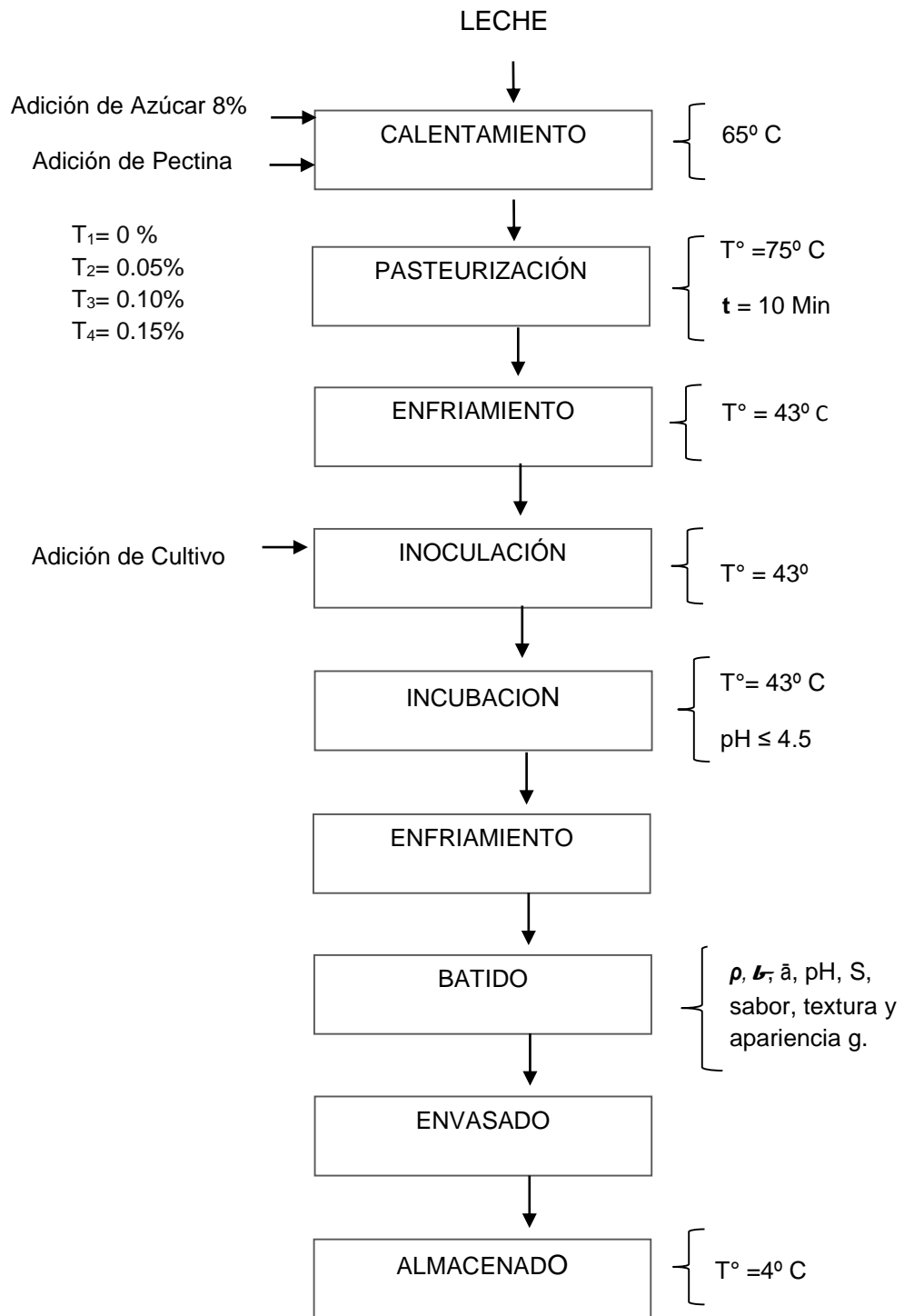


Figura 4: Flujograma de la elaboración del yogurt con pectina

Fuente: Ludeña (2005).

3.5.2.2 Proceso de elaboración del yogurt batido sin pectina

La elaboración del yogurt sin pectina se procedió de la misma manera que el flujograma mostrado en la figura 4 a excepción la de la adición de pectina.

3.5.3 Análisis experimental

3.5.3.1 Análisis de las características físicas del yogurt

3.5.3.1.1 Determinación de la densidad

La medición de esta propiedad se realizó a través de un método gravimétrico (Cárdenas *et al.*, 2013).

- Se realizó el pesado del picnómetro vacío en una balanza analítica y se tomó datos de lectura.
- Se procedió con el pesado del picnómetro con agua destilada en una balanza analítica y se tomó los datos de lectura.
- Luego se tomó muestras de yogurt 5 mL aproximadamente hasta el llenado del picnómetro luego se procedió con el pesado en una balanza analítica y se tomó nota.
- Como último paso se procedió al cálculo en la siguiente ecuación:

$$\rho_{yogurt} = \frac{w_{(pic+yogurt)} - w_{(pic\ vacío)}}{w_{(pic+H_2O)} - w_{(pic\ vacío)}} \dots Ec (2)$$

ρ_{yogurt} = densidad del yogurt

$w_{(pic+yogurt)}$ = peso del picnómetro con yogurt

$w_{(pic\ vacío)}$ = peso del picnómetro vacío

$w_{(pic+H_2O)}$ = peso del picnómetro con agua

3.5.3.1.2 Determinación de la viscosidad

La evaluación de la viscosidad se efectuó en el laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para ello se utilizó el viscosímetro rotacional MICROPROCESADOR Q860 M a 60 rpm en todas las muestras de yogurt, los valores obtenidos fueron en Pa-s.

3.5.3.2 Análisis de las características químicas del yogurt

3.5.3.2.1 Determinación de la acidez

La determinación de la acidez se efectuó de acuerdo a la técnica oficial de AOAC 94.05. (1990) como se muestra a continuación:

- Se tomó muestras de 5 mL de yogurt, luego se adicionó agua destilada agitándose vigorosamente.
- Se adicionó 3 gotas de fenolftaleína al 1%.
- Se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N hasta obtener un color rosado que persista durante 30 segundos.
- Luego se procedió a tomar nota de la cantidad de hidróxido de sodio gastado y como parte final se calculó en la ecuación 1.

3.5.3.2.2 Determinación del pH

La metodología que fue utilizada fue según la técnica de la AOAC.981.12. (1998), a continuación se muestra el procedimiento:

- Se procedió con el calibrado del potenciómetro digital marca SCHOTT, con buffer a pH = 4,0 y pH = 7,0.

- Se tomó 10 mL de muestra de yogurt y se introdujo directamente el electrodo dentro de la muestra.
- Se tomó los datos leídos por el potenciómetro, cuando se mantenía constante.

3.5.3.3 Análisis de las características tecno funcionales del yogurt

3.5.3.3.1 Determinación de la sinéresis

La metodología que se utilizó fue mediante centrifugación Cárdenas *et al.*, (2013), se muestra a continuación el procedimiento:

- Se tomó de cada muestra de yogurt batido 10g se puso en un tubo de ensayo.
- cada una de estas muestras se llevó a centrifugación a una velocidad de 4000 rpm por 20 minutos.
- Luego de este procedimiento se obtuvo el peso del sobrenadante y se calculó la sinéresis expresado en porcentaje (p/p), mediante la relación entre el peso del sobrenadante y el peso de la muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ sinéresis} = \frac{\text{peso del sobrenadante}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \dots \text{Ec (3)}$$

3.5.3.4 Análisis sensorial del yogurt

La evaluación sensorial del yogurt se realizó mediante pruebas afectivas. Se utilizó una escala hedónica estructurada, categorizada con una puntuación de 5, para ello los panelistas marcaron una categoría que va desde me

gusta mucho hasta me disgusta mucho a continuación se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10:
Escala hedónica para la evaluación sensorial.

Puntaje	Escala de medición
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Las muestras del yogurt batido sin/con adición de pectina a diferentes porcentajes fueron preparadas en vasos pequeños, una cantidad de 25 mL, siendo rotuladas con numeraciones de 240, 160, 200 y 120 y estas colocándose de forma aleatorio en una mesa acondicionada para su presentación ante los jueces evaluadores.

A cada panelista se le proporcionó agua, para que luego de probar cada muestra enjuague su boca y así continúe con las diferentes muestras.

El análisis sensorial se realizó en un ambiente acondicionado tranquilo que no tuviera ruidos y olores extraños, con buena iluminación natural, siendo la evaluación por grupos de 4 personas.

Se consideraron 20 panelistas semi entrenados (entre varones y mujeres cuyas edades oscilaron entre 20 a 30 años de edad), los cuales calificaron las propiedades sensoriales como el color, sabor, textura y apariencia general del yogurt batido elaborado en forma tradicional y del yogurt con adición de pectina a diferentes concentraciones, de acuerdo a la escala hedónica, a los panelistas se les proporcionó una cartilla de evaluación. Tal como se muestra en el Anexo (01).

3.5.3.5 Análisis estadístico

Para el presente trabajo de tesis se empleó el diseño completamente al azar (DCA), considerándose solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos serán los yogures con adición de pectina al 0%, 0.05%, 0.10% y 0.15% y el error aleatorio.

El modelo estadístico para el DCA está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_t + \varepsilon_{ij} \dots \text{Ec (4)}$$

Dónde:

Y_{ij} : Resultado de la determinación de las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales del yogurt batido.

τ_t : Replica de los tratamientos.

ε_i : Error aleatorio que se da en las réplicas.

μ : Promedio de las medias de cada variable.

Este modelo implica que el diseño completamente al azar actuarían a lo más dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. El promedio de las medias μ de la variable de respuestas no se considera una fuente de variabilidad por ser una constante común a todos los tratamientos, que hace las veces de punto de referencia con respecto al cual se comparan las respuestas medias de los tratamientos.

ANOVA: Para el análisis de las pruebas se utilizó el análisis de varianza. El ANOVA supone que la variable de respuesta se distribuye normal, con varianza constante (los tratamientos tienen varianza similar) y que las mediciones son independientes entre sí.

Las hipótesis planteadas fueron:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \dots \text{Ec (5)}$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k \dots \text{Ec (6)}$$

Por lo cual se estima las siguientes hipótesis para las diferentes pruebas experimentales.

Hipótesis nula- H_0 : las propiedades físicas (densidad y viscosidad) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina no presentan diferencia significativa.

Hipótesis alterna- H_a : las propiedades físicas (densidad y viscosidad) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina presenta diferencia significativa.

Hipótesis nula- H_0 : las propiedades químicas (acidez y pH) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina no presentan diferencia significativa.

Hipótesis alterna- H_a : las propiedades químicas (acidez y pH) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina presenta diferencia significativa.

Hipótesis nula- H_0 : las propiedades tecno funcionales (sinéresis) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina no presentan diferencia significativa.

Hipótesis alterna- H_a : las propiedades tecno funcionales (sinéresis) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina presenta diferencia significativa.

Hipótesis nula- H_0 : las propiedades sensoriales (color, sabor, textura y apariencia general) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina no presentan diferencia significativa.

Hipótesis alterna- H_a : las propiedades sensoriales (color, sabor, textura y apariencia general) de las muestras de yogurt batido con adición de pectina presenta diferencia significativa.

Comparaciones o prueba de rango multiple:

- **Tukey:** Para la comparación de medias de rango múltiple posterior al ANOVA una vez aprobada o rechazada la hipótesis se utilizó el análisis de Tukey para conocer que tratamientos producen mayor efecto o cuales son los tratamientos diferentes entre sí. Este método sirve para comparar las medias de los tratamientos con la hipótesis.

H_0 : las medias (\bar{x}_i) de los resultados (características de densidad, viscosidad, acidez, pH y sinéresis) entre tratamientos son iguales

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j, \text{ para algún } i, j \text{ (tratamientos)}$$

H_a: las medias (\bar{x}_i) de los resultados (características de densidad, viscosidad, acidez, pH, sinéresis) entre tratamientos son diferentes.

$$\bar{x}_i \neq \bar{x}_j, \text{ para algún } i, j \text{ (tratamientos)}$$

Las diferencias fueron obtenidas mediante la siguiente ecuación:

$$D_{ij} = |\bar{x}_i - \bar{x}_j|, \text{ siendo que } i \neq j$$

Para el caso de comparaciones de tratamientos habitualmente se emplea $\alpha = 0.05$.

Criterio: Se rechaza la H₀ si $\alpha > p$ -value probabilidad evaluada.

- **Dunnnett**: Para el análisis de los resultados de la evaluación sensorial se realizó la comparación múltiple de Dunnnett esta prueba se utiliza para crear intervalos de confianza para las diferencias entre las media de cada nivel de los factores y la media de un grupo de control. el tratamiento de control es tomado como el k en donde el interés fundamental es comparar k-1 tratamientos restantes de dicho control.

H₀: las medias de los resultados (características de color, sabor, textura y apariencia general) presentan igualdad al tratamiento control.

$$\mu_i = \mu_k$$

H_a: las medias de los resultados (características de color, sabor, textura y apariencia general) presentan diferencia al tratamiento control

$$\mu_i \neq \mu_k$$

Para $i = 1, 2, \dots, K-1$

El procedimiento de Dunnnett es una modificación de la prueba t . para cada hipótesis se calcula el valor absoluto de la diferencia de medias observadas.

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_k| \text{ para } i = 1, 2, \dots, K-1$$

- ✓ Para el análisis de los resultados se utilizó el softwares estadísticos Minitab 15 y Excel de Microsoft.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL YOGUR BATIDO CON ADICIÓN DE PECTINA

4.1.1. Densidad del yogur batido

A continuación en la Tabla 11 se muestra los resultados de la densidad del yogurt en los diferentes tratamientos.

Tabla 11
Densidad del yogur batido

Tratami entos	Adición de pectina	Densidad (g/mL)		
		\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	1.043 ^d	\pm	0.001
T2	0.05%	1.050 ^c	\pm	0.001
T3	0.10 %	1.052 ^b	\pm	0.001
T4	0.15 %	1.061 ^a	\pm	0.001

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar. Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5%

En la Tabla 11 se muestra que el tratamiento T4 el cual tiene mayor porcentaje de adición de pectina, es quien presenta mayor densidad con 1.061, seguido del tratamiento T3 con 1.052, T2 con 1.050 y por otra parte el tratamiento T1 que no se le añadió pectina presenta menor densidad con 1.043 g/mL.

Se realizó un análisis de varianza para la densidad del yogurt (Anexo 09) obteniendo como resultado que el p-value es de 1.74e-8, encontrándose que existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos respecto a la densidad con un 95 % de nivel de confianza.

La aplicación del test de Tukey, evidencia que existe diferencia entre tratamientos (letras diferentes d,c,b,a), tal como se muestra en la Tabla (11), en donde se aprecia que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 son diferentes es decir presentan diferencia significativa, estadísticamente todo los tratamientos son diferentes.

También podemos observar en la Figura 5 el diagrama de medias evaluadas según tukey.

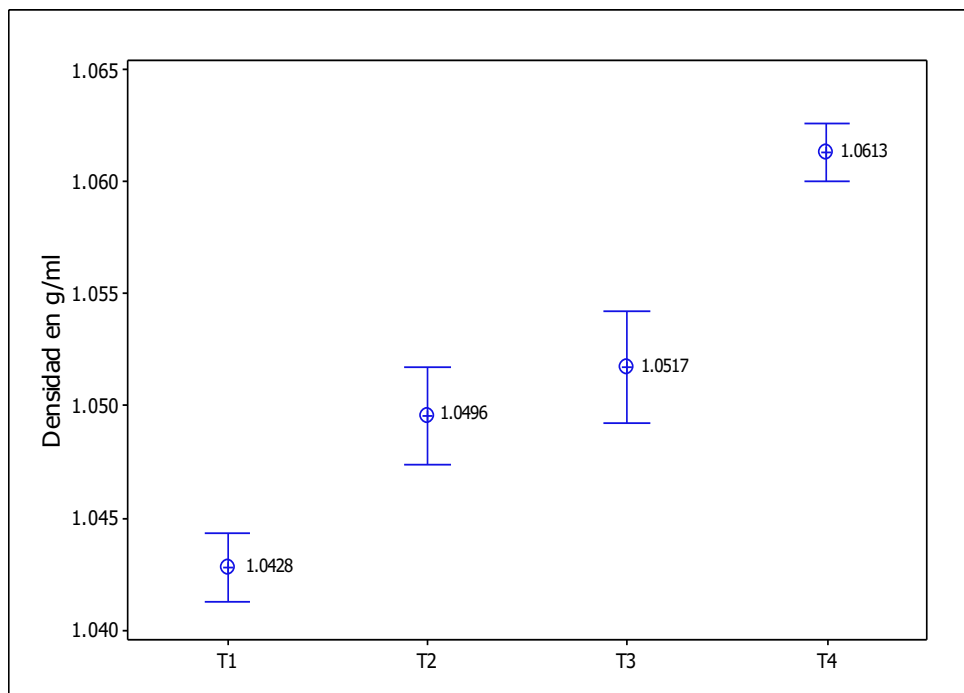


Figura 5: Diagrama de medias para la densidad del yogur

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (anexo 09)

Según la Figura 5 se observa que cuando se incorpora pectina de 0.5 % y 0.10 % existe un incremento de la densidad, por lo que podemos deducir que la incorporación de pectina mejora significativamente la densidad del yogurt aunque cuando se incrementa a un 0.15 % la densidad es excesivamente elevado. A mayor porcentaje de pectina incrementa la densidad.

Díaz, Sosa y Vélez (2004) y Apórtela (2003) mencionan que los valores de densidad del yogurt se encuentran entre 1.000 - 1.050 g/mL, comparando con las muestras podemos decir que los tratamientos T1, T2, T3 se

encuentran dentro del rango mencionado por los autores, mientras que tratamiento T4 se encuentra por encima del rango en mención.

Así mismo Jácome (2010), obtuvo una densidad entre 1.060 - 1.068 g/ml siendo estas similares a la densidad del yogurt con pectina, ya que oscilan entre 1.043 - 1.061 g/ml, esto se debe básicamente a que el gel mejora la densidad de los líquidos.

Como también Mendoza, *et al.* (2007) obtuvo valores de densidad de 1.045 – 1.055 g/ml si comparamos con el yogurt con pectina podemos observar que los tratamientos T2 y T3 se encuentran dentro de los valores de densidad obtenida por el autor, pero el T4 presenta valores superiores, esto se debe a que utiliza un estabilizante diferente.

Según Cárdenas *et al.* (2004) la pectina tiene la propiedad de formar geles en medio ácido y en presencia de azúcares cuando es puesta a condiciones de temperatura adecuada. Por este motivo, es utilizada en la industria alimentaria en combinación con los azúcares como un agente espesante, es a esta propiedad que tiene este aditivo que hace que el yogurt aumente la densidad. Así mismo Pauletti, *et al.* (2003) menciona que la densidad del yogurt incrementa cuando se adiciona pectina, debido a que la pectina cuando se utiliza en alimentos en concentraciones menores al 1% se utiliza para dar estabilidad, propiedades consistentes y agentes gelificantes uniformes de gran calidad para alimentos.

El incremento de la densidad del yogurt está relacionada proporcionalmente a la cantidad de adición de pectina, es decir cuando incrementamos el porcentaje de pectina también incrementa la densidad del yogurt.

4.1.2. Viscosidad del yogur batido

La viscosidad fue expresada en pascal Pa.s, los datos obtenidos de viscosidad se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12
Viscosidad del yogur batido

Tratamientos	Adición de pectina	Viscosidad (Pa.s)		
		\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	0.994d	\pm	0.001
T2	0.05%	1.119c	\pm	0.000
T3	0.10 %	1.986b	\pm	0.001
T4	0.15 %	2.928a	\pm	0.000

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar
Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5%

En la Tabla 12 se muestra los resultados para los cuatro tratamientos donde el tratamiento T4 quien tiene mayor contenido de pectina tiene mayor viscosidad de 2.928 Pa.s, el tratamiento T3 tiene una viscosidad de 1.986 Pa.s, el tratamiento T2 tiene 1.119 Pa.s mientras que el tratamiento T1 presenta viscosidad de 0.994 Pa.s, viendo el resultado se puede decir que a medida que incrementa la adición de pectina también incrementa la viscosidad en las muestras de yogurt.

Al realizar el análisis de varianza a los resultados obtenidos de viscosidad (anexo 10) podemos observar el p-value es menor a 0.05, existe diferencia significativa entre los tratamientos a un nivel de confianza de 95%, por lo que se concluyó estadísticamente que los tratamientos de yogurt con pectina, presentan diferentes valores de viscosidad.

Al realizar la aplicación del test de Tukey se puede observar que existe diferencia significativa entre tratamientos (letras diferentes); En la Tabla 12 se puede apreciar los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentan valores de viscosidad diferentes, es decir la viscosidad del yogurt con pectina presentan diferencia estadística. Así mismo si comparamos el T1 que tiene 0.00% de pectina con el tratamiento T4 que tiene 0.15 % de pectina podemos observar que el T4 presenta 1.94 Pa-s más de viscosidad respecto al T1.

A continuación en la Figura 6 podemos observar las medias de Tukey de los diferentes tratamientos respecto a la viscosidad.

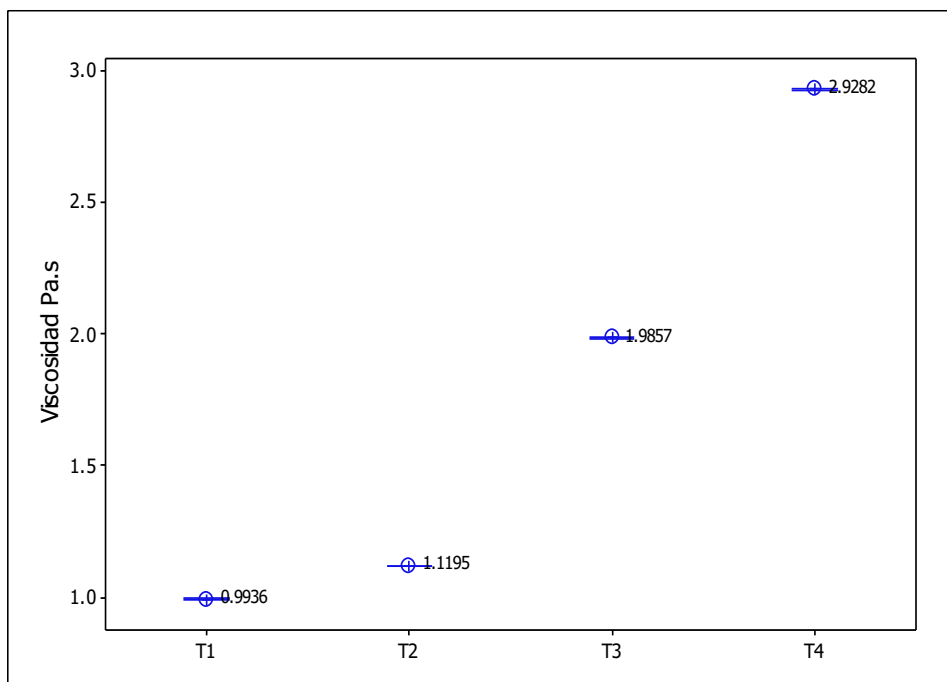


Figura 6: Diagrama de medias para la viscosidad del yogur

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (anexo 10)

En los resultados en la Figura 6 diagrama de medias para la viscosidad observamos que a medida que incrementamos el porcentaje de pectina también incrementa la viscosidad del yogurt, y se evidencia que existe diferencia entre las medias de cada tratamientos, existiendo diferencia significativa entre los tratamientos.

Castillo, *et al.* (2004) elaboraron yogurt con pectina en los porcentajes de (0.05 %, 0.10%, 0.15%, 0.20%, 0.25%, 0.30%) y concluye en que a medida que incremente el porcentaje de pectina incrementa la viscosidad oscilando la viscosidad entre (1.5 – 2.8) Pa.s , los resultados de la viscosidad de la Tabla (12) se muestra la viscosidad del yogurt con pectina en los porcentajes de (0.05%, 0.10% y 0.15 %) que a medida que incrementamos la concentración de pectina también incrementa la viscosidad, además podemos observar que la viscosidad obtenida se encuentra en los rangos de 0.99 y 2.93 superando los valores de los autores en referencia debido a que los porcentajes usados son menores,

esto se debe a que en la investigación utilizaron leche semidescremada y el contenido de grasa también influye en la viscosidad del yogurt. Así mismo Ramírez y Ruíz (2014). Reporta valores de viscosidad de yogurt con harina de guayaba de 3.05 Pa.s, este valor es superior a los datos obtenidos del yogurt con pectina, esto se debe a que el autor en mención utilizó 20% de harina de guayaba y leche en polvo 20% es por esto que presenta valores superiores debido a que cuando se incrementa los sólidos totales del líquido incrementa la viscosidad.

Parra y Medina (2011) Reportaron valores de viscosidad en yogurt con goma xantana con 0.4% y goma guar 0.4% de 0.48 Pa.s y 2.53 Pa.s respectivamente, comparando con nuestros datos, se observa que el yogurt con pectina reporta valores similares al yogurt con goma xantana 2.93 Pa.s, así mismo Mendoza *et al.* (2007) Obtuvo una viscosidad de 1.044 Pa.s, utilizando almidón al 0.6 %, si comparamos con la viscosidad de yogurt con pectina observamos que presenta mayor viscosidad la pectina, menciona que la capacidad gelificante de la pectina es superior a la de los almidones, es por eso que cuando lo utilizamos en bebidas incrementa la viscosidad, también el almidón mejorara la viscosidad pero es menos efectivo.

Molina (2009) menciona que la finalidad de la adición de estabilizantes a la mezcla base de yogurt es mejorar y mantener las características deseables del yogurt, es decir, textura, viscosidad, consistencia, aspecto y cuerpo. Se usa estabilizante como pectina u otros tipos de estabilizantes debido a que el coágulo de yogurt es normalmente sometido a un tratamiento mecánico durante la elaboración, (como el batido del yogurt).

La velocidad y porcentaje de acidificación es importante para la formación de la red del coagulo del yogurt ya que la rápida producción de ácido da lugar a que la precipitación incrementa la viscosidad del yogurt (García, 2004).

Entonces podemos decir que la pectina mejora significativamente la viscosidad del yogurt respecto a la muestra control y presenta mejores resultados respecto a viscosidad comparado con otros aditivos.

4.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL YOGUR BATIDO CON ADICIÓN DE PECTINA

4.2.1. Acidez del yogur batido

En la Tabla 13 se muestran los resultados de acidez del yogurt expresando en porcentaje de ácido láctico, en ella podemos observar que a medida que incrementa la adición de pectina incrementa la acidez del yogurt, estos valores son para el T1 de 0.678 % , T2 de 0.768 % , T3 de 0.809 % y para el T4 de 0.822 %.

Tabla 13:
Acidez del yogur batido

Tratamientos	Adición de pectina	Acidez (% de ácido láctico)		
		\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	0.678 ^c	\pm	0.005
T2	0.05%	0.768 ^b	\pm	0.005
T3	0.10 %	0.809 ^a	\pm	0.007
T4	0.15 %	0.822 ^a	\pm	0.005

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5%

Al realizar el análisis de varianza anexo (11), se observa que p-value es menor a 0.05, se identificó que existe diferencia significativa estadísticamente para la acidez del yogurt con pectina.

Respecto a la acidez del yogurt se realizó el test de Tukey anexo (11) y se pudo observar que los tratamientos T1, T2 y T3 son diferentes (letras diferentes) pero los tratamientos T4 y T3 son iguales (letras iguales), como también lo podemos observar en la Tabla (13).

Como se observa en los resultados Tabla (13) el incremento de acidez es proporcional a la adición de pectina, lo que también se puede observar en la Figura 7 según las medias del test de Tukey.

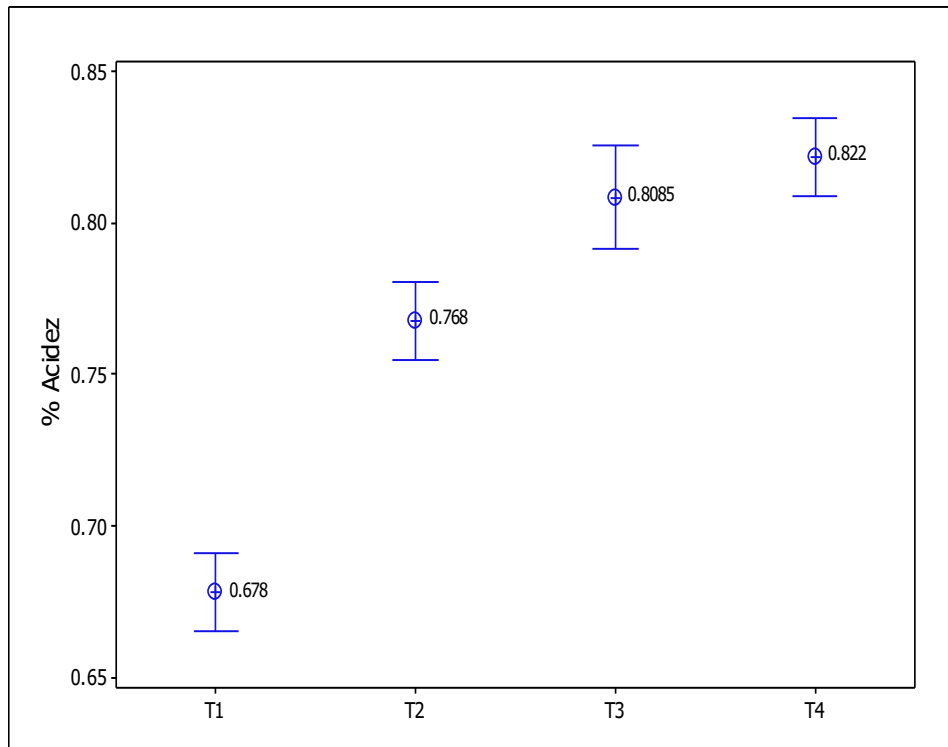


Figura 7: Diagrama de medias para la acidez del yogur
Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (anexo 11)

Según la norma técnica peruana NTP 202.094 (INDECOPI, 2004) establece que los valores de acidez permitidos para el yogur es mínimo 0.6 % y máximo 1.5 % de ácido láctico presente en la muestra de yogur, en el trabajo de investigación de yogur con pectina los cuatro tratamientos se encuentran dentro del rango permitido, debido a que los valores obtenidos oscilan entre 0.68 % y 0.82 %; de igual forma el Codex alimentarius (CODEX STAN 243-2003, 2011) establece que la acidez mínima para los yogures es 0.6% de ácido láctico, los valores de acidez obtenidos en la investigación se encuentran dentro del rango.

Mendoza *et al.* (2007) reportaron resultados de la evaluación de la acidez presentados en cada una de las muestras los valores que son 0,603 y 1,17 % de ácido láctico, siendo la muestra de yogur que contenía estabilizante la que presentó mayor acidez en relación a las muestras que contenían almidón, sin presentar diferencias estadísticas. Esto puede deberse a una hidrólisis de los diferentes componentes del estabilizante (Grenetina, Goma Guar, Mono y diglicéridos de ácidos grasos y Carboximetilcelulosa de Sodio, en diferentes proporciones), como también, a los posibles cambios bioquímicos presentes en el yogur durante el almacenamiento.

Al igual que a los investigadores en el yogurt elaborado con pectina también existió incremento de acidez hasta en 0.14 % de ácido láctico más comparado con el tratamiento T1 que no tiene adición de pectina. Así mismo Quevedo (2014) reporta valores de acidez de 1.02 % - 1.07% para el yogurt con LSA, si realizamos una comparación con los resultados obtenidos de yogurt con pectina los valores de acidez que están entre 0.68 % - 0.82%, estos son inferiores a los del investigador, esto se debe a la acidez inicial que contiene el lactosuero ácido (LSA).

Parra y Medina (2011) obtuvieron resultados de 0.4 % de 0.77 % de ácido láctico, existiendo incremento en la acidez comparando con el yogurt que no tuvo estabilizante que tuvo 0.65 % de ácido láctico, estos autores mencionan que el uso de estabilizantes en el yogurt incrementan el porcentaje de acidez, los resultados obtenidos en el yogurt con adición de pectina tuvo igual reacción a media que incrementamos el porcentaje de estabilizante (pectina) incrementa la acidez. Los resultados son similares debido a que el tratamiento que no tenía pectina T1 presentó 0.68 % de ácido láctico y el tratamiento (T4) con 0.15% de pectina presentó 0.82 % de ácido láctico. Ladera y Canchohuamán (2010) en su investigación de yogurt con goma de tara obtuvo valores de 0.70 % - 0.75 % de ácido láctico De igual manera (Martínez, 2016) evaluó yogurt batido con goma de tara obtuvo valores de acidez del yogurt entre 0.66 % y 0.71 % de ácido láctico, ambos autores también mencionan que el uso de estabilizantes (Goma de tara) incrementan la acidez y de manera proporcional al porcentaje de adición de goma de tara en el yogurt. Estos resultados son similares a los del yogurt con pectina concluyendo que el uso de estabilizantes incrementa el porcentaje de acidez en el yogurt pero dentro de los límites permisibles. Según Penna *et al.* (2003) indica que cuando el yogurt presenta mayor densidad tiende a demorarse más tiempo en el proceso de enfriamiento y las bacterias aún siguen generando ácido láctico es por esto que los yogures con mayor contenido de pectina presentan mayor acidez, debido a que la pectina es un aditivo que mejora la densidad del yogurt.

4.2.2. pH del yogurt batido

El resultado obtenido de pH se muestra a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14
pH del yogurt batido

Tratamientos	Adición de pectina	pH		
		\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	4.527 ^a	\pm	0.006
T2	0.05%	4.510 ^{a,b}	\pm	0.010
T3	0.10 %	4.490 ^b	\pm	0.010
T4	0.15 %	4.453 ^c	\pm	0.006

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5%

En la Tabla 14 se aprecia el pH obtenido por cada muestra de 4.527 para T1, 4.510 para T2, 4.490 para T3 y 4.453 para T4; también se puede observar que a medida que se incrementa el porcentaje de adición de pectina disminuye el pH en el yogurt esto indicando que las muestras de yogurt con pectina tiende a ser ácidas.

Existe relación entre la acidez y el pH, se puede apreciar que existe una relación inversa con la acidez cuando menor es el pH mayor la acidez.

Al realizar un análisis de varianza (anexo 12) respecto a los resultados obtenidos de pH del yogurt pectina podemos observar que el p-value es menor 0.05, por lo que podemos decir que existe diferencia significativa estadística entre tratamientos, por lo tanto podemos decir que los tratamientos de yogurt con pectina presentan diferencia respecto al pH, por lo menos dos de ellos a un nivel de significancia de 5 %.

Después realizamos el test de tukey anexo (12) para poder identificar cuáles son los pares de tratamientos que presentan diferencia significativa, podemos observar que el tratamiento T1 es igual al T2 (letras iguales) y que el tratamientos T2 es igual al T3, pero el tratamientos T4 es diferente a todos los tratamientos (letras diferentes) como se evidencia en la tabla (14). Aunque matemáticamente sean diferentes existe igualdad estadística en algunos de los tratamientos (T1 = T2 y T2 = T3) a un nivel se significancia de 5 %.

De la misma forma podemos apreciar en la Figura 8 las medias para el pH los tratamientos se solapan T1 con T2 y T2 con T3 siendo diferente el T4.

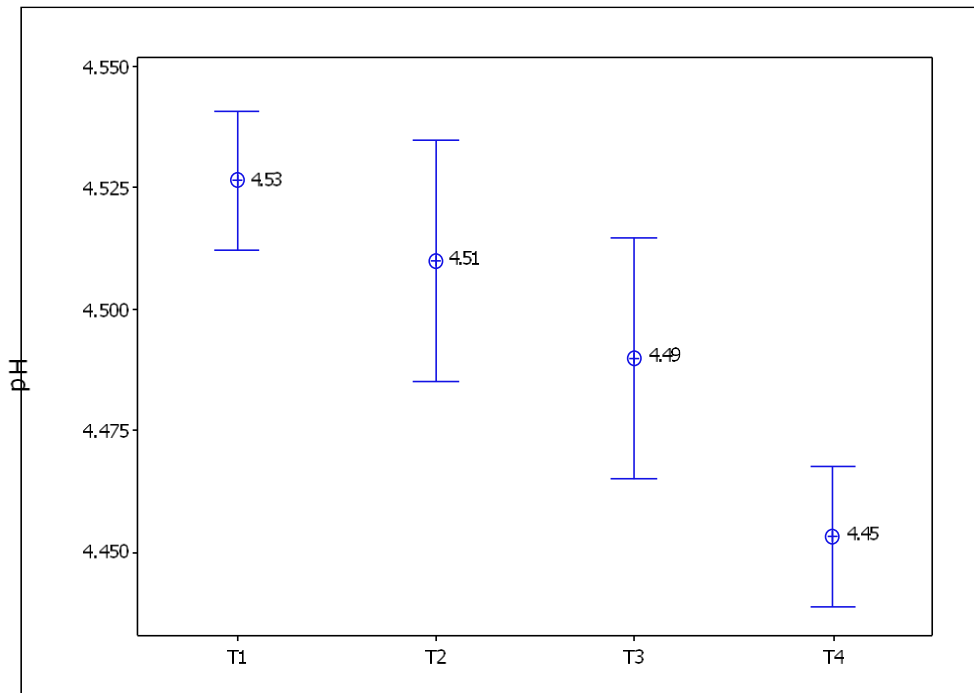


Figura 8: Diagrama de medias para el pH del yogur

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (anexo 12)

Jácome (2010), encontró el valor de pH de 4.95 para el yogurt tipo II con la utilización de gel de linaza siendo similar al resultado del pH de yogurt con pectina. Así mismo Parra y Medina (2011) obtuvieron resultados de un pH de 4.3 en el yogurt con goma xantan y guar en la incubación, a comparación con la investigación el yogurt con pectina presento resultados de pH superiores (4.45 - 4.53) de la misma forma Gaviria, *et al.* (2009), obtuvieron valores similares de pH de 4.41 - 4.63, ambos autores mencionan que a medida que se incrementa el estabilizante disminuye el pH del yogurt pero incrementa la acidez.

Sacón (2004), registro valores de pH entre 4.40 a 4.50, confiere esta propiedad ácida al proceso de elaboración en base a la inoculación e incubación debido a la adición de bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*), las mismas que son aromatizantes y acidificantes. Si comparamos los resultados obtenidos por Sacón (2004) con el yogurt con pectina los valores de pH son similares ya

que oscilan entre 4.45 – 5.53, esta reacción se debe a que cuando utilizamos estabilizantes el yogurt tiende a acidificarse ligeramente. Quevedo (2014) obtuvo resultados de las medias de Ph de los tratamientos entre 4.30 - 4.43, valores que son similares a lo reportado en literatura entre 3.7 y 4.6 (García *et al.* 2004). Es importante que el pH sea cercano a 4, puesto en que a este pH, las micelas de caseína se unen en conglomerados que forman una estructura tridimensional en la cual queda atrapado el suero, en consecuencia generando un producto estable (con menor sinéresis), en el pH del yogurt con pectina se obtuvieron valores similares a los mencionado por los autores.

4.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNO FUNCIONALES DEL YOGUR BATIDO CON ADICIÓN DE PECTINA

4.3.1. Sinéresis del yogurt batido

En la Tabla 15 se muestra los resultados del porcentaje de sinéresis del yogurt con pectina, en ella podemos observar que a medida que incrementamos el porcentaje de adición de pectina, disminuye el porcentaje de sinéresis; los valores de sinéresis son de T1 con 6.460, T2 con 5.933, T3 con 5.553 y T4 con 5.670.

Tabla 15

Sinéresis del yogurt batido

Tratamientos	Adición de pectina	Porcentaje de sinéresis		
		\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	6.460 ^a	\pm	0.087
T2	0.05%	5.933 ^b	\pm	0.006
T3	0.10 %	5.553 ^c	\pm	0.090
T4	0.15 %	5.670 ^c	\pm	0.060

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5%

En la Tabla (15) porcentajes de sinéresis del yogurt con pectina se observa que cuando incrementamos a 0.15 % de adición de pectina existe ligero incremento, como podemos observar en el yogurt con pectina un fenómeno similar que los tratamientos T3 y T4 no presentan diferencia significativa (letras iguales).

Al realizar un análisis de varianza anexo (13) respecto al porcentaje de sinéresis del yogurt con pectina, se encontró que existe diferencia significativa, debido a que el p-value es menor a 0.05, es decir existe diferencia estadística entre los diferentes tratamientos de yogurt con adición de pectina, con un nivel de confianza de 95 %. Luego de realizar el análisis de varianza, realizamos el test de tukey anexo (13) para poder determinar la diferencia entre los tratamientos, se observa que el tratamiento T3 es igual al tratamiento T4 (letras iguales), mientras que el resto de tratamientos (T1, T2 y T3) son diferentes (letras diferentes), como se evidencia en la tabla (15).

Así mismo tenemos el diagrama de medias que se muestra a continuación en la figura 9.

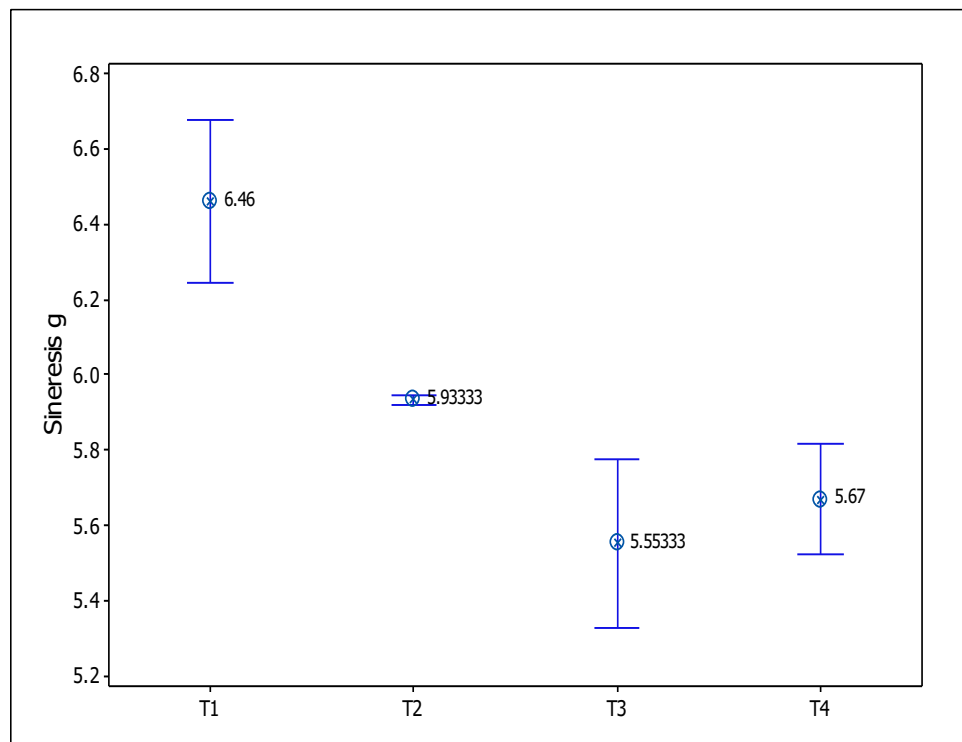


Figura 9: Diagrama de medias para sinéresis del yogurt

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (anexo 12)

En la Figura (9) se puede observar que el tratamiento T3 se superpone al tratamiento T4, mientras que el resto de tratamientos (T1, T2) son diferentes, estos datos se pueden corroborar en el anexo (13), también se observa que el tratamiento T4 existe un ligero incremento de sinéresis.

En la Tabla (15) se muestra que el tratamiento 4 presenta un incremento de sinéresis donde según Castro *et al.* (2009) menciona que este efecto se debe a que el yogurt supera los 0.8 % de acidez, indicando que el incremento de acidez incrementa el contenido de suero, en bebidas lácteas batidas contribuye a la formación de geles ácidos con estructura abierta debido a la reducción de las interacciones moleculares, y por lo tanto son más susceptibles a la sinéresis. Así mismo Leite *et al* (2013) menciona que el proceso de separación del suero también se asocia a la desnaturalización de las proteínas en presencia de medios ácidos, aunque el incremento es pequeño que en algunos casos no es significativo.

García (2004) afirma que 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 o sinéresis.

Castillo, *et al.* (2004) indican que la adición de pectina al yogurt conlleva una disminución de la sinéresis atribuido a la elevada capacidad de retención de agua de este hidocoloide. Además obtuvieron un valor mínimo de sinéresis de 4,5 % para una concentración de pectina de 0,15 % y 3 % leche descremada en polvo (LPD). Así mismo mencionan que la sinéresis disminuye también al aumentar la concentración de leche desnatada en polvo (LDP), ello debido al enriquecimiento del yogurt con lactosa, proteínas, sales minerales y grasa con el correspondiente aumento de sólidos totales. Al comparar ambos efectos se observa que una adición de 0,15 % de pectina al yogurt reduce la sinéresis en un valor equivalente a una adición extra de LDP de 5% (concentración total de LDP en el yogurt de 6,30 %). Comparando la sinéresis obtenida, con la sinéresis del yogurt con pectina elaborada en la presente investigación se observa

que los valores de sinéresis son mayor esto debido a que solo se le adiciona pectina más no (LPD).

Mendoza *et al.* (2007) obtuvo resultados de sinéresis entre los rangos de 4.29- 9.56 %, de acuerdo con estos resultados, de los estabilizantes empleados en la elaboración de yogurt, al emplear la concentración de 0,6% de almidón y 6% de estabilizante comercial (ITAL 1000Y) se obtiene una mejor estabilidad en esta propiedad física del yogurt. Debido a que cuando incrementamos el estabilizante disminuye la sinéresis del yogurt. Cuando comparamos los valores obtenidos con el yogurt con pectina cuyos rangos oscilan entre 5.55 - 6.46 %, podemos observar que los resultados son menores a los obtenidos por el Mendoza *et al*, esto se debe a que se trabajó con mayor porcentaje de adición de estabilizante comercial y también almidón. Marshall y Joseph (1986) menciona que el almidón tiene menor capacidad de absorción de agua que la pectina es por eso que cuando se someten a fuerzas mecánicas (batido) libera mayor contenido de suero (sinéresis) en el yogurt comparado con un yogurt con pectina.

Cárdenas, *et al.* (2013), mencionan que el uso de aditivos como CMC en productos lácteos, brinda buenos resultados contra la sinéresis, sin embargo, el uso de gelatina y pectina presentan deficiencias. Las uniones entre las macromoléculas son debidas esencialmente a interacciones electrostáticas o a enlaces hidrogeno. Como estos enlaces están bastantes espaciados, los geles tienen propiedades mecánicas destacables, mejoran la textura y reducen los efectos provocados por la sinéresis.

Quevedo (2014) en su investigación menciona que en una bebida láctea fermentada, es importante para dar estabilidad al producto, se busca el menor grado de sinéresis posible. En el estudio realizado, las medias de los tratamientos mostraron entre 11.1 - 23.0% de sinéresis. Respecto al efecto de la gelatina, se observa que la cantidad de esta influye significativamente sobre la sinéresis. Así mismo, se puede observar que el grado de sinéresis disminuye conforme se aumenta la cantidad de gelatina, esto es debido a que los geles proteicos son sistemas muy hidratados, que contienen hasta un 98% de agua. Gran parte del agua se une vía puentes de hidrogeno a los grupos C=O y N-H de los enlaces peptídicos de la

gelatina en forma entrecruzada, o puede estar retenida por capilaridad en los poros de la estructura del gel disminuyendo la tendencia a la sinéresis. Realizando una comparación con el yogurt con pectina podemos observar que los resultados son menores al del investigador, esto se debe a que la gelatina presenta menor poder gelificante comparado con la pectina, y además Salvador y Fiszman (1998) mencionan que el uso de aditivos en concentraciones superiores al 0.3% pueden tener efectos adversos al sabor, por lo que se tiene que tomar en consideración cuando se quiere utilizar estabilizantes en la elaboración del yogurt.

4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGUR BATIDO

En la Tabla (16) se presenta los resultados obtenidos del análisis sensorial, en ella se aprecia la puntuación promedia obtenida por la calificación de los panelistas respecto al sabor, color, textura y apariencia general. El que presento mayor puntuación promedio respecto al sabor fue el tratamiento T4 con 3.80 seguida de T2 con 3.70, T3 con 3.45 y por último el T1 con 3.10, respecto al color el tratamiento que obtuvo mayor puntaje es el tratamiento T2 con 4.10 seguida de T4 con 4.00, T3 con 3.65 y T1 con 3.45, respecto a la textura el tratamiento que presento mayor puntuación fue el tratamiento T2 con 4.00 seguida de T4 con 3.85, T1 con 3.00 y T3 con 2.95 y respecto a la apariencia general fue el T4 con 4.10 seguida de T2 con 4.00, T3 con 3.30 y T1 con 3.25.

Así mismo se observa que respecto al sabor no existe diferencia significativa entre los tratamientos comparados con la muestra control que es el yogurt sin adición de pectina T1, como se evidencia letras iguales "a". La evaluación de los valores del color en el yogurt podemos evidenciar en la tabla (17) nos indica que existe diferencia entre tratamientos por lómenos en un par de ellos

Tabla 16*Evaluación sensorial del yogur con pectina*

Tratamientos	Adición de pectina	Sabor			Color			Textura			Apariencia general		
		\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S
T1	0.00%	3.10 ^a	\pm	0.91	3.45 ^a	\pm	0.76	3.00 ^a	\pm	1.34	3.25 ^a	\pm	0.97
T2	0.05%	3.70 ^a	\pm	0.98	4.10	\pm	0.64	4.00	\pm	0.97	4.00	\pm	1.03
T3	0.10 %	3.45 ^a	\pm	1.19	3.65 ^a	\pm	0.67	2.95 ^a	\pm	1.10	3.30 ^a	\pm	0.80
T4	0.15 %	3.80 ^a	\pm	0.83	4.00	\pm	0.65	3.85	\pm	0.81	4.10	\pm	0.85

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar. Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Dunnett al 5% y se tomó como control el tratamiento T1

Tabla 17
ANOVA para los atributos sensoriales

Atributo	p-value	F _{cal.}	F _{crit.}
Sabor	0.12190*	1.994	2.725
Color	0.01130	3.947	2.725
Textura	0.00226	5.298	2.725
Apariencia General	0.00397	4.823	2.725

*No existe diferencia significativa entre tratamientos, $\alpha = 5\%$

En la Tabla (17) se observa el ANOVA realizado para los atributos sensoriales en evaluación (sabor, color, textura y apariencia general) donde podemos decir que los resultados respecto al sabor no existe diferencia significativa, puesto que el p-value es mayor a 0.05, mientras que para el color, textura y apariencia general si existe diferencia significativa debido a que el p-value es menor a 0.05.

Tabla 18
Test de Dunnett para los atributos del yogur

Comparaciones	p-value			
	sabor	color	textura	apariciencia general
T1-T2	0.144	0.010	0.012	0.031
T1-T3	0.543	0.677	0.998	0.996
T1-T4	0.072	0.034	0.038	0.012

Dunnett respecto al yogurt control (T1), evaluados con $\alpha = 5\%$

En la Tabla (18) podemos observar las pruebas múltiples rangos dunett para los atributos sensoriales como sabor, color, textura y apariencia general. En ella se evidencia la comparación de los diferentes tratamientos frente al tratamiento control o testigo (T1), estos se presentan en los anexos (14, 15, 16 y 17). Se puede afirmar que la comparación del tratamiento T3 frente al tratamiento control es igual respecto a todas las

características evaluadas (sabor, color, textura y apariencia general), puesto que el p-value es mayor a 0.05, a un nivel de significancia de 5%. El test de Dunnett por parte de los panelistas y en base a la escala previamente establecida en la metodología, se evidencia una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos comparados con el tratamiento control ($T1 \neq T2 \neq T4$) el tratamiento T1 es diferente a los tratamientos T2 y T4, pero el tratamiento T1 es igual al T3 ($T1 = T3$).

Respecto a la textura por parte de los panelistas podemos evidenciar que la evaluación del test de Dunnett, resulto que si existe diferencia significativa entre los tratamientos comparados con el tratamiento control ($T1 \neq T2 \neq T4$) el tratamiento T1 es diferente a los tratamientos T2 y T4, pero el T1 es igual al T3 ($T1 = T3$).

Diagrama radial para los atributos:

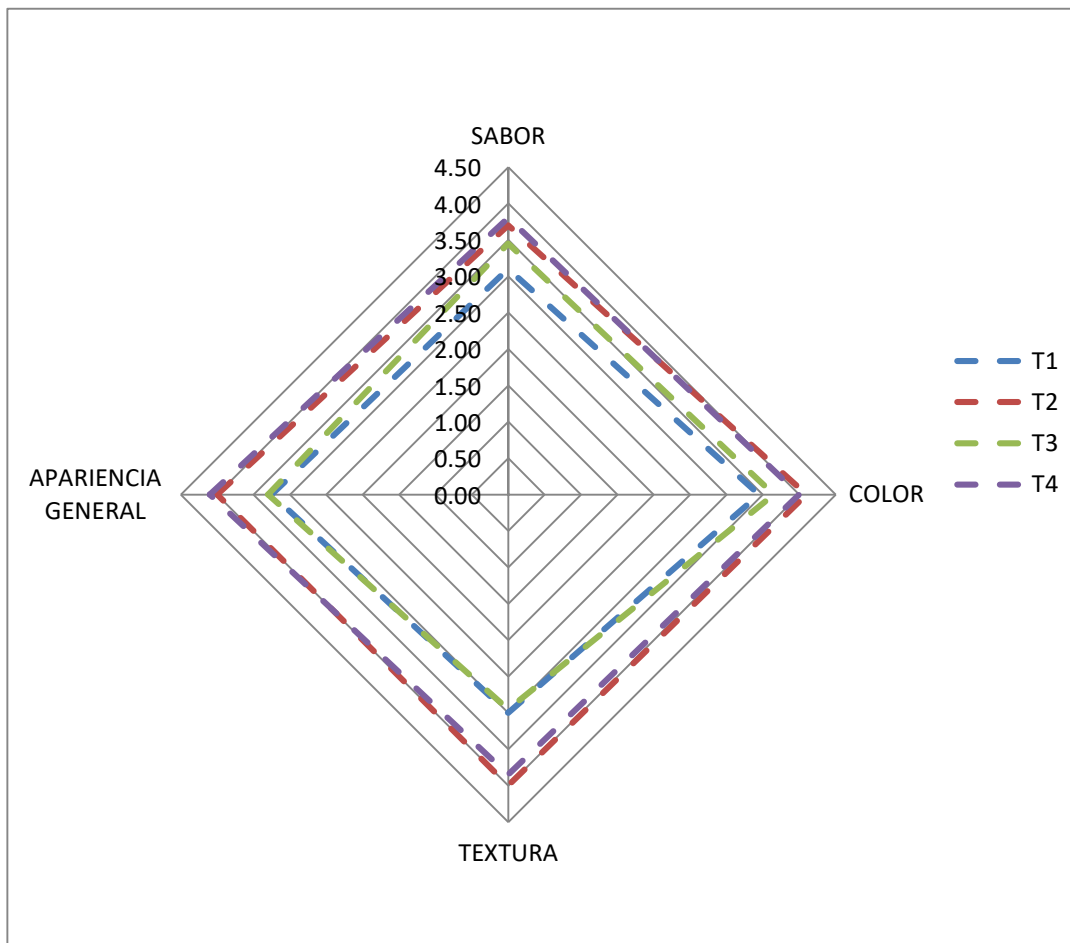


Figura 10: diagrama radial de los atributos evaluados del yogurt con pectina.

En la figura (10) se muestra el gráfico radial donde nos permite comparar visualmente la calificación promedio obtenida por los jueces respecto a los atributos evaluados de cada tratamiento, cada color de línea representa un tratamiento y en cada vértice del rombo se encuentra un atributo a evaluar. Respecto al sabor podemos observar que los tratamientos se encuentran en el rango de 3 a 4 puntos, respecto al color se puede observar que los tratamientos oscilan entre 3.45 y 4 puntos de acuerdo a la evaluación de los panelistas.

Así mismo respecto a la textura los valores oscilan entre 2.95 y 4.00 que también se puede contrastar con el anexo 16.

Observando el gráfico radial respecto al atributo de la apariencia general los datos oscilan entre 3.25 y 4.10 lo podemos corroborar con el test de Dunnett anexo (17) podemos evidenciar que cuando incrementamos la adición de pectina incrementa la aceptación por parte de los degustadores debido a que mejoran algunas propiedades, además también podemos apreciar que los tratamientos T1 y T4 no presentan diferencia significativa, pero si presenta diferencia al resto de tratamientos.

4.4.1. Sabor del yogur batido

A continuación se muestra la tabla 19 con los resultados de ANOVA respecto al sabor

Tabla 19:

ANOVA respecto al sabor

Atributo	F_{cal}	p -value	F_{crit}
sabor	1.994	0.1219	2.725

En la tabla (19) se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que el p-Value es mayor a 0.05 por lo que podemos decir que todas las muestras son iguales.

Como se evidencia podemos decir que la adición de pectina no interviene en el grado de preferencia o aceptación hacia los consumidores.

Molina (2009) y Ladera y Canchohuamán (2010) determinaron en su investigación que respecto al sabor no existieron diferencia significativa entre los tratamientos haciendo la comparación con los resultados obtenidos tampoco presentan diferencia significativa, entonces se puede decir que los estabilizantes no influyen en las características del sabor.

Gaviria *et al.* (2009) indica que el deseo de adquirir un producto definido como su aceptación no sólo depende de la impresión agradable o desagradable del evaluador. Así como varios estudios señalan que la adición de estabilizantes no modifica la aceptación del producto.

Según Anzaldúa (2005), manifiesta que el sabor es el atributo más complejo de los alimentos, ya que combina tres propiedades: el olor, el aroma, y el gusto, por lo tanto su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

4.4.2. Color del yogur batido

A continuación se muestra la Tabla de ANOVA respecto al color.

Tabla 20

ANOVA respecto al color

Atributo	F_{cal}	$p\text{-value}$	F_{crit}
color	3.947	0.0113	2.725

En la tabla 20 de acuerdo al análisis de varianza realizado existe diferencia significativa ya que el $p\text{-value}$ es menor a 0.05 por lo que podemos decir que existe diferencia significativa al menos en un par. Esto también lo observamos en el anexo 15.

Ladera y Canchohuamán (2010) respecto al color tampoco encontró diferencia significativa pero Jácome (2010), encontró diferencia significativa entre sus tratamientos obteniendo resultados equivalente a “muy bueno” comparando con los resultados en la investigación también existe diferencia significativa teniendo como resultados de “me gusta moderadamente” esto se debe a que el autor usa la linaza como estabilizante.

Según Sacón (2004), este fenómeno se podría dar por el color del estabilizante utilizado, las pectinas presenta un color algo oscuras debido a que son obtenidas de las paredes celulares de las plantas o frutas , por lo que debe tenerse en cuenta que los productos se dosifican en muy pequeñas cantidades. Esta consecuencia de usar pectinas fue identificada por los degustadores en la evaluación sensorial, según Molina (2009) las pectinas no deberían de generar coloración a los alimentos debido a que en la obtención de ellas se utiliza carbón activado, pero cuando no se utiliza esta de la forma adecuada estas presentan color en alimentos aunque no son muy notorios y muy significativos, así mismo un factor que influye en color del yogurt es la formación de suero como se pudo apreciar en la evaluación de sinéresis existió diferencia y esta ha sido reconocida por los degustadores.

4.4.3. Textura del yogurt batido

A continuación se muestra la Tabla 21 del ANOVA para la textura

Tabla 21

ANOVA de la textura

Fuente	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	5.298	0.0023	2.725

En la tabla (21) se muestra que existe diferencia significativa esto se debe a que el p -value es menor a 0.05, esto nos indica que existe diferencia entre tratamiento o al menos en un par. Esto también se puede observar en el anexo 16.

Cárdenas *et al.* (2013) en su investigación también obtuvo diferencias significativas en sus resultados obteniéndose calificaciones de los evaluadores de “me gusta moderadamente” comparando con la investigación los resultados son parecidos “me gusta moderadamente”.

Según Sacón (2004), la pectina tiene la propiedad de formar geles en medio ácido y en presencia de azúcares cuando es puesta a condiciones de temperatura adecuada, como consecuencia incrementa la densidad

mejorando la textura en el yogurt. Porter (1981), indica que el yogurt es ácido y tiene una fina y suave textura, que va desde un firme gel hasta un líquido viscoso como las natillas, dependiendo de la técnica de fabricación.

4.4.4. Apariencia general del yogurt batido

A continuación se muestra la tabla 22 respecto al ANOVA de la apariencia general.

Tabla 22

ANOVA respecto a la apariencia general

Fuente	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	4.823	0.0040	2.725

En la tabla 22 se evidencia una diferencia significativa donde el p-value es menor a 0.05 esto indicándonos que existe diferencia entre tratamientos o al menos un par, esto también se puede apreciar en el anexo 17.

La apariencia general es muy importante debido a que es la presentación final del producto, la percepción de los jueces frente al producto final, y se vio mejorada debido a que se mejoró la textura del yogurt, la adición de pectina mejora la densidad, textura y vistosidad del yogurt.

Quevedo (2014) encontró diferencias entre sus tratamientos y obtuvo una calificación de “me gusta moderadamente” por lo que haciendo comparaciones con el resultado de la presente investigación se obtuvo resultados que también califican a “me gusta moderadamente” por lo que se puede decir que son similares y esto llevándonos a interpretar que los estabilizantes como la gelatina y pectina mejora su aspecto general.

4.4.5. Determinación del mejor tratamiento por puntuación o ponderación

Con el fin de elegir el mejor tratamiento se realizó una tabla de ponderación. Se consideró el promedio de los puntajes obtenidos de los jueces, asignándole valores de 0 hasta 5, respecto a cada atributo evaluado la suma de calificación más alta obtenida será la muestra

ganadora debido a presenta mayor aceptación respecto a los atributos por los consumidores (jueces).

El puntaje máximo que pueden obtener las muestras es de 20, debido a que son 4 atributos y cada uno con una puntuación máxima de 5 puntos por atributo, siendo ganador le atributo que presente mayor puntaje total, cabe recalcar que el tratamiento control T1 no entra en competencia debido que no se le adiciono pectina.

Tabla 23

Determinación de la mejor muestra de yogur por puntuación

ATRIBUTO	Puntuación máxima	T1 \bar{X}	T2 \bar{X}	T3 \bar{X}	T4 \bar{X}
Sabor	5	3.10	3.70	3.45	3.80
Color	5	3.45	4.10	3.65	4.00
Textura	5	3.00	4.00	2.95	3.85
Apariencia general	5	3.25	4.00	3.30	4.10
Total	20	12.8	15.80	13.35	15.75

En la tabla (23) se muestra la suma de la puntuación de los diferentes tratamientos, donde el tratamiento que presenta mayor puntuación es el T2 con 15.80, lo cual quiere decir que es el tratamiento con mejores características debido a que presenta mayor aceptación frente a los consumidores respeto a los atributos evaluados.

Castillo et al. (2004) obtuvo resultados de aceptación general que oscilan entre 12.2 a 18.2 comparado con los datos obtenidos en la investigación oscilaron de 12.8 a 15.80 por lo que se puede decir que está dentro del rango obtenido.

CONCLUSIONES

- ✓ Las propiedades físicas como densidad y viscosidad del yogurt se vieron influenciadas por la adición de pectina, mejorando dichas propiedades, incrementaron los valores de densidad como de viscosidad en el yogurt, de acuerdo al análisis de varianza existió diferencia significativa para ambas propiedades. Respecto a la densidad existió un incremento de 0.018 g/ml cuando se adiciona 0.15 % de pectina frente al tratamiento que no contiene pectina y con referencia a la viscosidad se observó un incremento de 1.964 Pa.s cuando se adiciona 0.15% de pectina frente al tratamiento que no se adiciono pectina. Llegando a la conclusión de que la pectina presenta efecto de estabilizante,
- ✓ Las propiedades químicas como la acidez y pH del yogurt batido también se vieron afectados por la adición de pectina, la acidez se pudo apreciar que cuando se incrementa el porcentaje de adición de pectina incrementa el porcentaje de acidez obteniendo un incremento de 0.144 % de ácido láctico frente al tratamiento T1, lo contrario ocurre con el pH a medida que incrementamos la concentración de pectina disminuye el pH del yogurt, esto nos indica que existe un efecto inversamente proporcional. Con referencia al análisis de varianza podemos decir que respecto a las dos propiedades físicas existen diferencias significativas, así mismo que todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites permitidos según la norma técnica peruana. Por lo que se puede decir que la pectina presenta efecto estabilizante en las propiedades químicas.
- ✓ La evaluación tecno funcional como la sinéresis en el yogurt también se vio afectada por la adición de la pectina, es decir existió diferencia significativa el cual se evidencia en el análisis de varianza, además se aprecia que a medida que incrementamos el porcentaje de adición de pectina al yogurt, disminuye la sinéresis hasta en 0.79 % cuando se utiliza 0.15 % por lo que podemos indicar que la pectina cumple el efecto estabilizante en la propiedad tecno funcional.
- ✓ Se evaluó la aceptación sensorial del yogurt con pectina, respecto al sabor no presento diferencia significativa es decir todos los tratamientos son

iguales, pero el color, textura y apariencia general si presentaron diferencia significativa de acuerdo a las calificaciones realizadas por los panelistas semi entrenados. Cuando realizamos la prueba de rangos múltiples de dunnett respecto todos los atributos existió igualdad entre el tratamiento T3 y el tratamiento control T1. El tratamiento de yogurt con pectina que presento mayor aceptación fue el tratamiento T2 (0.05%) este se determinó por el método de puntuación obteniendo 15.8 puntos. Además que la muestra T2 presenta mejor propiedad física, química y tecno funcional comparada con la muestra que no tuvo pectina.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un estudio económico de método de mejoramiento de la estabilidad del yogurt (adición de pectina) de las propiedades físicas, químicas, tecno funcional y sensorial del yogurt.
- ✓ Desarrollar estudios sobre otros estabilizantes para evaluar su caracterización en las propiedades fisicoquímicas, químicas, tecno funcionales y sensoriales.
- ✓ Desarrollar estudios de análisis microbiológicos y el tiempo de vida útil del yogurt con adición de pectina.
- ✓ Realizar un análisis proximal del yogur con adición de pectina como estabilizante.
- ✓ Realizar un estudio de mercado del yogur con adición de pectina como estabilizante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1998) Official methods of analysis. 981.12. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- A.O.A.C. (1984) Official methods of analysis 16021. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- A.O.A.C. (1990) The official and recommended practices of the American Chesmet's Society. 94.05.
- Alatríste, K. (2002). *Efecto de adición de fibra y calcio en un yogurt con sabor*. 17^a edición. Association Analytical Chemist.
- Alfonzo, E. (2010). *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de citrus paradisi (GRAY FRUIT)*. (Tesis de pregrado). Universidad De El Salvador. El Salvador.
- Amiot, J. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Leche*. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A.
- Ankenman, L. y Morr, C. (1996). *Improved acid, flavor and volatile compound production in a high protein and fiber soymilk yogurt-like product*. J. Food Science. 61 (2): 331-336
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en teoría y la práctica*. Zaragoza, España. Editorial Acribia S. A.
- Apórtela, A. (2003). *Estudio de las propiedades físicas, químicas y sensoriales en un yogurt saborizado, enriquecido con fibra y calcio* (Tesis de pre grado). UDLA. Puebla – México.
- Belitz, W. (1997). *Química de los alimentos*. Segunda edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A

- Bellavita, R. y Guananja, G. (1998). *Yogurt con GENU pectina*. Tecnología láctea, Lationoamericana. Vol. 11:29-30.
- Bourne M. C. 1982. *Textura de los alimentos y el concepto de viscosidad y medición*. Academic Press. Nueva York.
- Briones, E. (2005). *Proceso de elaboración de yogur y su presentación en página web* (tesis de pregrado) .Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, México.
- Cadden, A. (1988). *Características de absorción de humedad de las fibras de varios alimentos*. J. Food Science, 53 (4), 1150-55.
- Cárdenas, A., Alvites, H., Valladares, G., Obregón, J. y Vásquez, V. (2013). *Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides* (tesis de pre grado). Universidad nacional de Trujillo. Perú.
- Castillo M., Borregales C y Sánchez, M. D. (2004). *Influencia de la pectina sobre las propiedades reológicas del yogurt*. Revista de la Facultad de Farmacia Vol. 46. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Castro, F.; Cunha, T.; Ogliari, P.; Teofilo, R.; Ferreira, M.; Prudencio, E. (2009). *Influence of different content of cheese whey and oligofrutose on the properties of fermented lactic beverages: Study using response Surface methodology*. Food Siencie and Technology, 42.
- Cheftel, J y Cheftel, H. (1986). *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de alimentos*. Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- Codex alimentarius (1975). *Leche y lácteos recursos informativos, directrices del codex*. Visitada en junio del 2016. En línea. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/codex/standard/es/CXSA11as.pdf>

- Codex Stan 243-2003-2011. *Norma del Codex para leches fermentadas*. FAO Y OMS. Roma, Italia.
- Diaz, B., Sosa, M. y Vélez, J. (2004). *Evaluación del efecto de la adición de fibra y modificación del nivel de grasa en las propiedades físicas y reológicas y sensoriales del yogurt*. Revista Mexicana De Ingeniería Química Vol. 3.
- Early, R.1992. *La Tecnología de los Productos Lácteos*. VCH Publishers, Nueva York Pág. 35- 37.
- Espinoza, E. (2003). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Tacna, Perú. Editorial Universidad Jorge Basadre Grohmann.
- Fennema, O. (1993). *Química de los alimentos*. Zaragoza. España. Editorial Acribia, S.A. Pag. 1095
- Gambelli, L., et al. (1999). *Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialized in Italy*. *Food chemistry*. 66:353-358.
- Garcia, G. (2004). *Efecto de la cantidad de grasa y almidón modificado en la elaboración de yogurt bajo en grasa sabor a fresa y sin azúcar (tesis de pre grado)*. Universidad Zamorano. Honduras.
- Gaviria, P., Restrepo, D. Y Suarez, H. (2009). *Utilización de hidrocoloides en bebida láctea tipo kumis*. Revista de la facultad de química Farmaceutica. Vol. 17 (1), 29-36.
- Genu (1981). *Pectin* (The Copenhagen Pectin Factory Ltd). Dinamarca.
- Grasselli, M., Naverro A., Fernández H., Miranda M., Camperi S., Cascone O. (1997). *Qué hacer con el suero del queso*. Revista de Divulgación y Tecnología de la asociación Ciencia Hoy. Vol. 8 (43).
- Harper, W. y Hall, C. (1981). *Dairy technology and Engineering*. 2da Edición. AVI. Publishers. E.U.A. 89-93.

- Herbstreithn A., (2001). *The Specialists for Pectins* feb.2001.
- Hernández, A. (2004). *Microbiología Industrial*, Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica, pp.72.
- Illescas, C.E. (2001). *Curso teórico practico sobre lactología*. Pág.13-17,67-73.
- Jácome, H. (2010). *Evaluación de la calidad de yogurt tipo II con la utilización de gel de linaza como estabilizante natural* (tesis de pre grado). Escuela técnica politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Joseph, G.H.; 1983.*Better pectins*. USA
- Ladera, J y Canchohuamán, H. (2010). *Caracterización fisicoquímica y sensorial del yogurt con adición de goma de tara (caesalpinia spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones* (Tesis pre grado). Universidad Nacional Del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Leite, J., Moraes, A., Malveira, A., Feitosa, R., Pianco, E., Leite de Souza, E. y Ramos, R. (2013). *Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks*. Food Science and Technology, 24.
- Levine, I (1996). *Fisicoquímica*. Madrid: MG Grow Hill interamericana.
- López, A. (2003). *Manual de industrias lácteas*. Madrid-España 2003 Tetra Pak Processig System A.B. p. 21, 123, 125, 244, 246.
- Ludeña, F. (2005). *Manual de derivados lácteos*. Universidad Agraria la Molina. Ed. Universitario. Perú.
- Luquet, F. (1993). *Los productos lácteos*. Transformación y Tecnologías. Zaragoza España. Editorial Acribia S.A.
- Mahaut, M., Jeanhel, R., Brulè, G. y otros (2004). *Productos lácteos industriales*. España, Ed. Acribia S.A. 177p.

- Marshall, L. y Joseph, J. (1986). *Chemistry and function of pectins*, acs symposium series of american chemical society USA.
- Martinez, S. (2016). *Evaluación De La Viscosidad y El Color Del Yogurt Batido Con Adición De Goma De Tara (Caesalpinia Spinosa) Como Estabilizante A Diferentes Concentraciones* (tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas, Perú.
- May, C. (1990). *Industrial pectins: sources, production and applications carbohydr. Polymers*.
- Mendoza, R., Trujillo, N. y Duran D. (2007). *Evaluación del almidón de ñame espino (dioscorea rotundata) como estabilizante en la elaboración de yogur entero tipo batido*. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, vol. 5 (20), pp. 97-105. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.
- Molina, I. (2009). *Comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt* (tesis de pre grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Norma técnica Peruana (202.092.2004) *Leche y productos Lácteos*. Yogurt. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. CODEX
- Norma Técnica Peruana (202.094:2004). *Leche y productos Lácteos*. Leche cruda. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. INDECOPI.
- Ordoñez, J. (2001). *Tecnología de los alimentos*. Madrid, España. Editorial Síntesis. Volumen II.
- Pagani, J. (1998). *Degradación Enzimática y Características Físicas y Químicas de la pectina del Bagazo de Melocotón*. Universidad LLeida. Salamanca. España.

- Parra, R. y Medina, O. (2011). *Propiedades Fisicoquímicas de yogurt tipo entero: Efecto de la adición de goma xantana y goma Guar en la incubación*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Pauletti, S., Rozycki, S., Sabbag, N. y Costa, S. (2003). *Modelización de la consistencia de yogurt batido efecto de la adición de varios xelificantes*. Ciencia y tecnología de los alimentos. Vol.4 (2), pp 90-94. Mexico.
- Penna, A., Oliveira, M. y Tamine, A. (2003). *Influence of carrageenan and total solids content on the rheological properties of lactic beverage made with yogurt and whey*. Journal of texture studies 34, 95 – 113.
- Porter, J. (1981). *Leche y Productos Lácteos*. 2da. ed. Madrid, España Edit. Acribia.
- Potter, N. y Hotchkis, H. (1999). *Ciencia de los alimentos*, Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España. 509-515.
- Primo, E. (1998). *Química de los alimentos*. Primera edición. Editorial Sintet. Impreso en España.
- Quevedo, V. (2014). *Estudio del efecto del lactosuero ácido y gelatina como estabilizante en la elaboración de una bebida láctea fermentada* (tesis de pre grado). Universidad San Francisco De Quito. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Ecuador.
- Ramirez, J. (2010). *Evaluación de la viabilidad según iso 7889/idf 117 de los cultivos iniciadores streptococcus thermophilus y lactobacillus bulgaricus en yogurt y helado en almacenamiento y validación de un método para la enumeración del probiótico bifidobacterium lactis* (tesis de pre grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Ramirez, M. y Ruiz, J. (2014). *Elaboración de yogurt firme bajo en calorías con inulina y harina de guayaba (Psidium guajava L.) como saborizante*. Revista de la facultad de agronomía., universidad central de Venezuela. 31:233-253.

- Rao, M., Cooley, H. y Vitali, A. (1984). *Flor properties of controlated juices at low temperatures*. Food Technol.
- Revilla, A. (1995). *Tecnología de la leche*. Procesamiento Manufactura y Análisis. IICA. San José, Costa Rica, 399 p.
- Sacón, P. (2004). *Efecto de cuatro niveles de estabilizantes (0.9, 1.1, 1.3 y 1.5 %) para la coagulación de yogurt persa* (Tesis de pre grado). Facultad de ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador.
- Salvador, A., Fiszman, S. (1998). *Textural characteristics and dynamic oscillatory rheology of maturation of milk gelatin gels with low acidity*, Journal of Dairy Science.
- Sancho, J., Bota, E. y De Castro, J. (2002). *Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos*. Edición de la Universidad de Barcelona, Barcelona España.
- Tamine, A. y Robinson, R. (1991). *Yogurt. Ciencia y Tecnología*. Primera edición. Acribia, Zaragoza. España.
- Teuber, M. (1995). *The influence of fermentation on the nutritional quality of dairy products*. The world of ingredients. 43-46.
- Vera, R. (2011). *Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina, sobre la viscosidad aparente, sinéresis y tiempo de fermentación en yogurt batido*. (Tesis de pre grado). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.
- Walstra, P., Geurts, T., Noomen, A. y otros (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. España, Ed. Acribia. S.A., 730p.
- Whistler, R. et al. (1969). *Pectin and Gums*. Symposium of food quality Westport. The Avi. Publishing Company, inc.
- Wittig, E. (2001). *Evaluación Sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos*. Edición Digital reproducida con autorización del autor.

ANEXOS

ANEXO 01

a CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Prueba sensorial de escala hedónica de cinco puntos

Nombre.....

Edad..... Sexo..... Fecha.....

INSTRUCCIONES. Se le presenta a Ud. un yogurt, pruebe cada una de las muestras y luego asigne puntaje a base de la siguiente escala:

Características de calidad	Puntaje	Alternativas	240	160	200	120
SABOR	5	Me gusta mucho				
	4	Me gusta moderadamente				
	3	No gusta, ni disgusta				
	2	Me disgusta moderadamente				
	1	Me disgusta mucho				
COLOR	5	Me gusta mucho				
	4	Me gusta moderadamente				
	3	No gusta, ni disgusta				
	2	Me disgusta moderadamente				
	1	Me disgusta mucho				
TEXTURA	5	Me gusta mucho				
	4	Me gusta moderadamente				
	3	No gusta, ni disgusta				
	2	Me disgusta moderadamente				
	1	Me disgusta mucho				
APARIENCIA GENERAL	5	Me gusta mucho				
	4	Me gusta moderadamente				
	3	No gusta, ni disgusta				
	2	Me disgusta moderadamente				
	1	Me disgusta mucho				

Comentarios:.....

b DATOS DE LA ENCUESTA

ENCUESTADO	SABOR				COLOR				TEXTURA				APARIENCIA GENERAL			
	160	120	200	240	160	120	200	240	160	120	200	240	160	120	200	240
1	3	4	4	4	3	4	4	4	1	3	4	4	2	3	4	4
2	3	4	4	4	4	4	4	3	2	5	1	4	3	5	3	4
3	3	2	4	4	3	4	2	4	3	4	2	4	3	4	2	4
4	3	2	5	5	3	3	3	4	2	3	3	5	4	3	3	5
5	4	2	3	2	4	4	4	4	4	2	2	3	4	3	3	3
6	4	3	2	5	4	4	3	4	1	2	2	4	3	2	3	4
7	4	3	5	3	4	4	3	4	4	4	2	3	4	4	3	5
8	2	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	2
9	5	5	3	5	4	5	4	3	5	5	3	5	4	3	4	5
10	4	4	4	3	4	5	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3
11	3	4	5	4	3	5	5	3	3	5	4	4	3	5	4	3
12	2	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	3	5	4	4
13	3	4	2	2	2	3	3	4	4	4	1	2	5	4	2	4
14	1	3	1	4	2	3	3	5	2	4	2	5	2	4	3	5
15	3	4	3	4	4	4	4	4	3	5	3	4	3	2	3	4
16	3	5	5	4	3	4	4	4	4	5	3	3	4	5	3	4
17	3	5	4	4	4	5	4	5	3	3	3	5	4	5	4	5
18	4	4	3	3	4	4	4	4	2	5	5	4	3	5	3	5
19	2	3	2	4	2	4	3	4	1	4	3	4	1	5	2	5
20	3	4	2	4	4	4	4	5	2	5	4	4	2	5	5	4

MUESTRA	VALORES
T 1	160
T 2	120
T 3	200
T 4	240

ANEXO 02

Resultados de la evaluación de la densidad del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas replicas

MUESTRAS	REPLICAS	DENSIDAD DEL YOGURT g/mL
T 1	R1	1.0424
	R2	1.0425
	R3	1.0435
	Promedio	1.0428
T 2	R1	1.0504
	R2	1.0496
	R3	1.0486
	Promedio	1.0496
T3	R1	1.0527
	R2	1.0507
	R3	1.0517
	Promedio	1.0517
T 4	R1	1.0610
	R2	1.0610
	R3	1.0619
	Promedio	1.0613

ANEXO 03:

Resultados de la evaluación de la viscosidad del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas replicas

Tratamiento	Replicas	Viscosidad Pa-s
T1	R1	0.9935
	R2	0.9941
	R3	0.9931
	Promedio	0.9936
T2	R1	1.1194
	R2	1.1199
	R3	1.1191
	Promedio	1.1195
T3	R1	1.9842
	R2	1.9858
	R3	1.9870
	Promedio	1.9857
T4	R1	2.9286
	R2	2.9279
	R3	2.9282
	Promedio	2.9282

ANEXO 04

Resultados de la evaluación de la acidez del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas replicas

MUESTRA	replicas	Acidez % a.l.
T 1	R1	0.675
	R2	0.684
	R3	0.675
	Promedio	0.678
T 2	R1	0.689
	R2	0.690
	R3	0.692
	Promedio	0.690
T 3	R1	0.695
	R2	0.701
	R3	0.699
	Promedio	0.698
T 4	R1	0.721
	R2	0.709
	R3	0.717
	Promedio	0.716

ANEXO 05:

Resultados de la evaluación del pH del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas replicas

MUESTRAS	replicas	pH
T 1	R1	4.52
	R2	4.53
	R3	4.53
	Promedio	4.53
T 2	R1	4.51
	R2	4.52
	R3	4.50
	Promedio	4.51
T 3	R1	4.50
	R2	4.49
	R3	4.48
	Promedio	4.49
T 4	R1	4.45
	R2	4.45
	R3	4.46
	Promedio	4.45

ANEXO 06

Resultados de la evaluación de la (sinéresis) del yogurt de cada tratamiento con sus respectivas replicas

MUESTRA	Replicas	Peso de muestra (g)	Peso de muestra + tubo de ensayo (g)	Peso final muestra + tubo de ensayo (g)	Peso del sobrenadante (g)
T 1	R1	10	27.11	20.7	6.41
	R2	10	27.47	21.06	6.41
	R3	10	27.44	20.88	6.56
	Promedio				6.46
T 2	R1	10	27.05	21.12	5.93
	R2	10	28.01	22.07	5.94
	R3	10	27.45	21.52	5.93
	Promedio				5.93
T 3	R1	10	27.33	21.87	5.46
	R2	10	27.1	21.46	5.64
	R3	10	27.34	21.78	5.56
	Promedio				5.55
T 4	R1	10	27.73	22.06	5.67
	R2	10	27.93	22.32	5.61
	R3	10	27.27	21.54	5.73
	Promedio				5.67

ANEXO 07:**Datos individuales de la evaluación sensorial respecto al sabor y color**

PANELISTAS N°	SABOR TRATAMIENTOS				COLOR TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	3	4	4	4	3	4	4	4
2	3	4	4	4	4	4	4	3
3	3	2	4	4	3	4	2	4
4	3	2	5	5	3	3	3	4
5	4	2	3	2	4	4	4	4
6	4	3	2	5	4	4	3	4
7	4	3	5	3	4	4	3	4
8	2	4	4	4	4	5	4	4
9	5	5	3	5	4	5	4	3
10	4	4	4	3	4	5	4	3
11	3	4	5	4	3	5	5	3
12	2	5	4	4	4	4	4	5
13	3	4	2	2	2	3	3	4
14	1	3	1	4	2	3	3	5
15	3	4	3	4	4	4	4	4
16	3	5	5	4	3	4	4	4
17	3	5	4	4	4	5	4	5
18	4	4	3	3	4	4	4	4
19	2	3	2	4	2	4	3	4
20	3	4	2	4	4	4	4	5

ANEXO 08:

Datos individuales de la evaluación sensorial respecto a la textura y apariencia general

PANELISTAS N°	TEXTURA Tratamientos				APARIENCIA GENERAL Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	1	3	4	4	2	3	4	4
2	2	5	1	4	3	5	3	4
3	3	4	2	4	3	4	2	4
4	2	3	3	5	4	3	3	5
5	4	2	2	3	4	3	3	3
6	1	2	2	4	3	2	3	4
7	4	4	2	3	4	4	3	5
8	5	4	4	4	4	4	4	2
9	5	5	3	5	4	3	4	5
10	4	4	4	3	4	4	4	3
11	3	5	4	4	3	5	4	3
12	5	4	4	3	3	5	4	4
13	4	4	1	2	5	4	2	4
14	2	4	2	5	2	4	3	5
15	3	5	3	4	3	2	3	4
16	4	5	3	3	4	5	3	4
17	3	3	3	5	4	5	4	5
18	2	5	5	4	3	5	3	5
19	1	4	3	4	1	5	2	5
20	2	5	4	4	2	5	5	4

ANEXO 09:

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA DENSIDAD DEL YOGURT BATIDO

ANOVA para la densidad del yogurt batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	0.0005	3	0.0002	287.991	1.74E-08	4.066
Error	0.0000	8	0.0000			
Total	0.0005	11				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T4	3	1.06448	X
T3	3	1.05892	X
T2	3	1.05676	X
T1	3	1.05198	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T2-T1	*	0.00678	0.008820
T3-T1	*	0.00895	0.010987
T4-T1	*	0.01850	0.020545
T3-T2	*	0.00217	0.004208
T4-T2	*	0.01173	0.013766
T4-T3	*	0.00956	0.011600

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 10:

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA VISCOSIDAD DEL YOGUR BATIDO

ANOVA para la viscosidad del yogurt batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	7.2401	3	2.4134	3840883.11	5.7E-25	4.0662
Error	0.0000	8	0.0000			
Total	7.2401	11				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T4	3	2.92823	X
T3	3	1.98567	X
T2	3	1.11947	X
T1	3	0.99657	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T2-T1	*	0.12590	0.004146
T3-T1	*	0.99210	0.004146
T4-T1	*	1.93467	0.004146
T3-T2	*	0.86620	0.004146
T4-T2	*	1.80877	0.004146
T4-T3	*	0.94257	0.004146

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 11

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA ACIDEZ DEL YOGUR BATIDO

ANOVA para la acidez del yogurt batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	$p\text{-value}$	F_{crit}
Tratamiento	0.0380	3	0.013	394.579	4.98E-09	4.066
Error	0.0003	8	0.000			
Total	0.0382	11				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T4	3	0.71567	X
T3	3	0.69833	X
T2	3	0.69033	X
T1	3	0.67800	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T2-T1	*	0.09000	0.029620
T3-T1	*	0.13050	0.029620
T4-T1	*	0.14400	0.029620
T3-T2	*	0.04005	0.029620
T4-T2	*	0.05400	0.029620
T4-T3		0.01350	0.029620

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 12:

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA EL pH DEL YOGURT BATIDO

ANOVA para el pH del yogurt batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	0.0090	3	0.0030	44.833	2.39E-05	4.066
Error	0.0005	8	0.0001			
Total	0.0095	11				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T4	3	4.45333	X
T3	3	4.49000	X
T2	3	4.51000	X X
T1	3	4.52667	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T2-T1		-0.0167	0.0427
T3-T1	*	-0.0367	0.0427
T4-T1	*	-0.0733	0.0427
T3-T2		-0.0200	0.0427
T4-T2	*	-0.0567	0.0427
T4-T3	*	-0.0367	0.0427

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 13

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA SINÉRESIS DEL YOGUR BATIDO

ANOVA para la sinéresis del yogurt batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	$p-value$	F_{crit}
Tratamiento	1.4632	3	0.4877	101.257	1.06E-06	4.066
Error	0.0385	8	0.0048			
Total	1.5017	11				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T1	3	6.460	X
T2	3	5.933	X
T4	3	5.670	X
T3	3	5.553	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T2-T1	*	-0.5267	0.363
T3-T1	*	-0.9067	0.363
T4-T1	*	-0.7900	0.363
T3-T2	*	-0.3800	0.363
T4-T2	*	-0.2633	0.363
T4-T3		0.1167	0.363

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 14

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA EL SABOR

ANOVA para el sabor del yogur batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	5.8375	3	1.9458	1.994	0.1219	2.725
Error	74.1500	76	0.9757			
Total	79.9875	79				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T1 (Control)	20	3.100	X
T4	20	3.800	X
T2	20	3.700	X
T3	20	3.450	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T1-T2		0.600	1.498
T1-T3		0.350	1.498
T1-T4		0.700	1.498

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 15

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA EL COLOR

ANOVA para el color del yogur batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	5.5000	3	1.8333	3.947	0.0113	2.725
Error	35.3000	76	0.4645			
Total	40.8000	79				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T1 (Control)	20	3.450	X
T2	20	4.100	X
T4	20	4.000	X
T3	20	3.650	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
T1-T2	*	0.650	1.034
T1-T3		0.200	1.034
T1-T4	*	0.550	1.034

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 16

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA TEXTURA

ANOVA para la textura del yogur batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	18.3	3	6.1000	5.298	0.0023	2.725
Error	87.5	76	1.1513			
Total	105.8	79				

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T1 (Control)	20	3.000	X
T2	20	4.000	X
T4	20	3.850	X
T3	20	2.950	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
T1-T2	*	1.000	1.626
T1-T3		-0.050	1.626
T1-T4	*	0.850	1.626

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 17

ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA LA APARIENCIA GENERAL

ANOVA para la apariencia general del yogur batido

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	12.1375	3	4.0458	4.823	0.0040	2.725
Error	63.75	76	0.8388			
Total	75.8875	79				

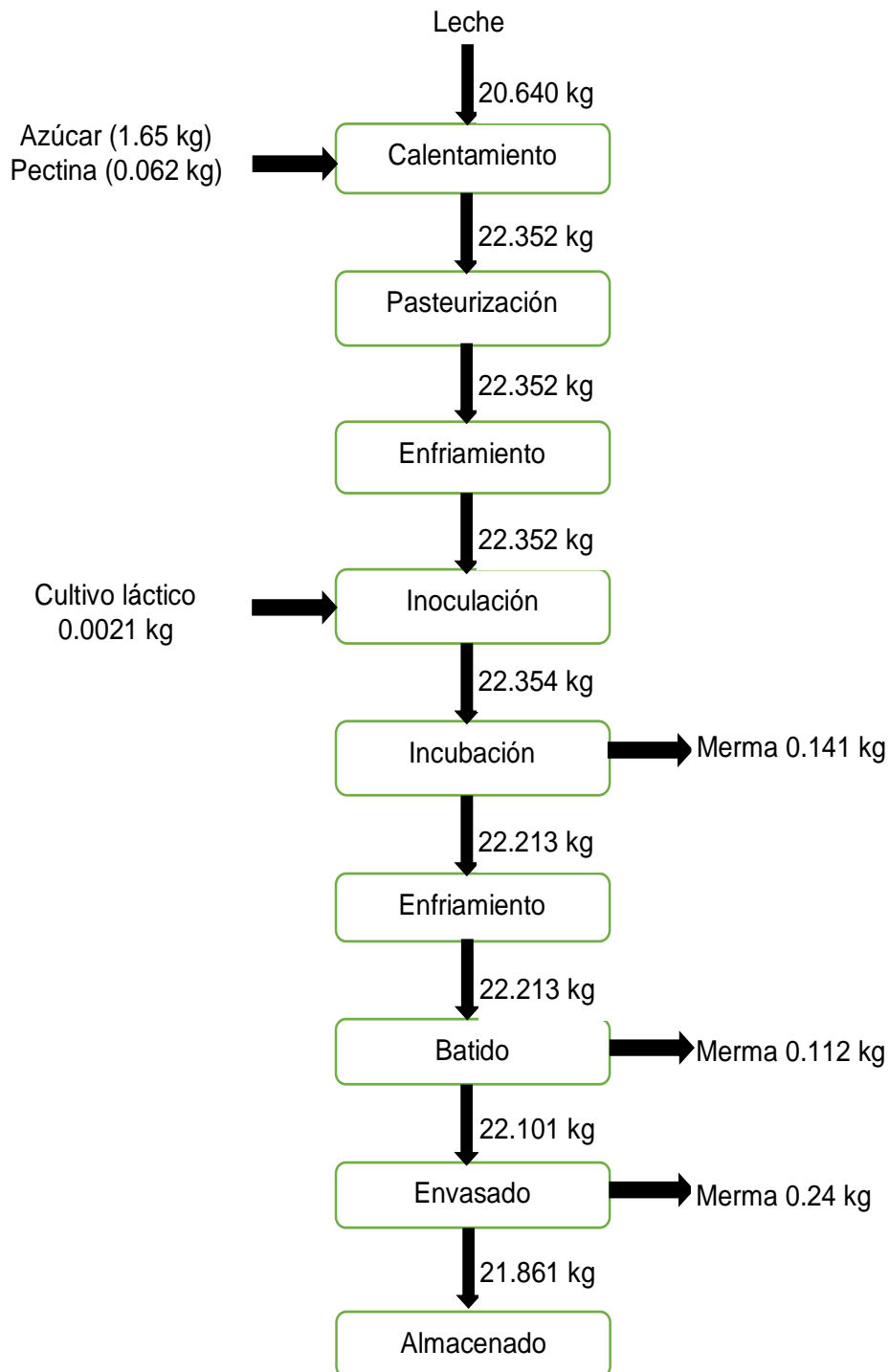
Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
T1 (Control)	20	3.250	X
T4	20	4.100	X
T2	20	4.000	X
T3	20	3.300	X

Contrate	Sig.	Diferencia	+/- limites
T1-T2	*	0.750	1.388
T1-T3		0.050	1.388
T1-T4	*	0.850	1.388

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 18:

A. DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO DEL YOGURT BATIDO



Fuente: Elaboración propia

B. BALANCE DE MASA DEL YOGURT BATIDO CON ADICIÓN DE PECTINA

$$Kg_{leche} + Kg_{azucar} + Kg_{pectina} + Kg_{cultivo\ lactico} - Kg_{merma\ en\ incubacion} \\ - Kg_{merma\ en\ batido} - Kg_{merma\ en\ envasado} = kg_{yogurt\ terminado}$$

Calculando:

$$20.640\ Kg + 1.65\ Kg + 0.062\ Kg + 0.0021\ Kg - 0.141\ Kg - 0.112\ Kg - \\ 0.24\ Kg = 21.861\ Kg$$

$$rendimiento = \frac{corriente\ de\ salida}{corriente\ de\ entrada} \times 100\ \%$$

$$rendimiento = \frac{21.861\text{kg}}{20.640\text{kg}} \times 100 = 105.92\%$$

El rendimiento supera el 100% debido a la adición de la pectina por lo que se puede decir que la elaboración del yogurt con adición de pectina tiene rendimiento favorable.

ANEXO 19

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA LECHE


En la Tabla 1 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la leche, se aprecian que los datos obtenidos de la leche usada como materia prima en la elaboración de yogurt para la presente investigación cumplen los requisitos exigidos por la Norma Técnica Peruana NTP 202.094 (INDECOPI, 2004), encontrándose en los rangos de los límites permitidos.

Análisis fisicoquímico de la leche.

ANÁLISIS	RESULTADOS	NTP
pH	6,6 pH	6,5 - 6,7 pH
Acidez, expresada en porcentaje de ácido láctico	0.16 %	0.14% - 0.18%
Densidad a 15° C (g/mL)	1.0320	1,0296 - 1,0340

ANEXO 20:

INFORME DE ANALISIS DE LA VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO CON ADICION DE PECTINA.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESENTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS Nº 0080-16-LAQ

SOLICITANTE: LILIANA ESTHER TORRES ORTIZ

PROYECTO T.: "EVALUACION DEL EFECTO DE LA ADICION DE LA PECTINA COMO ESTABILIZANTE EN LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS, TECNOFUNCIONALES Y SENSORIALES DEL YOGURT BATIDO "

MUESTRA : YOGURT BATIDO CON PECTINA
T1: PATRON 0%
T2: CON 0.05%
T3: CON 0.10%
T4: CON 0.15%


FECHA : 0/28/01/2016


RESULTADO DETERMINACION DE VISCOSIDAD:

	Viscosidad/Pas-s a 20°C		
	Repetida 1	Repetida 2	Repetida 3
T1	0.9935	0.9941	0.9931
T2	1.1194	1.1199	1.1191
T3	1.9842	1.9858	1.9870
T4	2.9286	2.9279	2.9282

• METODO CON VISCOSIMETRO ROTATIVO/MICROPROCESADO Q860M

Cusco, 29 de Enero 2016


Rolando Merino Arévalo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



ANEXO 21: FOTOGRAFÍAS

a. Determinación de las propiedades físico químicas de la leche



Determinación de la densidad



Determinación de la acidez

b. Procedimiento de la elaboración del yogurt



Pesado de azúcar



Homogenización del azúcar y pectina