

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LA ADICION DE PROTEÍNA CONCENTRADA DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN LAS PROPIEDADES
FISICO QUIMICAS Y VIDA UTIL DEL YOGURT”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. LENIN CHURAYRA FLORES

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DE LA ADICION DE PROTEINA CONCENTRADA DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN LAS PROPIEDADES
FISICOQUIMICAS Y VIDA UTIL DEL YOGURT”

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. LENIN CHURAYRA FLORES

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

| | |
|-------------------|---|
| PRESIDENTE | Dr. WENCESLAO T. MEDINA ESPINOZA |
| PRIMER MIEMBRO | Ing. M.Sc. FLORENTINO V. CHOQUEHUANCA CACERES |
| SEGUNDO MIEMBRO | Ing. M.Sc. ROGER SEGURA PEÑA |
| DIRECTOR DE TESIS | Ing. M.Sc. PABLO PARI HUARCAYA |
| ASESOR DE TESIS | Ing. M.Sc. ALEJANDRO COLOMA PAXI |
| ASESOR DE TESIS | Ing. VALERIO U. ROQUE ILLANES |

PUNO

PERÚ

2012

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

Dedico con gratitud a Dios

por concederme sabiduría y fortaleza

en cada paso de mi vida.

Gracias a mis padres Germán y Bertha

por su paciencia y apoyo incondicional;

a mis hermanos Delia, Paul y Deisy

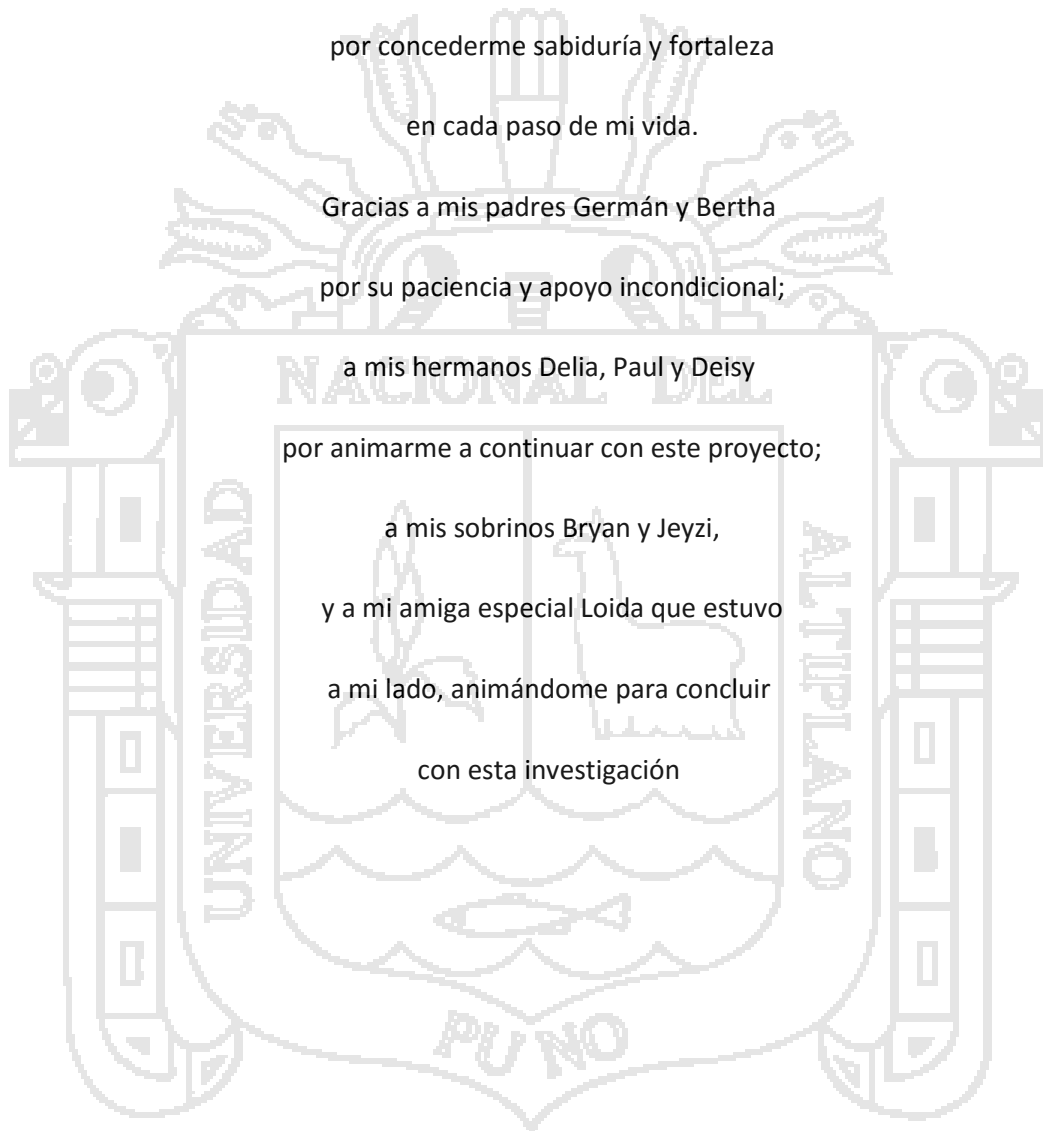
por animarme a continuar con este proyecto;

a mis sobrinos Bryan y Jeyzi,

y a mi amiga especial Loida que estuvo

a mi lado, animándome para concluir

con esta investigación



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano y todos los docentes que de alguna manera han contribuido en este proyecto al compartir sus conocimientos y contribuir en mi formación profesional.

Agradezco al Ing. M.Sc. Alejandro Coloma Paxi, por haber contribuido con sus conocimientos y la ayuda incondicional para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi Director de tesis al Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya, por ayudar en la culminación de este trabajo con sus sugerencias.

Al Ing. Valerio Roque Illanez, que de una y otra forma contribuyó dando ánimos y sugerencias.

Al personal de laboratorio de fitopatología, microbiología y evaluación nutricional, que ayudaron brindándome las facilidades del caso, al igual que del laboratorio central de la UNA.

A todos mis amigos que de alguna forma contribuyeron en este proyecto.

INDICE

| | |
|--|----|
| Dedicatoria | |
| Agradecimiento | |
| Lista de cuadros | |
| Lista de figuras | |
| Anexos | |
| Resumen | |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 2 |
| 2.1. LA LECHE..... | 2 |
| 2.1.1. DEFINICION..... | 2 |
| 2.1.2. COMPOSICION DE LA LECHE..... | 2 |
| 2.1.2.1. Agua..... | 2 |
| 2.1.2.2. Proteína..... | 2 |
| 2.1.2.3. Grasa..... | 3 |
| 2.1.2.4. Carbohidratos..... | 4 |
| 2.1.2.5. Minerales..... | 5 |
| 2.1.2.6. Vitaminas..... | 6 |
| 2.1.2.7. Enzimas..... | 7 |
| 2.1.3. CARACTERISTICAS FISICAS..... | 7 |
| 2.1.3.1. Densidad..... | 7 |
| 2.1.3.2. Viscosidad..... | 8 |
| 2.1.4. CARACTERISTICAS QUIMICAS..... | 8 |
| 2.1.4.1. El pH..... | 8 |
| 2.1.4.2. Acidez..... | 8 |
| 2.1.5. CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS..... | 9 |
| 2.1.5.1. Color de la leche de vaca..... | 9 |
| 2.1.5.2. Sabor y olor de la leche de vaca..... | 9 |
| 2.2. LA QUINUA..... | 10 |
| 2.2.1. DEFINICION..... | 10 |
| 2.2.2. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA QUINUA..... | 11 |
| 2.2.3. PRODUCCION DE LA QUINUA..... | 12 |
| 2.3. AISLADO PROTEICO..... | 14 |
| 2.3.1. PROPIEDADES FUNCIONALES..... | 15 |
| 2.3.2. SOLUBILIDAD..... | 15 |
| 2.4. EL YOGURT..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.4.1. DEFINICION..... | 16 |
| 2.4.2. CLASIFICACION DEL YOGURT..... | 16 |
| 2.4.2.1. Por el método de elaboración..... | 16 |
| 2.4.2.2. Por el sabor..... | 17 |
| 2.4.2.3. Por el contenido de grasa..... | 17 |
| 2.4.3. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL YOGURT..... | 17 |
| 2.4.3.1. Carbohidratos..... | 17 |
| 2.4.3.2. Proteínas..... | 17 |
| 2.4.3.3. Lípidos..... | 17 |
| 2.4.3.4. acidez y pH..... | 18 |
| 2.4.4. CARACTERISTICAS FISICAS..... | 18 |
| 2.4.4.1. Viscosidad..... | 18 |
| 2.4.5. CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS..... | 18 |
| 2.4.6. OPERACIONES EN LA ELABORACION DEL YOGURT BATIDO..... | 19 |
| 2.4.6.1. Recepción de la Leche..... | 19 |
| 2.4.6.2. Estandarización | 19 |
| 2.4.6.3. Tratamiento térmico de la Leche..... | 19 |
| 2.4.6.4. Enfriamiento..... | 20 |
| 2.4.6.5. Inoculación..... | 20 |
| 2.4.6.6. Incubación..... | 20 |
| 2.4.6.7. Envasado | 20 |
| 2.4.7. INSUMOS PERMITIDOS EN LA ELABORACION DEL YOGURT..... | 21 |
| 2.4.7.1. Conservadores..... | 21 |
| 2.4.7.2. Edulcorante..... | 21 |
| 2.4.7.3. Agentes Fermentadores..... | 21 |
| 2.4.8. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA..... | 22 |
| 2.4.9. VALOR NUTRITIVO DEL YOGURT..... | 23 |
| 2.5. DETERMINACION DE VIDA UTIL DE ALIMENTOS PROCESADOS..... | 24 |
| 2.5.1. METODOLOGIA Y DISEÑO DE ESTUDIOS DE VIDA UTIL..... | 25 |
| 2.5.2. PRINCIPALES METODOS PARA DETERMINAR LA VIDA EN ANAQUEL PARA ALIMENTOS..... | 25 |
| 2.5.2.1. Reacción Cinética Básica para Determinar la Pérdida de la Calidad de los Alimentos..... | 25 |
| 2.5.2.2. Método del Q ₁₀ para Determinación de Vida Útil..... | 26 |
| 2.5.3. PROCEDIMIENTO DE ARRHENIUS..... | 27 |
| 2.6. ENVASES..... | 28 |
| 2.6.1. DEFINICION..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 2.6.2. TIPOS DE ENVASES..... | 28 |
| 2.6.3. CARACTERISTICAS FISICAS DEL ENVASE PARA YOGURT..... | 29 |
| 2.6.3.1. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)..... | 29 |
| 2.6.3.2. POLIPROPILENO (PP)..... | 30 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 31 |
| 3.1. LUGAR DE EXPERIMENTACION..... | 31 |
| 3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL..... | 31 |
| 3.2.1. Insumos..... | 32 |
| 3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO..... | 32 |
| 3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL..... | 36 |
| 3.4.1. Obtención del Concentrado Proteico de Quinoa..... | 36 |
| 3.4.2. Elaboración de Yogurt Batido con Adición de Proteína Concentrada de Quinoa..... | 38 |
| 3.5. FACTORES EN ESTUDIO..... | 42 |
| 3.6. VARIABLES DE RESPUESTA..... | 42 |
| 3.7. METODOLOGIA DE ANALISIS..... | 43 |
| a. Análisis sensorial..... | 43 |
| b. Determinación de acidez titulable de la leche..... | 43 |
| c. Determinación de acidez del yogurt..... | 43 |
| d. Determinación de pH..... | 43 |
| e. Análisis reológico..... | 43 |
| f. Determinación de proteína del yogurt..... | 44 |
| g. Índice de peróxidos para el yogurt batido..... | 44 |
| 3.8. METODO DE EVALUACION SENSORIAL..... | 44 |
| 3.9. METODO PARA LA DETERMINACION DE VIDA UTIL DEL YOGURT BATIDO..... | 44 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 46 |
| 4.1. CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS..... | 46 |
| 4.1.1. Características Físico Químicas de la Leche..... | 46 |
| 4.1.2. Características organolépticas de la Leche de Vaca..... | 46 |
| 4.1.3. Contenido proteico del concentrado proteico de quinoa..... | 46 |
| 4.2. RESULTADOS DURANTE EL PROCESO DE ELABORACION DE YOGURT BATIDO..... | 47 |
| 4.2.1. Durante la Recepción de Materia Prima..... | 47 |
| 4.2.1.1. Variación de la densidad en función del día de elaboración del yogurt..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1.2. Variación de la acidez en función del nivel de adición de proteína concentrada..... | 48 |
| 4.3. RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL..... | 49 |
| 4.3.1. Análisis y Variaciones Químicas..... | 49 |
| 4.3.1.1. Respecto a la Acidez..... | 49 |
| 4.3.1.2. Respecto a las Proteínas..... | 50 |
| 4.3.2. Análisis y Variaciones Físicas..... | 50 |
| 4.3.2.1. Respecto al pH..... | 50 |
| 4.3.3. Análisis Microbiológicos..... | 51 |
| 4.5. RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL..... | 52 |
| 4.5.1. Respecto al Sabor..... | 52 |
| 4.5.2. Respecto al Olor..... | 54 |
| 4.5.3. Respecto a Color..... | 57 |
| 4.5.4. Respecto a la Textura..... | 60 |
| 4.6. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA VIDA UTIL | 62 |
| 4.6.1. Estimación de la Vida Útil de Yogurt Batido envasado en Botellas de Polietileno de Alta Densidad(PEAD)..... | 63 |
| 4.6.2. Estimación de la vida útil del yogurt batido envasado en frasco de polipropileno (PP)..... | 65 |
| V. CONCLUSIONES..... | 69 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 70 |
| VII. BIBLIOGRAFIA..... | 71 |
| VIII. ANEXOS..... | 74 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición porcentual de aminoácidos de diferentes proteínas..... | 3 |
| Cuadro 2. Composición de carbohidratos en la leche (g/l)..... | 5 |
| Cuadro 3. Composición mineral de diversas leches..... | 5 |
| Cuadro 4. Composición de vitaminas de diferentes tipos de leches (por 100 g de leche)..... | 6 |
| Cuadro 5. Composición de aminoácidos en la quinua (100 g)..... | 11 |
| Cuadro 6: Análisis proximal de harina de quinua..... | 12 |
| Cuadro 7. Análisis proximal en variedades de quinua y trigo variedad Titicaca..... | 12 |
| Cuadro 8. Estadística de Producción de quinua en la Región de Puno..... | 13 |
| Cuadro 9. Desarrollo de las bacterias del Yogurt..... | 22 |
| Cuadro 10. Requisitos microbiológicos de calidad sanitaria del Yogurt..... | 22 |
| Cuadro 11. Contenido medio por 100 gramos de yogurt..... | 23 |
| Cuadro 12. Adición de proteína concentrada a la leche..... | 40 |
| Cuadro 13. Análisis físico químico de la leche de vaca..... | 46 |
| Cuadro 14. Resultado de humedad y proteína del concentrado proteico..... | 47 |
| Cuadro 15. Densidad de la leche antes de la adición de proteína..... | 47 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza con respecto a la Densidad..... | 48 |
| Cuadro 17. Contenido de acidez titulable de la leche..... | 49 |
| Cuadro 18. Análisis de varianza con respecto a la acidez titulable de la Leche..... | 49 |
| Cuadro 19. Porcentaje de proteína en el tratamiento 1 y 2..... | 50 |
| Cuadro 20. pH al final del proceso de fermentación..... | 50 |
| Cuadro 21. Análisis de varianza con respecto al pH al final del proceso de fermentación..... | 50 |
| Cuadro 22. Resultado de los análisis microbiológicos a los tratamientos 1 y 2..... | 51 |
| Cuadro 23. Resultados del análisis sensorial respecto al sabor..... | 52 |
| Cuadro 24. Análisis de varianza con respecto al sabor..... | 52 |
| Cuadro 25. Promedio de los tratamientos con respecto al sabor..... | 53 |
| Cuadro 26. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el sabor..... | 54 |
| Cuadro 27. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para sabor..... | 54 |
| Cuadro 28. Resultados del análisis sensorial obtenidos con respecto al olor..... | 55 |
| Cuadro 29. Análisis de varianza con respecto al olor..... | 55 |
| Cuadro 28. Promedio de los tratamientos con respecto al olor..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 31. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el olor..... | 56 |
| Cuadro 32. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para olor..... | 57 |
| Cuadro 33. Resultados del análisis sensorial con respecto al color..... | 57 |
| Cuadro 34. Análisis de varianza con respecto al color..... | 58 |
| Cuadro 35. Promedio de los tratamientos con respecto al color..... | 58 |
| Cuadro 36. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el color..... | 59 |
| Cuadro 37. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para color..... | 59 |
| Cuadro 38. Resultados del análisis sensorial respecto a la textura..... | 60 |
| Cuadro 39. Análisis de varianza con respecto a la textura..... | 60 |
| Cuadro 40. Promedio de los tratamientos con respecto a la textura..... | 61 |
| Cuadro 41. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para la textura..... | 61 |
| Cuadro 42. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para Textura..... | 62 |
| Cuadro 43. Resultados de la determinación del índice de peróxidos en el Yogurt batido expresados en meq/g..... | 63 |
| Cuadro 44. Estimación de la constante de velocidad k para cada temperatura de almacenamiento y envase de PEAD..... | 63 |
| Cuadro 45. Calculo de $1/T$ y $\ln(k)$ para los envases de PEAD..... | 64 |
| Cuadro 46. Estimación de la constante de velocidad k para cada temperatura de almacenamiento y envase de PP..... | 66 |
| Cuadro 47. Calculo de $1/T$ y $\ln(k)$ para el envase de PP..... | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Plantas de quinua mostrando diferentes colores y formas de inflorescencia..... | 10 |
| Figura 2: Obtención de aislado proteico de quinua..... | 36 |
| Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de Yogurt batido..... | 39 |
| Figura 4. Control de la densidad de la Leche..... | 48 |
| Figura 5. Grafico de $\ln(k)$ versus $1/T$ para la estimación de vida útil en envases de PEAD..... | 64 |
| Figura 6. Grafico de $\ln(k)$ versus $1/T$ para la estimación de vida útil en envases de PP..... | 67 |



ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO I. Uso de materiales y equipos..... | 74 |
| ANEXO II. Especificación técnica del cultivo LYOFAST Y 452 B..... | 77 |
| ANEXO III. Metodología para la determinación de acidez de la leche cruda método volumétrico..... | 79 |
| ANEXO IV. Metodología para la determinación de acidez del yogurt..... | 80 |
| ANEXO V. Metodología para la determinación de proteínas del yogurt..... | 81 |
| ANEXO VI. Metodología para la determinación de índice de peróxido para el yogurt batido..... | 83 |
| ANEXO VII. Ficha de evaluación sensorial..... | 84 |
| ANEXO VIII. Reporte de análisis reológico y nutricional..... | 85 |



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la adición de proteína concentrada de quinua en las propiedades físicas, químicas, sensoriales y vida útil del yogurt. La investigación se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias y la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Se utilizó leche de vaca y quinua de la variedad Pasankalla provenientes del Instituto Nacional de Investigación Agraria Puno. El aislado proteico de quinua se obtuvo con una pureza mayor a 85% de proteína. Se adicionó el aislado proteico en 0, 1, 1.5 y 2% a 2 litros de leche obteniendo yogurt. El análisis sensorial se realizó con 10 panelistas semi entrenados, obteniendo similar aceptación el yogurt con adición proteica de quinua al 0 y 1% teniendo preferencia con respecto al sabor, color y olor; los yogures con adición proteica al 1.5 y 2% tuvieron diferencia significativa respecto a los primeros, esto por el incremento del sabor ligeramente a quinua, con un color mas oscuro y la textura del yogurt mas granulado y viscoso; y respecto a las propiedades fisicoquímicas los yogures con adición proteica de quinua al 0 y 1% tuvieron una viscosidad de 558.9 y 663.2 cP a 10 rpm en cada caso. La prueba de vida útil se realizó mediante pruebas aceleradas considerando dos tipos de envases: el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de una capacidad de 200 g. y Polipropileno (PP) de 250 g., para la prueba de vida útil se utilizó el tratamiento T2 que tuvo adición de 1% de concentrado proteico de quinua por la mayor aceptación de los panelistas; y se almacenó en tres temperaturas diferentes como son: 5, 15 y 25°C. Los resultados de este estudio fue que el yogurt envasado en botellas de Polietileno de alta densidad a una temperatura de 10°C podría tener una durabilidad de 19.27 días aproximadamente con una ligera ventaja en comparación con el envase de Polipropileno a la misma temperatura de 10°C duraría un aproximado de 19.12 días.

I. INTRODUCCION

La Región de Puno se ha orientado hacia una mayor producción de leche con la mejora de raza del ganado y la utilización de pastos cultivados como se puede observar en los distritos de Ayaviri, Azángaro, Taraco, Acora y otros lugares. Sin embargo al poseer buena cantidad de leche se hace necesario industrializar la leche en sus diversas presentaciones, en la actualidad los productos que se obtienen son el queso (paria) y el yogurt (batido). Además el yogurt es uno de los alimentos que está de moda del cual se ha hablado mucho últimamente, por los beneficios que tiene en el tracto intestinal al incrementar el contenido en su flora microbiana (Shah, 2001).

Por otro lado la región de Puno produce cultivos con alto valor nutricional como es la quinua que contiene proteínas de buena calidad poseyendo los 10 aminoácidos esenciales para el ser humano, sin embargo el rápido desarrollo de nuevos productos y la competencia a nivel mundial hace muy necesario la investigación de productos nuevos con alto valor proteico y bajo en calorías. Asimismo, es necesario satisfacer las expectativas de los consumidores y clientes, elaborando productos novedosos que rompan con lo tradicional y que como fortaleza no posean competencia en el mercado

Drake *et al.* (2000), realizó una de las investigaciones con proteína concentrada de soya en el yogurt, obteniendo un yogurt con baja concentración de proteína de soya (1 a 2.5%) fue más similar al yogurt tradicional y el aumento mayor a este porcentaje trajo cambios en el sabor, la textura y la coloración.

El presente trabajo tuvo la finalidad de obtener yogurt con adición de concentrado proteico de quinua, que sea beneficioso para personas intolerantes a la lactosa, además de ayudar a las personas en la digestión por la fibra dietética que contiene la quinua. El objetivo principal fue evaluar los efectos de la proteína concentrada de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en las propiedades fisicoquímicas y vida útil del yogurt con los siguientes objetivos específicos:

- a. Determinar el efecto de la adición de proteína concentrada de quinua en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del yogurt.
- b. Determinar la vida útil del yogurt enriquecido con proteína concentrada de quinua en dos tipos de envase y a tres temperaturas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. LA LECHE

2.1.1. DEFINICION

Según la Norma Técnica Peruana (202.085:2006), la leche es el producto íntegro de secreción mamaria normal sin adición ni sustracción alguna y que ha sido obtenida mediante el ordeño; en condiciones de higiene que dan las hembras de mamíferos en buen estado de salud y alimentación.

2.1.2. COMPOSICION DE LA LECHE

La composición de la leche que produce una vaca presenta variaciones físicos químicos y organolépticos, esto trae como consecuencia que no todas las leches tengan el mismo valor nutritivo. Los factores principales por los que se muestran estas variaciones son:

2.1.2.1. Agua

El agua es el principal componente de la leche de vaca variando entre un 86 a 90%, se presenta en su mayor parte como agua libre y en un pequeño porcentaje no más del 4% como agua ligada a otras sustancias, mayormente a las proteínas y fosfolípidos (Ludeña y Chirinos, 2000). En algunos casos una leche normal puede exceder estos límites, además el porcentaje es también afectado por la variación de las proteínas, vitaminas, minerales y la grasa (Potter, 1973).

2.1.2.2. Proteína

Las proteínas son componentes esenciales de toda célula viviente y tiene una gran importancia (Amiot, 1991); en la leche de vaca las proteínas comprenden el 95% del total de las sustancias nitrogenadas y varían según la especie, el contenido de proteínas en la leche de vaca depende de muchos factores fisiológicos y bioquímicos; varía entre 3.32 y 3.92 según la raza; en relación con el contenido de aminoácidos, las proteínas de la leche son semejantes a las proteínas de res, trigo, huevo y soya como se muestra en el Cuadro 1 (Santos, 2007).

Cuadro 1. Composición porcentual de aminoácidos de proteínas de distinto origen.

| Aminoácido | Proteína total de leche de vaca | Músculo de res | Proteína de soya | Proteína de trigo | Proteína de huevo |
|-----------------|---------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Ácido aspártico | 7.4 | 9.6 | 12.6 | 5.3 | 9.9 |
| Treonina* | 4.7 | 4.6 | 3.6 | 3.2 | 4.8 |
| Serina | 6.0 | 4.1 | 5.7 | 4.7 | 7.1 |
| Ácido glutámico | 23.9 | 15.3 | 22.4 | 26.4 | 2.7 |
| Prolina | 11.3 | 3.4 | 5.4 | 9.1 | 4.0 |
| Glicina | 2.0 | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 3.2 |
| Alanina | 3.5 | 5.9 | 3.9 | 4.0 | 5.6 |
| Cistina | 1.8 | 1.2 | 1.2 | 2.6 | 2.8 |
| Valina* | 7.0 | 4.8 | 4.7 | 5.1 | 7.0 |
| Metionina* | 2.5 | 2.7 | 1.2 | 1.5 | 3.3 |
| Isoleucina* | 6.5 | 4.5 | 4.8 | 3.8 | 5.5 |
| Leucina* | 10.0 | 8.2 | 7.9 | 6.9 | 8.5 |
| Tirosina | 5.2 | 3.5 | 3.8 | 3.2 | 3.8 |
| Fenilalanina* | 4.9 | 4.2 | 5.5 | 4.6 | 4.8 |
| Triptófano* | 1.4 | 1.2 | -- | -- | -- |
| Lisina* | 7.9 | 9.1 | 6.0 | 3.4 | 7.1 |
| Histidina** | 2.7 | 3.9 | 2.4 | 2.5 | 2.6 |
| Arginina** | 3.7 | 6.1 | 7.8 | 5.3 | 6.4 |

* Aminoácidos esenciales para el ser humano

** Aminoácidos esenciales para los niños

Fuente: Santos, (2007)

El contenido en proteína pura total de la leche es en promedio un 0.17% menor al contenido total de proteína. Las caseínas y las proteínas del suero son las proteínas mayoritarias de la leche. Además la función primaria de las proteínas con función nutricional es el aporte suficiente de aminoácidos esenciales y de nitrógeno orgánico (Schlimme y Buchheim, 2002).

2.1.2.3. Grasa

La grasa de la leche se encuentra en forma de pequeños glóbulos de grasa en emulsión de un diámetro de 0.1 a 80 micras. La grasa láctea tiene punto de fusión y de congelación variable: 29 – 30°C y 10 – 12°C respectivamente (Mazzeo, 2007), la materia grasa se encuentra esencialmente constituida por triglicéridos (98%) y representa la mitad del aporte energético de la leche. Está compuesta por un 65% de ácidos grasos saturados y un 35% de ácidos grasos insaturados (Mahaut *et al.*, 2004; Santos, 2007),

El porcentaje de grasa en la leche de vaca oscila de 3.5 – 3.8%. La grasa se encuentra en forma de partículas que están dispersas, formando un racimo (forma globular), la

dispersión es inestable cuando está en reposo por lo que es fácil extraer de la leche sin modificar los otros componentes (Blitz *et al.*,1988); la grasa de leche de vaca tiene relativa alta concentración de ácidos grasos de cadena corta con 4 a 8 átomos de carbono, como son del butírico al caprílico; algunos de los cuales no son encontrados en otras grasas de alimentos(Santos, 1995).

2.1.2.4. Carbohidratos

El carbohidrato principal de la leche de vaca es la lactosa, con alrededor de un 4.7%. Se han encontrado, como hidratos de carbono minoritarios, glucosa y galactosa así como una serie de oligosacáridos y derivados de azúcares. Además, los hidratos de carbono se encuentran también unidos a las proteínas en las glicoproteínas de la leche. El rango natural máximo de variación en la vaca se sitúa entre el 4.5 y el 5.2%, el cual incluye las influencias de la alimentación y de los intervalos de lactación (Schlimme y Buchheim, 2002).

Los carbohidratos se sintetizan totalmente en la glándula mamaria a partir de la glucosa y los ácidos grasos volátiles, tiene gran importancia en la producción de leches fermentadas (yogurt, leche cultivada, kefir, etc.) y quesos al ser el sustrato que utilizan los microorganismos lácticos (Ludeña y Chirinos, 2000). Además Santos (2007), refiere que los carbohidratos se encuentran libres en solución en la fase acuosa de la leche y unidos principalmente a las proteínas; entre ellos están la lactosa, polisacáridos, glucosaminas, etc. Con excepción de la lactosa, la proporción de carbohidratos es siempre menor en la leche que en el calostro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición de carbohidratos en la leche (g/l)

| <i>Componentes</i> | <i>Vaca</i> | |
|---------------------|-----------------|--------------|
| | <i>Calostro</i> | <i>Leche</i> |
| Lactosa | 28.0 | 50.0 |
| Polisacáridos | 2.5 | 1.0 |
| Otros carbohidratos | 2.7 | 0.26 |

Fuente: Santos (2007).

2.1.2.5. Minerales

Los minerales en la leche se clasifican en sales minerales y oligoelementos, las primeras están constituidas por cloruros, fosfatos y citratos de potasio, calcio, sodio y magnesio.

En el segundo se destacan el aluminio, bromo, cinc, magnesio, fosforo, hierro, cobre (Mazzeo, 2007); en la leche de mamíferos, la cantidad de minerales varía entre 3 y 10 g por litro. En el Cuadro 3 puede apreciarse que las leches de cabra y vaca tienen una composición mineral parecida y rica en potasio. El contenido de minerales varía poco según la raza y la alimentación del animal durante la lactación (0.68 a 0.74%). En general podría decirse que los factores ambientales no influyen significativamente en el contenido mineral de la leche. El fósforo y calcio constituyen la parte esencial de la porción minero-coloidal de la leche, aunque también contribuye el magnesio (Santos, 2007).

Cuadro 3. Composición mineral de diversas leches.

| Componente | Valor medio g/L | | | | |
|--|-----------------|-------|-------|-------|---------|
| | Vaca | Cabra | Oveja | Cerda | Mujer |
| Potasio | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 0.5 |
| Sodio | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.35 | 0.16 |
| Calcio | 1.3 | 1.3 | 2.3 | 2.1 | 0.2-0.4 |
| Magnesio | 0.14 | 0.15 | - | 0.2 | 0.05 |
| Fosforo | 1.0 | 1.0 | 1.6 | 1.5 | 0.15 |
| Cloro | 1.1 | 1.5 | 0.7 | - | 0.5 |
| Azufre | 0.3 | 0.2 | - | - | 0.15 |
| CO ₂ de los CO ₃ ⁻² | 0.2 | - | - | - | - |

Fuente: Santos (2007).

La leche y los productos lácteos son las principales fuentes de calcio y fosforo en la dieta, cubriendo aproximadamente la mitad de nuestras necesidades diarias, son elementos plásticos que intervienen en la osificación, y su aporte es fundamental tanto para los jóvenes como para los ancianos (Mahaut *et al*, 2004).

2.1.2.6. Vitaminas

La leche figura entre los alimentos que contienen la variedad más completa de vitaminas; sin embargo, estas se encuentran en pequeñas cantidades como se puede observar en el Cuadro 4, y algunas no satisfacen los requerimientos diarios. Las vitaminas se clasifican tradicionalmente en dos grupos, de acuerdo con su solubilidad en agua o en lípidos; algunas contribuyen también al color de la leche y los productos lácteos (Santos, 2007; Amiot, 1991).

Cuadro 4. Composición de vitaminas de diferentes tipos de leches (por 100g de leche).

| Vitaminas | Leche cruda de vaca | Leche pasteurizada de vaca | Leche de vaca esterilizada en botella | Leche de mujer |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------|
| <i>Liposolubles:</i> | | | | |
| Vitamina A (UI)* | 150 | 150 | 150 | 160 |
| Vitamina D (UI)** | 2 | 2 | 2 | 1.5 |
| Vitamina E (µg) | 80 | 80 | - | 500 |
| <i>Hidrosolubles:</i> | | | | |
| Vitamina B ₁ (µg) | 45 | 45 | 30 | 15 |
| Vitamina B ₂ (µg) | 150 | 150 | 150 | 40 |
| Ác. Pantoténico (µg) | 350 | 350 | 350 | 200 |
| Ác. Nicotínico (µg) | 100 | 100 | 100 | 170 |
| Biotina (µg) | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.4 |
| Vitamina B ₆ (µg) | 35 | 35 | 18 | 10 |
| Vitamina B ₁₂ (µg) | 0.3 | 0.5 | - | 0.1 |
| Vitamina C (µg) | 2000 | 2800 | 1000 | 4000 |

* 1 UI de vitamina A = 0.3 µg de vitamina A = 0.6 µg de β-caroteno.

** 1 UI de vitamina D = 0.025 µg de vitamina D.

Fuente: Santos (2007).

Las vitaminas al igual que los minerales, proceden esencialmente de la alimentación. Las vitaminas hidrosolubles (vitaminas del grupo B y vitamina C) se encuentran en cantidades constantes, mientras que las liposolubles (A, D, E y K) se hallan en cantidades variables que dependen de factores exógenos (raza, alimentación, radiaciones solares, etc.) (Mahaut *et al*, 2004).

2.1.2.7. Enzimas

Las enzimas presentes en la leche provienen de la ubre y por el desarrollo microbiano. Las más importantes son las peroxidadas, lactasas, catalasas, fosfatasas y lipasas (Mazzeo, 2007). La leche contiene varias enzimas relacionadas con el grupo de albúminas, con las cuales flocculan generalmente. Algunas de estas enzimas se concentran en la membrana de los glóbulos de grasa, por tanto, son arrastradas por la crema; entre ellas están las reductasas aldehídicas, las fosfatasas, etc. Otras flocculan con las caseínas a pH 4.6, por ejemplo, las proteasas, catalasas, etc. La actividad enzimática de la leche depende del pH y de la temperatura. La elevación de la temperatura a más de 70°C, provoca su destrucción (Santos, 2007).

Las enzimas, químicamente son proteínas de distinto punto isoeléctrico y con diferente vulnerabilidad frente a los agentes desnaturalizadores: calor, sales, alcohol, etc. Tienen propiedades específicas para catalizar determinadas reacciones de descomposición, de síntesis o de transformación. Cada una de ellas tiene una temperatura y un pH óptimo de actuación a los cuales su actividad es máxima. Muchas de las enzimas de la leche se inactivan en la pasteurización, por lo que se pueden utilizar como indicadores de los tratamientos (Amiot, 1991).

2.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

2.1.3.1. Densidad

La densidad de la leche de vaca varía según la composición de ácidos grasos de los triglicéridos, la naturaleza y cantidad de la materia insaponificable presente y la temperatura; esta última es inversamente proporcional a la densidad (Santos, 2007), la densidad media de la leche a 15°C/15°C es de 1.032 (1.028 – 1.035). Es la resultante de la densidad intrínseca de cada uno de sus componentes. En la leche entera, es conveniente medir la densidad a 30°C para que la materia grasa esté en estado líquido, ya que en estado sólido la grasa tiene una densidad superior y bastante variable. También hay que señalar que la presencia de aire en la leche, hace disminuir su densidad. (Amiot, 1991), El objetivo de determinar la densidad de la leche es con la finalidad de encontrar leches con agua, y/o descremada (Meyer y Marcos, 1982).

2.1.3.2. Viscosidad

La viscosidad de la leche está influenciada por la concentración de proteínas (3 a 4%) y por su tasa de lípidos (Roudot, 2004); durante las operaciones la viscosidad puede cambiar considerablemente. Esto ocurre en particular en aquellos procesos que implican calentamiento, enfriamiento, homogenización y concentración, así como durante muchas fermentaciones industriales mediante hongos; estos cambios en la viscosidad necesitan ser tenidos en cuenta cuando se diseñan estos procesos (Lewis, 1993). La viscosidad de un líquido es su resistencia a fluir, debida a la fricción entre las partículas que lo componen; en la leche es en función del número y tamaño de sus partículas y también de la temperatura. Sobre este parámetro influyen principalmente las proteínas y la materia grasa; la viscosidad de la leche a 20°C es de 2.1 centipoise (Amiot, 1991).

2.1.4. CARÁCTERÍSTICAS QUÍMICAS

2.1.4.1. El pH

El pH (acidez activa) de una leche de vaca normal varía entre 6.2 y 6.8, pero la mayoría de las leches tienen un pH comprendido entre 6.4 y 6.6 (Amiot, 1991). Diferencias en pH de lotes individuales de leche fresca, indica variaciones en composición proveniente de las funciones de la glándula mamaria. Valores más altos de pH 6.7, usualmente denota mastitis (6.9 – 7.0) y debajo de pH 6.5, indica la presencia de calostro o degradación bacteriana (Santos, 1995) El descenso del pH acorta la duración de la coagulación; por ejemplo una leche que coagula en 200 segundos a un pH de 6.7, coagula en 50 segundos a pH 6.1 y en 30 segundos a pH de 5.7. La acidez promueve la formación de calcio iónico. Cuando el pH se acerca al punto isoeléctrico de la caseína entera, la leche no coagula normalmente con la quimosina, a causa de la degradación del fosfato coloidal, ya que éste es necesario para la formación del gel característico (Santos, 2007).

2.1.4.2. Acidez

La acidez de la leche es muy importante para la elaboración de cualquier producto porque determina si la leche es fresca, o está en vías de alteración; la leche con acidez elevada, puede provenir de vacas enfermas o leches guardadas; existen varios métodos para determinar la acidez, la forma más precisa es por titulación donde nos indica los grados de acidez en miligramos de ácido láctico contenidos en 10 ml de leche; si una leche tiene 18^oD nos indica que contiene 18 miligramos de ácido láctico en 10 ml de muestra. La acidez promedio de una leche fresca es de 16 – 18^oD (Martin y Martínez, 1975), los valores comprendidos entre 15 y 22 ^oD nos dan indicadores sobre el estado de la leche (Alais, 1984).

La acidez de la leche está expresada en porcentaje de ácido láctico, esta puede variar entre el 0.10 y el 0.30%. La mayor parte de las leches tienen una acidez del 0.14 al 0.17%. Los componentes naturales de la leche que contribuyen a la acidez son los fosfatos (0.09%), las caseínas (0.05 – 0.08%), el resto de las proteínas (0.01%), los citratos (0.01%) y el dióxido de carbono (0.01%) (Amiot, 1991).

2.1.5. CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

2.1.5.1. Color de la leche de vaca

El color de la leche de vaca varía de un blanco azulado a un amarillo dorado, dependiendo de la raza del animal, el tipo de alimento y la cantidad de grasa y sólidos presentes. En la leche en gran cantidad, el color aparece blanco opaco y en capa delgada es ligeramente transparente. El color blanco resulta de la dispersión de la luz reflejada por los glóbulos de grasa y las partículas coloidales de caseína y fosfato de calcio. El color amarillo es debido a los carotenoides. Las leches a las cuales se les remueven la grasa, adquieren un tinte azulado (Santos, 1995); el color de la leche tiene una cierta importancia en la industria lechera porque a menudo se considera como indicativo de su riqueza en grasa. La reflexión de la luz sobre las partículas opacas en suspensión (micelas de caseína, glóbulos grasos, fosfatos y citratos de calcio) da a la leche su color blanco. El grado de blancura varía con el número y tamaño de las partículas en suspensión. Cuando hay pocas partículas de gran tamaño, las longitudes de onda elevadas son menos interceptadas y el color de la leche tiende a azulado (Amiot, 1991).

2.1.5.2. Sabor y olor de la leche de vaca

La leche tiene un sabor ligeramente dulce y de olor poco acentuado. Sin embargo, en las primeras tres horas después del ordeño puede presentar olores absorbidos del lugar o hato, que desaparecen posteriormente (Mazzeo,2007). Los métodos modernos de obtención y refrigeración de la leche, han contribuido de forma muy importante a la conservación del gusto característico de la leche. Sin embargo, la utilización del frío no impide el desarrollo de los gérmenes psicrótrofos que pueden producir la hidrólisis de algunos componentes de la leche, alterando su sabor (Amiot, 1991).

2.4. LA QUINUA

2.2.1. DEFINICION

La quinua, quínoa o kinwa (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodiaceae de las Amarantáceas. Es un cultivo que se produce en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y del Perú además de los Estados Unidos, siendo Bolivia el primer productor mundial seguido del Perú y los Estados Unidos. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las

gramíneas en que están los cereales “tradicionales”, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal (Wales y Sanger, 2001). La quinua, constituye un cultivo nativo de mucha importancia para la alimentación en la zona andina, es un alimento que reúne características favorables y excepcionales para ser transformada y obtener productos agroindustriales (Mujica *et al.*, 2006), la quinua según sus variedades presenta diferentes tipos de colores en su inflorescencia, tal como se observa en la Figura 1.

Fig 1. Plantas de quinua mostrando diferentes colores y formas de inflorescencia.



Fuente: Mujica (2001).

2.2.2. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA QUINUA

La quinua está considerada como uno de los granos más ricos en proteínas, poseyendo los 10 aminoácidos esenciales para el ser humano, entre los que están la leucina, isoleucina, metionina, fenilamina, treonina, triptófano y valina, tal como se puede observar en el Cuadro 5. La concentración de lisina en las proteínas de la quinua es casi el doble en relación a otros cereales y gramíneas. El promedio de proteínas en el grano es de 16%, pero puede contener hasta 23%. Esto es más del doble que en cualquier otro cereal. El nivel de proteínas contenidas es muy cercano al porcentaje que dicta la FAO para la nutrición humana (Gonzales y López, 2007).

Cuadro 5. Composición de aminoácidos en la quinua (100 g)

| AMINOACIDOS | QUINUA |
|-------------------------|--------|
| Histidina* | 4.6 |
| Isoleucina* | 7 |
| Leucina* | 7.3 |
| Lisina* | 8.4 |
| Metionina* | 5.5 |
| Fenilalanina* | 5.3 |
| Treonina* | 5.7 |
| Triptófano* | 1.2 |
| Valina* | 7.6 |
| Ácido Aspartico | 8.6 |
| Acido Glutámico | 16.2 |
| Cisteína | 7 |
| Serina | 4.8 |
| Tirosina | 6.7 |
| Argina* | 7.4 |
| Prolina | 3.5 |
| Alanina | 4.7 |
| Glicina | 5.2 |
| *Aminoácidos esenciales | |

Fuente: Organización para Agricultura y la Alimentación FAO (2005).

La calidad de las proteínas de quinua es considerada tan buena o mejor que la caseína, esto, debido al buen balance de los aminoácidos esenciales, sobresaliendo el triptófano, la cisteína y la metionina. Sin embargo, la mayor importancia radica en su alto contenido de lisina, un aminoácido deficitario en la mayoría de los vegetales, especialmente en el trigo, como se observa en el Cuadro 1. Por otro lado, la semilla de quinua presenta un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E. Pero también, es importante su composición de sales minerales tales como: hierro, fósforo, potasio y calcio. Este último se encuentra en la misma concentración que en la leche descremada, mientras que el fósforo es cuatro veces más concentrado que el de ésta (Albarran, 1993)

En el Cuadro 6 (Araneda, 2004), indica que la harina de quinua tiene un alto contenido de proteínas con un buen balance de aminoácidos como se menciona en el Cuadro 5, donde se puede ver que tiene 16 aminoácidos de los cuales 10 son aminoácidos esenciales. La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de sus nutrientes (Jacobsen *et al*, 2001).

Cuadro 6: Análisis proximal de harina de quinua

| Componentes | % |
|--------------------|-------------|
| Grasa | 5,2 ± 0,09 |
| Humedad | 11,7 ± 0,06 |
| Ceniza | 1,4 ± 0,03 |
| Proteína | 14,7 ± ,5 |
| Carbohidrato total | 64,2 |

Fuente: Araneda (2004).

En el Cuadro 7 se puede observar el análisis proximal de distintas variedades de quinua, en el cual la variedad Pasankalla tiene un 17.41% de proteína, solamente superado por la variedad Chullpi que cuenta con un 20.80%, además realizando una comparación con el Trigo de la variedad Titicaca es casi al doble su contenido proteico por lo cual es muy útil para su utilización en la obtención de aislado proteico.

Cuadro7. Análisis proximal en variedades de quinua y trigo variedad Titicaca.

| Componentes | Blanca de Juli | Kankolla | Salcedo-INIA | Pasankalla | Chullpi | Trigo |
|----------------|----------------|----------|--------------|--------------|---------|-------|
| Humedad % | 7.71 | 8.09 | 7.94 | 7.49 | 7.69 | 2.47 |
| Ceniza % | 2.81 | 2.58 | 2.36 | 3.61 | 3.30 | 1.20 |
| Proteína % | 14.73 | 14.73 | 14.49 | 17.41 | 20.80 | 8.60 |
| Grasa % | 5.79 | 6.89 | 8.08 | 11.35 | 6.10 | 1.50 |
| Fibra % | 3.50 | 3.29 | 3.34 | 4.29 | 2.78 | 1.99 |
| Carbohidrato % | 65.45 | 64.41 | 63.78 | 55.84 | 59.37 | 84.13 |

Fuente: Laboratorio EE. Illpa-INIA (2005) mencionado por Apaza y Delgado.

2.2.3. PRODUCCION DE LA QUINUA

La producción de quinua a mediados del siglo pasado era de más de 40 mil toneladas al año. Por los siguientes cuarenta años, la producción de quinua empieza un pronunciado declive, que toca fondo hacia 1990, cuando se sitúa por debajo de las cinco mil toneladas anuales. Sin embargo, la quinua ha experimentado un sorprendente proceso de recuperación que la ha llevado a aproximarse a los altos niveles de producción registrados en los años cincuenta. A fines del 2009, su producción alcanzaba las 39 mil toneladas, que se sembraban en 34 mil hectáreas, aproximadamente. Respecto a las cifras de 1990, la producción se ha multiplicado diez veces, mientras que la superficie sembrada lo ha hecho en cuatro veces. En el ámbito nacional, el aumento de la producción de 1994 a 2009 fue de 136% y llegó a 166% en la primera región productora de quinua del país: Puno. Este crecimiento ha respondido al aumento de su precio, hasta el 2009, en Puno, de S/.55 a S/. 60 nuevos soles la arroba, frente a los S/.15 nuevos soles que recibían los productores en promedio entre 2000 y 2007 (Moreyra, 2010).

En el Cuadro 8, se puede observar que la producción de quinua estaba en aumento en la Región de Puno, esto por los programas sociales que el Gobierno Central y el Gobierno Regional van impulsando como lo es el Proyecto Quinua para un mayor valor agregado.

Cuadro 8. Estadística de producción de quinua en la Región de Puno.

| Campañas agrícolas (años) | Superficie sembrada (Ha) | Superficie Cosechada (Ha) | Producción (Tn) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1998/1999 | 18.126,00 | 17.915,00 | 16.649,00 |
| 1999/2000 | 20.298,00 | 20.526,00 | 19.526,00 |
| 2001/2002 | 22.298,00 | 22.206,00 | 24.902,00 |
| 2002/2003 | 23.120,00 | 22.602,00 | 24.542,00 |
| 2003/2004 | 23.345,00 | 22.485,00 | 22.378,00 |
| 2004/2005 | 23.378,00 | 23.343,00 | 27.719,00 |
| 2005/2006 | 24.026,00 | 23.821,00 | 24.652,00 |
| 2006/2007 | 24.601,00 | 23.966,00 | 25.667,00 |
| 2007/2008 | 25.165,00 | 23.385,00 | 22.691,00 |
| 2008/2009 | 26.096,00 | 26.095,00 | 31.160,00 |

Fuente: Oficina de Información Agraria (información Estadística, Campaña Agrícola Departamental 1996 – 2009)

2.3. AISLADO PROTEICO

Aislado proteico se considera a aquel cuyo contenido de proteínas es mayor al 70%. En las proteínas constituyentes deben ser exactamente las que se encontraban en la fuente orgánica inicial, sin haber sufrido procesos de degradación o hidrólisis no deseables (Curare, 2006), mientras que un concentrado proteico es considerado aquel cuyo contenido en proteína es menor del 65%.

Los aislados proteicos pueden ser utilizados en la elaboración de diferentes productos en la industria alimentaria, tales como productos horneados, en la elaboración de bebidas para deportistas, de embutidos, para la preparación de alimentos para bebés, por mencionar algunos. Las proteínas se usan como aditivos en suplementos nutricionales para mejorar el perfil de aminoácidos e incrementar en contenido de proteínas, pero también para aportar beneficios funcionales como emulsificación, estabilización e incremento de viscosidad, mejoramiento de la apariencia, del gusto, la textura y la absorción de agua o aceite (Giese, 1994).

Para obtener proteína aislada, se utiliza el siguiente proceso Guerrero (1989) citado por Mujica *et al* (2006):

- a) Extracción alcalina: esta extracción se realiza a un pH de 11.5, con una relación quinua: solvente de 1:15, a una temperatura de 50°C por 60 minutos, luego se centrifuga para separar el residuo sólido del sobrenadante.
- b) Lavado del residuo sólido, se realiza dos lavados con agua pura, con la finalidad de aumentar la extracción de nitrógeno, recuperándolo del residuo sólido.
- c) Precipitación de la proteína, el nitrógeno total obtenido de la extracción y del lavado del residuo sólido fue precipitado ajustando el pH a 4.8, que corresponde al punto isoeléctrico de la proteína de quinua.
- d) Lavado del precipitado, se efectúa con agua, con el fin de eliminar el exceso de ácidos, sales y azúcares.
- e) Secado, el aislado proteico obtenido en su punto isoeléctrico es secado en un secador al vacío a 25 psi y 30°C.

Las características del aislado proteico obtenido de la quinua fue un polvo de color crema, sin ningún olor, ni sabor y la composición química proximal en base seca fue: proteína: 87.8%, grasa: 0.22%, fibra: 1.3%, cenizas: 1.4% y carbohidratos: 9.28%.

2.3.3. PROPIEDADES FUNCIONALES

La funcionalidad de las proteínas como las propiedades fisicoquímicas que afectan el procesamiento y el comportamiento de la proteína en un sistema alimenticio, es juzgado por la calidad del producto final. Esto refleja una interacción compleja entre la composición, estructura, conformación, propiedades fisicoquímicas con otros componentes y la naturaleza del medio ambiente donde se encuentra (Kinsella, 1976).

Las propiedades funcionales de las proteínas, pueden clasificarse en tres grupos principales (Cheftel *et al*, 1989)

- Propiedades de hidratación: dependientes de las interacciones proteína agua. Incluye propiedades tales como la absorción y retención de agua, hinchado, adhesión, dispersibilidad, solubilidad y viscosidad.

- Propiedades texturales: dependientes de las interacciones proteína – proteína, y que intervienen en fenómenos tales como la precipitación, la gelificación y la formación de estructuras diferentes.
- Propiedades superficiales: las cuales están relacionadas con la formación de emulsiones y espumas.

2.3.4. SOLUBILIDAD

La baja solubilidad de un aislado proteico evidentemente limita su uso en algunos tipos de productos en la industria alimentaria, pero en otros podría favorecerlos. Sin embargo, esta propiedad puede ser modificada por la influencia de varios factores, como el pH, la concentración de sal, la constante dieléctrica del solvente y la temperatura (Bora y Ribeiro, 2004).

2.4. EL YOGURT

2.4.1. DEFINICION

Según la NTP (202.092:2008) yogurt es el producto obtenido por fermentación láctica, mediante la acción de *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*, a partir de leche pasteurizada y/o productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en su composición, pasteurizados; pudiendo o no agregarse otros cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, además de los cultivos esenciales. Estos cultivos de microorganismos 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 microorganismos viables.

Para el yogurt batido la fermentación se realiza en los tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, siendo luego sometido a un tratamiento mecánico de batido.

Además el yogurt es uno de los alimentos que está de moda del cual se ha hablado mucho últimamente, por los beneficios que tiene en el tracto intestinal al incrementar el contenido en su flora microbiana (Shah, 2001).

2.4.2. CLASIFICACION DEL YOGURT

El yogurt puede ser clasificado según el método de elaboración, por el sabor y por el contenido de grasa (Alcazar, 2002).

2.4.2.4. Por el método de elaboración

- Yogurt para beber o yogurt líquido.
- Yogurt colado.
- Yogurt batido.
- Yogurt aflanado o cuajado.

2.4.2.5. Por el sabor

- Yogurt natural.
- Yogurt saborizado o aromatizado.
- Yogurt frutado.

2.4.2.6. Por el contenido de grasa

- Yogurt entero.
- Yogurt semi descremado.
- Yogurt descremado.

2.4.3. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL YOGURT

2.4.3.1. Carbohidratos

Los carbohidratos tienen gran importancia en la producción de leches fermentadas al ser el sustrato que utilizan los microorganismos lácticos (Amiot, 1991). El yogurt contiene diversos mono y disacáridos, pero la lactosa continúa siendo el azúcar dominante después de la fermentación con un 4 – 5% de ácido láctico (Robinson y Tamime, 1991).

2.4.3.2. Proteínas

Las proteínas en el yogurt desempeñan un papel determinante sobre la textura y la materia grasa, sobre las características organolépticas (sabor, aroma); contribuyen también a enmascarar la acidez del producto (Mahaut *et al.*, 2004). La concentración de proteínas del yogurt es superior al de la leche como resultado de la concentración de la misma o de la adición de extracto seco lácteo hace que este producto tenga una fuente de proteína superior al de la leche. Las proteínas del yogurt se encuentran ya coaguladas antes de la ingestión. El contenido de proteína del yogurt de leche entera es de 3.9% (Robinson y Tamime, 1991).

2.4.3.3. Lípidos

Aunque las bacterias lácticas no tienen una gran actividad lipolítica, se produce un aumento significativo del contenido en ácidos grasos libres en el yogurt. Además la homogenización mejora la digestibilidad al aumentar la superficie de los glóbulos grasos (Mahaut *et al.*, 2004),

2.4.3.4. Acidez y pH

La acidez y pH indica la coagulación acida de la caseína, es decir, la formación en el punto isoeléctrico aproximadamente a un pH 4.65 de un gel de yogurt, es otro signo de marca final de la incubación y de la fermentación. Este gel ha de presentar un aspecto cuajado homogéneo, no debiendo exudar agua (suero) (Spreer, 1991).

2.4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

2.4.4.1. Viscosidad

Según (Sandoval y Giurfa, 2001) los factores que afectan la viscosidad del yogurt son los siguientes:

- Contenido de grasa.
- Temperatura de incubación. A mayor temperatura la viscosidad disminuye.
- pH durante el enfriamiento, están en función del punto isoeléctrico de las proteínas.
- Velocidad de enfriamiento.

- Almacenamiento.
- Concentración de sólidos en la leche.

2.4.5. CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS

Para el desarrollo de las bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en el yogurt, deben sembrarse simultáneamente y encontrarse viables en el producto en una cantidad como mínimo de 10^7 bacterias/g. la cantidad de ácido láctico no debe ser inferior a 0.7g/100g en el momento de la venta al consumidor (Mahaut *et al*, 2004).

2.4.6. OPERACIONES EN LA ELABORACION DEL YOGURT BATIDO

2.4.6.1. Recepción de la Leche

La recepción de la leche es el proceso mediante el cual la planta procesadora realiza los análisis de plataforma con el fin de aceptarla o rechazarla, verifica las cantidades recibidas y obtiene muestras para efectuar los análisis de laboratorio que permiten determinar la calidad de la materia prima (Mazzeo, 2007).

2.4.6.2. Estandarización

La estandarización es la normalización del contenido de grasa y sólidos. La grasa entre 0.5 – 1.5% y sólidos 11 – 12%. Los sólidos se pueden ajustar con leche o suero en polvo. También se puede ajustar los sólidos por concentración con calor, aumentando los sólidos totales en un 2 – 4% (Mazzeo, 2007). La estandarización se puede efectuar mediante la adición de leche descremada o crema según se desee bajar o subir el contenido de grasa, por medio de la separación parcial de la grasa en un desnatador centrífugo o descremadora, ajustando de esta manera el contenido de la grasa de la leche (Alcazar, 2002). Además, la homogenización impide la separación de la materia grasa durante la coagulación, mejora la retención de agua y la firmeza del producto final (Mahaut *et al*, 2004).

2.4.6.3. Tratamiento térmico de la Leche

El tratamiento térmico tiene como propósito disminuir, mediante calor, casi toda la flora microbiana y la totalidad de la flora patógena, alterando lo menos posible la estructura

física de la leche, su equilibrio químico y las sustancias con actividad biológica, por ejemplo, enzimas y vitaminas. La pasteurización no destruye todos los microorganismos, aunque reduce mucho su número y en muchos casos no destruye los microorganismos esporulados. El tratamiento debe cumplir unos mínimos de temperatura y duración, como es de 62,8°C durante 30 minutos o de 72,8°C durante 16 segundos (Santos, 2007; Amiot, 1991). Se puede distinguir dos tipos de pasteurización: pasteurización baja, el cual se define por un calentamiento a 63°C durante 30 minutos, es un método lento y discontinuo pero presenta la ventaja de no modificar las propiedades de la leche. Otro tipo es la pasteurización alta, la cual se define como el calentamiento a 72°C durante 15 segundos, este método es rápido y continuo pero modifica ligeramente las propiedades de la leche (Veisseyre, 1980).

2.4.6.4. Enfriamiento

Es necesario realizar el enfriamiento rápidamente luego de la pasteurización, y se baja la temperatura hasta 42 – 45°C para su inoculación (Mazzeo, 2007), luego el enfriamiento se deben llevar acabo tan pronto como sea posible, para que el yogurt no se acidifique en exceso y por ende la post acidificación o acidificación posterior a la incubación sea lo más lenta posible, en el caso del yogurt el enfriamiento debe llegar hasta una temperatura menor a 20°C habiendo estado sin agitación hasta entonces, para no ocasionar problemas tales como formación de grumos, desuerado, sinéresis y baja viscosidad (Álvarez y Alvarado, 1998).

2.4.6.5. Inoculación

La inoculación se realiza en los tanques de incubación y el cultivo en proporción de 2 – 3% con agitación por 5 minutos (Mazzeo, 2007), el porcentaje de siembra varía según la actividad de los cultivos entre el 1 y el 7%, y en función de la relación estreptococo/lactobacilos, que es de 1.2 a 2:1 para los yogures naturales, pudiendo alcanzar la proporción de 10:1 en los yogures de frutas (Mahaut *et al.*, 2004),

2.4.6.6. Incubación

Para los yogures batidos, la incubación es realizada a temperaturas entre 42 y 45°C durante un tiempo entre 2 horas 30 minutos y 3 horas 30 minutos. El objetivo de esta fase es alcanzar una acidez de 70 – 80°D en los yogures firmes incubados en estufa y de 100 – 120°D en los yogures batidos (Mahaut *et al.*, 2004), hasta que el pH disminuya a 4.6,

punto en que empieza a formarse el coagulo por precipitación de la caseína (punto isoeléctrico) (Mazzeo, 2007).

2.4.6.7. Envasado

Para el envasado de yogurt suelen utilizarse envases rígidos de vidrio, semirrígidos de PVC, polietileno, polipropileno, poliestireno, y flexibles como papel, polietileno, cartón, plástico y papel aluminio (Mazzeo, 2007). La adición de azúcar y de aromatizantes se efectúa inmediatamente después de la siembra en el caso de los yogures firmes, mientras que en los batidos, las frutas se incorporan justo después del enfriamiento (Mahaut *et al*, 2004).

2.4.7. INSUMOS PERMITIDOS EN LA ELABORACION DEL YOGURT

2.4.7.1. Conservadores

Los conservantes químicos contribuye a garantizar o la conservación del producto, los conservantes más específicos para el yogurt son el ácido sórbico y sus sales de potasio y calcio, y el ácido benzoico, empleándose el 0.05%, en el producto final; también el bromato de potasio 0.2 a 0.5 g/l (Sandoval y Giurfa, 2001), el efecto del sorbato de potasio sobre la actividad de los cultivos del yogurt provoca una disminución del desarrollo de la acidez y de la producción de acetaldehídos; las cantidades de sorbato potásico son de 0.05 a 0.01% en peso lo que equivale a 375 y 750 ppm de ácido sórbico (Robinson y Tamime, 1991).

2.4.7.2. Edulcorante

El edulcorante es una sustancia que actúa sobre el sabor de los alimentos produciendo una sensación dulce. Los edulcorantes pueden ser: edulcorantes naturales, artificiales y nutritivos alternos. Los edulcorantes naturales que poseen un valor nutritivo y energético por lo que no se pueden considerar como aditivos, sino como componentes del propio alimento. Los azúcares más empleados en la elaboración de alimentos son la sacarosa, glucosa, lactosa, azúcar invertida y el sorbitol (Alcázar, 2002), el porcentaje de adición dependerá del tipo de yogurt, se adiciona cuando se encuentra a 50°C con el fin de disolverlo adecuadamente y eliminar en la pasteurización las bacterias presentes en ella (Sandoval y Giurfa, 2001).

2.4.7.3. Agentes Fermentadores

Los cultivos o fermentos lácticos son una materia prima destinada a la elaboración de leches fermentadas, quesos, mantequillas y otros productos. Son definidos como un grupo de microorganismos seleccionados y purificados en laboratorios, a los cuales se les ha aplicado un método de conservación para su comercialización. Pueden estar conformados desde un solo género y varias especies hasta mezcla de varios géneros. El cultivo utilizado contiene: *Lactobacillus bulgaricus* (homofermentativas) que se desarrolla entre 45 - 50 °C y produce hasta un 3% de ácido láctico; *Streptococcus Thermophilus* se desarrolla entre 37 – 40 °C y es termo resistente (Mazzeo, 2007).

Sandoval y Giurfa (2001), hacen referencia de un cuadro de desarrollo de las bacterias para la elaboración del yogurt, como las temperaturas apropiadas, tal como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Desarrollo de las bacterias del Yogurt.

| Crecimiento | <i>Streptococcus thermophilus</i> | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> |
|---------------------|--|--|
| T° Mínima (°C) | 15 | 15 |
| T° Ideal (°C) | 37 – 42 | 40 – 45 |
| T° Máxima (°C) | 52 | 52 |
| pH Ideal | 5.0 – 7.0 | 4.0 – 6.0 |
| Ácido láctico (%) | 0.6 – 0.8 | 1.7 – 1.8 |
| Sólidos totales (%) | 12 - 16 | 12 - 16 |

Fuente: Sandoval y Giurfa (2001)

2.4.8. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA

Según la NTP (202.092:2008) el yogurt debe cumplir los siguientes criterios de calidad sanitaria y de inocuidad tal como se describe en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Requisitos microbiológicos de calidad sanitaria del Yogurt.

| Requisitos | n | m | M | c |
|--------------------|---|----|-----|---|
| Coliformes (ufc/g) | 5 | 10 | 100 | 2 |
| Mohos (ufc/g) | 5 | 10 | 100 | 2 |
| Levaduras (ufc/g) | 5 | 10 | 100 | 2 |

Fuente: NTP (202.092:2008)

Dónde:

n : es el número de unidades de muestra de un lote de alimentos que deben ser examinados.

m : Es un criterio microbiológico, el cual en un plan de muestreo de dos clases, separa buena calidad de calidad defectuosa, o en otro plan de muestreo de tres clases, separa buena calidad de calidad marginalmente aceptable.

M : Es un criterio microbiológico, que en un plan de muestreo de tres clases, separa calidad marginalmente aceptable de calidad defectuosa. Valores mayores a “M” son inaceptables.

c : Es el número máximo permitido de unidades de muestra defectuosa. Cuando se encuentra cantidades mayores de este número el lote es rechazado.

2.4.9. VALOR NUTRITIVO DEL YOGURT

Durante el proceso de fermentación, se producen en la leche numerosas modificaciones, algunas de las cuales hacen que el yogurt sea un producto con mayor valor nutritivo que la leche, así como se muestra en la Cuadro 11 (Mahaut *et al*, 2004).

Cuadro 11. Contenido medio por 100 gramos de Yogurt.

| | Contenido medio en 100 gramos de yogurt | | | | | | | Valor energético kJ |
|------------------------------------|---|----------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| | Proteínas (g) | Lípidos (g) | Glúcidos (g) | Calcio (mg) | Sodio (mg) | Potasio (mg) | Fósforo (mg) | |
| Yogurt natural | 4.15 | 1.2 | 5.2 | 174 | 57 | 210 | 114 | 201 |
| Yogurt de leche entera | 3.8 | 3.5 | 5.3 | 171 | 56 | 206 | 112 | 284 |
| Yogurt natural 0% | 4.2 | Trazas | 5.4 | 164 | 55 | 180 | 100 | 163 |
| Yogurt natural azucarado | 3.8 | 1.1 | 14.5 | 160 | 52 | 195 | 105 | 347 |
| Yogurt aromatizado de leche entera | 3.2 | 3.2 | 12 | 140 | 50 | 190 | 106 | 372 |
| Yogurt batido natural | 4.3 | 1.8 | 5.2 | 165 | 40 | 205 | 115 | 230 |
| Yogurt batido con frutas | 3.75 | 1.65 | 14.5 | 140 | 50 | 190 | 110 | 368 |
| Yogurt de leche entera con frutas | 3.1 | 2.7 | 16.5 | 140 | 45 | 180 | 100 | 431 |
| Yogurt desnatado con frutas | 3.6 | trazas | 17.2 | 140 | 45 | 180 | 100 | 351 |

Fuente. Mahaut *et al*. (2004)

2.5. DETERMINACION DE VIDA UTIL DE ALIMENTOS PROCESADOS

La vida en anaquel de un alimento según Núñez (1998), comprende el periodo desde su elaboración hasta su consumo, en el cual es de calidad satisfactoria. Entonces la vida en anaquel esperada de un alimento procesado depende de las condiciones ambientales a las que será expuesto éste, así como el grado de calidad inicial que puede perder, antes de ser vendido al consumidor, por cualquiera de las siguientes causas: pérdida de valor nutricional, cambios indeseables de color o el desarrollo de una textura indeseable y las condiciones ambientales como:

- Temperatura
- Humedad
- Nivel de oxígeno
- Luz

Los cambios de un alimento se clasifican en:

- Deterioro biológico
- Senescencia
- Deterioro microbiológico
- Deterioro químico: enzimático, oxidación de lípidos, pardeamiento enzimático y otros
- Deterioro físico: magullado, aplastado marchitado, pérdida/ganancia de humedad, cambio de textura (endurecimiento).

El objetivo de la predicción de la vida útil de los alimentos es proveer información al consumidor a fin de que el producto sea consumido antes de que alcance niveles de calidad inaceptables. Sin embargo, la pérdida de aceptabilidad no significa necesariamente que el producto sea incomible, sino más bien que el estándar de calidad preestablecido para el consumidor ha sido sobrepasado (Fennema, 1994). Esto hace entonces que se enfrente dos problemas:

- 1) Establecer el estándar de inaceptabilidad.
- 2) Determinar o predecir la pérdida que ocurre desde el punto de distribución hasta el momento de consumo.

2.5.3. METODOLOGIA Y DISEÑO DE ESTUDIOS DE VIDA UTIL

Existen dos formas generales de predecir la vida útil de los alimentos. La metodología más común consiste en seleccionar una condición de abuso, exponer el producto a ella, evaluarlo cierto número de veces durante un periodo de tiempo específico generalmente utilizando métodos sensoriales, que pueden ser complementados con pruebas físico químicas y luego extrapolar los resultados (a manera de especulación fundamentada) a condiciones normales de almacenaje. En el otro enfoque, se asume que ciertos principios de cinética química se aplican con respecto a una dependencia de temperatura, como la relación de Arrhenius se utiliza un diseño más elaborado. Este segundo método es definitivamente más complejo y costoso pero lograra mejores resultados (Fennema, 1994).

2.5.2. PRINCIPALES METODOS PARA DETERMINAR LA VIDA EN ANAQUEL PARA ALIMENTOS

2.5.2.1. Reacción Cinética Básica para Determinar la Pérdida de la Calidad de los Alimentos.

La pérdida de calidad para la mayoría de alimentos puede describirse en términos de las siguientes ecuaciones (Fennema, 1994):

Disminución del atributo deseable: $-dA/dT = k(A)^n$

Incremento en el atributo indeseable: $+dB/dT = k'(B)^{n'}$

En donde $-dA/dT$ ó $+dB/dT$ es el cambio en cantidad de A ó B en el tiempo, siendo A o B la cantidad del atributo en cuestión a cualquier tiempo T; k y k' son las constantes de velocidad de reacción en unidades apropiadas y n y n' son los órdenes de reacción aparente, generalmente de orden 0, 1 ó 2.

La mayoría de los datos de vida útil para un cambio de un atributo de calidad, se basan en una reacción química características o en el crecimiento microbiano, siguen una cinética de orden cero (por ejemplo localización global de los alimentos congelados, pardeamiento de Maillard) o una cinética de primer orden (por ejemplo pérdida vitamínica, pérdida oxidativa del color, crecimiento microbiano e inactivación).

La mayor parte de las reacciones de deterioro que ocurren en los productos alimenticios, en condiciones de almacenamiento, se ajustan a la siguiente expresión matemática (Nuñez y Chumbiray, 1991):

$$\frac{dA}{d\theta} = KA^n$$

Dónde: A = Factor de calidad medido

θ = Tiempo

K = Constante que depende de la temperatura y la a_w de agua

n = Factor de potencia llamado el orden que define si la velocidad es dependiente de la cantidad presente de A en el caso de alimentos varía entre 0 y 2.

$dA/d\theta$ = Velocidad de cambio de A con respecto al tiempo. El signo negativo es utilizado si el deterioro es una pérdida de A y un signo positivo si es por producción de un producto final indeseable.

Usualmente, los resultados de los estudios de vida en anaquel no son obtenidos como una velocidad sino más bien como la calidad de A como una función del tiempo. Así para obtener la velocidad de deterioro, uno debe transformar los datos dentro de un gráfico cinético.

2.5.2.2. Método del Q_{10} para Determinación de Vida Útil

Se utilizan modelos matemáticos, para describir o predecir cuán rápido iría una reacción (bioquímica), si el producto alimenticio es mantenido a una temperatura relativamente alta. Si el factor aceleratriz de la temperatura de almacenamiento es conocido, entonces; extrapolando a temperaturas más bajas, tales como las que ocurren durante su distribución o comercialización de los productos alimenticios, se puede estimar la vida en anaquel del producto en estudio (Nuñez y Chumbiray, 1991).

El factor de aceleración es conocido como el "Factor Q_{10} ", que está definido como:

$$Q_{10} = \frac{\text{Velocidad a temperaturas}(T + 10^\circ C)}{\text{Velocidad a temperatura } T^\circ C}$$

Donde T y $T+10^\circ C$ son temperaturas a la que se evalúa la vida en anaquel.

El Q_{10} también puede ser calculado como:

$$Q_{10} = \frac{\text{Vida en anaquel a } T}{\text{Vida en anaquel a } (T + 10^\circ C)}$$

Para cualquier diferencia de temperatura θ que no sea 10°C , aquello se convierte en:

$$Q_{\theta/10} = \frac{\text{Vida en anaquel a } T_1}{\text{Vida en anaquel a } T_2}$$

La siguiente ecuación indica que la pérdida de vida en anaquel por día es constante a temperatura constante.

$$Q_{\Delta T} = \frac{K(T + \Delta T)}{K(T)} = Q_{10}^{\Delta/10}$$

Los cuales asumen que la velocidad es inversamente proporcional a la vida en anaquel.

$$Q_s = \frac{A_e - A_o}{K}$$

Dónde:

A_e = Valor de A al final de la vida en anaquel

A_o = Valor de la calidad

Q_s = Vida en anaquel en días

K = Constante que depende de la temperatura y la a_w de agua

2.5.3. PROCEDIMIENTO DE ARRHENIUS

El procedimiento de Arrhenius consiste en que se recolecta valores de k a elevadas temperaturas y luego extrapolar para la vida útil a temperaturas menores. Para obtener una representación gráfica de exactitud aceptable se necesita conocer las constantes de velocidad a 3 ó más temperaturas (Fennema, 1994).

La mayoría de los libros de texto de físico química tratan los fundamentos del procedimiento de Arrhenius que interrelaciona la temperatura y la velocidad de las reacciones químicas. La bien conocida ecuación de Arrhenius es:

$$k = k_A \exp^{-\frac{E_A}{RT}}$$

En la que k_A es la constante de la ecuación de Arrhenius, E_A , en julios o calorías por mol, es la energía de activación (el exceso de la barrera energética que el atributo A tiene que

salvar para el progreso de los productos de degradación [o para la formación de B], T es la temperatura absoluta ($^{\circ}\text{K}$) y R es la constante universal de los gases ($1.9872 \text{ cal/mol.}^{\circ}\text{K}$ ó $8.3144 \text{ J/mol.}^{\circ}\text{K}$) (Fennema, 1994).

2.6. ENVASES

2.6.1. DEFINICION

El envase es el recipiente de cualquier material que sea y cualquiera sea la forma que adopte, está destinado a contener mercancías, para su empleo a partir del mismo y destinado a individualizar, dosificar, conservar, presentar y describir unilateralmente las mercancías, pudiendo estar confeccionado con uno o más materiales distintos, simultáneamente (Mincetur, 2009). Los envases plásticos o polímeros representan el 10% en peso de todos los materiales para envasado. Su principal ventaja es su gran variedad, además de un amplio espectro de propiedades. La densidad de la mayoría de los polímeros está alrededor de 1 g/cm^3 lo que permite fabricar envases ligeros. Son relativamente baratos y fácilmente procesables y moldeables (Rodríguez *et al.*, 2003).

2.6.2. TIPOS DE ENVASES

Algunos principales tipos de envase que se comercializan (Rev. Vida Sostenible, 2010):

El PEBD (polietileno de baja densidad) se emplea en muchas aplicaciones que no requieren gran rigidez, como bolsas, juguetes, tuberías de riego, film plástico en general. Es fino y flexible y tiene elevado potencial de reciclado mecánico.

El PEAD (polietileno de alta densidad), tiene mejores propiedades de hermeticidad que el PEBD y es más rígido. Muy usado en botellas y bidones, se utiliza en envases para alimentos, detergentes, cosméticos, juguetes, tuberías, embalaje industrial.

El PET (Tereftalato de polietileno) fue diseñado específicamente para envasar bebidas carbónicas y envases para alimentos. Tiene muy buenas propiedades de resistencia mecánica y es extremadamente transparente.

El PS (Poliestireno), es muy conocido en su versión expandida (corcho blanco). Extremadamente ligero, es usado para bandejas, tarrinas, embalajes de protección, contenedores de productos lácteos, vasos y platos.

El PP (Polipropileno) se suele emplear para elaborar películas, tapones de botellas, envases para yogurt o margarina, envoltorio de caramelos, envase interior de paquetes de cereales, cajas de botellas de cerveza o leche. Una variante de polímeros limpios, de mejor impacto ambiental son los “biopolímeros”. Son un tipo de plástico degradable que se producen a partir de productos vegetales y animales como el almidón, la celulosa, las bacterias, la glucosa o la fermentación del azúcar y de quesos.

2.6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ENVASE PARA YOGURT

El yogurt requiere de un envase con características físicas especiales para una mayor conservación, por pertenecer a la línea de productos lácteos.

2.6.3.1. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

El polietileno de alta densidad es un termoplástico lineal no polar. Las cadenas de moléculas de PEAD homopolímero son largas y rectas con pequeñas ramificaciones. Es altamente cristalino (del 65% al 90%) y esto contribuye a sus buenas propiedades de barrera a la humedad, su resistencia química, su opacidad, rigidez (son los más rígidos y fuertes de los PEs) y baja elongación a la rotura (más baja que otros PEs). Su densidad va desde 0,93 a 0,965 g/cm³. Se utiliza en envases de leche, zumos, agua, cubos, contenedores de productos lácteos de pared delgada, films (para bolsas) y cierres. También se usa para cereales, galletas, snacks, para el envasado de alimentos y para envolver productos delicados. El PEAD coextrusionado con etileno-acetato de vinilo es ampliamente usado como forro en cartones de alimentos (Rodríguez *et al.*, 2003).

2.6.3.2. POLIPROPILENO (PP)

El polipropileno es un grupo de polímeros termoplásticos basados en la polimerización del monómero propileno. Se caracterizan por su baja densidad (0,89 a 0,92 g/cm³) y buena resistencia a la fatiga química y mecánica. Tiene baja transmisión al vapor de agua. La alta temperatura de fusión permite que los alimentos envasados en PP (no como PE) puedan ser esterilizados con calor en su envase. Comparado con el PEBD y el PEAD, el PP tiene una menor densidad, mayor temperatura de fusión y rigidez. Los envases de PP tienen paredes mucho más finas pero conservando la misma rigidez. El alto valor de la rigidez y la facilidad de orientación hacen a los homopolímeros PP apropiados para aplicaciones de estiramiento, mientras que su alta resistencia al calor permite que un envase hecho de este material se pueda esterilizar en autoclaves (Rodríguez *et al.*, 2003).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EXPERIMENTACION

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes lugares y ambientes:

- La extracción del aislado proteico de quinua se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA – PUNO.
- Los análisis de caracterización de la proteína aislada de quinua, se realizó en los Laboratorios de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y el Laboratorio Central de la UNA – PUNO.
- Los análisis de densidad, acidez titulable y pH de la leche se realizó en los Laboratorios de Fitopatología, Microbiología y Evaluación Nutricional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA - PUNO.
- La elaboración del yogurt batido se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la UNA – PUNO.
- La determinación de proteína del yogurt batido se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA – PUNO.
- La determinación del índice de peróxidos se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA – PUNO.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Las materias primas utilizadas para la investigación fueron las siguientes:

- Proteína Aislada de Quinua: fue obtenida de la harina de quinua de la variedad pasankalla adquirida del INIA Salcedo Puno. Se garantiza la variedad pasankalla por ser el INIA, una institución oficial dedicada a la investigación de cultivos andinos, por lo que tiene debidamente seleccionado las variedades de quinua. La harina de quinua se obtuvo primeramente lavando manualmente por fricción, luego se hizo secar el grano

desaponificado y se llevó a molienda a través de un molino de martillo del tamiz N° 80.

- La leche utilizada para la elaboración de yogurt batido fue adquirida del INIA Illpa Puno, las vacas lecheras fueron de la raza Brown Swiss, se adquirió esta leche por la garantía que presta esta institución en la higiene en el ordeño de la leche, además de su alimentación balanceada del ganado, esto garantiza las características propias de la leche.

3.2.1. Insumos

- **Cultivo de Yogurt** se utilizó un cultivo liofilizado para yogurt de la marca SACCO srl LYOFAS Y 452 B cuyas especificaciones técnicas se describe en el Anexo I.
- **Edulcorante** se utilizó como edulcorante azúcar blanca refinada de la marca CARTAVIO.

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO

a) Para la Extracción de Proteína y su Caracterización.

EQUIPOS:

- Centrifuga con refrigeración, Made in Hungary Typ LR-4131L2402 rpm 3700 – 8000.
- Agitador magnético Central, VEB ELMO Typ 11 Ri rpm 2600 – 3400.
- Balanza analítica Máster Pro LA2303 (230g X 0.001g).
- pH metro HANNA Combo by HANNA pH & EC., Cal. 4, 7, 10; rango 1 - 14°
 - Jarra de poliestireno cristal 1500 ml
 - Pipetas de 20 y 30 ml de marca Giardino.
 - Cronómetro digital de marca Casio con segundero.
 - Estufa de secado al vacío BS 50.
 - Placas petri de vidrio simple (90 x 15 mm)

- Campana desecadora (pírex)
- Mortero de porcelana de 100 y 150mm de diámetro.
- Espátula de acero inoxidable
- Baguetas de vidrio entero marca Pírex
- Equipo Kjendalh (destilador de nitrógeno) marca Gerhardt.

REACTIVOS: los reactivos utilizados se describen a continuación.

- Hidróxido de Sodio 0.1N (Merck)
- Ácido Clorhídrico 0.1N (Merck)
- Sulfato de Cu y K (Merck)
- Ácido Bórico (Merck)
- Solución Buffer pH 4 y pH 7
- Agua destilada (Trifarma)

b) Para el Procesado del Yogurt con proteína aislada de quinua.

EQUIPOS:

- Potenciómetro o pH metro marca Checker HANNA. Cal. 4, 7, 10; rango 1 - 14°
- Termómetro marca Checker HANNA, rango de -10 a 150°C, marca Giardino Italy.
- Acidómetro marca Kimax, capacidad de 10 ml.
- Olla de aluminio N° 10 y 15
- Probetas de 100 ml, 200 ml. Germany
- Lactodensímetro con un rango de 0 a 25°, marca Hydrometer
- Refrigerador marca Lehel.
- Incubadora marca Lab. Incubator N° de serie 710842, T max.110°C.
- Cocina a gas (fuente de calor) hecho en Puno.

- Plumón indeleble S marca Faber Castell
- Cinta adhesiva Shurtape.
- Envases de PEAD (200g) y PP (250g).

c) Para el Almacenamiento en Condiciones Aceleradas

EQUIPOS:

- Estufas marca Electric Oven
- Termómetro marca A precisión, rango de -10 a 150°C.
- Refrigerador
- pH metro HANNA Combo by HANNA pH & EC. Model H198103, rango 1 a 14°.

d) Para la Determinación de Acidez Titulable

EQUIPOS:

- Pipetas de 10 ml y 15 ml marca Giardino y Kintel.
- Matraces erlenmeyer de 100 y 200 ml de marca Pírex
- Vaso precipitado 50 y 100ml de marca Pírex
- Equipo de titulación de acidez marca Kimax, cap.1/2 gal.

REACTIVOS:

- Indicador fenolftaleína al 1%
- Solución de NaOH 0.1N

e) Para la determinación de Índice de Peróxidos.

EQUIPOS:

- Estufa, electric.

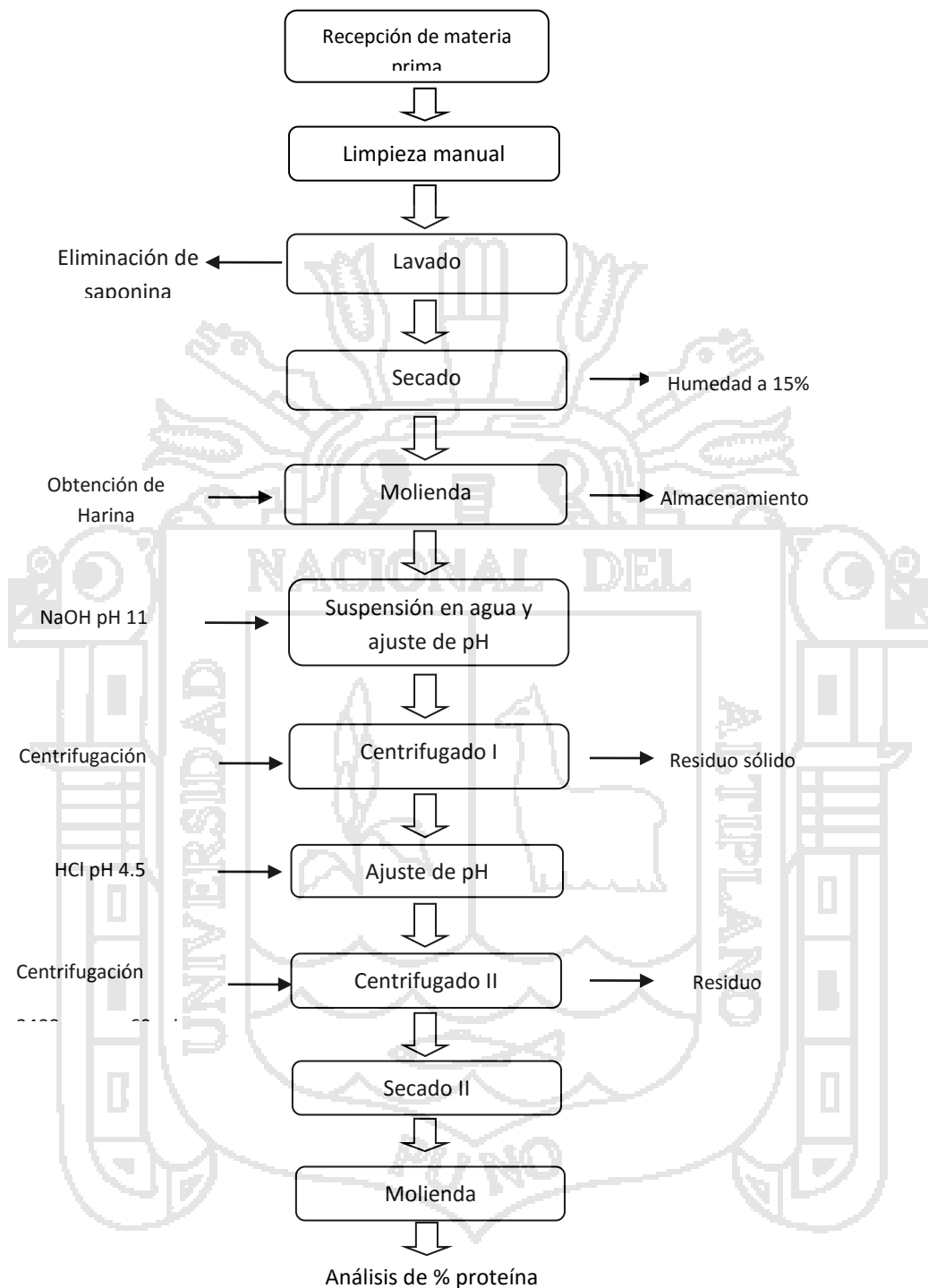
- Balanza analítica marca Sartorius, precisión de 0.001g., cap. Max. 320g.
- Equipo para determinar el índice de peróxidos.
- Plumón de tinta indeleble marca Faber Castell
- Lunas de reloj de marca Pírex de 100, 150mm de diámetro.
- Embudo de vidrio con diámetros de 50 y 100mm.
- Espátula de acero inoxidable
- Matraces Erlenmeyer de, 100, 150, 200 y 250 ml de marca Pírex
- Bureta de 50ml, pipetas de 10ml, y probetas de 100 y 250ml de las marcas Pírex, Giardino y Kintel.

REACTIVOS:

- Solución de ácido acético – cloroformo (vol/vol) 3:2.
- Solución saturada de yoduro de potasio
- Solución de tiosulfato de sodio al 0.1N
- Solución indicadora de almidón al 1%

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**3.4.1. Obtención del Concentrado Proteico de Quinua.**

Para la obtención del aislado de proteína de quinua se siguió la metodología que se muestra en la Figura 2.

Figura 2: Obtención de aislado proteico de quinua.

- a. **Recepción de materia prima:** la quinua de variedad pasankalla, fue trasladada del INIA Salcedo al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias, en bolsas de polietileno.

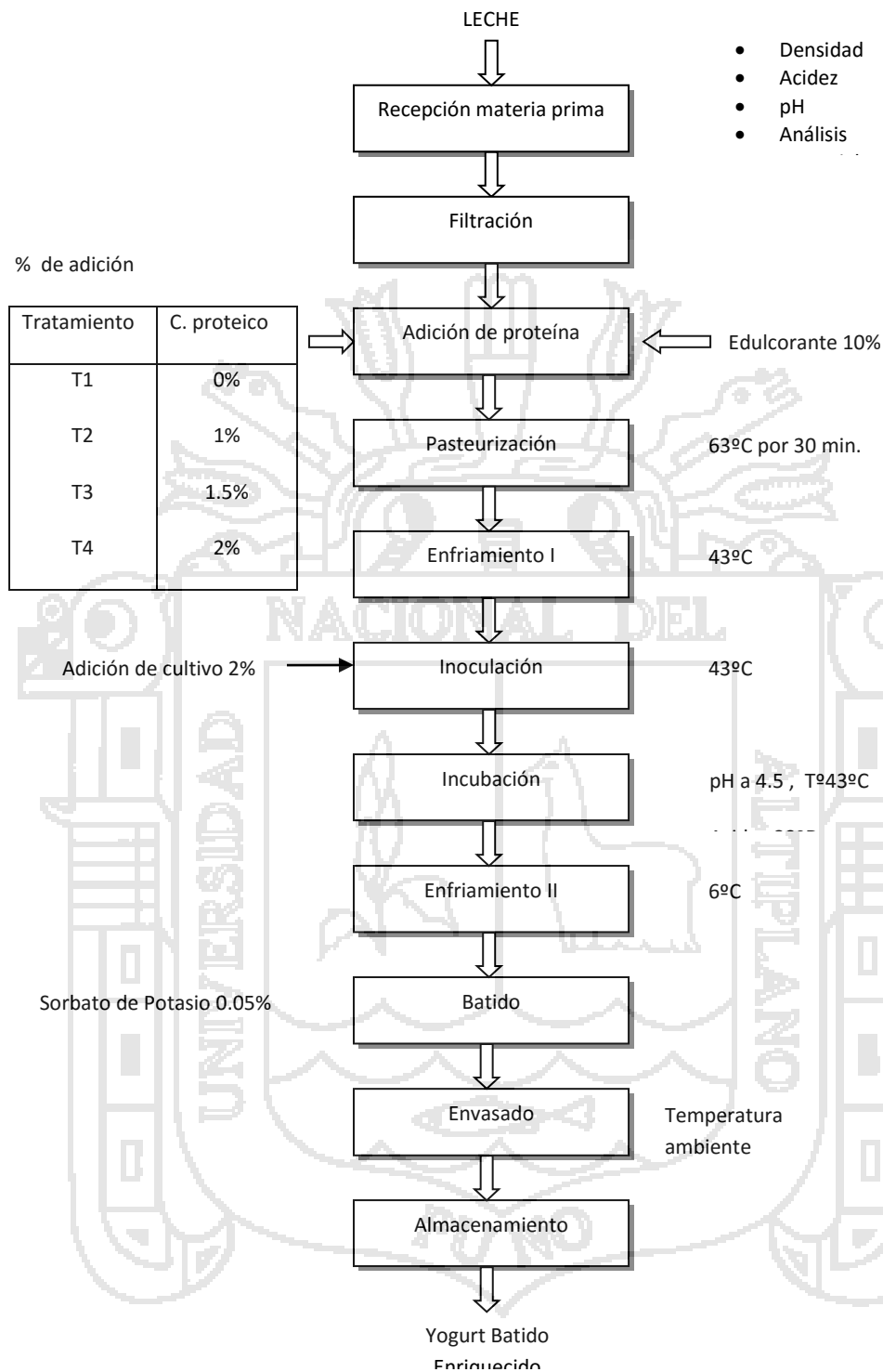
- b. **Limpieza:** la limpieza de la quinua de variedad pasankalla se realizó de forma manual retirando las impurezas que pudiera existir como piedras, ramas y restos de insectos.
- c. **Lavado:** esta operación fue realizado de forma manual con la ayuda de un batan. Se friccionó hasta que no se aglomere los granos de quinua, cuidando la humedad para que no se rompa. Después se hizo el lavado con abundante agua fría hasta que ya no forme espuma en el agua
- d. **Secado I:** se realizó disminuyendo el contenido de humedad hasta un aproximado de 15 % mediante secado al medio ambiente, exponiendo en forma directa a la radiación solar.
- e. **Molienda:** esta operación se realizó en un molino de martillo el cual está provisto con un tamiz N° 80 que es el intermedio de los tamices.
- f. **Almacenamiento:** la harina de quinua molida se almacenó en bolsas de polietileno, en un lugar seco y a temperatura ambiente para que no tenga modificación en sus propiedades.
- g. **Suspensión de la harina en agua:** se pesó 60 g de harina de quinua el cual se vació a una jarra de 1l, al cual se agregó 600 ml de agua. Después se ajustó a pH 11 con NaOH 1 N para solubilizar las proteínas, y luego se llevó a agitación con un agitador magnético con velocidad gradual de 3500 hasta 3800 rpm por 30 min.
- h. **Centrifugado I:** esta operación se realizó en una centrifuga llevando la suspensión de harina en agua a una velocidad de 3400 rpm por 30 min a 15°C, en estas condiciones la proteína quedó en el sobrenadante.
- i. **Ajuste de pH del sobrenadante:** se realizó la separación del sobrenadante, y se agregó HCl 1N hasta tener un pH 4.5 con la finalidad de precipitar las proteínas.
- j. **Centrifugado II:** se realizó el centrifugado a una velocidad de 3400 rpm por 30 min y se mantuvo a 4°C, con la finalidad de separar la proteína que quedó sedimentado en la base de los tubos de la centrifuga.

- k. **Secado II:** el secado se realizó en una estufa al vacío, llevando la proteína a una temperatura de 50°C de 12 a 16 horas.
- l. **Molienda:** esta operación se realizó con mucho cuidado en mortero de porcelana para obtener la proteína en polvo.
- m. **Análisis:** una vez obtenida la proteína se realizó la caracterización con la finalidad de determinar el porcentaje de humedad y pureza. El resultado del análisis químico de la proteína aislada de quinua se muestra en el Anexo VIII, la determinación del contenido de proteína se realizó por lo menos cuatro veces; llevando a cabo dos análisis en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y dos en el Laboratorio Central de la Universidad, esto con la finalidad de comparar los resultados y tener una mayor garantía de pureza, cuyo certificado se muestra en el Anexo VIII.

3.4.2. Elaboración de Yogurt Batido con Adición de Proteína Concentrada de Quinua.

Para la elaboración del yogurt batido enriquecido con proteína aislada de quinua se siguió las etapas del diagrama de flujo general de la Figura 3.

Figura 3.Diagrama de flujo para la elaboración de Yogurt batido.



a. Recepción

La recepción de la leche se realizó bajo las siguientes condiciones: la leche estaba fresca procedente del ordeño del mismo día a una temperatura de 18°C con una densidad de 1.031 g/ml, acidez de 18.5°D y se almacenó en envase de polipropileno de 5 l.

b. Filtración

Se realizó esta operación con la finalidad de eliminar impurezas en la leche tales como pelos, pajas, tierra y otro material ajeno al producto, que puede desmerecer la calidad del producto final. La filtración se realizó con tela poli seda de color blanco previamente esterilizado.

c. Adición de proteína

Después de realizar la filtración de la leche se procedió a adicionar la proteína juntamente con el edulcorante. Esta operación se realizó juntamente con el azúcar a 10%, agitando manualmente y suavemente, con la ayuda de una espátula con la finalidad de distribuir uniformemente la proteína y el edulcorante de acuerdo a las proporciones de volumen que se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Adición de proteína concentrada a la leche.

| Tratamiento | % de adición de proteína |
|-------------|--------------------------|
| T1 | 0 |
| T2 | 1 |
| T3 | 1.5 |
| T4 | 2 |

d. Pasteurización

La pasteurización se realizó por separado para cada tratamiento a una temperatura de 63°C por 30 min, agitando con suavidad y constantemente cuidando que la temperatura no varíe demasiado.

e. Enfriamiento I

El primer enfriamiento se realizó con la finalidad de inocular el cultivo láctico para la elaboración del yogurt batido. Disminuyendo la temperatura de la leche a 43 °C.

f. Inoculación

Esta operación se realizó para cada tratamiento, después del acondicionamiento de la leche a 43°C, el cultivo utilizado fue de la marca LYOFAS Y 452 B. La cantidad de

cultivo adicionado por cada tratamiento fue de 2% como se describe en el Anexo II de acuerdo a la especificación técnica.

g. Incubación

Esta operación se realizó en las incubadoras para mantener la temperatura constante a unos 45°C con un promedio de 5 horas para la formación del gel de yogurt, así mismo llegar a un pH de 4.5 y un grado de acidez de 80°D aproximadamente.

h. Enfriamiento II

El segundo enfriamiento se realizó con la finalidad de detener el proceso fermentativo y obtener las características propias del producto en cuanto a sabor y aroma. Esto se realizó mediante la circulación de agua fría hasta descender la temperatura por debajo de 15°C para luego llevar al batido.

i. Batido

Después del enfriamiento el gel del yogurt fue sometido a un tratamiento mecánico para la homogenización del contenido graso y agua que pudiera haberse separado durante la incubación. Así mismo se agregó el conservante sorbato de potasio en una proporción de 0.05% con respecto al volumen del producto.

j. Envasado

- El producto final obtenido se envasó en recipientes de Polietileno de Alta Densidad (200 ml) y Polipropileno (250 ml). Estos envases primeramente fueron esterilizados con vapor de agua para asegurar la conservación del producto y no pueda traer cambios en sus propiedades. El Polipropileno se acondicionó para que no pueda estar expuesto el yogurt a la luz con cinta adhesiva Shurtape haciéndolo más hermético.

k. Almacenamiento

Se realizó el almacenamiento para observar la vida útil del producto mediante pruebas aceleradas.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

1. Efecto de la adición de proteína concentrada de quinua en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del yogurt.

Se estudiaron las siguientes variables:

- Adición de concentrado proteico: 0, 1, 1.5 y 2%.
 - Cambio de características sensoriales: Sabor, Olor, Color y Textura.
2. Vida útil del yogurt enriquecido con proteína concentrada de quinua en dos tipos de envase (PEAD y PP) mediante pruebas aceleradas: 0, 4, 8 y 12 días

3.6. VARIABLES DE RESPUESTA

Para el factor 1.

- Características físico, químicas y sensoriales del yogurt con adición proteica, se evaluaron:
 1. Características sensoriales: olor, color, sabor y textura mediante una tabla hedónica.
 2. Viscosidad de los tratamientos elegidos: a los 0 días.

Para el factor 2.

- Se estudió el índice de peróxidos: 0, 4, 8 y 12 días.

3.7. METODOLOGIA DE ANALISIS

a. Análisis sensorial:

La evaluación de análisis sensorial se realizó por un panel semi entrenado. Para realizar este análisis se contó con la colaboración de 10 estudiantes de la UNA Puno, cuyas edades comprendían entre 17 y 25 años. A los panelistas se les pidió que evaluara las muestras con respecto a los atributos de sabor, olor, color y textura, se utilizó para dicha

evaluación una escala hedónica de 5 puntos. La ficha de análisis sensorial se muestra en el Anexo VII.

b. Determinación de acidez titulable de la leche:

La determinación de acidez titulable de la leche se realizó de acuerdo al método de la Norma Técnica Peruana 202.116, cuyo procedimiento se detalla en el Anexo III.

c. Determinación de acidez del yogurt:

La determinación de acidez del yogurt se realizó de acuerdo a la metodología citada por Pinto (1976) el cual se detalla en el Anexo IV.

d. Determinación de pH:

El pH se determinó para la materia prima y el producto leyendo directamente en un potenciómetro con electrodo de vidrio con sensibilidad de 0.1 unidad de pH.

e. Análisis reológico:

En el análisis reológico se consideró como punto de estudio el análisis de viscosidad del yogurt, esto fue realizado con el Viscosímetro Brookfield DV-III ULTRA, a una temperatura de 15°C, teniendo como muestra el tratamiento, (T2) yogurt con adición proteica al 1% y tratamiento (T1) como la muestra patrón sin adición proteica.

f. Determinación de proteína del yogurt:

La determinación de proteína del yogurt se determinó solamente en la muestra patrón a su vez en el tratamiento que tuvo aceptación por los panelistas degustadores. La metodología utilizada para la determinación de la proteína en el yogurt fue el método unidad de digestión y destilación Tecator, el cual se detalla en el Anexo V.

g. Índice de peróxidos para el yogurt batido:

La determinación del índice de peróxidos se determinó de acuerdo al método detallado en el Anexo VI, únicamente se evaluó en el tratamiento (T2) de mayor aceptación por el panel de degustadores.

3.8. METODO DE EVALUACION SENSORIAL

La evaluación sensorial se realizó con panelistas semi entrenados. Para realizar esta evaluación se contó con la participación de 10 estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano, se acondicionó un salón de prueba en cuyo interior se presentó el producto con tratamientos identificados con números aleatorios. Los panelistas evaluaron los atributos con respecto al sabor, color, olor y textura; empleándose para esta evaluación la prueba hedónicas de 5 niveles cuya ficha de evaluación se muestra en el Anexo VII.

3.9. METODO PARA LA DETERMINACION DE VIDA UTIL DEL YOGURT BATIDO

El método utilizado para la determinación de vida útil del yogurt batido fue el mencionado por (Fennema, 1994), como la relación de Arrhenius. En esto se consideró el tratamiento experimental cuyas variables de respuesta fueron las deseables con la utilización de dos tipos de envases como son: Polietileno de Alta Densidad y el Polipropileno; considerando todos estos aspectos para la realización de estudios por pruebas aceleradas que establece la relación de Arrhenius.

El procedimiento para realizar las pruebas aceleradas se describe a continuación:

1. La seguridad microbiológica y los parámetros de calidad son muy importantes para el proceso de vida útil, deben de estar dentro de la Normas Sanitarias de Alimentos y Bebidas; en la seguridad de calidad de un producto incluyen el grado de acidez permisible y el índice de Peróxidos permisibles (10 meq/Kg para consumo humano).
2. Se evaluó el índice de peróxidos del yogurt batido adicionado con concentrado proteico de quinua al inicio del almacenamiento con la finalidad de observar la oxidación de la grasa.
3. Se seleccionó el envase para su utilización en la prueba de vida útil, en este caso se utilizó el Polietileno de Alta Densidad de 200 ml de capacidad y el envase de Polipropileno de 250 ml de capacidad.
4. Otro factor importante para la evaluación de vida útil es la temperatura para esta prueba se utilizó las temperaturas de almacenaje de 5°C, 15°C y 25°C.

5. Se determinó el tiempo en el cual el producto debe de estar en las temperaturas mencionadas anteriormente para la prueba. Las muestras en estudio se mantuvieron a 5, 15 y 25°C durante 12 días, el análisis que se realizó fue el índice de peróxidos, a los 0, 4, 8 y 12 días.
6. Los datos obtenidos se llevó a una evaluación de orden cero tal como lo menciona (Fennema, 1994) para este tipo de prueba, así mismo se determinó la constante de velocidad de reacción k y tiempo de vida útil a 10°C.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

4.1.4. Características Físico Químicas de la leche

En el Cuadro 13 se puede observar que las propiedades físico químicas de la leche están dentro de los parámetros citados por Santos (2007), como las proteínas con una presencia de 3.32%, y la densidad esta también de acuerdo con lo mencionado por Amiot (1991), así mismo la acidez está dentro del rango de 16 – 22 °D Martin y Martínez (1975); Alais (1984), por lo que se puede deducir que la leche estuvo lista para su procesamiento en yogurt.

Cuadro 13. Análisis físico químico de la leche de vaca.

| Análisis físico químico | Leche vaca |
|-------------------------|------------|
| Proteínas % | 3.32 |
| Densidad g/ml | 1.032 |
| Acidez °D | 18.5 |

4.1.5. Características organolépticas de la Leche de Vaca

La leche utilizada para la elaboración del yogurt batido tuvo las siguientes características organolépticas: el color blanco ligeramente amarillento se debe a la presencia de carotenoides como lo menciona Santos (1995), con un olor agradable propio de la leche y el sabor ligeramente dulce tal como lo cita Mazzeo (2007), esto se debería por la presencia de lactosa como refieren Schlimme y Buchheim (2002). Por lo mencionado se puede afirmar que la leche estaba fresca.

4.1.6. Contenido proteico del concentrado proteico de quinua.

La quinua seleccionada para la obtención del concentrado proteico fue de la variedad pasankalla por tener un 17.41% de proteína como lo menciona Apaza y Delgado (2004). Luego de obtener el concentrado proteico se llevó al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos para determinar el porcentaje de pureza de la proteína de quinua. La proteína concentrada tuvo una pureza de 86.93 y 85.95% de la muestra 1 y 2 respectivamente, tal como se presenta en el Cuadro 14; de acuerdo a lo mencionado por Curare (2006) se considera aislado proteico cuando el contenido de pureza de la proteína es mayor al 70% por lo cual el concentrado proteico obtenido sería considerado como aislado proteico.

Cuadro 14. Resultado de humedad y proteína del concentrado proteico

| ENSAYOS | RESULTADOS | |
|------------|------------|-------|
| | M1 | M2 |
| Humedad % | 8.10 | 8.10 |
| Proteína % | 86.93 | 85.95 |

4.2. RESULTADOS DURANTE EL PROCESO DE ELABORACION DE YOGURT BATIDO

4.2.2. Durante la Recepción de Materia Prima

4.2.2.1. Variación de la densidad en función del día de elaboración del yogurt.

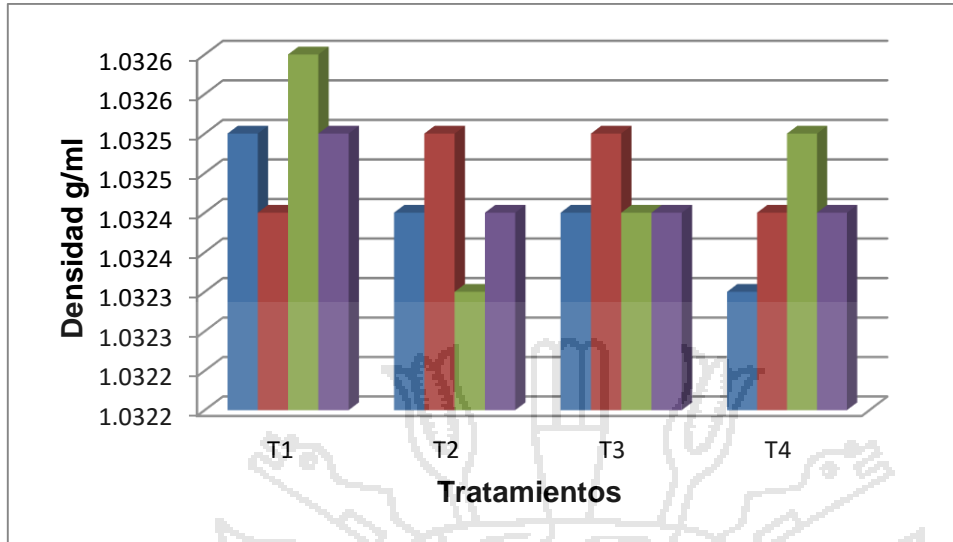
En el Cuadro 15 se puede observar la variación de la densidad de la leche en mínima cantidad. Esto fue muy necesario para un mayor control del yogurt, por realizarse el procesamiento de los tratamientos en diferentes días.

Cuadro 15. Densidad de la leche antes de la adición de proteína.

| Repetición | T1 | T2 | T3 | T4 |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| R1 | 1.0325 | 1.0324 | 1.0324 | 1.0323 |
| R2 | 1.0324 | 1.0325 | 1.0325 | 1.0324 |
| R3 | 1.0326 | 1.0323 | 1.0324 | 1.0325 |
| Promedio | 1.0325 | 1.0324 | 1.0324 | 1.0324 |

En la Figura 4 se puede observar con mayor claridad la diferencia de las densidades en la leche de acuerdo a las tres repeticiones que se realizó con sus respectivos promedios, sin embargo los promedios que nos dan según las repeticiones del Cuadro 15 están dentro de los parámetros aceptables como lo menciona (Amiot, 1991).

Figura 4. Control de la densidad de la Leche.



En el siguiente Cuadro 16 se puede apreciar que al realizar el análisis de varianza en la densidad de la leche de acuerdo al Cuadro 15 con tres repeticiones dio un resultado significativo, esto se debe a los diferentes días de control para los tratamientos, además no existirá influencia de la densidad de la leche de un día para otro para el procesamiento del yogurt por estar la leche dentro de los parámetros como se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 16. Análisis de varianza con respecto a la Densidad

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------|------|------------|-------------|------|---------|
| Tratamientos | 3 | 0.00000002 | 0.066666667 | 0.80 | 0.52 |
| Error exp. | 8 | 0.66666667 | 0.083333333 | | |
| Total | 11 | 0.86666667 | | | |

4.2.2.2. Variación de la acidez en función del nivel de adición de proteína concentrada

En el Cuadro 17 se presenta los datos obtenidos de la acidez titulable en °D de la leche con adición de proteína concentrada de quinua antes del pasteurizado, y se puede observar que existe un ligero incremento en la acidez de la leche por la adición de concentrado proteico de quinua, pero este aumento se encuentra dentro de los límites tal como señala Alais (1984).

Cuadro 17. Contenido de acidez titulable de la leche.

| Repetición | T1 | T2 | T3 | T4 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 18.00 | 18.30 | 18.50 | 18.60 |
| R2 | 18.20 | 18.60 | 18.60 | 18.50 |
| R3 | 18.50 | 18.50 | 18.50 | 18.70 |

En el Cuadro 18 se puede observar el análisis de varianza realizado a la leche con adición de proteína concentrada de quinua en los diferentes tratamientos, resultando significativo al superar el Fc con un 3.06 al F tabular igual al 0.0918, mostrando un ligero incremento en la acidez de la leche por la adición de proteína concentrada tal como lo menciona Amiot (1991) que esto contribuye a la acidez de la leche.

Cuadro 18. Análisis de varianza con respecto a la acidez titulable de la Leche

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------|------|----------|----------|------|---------|
| Tratamientos | 3 | 0.229167 | 0.076389 | 3.06 | 0.0918 |
| Error exp. | 8 | 0.200000 | 0.025000 | | |
| Total | 11 | 0.429167 | | | |

4.3. RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL

Los análisis realizados al producto final fueron físicos, químicos y microbiológicos esto ya con la adición de concentrado proteico de quinua en el yogurt elegido por los panelistas mediante el análisis sensorial.

4.3.4. Análisis y Variaciones Químicas

4.3.4.1. Respecto a la Acidez

Al realizar el análisis para determinar la acidez del yogurt con adición de proteína concentrada de los tratamientos 1 y 2 elegidos por los panelistas. Se obtuvo los siguientes resultados para el tratamiento 1 con 0% de proteína tuvo 0.85% de ácido láctico y para el tratamiento 2 con 1% de proteína dio un 0.70% de ácido láctico, ambos tratamientos están dentro de los parámetros mencionados por Sandoval y Giurfa (2001).

4.3.4.2. Respecto a las Proteínas

El porcentaje de proteína contenida en los tratamientos (T1) y (T2) de los yogures con adición de proteína concentrada al 0% y 1% respectivamente, dio resultados esperados como mencionan Robinson y Tamime(1991), esto debido a la concentración de proteína en el tratamiento (T1) con un resultado de 3.76% en promedio, en el (T2) por adición y concentración de proteína que dio un promedio de 4.32% de la misma, tal como se observa en el Cuadro 19. Para la determinación de proteína en el yogurt se siguió la metodología mostrada en el Anexo V realizando dos repeticiones (R1) y (R2).

Cuadro 19. Porcentaje de proteína en el tratamiento 1 y 2

| Tratamiento | % proteico | |
|-------------|------------|-------|
| | T1 | T2 |
| R1 | 3.63% | 4.15% |
| R2 | 3.90% | 4.49% |
| Promedio | 3.76% | 4.32% |

4.3.5. Análisis y Variaciones Físicas

4.3.5.1. Respecto al pH

En el Cuadro 20 se observa las variaciones del pH en el yogurt batido al final del proceso de fermentación, esto por el porcentaje de adición de proteína concentrada de quinua en el yogurt, y el pH se encuentra entre 4.7 y 5.1 en los diferentes tratamientos estudiados, estando en el límite para la formación de gel como lo menciona Spreer (1991).

Cuadro 20. pH al final del proceso de fermentación.

| Repetición | T1 | T2 | T3 | T4 |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| R1 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.9 |
| R2 | 5.1 | 4.8 | 4.8 | 4.8 |
| R3 | 5.0 | 4.9 | 4.7 | 4.7 |
| Promedio | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.8 |

Cuadro 21. Análisis de Varianza con respecto al pH al final del proceso de fermentación

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------|------|----------|----------|------|---------|
| Tratamientos | 3 | 0.129167 | 0.043056 | 8.61 | 0.0069 |
| Error exp. | 8 | 0.0400 | 0.00500 | | |
| Total | 11 | 0.169167 | | | |

En el Cuadro 21 se puede observar que existe significancia en los tratamientos con adición de concentrado proteico de quinua en el yogurt en comparación al yogurt que no tiene concentrado proteico, por ser el Fc igual a 8.61, siendo esto superior al F tabular, por lo que al realizar la comparación Duncan se puede determinar que el tratamiento (T1) es diferente a los demás tratamientos.

4.3.6. Análisis Microbiológicos

Los resultados de los análisis microbiológicos se muestran en el Cuadro 22 con la finalidad de observar si el trabajo de investigación realmente cumple las especificaciones técnicas en el manejo del alimento a procesar.

Cuadro 22. Resultado de los análisis microbiológicos a los tratamientos 1 y 2.

| MICROORGANISMOS | T1 | T2 | NORMA TECNICA SANITARIA |
|-----------------|-----------|-----------|--------------------------------------|
| Coliformes | Ausente | Ausente | Min 10 – Max. 10 ² ufc/ml |
| Mohos | Ausente | Ausente | Min 10 – Max. 10 ² ufc/ml |
| Levaduras | 60 ufc/ml | 70 ufc/ml | Min 10 – Max. 10 ² ufc/ml |

En el Cuadro 22 se observa los resultados del Análisis microbiológico realizado a los tratamientos (T1) y (T2), se consideró la determinación de Coliformes, mohos y levaduras, cuyos resultados están por debajo de los requisitos establecidos según la Norma Técnica Sanitaria del Ministerio de Salud, que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad R.M. N°591 – 2008-SA se aprobó la NTS N°071.

Por todo lo mencionado anteriormente se puede concluir que son APTOS para el consumo humano; por lo que se puede afirmar que hubo buen manejo en el procesamiento del yogurt.

4.5. RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial realizado por 10 panelistas semi entrenados se presenta a continuación:

4.5.5. Respecto al Sabor

Los resultados obtenidos en la prueba sensorial respecto al sabor se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Resultados del análisis sensorial respecto al sabor.

| Panelista | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|----|----|----|----|
| 1 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 2 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| 3 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 5 | 5 | 3 | 3 | 2 |
| 6 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| 7 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 8 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| 9 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 10 | 5 | 4 | 2 | 2 |

En el Cuadro 23 con respecto al análisis sensorial del sabor se realizó el análisis de variancia con la ayuda del programa computacional SAS cuyo resultado se puede observar en el Cuadro 24. Donde el F calculado para tratamientos es de 30.64 el cual es ampliamente superior al valor F tabulado con $\alpha = 0.05$ inclusive superando el valor de F tabular con $\alpha = 0.01$ por lo que se concluye que es altamente significativo, esto implica que el sabor en los tratamientos son diferentes, esto obliga a realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan.

Cuadro 24. Análisis de varianza con respecto al sabor

| F. de V. | G. L. | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------------|-------|-------|---------|-------|---------|
| Tratamientos | 3 | 43.40 | 14.4667 | 30.64 | ** |
| Error experimental | 36 | 17.00 | 0.4722 | | |
| Total | 39 | 60.40 | | | |

El coeficiente de variabilidad dio como resultado 21.47%, por la diferente percepción de los panelistas, es necesario realizar la prueba de comparación de Duncan, para esto obtenemos los promedios de los tratamientos como se muestra en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Promedio de los tratamientos con respecto al sabor

| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Promedios | 4.4 | 3.9 | 2.8 | 1.7 |

Para comparar los promedios con respecto al sabor se determinó la desviación estándar de promedios aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{CME}{t}}$$

Donde CME es el Cuadrado Medio del Error tomado del ANVA del Cuadro 24 que fue 0.4722 y t es el número de respuestas individuales de los 10 panelistas en este caso t es igual a 10.

$$S = \sqrt{\frac{0.4722}{10}} = 0.2173$$

Luego se obtuvieron los valores de las Amplitudes Estudentizadas significativas de la Tabla de Duncan con los grados de libertad del error experimental que es 36 y $\alpha = 0.05$, los valores obtenidos de la tabla de Duncan se multiplicaron con la desviación estándar de promedios que es igual a 0.2173 obteniéndose las Amplitudes Límites de Significación de Duncan (ALS (D)) que se presentan a continuación.

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| p: | 2 | 3 | 4 |
| ALS(D) | 0.6233 | 0.6552 | 0.6761 |

Ahora iniciamos las comparaciones entre los promedios de tratamientos por pares, el promedio más alto con el más bajo, en orden de merito; cada diferencia de promedios se considera significativo, si excede la respectiva amplitud límite de significación, tal como se muestra en el Cuadro 26:

Cuadro 26. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el sabor.

| Diferencia de Promedios | Amplitud | Significancia |
|-------------------------|--------------------|---------------|
| T1 – T4 = 2.7 | ALS(D)[4] = 0.6761 | ** |
| T1 – T3 = 1.6 | ALS(D)[3] = 0.6552 | ** |
| T1 – T2 = 0.5 | ALS(D)[2] = 0.6233 | NS |
| T2 – T4 = 2.2 | ALS(D)[3] = 0.6552 | ** |
| T2 – T3 = 1.1 | ALS(D)[2] = 0.6233 | ** |
| T3 – T4 = 1.1 | ALS(D)[2] = 0.6233 | ** |

Las comparaciones entre las medias se presentan en el siguiente Cuadro 27.

Cuadro 27. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para sabor.

| Tratamiento | Promedios | Duncan ($P \leq 0.05$) |
|-------------|-----------|--------------------------|
| T1 | 4.4 | a |
| T2 | 3.9 | a |
| T3 | 2.8 | b |
| T4 | 1.7 | c |

Al realizar las comparaciones con la muestra testigo que es el tratamiento (T1) con respecto a los demás tratamientos (T3) y (T4) estos últimos son altamente significativos, pero no así con el tratamiento (T2) por lo cual se puede decir que el tratamiento (T2) con adición de proteína concentrada de quinua al 1% es la que mayor aceptación a tenido juntamente con el tratamiento (T1) con respecto al sabor de acuerdo al Cuadro 27, esto nos indica que las proteínas influyen en el yogurt con respecto al sabor como lo menciona Mahaut *et al.*(2004).

4.5.6. Respecto al Olor

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial con respecto al atributo del olor de los tratamientos se muestran en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Resultados del análisis sensorial obtenidos con respecto al olor.

| Panelista | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|----|----|----|----|
| 1 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 2 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 4 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 6 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 7 | 4 | 5 | 1 | 1 |
| 8 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| 9 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| 10 | 4 | 4 | 2 | 1 |

Respecto al atributo olor del yogurt adicionado con concentrado proteico de quinua, se hizo el análisis de varianza con los datos obtenidos por los panelistas citado en el Cuadro 28, esto con la ayuda del paquete estadístico SAS cuyos resultados se muestra en el Cuadro 29, encontrando diferencias estadísticas altamente significativas al observar que el F calculado es de 41.09 superando el F tabular $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ para observar que el tratamiento difiere mas de los demás es necesario realizar la prueba de comparación de múltiple de Duncan para las pruebas testigo o control.

Cuadro 29. Análisis de varianza con respecto al olor

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------------|------|---------|---------|-------|---------|
| Tratamientos | 3 | 48.2750 | 16.0917 | 41.09 | ** |
| Error experimental | 36 | 14.1000 | 0.3917 | | |
| Total | 39 | 62.3750 | | | |

El coeficiente de variabilidad para garantizar el cálculo estadístico dio un valor de 20.026% de variación entre panelistas.

Para realizar la prueba de comparación de Duncan es necesario contar con los promedios de los tratamientos de la escala hedónica con respecto al Olor tal como se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Promedio de los tratamientos con respecto al olor

| | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| Promedios | 4.4 | 4.0 | 2.3 | 1.8 |

Para la prueba de comparación múltiple de Duncan para el olor se determinó la desviación estándar de promedios, considerando el Cuadrado Medio del Error tomado del ANVA del Cuadro 29, así como el número de respuestas individuales que es igual a 10, obteniendo lo siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{CME}{t}} = \sqrt{\frac{0.3917}{10}} = 0.1979$$

Para obtener los valores de las amplitudes estudentizadas significativas se recurrió a la tabla de Duncan, tomando en consideración los grados de libertad del error y $\alpha = 0.05$, los datos obtenidos se multiplicaron con 0.1979 obteniendo las Amplitudes Límites de Significación Duncan (ALS (D)) que a continuación se presentan:

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| p: | 2 | 3 | 4 |
| ALS(D) | 0.5676 | 0.5967 | 0.6157 |

A continuación se hizo las comparaciones entre los promedios de los tratamientos, el promedio mas alto con el más bajo, se considera significativo si excede la amplitud límite de significación, como se presenta en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el olor.

| Diferencia de Promedios | Amplitud | Significancia |
|-------------------------|--------------------|---------------|
| T1 – T4 = 2.6 | ALS(D)[4] = 0.6157 | ** |
| T1 – T3 = 2.1 | ALS(D)[3] = 0.5967 | ** |
| T1 – T2 = 0.4 | ALS(D)[2] = 0.5676 | NS |
| T2 – T4 = 2.2 | ALS(D)[3] = 0.5967 | ** |
| T2 – T3 = 1.7 | ALS(D)[2] = 0.5676 | ** |
| T3 – T4 = 0.5 | ALS(D)[2] = 0.5676 | * |

Se presentan en el Cuadro 32 las comparaciones entre las medias para observar los tratamientos no relacionados, es decir todos los tratamientos contra todos a fin de establecer un orden de meritos.

Cuadro 32. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para olor.

| Tratamiento | Promedios | Duncan ($P \leq 0.05$) |
|-------------|-----------|--------------------------|
| T1 | 4.4 | a |
| T2 | 4.0 | a |
| T3 | 2.3 | b |
| T4 | 1.8 | b |

Al realizar la prueba de comparación Duncan se puede observar del Cuadro 32 que los tratamientos (T1) y (T2) tienen resultados similares en su aceptación con respecto al olor, y existe diferencia significativa de los tratamientos (T3) y (T4), con respecto a la muestra testigo, esto debido al olor fuerte que conserva la proteína concentrada de quinua adicionada al yogurt tal como lo indica Mahaut *et al*, (2004).

4.5.7. Respecto al Color

Los resultados del análisis sensorial con respecto al atributo del color se presentan en el Cuadro 33 para su utilización en el programa estadístico SAS.

Cuadro 33. Resultados del análisis sensorial con respecto al color.

| Panelista | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|----|----|----|----|
| 1 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 3 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| 4 | 5 | 4 | 4 | 2 |
| 5 | 4 | 5 | 3 | 1 |
| 6 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 7 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 8 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 9 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| 10 | 5 | 4 | 2 | 2 |

Los resultados con respecto al color del yogurt adicionado con proteína concentrada de quinua, se utilizó el paquete estadístico SAS, utilizando los datos de la escala hedónica mostrados en el Cuadro 33; los resultados del análisis de varianza con respecto al color se muestran en el Cuadro 34.



Cuadro 34. Análisis de varianza con respecto al color

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------------|------|---------|---------|-------|---------|
| Tratamientos | 3 | 39.2750 | 13.0917 | 30.02 | ** |
| Error experimental | 36 | 15.7000 | 0.4361 | | |
| Total | 39 | 54.9750 | | | |

En el análisis de varianza del Cuadro 34 se puede observar que también existe diferencia significativa por la adición de proteína concentrada de quinua en el yogurt entre los tratamientos, resultando el valor de F calculado igual a 30.02 superando el F tabular de $\alpha = 0.05$ inclusive al $\alpha = 0.01$, por lo que es necesario realizar la prueba de comparación Duncan, ya que el Análisis de Varianza es significativo, y el coeficiente de variabilidad dio un resultado de 21.83% esto debido a la evaluación de diferentes panelistas que tienen percepción no tan similar de acuerdo a la vista. Para tomar una mejor decisión se requiere de los promedios de los tratamientos con respecto al color como se muestra en el Cuadro 35, esto con la finalidad de realizar la prueba de comparación de Duncan como sugiere Ibañez (2009).

Cuadro 35. Promedio de los tratamientos con respecto al color

| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Promedios | 4.0 | 3.9 | 2.6 | 1.6 |

Para comparar los 4 promedios con respecto al color se calcularon los valores de amplitud, considerando el Cuadrado Medio del Error y las respuestas individuales que son 10 obtenido del Cuadro 34 obteniendo la siguiente desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{CME}{t}} = \sqrt{\frac{0.4361}{10}} = 0.2088$$

Los valores de las amplitudes estudentizadas significativas se obtuvo de la Tabla de Duncan con los grados de libertad del error experimental que es 36 y $\alpha = 0.05$, los datos obtenidos se multiplicaron con 0.2088 obteniendo las Amplitudes Límites de Significación Duncan (ALS (D)) que es como sigue:

| p: | 2 | 3 | 4 |
|--------|--------|--------|--------|
| ALS(D) | 0.5990 | 0.6297 | 0.6497 |

Luego se realizó las comparaciones entre los promedios de los tratamientos, como en los anteriores casos, se considera significativo si excede la amplitud límite de significación, como se presenta en el Cuadro 36.

Cuadro 36. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para el color.

| Diferencia de Promedios | Amplitud | Significancia |
|-------------------------|--------------------|---------------|
| T1 – T4 = 2.4 | ALS(D)[4] = 0.6497 | ** |
| T1 – T3 = 1.4 | ALS(D)[3] = 0.6297 | ** |
| T1 – T2 = 0.1 | ALS(D)[2] = 0.5990 | NS |
| T2 – T4 = 2.3 | ALS(D)[3] = 0.6297 | ** |
| T2 – T3 = 1.3 | ALS(D)[2] = 0.5990 | ** |
| T3 – T4 = 1.0 | ALS(D)[2] = 0.5990 | ** |

En el Cuadro 37 se presentan las comparaciones entre las medias para observar los tratamientos no relacionados.

Cuadro 37. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para color.

| Tratamiento | Promedios | Duncan ($P \leq 0.05$) |
|-------------|-----------|--------------------------|
| T1 | 4.0 | a |
| T2 | 3.9 | a |
| T3 | 2.6 | b |
| T4 | 1.6 | c |

Realizando la prueba de comparación de Duncan con todos los tratamientos con respecto a la muestra testigo que no contenía proteína concentrada de quinua se puede observar en el Cuadro 37 que existe diferencias significativas del tratamiento (T3) y (T4) esto debido a la presencia de puntos marrones en el yogurt además de presencia de grasa propiamente de la leche como lo indica (Amiot, 1991) y no así con el tratamiento (T2) que fue adicionada con solo 1% de proteína, por lo tanto se puede indicar que el tratamiento (T1) y (T2) son elegidos para mayores pruebas como lo es el de la vida Útil del yogurt.

4.5.8. Respecto a la Textura

Los resultados del análisis sensorial realizado con respecto a la textura del yogurt adicionado con proteína concentrada de quinua en los diversos tratamientos, se muestran en el Cuadro 38.

Cuadro 38. Resultados del análisis sensorial respecto a la textura.

| Panelista | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|----|----|----|----|
| 1 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| 2 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| 3 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 4 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| 6 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 7 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| 8 | 5 | 5 | 3 | 1 |
| 9 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 10 | 5 | 4 | 3 | 2 |

Para obtener los resultados con respecto a la textura del yogurt adicionado con proteína concentrada de quinua, se utilizó el paquete estadístico SAS utilizando los datos de la escala hedónica mostrados en el Cuadro 38, estos resultados se muestran en el Cuadro 39.

Cuadro 39. Análisis de varianza con respecto a la textura

| F. de V. | G. L | S. C. | C.M. | Fc. | Signif. |
|--------------------|------|-------|---------|-------|---------|
| Tratamientos | 3 | 48.50 | 16.1667 | 39.86 | ** |
| Error experimental | 36 | 14.60 | 0.4056 | | |
| Total | 39 | 63.10 | | | |

Según el Cuadro 39 observamos que existe diferencia significativa para el caso de textura con respecto al valor de F calculado que resultó con un 39.86 superando el F tabular de $\alpha = 0.05$ hasta el $\alpha = 0.01$, por lo que es necesario ejecutar la prueba de comparación Duncan; para decidir el tratamiento que utilizaremos para el estudio de vida útil, para esto es necesario los promedios de los tratamientos con respecto a la textura como se muestra en el Cuadro 40.

El coeficiente de variabilidad para textura dio un resultado de 20.22%, es necesario realizar esto para observar que tan distantes estuvieron los panelistas al probar los yogures con diferentes porcentajes de adición de proteína concentrada.

Cuadro 40. Promedio de los tratamientos con respecto a la textura.

| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Promedios | 4.5 | 3.8 | 2.7 | 1.6 |

Para la prueba de comparación múltiple de Duncan para textura se determinó la desviación estándar de promedios, considerando el Cuadrado Medio del Error así como el número de respuestas individuales que es igual a 10, obteniendo la siguiente desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{CME}{t}} = \sqrt{\frac{0.4056}{10}} = 0.2014$$

Los valores de las amplitudes estudentizadas significativas se obtuvieron de la Tabla de Duncan de acuerdo con los grados de libertad del error que es 36 y la $\alpha = 0.05$, los valores conseguidos se multiplicaron con 0.2014 y así se obtuvo las Amplitudes Límites de Significación Duncan (ALS (D)) que a continuación se muestran:

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| p: | 2 | 3 | 4 |
| ALS(D) | 0.5776 | 0.6072 | 0.6265 |

Luego se realizó las comparaciones entre los promedios de los tratamientos para observar las diferencias que existen, es significativo si excede la amplitud límite de significación, como se muestra en el Cuadro 41.

Cuadro 41. Resultado de las comparaciones entre medias según el método de comparación de Duncan para la textura.

| Diferencia de Promedios | Amplitud | Significancia |
|-------------------------|--------------------|---------------|
| T1 – T4 = 2.9 | ALS(D)[4] = 0.6265 | ** |
| T1 – T3 = 1.8 | ALS(D)[3] = 0.6072 | ** |
| T1 – T2 = 0.7 | ALS(D)[2] = 0.5776 | * |
| T2 – T4 = 2.2 | ALS(D)[3] = 0.6072 | ** |
| T2 – T3 = 1.1 | ALS(D)[2] = 0.5776 | ** |
| T3 – T4 = 1.1 | ALS(D)[2] = 0.5776 | ** |

En el Cuadro 41 se puede observar para el caso de la textura todos los tratamientos son significativos al superar la amplitud límite de significancia, en el Cuadro 42 presentamos el cuadro resumen de comparaciones.

Cuadro 42. Resumen de las comparaciones entre medias según las comparaciones múltiples de Duncan para Textura.

| Tratamiento | Promedios | Duncan ($P \leq 0.05$) |
|-------------|-----------|--------------------------|
| T1 | 4.5 | a |
| T2 | 3.8 | b |
| T3 | 2.7 | c |
| T4 | 1.6 | d |

Después de realizar la prueba de comparación de Duncan con respecto a los tratamientos de acuerdo al Cuadro 42 se observa que hay diferencias entre todos, esto se debe a la presencia de gránulos en diferentes proporciones, por lo que la textura es diferente en el yogurt por presencia de proteína concentrada de quinua tal como lo menciona (Giese, 1994). Por todas las evaluaciones sensoriales y de acuerdo a los cuadros estadísticos y las comparaciones se eligió el tratamiento y (T2) para la evaluación de vida útil por ser más aceptable juntamente con el tratamiento (T1).

4.6. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA VIDA UTIL

Para la determinación de vida útil del yogurt batido adicionado con proteína concentrada de quinua se tomó el tratamiento (T2) que tuvo una adición de 1% de proteína, por ser el tratamiento que estadísticamente tuvo mayor aceptabilidad juntamente con el tratamiento (T1).

Para realizar la determinación de vida útil del Yogurt batido se recurrió a la metodología de pruebas aceleradas como es la ecuación de Arrhenius, tomando en cuenta para este análisis como indicador el índice de peróxidos, los resultados se muestran en el Cuadro 43.

Cuadro 43. Resultados de la determinación del índice de peróxidos en el Yogurt batido expresados en meq/g.

| Envase | Temperaturas °C | Días | | | |
|---------------------|-----------------|------|------|------|------|
| | | 0 | 4 | 8 | 12 |
| Polietileno PEAD | 05 | 2.52 | 3.53 | 4.72 | 6.83 |
| | 15 | 2.52 | 3.62 | 5.32 | 7.64 |
| | 25 | 2.52 | 4.73 | 6.13 | 8.71 |
| Polipropileno PP | 05 | 2.52 | 3.60 | 3.89 | 6.86 |
| | 15 | 2.52 | 3.72 | 5.98 | 8.02 |
| | 25 | 2.52 | 3.78 | 7.90 | 8.65 |

En el Cuadro 43 se puede observar que el índice de peróxidos en los dos tipos de envase como lo es el de Polietileno de Alta Densidad y el Polipropileno, está dentro del rango que la FAO/OMS menciona a través del Codex Alimentarius que el yogurt es aceptable para el consumo humano hasta valores de 10 meq/g. Para el caso de 15°C que es la

temperatura cercana a la temperatura ambiente de nuestra zona a los 12 días esta dentro del rango de aceptabilidad para el consumo humano.

4.6.3. Estimación de la Vida Útil de Yogurt Batido envasado en Botellas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

Para la estimación de la vida útil del yogurt batido adicionado con proteína concentrada de quinua se ha determinado el orden de reacción cero como lo recomienda Fennema (2004), así mismo el empleo de una ecuación de orden cero es útil en la descripción de procesos como en la oxidación de lípidos que lleva al desarrollo de olores rancios. Para esto se estimó las constantes de velocidades k para cada temperatura de almacenamiento (5° , 15° y 25°) como se muestra en el Cuadro 44.

Cuadro 44. Estimación de la constante de velocidad k para cada temperatura de almacenamiento y envase de PEAD.

| Temperatura | Slope (k) | Intercepto | R ² |
|-------------|-----------|------------|----------------|
| 5 | 0.3530 | 2.282 | 0.9679 |
| 15 | 0.4265 | 2.216 | 0.9751 |
| 25 | 0.4993 | 2.527 | 0.9885 |

En el Cuadro 44, se observa que el slope (k) es la pendiente de la Ecuación que se obtiene por regresión lineal calculado para cada temperatura de almacenamiento para los envases de PEAD. Así mismo siguiendo la metodología de reacción de orden cero, se tuvo que calcular la inversa de la temperatura de almacenamiento transformando previamente de grados Celsius a grados Kelvin, a la vez se calculó el logaritmo neperiano de los valores (k) que es la constante de velocidad como se puede observar en el Cuadro 45, con los valores calculados del Cuadro 45 se procedió a graficarlos como se muestra en la Figura 5.

Cuadro 45. Cálculo de $1/T$ y $\ln(k)$ para los envases de PEAD.

| Temperatura T (°C) | Slope (k) | Temp. (°K) | 1/T | Ln(k) |
|-----------------------|-----------|------------|------------|-------------|
| 5 | 0.3530 | 278.12 | 0.00359557 | -1.04128722 |
| 15 | 0.4265 | 288.12 | 0.00347078 | -0.85214291 |
| 25 | 0.4993 | 298.12 | 0.00335435 | -0.69464831 |

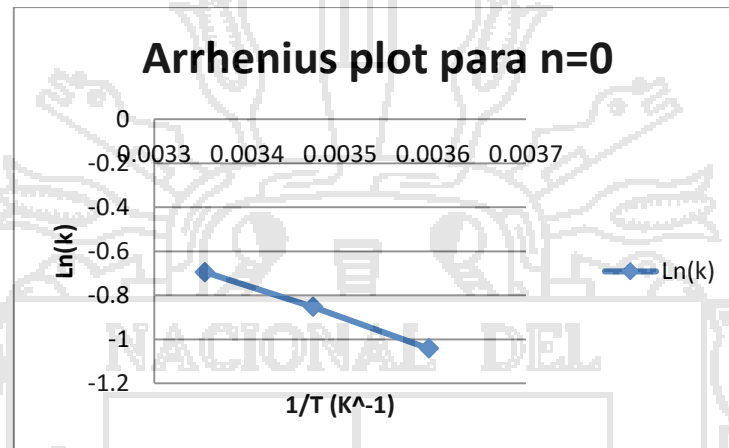
La ecuación que se puede obtener por regresión lineal de 1/T y Ln(k) es la siguiente:

$$\ln(k) = 4.132171 - 1437.964T \quad \text{Ec. 01}$$

Obteniendo así mismo el coeficiente de determinación (R²) que es:

$$R^2 = 0.998934$$

Figura 5. Grafico de Ln(k) versus 1/T para la estimación de vida útil en envases de PEAD.



Después de encontrar la ecuación (01) se procedió a realizar las predicciones del factor k que es la constante de velocidad, para luego calcular el tiempo de vida útil correspondiente a una temperatura dada. En este caso se tomo la temperatura referente de 10 °C, primeramente transformando a grados Kelvin obteniendo un valor de 283.12°K, posteriormente invirtiendo este valor dándonos 0.00353207K⁻¹ el cual se reemplazo en la ecuación 01 para obtener el valor de Kc que es el valor de K calculado.

$$Kc = 4.132171 - 1437.964 * 0.00353207$$

$$Kc = -0.9468185$$

El valor Kc obtenido se elevo a EXP para obtener K que es la constante que depende de la temperatura dándonos un resultado de K = 0.387973, finalmente para estimar la vida útil se recurrió a la siguiente ecuación:

$$Q_s = \frac{A_e - A_0}{K} \quad \dots\dots\dots \text{Ec. 02}$$

Donde: A_e = 10meq/g que es el índice de peróxidos permitido para el consumo humano.

A₀ = 2.52 meq/g que es el contenido del índice de peróxidos al inicio de la prueba.

Reemplazando en la ecuación (02) los datos de A_e , A_0 y K obtendremos que $Q_s = 19.27$ días de vida útil para el yogurt batido envasado en botellas de Polietileno de Alta Densidad y almacenados a 10°C .

4.6.4. Estimación de la vida útil del yogurt batido envasado en frasco de polipropileno (PP)

Al igual que para el envase de polietileno de alta densidad, se estimó la vida útil del yogurt batido adicionado con proteína concentrada de quinua con el orden de reacción cero como lo recomienda Fennema (2004). Para esto se estimó las constantes de velocidades k para cada temperatura de almacenamiento (5° , 15° y 25°) como se muestra en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Estimación de la constante de velocidad k para cada temperatura de almacenamiento y envase de PP.

| Temperatura | Slope (k) | Intercepto | R^2 |
|-------------|-----------|------------|--------|
| 5 | 0.33275 | 2.221 | 0.8556 |
| 15 | 0.46900 | 2.246 | 0.9855 |
| 25 | 0.56275 | 2.336 | 0.9266 |

En el Cuadro 46, se muestra que el slope (k) es la pendiente de la Ecuación obtenida por regresión lineal, se obtuvo para cada temperatura de almacenamiento para los envases de polipropileno. Como en el caso anterior se calculó la inversa de la temperatura que previamente se transformó los grados Celsius a grados Kelvin, la metodología fue la reacción de orden cero, a la vez se determinó el logaritmo neperiano de los valores (k) que es la constante de velocidad como se puede observar en el Cuadro 47. luego de determinar los valores se procedió a graficar como se muestra en la Figura 6.

Cuadro 47. Cálculo de $1/T$ y $\ln(k)$ para el envase de PP.

| Temperatura T ($^\circ\text{C}$) | Slope (k) | Temp. ($^\circ\text{K}$) | $1/T$ | $\ln(k)$ |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------|------------|-------------|
| 5 | 0.33275 | 278.12 | 0.00359557 | -1.10036382 |
| 15 | 0.46900 | 288.12 | 0.00347078 | -0.75715251 |
| 25 | 0.56275 | 298.12 | 0.00335435 | -0.57491979 |

La ecuación que se obtuvo por regresión lineal de $1/T$ y $\ln(k)$ para el envase de Polipropileno del Cuadro 47 es la siguiente:

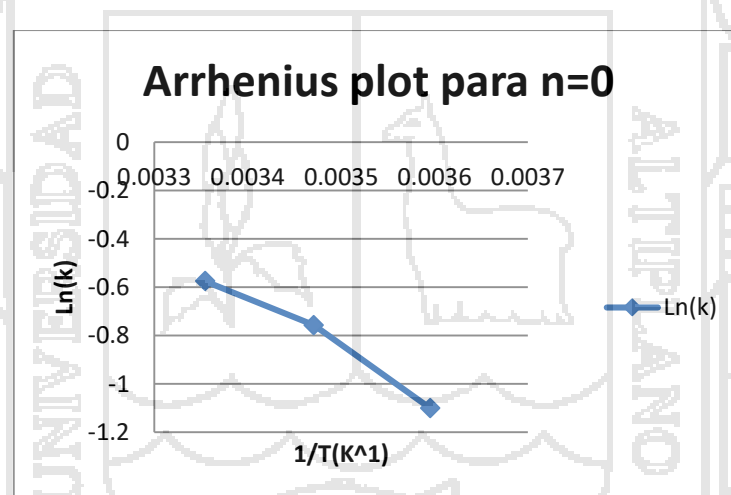
$$\ln(k) = 6.7793196 - 2185.112T \quad \text{Ec. 03}$$

Obteniendo así mismo el coeficiente de determinación (R^2) que es:

$$R^2 = 0.97614742$$

Después de encontrar la ecuación 03, se procedió a las predicciones del factor k que es la constante de velocidad, para luego calcular el tiempo de vida útil correspondiente a una temperatura dada.

Figura 6. Grafico de $\ln(k)$ versus $1/T$ para la estimación de vida útil en envases de PP.



En este caso se tomó la temperatura referente de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, primeramente transformando los grados Celsius a grados Kelvin obteniendo un valor de $283.12\text{ }^{\circ}\text{K}$, posteriormente invirtiendo este valor dando 0.00353207 k^{-1} el cual se reemplazó en la ecuación 01 para obtener el valor de K_c que es el valor de K calculado.

$$K_c = 6.7793196 - 2185.112 \cdot 0.00353207$$

$$K_c = -0.93864894$$

El valor K_c obtenido fue elevado a EXP para finalmente obtener el factor K dándonos un resultado de $K = 0.39115595$, finalmente para estimar la vida útil recurrimos a la siguiente ecuación:

$$Q_s = \frac{A_e - A_0}{K} \dots\dots\dots \text{Ec. 04}$$

Donde: $A_e = 10 \text{ meq/g}$ que es el índice de peróxidos permitido para el consumo humano.

$A_0 = 2.52 \text{ meq/g}$ que es el contenido del índice de peróxidos al inicio de la prueba.

Reemplazando en la Ecuación (04) los datos de A_e , A_0 y K dando como resultado $Q_s = 19.12$ días de vida útil para el yogurt batido envasado en botellas de Polipropileno y almacenado a 10°C .

Después de haber realizado los cálculos de pruebas de vida útil para el tratamiento T2, que contenía una adición de 1% de proteína concentrada de quinua en el yogurt batido, en los dos envases como son: polietileno de alta densidad y el polipropileno. Se pudo apreciar que el envase de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), tendrá una duración de 19.27 días de tiempo de vida útil, esto mantenido a una temperatura de 10°C ; y el yogurt conservado en un envase de Polipropileno (PP) a la misma temperatura de 10°C tendrá una duración de 19.12 días. Esto indica que para todo producto con diferentes características existe un envase propio que proporcionará una mayor conservación, por lo tanto es muy útil investigar el tipo de envase a utilizar para un producto.

De acuerdo a los ensayos obtenidos se puede afirmar que el envase de Polietileno de Alta Densidad es el recomendado para una mayor conservación del yogurt con adición de concentrado de quinua, por tener ligera ventaja en comparación al producto envasado en polipropileno, tal como la mayoría de los autores refieren para el envasado del yogurt, por ser más impermeable al vapor de agua y a los gases que el Polietileno de Baja Densidad, también ofrece mayor resistencia al paso de olores y aromas (Rodríguez *et al*, 2003).

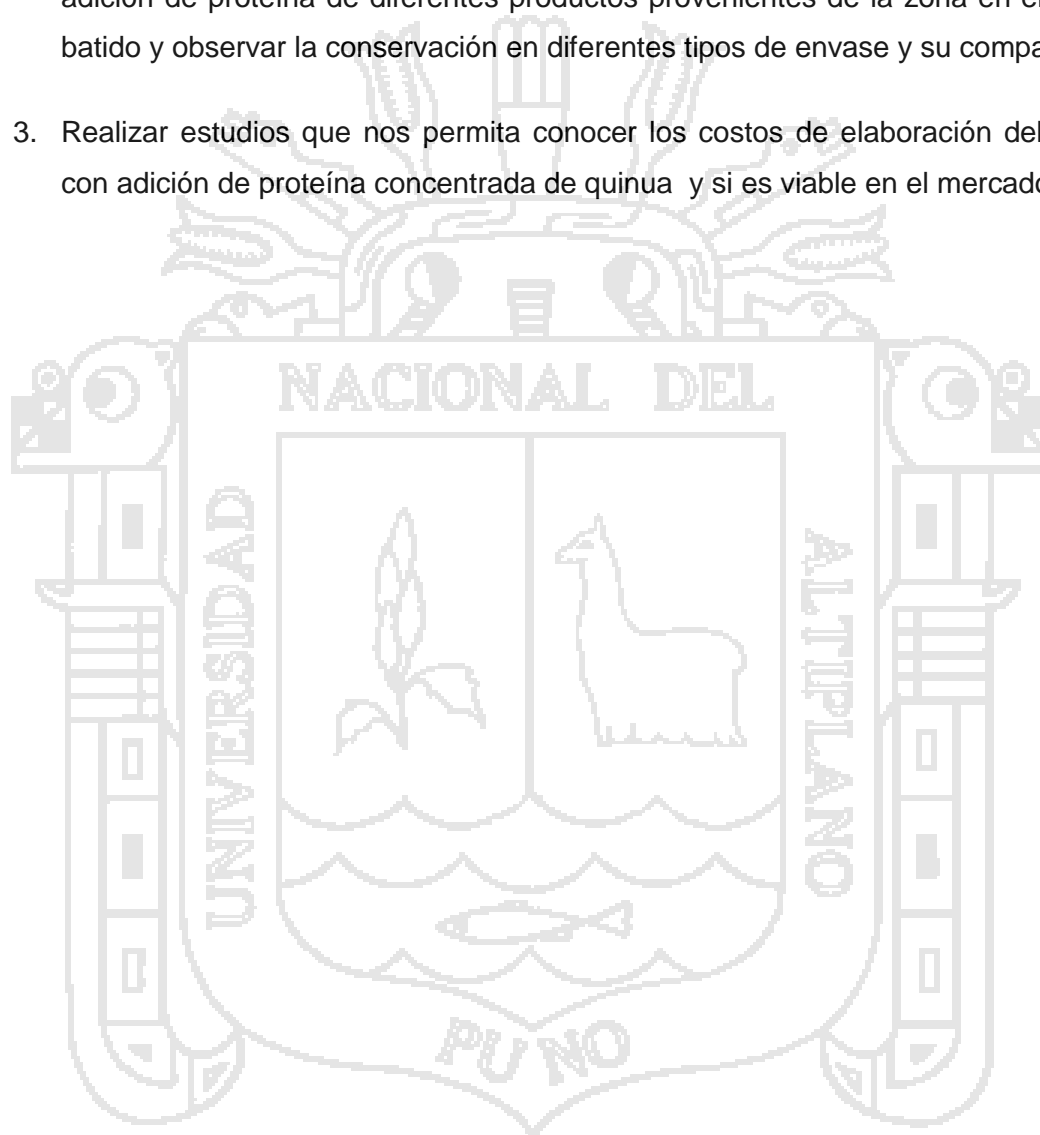
V. CONCLUSIONES

Al concluir la investigación del presente trabajo se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- El yogurt es influenciado por la adición de proteína concentrada de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de la variedad Pasankalla. El tratamiento T2 con 1% de adición proteica tuvo similar aceptación al yogurt sin concentrado proteico. Los tratamientos T3 y T4 con 1.5 y 2% respectivamente de adición proteica tuvieron diferencias significativas en comparación al yogurt sin adición proteica, esto de acuerdo a la evaluación sensorial; por el sabor predominante al adicionar mayor cantidad de proteína concentrada, la textura del yogurt también aumenta en granulosidad de acuerdo a la adición de proteína, así como su viscosidad, así mismo el color es mas pardusco.
- El yogurt batido con adición proteica de quinua puede durar un tiempo de 19.27 días en envase de Polietileno de Alta densidad a una temperatura de 10°C; y si el producto se conservara en envase de Polipropileno a la misma temperatura de 10°C podría durar un promedio de 19.12 días, tomando como referencia el índice de peróxido. Por lo que se concluye que el yogurt envasado en polietileno de alta densidad tiene una ligera ventaja en la conservación con respecto al envasado en polipropileno.

VI. RECOMENDACIONES

1. Fomentar mayor investigación de nuevos productos con diferentes proteínas provenientes de otros productos de nuestra zona, como en este caso lo es el yogurt batido con adición de proteína concentrada de quinua.
2. Realizar estudios sobre la conservación y vida en anaquel de productos con adición de proteína de diferentes productos provenientes de la zona en el yogurt batido y observar la conservación en diferentes tipos de envase y su comparación.
3. Realizar estudios que nos permita conocer los costos de elaboración del yogurt con adición de proteína concentrada de quinua y si es viable en el mercado.



VII. BIBLIOGRAFIA

- ALAIS, C. (1984), "Ciencia de la Leche, Principios de Técnica Lechera", Editorial Continental S.A. México.
- ALBARRAN C. R., (1993), "Estudio de algunos componentes químicos, caracteres morfoanatomicos y patrones proteicos en semillas de dos ecotipos de quinua (*Chenopodium quinua willd*)", Concepción, Chile. Universidad de Concepción.
- ALCAZAR, J. (2002), "Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias", Editorial Cibercopy.
- ALVAREZ, P. y ALVARADO, L. (1998), "Sistema de Aseguramiento de la Calidad en la Industria de Alimentos y Sistema HACCP".
- AMIOT, JAEN. (1991), "Ciencia y Tecnología de la Leche", Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- APAZA, V. y DELGADO, P. (2005), "Manejo y Mejoramiento de Quinua Orgánica", Estación Experimental Agraria Illpa-Puno-Perú.
- A.O.A.C. (1994), "Official Methods of analysis Association of Official Agricultural Chemist", Washington.D.C., U.S.A.
- ARANEDA GODOY, GIOVANNA., (2004), "Obtención, Caracterización y Estudio de Vida Útil de la Harina Integral de Quinua", Tesis Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas.
- BLITZ HANS – DIETER, GROSECH, WERNER, (1988), "Química de los Alimentos", Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- BORA P. y RIBEIRO D. (2004), "Food Science and Technology International" 10: 263 – 267
- CHEFTEL, J; CUD, J;LORIENT, D, (1989), Proteínas Alimentarias, Editorial Acribia, España.
- CURARE. (2006), "Péptidos de Girasol: Antecedente a los Hidrolizados Proteicos". [en línea] <<http://www.curare.com/Proteina%20Vegetal.htm>> [consulta: 24 de marzo de 2006].
- DRAKE, M. A., CHEN X. A., TAMARAPU S., LEENANON B. (2000), "Soy Protein Fortification Affects Sensory, Chemical and Microbiological Properties of Dairy Yogurts". Journal of Food Science 65(7): 1244-1247.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), (1970), "Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas", Roma- Italia, Colección Alimentación y Nutrición.
- FENNEMA, R. (1994), "Química de los Alimentos", Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- FENNEMA, R. (2004), "Química de los Alimentos", 3 ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.

- GIESE, J., (1994), "Proteins as ingredients: types, functions, applications". Food Technology
- GONZALES, M. & LOPEZ, E. (2007), "Tradicional Nutriente Andino", Revista Visión Chamánica, Edición N° 500, Bogotá- Colombia.
- IBAÑEZ, V. (2009), "Análisis y Diseño de Experimentos", Editorial Universitaria, Perú.
- JACOBSEN, S.; MUJICA, A.; PORTILLO, Z. (2001), "Memorias-Primer Taller Internacional Sobre Quinua: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción", UNALM Lima-Perú.
- KINSELLA, J. E. (1976), Functional Properties of Protein in Foods: A Survey. In Critical Rev. Food Sci. Nut.
- LEWIS, M. (1993), "Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado", Acribia, Zaragoza. España. 494 p.
- LUDEÑA, U. & CHIRINOS, G. (2000), "Guía de Elaboración de Productos Lácteos", Universidad Agraria la Molina Lima Perú.
- MAHAUT, M.; JEANTET, R.; BRULÉ, G.; SCHUCK, P. (2004), "Productos Lácteos Industriales", Editorial Acribia S.A., Zaragoza España.
- MARTIN, J. & MARTINEZ, C. (1975), "Guía del Inspector Veterinario Titular", Editorial Aedos Barcelona España.
- MAZZEO, M. (2007), "Tecnología de Lácteos", editorial universidad de caldas.
- MEYER, I. & MARCOS, R. (1982), "Control de Calidad de los Productos Agropecuarios", 2da edición, Editorial trillas España.
- MINAG (Ministerio de Agricultura PE), (1998), Oficina de Información Agraria.
- MINCETUR (2009), "Guía de Envases y Embalajes", San Isidro Lima - Perú.
- MINISTERIO DE SALUD, (1996), "Tablas de Composición de Alimentos", Instituto Nacional de Salud", Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Lima-Perú.
- MOREYRA, J. (2010), Responsable de Agro Data – CEPES www.cepes.org.pe
- MUJICA, A.; ORTIZ, R.; BONIFACIO, A.; SARAVIA, R.; CORREDOR, G.; ROMERO, A.; JACOBSEN, S. (2006), "Agroindustria de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los Países Andinos", Editorial Altiplano E.I.R.L., Puno-Perú.
- MUJICA, A.; JACOBSEN, S.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. (2001), "Quinua Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro", Santiago Chile.
- NUÑEZ, C. (1998), "Deshidratación y Determinación de Vida en Anaquel de Productos agrícolas", Puno
- NUÑEZ, C. y CHUMBIRAY, M. (1991), "Determinación de Vida en Anaquel de Productos Alimenticios Procesados Mediante Pruebas Aceleradas". Fundamentos Teóricos de la Vida en Anaquel (SHELF-LIFE) de Productos Alimenticios, universidad de lima.

NORMAS TECNICAS PERUANAS 202.116; 202.085; 202.092

PINTO, E., (1976), "Métodos de Análisis Químicos de la Leche y Productos Lácteos", Chile

POTTER, N. (1973), "La Ciencia de los Alimentos", Editorial Edutex – México.

RALPH, E. (1998), "Tecnología de los Productos Lácteos", Editorial Acribia, S.A.

ROBINSON, R. & TAMIME, A. (1991), "Yogurt Ciencia y Tecnología", Editorial Acribia Zaragoza España.

RODRIGUEZ, E.; RODRIGUEZ, M. & RODRIGUEZ, F. (2003), "Envase y Embalaje" Alimentación Equipos y Tecnología, Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Oviedo.

ROUDOT, A. (2004), "Reología y Análisis de la Textura de los Alimentos", Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España.

SANDOVAL, CH. & GIURFA, A. (2001), "Elaboración de Yogurt", Editorial Macro E.I.R.L., Lima-Perú.

SANTOS, A. (2007), "Leche y sus Derivados", Editorial Trillas S.A., México.

SANTOS, A. (1995). "Química y Bioquímica de los Alimentos", Editorial Autónoma Chapingo.

SCHLIMME, E. & BUCHHEIM, W. (2002), "La Leche y sus Componentes: Propiedades Químicas y Físicas", Editorial Acribia S.A., Zaragoza España.

SHAH, N. (2001), "Functional Foods from probiotics and prebiotics". Food Technology. 55(11): 50-54.

SPREER, E. (1991), "Lactología Industrial", Editorial Acribia, S.A.

VARGAS, F. (2002), "Envases y Embalajes en la Industria de los Alimentos, Manual de Laboratorio", Universidad Nacional Agraria La Molina Lima.

VEISSEYRE, R. (1980), "Lactología Técnica", Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

WALES, J; SANGER, I. (2001), Enciclopedia, 2009. (en línea). Consultado el 20 de febrero del 2010.

Disponible en www.wikipedia.org/wiki/Quinua#cite_note-0

www.vidasostenible.org., consultado el 12 de octubre 2010.

VIII. ANEXOS

ANEXO I. USO DE MATERIALES Y EQUIPOS



Foto N° 01: Reactivos para extracción de proteína



Foto n° 02: Pesado de la muestra (harina de quinua)



Foto N° 03: Agitación magnética para el aislamiento de la proteína



Foto N° 04: Separación de fibra y almidón de quinua del sobrenadante



Foto N° 05: Proteína aislada después del segundo centrifugado



Foto N° 06: Secado de la proteína de quinua en estufa al vacío



Foto N° 07: Proteína seca en placas petri



Foto N° 08: Proteína molida en mortero de porcelana



Foto Nº 09: Yogurt envasado en botella de polietileno de alta densidad



Foto Nº 10: Yogurt envasado en frasco de polipropileno



Foto Nº 11: Conservación del yogurt a 25°C

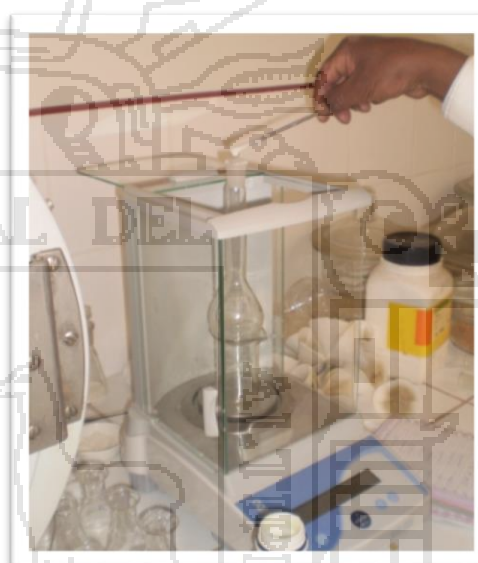


Foto Nº 12: Pesado de muestra en un balón Kjendahl



Foto Nº 13: Digestión de la proteína



Foto N° 14: Secado del yogurt para determinación del índice de peróxido



Foto N° 15: Muestra de yogurt con ácido acético y cloroformo para determinación de índice de peróxido



Foto N° 16: Adición de solución saturada de yoduro de potasio



Foto N° 17: Análisis microbiológico del yogurt

ANEXO II. ESPECIFICACION TECNICA DEL CULTIVO LYOFAS Y 452 B
Especificación Técnica

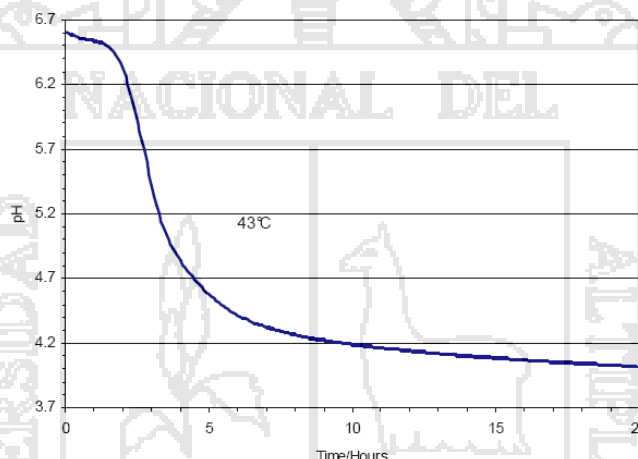
Descripción LYOFAS Y 452 B consiste de una selección especialmente rígida de suave acidificación *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* y un contenido bajo de acidificación rápida *Streptococcus thermophilus*. El cual produce EPS viscosidad mejorada, para asegurar una controlada y uniforme producción de suave presentación y removido uniforme con alta viscosidad.

Aplicación Lo siguiente puede ser usado como guía de inoculación.

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| Producto ejemplo | Inoculación baja UC/100 l |
| Yogurt, preparación corta | 2 - 3 |
| Yogurt, preparación larga | 0.5 - 1 |

Información de

Acidificación. Perfil de acidificación, inoculación baja corresponde a 1 UC por 100 litros de leche.



Nivel de actividad

Expresado como relación temperatura/tiempo/pH: 43°C/6 horas/pH 4.5±0.15

Información de Actividad

| Artículo | Información |
|-------------------------------------|-----------------|
| Nombre de cultivo | Lyofast Y 452 B |
| Temperatura optimo de crecimiento | 43°C |
| Capacidad de acidificación | pH 4.0 |
| Actividad Ureasa | positivo |
| Rotación recomendada | Y 450 B/ Y 456B |
| Formación de aroma (para yogurt) | + (+) |
| Post – acidificación | Delta pH 0.3 |
| Formación de textura | 5 ± 1sec/g |
| Actividad proteolítica (para queso) | + |

LYOFAS Y 452 B es apropiado en 10 y 50 UC.

ANEXO III. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE ACIDEZ DE LA LECHE CRUDA METODO VOLUMETRICO NTP 202.116 1999.

1. Principio del Método.

Se basa en la determinación de los hidrogeniones de la muestra mediante el método volumétrico.

2. Materiales

- Erlenmeyer de 100 cm^3 ,
- Micro bureta de precisión de 5 ó 10 cm^3 graduada en 0.02 cm^3 .
- Pipeta volumétrica de 10 cm^3 .

3. Reactivos

- 3.1. Solución alcohólica neutralizada de fenolftaleína al 1%.
- 3.2. Solución valorada 0,1 N de hidróxido de sodio, libre de carbonatos (cada cm^3 equivale a 0,009 g. de ácido láctico).

4. Procedimiento

- 4.1. Se pipetea en el Erlenmeyer 10 cm^3 de leche y se adiciona 6 gotas de solución de fenolftaleína.
- 4.2. Se titula con la solución de hidróxido de sodio 0,1 N, hasta viraje del indicador a un color rosa que persista mas o menos 10 segundos. La titulación no debe durar más de 20 segundos y debe ser hecha contra un fondo blanco.

5. Expresión de resultados

$$A = \frac{V \times 0,009 \times 100}{N \times d}$$

Donde:

A = Acidez en gramos de ácido láctico/100g. de leche.

V = Volumen en cm^3 de solución 0,1 N de hidróxido de sodio gastado.

d = Densidad de la leche medida a 15°C.

N = Volumen en cm^3 de muestra tomada.

0,009 = Factor de ácido láctico.

ANEXO IV. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE ACIDEZ DEL YOGURT

1. Principio del método

Titulación de la acidez mediante el hidróxido de sodio hasta un pH de 8.3

2. Materiales

- 2.1. Bureta graduada en 0.05 ml.
- 2.2. Matraz erlenmeyer de capacidad de 100 ml.
- 2.3. Balanza analítica

3. Reactivos

- 3.1. Solución de hidróxido de sodio 0.1 N.
- 3.2. Solución neutra de fenolftaleína al 1% (m/v) en etanol al 95 % (v/v).
- 3.3. Solución tampón de referencia a pH 7.0 (en caso de un producto coloreado)

4. Procedimiento

- 4.1. En un vaso precipitado pesar lo mas cerca de 3 mg alrededor de 10 g de la muestra preparada.
- 4.2. Agregar 0.2 ml de la solución de fenolftaleína.
- 4.3. Titular con la solución de hidróxido de sodio puesta en la bureta.

5. Expresión de los resultados

1 ml de esta solución corresponde a 0.01 g de ácido láctico.

La acidez expresada en gramos de acido láctico por 100 g de la muestra esta dada por la formula:

$$\% \text{ Ácido láctico} = \frac{0.01 \times V \times 100}{E}$$

Donde:

V = es el volumen en ml de la solución de Hidróxido de Sodio 0.1 N necesario.

E = representa la masa en gramos del ensayo.

ANEXO V. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE PROTEINAS DEL YOGURT.

1. Principio

Se basa en la conversión del nitrógeno de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas a sulfato de amonio por medio de la digestión con ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico y que luego es titulado con un ácido HCl 0.05 N.

Por el método Kjendahl se mide la cantidad de nitrógeno que contiene la muestra y luego se multiplica el resultado por el factor de 6.25, esto da la cantidad de proteína bruta.

2. Equipos de laboratorio

- Aparato de digestión y destilación Kjendahl – tecator
- Balones Kjendahl de 250 ml
- Fascos erlenmeyer de 250 ml.
- Pipetas
- Probetas

3. Reactivos

- Acido sulfúrico concentrado
- Catalizador (sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenito de sodio)
- Acido bórico + indicador de pH
- Acido clorhídrico en solución 0.05 N.
- Solución de hidróxido de sodio al 40%

4. Procedimiento

Se realiza en tres fases:

- Digestión o ataque a la materia orgánica
- Destilación del amoniaco
- Titulación del borato de amonio.

1. Fase de digestión.

- Pesar 0.2 g de muestra seca y ponerlo dentro de un balón Kjendahl
- Agregar 1 g de mezcla de catalizador
- Adicionar 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado
- Colocar el balón en el digestor de multi-Kjendahl de manera que la boca del balón quede dentro de la correspondiente abertura del tubo de plomo, por donde serán removidos los gases producidos durante la ebullición.
- Dar paso a la corriente eléctrica y regular la temperatura de forma que la ebullición sea moderada. Esta ebullición se mantendrá durante 30 minutos ó más si fuera necesario generalmente hasta media hora después de que el líquido tome un color verde claro.

- En las mismas condiciones se realiza una digestión en blanco (usando solo los reactivos).

2. Fase de destilación del amoniaco

- Terminada la digestión, enfriar el balón y agregar con cuidado 25 ml de agua destilada y enfriar nuevamente.
- Adicionar en un erlenmeyer de 250 ml de capacidad 5 ml de ácido bórico al 4 %, se agrega 3 – 5 gotas de solución indicadora (rojo de metilo y verde de bromo cresol) y colocarlo en la parte inferior del tubo condensador de tal manera que el extremo del tubo de unión quede sumergido en ácido bórico.
- Agregar lentamente por las paredes del balón 25 ml de agua destilada.
- Colocar el balón en el aparato de destilación donde se añade 25 ml de NaOH al 40 % con la manivela de álcali del aparato en posición correcta.
- Se alimenta vapor con la manivela presionando hacia abajo, a los pocos minutos empezara la ebullición y la destilación.
- Destilar por 3 min desde el cambio de color rojo a verde.
- Después de 3 min subir la manivela hacia arriba para cortar el vapor.
- Retirar el balón y el erlenmeyer con cuidado.

3. Fase de titulación.

- Titular el contenido del erlenmeyer con una solución de HCl 0.05 N valorado. Cada ml de esta solución que se gasta en la titulación equivale a 1.4 mg de nitrógeno.
- Titular la determinación en blanco.

5. Cálculos

La cantidad de nitrógeno se obtiene por la siguiente formula:

$$\% \text{ de N} = \frac{\text{mlHCl} \times \text{N} \times \text{Meq de N}}{\text{Gramos muestra}} \times 100$$

Para obtener la cantidad de proteína bruta (%) se multiplica el resultado de esta formula por el factor de 6.25.

ANEXO VI. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE INDICE DE PEROXIDOS PARA EL YOGURT BATIDO.

1. Principio

Los ácidos grasos no saturados son capaces de tomar oxígeno a la altura de sus dobles enlaces para dar origen a la formación de peróxidos.

2. Materiales

- Un erlenmeyer de 250 ml
- Una bureta
- Pipetas, probetas

3. Reactivos

- Solución de ácido acético – cloroformo (vol/vol). 3:2
- Solución saturada de yoduro de potasio
- Solución de tiosulfato de sodio 0.1 N – 0.01 N
- Solución indicadora – de almidón al 1 %

4. Procedimiento

- Colocar 0.5 g de muestra en un erlenmeyer de 250 ml añadirle 25 ml de una mezcla de ácido acético y cloroformo (3:2)
- Agitar el frasco hasta que la mezcla quede completamente disuelta y añadir exactamente 1 ml de una solución saturada de yoduro de potasio.
- Agitar y dejar en reposo, alternadamente por un minuto.
- Añadir 100 ml de agua destilada y agitar
- Titular con tiosulfato 0.1 N en la presencia de la solución de almidón al 1 % (4 a 5 ml), y se sigue la titulación agitando rigurosamente hasta que el color azul desaparezca. Se debe llevar acabo una determinación en blanco cuyo gasto no debe exceder a 0.1 ml de tiosulfato 0.1 N.

5. Cálculos

Los términos deben ser expresados en miliequivalentes por 1000 g de grasa o aceite.

$$\text{Miliequivalentes por } 1000 \text{ g} = \frac{S \times N \times 1000}{g}$$

Donde:

S = es la solución de tiosulfato en ml

N = es la normalidad de solución de tiosulfato

g = es gramos de gras o aceite.

ANEXO VII

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

NOMBRE:.....

EDAD:.....

PRODUCTO:.....

FECHA:.....

Indique Ud. El grado en que le agrada o desagrada cada una de las muestras respecto al Sabor, Olor, Color y Textura de acuerdo a la siguiente escala de calificación:

| Descripción | Valor |
|-------------|-------|
| Muy bueno | 5 |
| Bueno | 4 |
| Regular | 3 |
| Malo | 2 |
| Muy malo | 1 |

Asigne la calificación correspondiente a cada prioridad

| MUESTRAS | SABOR | OLOR | COLOR | TEXTURA |
|-----------|-------|------|-------|---------|
| Muestra 1 | | | | |
| Muestra 2 | | | | |
| Muestra 3 | | | | |
| Muestra 4 | | | | |

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO VIII:

REPORTE DE ANALISIS REOLOGICO Y NUTRICIONAL.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: Análisis de viscosidad de YOGURT

PROCEDENCIA : PUNO
 INTERESADO : LENIN CHURAYRA FLORES
 MOTIVO : TESIS DE INVESTIGACIÓN
 MUESTREO : POR EL INTERESADO
 ANALISIS : 11 - 10 - 10

Los resultados del análisis reológico del YOGURT realizado con el Viscosímetro Brookfield DV-III ULTRA, han dado los siguientes valores de parámetros de análisis:

RESULTADOS A TEMPERATURA DE 15°C

| TEMPERATURA (°C) | CODIGO DE MUESTRA | |
|--|-------------------|-------|
| | t1 | t2 |
| Viscosidad, η , a R = 10 rpm (cP) | 558.9 | 663.2 |
| Sensibilidad al esfuerzo, n | 0.91 | 0.98 |
| % de aproximación | 95.1 | 98.3 |

Los resultados tienen el % de aproximación según el modelo IPC Paste, $\eta = kR^n$, en las dos muestras.

Puno, C.U. 11 de Octubre del 2010

V°B°.



Ing. Mg. Higinio Alberto Zúñiga Sánchez
 DECANO
 Facultad de Ingeniería Química
 UNA - PUNO

Ing. MSc. Edith Tello Palma
 DIRECTORA
 Maestría en Ciencias
 Mención Ingeniería Química

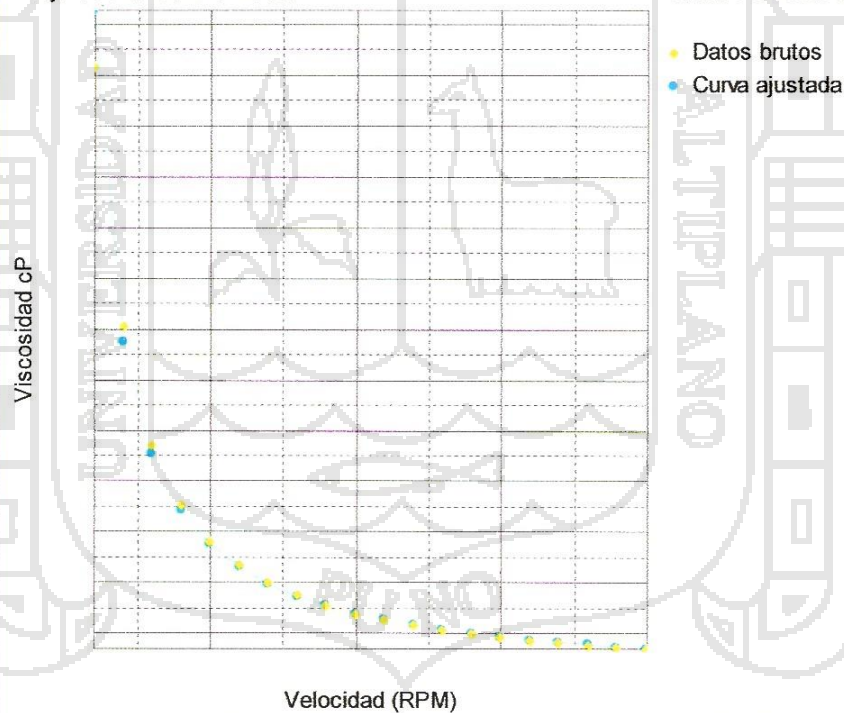
Muestra de Yogurt: t2

| Viscosidad | Veloc. | % Par | Esf.Cortante | G.Velocidad | Temperatura |
|------------|--------|-------|--------------|-------------|-------------|
| 608 | 010 | 095 | 074 | 012 | 015 |
| 352 | 020 | 110 | 086 | 024 | 015 |
| 235 | 030 | 110 | 086 | 037 | 015 |
| 176 | 040 | 110 | 086 | 049 | 015 |
| 141 | 050 | 110 | 086 | 061 | 015 |
| 117 | 060 | 110 | 086 | 073 | 015 |
| 101 | 070 | 110 | 086 | 086 | 015 |
| 088 | 080 | 110 | 086 | 098 | 015 |
| 078 | 090 | 110 | 086 | 110 | 015 |
| 070 | 100 | 110 | 086 | 122 | 015 |
| 064 | 110 | 110 | 086 | 135 | 015 |
| 059 | 120 | 110 | 086 | 147 | 015 |
| 054 | 130 | 110 | 086 | 159 | 015 |
| 050 | 140 | 110 | 086 | 171 | 015 |
| 047 | 150 | 110 | 086 | 183 | 015 |
| 044 | 160 | 110 | 086 | 196 | 015 |
| 041 | 170 | 110 | 086 | 208 | 015 |
| 039 | 180 | 110 | 086 | 220 | 015 |
| 037 | 190 | 110 | 086 | 232 | 015 |
| 035 | 200 | 110 | 086 | 245 | 015 |

Brookfield Engineering Labs - FIQ - UNA - Puno

Dibujo de análisis:IPC Paste

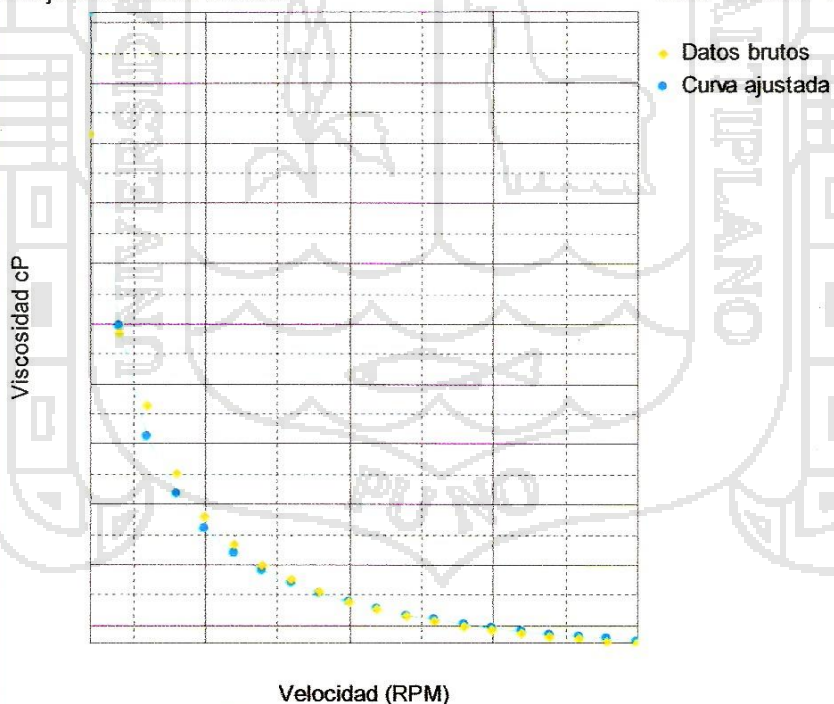
Arch: YOGURT T2



Muestra de Yogurt: t1

| Viscosidad | Veloc. | % Par | Esf.Cortante | G.Velocidad | Temperatura |
|------------|--------|-------|--------------|-------------|-------------|
| 458 | 010 | 072 | 056 | 012 | 015 |
| 293 | 020 | 092 | 072 | 024 | 015 |
| 232 | 030 | 109 | 085 | 037 | 015 |
| 176 | 040 | 110 | 086 | 049 | 015 |
| 141 | 050 | 110 | 086 | 061 | 015 |
| 117 | 060 | 110 | 086 | 073 | 015 |
| 101 | 070 | 110 | 086 | 086 | 015 |
| 088 | 080 | 110 | 086 | 098 | 015 |
| 078 | 090 | 110 | 086 | 110 | 015 |
| 070 | 100 | 110 | 086 | 122 | 015 |
| 064 | 110 | 110 | 086 | 135 | 015 |
| 059 | 120 | 110 | 086 | 147 | 015 |
| 054 | 130 | 110 | 086 | 159 | 015 |
| 050 | 140 | 110 | 086 | 171 | 015 |
| 047 | 150 | 110 | 086 | 183 | 015 |
| 044 | 160 | 110 | 086 | 196 | 015 |
| 041 | 170 | 110 | 086 | 208 | 015 |
| 039 | 180 | 110 | 086 | 220 | 015 |
| 037 | 190 | 110 | 086 | 232 | 015 |
| 035 | 200 | 110 | 086 | 245 | 015 |

Brookfield Engineering Labs - FQ - UNA - Puno
 Dibujo de análisis: IPC Paste Arch: YOGURT T1





Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ciudad Universitaria s/n - Telefax (051) 366080 - Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos

ANALISIS FISICO QUIMICO DE ALIMENTOS
LENA - N° 022-2010

SOLICITANTE : Lenin Cheraira Flores
 TESIS : E. P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 PRODUCTOS : Proteina Aislada de Quinua (Variedad Pasanealla)
 TEMA : Efecto de la Adición de Proteina Concentrada de Quinua en las Propiedades Fisico Quimicas de Yogurt y Vida Útil

TIPO DE ANÁLISIS : HUMEDAD Y PROTEINA
 FECHA DE RECEPCION : 01 de Marzo del 2010
 FECHA DE ENSAYO : 01 de Marzo del 2010
 FECHA DE EMISION : 03 de Marzo del 2010

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACION DE HUMEDAD Y PROTEINA:

| ENSAYOS | RESULTADOS | |
|------------|------------|-------|
| | M1 | M2 |
| HUMEDAD % | 8,10 | 8,10 |
| PROTEINA % | 96,93 | 95,95 |

CONCLUSION :De acuerdo con los resultados obtenidos y contrastados con los verificados tomados como referencia, se concluye para la muestra analizada.

- Los resultados den HUMEDAD Y PROTEINA están conformes.

Puno, C. U. 03 de Marzo del 2010



Ing° OSWALDO ANPASI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 ANALISIS - LABORATORIO



Ing° M.Sc. F. Victor Choquehuanca Cáceres
 DIRECTOR
 E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL