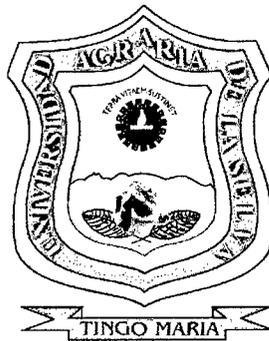


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Departamento Académico de Ciencia, Tecnológico e Ingeniería de Alimentos



**“Caracterización del tubérculo de yacon (*Smallanthus sonchifolia*)
para la elaboración de yogur batido”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

JESSICA CAROLA SALAZAR CONDE

**Tingo Maria – Perú
2002.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

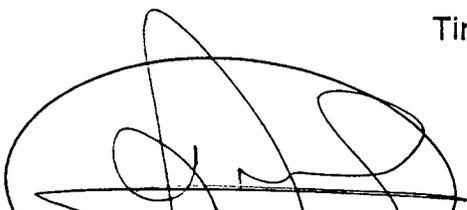
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 19 de Octubre del 2001, a horas 11.30 a.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Jessica Carola Salazar Conde**

“Caracterización del Tubérculo de Yacón (*Smallanthus sanchifolia*), para la elaboración de yogur”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran aprobado con el calificativo de **Bueno**, en consecuencia la Bachiller: **Jessica Carola Salazar Conde**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, Marzo 17 del 2002


Ing. Raúl Natividad Ferrer
Presidente


Ing. Elizabeth Ordoñez Gómez
Vocal




Ing. Jorge Castro Gracey
Vocal


Ing. Margarita Alcedo Romero
Asesor

DEDICADO:

A DIOS:

Por ser el fundamento de mi fe, la inspiración de mis ideales y por haber guiado mis pasos para el logro de una de mis metas.

A MIS PADRES:

ROSITA Y AUGUSTO

En reconocimiento a sus Sacrificios en testimonio de sus enseñanzas. Por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en la culminación de este trabajo.

A MIS HERMANOS:

RUBEN Y VIVIANA

Por todo el amor y Cariño brindado.

AGRADECIMIENTOS

- A la Ing. Margarita Alcedo Romero, Patrocinadora del presente trabajo de investigación.
- A los Técnicos de los distintos laboratorios utilizados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para la realización de este trabajo de investigación.
- A la Ing. M.Sc. Rosana Chirinos Gallardo docente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su apoyo para la culminación del presente trabajo de investigación.
- A los profesores de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quienes contribuyeron con mi formación profesional.
- A mi familia por su apoyo y cariño brindado.
- A mis amigas y amigos por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo.

INDICE DEL CONTENIDO

	Pg.
RESUMEN	08
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	14
A. Yacon	14
1. Origen y distribución	14
2. Clasificación taxonómica del yacon	15
3. Nombres comunes	15
4. Características botánicas del yacon	16
5. Manejo y rendimiento del cultivo y cosecha	16
6. Características físicas del tubérculo	17
7. Composición y valor nutritivo del yacon	18
8. Usos y consumo tradicional	21
9. Alternativas de industrialización del yacon	21
10. Investigaciones realizadas en yacon	22
B. Leche	25
1. Definición	25
2. Propiedades físicas de la leche	26
3. Composición química de la leche	27
C. Leches fermentadas	27
1. Definición	27
2. Propiedades	28
3. Tipos de fermentación	29

4. Yogurt	30
1) Definición	30
2) Valor nutritivo	31
3) Composición del yogurt	31
4) Tipos de yogur	33
5) Yogur batido	34
a. Definición	34
b. Composición	35
c. Proceso de elaboración	35
6) Control de las propiedades físicas del yogurt	37
III. MATERIALES Y METODOS	38
A. Lugar de ejecución	38
B. Materia prima e insumos	38
1. Materia prima	38
2. Insumos	38
C. Materiales, equipos y reactivos	39
1. Equipos	39
2. Materiales	40
3. Reactivos, soluciones y medios de cultivo	41
D. Métodos de análisis	42
1. Caracterización de la leche fresca	42
2. Caracterización del tubérculo de yacon	42
3. Caracterización de la pulpa de yacon	43
4. Caracterización del producto final	44

5. Almacenamiento del producto final	45
6. Análisis sensorial	45
E. Metodología experimental	46
1. Pruebas preliminares	46
a. Caracterización de la materia prima recién cosechada	46
b. Comportamiento de los azúcares del yacon	46
c. Inhibición del pardeamiento del yacon	47
d. Obtención de la pulpa de yacon	47
e. Caracterización de la pulpa de yacon	49
2. Pruebas finales	49
a. Obtención del nivel óptimo en la utilización de la pulpa de yacon en el yogur	49
b. Nivel óptimo del grado de dulzor del yogur con pulpa de yacon	52
c. Obtención del producto final	54
d. Almacenamiento del producto final	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
A. PRUEBAS PRELIMINARES	55
1) Caracterización fisicoquímica del yacon recién Cosechado y de la leche fresca	55
2) Comportamiento de los azúcares del yacon	58
3) Inhibición del pardeamiento del yacon	65
4) Obtención de la pulpa de yacon	66
5) Caracterización de la pulpa de yacon	67

B. PRUEBAS FINALES	69
1) Obtención del nivel óptimo de utilización de pulpa de yacon	69
2) Nivel óptimo del grado de dulzor del yogur con pulpa de yacon	73
3) Obtención del producto final	74
4) Caracterización del producto final	75
4) Almacenamiento del producto final	79
V. CONCLUSIONES	85
VI RECOMENDACIONES	86
VII BIBLIOGRAFÍA	87
VIII. ANEXOS	92

INDICE DE CUADROS

	Pg.
1. Características morfológicas de algunas variedades de yacon	17
2. Composición química y fisicoquímica del yacon	18
3. Análisis bromatológico de la raíz tuberosa de yacon	19
4. Análisis bromatológico del follaje de yacon	20
5. Propiedades físicas de la leche	26
6. Composición química de la leche	27
7. Contenido en nutrientes por 100 g de yogur	32
8. Aporte calórico de diversos tipos de yogur	33
9. Componentes del yogur batido	35
10. Resultados de la composición fisicoquímica del tubérculo de yacon	55
11. Resultados de la composición fisicoquímica de la leche fresca (%)	57
12. Resultados de los °Bx del yacon (%)	58
13. Resultados de Azúcares Reductores del yacon (%)	59
14. Resultados de Azúcares totales del yacon (%)	60
15. Resultados de la variación de peso del tubérculo de yacon	63
16. Resultados de la Prueba de la peroxidaza	65
17. Resultados de la Composición fisicoquímica de la pulpa de yacon (%)	68
18. Variación del atributo consistencia en la obtención del nivel optimo de pulpa de yacon aplicando Tuckey $p < 0.05$	70
19. Comportamiento del pH y acidez del yogur con 3 concentraciones diferentes de pulpa de yacon	70

20. Resultados de la viscosidad de diferentes concentraciones de pulpa de yacon	71
21. Resultado de la caracterización fisicoquímica del producto final	75
22. Balance de materia del yogur con pulpa de yacon	77
23. Controles de pH y Acidez del producto final durante almacenamiento	79
24. Valores de viscosidad del producto final durante almacenamiento	81
25. Resultados de análisis microbiológico del producto final durante almacenamiento	84

INDICE DE FIGURAS

	Pg.
1. Flujo de procesamiento para la obtención de pulpa de yacon	48
2. Flujograma de la elaboración de yogur batido con pulpa de yacon	50
3. Flujograma del nivel óptimo del grado de dulzor del yogur	53
4. Variación del contenido de sólidos solubles (°Bx) en el tubérculo de yacon	59
5. Variación del contenido de azúcares reductores en el tubérculo de yacon	60
6. Variación del contenido de azúcares totales en el tubérculo de yacon	61
7. Comportamiento de peso del tubérculo de yacon	64
8. Flujograma óptimo para la obtención de pulpa de yacon	67
9. Comportamiento reológico del yogur con pulpa de yacon	72
10. Flujograma óptimo para la utilización de pulpa de yacon en la elaboración de yogur batido	74
11. Variación del pH del yogur con pulpa de yacon durante almacenamiento	79
12. Variación de la acidez del yogur con pulpa de yacon durante almacenamiento	80
13. Curva de la variación de la viscosidad del yogur con pulpa de yacon durante almacenamiento	81

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de los laboratorios de microbiología de alimentos, análisis de alimentos, análisis sensorial, química, espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María y en el laboratorio de control de calidad del Instituto Nacional de Agroindustria Alimentaria (INDAA) de Lima; se utilizó como materia prima leche fresca y tubérculo de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) proveniente de Cajamarca.

El objetivo general del presente trabajo fue caracterizar el tubérculo de yacon y optimizar parámetros utilizando la pulpa de yacon en la elaboración de yogur batido.

La metodología del estudio se dividió en 2 partes: Pruebas preliminares que incluyeron: Caracterización del yacon fresco y de la leche fresca, comportamiento de los azúcares de yacon, inhibición del pardeamiento del yacon, obtención y caracterización de la pulpa de yacon; y las Pruebas finales que incluyeron: obtención del nivel óptimo de la pulpa de yacon en la elaboración de yogur batido, nivel óptimo del grado de dulzor del yogur batido con pulpa de yacon, obtención del producto final y almacenamiento del mismo.

Dentro de la caracterización tanto de la materia prima (tubérculo de yacon y leche fresca) como de la pulpa de yacon se realizaron análisis químico proximal y fisicoquímico; para la inhibición del pardeamiento del yacon se utilizó tratamiento térmico a temperatura de ebullición por varios tiempos (minutos), obteniéndose como tiempo óptimo 20 minutos, verificándose mediante la prueba de la peroxidasa; dentro del comportamiento de los azúcares del yacon

se realizaron dos estudios uno con el yacon expuesto al sol y el otro a la sombra, obteniendo valores máximos en el contenido de °Bx (24°Bx), azúcares reductores (4,2 %) y totales (10,7 %) para el yacon puesto al sol; se estudió la variación de peso del yacon en ambos tratamientos, obteniéndose una pérdida de peso de 280 g para el tratamiento expuesto al sol y 100 g para el tratamiento expuesto a la sombra; se utilizó tres concentraciones diferentes de pulpa de yacón: 10, 12 y 15 %, obteniéndose como concentración óptima 15 % de pulpa; para determinar el nivel óptimo del grado de dulzor del yogur se utilizó dos concentraciones de azúcar como son 7 y 9 %, obteniéndose como concentración óptima 9 % de azúcar.

Se obtuvo como producto final un yogur con 15 % de pulpa de yacon y 9 % de azúcar, con un valor de pH de 4,3 y acidez de 77°D el cual se almacenó por espacio de 25 días en un rango de temperatura de 8-10°C; dando como resultado una vida útil de 20 días, verificándose mediante las pruebas sensoriales y microbiológicas.

SUMMARY

The present investigation work was carried out in the installations of the food microbiological, food analysis, sensorial analysis, chemistry, spectrofotometric laboratories of the Agrarian National university of the Selva of Tingo María and in the laboratory of quality control of the Instituto Nacional de Agroindustria Alimentaria (INDAA) of Lima, it was used as raw material, fresh milk and yacon tubercle (*Smallanthus sonchifolius*) coming from Cajamarca.

The general objective of the present work was to characterize the yacon tubercle and to optimize parameters using the yacon pulp in the elaboration of beaten yogurt.

The methodology of the study was divided in two parts: Preliminary tests that included Characterization of the fresh yacon and fresh milk, behavior of the yacon sugars, inhibition of the browning of the yacon, obtaining and characterization of the yacon pulp; and final tests that included Obtaining of the optimum level of the yacon pulp in the elaboration of beaten yogurt, optimum level of the grade of sweetness of the beaten yogurt with yacon pulp, obtaining of the final product and storage of the same one.

Inside the so much characterization of the raw material (yacon tubercle and fresh milk) as of the yacon pulp they were carried out analysis physical chemical; for the inhibition of the browning of the yacon, thermic treatment was used to temperature of boil by several times (minutes), obtaining as optimum time 20 minutes, being verified by means the peroxidase test; inside the behavior of the sugars of the yacon in the sun and the other to the shade,

obtaining maximum values in the content of °Brix (24 °Bx), sugars reducers (4,2 %) and totals (10,7 %) for the yacon in the sun; the variation of weight of the yacon was studied in both treatments, being obtained a loss of weight of 280 g for the exposed treatment in the sun and 100 g for the put treatment to the shade; it was used three different concentrations from yacon pulp (10, 12 y 15 %), obtaining as optimum concentration 15 % of pulp; to determine the optimum level of the grade of sweetness of the yogurt it was used two concentrations of sugar like they are 7 and 9 % obtaining as optimum concentration 9 % of sugar.

It was obtained as final product a yogurt with 15 % of yacon pulp and 9 % of sugar, with pH value of 4,3 and acidity of 77°D, which was stored by space of 25 days in a range of temperature of 8-10°C; giving an shelf live of 20 days as a result, being verified by sensorial and microbiological test.

I. INTRODUCCIÓN

El yacón es un tubérculo de bajo costo y de fácil adquisición en el mercado, posee cantidades considerables de azúcares, siendo el de mayor importancia los Fructooligosacaridos (FOS), los cuales son considerados como fibra alimentaria y no son metabolizados por nuestro organismo; el yacón puede ser consumido en forma directa ya que puesto al sol adquiere dulzor, también puede ser utilizado como un aditivo en otro alimento para mejorar la composición del mismo, en Europa es usado como fuente de azúcar, inulina, alcohol y forraje.

En la actualidad la elaboración de yogur está más centralizada que en el pasado. El éxito de la producción depende directamente de las técnicas de procesado utilizadas, pero es la correcta selección, conservación, manejo y resiembra o propagación de los cultivos iniciadores lo que permite estandarizar y mantener una calidad uniforme del producto final.

El yogur es un alimento altamente nutritivo, el cual esta incluido en nuestra dieta debido a que es un producto digerible y asimilable por nuestro organismo. En la actualidad el consumo de yogur natural es bajo debido a su sabor no muy agradable para muchas personas; teniendo mayor aceptación los yogures a los cuales se les adiciona saborizantes, colorantes y pulpa de frutas, los cuales elevan su concentración de azúcar, su consistencia así como también sus costos.

Frente a la necesidad de obtener un yogur con mejores características organolépticas utilizando pulpa de yacón se planteó los siguientes objetivos:

- Caracterizar el tubérculo de yacón
- Realizar un estudio donde se optimicen parámetros con la utilización de pulpa de yacón en la elaboración de yogur batido.

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Tingo María, el cual tuvo una duración de seis meses durante el año 2000.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. YACON (*Smallanthus sonchifolius*)

1. Origen y Distribución:

León (1984) manifiesta que el yacón crece en forma silvestre en Colombia, siendo conocido desde Venezuela hasta Argentina (Salta y Jujuy), así mismo reporta que restos de yacón fueron encontrados entre los materiales recogidos en las tumbas pre-incas en el Perú, de allí su amplia dispersión.

Rea (1995) sostiene que el centro de origen del yacón está en las laderas tibias de la zona andina y; hasta donde están avanzados los estudios preliminares estos cultivos se extiende desde Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia al noroeste de Argentina. La mayor diversidad de los cultivos en la Argentina se da en Jujuy; Bolivia en la Paz, Perú en Cuzco y Puno de la sierra oriental sur y en Cajamarca al norte; Ecuador en las provincias del sur en el callejón interandino y Colombia en la meseta de Cundinamarca hacia Boyacá

INIPA-CIPA XV (1989) reportan que el yacón es un cultivo andino de Cajamarca, muy frecuente en los jardines y huertos de la región Quechua (1300 a 3500 m.s.n.m.), datos estadísticos registran para el departamento de Cajamarca 11 Ha sembradas con rendimientos de 2300 kg/Ha, señala también que es en la Sierra Sur Oriental del Perú donde pueden encontrarse la mayor diversidad genética de este cultivo, reconociéndose tres variedades: blanca, amarilla y morada.

2. Clasificación taxonómica del yacón

Montaldo (1997) indica que el yacón se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

SUPERREINO	: Eucaryotes
REINO	: Planta
SUBREINO	: Embryophyta
PHYLUM	: Tracheophyta
SUPERCLASE	: Angiosperma
CLASE	: Dicotyledoneae
ORDEN	: Asterales
FAMILIA	: Compositae
GENERO	: Polimnia
ESPECIE	: Sonchifolia
NOMBRE CIENTÍFICO	: <i>Polimnia sonchifolia</i>

3. Nombres comunes

Vidal (1997) cita a Artica, *et al* (1993), quien indica que los nombres comunes que presenta el yacón, son abundantes, por lo que es necesario indicar el nombre de este tubérculo en otros idiomas.

QUECHUA	: Yacon, yakuma
AYMARA	: Aricama, aricona
ESPAÑOL	: Yacon, jacon, llacon, llamon, arboloco, puhe, jiquima.
INGLES	: Yacon, yacon strawbwriry, jiquima

FRANCES	: Pomme
ALEMAN	: Erdbirne
ITALIANO	: Polimnia 2

4. Características botánicas del yacon

El yacon es una planta perenne que pertenece a la familia de las compuestas, y se cultiva por su tubérculo, que tiene sabor parecido al melón. Las hojas opuestas hacen que el nudo del tallo, sean delgadas y suaves; por ser plantas compuestas tiene dos clases de flores, liguladas las laterales y tubulares las centrales (León, 1984).

Las raíces tuberosas de las cuales hay varias en cada planta, son externamente de color purpúreo opaco, internamente la raíz se presenta como un cuerpo carnoso anaranjado transparente, cuyo color no cambia al aire. La epidermis se forma de varias capas de células muy comprimidas. Los tejidos corticales están formados por parenquima, llenos de agua, en las capas externas debajo de la epidermis contiene abundante antocianina, que da el color purpúreo a estos tejidos (León, 1964).

5. Manejo y rendimiento del cultivo y cosecha

Es una planta herbácea que puede multiplicarse por semillas o rizomas. El cultivo del Yacon por rizomas es muy simple, del tallo subterráneo se arranca uno de los brotes aéreos jóvenes, de 10-20 cm en cualquier época del año. Al crecer este brote se engruesa y del brote salen numerosas raíces cilíndricas de 1-5 mm de diámetro, a su vez comienzan

a almacenar azúcar y agua. Esta planta tiene un periodo vegetativo de 6 a 7 meses, cuando las flores se marchitan y mueren, es tiempo de cosechar el tubérculo. (Tapia, 1990).

El follaje anual y los tallos perennes, hacen al yacon adaptable a los periodos de sequía y frío, aunque el ramaje superior se dañe por heladas, aparentemente los tejidos subterráneos no son afectados, ya que tolera un amplio rango de temperatura.

El rendimiento de producción es de 38 toneladas por hectárea, ya que un tubérculo comúnmente pesa de 200 a 500 g, pero puede alcanzar hasta 2 kg, los tubérculos se recogen se asolean y almacenan, frescos son insípidos, almacenados pueden durar por varios meses (National Research Council, 1990).

6. Características físicas del tubérculo

Según León (1983), en el Perú se conocen 5 variedades de Yacon, las cuales se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1: Características morfológicas de algunas variedades de yacon (*Polymnia sonchifolia*)

VARIETADES	COLOR DE PIEL	COLOR DE PULPA
Qéllo Llajum	crema	amarillo
Ch'écche Llajum	crema	amarillo
Yurac Ch'écche	crema oscuro	blanca
Yurac Llajum	rosado	blanca
Culli Llajum	púrpura	blanca

Fuente: León, (1983).

7. Composición y valor nutritivo del tubérculo de yacón:

La composición del yacón en 100 gramos de porción comestible se muestra en el cuadro 2:

Cuadro 2.- Composición química y fisicoquímica del yacón en 100 g de porción comestible

COMPONENTES	VALORES	UNIDADES
Energía	54,0	Cal
Agua	86,6	g
Proteínas	0,3	g
Grasa	0,3	g
Carbohidratos	12,5	g
Fibra	0,5	g
Cenizas	0,3	g
Calcio	23,0	mg
Fósforo	21,0	mg
Hierro	0,3	mg
Retinol	0,08	mg
Tiamina	0,02	mg
Riboflavina	0,11	mg
Niacina	0,34	mg
Ácido ascórbico	13,10	mg

Fuente: Collazos *et al* (1993).

León (1983) reporta el análisis bromatológico en base seca de la raíz tuberosa y follaje del yacon, el cual se presenta los cuadros 3 y 4:

Cuadro 3. Análisis bromatológico de la raíz tuberosa en base seca

Componentes	Cultivares				
	(%)	Jesús	B. del Inca	Llanacora	Otuzco
Materia seca	18,5	13,08	14,84	19,12	16,61
Proteínas	2,97	5,09	5,81	4,80	4,21
Carbohidratos	64,99	60,27	69,29	75,50	73,67
Sacarosa	18,88	18,72	19,23	16,39	12,02
Inulina	13,28	12,67	14,20	14,65	12,85
Fibra	4,93	5,88	7,45	5,18	6,05
Cenizas	3,00	2,70	3,10	4,15	2,05
Potasio	1,06	1,38	1,58	1,63	0,94
Fósforo	0,71	0,47	0,46	1,16	0,26
Calcio	0,51	0,30	0,41	0,35	0,13
Fierro (mg)	75,00	---	---	---	---

Fuente: León (1983).

Debido a su alto contenido de agua, su valor alimenticio es bajo y consiste principalmente de 12,9 % de carbohidratos los tubérculos frescos han sido analizados encontrándose un contenido de 69 a 87 % de humedad: de 0,3 a 3,7 % de proteína, como se muestra en el cuadro 1. (Collazos *et al*, 1993). El contenido de azúcares consiste principalmente en inulina (un

polímero de la fructosa), que consiste en pequeñas cantidades de glucosa. (IAPA, 1994)

National Research Council (1990), indica que el yacón almacena carbohidratos en forma de oligofructanos tipo inulina, este carbohidrato es un potencial alimento dietético, pues los humanos no sintetizamos la enzima para hidrolizarlo; debido a esto la inulina pasa a través del tracto digestivo sin ser metabolizada.

Cuadro 4. Análisis bromatológico del follaje en base seca

Componentes	Cultivares				
	(%)	Jesús	B. del Inca	Llanacora	Otuzco
Materia seca	13,53	14,41	14,91	14,19	16,91
Proteínas	20,20	17,97	21,16	19,35	16,21
Carbohidratos	48,18	45,30	49,37	54,75	46,20
Sacarosa	1,67	1,13	1,46	1,59	1,04
Inulina	2,5	2,69	2,37	1,64	1,60
Cenizas	6,25	5,95	6,25	6,30	5,25
Potasio	2,26	2,05	2,54	2,54	2,09
Fósforo	0,26	0,13	0,27	0,37	0,36
Calcio	1,90	1,52	0,83	1,19	1,17

Fuente: León (1983).

8. Usos y Consumo tradicional

León (1964) señala que el yacón puede ser utilizado de varias formas: la raíz tuberosa es consumida de manera cruda por su sabor dulzón y su textura que lo hace agradable al ser masticado, además manifiesta que también se consume sancochado y horneado. En la cocción, estos permanecen dulces y ligeramente tostados.

Flores (1997) manifiesta que se ha procesado el yacón y se ha utilizado como aditivo en mermeladas de papaya, piña, limón y naranja, en proporciones variadas, siendo la más óptimas, 50% de yacón y 50% de otra fruta, 1/2 kg de azúcar por cada materia prima; también señala que se usa en la preparación de fruta confitada, en la preparación de bebidas por ser dulce y refrescante; la cáscara puede tener un sabor de resina, motivo por el cual son peladas antes de ser consumidas.

En Europa se usa como fuente de azúcar, inulina, alcohol y forraje,(San Remo - Italia).

9. Alternativas de industrialización del yacón

En el mercado internacional existen tres usos potenciales del yacón, estos son: como tubérculo fresco, como fuente de inulina y como fuente de fructosa.

Actualmente la inulina, presenta una amplia gama de posibilidades de industrialización, esta puede ser usada como fuente alimenticia, como un ingrediente en alimentos, en medicina, el campo farmacéutico así como en otras aplicaciones. (Piccha, 1994).

Según Thonart y Artois (1986) la hidrólisis de la inulina permite obtener jarabes con más de 75 % de fructosa, esta hidrólisis puede ser química o enzimática. La primera ha sido bastante estudiada, sin embargo requiere grandes cantidades de energía y está sujeta a un número de reacciones secundarias. La hidrólisis enzimática presenta notables ventajas, en otra línea industrial la inulina y sus derivados son utilizados como material en detergentes, y es materia prima para la producción de hidroximetilfurfural (HMF), compuesto clave en la química del furano (Piccha, 1994).

El Yacón es una fuente alimenticia de bajo contenido calórico, además puede ser fuente para la obtención de jarabe de fructosa de alto poder edulcorante. (Thomomatsu, 1994).

10. Investigaciones realizadas en Yacón.

En Japón, se demostró la actividad hipoglucémica del extracto acuoso de hojas secas de yacón, usando ratas con diabetes inducida (Volpato et al., 1997; citado por Hermann, 1998). Es decir que sí tiene efecto en la disminución de los niveles de glucosa en la sangre. También se sabe que el consumo de ambos compuestos (inulina u oligofructanos), no induce la caries dental, como sí lo hace la sacarosa, por ejemplo (Ohyam, *et al*, 1990).

Un estudio realizado en la Universidad de Trujillo, Perú, en ratas con diabetes inducida, a las que se les suministro azúcar invertido (glucosa+fructosa) en forma enzimática, procedente del jugo de yacón, no mostró alteraciones en la glicemia de estos animales. Este fenómeno se

explica porque la fructosa desaloja del torrente sanguíneo a la glucosa, hacia otros tejidos. Consecuentemente, se podría elaborar suero a partir de este tipo de azúcar, evitando riesgos de hiperglicemia en los pacientes que necesitan restituir el volumen sanguíneo disminuido a causa de enfermedades de diversa ictiología, o debido a traumatismos (Lozano, 2000).

En 1998, Anne Krankel- representante de la compañía privada Active Food Ingredients (ORAFIT)- durante una conferencia realizada en los Estados Unidos, se refirió a recientes resultados de estudios realizados en humanos que indican que el consumo de inulina y oligofructosa incrementa la absorción y retención de calcio.

La inulina y los oligofructanos en general pueden jugar el rol de prebióticos, es decir, sustancias que nutren selectivamente a los gérmenes benéficos que forman parte de nuestra flora intestinal, (las bifidobacterias), favoreciendo su crecimiento a la vez que frenan el desarrollo de microorganismos perjudiciales. Los estudios muestran un incremento en el nivel de las bifidobacterias como resultado de consumir ambas sustancias; constituyéndose en un factor bifidogénico. Las bifidobacterias pueden aliviar la hiperlipemia, osea, el incremento de grasas en la sangre (colesterol y triglicéridos).

Randal Buddington, de la Universidad del Estado de Mississippi, en la misma conferencia presentó resultados preliminares sobre la modulación de la respuesta inmunológica en ratones que consumieron inulina u oligofructosa.

Christine Williams de la Universidad de Reading, del reino Unido, reportó que el consumo de 10 g/día de inulina durante ocho semanas, puede disminuir significativamente el nivel de triglicéridos en la sangre.

Daniel Gallear de la Universidad de Minnesota y Ian Rowland de la Universidad de Ulster, del Reino Unido, se refirieron a la reducción del riesgo de cáncer. Gallear describió como la combinación de prebióticos (inulina y oligofructosa) y probióticos (bifidobacterias) fue más efectiva en la reducción del riesgo de cáncer al colón.

Henry Taper, de la Universidad Católica de Loviana, Bélgica, discutió su trabajo en modelos animales con tumor mamario carcinógeno inducido, que incluyeron transplantes de hígado y examen de tumores de animales alimentados con oligofructosa o inulina, en 15% de la dieta. Los resultados mostraron un decrecimiento significativo de la incidencia de cáncer, el número de tumores y el tamaño de los mismos.

Chirinos (1999) afirma que tanto la inulina como los oligofructanos de bajo GP están formados por unidades fructosil, unidas por puentes beta (2-1). Esta unión es la que da resistencia a la hidrólisis, tanto en el estómago como en el intestino humano, por eso pasan sin ser degradados al colón (lo que implica que no producen calorías ni conducen a la formación de grasa). En el colón, estos compuestos son fermentados por las bifidobacterias, las cuales son esenciales para su funcionamiento y actúan de varios modos:

1. Metabolizan los carbohidratos con liberación de ácido láctico y ácido acético. Ambos sirven para bajar el pH del contenido del colón y

suprimir la actividad de bacterias putrefactivas. El ácido acético es el más efectivo, al ser más bacteriostático que el ácido láctico al mismo pH. Esto explicaría el mayor efecto de las bifidobacterias, comparadas con otras bacterias, tales como las encontradas en el yogurt común, las cuales producen solamente ácido láctico. El ácido acético no solamente puede prevenir el sobre crecimiento de las paredes del colón debido a bacterias indeseables, sino que baja el riesgo de acumulación de compuestos carcinogénicos, es decir, acumulación de sustancias que pueden provocar o ser el punto de partida de un cáncer.

2. Las bifidobacterias logran un alto nivel de población a lo largo de las paredes del colón, y degradan el mucilago secretado naturalmente por las células epiteliales. Aunque esta secreción de mucílago es esencial para el funcionamiento del colón, los niveles excesivos pueden conducir a diarrea.
3. Las bifidobacterias, estimulan el sistema el sistema inmunológico y previenen la invasión de bacterias patogénicas (por ejemplo, se ha observado que ciertos tipos de clostridia tienen alta proporción en la microflora fecal de pacientes con cáncer colonrectal).

B. LECHE

1. Definición:

Revilla (1996) afirma que la leche es la secreción láctea prácticamente libre de calostro, obtenido por ordeño completo de una o más vacas en

buen estado de salud, dicha secreción láctea no debe tener menor de 3,25 % de grasa de leche y no menor de 8,25 % de sólidos no grasos.

Alais (1985) define a la leche como un líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos y tras el nacimiento de sus crías. Es un líquido de composición compleja blanco y opaco, de sabor dulce y reacción iónica (pH) cercana a la neutralidad.

2. Propiedades físicas de la leche:

Amiot (1991) reporta que la leche puede considerarse en general como un líquido blanco y opaco, puede ofrecer también una tonalidad ligeramente amarillenta sobre todo en verano cuando siguen los animales el régimen de pastoreo. Debe poseer un sabor dulzón típico y sin aroma igualmente característico. La consistencia es uniforme, sin grumos ni copos.

Algunas de las propiedades físicas de la leche se presenta en el cuadro 5:

Cuadro 5 : Propiedades físicas de la leche

Componentes	Valores
PH	6,4 - 6,6
Punto de congelación	-0,52 -0,56°C
Punto de ebullición	100,5°C
Densidad	1,028 – 1,035 (15/15°C)
Calor específico	0,93
Viscosidad	2,1
Indice de refracción	1,34209 (20°C)

Fuente: Amiot (1991).

3. Composición química de la leche:

En el cuadro 6 se presenta la composición química de la leche entera.

Cuadro 6: Composición química de la leche

Componente	Valores (%)
Agua	87,5
Grasa	3,5
Proteína	3,5
Caseína	2,6
Lactosa	4,7
Calcio	0,12
Sólidos no grasos	9
Sólidos totales	12,5
Ceniza	0,8

Fuente: Spreer (1991)

C. LECHE FERMENTADAS

1. Definición

Spreer (1991) afirma que las leches fermentadas se caracterizan por ser productos acidificados por el ácido láctico y por escasas cantidades de otros compuestos orgánicos, igualmente ácidos, formados por bacterias lácticas típicas como consecuencia de este proceso de acidificación, se coagulan y precipitan las proteínas de la leche, que se disocian después en parte hasta convertirse en aminoácidos.

2. Propiedades

Alais (1985) reporta que la fermentación acidificante constituye la primera forma de conservación de la leche, se trata de una protección de duración limitada, debido a su valor de pH bajo; sin embargo no se opone a la invasión de mohos.

Las leches fermentadas son productos derivados de la leche, tienen un valor nutritivo semejante al de la leche que la origina, pero deben tenerse en cuenta alguna modificación en su contenido vitamínico, debido al desarrollo de especies que pueden consumir o producir vitaminas. En el caso del yogur se ha observado la desaparición de la vitamina B₁₂, aumentándose el contenido la vitamina B₆ (piridoxina) y permaneciendo sin cambio la riboflavina y los otros factores de este grupo.

Se conoce las principales especies que constituyen la microflora de las leches fermentadas, que pertenecen a los grupos siguientes:

- Lactobacilos, principalmente las especies que producen mucho ácido láctico a una temperatura relativamente alta (37 a 47°C); se encuentran también lactobacilos mesófilos poco acidificantes, cuya temperatura óptima se sitúa hacia los 30°C.
- Streptococos lácticos termófilos o mesófilos, productores de menos cantidad de ácido que los anteriores, pero que originan un aroma característico.
- Levaduras de la lactosa, que producen gas carbónico y poco alcohol (Alais, 1985).

3. Tipos de fermentación

Las transformaciones que se producen en la leche o sus derivados por la acción de los microorganismos son múltiples y complejas, pueden clasificarse en 4 grandes grupos:

- Fermentaciones de tipo láctico, en las que el principal sustrato es la lactosa, que se transforma en ácido láctico. En la mayor parte de estas fermentaciones solamente el 20 % sufre esta conversión, la flora láctica se añade en forma de cultivos puros o mixtos obteniéndose un medio preparado con leche desnatada, la acidificación puede llegar a producir la coagulación del producto si el pH desciende hasta el punto isoeléctrico de las caseínas.
- Fermentaciones mixtas, en las que se producen al menos dos tipos de conversiones biológicas: la acidificación y la fermentación alcohólica, el proceso se puede llevar a cabo en una o varias etapas dependiendo de las características buscadas en el producto final y de la complejidad de las reacciones necesarias.
- Producción de biomasa, en donde toda la actividad fermentativa se orienta hacia la conversión de la lactosa y de un sustrato nitrogenado barato, como urea, amoníaco o proteínas vegetales, en una masa celular destinada a la alimentación animal o humana.
- La producción de algunos metabolitos, utilizando microorganismos seleccionados para la síntesis de productos que son difíciles o caros de obtener químicamente. Ejemplo: la producción de ácido láctico por *Lactobacillus bulgaricus*. (Spreer, 1991).

4. Yogur

1) Definición

ITINTEC (1990) define al yogur como el producto obtenido por la coagulación de la leche y la acidificación biológica, mediante la acción de fermentos lácticos, de las especies *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, a partir de la leche, parcialmente descremada, descremada, reconstituida, recombinada, con un tratamiento térmico antes de la fermentación.

La FAO citado por Madrid (1996) define al yogur como la leche coagulada obtenida por la fermentación láctica ácida debida a las bacterias *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* sobre la leche pasteurizada o concentrada, con o sin adición de leche en polvo, etc. Los microorganismos del producto final deben ser viables y abundantes.

La definición legal francesa indica que la fermentación del yogur se produce por *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, y que estas bacterias deben encontrarse vivas en un concentración de por lo menos $10^6/g$. Sólo puede prepararse a partir de leche fresca, pudiéndose enriquecer con leche en polvo con un máximo del 5 %; además, como mínimo debe contener 0,8 % de ácido láctico. La leche utilizada puede estar más o menos desnatada, la cantidad de ácido láctico libre debe ser inferior a 0,8 g por 100 g de producto puesto a la venta.

En algunos países no se especifican los tipos de bacterias lácticas encargadas de fermentar la leche para producir yogur. También hay países que no especifican que las bacterias lácticas tienen que estar vivas y en abundancia en el momento de la venta del producto al consumidor.

2) Valor nutritivo

El valor nutritivo del yogur depende de su composición, las materias primas utilizadas, los ingredientes añadidos y el proceso de fabricación, determinan los contenidos en vitaminas, proteína, grasa y minerales.

El principal azúcar del yogur es la lactosa, que se encuentra en el producto final en proporciones muy similares al de la leche, sin embargo se ha comprobado que el yogur no resulta perjudicial para las personas que padecen intolerancia a la lactosa.

Su gran digestibilidad hace que el yogur sea una buena fuente de energía en la dieta, también aporta muchas proteínas; las caseínas y las proteínas del suero contiene muchos aminoácidos esenciales y el consumo diario de 200-500 gramos de yogur, cubre una parte importante de la ingesta recomendada (Early, 2000).

3) Composición del yogur

La composición química del yogur se detalla en el cuadro 7:

Cuadro 7: Contenido en nutrientes por 100 g de yogur

Componentes	yogur natural	Yogur con fruta desnatado	Yogur con frutas *
Energía (Kcal)	61	40	119
Grasa (g)	1	0,32	3
de la cual saturada (g)	0,6	0,06	1,9
Proteína (g)	6,0	4,5	5,5
Carbohidratos (g)	7,0	5,5	18
Vitaminas			
Vitamina A (ER)	9,8	0,8	---
Tiamina (B1) (mg)	0,04	0,04	---
Riboflavina (B2) (mg)	0,03	0,19	0,24
Piridoxina (B6) (mg)	0,05	0,08	---
Vitamina (B12)(ug)	Tr	0,40	---
Acido fólico (ug)	3,70	4,70	---
Niacina (EN)	1,5	1,35	---
Vitamina (C) (mg)	0,70	1,60	---
Vitamina (D) (mg)	0,06	Tr	---
Vitamina (E) (mg)	0,04	Tr	---
Minerales			
Calcio (mg)	142	140	180
Fósforo (mg)	90	116	150
Hierro (mg)	0,09	0,09	< 1
Potasio (mg)	214	64	230
Zinc (mg)	0,59	0,44	< 1
Magnesio (mg)	14,3	13,7	16
Yodo (mg)	3,7	5,3	---
Sodio (mg)	63	211	0,08 g

Fuente: Early, 2000.

Madrid (1996) afirma que el aporte calórico del yogur varía según el tipo de este, el cual se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8.- Aporte calórico de diversos tipos de yogur

Tipo de Yogur	Aporte calórico (cal/100 g)
Yogur natural	63-68
Yogur azucarado	90-92
Yogur con frutas	100-110
Yogur desnatado	42-45

Fuente: Madrid (1996)

4) Tipos de yogur

Revilla (1996) menciona que existen diferentes tipos de yogures, siendo los principales:

- Yogur firme
- Yogur batido
- Yogur líquido
- Yogur con lactosa hidrolizada
- Yogur condensado, etc.

ITINTEC (1990), clasifica al yogur de la siguiente manera:

Por el método de elaboración:

- Yogur batido
- Yogur coagulado o aflanado

Por el contenido de grasa:

- Yogur entero
- Yogur parcialmente descremado
- Yogur descremado

Por el sabor:

- Yogur natural
- Yogur frutado
- Yogur saborizado

5) Yogur batido**a. Definición:**

Luquet (1993) afirma que este tipo de yogur se caracteriza por su contenido en sólidos, que es mayor que el yogur bebible (12-14 % de sólidos totales), en los yogures batidos se lleva a cabo una etapa particular que da el nombre al producto, el batido de la cuajada, que es lo que confiere al producto una untuosidad.

ITINTEC (1990) reporta que es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada, se realiza en tanques de incubación, produciéndose en ellos la coagulación. Luego se bate y se envasa, pudiéndose presentar en estado líquido o semisólido.

b. Composición

El yogur batido con fruta debe tener un contenido graso de 2-3,5 %, para que sea considerado un yogur aceptado organolepticamente debe tener un valor de pH entre 4,3-4,7 y un largo de acidez de 100 a 120°D después de 15 a 20 días de almacenamiento.

La composición del yogur tipo batido se detalla en el cuadro 9:

Cuadro 9.- Componentes de yogur batido

Componentes	Valores
Grasa	2-3,5 %
Proteína	5,5 g
Acidez	100 -120°D
Sólidos totales	12 -14 %
pH	4,3 - 4,7

Fuente: Luquet (1993).

c. Proceso de elaboración

El tratamiento térmico óptimo que recibe la leche para la fabricación de yogur es de 85°C/30 minutos , en estas condiciones se consigue la máxima hidratación de las proteínas.

En el proceso de elaboración de yogur batido, la leche se siembra y se incuba en un tanque de fermentación: el coágulo formado se rompe durante las posteriores etapas de refrigeración y envasado. Los tiempos y temperaturas de incubación son los mismos que para

el yogur firme, una vez que el pH desciende hasta el valor deseado (4,2-4,4), el coágulo se enfría en la propia cuba o se extrae del tanque de fermentación y se refrigera en continuo en un intercambiador de calor. El valor de pH al que se interrumpe la incubación depende de diversos factores como la eficacia de la refrigeración, el tiempo que se tarda en vasear el tanque de fermentación, el método de incubación, la formulación base y el pH del producto final.

Luego de la fermentación se realiza el batido, que consiste en la rotura del coágulo/gel caliente y la reincorporación del lactosuero , generalmente para obtener un gel homogéneo es suficiente una agitación muy suave durante unos 5 – 10 minutos, además la agitación tiene un efecto inhibitorio sobre la actividad del cultivo y reduce la producción de ácido láctico.

En los sistemas más modernos, la refrigeración se lleva a cabo en dos fases: el coágulo se enfría inicialmente hasta una temperatura de 20-25°C, se procede a la adición de ingredientes y al llenado de los envases y después tiene lugar la segunda etapa de refrigeración, una vez que el producto está en la cámara de almacenamiento; la temperatura óptima de conservación es de 8-10°C.

Durante el almacenamiento en frío el yogur adquiere una viscosidad y una consistencia que se perderán cuando se vuelva a manipular además, por efectos de la baja temperatura, se reduce la capacidad del yogur para retener el suero.

El porcentaje real de fruta adicionada al yogur suele ser de 6 a 15 %.

Una vez elaborado el yogur es almacenado entre 5 y 10°C con una caducidad de entre 15-21 días. (Early, 2000).

6) Control de las propiedades físicas del yogur

El yogur se puede comercializar básicamente en tres estados físicos, yogur tradicional, yogur batido y yogur líquido o para beber, teniendo cada una de estas tres formas unas características peculiares. En la práctica diaria cada fabricante adopta su propio estandar de viscosidad (o consistencia en el caso del yogur tradicional).

Se ha estudiado los distintos métodos existentes para la determinación de la viscosidad de los productos líquido; uno de los mas comunes es utilizando el viscosímetro rotatorio, como el de Brookfield, una vez determinado el tipo de eje y su velocidad de rotación para un producto dado, la comparación de lotes sucesivos presenta pocos problemas. Esta simplicidad hace razonable el intentar mantener la viscosidad del yogur batido dentro de ciertos límites (Tamine, 1993).

II. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de microbiología de alimentos, análisis de alimentos, espectrofotometría, análisis sensorial de alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María-Huánuco, situada a 670 m.s.n.m., con una temperatura ambiente promedio de 25,5°C y una humedad relativa promedio de 80 %, además se utilizó el laboratorio de control de calidad del INDDA de la ciudad de Lima. El trabajo se realizó durante los meses de junio a diciembre del año 2000.

B. MATERIA PRIMA E INSUMOS

1. Materia prima

- a. **Leche fresca**, esta fue obtenida directamente del fundo de la familia Días que se encuentra ubicado en el distrito de Castillo Grande de la ciudad de Tingo Maria.
- b. **Yacón**, tubérculo de la variedad Q'ELLO LLAKJUM (color de pulpa amarillo claro), procedente del departamento de Cajamarca.

2. Insumos

- a. **Cultivo láctico**, cultivo de yogur liofilizado, cepas (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus*), de uso directo, se obtuvo del laboratorio de German Klinge de la ciudad de Lima.

- b. **Leche en polvo entera**, comercial marca Anchor.
- c. **Azúcar**, blanca comercial.

C. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

1. Equipos.

a. De laboratorio.

- Cocina eléctrica, marca surge, con 2 hornillas
- Estufa tipo LP 201/AL, con temperatura hasta 200°C.
- Balanza eléctrica (capacidad de 400 g)
- Potenciómetro, rango de pH 0-14, marca Schott, modelo cg-840.EE.UU.
- Mufla marca Esztewrgon, temperatura regulable de 0 a 1200°C, 220 v
- Espectrofotómetro de absorción atómica, modelo video 12.U.S.A.
- Viscosímetro rotacional, modelo RVT , marca Brookfield, de 8 velocidades con rango de 0,5 hasta 100 rpm. STOUGHTON, USA.
- Brixómetro, escala de 0 a 30 %.
- Butirometro con escala de 0 a 6 % en contenido de grasa.
- Centrífuga, Fedellel centrifuhganly tylos, modelo NYTTOT, velocidad 1000 rpm. Made in Hungary.
- pH - metro, marca SCHOTT, modelo pH - meter CG 840, digital, 220 voltios.
- Lactodensímetro, temperatura de 15°C.

- Incubadora, modelo BE - 200, rango de temperatura de 20 a 70 °C, marca Memmer Alemana.
- Equipo de titulación para medir acidez (bureta autoenrrasable de 25 ml)
- Equipo extractor soxhlet
- Cocina digestora semi-micro Kjeldahl.

b. De proceso.

- Balanza manual , marca Ohaus, EE.UU. rango de 0 a 2610 g.
- Refrigeradora, marca Inresa con rango de temperatura de 0 a 10°C.
- Batidora manual, marca Oster 3 velocidades, 220 v.
- Licuadora, marca Oster de 3 velocidades, capacidad 1 litro, 220 v.

2. Materiales.

a. De laboratorio.

- Vasos de precipitación de 50, 100, 150, 500 y 1000 ml.
- Matraces de 500 y 1000 ml.
- Lunas de reloj, placas petri, goteros, fiolas., buretas.
- Mortero y pilón
- Crisoles de porcelana
- Varillas de vidrio
- Pipetas de 1 y 10 ml.
- Campanas de desecación
- Probetas, capacidad 10, 50, 500 y 1000 ml.

- Termómetro de 0 a 150°C
- Tubos de espectrofotometría
- Gradilla de metal
- Balones micro Kjeldahl

b. De proceso.

- Cuchillo de acero inoxidable
- Baldes y recipientes de plástico

3. Reactivos, soluciones y medios de cultivo:

Los reactivos utilizados fueron puros:

- Ácido láctico concentrado
- NaOH al 1N y 4N
- Indicador de fenoltaleina al 1 %.
- Ácido clorhídrico concentrado de 35 % de pureza
- Hexano de 98,5 % de pureza
- Ácido sulfúrico de 95-98 % de pureza
- Solución de ácido bórico
- Catalizador para análisis de proteínas: óxido de mercurio y sulfato de potasio.
- Solución indicadora (2 partes de rojo de metilo al 0,2 % + 1 parte de azul de metilo al 0,2 %)
- HCl al 0,0005 N
- Alcohol metílico
- Sulfito de sodio
- Reactivo de Ross

- Solución de glucosa
- Agua destilada
- Reactivos para análisis microbiológicos.

D. METODOS DE ANÁLISIS

Los métodos de análisis que se emplearon en el desarrollo del trabajo fueron:

1. Caracterización de la leche fresca

a. Análisis fisicoquímico.

- 1) Acidez.** Método 202.009. (AOAC, 1993).
- 2) Grasa.** método de Gerber, Método 15.030 - 15.031 (AOAC, 1993)
- 3) Sólidos totales.** Método 202.011(AOAC, 1993).
- 4) pH.** Basado en el método del potenciómetro, método 11.032 (AOAC, 1993).
- 5) Densidad.** método del lactodensímetro, método 925.22 (AOAC, 1993).
- 6) Proteína.** método semimicro Kjeldahl, usándose el factor 6,38; (AOAC.1990)
- 7) Humedad.** Método 934.06. (AOAC, 1993).
- 8) Ceniza** método 930.05, (AOAC, 1995).

2. Caracterización del tubérculo de yacon

a. Análisis fisicoquímico

- 1) Humedad.** Método 934.06. (AOAC, 1993).

- 2) **Sólidos solubles (°Bx).** método N° 932.12 (AOAC, 1990).
- 3) **Proteína.** método semimicro Kjeldahl, usándose el factor 6,25 ,
(AOAC.1990)
- 4) **pH.** Basado en el método del potenciómetro método 11.032 (AOAC, 1993).
- 5) **Acidez titulable.** Método 942.15. (AOAC, 1993).
- 6) **Ceniza** método 930.05, (AOAC, 1995).
- 7) **Grasa.** Mediante el método de Soxhlet, método 930.09, (AOAC, 1997)
- 8) **Azúcares totales.** Basado en el método por espectrofotometría, recomendado por Frank Ross (1975), mencionado (Miller, 1959).
Anexo A-1
- 9) **Azúcares reductores.** Basado en el método por espectrofotometría, recomendado por Frank Ross (1975), mencionado (Miller, 1959).
Anexo A-1
- 10) **Minerales.** Se cuantificó la cantidad de Calcio, por espectrofotometría de absorción atómica. (AOAC, 1990).

3. Caracterización de la pulpa de yacón

a. Análisis fisicoquímico

- 1) **Humedad.** Método 934.06 (AOAC, 1993)
- 2) **Sólidos solubles (°Bx).** Método N° 932.12 (AOAC, 1993).
- 3) **Proteína.** método semimicro Kjeldahl, usándose el factor 6,25
(AOAC, 1993)

- 4) **pH.** Basado en el método del potenciómetro. método 11.032 (AOAC, 1993).
- 5) **Acidez titulable.** Método 942.15 (AOAC, 1993).
- 6) **Ceniza.** Método 930.05 (AOAC, 1995).
- 7) **Grasa.** Mediante el método de Soxhlet, método 930.09 (AOAC, 1997)
- 8) **Azúcares totales.** (Miller, 1959).
- 9) **Azúcares reductores.** (Miller, 1959).

4. Caracterización del producto final (yogur batido)

a. Composición química y fisicoquímica

- 1) **Humedad.** (AOAC, 1993)
- 2) **Proteína.** Se determinó por el método semimicro Kjeldahl, usándose el factor 6,38 (AOAC, 1993)
- 3) **pH.** Basado en el método del potenciómetro. método 11.032 (AOAC, 1993).
- 4) **Acidez titulable.** Método 15.004 (AOAC, 1993).
- 5) **Ceniza.** Método 930.05, (AOAC, 1995).
- 6) **Grasa.** Mediante el método de Soxhlet, método 930.09, (AOAC, 1997)
- 7) **Viscosidad.** Lewis, (1993)

5. Almacenamiento del producto final

a. Composición fisicoquímica

1) pH. Basado en el método del potenciómetro. método 11.032 (AOAC, 1993).

2) Acidez titulable. (AOAC, 1993)

3) Viscosidad, Lewis, (1993),

b. Análisis microbiológico. Recuento de mohos y levaduras; se utilizó la técnica recomendada por ICMSF, (1983), que se fundamenta en hacer una siembra en superficie en el medio OGGA (oxitetraciclina - gentamicina - glucosa - extracto de levadura); se realizó al inicio y al final del almacenamiento.

c. Análisis sensorial.

Se aplicó la prueba de ordenamiento (para 3 tratamientos) y la prueba de preferencia (para 2 tratamientos); para ambas pruebas se utilizó 15 panelistas semientrenados y 3 repeticiones (Natividad, 1988);

La escala sensorial se muestra en el formato de evaluación respectivo (Anexos A-13, A-14 y A-15).

E. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

La metodología seguida en el presente trabajo de investigación se dividió en 2 partes:

1. Pruebas preliminares

a. Caracterización fisicoquímica del tubérculo de yacon y de la leche fresca

El tubérculo de yacon y la leche fueron llevados a los laboratorios donde se realizaron los análisis fisicoquímicos tales como: humedad, acidez, pH, ceniza, grasa, proteína, °Bx, azúcares totales y reductores (solo para el tubérculo de yacon), las muestras se trabajaron con repeticiones, los resultados fueron expresados como promedio.

b. Comportamiento de los azúcares del yacón

Con la finalidad de lograr una mayor concentración en del contenido de azúcares (totales, reductores y sólidos solubles) en los tubérculos cosechados, estos fueron divididos en dos grupos (un grupo fue expuesto al sol y el otro a la sombra), se evaluó el comportamiento del contenido de azúcares y la variación del peso de los yacones conforme transcurría el tiempo.

Esta prueba fue desarrollada en 5 días realizándose controles cada 2 días.

Los resultados se calcularon aplicando un DCA para ver si existía diferencia significativa entre los tratamientos

c. Inhibición del pardeamiento del yacón:

Para inhibir el pardeamiento de los trozos de yacón; estos fueron sometidos a tratamiento térmico a temperatura de ebullición, con 3 tiempos: 10, 15 y 20 minutos; para comprobar la eficiencia y el tiempo óptimo del tratamiento térmico, se realizó la prueba de la peroxidasa (Cheftel, 1976). (Anexo A-2).

Los resultados fueron expresados en función al cambio de color que presentaron los trozos de yacón.

d. Obtención de la pulpa de yacón:

Para la obtención de la pulpa de yacón se siguió el diagrama de flujo de la figura 1.

Las operaciones realizadas para la obtención de pulpa de yacón fueron:

- 1) **Recepción y selección de la materia prima**, Luego de ser sometido a prueba preliminar como caracterización, los yacónes fueron recepcionados, procediéndose luego a la selección, la cual se llevo a cabo de acuerdo a la calidad y al estado que se encuentre el producto y no de acuerdo al tamaño y peso, ya que es difícil clasificarlos de este modo porque estas cualidades son variables. Se elimino los tubérculos dañados y aquellos que se encontraban deshidratados y envejecidos.

2) **Lavado**, Esta operación es muy importante ya que este tubérculo es cosechado del subsuelo y por consiguiente tiende a arrastrar gran cantidad de tierra e impurezas. El lavado se realizó por inmersión y aspersion con abundante agua.

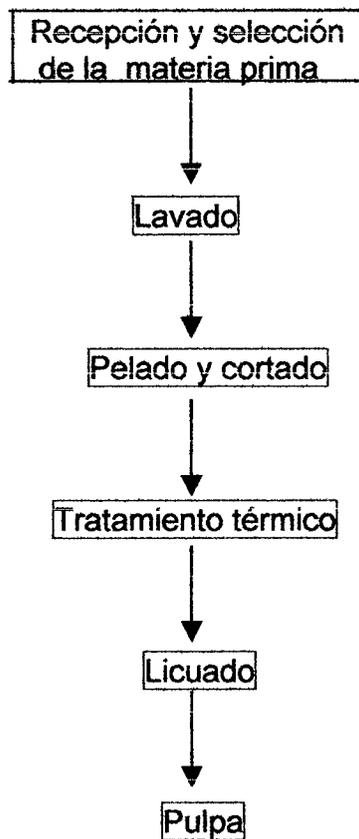


Figura1: Flujo de procesamiento para la obtención de pulpa de Yacón

3) **Pelado y cortado**, En esta operación los yacones fueron pelados y cortados en cuadrados de 2 cm de lado se utilizó cuchillos de acero inoxidable.

- 4) **Tratamiento térmico**, Los trozos de yacón obtenidos fueron sometidos a tratamiento térmico a temperatura de ebullición con el tiempo óptimo obtenido en prueba preliminar.
- 5) **Pulpeado**, los trozos de yacón fueron pulpeados, con la finalidad de reducir en tamaño los trozos., luego fue pasado por una malla de 1 mm de espesor para uniformizar la pulpa y obtener una pulpa más fina.

e. Caracterización de la pulpa de yacón

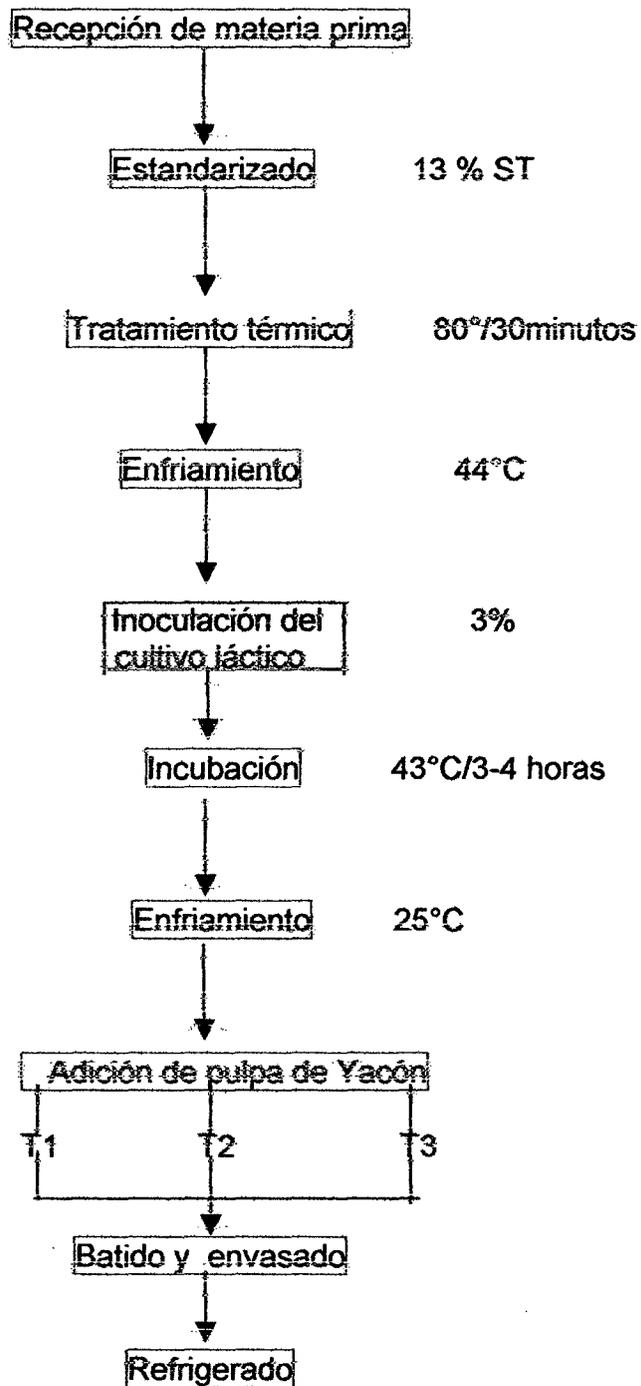
Luego de obtener la pulpa de yacón esta fue sometida a análisis fisicoquímico, tales como humedad, acidez, pH, grasa, proteína, azúcares reductores y totales, °Bx, ceniza, la muestra se trabajó con 2 repeticiones, los resultados fueron expresados como promedio \pm SEM.

2. Pruebas finales

a. Obtención del nivel óptimo en la utilización de la pulpa de yacón en yogur

La pulpa de yacón obtenida fue utilizada en diferentes niveles de concentración, para elaborar yogur la cual se muestra en el diagrama de operaciones que se indica en la figura 2.

En esta prueba se realizó análisis sensorial del yogur con 3 concentraciones diferentes de pulpa de yacón, se utilizó la prueba de ordenamiento y los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente con un DCA, si existe diferencia estadística entre los tratamientos se realiza la prueba de Tuckey a un nivel de significación de 5 %.



Donde: T1 = 10 % pulpa, T2 = 12 % de pulpa y T3 = 15 % de pulpa de yacon

Figura 2: Flujograma de la elaboración de Yogur batido con Pulpa de Yacón

Descripción del flujograma de operaciones:

- 1) **Recepción de la materia prima** Luego de ser sometida a la prueba preliminar. La leche fresca fue recepcionada en ollas de aluminio para luego realizar su caracterización.
- 2) **Tratamiento térmico de la leche** La leche fue calentada a una temperatura de 85°C/30 minutos, donde se realizó la estandarización de la leche (ver anexo A-12) (Amiot, 1991).
- 3) **Enfriamiento** Luego del tratamiento térmico la leche fue enfriada hasta la temperatura de 44°C. (Amiot, 1991).
- 4) **Inoculación del cultivo láctico** Se inoculó 3 % de cultivo láctico; de uso directo.
- 5) **Incubación** Luego de inoculado el cultivo láctico se llevó a incubación a la temperatura de 43°C por espacio de 3 horas, esto con la finalidad de que se desarrollen los cultivos lácticos sembrados y produzcan la acidez necesaria para formar el yogur. (Amiot 1991).
En esta etapa se realizaron los controles de acidez y pH.
- 6) **Enfriamiento** Luego del tiempo de incubación transcurrido se enfrió el yogur hasta 25°C. (Adams, 1997).
- 7) **Adición de pulpa de yacón** Una vez enfriado el producto se procedió a la adición de pulpa de yacón, en los siguientes niveles de 10, 12 y 15 %. (Early, 2000).

Los resultados fueron evaluados mediante una prueba sensorial con el atributo consistencia utilizando la prueba de ordenamiento como

se presenta en el Anexo A-4, las respuestas fueron evaluadas mediante un DCA y Tuckey con $p < 0,05$.

Además se realizaron análisis fisicoquímicos como pH, acidez y viscosidad; los resultados fueron expresados como promedio.

8) Batido y envasado, después de adicionar la pulpa de yacon se procedió al batido, rompiendo el coágulo del yogur y luego se envaso en recipientes de plástico de 250 ml.

9) Maduración El yogur envasado fue llevado a refrigeración a una temperatura de 8 a 10°C para su maduración por 24 horas. (Early, 2000).

b. Nivel óptimo del grado de dulzor de yogur con pulpa de yacon

En esta etapa se obtuvo el nivel óptimo del grado de dulzor del yogur con pulpa de yacon, para lo cual se utilizó 2 concentraciones de azúcar como son 7 y 9%,

Se realizó análisis sensorial utilizándose la prueba de preferencia para obtener los resultados se utilizó la tabla del anexo A-17.

Se siguió el diagrama de operaciones que se muestra en la figura 3.

Descripción del flujograma de operaciones:

Se realizaron las mismas operaciones que la prueba anterior hasta la adición de azúcar.

1) Adición de pulpa de yacón y azúcar Una vez enfriado el producto se procedió a la adición del porcentaje óptimo obtenido en prueba

anterior, se utilizó 2 concentraciones de azúcar como son 7 y 9 %.
(Early, 2000).

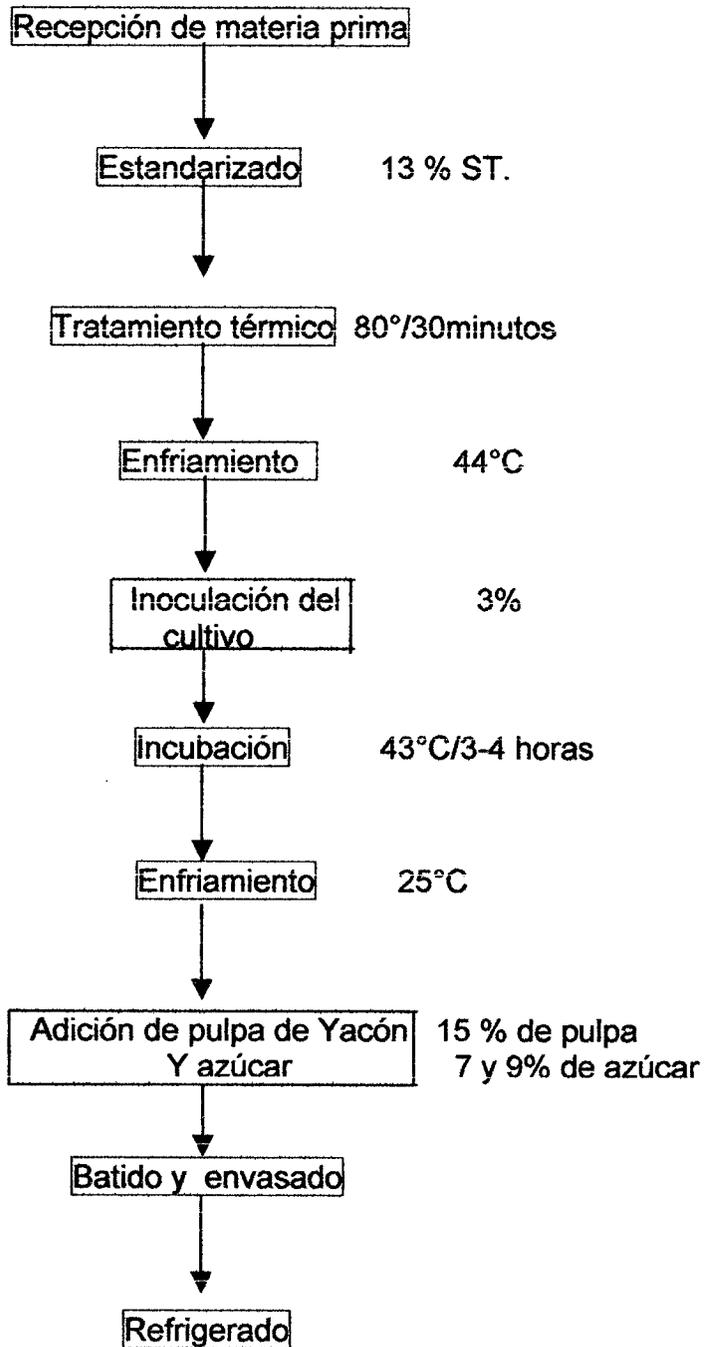


Figura 3: Flujograma del nivel óptimo del grado de dulzor del yogur.

- 2) Batido y envasado** Después de adicionar la pulpa de yacon y el azúcar se procedió al batido, rompiendo el coágulo del yogur, para luego ser envasado en envases de plástico de 250 ml.
- 3) Maduración** El yogur envasado fue llevado a refrigeración a una temperatura de 8 a 10°C para su maduración por 24 horas.

c. Obtención del producto final

Se caracterizó el producto final, donde se determinó:

- 1) El flujograma de operaciones definitivo para el yogur batido con pulpa de yacon.
- 2) Características fisicoquímicas del yogur batido
- 3) Balance de materia y rendimiento

d. Almacenamiento del producto final

El producto final se almacenó por espacio de 25 días; y cada 5 días (0, 5, 10, 15, 20 y 25 días) se evaluó la acidez, pH, viscosidad; se realizó el análisis sensorial, dentro de este se evaluó los atributos de color, sabor y consistencia, utilizándose una escala hedónica de 5 puntos (Anexo A-15), las respuestas obtenidas fueron evaluadas mediante un DCA; se realizó el análisis microbiológico, dentro de este la Numeración de Mohos y Levaduras al inicio y al final del almacenamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION:

A. PRUEBAS PRELIMINARES:

1. Caracterización fisicoquímica del tubérculo de yacón y de la leche fresca

El cuadro 10 presenta los resultados del análisis fisicoquímico del yacón.

Cuadro 10: Composición fisicoquímica del tubérculo de yacón fresco

Componentes	yacon fresco
	Promedio
Humedad (%)	90,247
Proteína (%)	0,231
Grasa (%)	0,126
Ceniza (%)	1,072
pH	6,010
Acidez (ácido cítrico)	0,027
°Bx	12
Azúcares reductores (%)	3,85
Azúcares totales (%)	10,6
Calcio (ppm)	220,8

Según los resultados obtenidos presentados en el cuadro 10 el contenido de humedad es de 90,247 %, dicho resultado se encuentra dentro del rango reportado por Bredeman (1948) citado por León (1964), que afirma que el contenido de humedad del yacon está entre 90 y 96 %, Hermann (1998) reporta un contenido de humedad de 70-90 %, el contenido de humedad depende de la variedad de yacon y de las condiciones de cosecha.

El contenido de proteína es 0,231 % y grasa es 0,126 % estos resultados se encuentran dentro del rango reportado por Collazos *et al* (1993), que afirma que el contenido de proteína es 0,3 % y Chirinos (1999) reporta un contenido de grasa de 0,12 %, en cuanto al contenido de °Bx se reportó un resultado de 12, el cual esta dentro del rango reportado por Collazos *et al* (1983), quien afirma que el contenido de sólidos solubles del tubérculo del yacon fresco se encuentra entre 11 y 16°Bx, esto dependiendo del estado de madurez de los tubérculos.

El resultado de azúcares totales fue 10,6 %, dicho resultado se encuentra dentro del rango descrito por Chirinos (1999), que afirma que el contenido de azúcares reductores totales en el yacon fresco se encuentra entre de 5 y 30,79 %, dependiendo del estado de madurez del tubérculo.

En contenido calcio encontrado fue 220,9 ppm; dicho resultado se encuentra dentro de los valores citados por Nieto (1991), quien reporta el siguiente resultado 70 a 225 ppm para el contenido de calcio.

El resultado del análisis fisicoquímico de la leche fresca se presenta en el cuadro 11:

Cuadro 11: Composición fisicoquímica de la leche fresca (%)

Componentes	Leche fresca
	Promedio \pm SEM
Humedad (%)	87,90 \pm 0,07
Sólidos totales (%)	12,10 \pm 0,06
Grasa (%)	3,65 \pm 0,05
Proteína (%)	3,28 \pm 0,01
Densidad * (g/cc)	1,03 \pm 0,0
pH	6,78 \pm 0,03
Acidez **	17,25 \pm 0,03
Ceniza (%)	0,68 \pm 0,03

* Medido a 15°C

** Expresado en °D

De los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la leche fresca (cuadro 11), se observa que tanto del contenido de sólidos totales como de grasa en la leche fresca están dentro de los rangos citados por Revilla (1996), quien además afirma que la grasa juega un papel importante tanto en el valor económico como en el valor alimenticio de los productos lácteos.

El contenido de proteína se encuentra dentro del rango establecido por Amiot (1991) y Spreer (1991), quienes reportan valores de 3,2 a 3,5 %. Los valores de pH y acidez fueron 6,78 y 17,25°D respectivamente, dichos resultados se encuentran dentro del rango reportado por Varman (1994) quien determinó entre 6,5 a 6,7 para el pH y Amiot (1991), quien manifiesta que la leche debe tener de 15 a 20°D de acidez cuando su calidad bacteriológica es satisfactoria.

De igual manera la densidad de la leche fue de 1,0285 g/cc el cual está dentro de los límites establecidos por Badui (1994), que indica que la densidad de la leche fresca está entre 1,028 a 1,036 Kg/l. medido a 15°C.

El resultado obtenido de ceniza fue 0,684 %, este se encuentra dentro del rango establecido por Spreer, (1991) quien reporta 0,8 %.

2. Comportamiento de los azúcares del yacón

En los cuadros 12, 13, 14 y en las figuras 4, 5 y 6 se presenta los resultados del comportamiento de los azúcares del yacón.

Cuadro12: Resultados de los °Bx del yacón (%)

Días	Brix	
	A	B
a.	12,17±0,17 ^c	12,23±0,15 ^a
1.	16,27±0,25 ^b	12,50±0,29 ^a
5	24,27±0,12 ^a	13,0±0,58 ^a

Donde:

A = Yacón expuesto al sol

B = Yacón puesto a la sombra

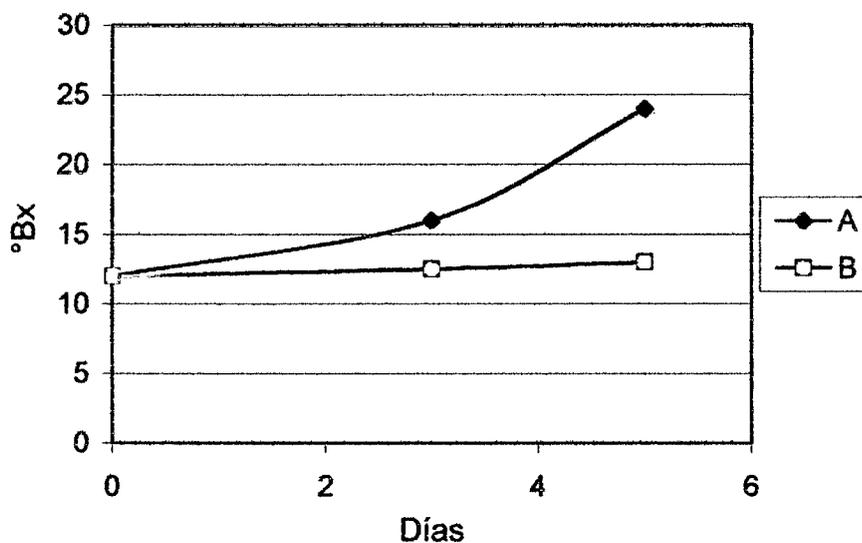


Figura 4: Variación del contenido de sólidos solubles (°Bx) en el tubérculo de yacón

Cuadro13: Resultados de Azúcares reductores del yacón (%)

Días	AR	
	A	B
0	3,27±0,03 ^c	3,30±0,10 ^a
3	3,80±0,06 ^b	3,40±0,11 ^a
5	4,10±0,11 ^a	3,60±0,06 ^a

Donde:

A = Yacón puesto al sol

B = Yacón puesto a la sombra

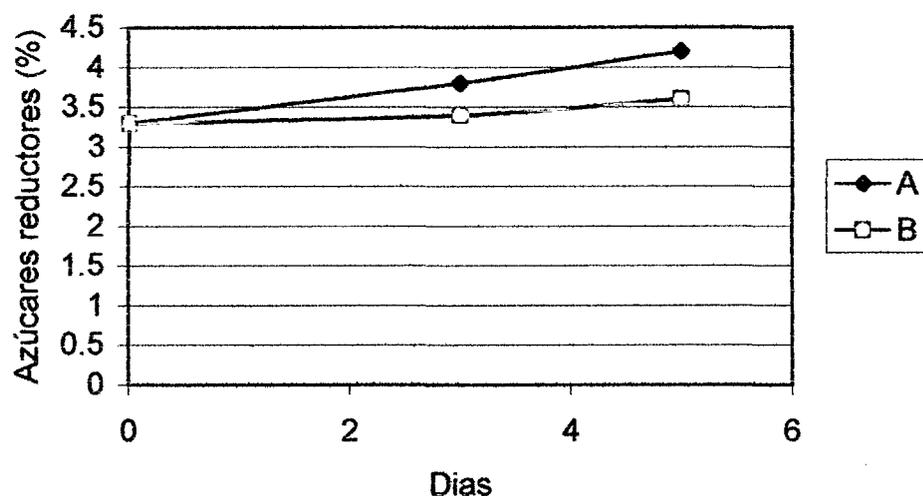


Figura 5: Variación del contenido de azúcares reductores del tubérculo de yacón

Cuadro14: Resultados de Azúcares totales del yacón (%)

Días	AT	
	A	B
0	6,30±0,06 ^c	6,30±0,21 ^a
3	6,80±0,06 ^b	6,50±0,06 ^a
5	10,63±0,09 ^a	6,70±0,06 ^a

Donde:

A = Yacón puesto al sol

B = Yacón puesto a la sombra

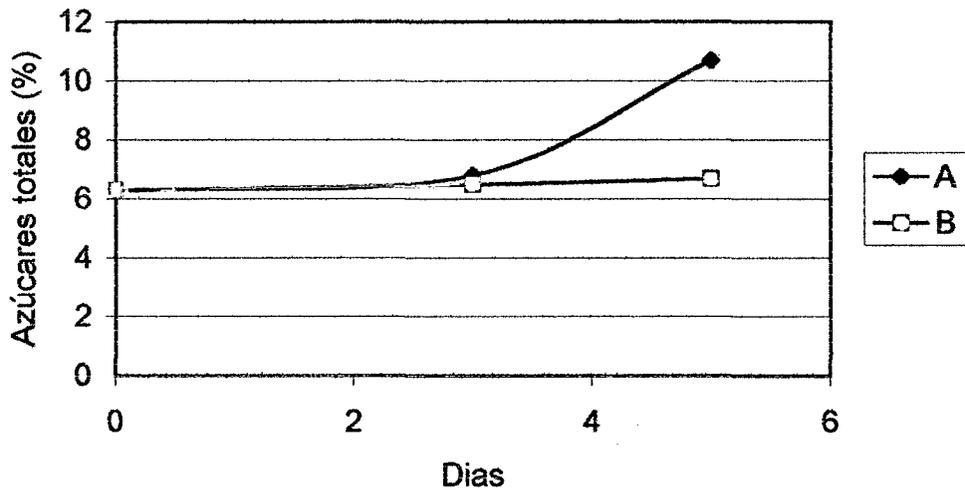


Figura 6: Variación del contenido de azúcares totales del tubérculo de yacón

En los cuadros 12, 13 y 14 se observa el comportamiento de los azúcares del yacón incrementándose para ambos tratamientos (yacón puesto a la sombra y expuesto al sol), obteniéndose valores mayores cuanto mas tiempo este expuesto al sol (Rea, 1995 y Seminario, 1998). En cuanto a los sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$) este empezó a los 0 días con un valor de 12°Bx para ambos tratamientos, conforme transcurría el tiempo este valor se incrementó obteniéndose al quinto día un valor de 24°Bx para los yacónes expuestos al sol y 13°Bx para los puestos a la sombra; la diferencia entre ambos tratamientos se observa en la figura 4, para el tratamiento expuesto al sol la curva se incrementa conforme transcurren los días y para el tratamiento puesto a la sombra la curva casi se mantiene constante; en lo que respecta al contenido de azúcares reductores se empezó con $3,3\%$ para ambos tratamientos, al quinto día

se obtuvo 4,1 y 3,6 respectivamente, la diferencia que existe en ambos tratamientos se puede observar en la figura 5, donde ambas curvas se incrementan pero se observa un mayor incremento en la curva del tratamiento expuesto al sol, al igual que el primer caso se debe a la pérdida de humedad y a la concentración de los azúcares (Seminario, 1998).

En cuanto al contenido de azúcares totales se empezó con 6,3 % para ambos tratamientos, al quinto día se obtuvo 10,6 y 6,7 respectivamente, la diferencia que existe en ambos tratamientos se observa en la figura 6, donde ambas curvas se incrementan pero la curva del tratamiento expuesto al sol se incrementa con mayor rapidez, alcanzando valores máximos, esto se podría explicar porque a medida que los yacones están expuestos al sol van perdiendo humedad por lo que los azúcares se concentran, aumentando el contenido de azúcares también se debe a que las raíces de yacon presentan en su composición sistemas enzimáticos que hidroliza los Fructooligosacaridos (FOS), aumentando así el contenido de azúcares simples (sacarosa, glucosa, fructosa) (Chirinos, 1999).

El tiempo expuesto al sol fue de 5 días a una temperatura aproximadamente de 33° C con lo que solo en 5 días se obtuvo el valor alto en cuanto al contenido de azúcares (°Bx, reductores y totales), ya que se expuso el tubérculo por mayor tiempo al sol, este se secó y fue imposible ser utilizado.

Al realizar el análisis estadístico se obtuvo que en el tratamiento expuesto al sol (A) hubo diferencia significativa, comprobándose esto con la prueba de tuckey a un $p = 0,05$; ocurriendo lo contrario con el tratamiento puesto a la sombra donde no hubo diferencia significativa (Ver anexo A-3).

En el cuadro 15 y en la figura 7 se presenta los resultados de la variación de peso del yacón en dos tratamientos.

Cuadro 15: Variación de peso del tubérculo del yacón

Días	Peso (g)	
	A	B
0	400±28,86 ^a	400±28,87 ^a
3	250±28,86 ^b	350±28,87 ^a
5	120±11,55 ^c	300±16,67 ^a

Donde:

A = Yacón expuesto al sol

B = Yacón puesto a la sombra

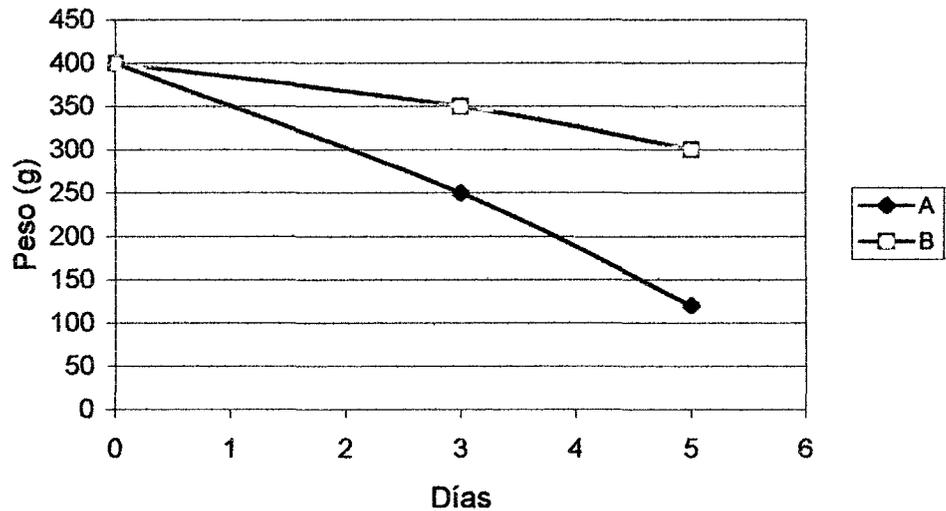


Figura 7: comportamiento del peso del yacon

En el cuadro 15 se presenta los resultados de la variación de peso del yacon; se inició con 400 g (para el yacón puesto a la sombra y al sol), al tercer día el peso disminuyó para ambos tratamientos obteniéndose 250 y 350 g respectivamente, observándose mayor pérdida de peso para el tratamiento expuesto al sol; al quinto día el peso disminuyó aun más obteniéndose 120 y 300 g respectivamente; en el tratamiento puesto al sol se perdió 280 g y en el tratamiento puesto a la sombra se perdió 100 g, esto se podría explicar ya que los yacones expuestos al sol pierden más rápido humedad, por lo que pierden mayor peso, los yacones puestos a la sombra pierden humedad pero en forma lenta ocurriendo lo mismo con la pérdida de peso.

La diferencia para ambos tratamientos se puede observar claramente en la figura 7, donde la curva para el tratamiento expuesto al sol desciende

rápidamente alcanzando valores menores, mientras que la curva para el tratamiento puesto a la sombra casi se mantiene constante, descendiendo lentamente.

Al realizar el análisis estadístico, se observa que existe diferencia estadística para el tratamiento expuesto al sol comprobándose esto con la prueba de tuckey a un $p = 0,05$ (ver anexo A-3).

3. Inhibición del pardeamiento del yacón

Los resultados de la prueba de la peroxidaza efectuado a los 3 tratamientos se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 16: Resultados de la prueba de la Peroxidaza

Tiempo (minutos)	Cambio de Color*	Reacción de la Peroxidaza
10	> 25 %	Positiva tenue
15	< 25 %	Poco indicativa
20	sin cambio	(-)

* De crema a rojizo.

El tiempo óptimo obtenido fue de 20 minutos a temperatura de ebullición, ya que no hubieron cambios de color (se logró inhibir la peroxidaza del tubérculo de yacón) a diferencia de los otros tratamientos donde se utilizó 10 y 15 minutos donde si se presentaron coloraciones rojas en ciertas partes del tubérculo.

Dado que la peroxidasa es muy resistente a la inactivación por el calor, se encuentra ampliamente difundida en los tejidos vegetales y su actividad puede ser determinada por pruebas colorimétricas simples y muy sensibles, se ha utilizado como indicador de la eficacia de los tratamientos térmicos subesterilizantes, se acepta que la destrucción de la peroxidasa va acompañada por la de todos los demás enzimas de interés (Fennema, 1994).

Badui (1996), afirma que la peroxidasa se usa como índice de control de calidad para determinar la efectividad del escaldado que consiste en añadir guayacol y Fe al alimento, si la enzima no se inactiva durante el tratamiento térmico, se produce una coloración que se debe a la polimerización de 4 moléculas de guayacol.

4. Obtención de la pulpa de yacón

Para la obtención de la pulpa de yacón se siguió el diagrama de flujo de la figura 8.

Luego de recepcionar y seleccionar la materia prima, se peló y se cortó y se sometió a tratamiento térmico a temperatura de ebullición por un tiempo de 20 minutos con la finalidad de inhibir el pardeamiento del tubérculo, luego se pulpeó obteniéndose una pulpa uniforme sin la presencia de partículas de tamaño no deseado.

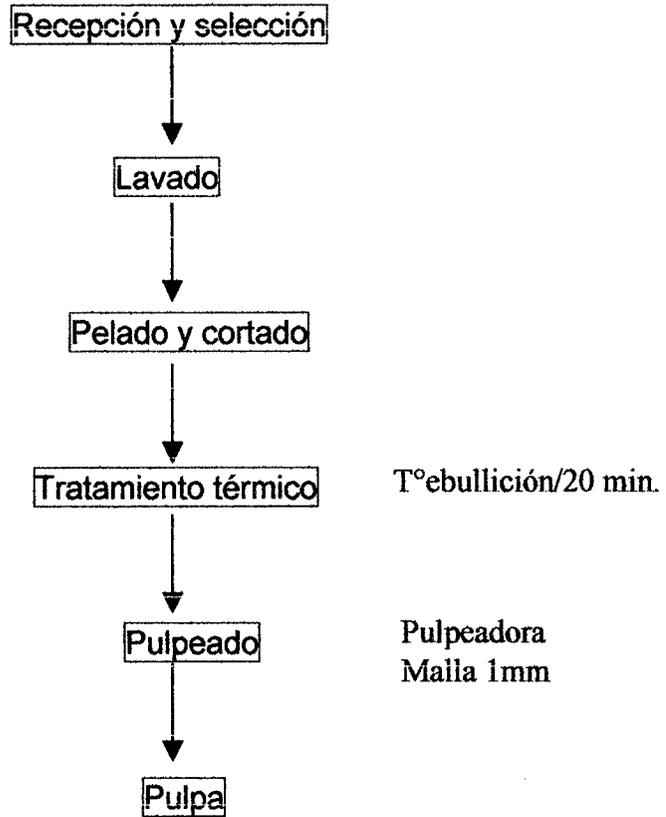


Figura 8: Flujo de procesamiento para la obtención de pulpa de Yacón

5. Caracterización de la pulpa de yacón

En el cuadro 17 se presenta los resultados de la composición fisicoquímica de la pulpa de yacón en base húmeda.

Cuadro 17: Composición fisicoquímica de la pulpa de yacon en base húmeda (%)

Componentes	Pulpa de yacon
	Promedio \pm SEM
Humedad (%)	91,85 \pm 0,29
Sólidos totales (%)	8,17 \pm 0,29
Grasa (%)	0,03 \pm 0,01
Proteína (%)	0,17 \pm 0,03
pH	4,34 \pm 0,01
Acidez *	0,04 \pm 0,00
°Bx	6,55 \pm 0,05
Ceniza (%)	1,07 \pm 0,00
Azúcares reductores (%)	0,95 \pm 0,15
Azúcares totales (%)	3,70 \pm 0,15

* Expresado en ácido cítrico

En la caracterización de la pulpa de yacón (cuadro 17) se obtuvo un contenido de humedad de 91,85 %, grasa 0,033 %, proteína 0,166%; estos valores son menores al ser comparados con los obtenidos del yacón fresco (cuadro 10) debido a que para obtener la pulpa de yacon, este fue sometido a tratamiento térmico durante este proceso, y los trozos de yacon captaron agua.

En cuanto al contenido de ceniza el resultado obtenido fue 1,072 %, este valor no varía con respecto al resultado obtenido en el tubérculo de yacon fresco.

El resultado obtenido de sólidos solubles (6,55 °Bx), de azúcares reductores (0,95 %) y azúcares totales (3,7 %), comparados a los obtenidos del yacón fresco se observa que disminuyó a la mitad de su valor pudiendo ser debido al tratamiento térmico que se le aplicó en el proceso.

El valor obtenido de azúcares reductores y totales fueron 0,95 y 3,7 % respectivamente, que al ser comparados con los obtenidos del tubérculo fresco se pudo observar que con el tratamiento térmico se pierde casi la mitad de su contenido.

Los resultados obtenidos en la caracterización de la pulpa de yacon son menores con respecto a los obtenidos del yacon fresco ya que para la obtención de pulpa de yacon este fue sometido a tratamiento térmico a temperatura de ebullición, con lo que se produjo pérdida de nutrientes (proteínas, azúcares, etc) por difusión en el agua (Cheftel, 1976).

B. PRUEBAS FINALES:

1. Obtención del nivel óptimo de pulpa de yacón en la elaboración de yogur

Los resultados del análisis sensorial se presentan en el cuadro 18 y anexo A-4.

Cuadro 18: Variación del atributo consistencia en la obtención del nivel óptimo de pulpa de yacon, aplicando Tuckey $p < 0,05$

Orden	Tratamiento	Promedios	Tuckey 5 %
1	T3 (15 %)	-7,08	a
2	T2 (12 %)	1,417	b
3	T1 (10 %)	8,50	b

En esta prueba se evaluó el atributo consistencia, los resultados se presentan en el anexo 7; se obtuvo como tratamiento óptimo T3 (yogur con 15 % de pulpa de yacon) siendo T1 y T2 estadísticamente iguales.

Early (2000) reporta que para los yogures batidos se adiciona de 12 a 18% de puré de fruta dando una adecuada viscosidad y consistencia al producto, por ende una mayor aceptabilidad por el público consumidor.

Los resultados de la evaluación fisicoquímica como pH, acidez y viscosidad se presentan en los cuadros 19 y 20.

Cuadro 19: Comportamiento del pH y acidez del yogur con 3 concentraciones diferentes de pulpa de yacon

Concentraciones de Pulpa de yacon (%)	pH	Acidez (°D)
10	4,44	98
12	4,46	88
15	4,48	78

En los resultados obtenidos en el comportamiento del pH y acidez en la utilización de pulpa de yacon en el yogur se puede observar que para la concentración de 10 % se tiene un valor menor en pH y mayor en acidez como son 4,44 y 98°D respectivamente; y para la concentración de 15 % de pulpa de yacon se tiene un valor mayor en pH y menor en acidez como son 4,48 y 78°D respectivamente; lo que indica que a menor concentración de pulpa, mayor es la acidez del yogur y a mayor concentración de pulpa la acidez del yogur es menor, esto se debe a que se retarda la acción de los microorganismos en la utilización de lactosa para producir ácido láctico, entonces la producción de acidez es menor y mas lenta (Özturk and Öner, 1999).

Cuadro 20: Resultados de la viscosidad de diferentes concentraciones de pulpa de yacon

Concentración de pulpa (%)	Viscosidad (N.s/m ²)
10	26,3245
12	18,5654
15	16,5996

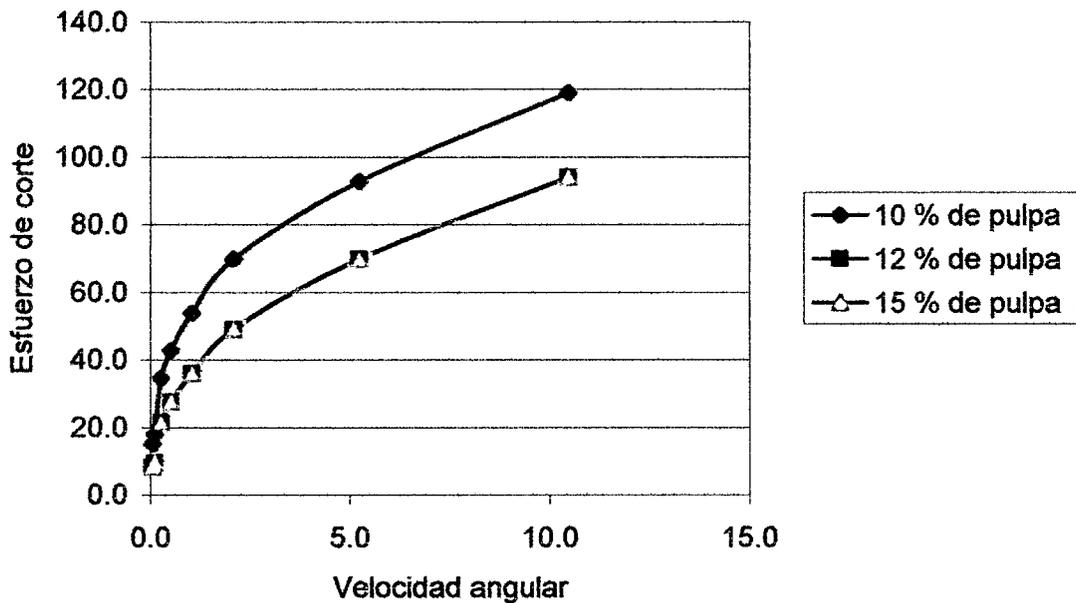


Figura 9: Comportamiento reológico del yogur con pulpa de yacon

En el cuadro 20 se presenta los resultados de la determinación de la viscosidad (ver anexo A-5, A-6, A-7), Se observa que cuando se utiliza menor cantidad de pulpa de yacon la viscosidad es mayor 26,3245 y cuando se utiliza una mayor cantidad de pulpa de yacon el valor de la viscosidad es menor 16,5996.

En este caso a mayor cantidad de pulpa de yacon los valores de viscosidad son menores esto estaría relacionado con la capacidad de la proteína (caseína) de retener agua; esto podría deberse a que la pulpa de yacon altera la viscosidad produciéndose una desestabilización en el sistema proteína-agua-sólidos produciendo la salida de agua del coágulo por ende la viscosidad disminuye, este resultado se puede complementar con el cuadro 17 donde se observa que a mayor concentración de pulpa en el yogur la acidez es menor (Öztürk and Öner, 1999).

2. Nivel óptimo del grado de dulzor del yogur con pulpa de yacón

Se realizó una evaluación sensorial, utilizándose la prueba de preferencia, el atributo que se evaluó fue el dulzor; los resultados se presentan en el anexo A-8.

Como se puede observar en el anexo , la evaluación sensorial en cuanto al dulzor del yogur se tiene que para ambas pruebas realizadas (panelistas jóvenes y panelistas mayores de 50 años) 15 panelistas evaluaron 3 veces cada par de muestras ($3 \times 15 = 45$). De 45 juzgamientos, 36 indicaron preferencia por V₂₂ (9 % de azúcar). Según la tabla de dos colas (anexo A-18) al 5 % de probabilidad, existe diferencia significativa entre las muestras.

Se obtuvo como tratamiento óptimo el yogur con 9% de azúcar ya que fue el que tuvo mayor aceptación por todos los panelistas que realizaron la evaluación sensorial.

Early (2000), afirma que la concentración de azúcar adecuada que se adiciona al yogur batido debe ser de 7-9 %, el cual se añade para contrarrestar la acidez desarrollada durante la fermentación, especialmente en la elaboración de yogures con frutas que contengan poca azúcar.

3. Obtención del producto final

a. Flujograma óptimo en la elaboración de yogur con pulpa de yacon

En la figura 10 se muestra el flujograma óptimo en la elaboración de yogur con pulpa de yacon.

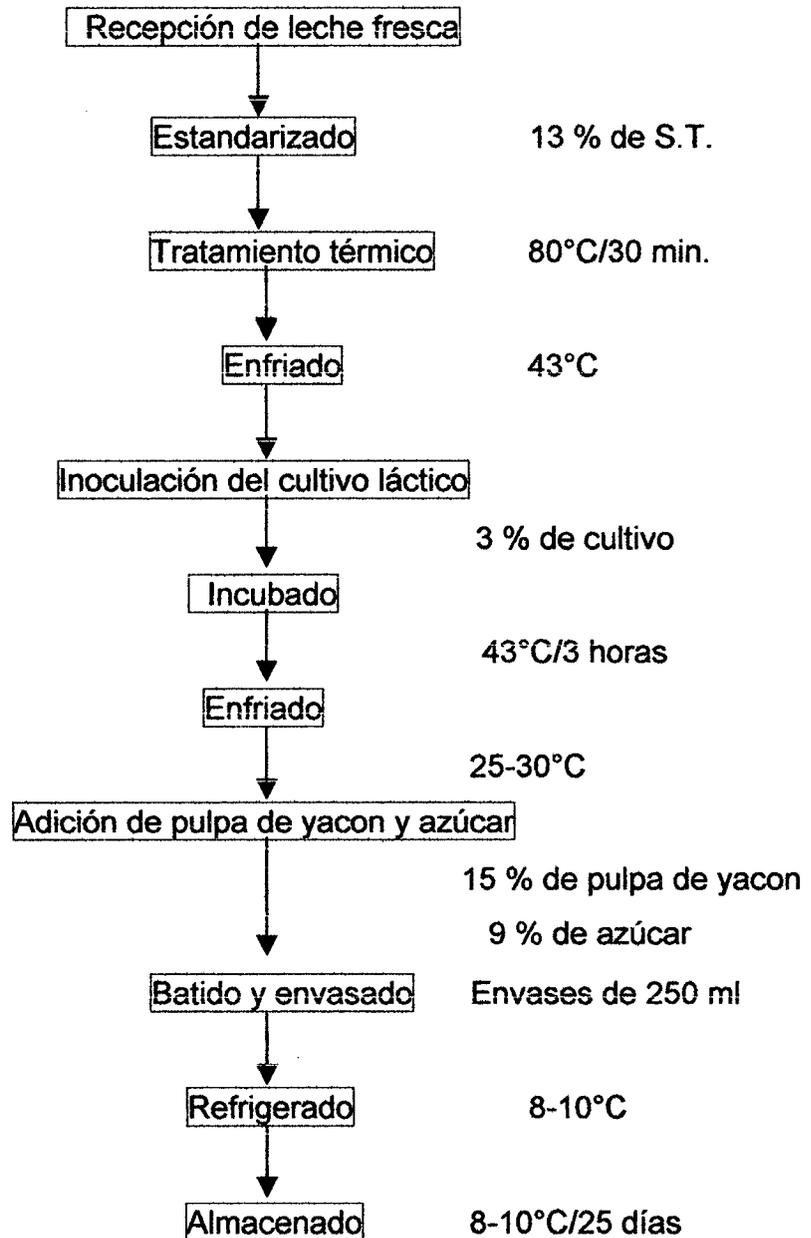


Figura 10: Flujograma óptimo para la utilización de pulpa de yacon en la elaboración de yogur tipo batido.

b. Caracterización del producto final

En el cuadro 21 se presenta los resultados de la caracterización fisicoquímica del producto final en base húmeda.

Cuadro 21: Caracterización fisicoquímica del producto final

Componentes	Producto final
	Promedio \pm SEM
Humedad (%)	82,20 \pm 0,12
Sólidos totales (%)	17,81 \pm 0,12
pH	4,4
Acidez *	78,50 \pm 0,5
Grasa (%)	2,24 \pm 0,04
Proteína (%)	3,53 \pm 0,06
Ceniza (%)	0,54 \pm 0,01
Viscosidad (Ns/m ²)	28,3645

* Acidez expresado en °D.

En los resultados de la caracterización del producto final se puede observar que el valor de pH del yogur con pulpa de yacon fue 4,4; el cual se encuentra dentro del rango establecido por Early (2000) quien da valores entre 4,2 y 4,4; una acidez de 78,5°D, el cual se encuentra fuera del rango establecido por Early (2000) quien da un rango de 85 a 90°D después de 24 horas, esto se debe al % de pulpa de yacon que tiene el yogur el cual tiene influencia en la acidez del yogur

(cuadro 17); el contenido proteico fue de 3,53; el que se encuentra dentro del rango establecido por Porter (1981) quien da valores de 3 a 5 %, este valor podría ser más alto, esto se debe a que el yacon aporta mínimas cantidades de proteínas, a diferencia de las otras frutas que se utilizan para la elaboración de un yogur frutado Madrid (1996); un contenido en grasa de 2,24 %; el cual se encuentra dentro del rango establecido por Porter (1981) y Luquet (1993); quienes dan valores de 1,5 y 3,5 % respectivamente, el valor es bajo ya que el yacon aporta mínimas cantidades de grasa. y un contenido de ceniza de 0,535 %.

c. Balance de materia y rendimiento.

En el cuadro 22 se presenta los resultados del balance materia del yogur con pulpa de yacon.

Cuadro 22: Balance de materia del yogur con pulpa de yacon

Operación	Entra (ml)	Sale (ml)	sigue (ml)	Rendimiento por operación (%)	Rendimiento por proceso (%)
Recepción de L.F.	6700	---	6700	100	100
Trat. Térmico	6700	50	6650	74,6	99,25
Estandariza. L.P. (1%)	6716,5	---	6716,5	100	100,24
Inoculado Cultivo (3%)	6917,9	---	6917,9	100	103,25
Incubado	6917,9	---	6917,9	100	103,25
Batido	6917,9	70	6847,9	101,18	102,21
Adición de: * Pulp. Yacon (15%)	7875,2	---	7875,2	100	117,54
* Azúcar (9%)	8578,6	---	8578,6	100	128,04
Envasado	8578,6	80	8500	58,28	127,29
Maduración	8500	---	8500	100	127,29
Producto final	8500	---	8500	100	127,29

En el cuadro 22 se presenta el balance de materia de la elaboración de yogur batido con pulpa de yacon, se empezó con 6700 ml de leche fresca, durante el tratamiento térmico se perdió 50 ml de leche (producto de la evaporación), esta pérdida es mínima representa 0,75 % del volumen de materia prima inicial.

Durante las siguientes operaciones se tuvo aumento ya que se adicionó 1% de leche en polvo (67 g), 3 % de cultivo lácteo (201 g), en la operación de batido se perdió 70 ml de yogur esto se debió a que al pasar de un envase a otro no se tuvo cuidado y se derramo yogur, de la misma forma en el batido, esta perdida representa el 1,04 % del volumen de materia rima inicial.

En las operaciones siguientes se adicionó 15 % de pulpa de yacon (1005 g) y 9 % de azúcar (603 g) obteniéndose 8578 ml de yogur que representa 128,03 %, es decir se tuvo un aumento de 28,03 % respecto a la materia prima inicial.

En la operación de envasado se perdió 50 ml de yogur esto se debió a que al llenar los envases se derramo el yogur, está pérdida es mínima representa el 0,75 % del volumen de materia prima inicial.

Se obtuvo 8500 ml de yogur este valor representa 127,29 %, obteniendo se un aumento de 27,29 % respecto a la materia prima inicial.

El costo en el procesamiento del yogur con pulpa de yacon se presenta en el anexo A-16

I. Almacenamiento del producto final

Los resultados obtenidos de la medición de pH, acidez, viscosidad, evaluación microbiológica y sensorial se presentan en los cuadros 23, 24 y 25 respectivamente.

Cuadro 23: Controles de pH y acidez

Días	pH	Acidez (°D)
0	4,4	78,5
5	4,3	80
10	4,2	88
15	4,0	93
20	3,9	96
25	3,8	100

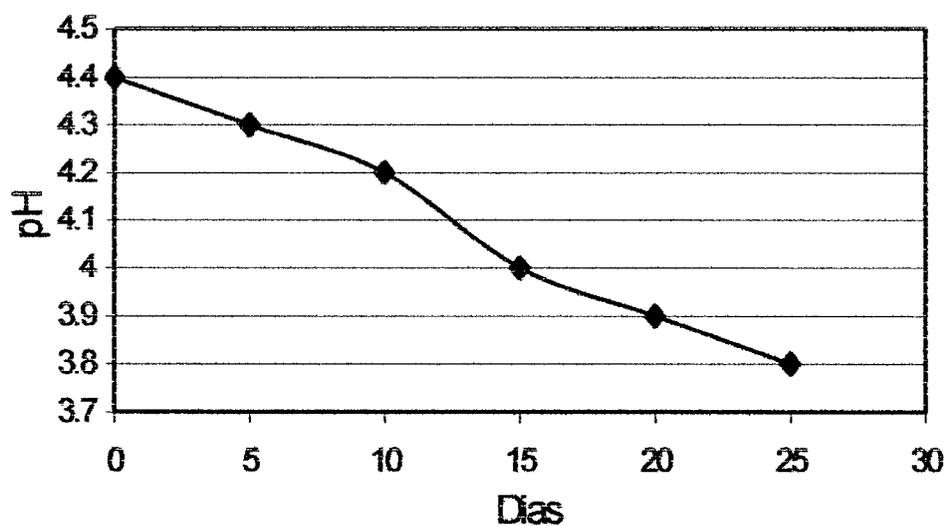


Figura 11: Variación del pH del yogur con pulpa de yacon

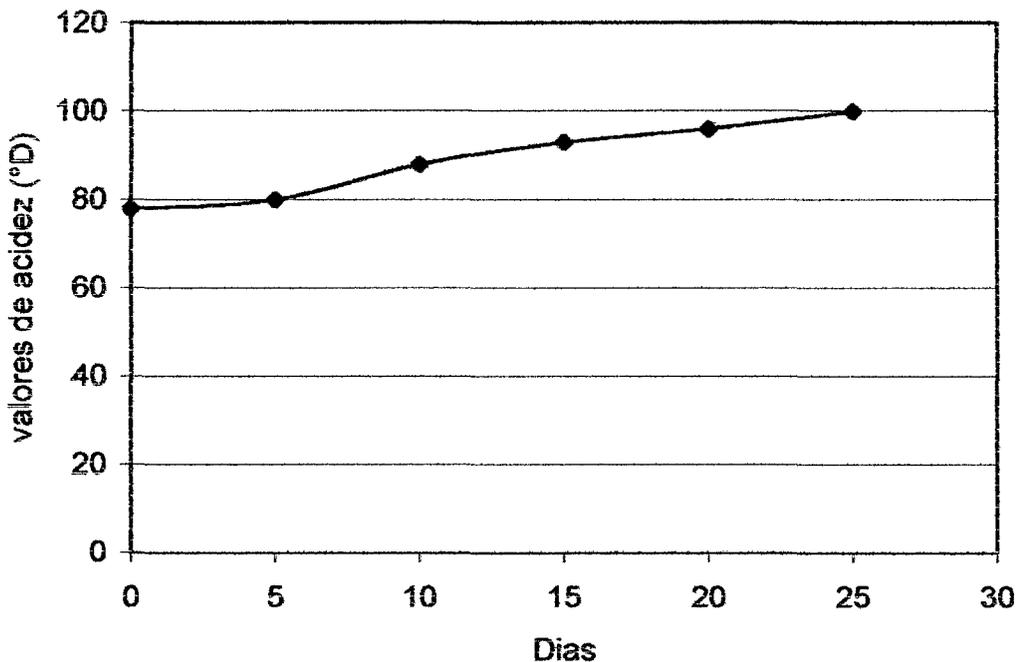


Figura 12: variación de la acidez del yogur con pulpa de yacon

En lo que respecta a los controles realizados tanto de pH como de acidez del producto final durante el almacenamiento, se observa que a medida que transcurre el tiempo los valores de pH descienden, a los 0 días empezó con un valor de 4,4 y pasado los 25 días este valor descendió hasta 3,8; ocurriendo lo contrario con los valores de acidez los cuales ascienden a medida que transcurre el tiempo, a los 0 días empezó con 78,5°D llegando a los 25 días a 100°D.

Luego de obtener el producto final el yogur es almacenado, durante este tiempo se produce la maduración del yogur, los microorganismos siguen actuando por lo que el pH desciende y la acidez se incrementa, en este proceso los microorganismos productores de la acidez característica del yogur resisten valores de pH bajos.

En el cuadro 24 se presenta los resultados obtenidos de la viscosidad del yogur con pulpa de yacón durante el almacenamiento.

Cuadro 24: Valores de viscosidad durante el almacenamiento

Tiempo	Viscosidad (Ns/m ²)
0	28,3645
5	28,3159
10	25,3912
15	25,3912
20	31,9076
25	33,2603

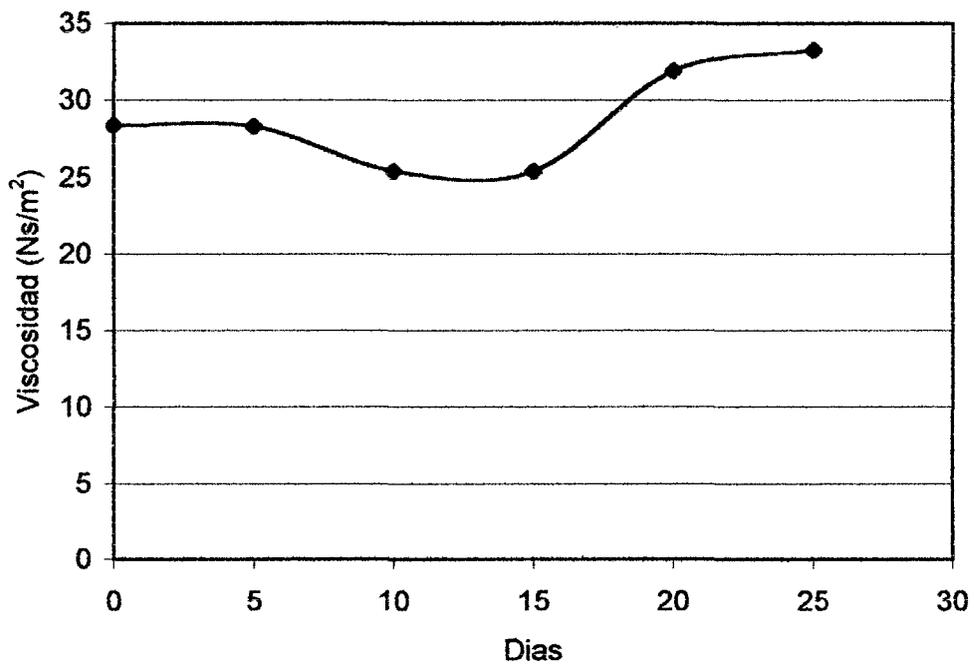


Figura 13: Curva de la variación de la viscosidad del yogur con pulpa de yacón durante el almacenamiento

En el cuadro 24 se presenta los resultados obtenidos de la viscosidad del producto final durante el almacenamiento, se puede observar que durante

los 10 primeros días de almacenamiento la viscosidad del yogur se mantiene casi constante, a partir del 15avo día de almacenamiento la viscosidad disminuye manteniéndose a ese valor hasta el 20avo día de almacenamiento, a partir del 20avo día de almacenamiento la viscosidad aumenta hasta llegar al 25avo día de almacenamiento, con un valor de 33,2603 Ns/m².

En la figura 13 se puede observar la variación de la viscosidad durante el almacenamiento, este comportamiento se debe a que al adicionar fruta al yogur se reduce la viscosidad y la consistencia reduciéndose la capacidad de retención de agua de las proteínas (caseína), esto se debe a muchos factores como la concentración de pulpa utilizada y sus componentes, el pH, la capacidad de retención de agua de la caseína ya que al aumentar el CRA de la caseína aumenta la viscosidad, al disminuir el CRA aumenta la sinéresis por lo tanto disminuye la viscosidad (ÖNER, M.D. and ÖZTÜRK, B.A. 1999).

Análisis sensorial

Se realizó un DCA para los promedios de los atributos color, consistencia y sabor, Los resultados se presenta en el anexo A-9, A-10, A-11.

En la evaluación del atributo color se observa que durante la evaluación sensorial no hubo diferencia estadística, es decir el color del yogur se mantuvo sin presentar cambios desde los 0 días hasta los 25 días manteniéndose dentro de la escala hedónica entre 2 y 3 que significa

bueno y regular; la pulpa de yacon no influye en el cambio de color del yogur en almacenamiento.

En la evaluación del atributo consistencia, se observa que no existe diferencia estadística, pero se observa que este atributo va variando a medida que transcurre el tiempo; entre los 10 primeros días de almacenamiento presenta una puntuación dentro de la escala hedónica de 2 a 2,4 que significa entre espeso, pasado los 15 días de almacenamiento los valores dentro de la escala hedónica se ubican entre 2 y 1,5 que significa espeso y muy espeso al llegar al 25avo día de almacenamiento el valor dentro de la escala hedónica se ubica en 1 que significa muy espeso, se puede afirmar que a medida que pasa el tiempo durante el almacenamiento el yogur adquiere una consistencia cada vez mas espesa, esto se debe a que a partir del 20avo día ya comienza a desuarse es decir se produce sinéresis (ver escala hedónica en anexo A-26), esto se debe a que se reduce la capacidad de retención de agua (CRA) de las proteínas (caseína).

En la evaluación del atributo sabor se observa que aun cuando no exista diferencia estadística, se observa que a medida que transcurre el tiempo; los 5 primeros días de almacenamiento presenta un valor dentro de la escala hedónica de 2,7 que significa llegando casi al límite de aceptable, a partir del 10avo día de almacenamiento hasta el 15avo presenta valores dentro de la escala hedónica entre 2,9 hasta 3 que significa aceptable, en el 20avo día presenta un valor de 2,7 que significa aceptable, obteniéndose al 25avo día un valor de 2,8, que significa entre agradable y

aceptable. (ver escala hedónica en anexo A-26), esto se debe a que a partir del 20avo día ya se desarrolló un acidez alta en el yogur, desarrollándose microorganismos no deseables produciendo un sabor a fermentado.

Cuadro 25: Resultados de análisis microbiológico del producto final durante el almacenamiento

INDICE MICROBIOLOGICO	0 DIAS	25 DIAS
- Numeración de mohos y levaduras	<10	200

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis microbiológico del producto final durante el almacenamiento, se puede observar que al inicio del almacenamiento se encontró < 10 ufc/ml pero al final del almacenamiento (25 días) se encontró 200 ufc/m este resultado se encuentra fuera de los límites establecidos por ITINTEC (1990) y Adams (1997) quienes reportan 100 ufc/ml y afirman que hasta este rango un yogur es de calidad satisfactoria.

V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- La composición química proximal y fisicoquímica promedio del yacon fresco es de 90,247 % de humedad, 0,231 % de proteína, 0,126 % de grasa, 1,0715 % de ceniza, 6,01 de pH, 0,0265 % de acidez (expresado en ácido cítrico), 3,85 % de azúcares reductores y 10,6 % de azúcares totales.
- Los parámetros óptimos para la elaboración de yogur batido con pulpa de yacon fueron: 15 % de pulpa de yacon y 9 % de azúcar, con una viscosidad de 28,3645 Ns/m², se obtuvo un rendimiento de 127 % con respecto a la materia prima inicial y un tiempo de almacenamiento de 20 días a una temperatura de 8-10°C donde el yogurt mantuvo sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.
- El tiempo de óptimo de inhibición del pardeamiento del yacon fue de 20 minutos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la composición del yacón los cuales influyen en la baja producción de acidez en el yogur.
- Realizar estudios para lograr inhibir el pardeamiento del tubérculo de yacón sin utilizar tratamiento térmico.
- Incentivar el procesamiento del tubérculo de yacón de tal manera que se aproveche su contenido de azúcares los cuales no son metabolizados por el organismo y pueden ser utilizados para diabéticos, así como también para la elaboración de alimentos de bajas calorías.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, M. 1997. Microbiología de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza-España. 464p.
- ALAIS, CH. 1985. Ciencia de la leche. Editorial Reverte. Zaragoza-España. 873p.
- AMIOT, J. 1991. Ciencia y tecnología de la leche. Editorial. Acribia. Zaragoza-España. 547p.
- AOAC. 1995. Oficial methods of análisis of international 16 th edition. Vol II. 1890p.
- ARBIZU, C. Y HERMANN 1992. Algunos factores limitantes en el uso de raíces y tubérculos andinos y sus prioridades de investigación. El agrosistema andino: Problemas, limitaciones y perspectivas. CIP. Lima-Perú. 375p.
- BADUI, S. 1994. Química de los alimentos. Editorial Alambra. Mexicana S.A. México. 424p.
- BADUI, S. 1996. Diccionario de Tecnología de los Alimentos. Editorial Alambra Mexicana. México. 300p.
- COLLAZOS, CH. C.; WHITE L. P.; WHITW S. H.; VIÑAS T. E.; ALVISTOR J. E.; URQUIETA A. R.; VASQUEZ G. J.; DIAS T. C.; QUIROZ M. A.; ROCA N. A.; MARK D.; HEGSTED; BRADFIELD B. R.; HERRERA A. N.; FACHING R. A.; ROBLES G. N.; HERNÁNDEZ F. E.; ARIAS V. M. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición. Lima: Instituto de Nutrición. Ministerio de salud. 18 p.

- CHEFTEL, J. 1976. Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Editorial Acribia. Volumen 1. Zaragoza-España 333p.
- CHIRINOS, S. 1999. Obtención y caracterización de los oligofructanos a partir de la raíz del yacón (*Samallanthus sonchifolia*). Tesis – UNAM Lima –Perú.
- EARLY, R. 2000. Tecnología de los Productos lacteos. Editorial Acribia S.A. 459p.
- FLORES, E. 1997. Usos del Yacón (*Smallanthus sonchiholius*) y achira en la industria alimentaria en IX congreso internacional de cultivos andinos. Cuzco-Perú. 155p.
- HERMANN, M. 1998. Chemical composition and novel food uses of yacon. In press
- ICMSF.1983. Microorganismos de alimentos. Técnicas de análisis microbiológicos. Zaragoza-España. Editorial Acribia. Vol. I. 200p.
- INIPA – CIPA XV. 1989. V congreso internacional de sistemas agropecuarios andinos. Editorial Arteta. Lima-Perú. 515 p.
- Instituto de Análisis de Política Agraria (IAPA) 1994. Lima-Perú. 180p.
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de normas Técnicas (ITINTEC). 1990. Norma Técnica Nacional – yogur. 3era edición Lima – Perú. 8 p.
- LEON, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Boletín N°6 (IICA). Lima-Perú. 112p.

- LEON, J. 1984. Plantas alimenticias andinas. Boletín N°6 (IICA). Lima-Perú. 128p.
- LEON, H. 1983. Caracteres agronómicos de cinco cultivares de Ilacon (*Polimnia sonchifolia*) bajo condiciones de la campiña de Cajamarca. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Técnica de Cajamarca. 89 p.
- LEWIS. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia S.A. 494p.
- LOZANO, C. 2000. Comunicación personal. Trujillo-Perú.
- LUQUET, F. 1993. Leche y productos lácteos. Editorial Acribia Zaragoza-España. 524p.
- MADRID, V. 1996. Curso de industrias lácteas. Edición AMV. 604p.
- MONTALDO, A. 1997. Cultivos de raíces y cultivos tropicales IICA. Lima-Perú. 595p.
- MILLER, C. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal. Chem (31). 675p.
- National Research Council. 1990. Lost Crops of the Incas. National academy press. Washington D.C. 2da edición. 96p.
- NATIVIDAD, R. 1988. Evaluación sensorial de alimentos. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 50 p.
- NIETO, C. 1991. Estudios agronómicos y bromatológicos de Jicama, archivos latinoamericanos de nutrición. Vol. XLI N°2. 346p.

- OHYAM T.; YASUYOSHI, S.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; SUKABASHI T.; ASAMI T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polimnia sonchifolia*); Sci plant nutr. pp. 36, 167-171.
- ÖNER, M.D. and ÖZTÜRK, B.A. 1999. Production and evaluation of yogurt with concentrated grape juice. Journal Of Food Science. Volúmen 64. N° 3. pp. 530-532
- PICCHA, D. 1994. World situation and export market opportunities for 16 andean crops: yacon, folleto editado por ADEX.
- PORTER. 1981. Leche y productos lacteos. Editorial Acribia. Zaragoza-España. 88p.
- REA, J. 1995. Recursos genéticos del Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) IPGRI. Publicación del instituto internacional de recursos Fitogenéticos. Bolivia. 47p.
- REVILLA, A. 1996. Tecnología de la Leche. 3era edición. Editorial Zamorano. Honduras. 396 p.
- SEMINARIO, J. 1998. Producción de raíces andinas. Manual de capacitación. CIP. Lima-Perú. 80p.
- SPREER, 1991 Lactologia industrial. Editorial Acribia. Zaragoza-España. 617p.
- TAMINE, A. 1993. Yogurt ciencia y tecnología. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. 368p.

- TAPIA, M. 1990. Cultivos andinos subexplotados y su aporte en la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. 273p.
- THOMOMATSU, H. 1994. Health effects of oligosaccharides. Food Technology. F. Tech. Oct. 137p.
- THONAR, P. Y ARTOIS, C. 1986. Inulin hidrolisis by in immobilized yeast cell reactor. Biotech. And Bioeng. Symo N°15.
- VARMAN. 1994. Leche y productos lácteos, tecnología química y microbiológica. Editorial Acribia. Zaragoza-España. 487p.
- VIDAL, V. 1997. Curso: Agrotécnia. Tema: Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). UNAM. Lima-Perú. 20 p.

VIII. ANEXOS

Anexo A-1. Determinación de azúcares reductores . (Miller, 1959)

I. Reactivos:

- 2,4 dinitrofenol
- Fenol
- Tartrato de Na y K
- Sulfito de Na
- Acido clorhídrico al 5 %
- Hidroxido de sodio 4N
- Solución patrón de glucosa al 0,11 %
- Reactivo de Ross, se prepara teniendo en cuenta las siguientes soluciones:

Solución A: disolver 7,145 g de 2,4 dinitrofenol en 230 ml de hidroxido de sodio al 5 %, calentar en agua hirviendo hasta que el 2,4 dinitrofenol se disuelva. Luego adicionar 2,5 g de fenol, calentar de 2 a 4 minutos mas o menos, hasta que la solución tenga trazas de color claro o transparente.

Solución B: Disolver 100 g de sal de Rochelle (tartrato de sodio y potasio) en 500 ml de agua destilada, luego se procede a mezclar las soluciones A y B, completando a 1000 ml en una fiola cuidando que el líquido esté frío.

II. Procedimiento.

1. Preparación de la curva patrón

A partir de la solución patrón se prepara diferentes concentraciones, estas concentraciones se deben preparar utilizando 0,1 ml de la solución patrón, completándose a 2 ml con agua destilada. Las concentraciones preparadas se tratan como a una muestra adicionándoles 6 ml de reactivo Ross, se calienta por 6 minutos, se enfría y se realiza la lectura de transmitancia en el espectrofotómetro, a una longitud de onda de 620 nm.

Se construye la curva plotando en la ordenada la absorbancia (previa transformación de la transmitancia), versus la concentración de glucosa en mg/ml.

Curva estándar de glucosa

Concentración de glucosa (mg/ml)	Lectura de transmitancia (%)	Lectura de absorbancia (%)
0	100	0
0,1	86	0,0655
0,5	47	0,3279
12,0	7	1,1549

$$R^2 = 0,999, A = 0,0143, B = 0,5735$$

Anexo A - 2: Prueba de la Peroxidaza

I. Reactivos:

- Guayacol al 1 %
- Agua oxigenada al 1 %

II. Procedimiento:

- Se deposita el material molido.
- Se adiciona 5 ml de solución de guayacol al 1 %, cubriendo el material.
- Se adiciona 5 ml de agua oxigenada.
- Después de 3 minutos se controla el desarrollo del color en las superficies cortadas y en la solución.

La efectividad del tratamiento térmico se mide según el color que se ha desarrollado como sigue:

Color	Reacción
Sin cambio	(-)
Manchas rojas en < del 25 % de la superficie del material cortado	Poco indicativo
Manchas rojas en > del 25 % de la superficie del material cortado	Positivo tenue
Coloración rojo - café oscura en la superficie cortada	(+)

Anexo A-3 Comportamiento de los azúcares del yacon

Análisis de varianza de los °Bx en pulpa de yacon

Análisis del tratamiento expuesto al sol

FV	G.L	S.C	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	227.22	113.61	1793.84	<.0001
Error	6	0.38	0.063		
Total	8	227.60			

R-Square = 0.998 CV = 1.432 Root MSE = 0.252 Mean = 17.567

Análisis del tratamiento puesto a la sombra

FV	G.L	SC	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	0.91	0.45	1.04	0.4101
Error	6	2.63	0.44		
Total	8	3.54			

R-Square = 0.257 CV = 5.260 Root MSE = 0.662 Mean = 12.578

Análisis de varianza de Azúcares reductores en pulpa de yacon

Análisis del tratamiento expuesto al sol

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	1.07	0.53	30.06	0.0007
Error	6	0.11	0.02		
Total	8	1.18			

R-Square = 0.909 CV = 3.582 Root MSE = 0.133 Mean = 3.722

Análisis del tratamiento puesto a la sombra

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	0.14	0.07	2.63	0.1517
Error	6	0.16	0.03		
Total	8	0.3			

R-Square = 0.467 CV = 4.756 Root MSE = 0.163 Mean = 3.433

Análisis de varianza de azúcares totales en pulpa de yacon

Análisis para el tratamiento expuesto al sol

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	33.72	16.86	1167.31	<.0001
Error	6	0.09	0.01		
Total	8	33.81			

R-Square = 0.997 CV = 1.519 Root MSE = 0.120 Mean = 7.911

Análisis para el tratamiento puesto a la sombra

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	0.24	0.12	2.40	0.1715
Error	6	0.30	0.05		
Total	8	0.54			

R-Square = 0.444 CV = 3.440 Root MSE = 0.224 Mean = 6.50

Análisis de varianza para la pérdida de peso del yacon

Análisis para el tratamiento expuesto al sol

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	117800	58900	32.72	0.0006
Error	6	10800	1800		
Total	8	128600			

R-Square = 0.916 CV = 16.530 Root MSE = 42.426 Mean = 256.667

Análisis para el tratamiento puesto a la sombra

FV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	7222.22	3611.11	1.86	0.2356
Error	6	11666.67	1944.44		
Total	8	18888.89			

R-Square = 0.382 CV = 12.211 Root MSE = 44.096 Mean = 361.111

**Anexo A-4. obtención del nivel óptimo de pulpa de yacón en la
elaboración de yogurt**

Cuadro de respuestas de prueba de consistencia (1era repetición)

Panelistas	A26		B5		C14		Total
1	1	0,85	1	0,85	1	0,85	2,55
2	2	0	2	0	3	-0,85	-0,85
3	1	0,85	1	0,85	1	0,85	2,55
4	1	0,85	1	0,85	3	-0,85	0,85
5	3	-0,85	1	0,85	1	0,85	0,85
6	3	-0,85	3	-0,85	1	0,85	-0,85
7	3	-0,85	1	0,85	3	-0,85	-0,85
8	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
9	3	-0,85	3	-0,85	1	0,85	-0,85
10	3	-0,85	1	0,85	2	0	0
11	3	-0,85	2	0	1	0,85	0
12	3	-0,85	2	0	1	0,85	0
13	3	-0,85	2	0	2	0	-0,85
14	3	-0,85	1	0,85	2	0	0
15	3	-0,85	3	-0,85	1	0,85	-0,85
Total	37	-5,95	25	4,25	26	3,4	1,7

Donde:

A26 = Yogur con 10 % de pulpa de yacón

B5 = Yogur con 12 % de pulpa de yacón

C14 = Yogur con 15 % de pulpa de yacón

Cuadro de respuestas de prueba de consistencia (2da repetición)

Panelistas	A26		B5		C14		Total
1	2	0	3	-0,85	1	0,85	0
2	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
3	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
4	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
5	3	-0,85	3	-0,85	1	0,85	-0,85
6	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
7	1	0,85	1	0,85	3	-0,85	0,85
8	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
9	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
10	1	0,85	3	-0,85	2	0	0
11	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
12	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
13	1	0,85	2	0	2	0	0,85
14	1	0,85	3	-0,85	3	-0,85	-0,85
Total	20	6,8	28	0	36	-6,8	0

Donde:

A26 = Yogur con 10 % de pulpa de yacón

B5 = Yogur con 12 % de pulpa de yacón

C14 = Yogur con 15 % de pulpa de yacón

Cuadro de respuestas de prueba de consistencia (3era repetición)

Panelistas	T1		T2		T3		Total
1	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
2	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
3	1	0,85	3	-0,85	2	0	0
4	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
5	1	0,85	3	-0,85	3	-0,85	-0,85
6	1	0,85	3	-0,85	3	-0,85	-0,85
7	1	0,85	2	0	3	-0,85	0
8	3	-0,85	2	0	1	0,85	0
9	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
10	1	0,85	3	-0,85	3	-0,85	-0,85
11	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
12	2	0	1	0,85	3	-0,85	0
13	1	0,85	1	0,85	2	0	1,7
14	1	0,85	3	-0,85	3	-0,85	0,85
Total	20	6,8	28	0	38	-8,5	-1,7

Donde:

T1 = Yogur con 10 % de pulpa de yacón

T2 = Yogur con 12 % de pulpa de yacón

T3 = Yogur con 15 % de pulpa de yacón

Análisis de varianza para el yogur con 10 % de pulpa de yacón

FV	GL	Sc	CM	Fc	Ftab	signif.
Tratamientos	2	4,2708	2,1354	4,0011	3,33	significat.
Panelistas	13	6,1975	0,4767	0,8932	3,33	
Error	29	15,4775	0,5337			
Total	44	25,9458				

Prueba de Tuckey con 10 % de pulpa de yacon

Orden	Tratamiento	Promedios	Tuckey 5 %
1	T1 (10 %)	-5,95	a
2	T2 (12 %)	4,25	b
3	T3 (15 %)	3,4	b

Análisis de varianza para el yogur con 12 % de pulpa de yacon

FV	GL	Sc	CM	Fc	Ftab	signi.
Tratamientos	2	6,606	3,303	9,124	3,37	signifi.
Panelistas	13	0,963	0,0741	0,2046	3,37	
Error	26	14,106	0,5425			
Total	41	21,675				

Prueba de Tuckey para 12 % de pulpa de yacon

Orden	Tratamiento	Promedios	Tuckey 5 %
1	T3 (15 %)	-6,8	a
2	T2 (12 %)	0	b
3	T1 (10 %)	6,8	b

Análisis de varianza para el yogur con 15 % de pulpa de yacon

FV	GL	Sc	CM	Fc	Ftab	signi.
Tratamientos	2	8,3948	4,1974	29,373	3,37	Signifi.
Panelistas	13	1,8579	0,1429	0,2903	3,37	
Error	26	12,798	0,4923			
Total	41	23,0512				

Prueba de Tuckey para 15 5 de pulpa de yacon

Orden	Tratamiento	Promedios	Tuckey 5 %
1	T3 (15 %)	-8,5	a
2	T2 (12 %)	0	b
3	T1 (10 %)	6,8	b

Anexo A-5: Viscosidad en la utilización de 10 % de pulpa de yacón

Lect	Vel ang rad/s	2 Vel ang Rad/s	Esf Corte N/m		rc	rb	Log α_i	Log (vel an)	Log Esf Cor	Log Vel Def	Oswalt n =	k =	r ² =
			Esf Corte τ (N/m ²)	Vel Def Vel Def γ (1/s)									
0.5	11	0.0524	15.2345	0.2778	0.044	0.0235	1.8751	-1.3	1.2	-0.6	0.3929	25.3245	0.9834
1	13	0.1047	18.0044	0.5557	0.044	0.0235	1.8751	-1.0	1.3	-0.3	0.3929		
2.5	25	0.2618	34.6238	1.3892	0.044	0.0235	1.8751	-0.6	1.5	0.1	0.3929		
5	31	0.5238	42.9335	2.7784	0.044	0.0235	1.8751	-0.3	1.6	0.4	0.3929		
10	39	1.0472	54.0131	5.5567	0.044	0.0235	1.8751	0.0	1.7	0.7	0.3929		
20	50.5	2.0944	69.9400	11.1134	0.044	0.0235	1.8751	0.3	1.8	1.0	0.3929		
50	67	5.2360	92.7917	27.7836	0.044	0.0235	1.8751	0.7	2.0	1.4	0.3929		
100	86	10.4720	119.1058	55.5672	0.044	0.0235	1.8751	1.0	2.1	1.7	0.3929		

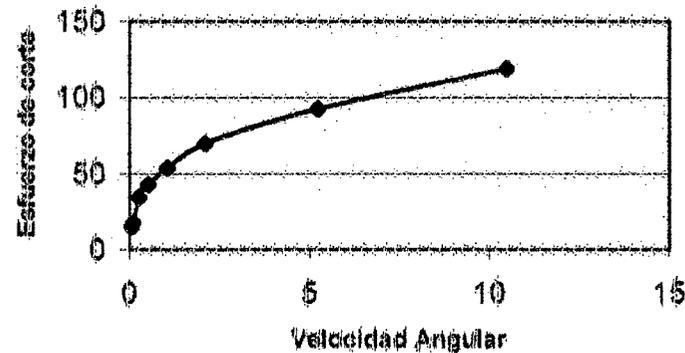


Figura 21: comportamiento reológico para 10 % de pulpa de yacón

Anexo A-6: Viscosidad para la utilización de 12 % de pulpa de yacón

RFM	Lect	Vel ang rad/s	Esf Corte N/m ²	Vel Def Vel Def	rc	rb	Log	log	Log	Oswali			
		Vel ang rad/s	Esf Corte τ (N/m ²)	Vel Def $\dot{\gamma}$ (1/s)			α	(vel an)	Es Cór	Vel Def	ri =	k=	r ² =
0.5	7	0.0524	9.6947	0.2576	0.044	0.0236	1.8751	-1.3	1.0	-0.6	0.4294	18.5854	0.9877
1	9	0.1047	12.4646	0.5153	0.044	0.0236	1.8751	-1.0	1.1	-0.3	0.4294		
2.5	17.5	0.2618	24.2866	1.2862	0.044	0.0236	1.8751	-0.6	1.4	0.1	0.4294		
5	22	0.5236	30.4589	2.5765	0.044	0.0236	1.8751	-0.3	1.5	0.4	0.4294		
10	28	1.0472	38.7786	5.1529	0.044	0.0236	1.8751	0.0	1.6	0.7	0.4294		
20	36	2.0944	49.8582	10.3059	0.044	0.0236	1.8751	0.3	1.7	1.0	0.4294		
50	52.5	5.2360	72.7099	25.7647	0.044	0.0236	1.8751	0.7	1.9	1.4	0.4294		
100	68	10.4720	95.5516	51.5293	0.044	0.0236	1.8751	1.0	2.0	1.7	0.4294		

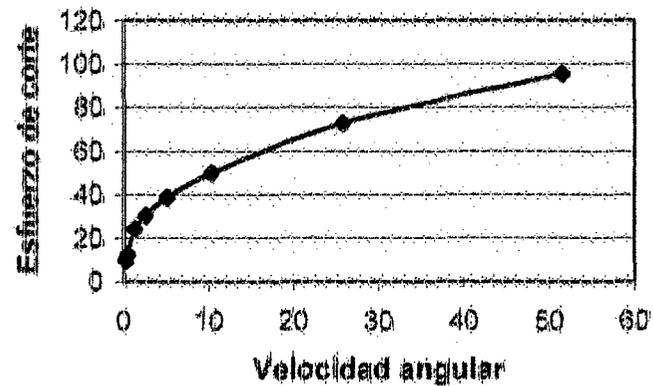


Figura 22: comportamiento reológico para 12 % de pulpa de yacón

Anexo A-7: viscosidad para la utilización de 15 % de pulpa de yacón

RPM	Lect	Vel ang rad/s	Esf Corte N/m ²	Vel Def Vel Def	Ra	rb	α	Log (vel an)	ldg Es Cor	Log Vel Def	Oswalt n =	k =	r ² =
		rad/s	τ (N/m ²)	γ (1/s)									
0.5	6	0.0524	8.3097	0.2405	0.044	0.0235	1.8751	-1.3	0.9	-0.6	0.4670	16.5996	0.9834
1	7	0.1047	9.6947	0.4811	0.044	0.0235	1.8751	-1.0	1.0	-0.3	0.4670		
2.5	15.5	0.2618	21.4667	1.2027	0.044	0.0235	1.8751	-0.6	1.3	0.1	0.4670		
5	20	0.5236	27.6990	2.4054	0.044	0.0235	1.8751	-0.3	1.4	0.4	0.4670		
10	26	1.0472	36.0087	4.8109	0.044	0.0235	1.8751	0.0	1.6	0.7	0.4670		
20	35.5	2.0944	49.1658	9.6218	0.044	0.0235	1.8751	0.3	1.7	1.0	0.4670		
50	50.5	5.2360	69.9400	24.0544	0.044	0.0235	1.8751	0.7	1.8	1.4	0.4670		
100	68	10.4720	94.1767	48.1088	0.044	0.0235	1.8751	1.0	2.0	1.7	0.4670		

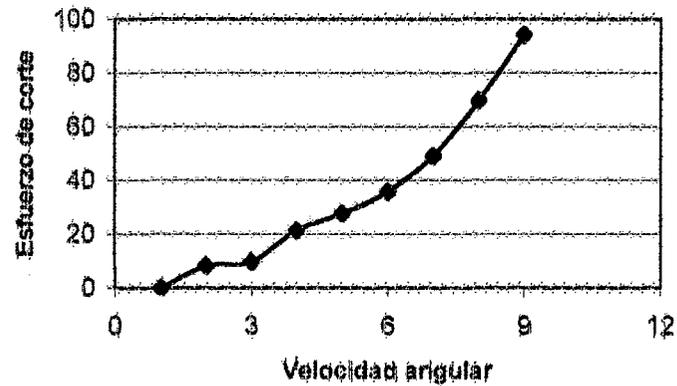


Figura 23: comportamiento reológico para 15 % de pulpa de yacón

A-8 : Nivel óptimo del grado de dulzor

A			B		
Panelistas	P03	V22	Panelistas	C78	V22
1	X		1	X	
2		X	2	X	
3		X	3	X	
4		X	4	X	
5		X	5		
6		X	6		X
7		X	7		X
8		X	8		X
9		X	9		X
10		X	10		X
11		X	11		X
12		X	12		X
13		X	13		X
14		X	14		X
15		X	15		X
16	X		16		X
17	X		17	X	
18	X		18	X	
19		X	19		X
20		X	20		X
21		X	21		X
22		X	22		X
23		X	23		X
24		X	24		X
25		X	25		X
26		X	26		X
27		X	27		X
28		X	28		X
29		X	29		X
30		X	30		X
31	X		31		X
32	X		32	X	
33	X		33	X	
34	X		34	X	
35	X		35		X
36		X	36		X
37		X	37		X
38		X	38		X
39		X	39		X
40		X	40		X
41		X	41		X
42		X	42		X

43		X		43		X
44		X		44		X
45		X		45		X
<hr/>				<hr/>		
TOTAL	9	36		TOTAL	9	36

Donde:

A = panelistas jóvenes

B = panelistas de mas de 50 años

P03 = 7 % de azúcar

V22 = 9 % de azúcar

C78 = sin azúcar

Anexo A - 9: Almacenamiento del producto final (evaluación del color durante el almacenamiento del yogur con pulpa de yacon)

Panelistas	0 Dias	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias
1	1	3	2	2	2	2
2	2	1	3	2	3	2
3	3	2	2	2	2	2
4	2	3	3	2	2	3
5	3	2	1	3	2	2
6	3	3	2	2	1	2
7	3	2	2	2	2	3
8	3	2	1	2	3	2
9	3	2	3	2	2	2
10	2	3	3	2	2	2
11	2	2	2	2	3	1
12	2	2	2	2	2	2
13	3	2	1	2	2	1
14	2	2	3	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2
Total	36	33	33	31	32	30
Promedio	2,4	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0

ANVA

FV	GL	Sc	CM	Fcal	Ftab (0,05)	Signif.
Trata.	5	1,433	0,2866	1,091	2,324	no signif
E.E.	84	22,067	0,2627			
Total	89	23,5				

**Anexo A-10: Evaluación de la consistencia del yogur con
pulpa de yacon**

Panelistas	0 Días	5 Días	10 Días	15 Días	20 Días	25 Días
1	3	3	3	2	3	3
2	3	3	3	3	1	2
3	3	3	3	2	2	3
4	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3
7	2	3	3	4	3	2
8	2	3	2	3	2	3
9	4	3	2	3	3	3
10	2	3	4	4	3	3
11	2	2	3	3	4	2
12	2	2	3	3	2	3
13	2	2	3	3	3	3
14	3	2	2	3	3	3
15	3	2	3	3	3	3
Total	30	35	34	33	30	29
Promedio	2,0	2,3	2,3	2,2	2,0	1,9

ANVA

FV	GL	Sc	CM	Fcal	Ftab (0,05)	Signi.
Trata.	5	1,2567	0,2513	0,8204	2,324	no signif
<u>E.E.</u>	<u>84</u>	<u>25,733</u>	<u>0,3063</u>			
Total	89	26,99				

**Anexo A-11 : Evaluación del sabor durante el almacenamiento del
yogur con pulpa de yacon**

Panelistas	0 Dias	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias
1	1	3	2	1	2	1
2	1	2	2	2	2	2
3	1	2	3	2	1	2
4	3	3	2	2	2	2
5	3	3	2	2	2	3
6	3	2	2	3	1	2
7	2	2	3	2	3	2
8	3	3	2	2	2	3
9	2	3	2	3	3	1
10	2	2	3	3	2	2
11	2	2	3	2	3	2
12	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	1	2
14	2	2	2	3	1	1
15	1	2	2	2	3	2
Total	40	40	43	45	41	42
Promedio	2,7	2,7	2,9	3	2,7	2,8

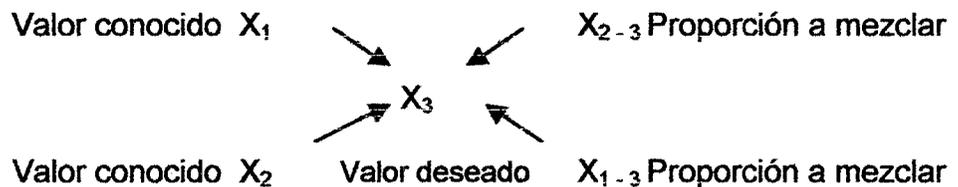
ANVA

FV	GL	Sc	CM	Fcal	Ftab (0,05)	Signi.
Trata.	5	2,056	0,411	1,094	2,324	no signif
E.E.	84	31,6	0,376			
Total	89	57333,33				

Anexo A - 12: Estandarizado de la leche

Para la elaboración de yogur se estandarizó los sólidos totales de la leche a 13 % con leche en polvo.

El mezclado y el estandarizado de los ingredientes fueron calculados mediante el cuadrado de Pearson, método que se fundamenta en formar un cuadrado; colocando los datos conocidos en el vértice izquierdo del cuadrado y la concentración deseada al centro del cuadrado. La proporción deseada se obtiene restando en forma diagonal (el valor menor del valor mayor) y se coloca al lado derecho del cuadrado, este representará la proporción en que se debe mezclar los ingredientes, recomendado por (Revilla, 1996).



Anexo A-13: Cartillas de evaluación sensorial. Prueba de consistencia

Evaluación sensorial

Nombre:

Fecha: Hora:

Prueba de consistencia

Ordene las tres muestras en relación a: consistencia aguada en 1er lugar, muy aguado en 2do lugar y espeso en 3er lugar.

ORDENAMIENTO	T1	T2	T3
1er lugar			
2do lugar			
3er lugar			

Observaciones:

.....
.....
.....

Anexo A – 14. Prueba de dulzor

Evaluación sensorial

Nombre:

Fecha: Hora:

Prueba de dulzor

De acuerdo al dulzor escriba el código de la muestra de su preferencia

CODIGO DE LA MUESTRA		MUESTRA DE PREFERENCIA
P03	V22	

OBSERVACIONES:

.....
.....
.....

Anexo A-15. Cartilla de degustación de yogur batido con pulpa de yacon

Evaluación sensorial

Nombre:

Fecha: Hora:

Marca con una X la escala de su preferencia

Atributo: color	
ESCALA	C14
1. Muy bueno	
2. Bueno	
3. Regular	
4. Malo	
5. Muy malo	

Atributo: consistencia	
ESCALA	C14
1. Muy espeso	
2. Espeso	
3. Ni espeso ni aguado	
4. Aguado	
5. Muy aguado	

Atributo: Sabor	
ESCALA	C14
1. Muy agradable	
2. Agradable	
3. Aceptable	
4. Desagradable	
5. Muy desagradable	

Anexo A - 16 Costo de proceso

Materia Prima	unidad	cantidad	Costo unitario (S/.)	Sub total (S/.)	Total
Leche	ml	6700	2,00	13,40	
Azúcar	g	603	2,00	1,21	
Leche en polvo	g	67	2,20	0,66	
Yacon	Kg	2	0,50	1,00	
				TOTAL	23,27

P.U. = 23,27/8,37 Lt de yogur

P.U = S/. 2,78/lt de yogur

Anexo 18: SIGNIFICACIÓN PARA TEST PAREADO ($p = 1/2$)

N° de juicios o panelistas	Mínimo de juicios correctos para establecer significancia. Preferencia (dos colas)			Mínimo de respuestas correctas necesarias para establecer significancia. Diferencia (una cola)		
	Nivel de Probabilidad			Nivel de Probabilidad		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34