

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN HUÁNUCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



INFORME DE TESIS

“DETERMINACIÓN DE LOS MODELOS REOLÓGICOS ASOCIADOS A UNA BEBIDA MIX “PIÑA (*Ananas comosus*)-MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*)”

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

TESISTAS : - Bach. SANTIAGO MEJIA, Cecilia
- Bach. VEGA MENDOZA, Elmer

ASESOR : Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay

HUÁNUCO - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A nuestro amado Dios padre celestial, por brindarnos su bendición y tenernos siempre bajo su protección, con gratitud a nuestros padres y hermanos y otros familiares quienes nos brindaron amor y desinteresado apoyo por ser la fuente de nuestra inspiración y ejemplo de superación.

A los docentes encargados por brindarnos sus savias enseñanzas, quiénes desinteresadamente aportaron en el presente trabajo de investigación para lograr de esa forma la conclusión de la misma.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darnos la oportunidad de vivir, guiarnos por el camino correcto y a través de ello lograr grandes cosas en la vida.

Nuestros sinceros agradecimientos a la universidad nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, por acogernos en sus aulas y brindarnos a la formación profesional.

A nuestros padres, familiares y amigos por avernos apoyado en momentos buenos y momentos difíciles en nuestra vida.

A todos los docentes por sus conocimientos y enseñanzas brindadas, a su vez al Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay, por su apoyo incondicional en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

A toda la plana de catedráticos de la escuela académica profesional de ingeniería agroindustrial con gratitud y reconocimiento por sus enseñanzas y orientaciones durante la permanencia en las aulas universitarias.

Índice

RESUMEN	1
SUMMARY	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1.Fundamentación teórica	5
2.1.1.Generalidades de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	5
2.1.1.1.Mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	5
2.1.2.Piña (<i>Ananas comosus</i>).	9
2.1.4.Bebidas	16
2.1.4.Reología.....	20
2.2.Antecedentes.....	32
2.3.HIPÓTESIS.....	36
2.3.1.Hipótesis general	36
2.3.2.Hipótesis específicos	36
2.4.Variables	36
2.4.1.Variables independientes (X).....	36
2.4.2.Variables dependientes (y)	37
2.4.3.Variables intervinientes.....	37
2.4.4.Operacionalización de variables	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1.Tipo y nivel de investigación	39
3.1.1.Tipo de investigación	39
3.1.2.Nivel de investigación	39
3.2.Lugar de ejecución	39
3.2.1.Ubicación política y geográfica.....	39
3.3.Población, muestra y unidad de análisis	39
3.3.1.Población	39
3.3.2.Muestra.....	40
3.3.3.Unidad de análisis.....	40
3.4.Tratamiento en estudio	40
3.4.1.Concentración de mashua negra y piña.	40
3.4.2.Análisis sensorial	40

3.4.3.Evaluación reológica de las concentraciones de bebida mix de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).....	41
3.5.Prueba de hipótesis.....	41
3.5.1.Concentraciones de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).en la elaboración de bebida mix.	41
3.5.2.Reología de las concentraciones de bebida mix de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).	42
3.5.3.Diseño de la investigación	42
3.5.4.Datos a registrar	43
3.5.5.Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la inf	43
3.6.Materiales y equipos	44
3.7.Conducción de la investigación	45
3.7.1.Caracterización fisicoquímico de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).	46
3.7.3.Obtención del jugos de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	47
3.7.4.Obtención del jugos de piña (<i>Ananas comosus</i>).....	48
3.7.5.Formulación para la obtención de bebida mix de mashua negra- Piña.....	49
3.7.6.Diag de flujo para la obtención de bebida mix de mashua negra- piña.....	51
3.7.7.Evaluación sensorial y reológicos de las formulaciones para la obtención de bebida mix de mashua negra y piña.	53
3.7.8.Modelamiento reológico de la bebida optima de mashua negra y piña.....	58
IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	59
4.1.Caracterización de mashua negra y piña	59
4.2.Formulaciones para la obtención de la bebida mix mashua negra y piña.....	60
4.3.Eval. sensorial y reológica de las formulaciones de la obtención de bebida mix de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) – piña (<i>Ananas comosus</i>).....	63
4.4.1.Evaluación sensorial de bebida mix de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) – piña (<i>Ananas comosus</i>).....	63
4.7.Modelamiento reológicos de la bebida optima de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) –piña (<i>Ananas comosus</i>).	78
4.7.1.Modelo ley de potencia.....	78
V. DISCUSIÓN	85
VI. CONCLUSIONES	91
VII. RECOMENDACIONES	92
VIII. LITERATURA CITADA.....	93
ANEXOS	99

RESUMEN

En los países industrializados las bebidas y néctares son muy populares y se producen en grandes cantidades a nivel mundial, siendo un problema principal, la pérdida de tiempo en el área de procesos y control de calidad de las grandes industrias alimentarias. En este trabajo se evaluaron sensorialmente bebidas formuladas a base de una mezcla de mashua negra y piña. Adicionalmente, se evaluaron reológicamente las formulaciones y se realizó el modelamiento reológico de la bebida optima de mashua negra – piña.

Se evaluó los modelos matemáticos: Power law, Casson, Herschel-Bulkley y Bingham. De acuerdo con los ajustes R^2_{adj} , se evaluó el tratamiento T₂ a cuatro temperaturas diferentes: 25, 30, 35 y 40°C.

De los resultados sensoriales, el tratamiento T₂ tuvo mejor aceptabilidad por los panelistas. , donde se evaluaron los cuatros tratamiento reológicamente con los cuatros modelos matemáticos Bingham, Casson, Herschel & Bulkey y ley de potencia donde con mayor ajuste se acercó al modelo Herschel & Bulkey por lo tanto la bebida mix mashua – piña donde obtuvo un modelamiento pseudoplastico porque la rapidez de la degradación de las moléculas.

Según los estudios realizados mencionados por Maria y Muñoz (2012) titulado “análisis reológico y fisicoquímico en nueve variedades de pulpas de durazno de Mendoza (Argentina)”

Palabras claves: Mashua negra, piña, bebida Mix de frutas, Reología

SUMMARY

In industrialized countries beverages and nectars are very popular and are produced in large quantities worldwide, being a major problem, the loss of time in the area of processes and quality control of large food industries. In this work, beverages were evaluated sensorially based on a mixture of black mashua and pineapple. Additionally, the formulations were rheologically evaluated and the rheological modeling of the optimum drink of mashua negra - pineapple was carried out.

The mathematical models were evaluated: Power law, Casson, Herschel-Bulkley and Bingham. According to the R²adj settings, the T2 treatment was evaluated at four different temperatures: 25, 30, 35 and 40 ° C.

Of the sensory results, the T2 treatment had better acceptability by the panelists. , where the four were evaluated rheological treatment with the four mathematical models Bingham, Casson, Herschel & Bulkey and power law where the Herschel & Bulkey model approached the mix mashua - pineapple where it obtained a pseudoplastic modeling because the rapidity of the degradation of molecules.

According to the studies carried out by Maria y Muñoz (2012) entitled "rheological and physicochemical analysis in nine varieties of peach pulp from Mendoza (Argentina)".

Keywords: black mashua, pineapple, fruit drink Mix, Rheology

I. INTRODUCCIÓN

En los países industrializados las bebidas, son muy populares y se consumen en grandes cantidades. La mayoría de estas bebidas no aportan nutrientes importantes distintos a los carbohidratos, razón por la cual el desarrollo de una bebida con jugo de frutas y tubérculo sería una alternativa interesante de procesamiento.

Por otro lado, los jugos de fruta y tubérculo tienen una mayor concentración de nutrientes, esto permite la elaboración de bebidas con mejores características nutricionales, teniendo en cuenta los parámetros optimizado como el nivel de porcentaje de jugo de mashua negra - piña, pH y °Brix.

La elaboración de una bebida mix mashua negra - piña es una alternativa de innovación, desarrollo del producto y de mejora del aprovechamiento de estas frutas, dando un valor agregado, se aprovecha las propiedades sensoriales y nutritivas que ofrecen las frutas y tubérculos, de esta forma al mezclar adecuadamente el jugo de mashua negra y piña, se puede lograr obtener un producto mejorado y con buena aceptabilidad.

Basándonos en la teoría de los fenómenos de transporte, planteamos la búsqueda del modelo que explica la Reología de bebida mix mashua negra – piña. Existe una variedad finita de estos modelos, entre los cuales se encuentra el modelo de Ostwald, Bingham, Casson, entre otros modelos de investigadores contemporáneos. De esta manera haciendo uso de un reómetro mediremos las variables de la ecuación reológica que vienen a ser el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación del flujo en diferentes niveles de tratamiento de bebida mix mashua negra – piña.

Este aporte permitirá la predicción del flujo de bebida mix mashua negra – piña (índice de consistencia, índice de comportamiento al flujo) bajo diferentes condiciones de concentración y temperatura, lo cual resulta de utilidad en el cálculo de potencias en el diseño de un sistema de bombeo, sistema agitación, reactores con agitación, el diseño de tuberías y en el control de calidad de productos alimenticios.

En función a los aspectos expuestos, se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar sensorialmente formulaciones para la obtención de la bebida de mashua negra y piña.
- Evaluar reo lógicamente las formulaciones para la obtención de la bebida mix de mashua negra y piña.
- Modelar el comportamiento reológicos de la bebida mix óptimo de mashua negra y piña.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Generalidades de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)

2.1.1.1. Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

El centro de origen del cultivo se encuentra en algún lugar de los Andes. Asimismo, el lugar de domesticación ha debido darse en la región que comprende entre el Ecuador y Bolivia. Ello se confirma por la amplia diversidad presente en esta área. Sin embargo, debido a la ausencia de un estudio sobre la diversidad de las formas silvestres y de las cultivadas es difícil identificar un centro de origen más específico (Grau et al., 2003)

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo comestible originario de los Andes que fue domesticado por pueblos autóctonos desde épocas preincaicas (Espin, 2013).

Se distribuye desde Colombia hasta el Noroeste de Argentina y se conjetura que fue domesticada en la región que abarca desde Ecuador a Bolivia, zona en la que se encuentra gran diversidad de variedades (Valle, 2017).

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*), es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva en los valles húmedos de la zona andina de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Pacco, 2015).

Crece en alturas de 3000 a 4000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm (Cuya, 2009).

La mashua es un alimento altamente nutritivo que contiene proteínas, carbohidratos, vitaminas B y C, minerales (calcio, fósforo, hierro y ácido ascórbico) y fibra. (Flores, 2015).

2.1.1.2. Clasificación taxonómica

En el cuadro 1. Se menciona la descripción taxonómica de variedad de mashua negra.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Taxón	Nombre
Reino :	<i>Plantae</i>
Filo :	<i>Angiospermae</i>
Clase :	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden :	<i>Brassicales</i>
Familia :	<i>Tropaeolaceae</i>
Genero :	<i>Tropaeolum</i>
Especie :	<i>Tropaeolum tuberosum</i>

Fuente: Flores (2015)

2.1.1.3. Variedades

Según Valle (2017), Asegura que una variedad es un conjunto de plantas de un solo taxón botánico del promedio más bajo conocido que, con independencia de si responde o no plenamente a las condiciones para la concesión de un derecho de obtentor, y puede definirse por la expresión de los caracteres resultantes de un cierto genotipo o de una cierta combinación de genotipos, distinguirse de cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de uno de dichos caracteres por lo menos, considerarse como una unidad habida cuenta de su aptitud a propagarse sin alteración. Las variedades o cultivares pueden ser clasificadas en “variedades modernas” y “variedades tradicionales o de los agricultores”. Las variedades modernas son el resultado del mejoramiento científico y son caracterizadas por sus altos rendimientos y por su alto nivel de uniformidad genética. En contraste, las variedades de los agricultores o tradicionales (también conocidas como “landraces”) son el producto de mejoramiento o de selección llevada a cabo por los agricultores. Estas

representan mayores niveles de diversidad genética y son por lo tanto el enfoque de la mayoría de los esfuerzos de conservación.

Donde existen diferentes tipos de variedades y se distingue por su color de la mashua

Espín (2013), menciona las variedades de mashua se clasifican según su coloración. En el Ecuador se han reconocido más de 100 variedades, entre las que podemos mencionar las siguientes: Quillu-zapallo, Amarilla chaucha, putsu, pulsito, puzongo y putsu redonda. En el Cañar tenemos: Sucusu mashua, con pintas rosado-rojas sobre la carne amarilla, “Rodilla de Jesucristo” o “Sangre de Jesucristo”, caracterizada por tener manchas rojas sobre la carne amarilla, a manera de sangre. En las variedades nativas tenemos: Occe Izaño de color plomo, Chiara Izaño de color negro, Chupica Izaño de color rojo, Checche Izaño de color amarillo con ojos azules, Izaño de color amarillo y Wilajachasquiri Izaño de color amarillo con rayas rojas.

Cuadro 2. Variedades de mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

Variedad	Color
<i>Occe aña</i>	Plomizo
<i>Yana aña</i>	Negruzco
<i>Puca aña</i>	Rojizo
<i>Muru aña</i>	Morado
<i>Checche aña</i>	Gris
<i>Zapallo aña</i>	Amarillo
<i>Yurac aña</i>	Blanco

Fuente: Espín (2013).

2.1.1.4. Valor nutricional

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es muy nutritiva contiene cerca de 20% de sólido y proteína alrededor de 16% en materia seca, es un alimento valioso y barato debido a su alto rendimiento. Sin embargo la proteína es altamente variable, dependiendo mucho de la variedad (Flores, 2015).

Espín (2013), menciona que el tubérculo posee una textura arenosa con un alto porcentaje de carbohidratos y agua. El contenido de agua de los tubérculos de mashua va desde 75 hasta 94 %. Los tubérculos secos pueden contener desde 14% hasta 16% de proteína, casi el 80% de carbohidratos, alrededor de 9 µg/100 gramos β-caroteno, y casi 480 mg de vitamina C/100 gramos. También contienen todos los aminoácidos esenciales y poseen altos niveles de ácido ascórbico. Además, contiene isotiocianatos, los cuales son usados en nanomedicina, compuestos fenólicos, antioxidantes como la vitamina C, β- caroteno, flavonoides y antocianinas.

Cuadro 3. Composición química de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) base a 100 gramos

Parámetros	Valor
Proteína %	9,17
Fibra %	5,86
Almidon %	46,96
Azucares totales %	42,81
Azucares reductores	85,83
Cal %	0,3
Vitamina C	77.35

Fuente: Espín (2013).

Canahualpa *et al* (2018), La mashua tiene "fama" de tener efectos beneficiosos sobre el hígado y los riñones, y aliviar trastornos de próstata y urinarios. En la sierra ecuatoriana utilizan el isaño negro cocinado con panela para contrarrestar la prostatitis y también para aliviar la blenorragia. Los enfermos de riñones mejoran al tomar una infusión de isaño, caballochupa y pelo de choclo. Además, también es utilizado como depurativo, para curar enfermedades venéreas; también detiene hemorragias y cicatriza heridas internas y externas.

La mashua negra tiene un alto potencial nutritivo y propiedades anticancerígenas, previenen males a la próstata, riñones e hígado y, además, puede ser usada como diurético, explica (Carhuamaca, 2015).

a) El poder de las antocianinas en la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

PromPerú (2012), No es un secreto que la mashua negra posee altos porcentajes de antocianinas, Esta palabra se le da al pigmento natural de tono azul-púrpura que presentan algunos alimentos. Su poder curativo responde principalmente al colágeno corporal, provocando su síntesis, además de impedir que los oxidantes dañen el tejido conectivo; inflamaciones y/o Alergias. La antocianina puede aportar a la mejora de la visibilidad, es decir, este compuesto fortalece el micro circulación ocular y capilares. Asimismo, otro de los atributos que brinda es la protección del corazón, debido a su gran cantidad de antioxidante, vitaminas C y E, siendo muy beneficiosa para los que sufren problemas cardiovasculares. La mashua contiene una cantidad elevada de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosas donde es recomendable para vigorizar la circulación de los vasos sanguíneos, estornudos por estaciones de frío, lesiones causadas por alguna resistencia física, cansancio visual por estar mucho tiempo en la computadora y vitalizado para la piel, rejuveneciendo el colágeno del cuerpo.

2.1.2.3. Usos agroindustriales

La mashua negra y sus derivados en néctar y harina de mashua se expenden en las ferias ecológicas de la región y en los mercados de Lima La mashua, se licúa agregándole agua hervida con miel de abeja canela y clavo de olor, quedando listo para servir el exquisito refresco. (Rodríguez, 2017).

2.1.2. Piña (*Ananas comosus*).

Según Arista (2017), las plantas que crecen con limitaciones de luz producen frutas opacas y poco atractivas; las plantas que se desarrollan

con una luminosidad favorable son brillantes y atractivas al consumidor. Sin embargo, una exposición frecuente a intensidades lumínicas muy fuertes causa quemaduras externas e internas en la fruta. Que la planta de piña se desarrolla mejor en días cortos siempre y cuando se alcance la cantidad de 100 horas luz como promedio mensual y 1200 a 1500 horas luz por año. La piña como planta tropical exige condiciones climáticas propias de nuestra región, y es de los frutales de importancia económica para El Salvador. En condiciones normales de producción y comercialización una manzana cultivada con la variedad Golden puede generar sólo de la venta de fruta, una utilidad neta de unos \$12,500.00.

El *ananas comosus* una planta herbácea perenne, terrestre, creciendo aproximadamente un metro de alto, con tallo corto y pecíolos expandidos y apropiadamente juntos formando un tipo de tanques de almacenamiento de agua en la base de la planta. La propagación se realiza en forma vegetativa, mediante hijuelos nacidos en la base de la planta que aparecen después de la cosecha. Las hojas actúan como áreas de conducción, contención y como tanques de reservorio. El agua es absorbida desde estos “tanques”, cuando sea necesario por medio de sus raíces adventicias parecidas a pelos en las hojas (Pac, 2005).

2.1.2.1. Taxonomía

En el cuadro 4, se presenta la taxonomía de piña.

Cuadro 4. Descripción taxonómica de piña.

Nombre común	: Piña
Nombre científico	: <i>Ananas comosus</i>
Reino	: <i>Vegetal</i>
División	: <i>Monocotiledóneas</i>
Clase	: <i>Liliopsida</i>
Género	: <i>Ananas</i>
Especie	: <i>Comosus</i>

Fuente: Pac (2005).

2.1.2.2. Variedades

Existen distintas variedades de piña que se emplean en los cultivos de nuestro país, pero dentro de las más importantes están: Cayena Lisa, Perolera, Manzana, y Gold MD2.

En el cuadro 5, se presenta las variedades de la piña

Cuadro 5. Variedades de piña *Ananas comosus*.

Variedad	Color
Cayena lisa	: Cascara verde oscuro, pulpa amarillo claro
Perderá	: Hoja verde oscuro, amarillo pulpa y fruto
Manzana	: Cascara rojo oscuro
Gold DM2	: Amarillo brillante pulpa

Fuente: Pac (2005).

2.1.2.4. Composición nutricional

La piña, con su elevado contenido de agua, y bien madurada, aporta alrededor del 11 g/100 g de hidratos de carbono. En cuanto a los minerales, destacan en cantidad el potasio, magnesio, cobre y manganeso. Las vitaminas más abundantes de la piña son la vitamina C y, en menor cantidad, la tiamina y la Piridoxina (Benavente , 2016).

En el cuadro 6, se presenta el valor nutricional de piña

Cuadro 6. Composición nutricional de piña de 100 gramos *Ananas comosus*.

Componentes	Cantidad
Carbohidratos (g)	13,12
Azúcares (g)	9,85
Fibra alimentaria (g)	1,4
Grasa (g)	1,4
Proteínas %	0,54
Tiamina (vit.B1) (%)	0.079
Riboflavina (Vit. B2) (%)	0.032

Niacina (Vit. B3) (%)	0.5
Ácido pantoténico (B5) (%)	0.213
Vitamina B6 (%)	0.112
Ácido fólico (vit.B9) (%)	18 µg
Vitamina C (%)	47.8
Calcio (%)	13
Hierro (%)	0.29 mg
Fósforo (%)	8 mg
Potasio (%)	109 mg
Zinc (%)	0.12 mg

Fuente: Moreinas y Col (2013).

2.1.2.5. Valor nutricional de tubérculos y frutas.

En el cuadro 7, se presenta la composición química de tubérculos

Cuadro 7. Composición química de 100 gramos tubérculos andinos

Parámetro	Oca	Papalisa	Isaño
Humedad %	77,73	84,34	88,70
Cenizas %	3,39	5,93	4,81
Proteína %	4,60	10,01	9,17
Fibra %	2,16	2,63	5,86
Extracto etéreo %	1,66	1,24	4,61
Carbohidratos total %	88,19	80,12	75,40

Fuente: Espín *et al.* (2013).

En el cuadro 8, se presenta composición química de frutas

Cuadro 8. Composición química de 100 gramos pulpa de frutas.

Parámetro	Piña	Manzana	Pera	Fresa	Papaya
Energía (cal)	49	59	59	40	20
Proteína (g)	0,4	0,2	0,4	1	1
Carbohidratos (g)	12,4	15,2	15,1	0	3,3
Lípidos (g)	0,4	0,4	0,4	0	0,3
Fibra (g)	1,2	2,4	3,8	8	1,4

Fuente: Cancino y Carlos (2016).

2.1.2.6. Usos agroindustriales

Guevara (2015), menciona además de elaborar mermeladas, confituras, vinagres, vinos, jugos, néctares, fruta deshidratada y otros, la piña concede un típico sabor tropical cuando se mezcla en ensaladas de frutas y rellenos de aves, también puede mezclarse con yogurt, cereales y en recubrimientos de pasteles, aunque lo ideal es consumirla fresca.

2.1.3. Propiedades de química-física de los alimentos

Según Rettig (2014), menciona que el color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva. Dos personas mirando un mismo objeto pueden usar puntos de referencia distintos y expresar el mismo color con una gran variedad de palabras diferentes, llevando a confusión y falta de comunicación internamente o a través de la cadena de abastecimiento. Para evitar esto y asegurar que una muestra cumpla con el estándar, el color debe ser expresado en términos numéricos y objetivos. Cuando se clasifican los colores, se los puede expresar en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación (vividez). Al crear escalas para éstos atributos, podemos expresar en forma precisa el color. El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

Según Retting (2014), **L^* =luminosidad.-** es una propiedad de los colores. Ella da una indicación sobre el aspecto luminoso del color estudiado: cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil. Este término se asocia a veces con el concepto de valor, luminancia, brillo, luz.

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar éstos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^*

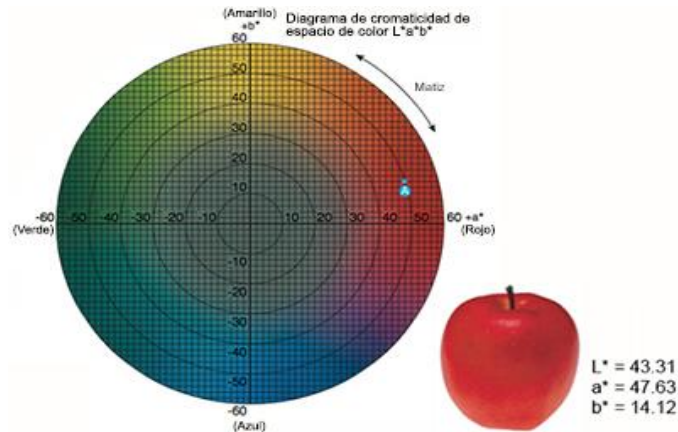


Figura 1. Muestran las mediciones de los instrumentos de color.

Fuente: Vega *et al* (2014)

Diferencias de Color: ¿Qué próxima es la igualación de la Muestra con el Estándar?

Según rettig (2014), Aún si dos colores parecen los mismos a una persona, se pueden encontrar diferencias ínfimas cuando son evaluados con un instrumento de medición de color. Si el color de una muestra no cumple con el estándar, la satisfacción del consumidor se ve comprometida y la cantidad de trabajo y costos aumenta. Es por ello, que identificar diferencias de color entre una muestra y el estándar antes de la producción masiva es muy importante. La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L* (ΔL^*), a* (Δa^*) y b* (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Éstas son expresadas como:

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = diferencia total de color

$$5.16 = [4.03^2 + -3.05^2 + 1.04^2]^{1/2}$$

Según Delmoro *et al* (2010), Los instrumentos de medición de color pueden detectar diferencias no visibles por el ojo humano e instantáneamente mostrar esas diferencias en forma numérica o en un

gráfico de reflectancia espectral. Luego de identificar las diferencias de color usando los valores $L^*a^*b^*$, se debería decidir si la muestra es aceptable o no.

Tolerancias de Color: ¿Es la Diferencia de Color Aceptable?

Según Vega *et al* (2014), La tolerancia de color es el límite de cuán grande la diferencia de color entre la muestra y el estándar es permitida para que la muestra sea considerada aceptable. Usando $L^*a^*b^*$, los usuarios pueden correlacionar las diferencias de color numéricas a sus propias evaluaciones visuales. Los valores de tolerancia deberían ser definidos internamente o entre el proveedor y el consumidor y usados en control de calidad para determinar si la muestra pasa o no el proceso de inspección.

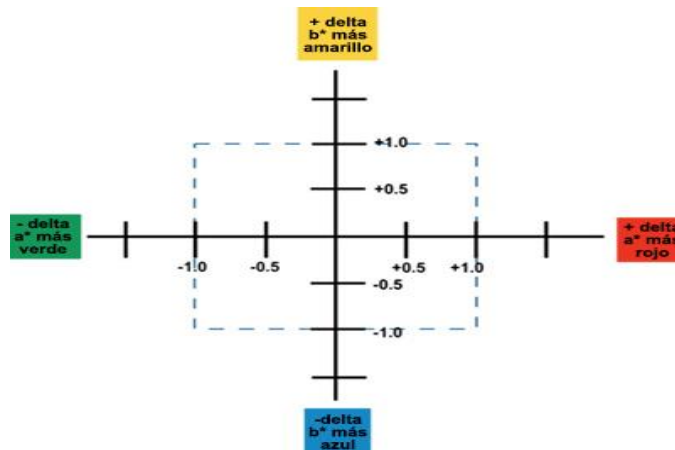


Figura 2. Las tolerancias típicamente deberían ser establecidas por cada componente ΔL^* , Δa^* , y Δb^* para identificar qué coordenada, si lo hay, ha excedido el límite. Los valores de tolerancia crean una caja alrededor del estándar

El color que cae dentro de la caja es considerado aceptable, mientras que el color que cae fuera de ella es rechazado. ΔE^* puede ser usado para tolerancias, cuando el usuario también evalúa atributos individuales.

El color que queda cerca del borde de ésta caja de tolerancia puede ser aceptable numéricamente pero visualmente inaceptable para el observador. La fórmula de diferencia de color CIE2000 se estableció para solucionar éste problema. Ésta fórmula establece en forma más precisa cómo el ojo humano percibe el color y provee una mayor exactitud,

creando un elipsoide alrededor del estándar dentro del espacio de color. El color que cae dentro del elipsoide es considerado aceptable, mientras que el color que cae fuera es rechazado (Bolaños, 2012).

2.1.4. Bebidas

La bebida Alimenticia, elaborada a partir de la mezcla de pulpa o jugo o de una o varias frutas, agua y azúcar. La bebida es un producto estable por sí mismo, es decir, necesita ser sometido a un tratamiento térmico adecuado para asegurar su conservación. Es un producto formulado que se prepara de acuerdo a una receta de una formulación pre establecido que puede variar de acuerdo a las preferencias de los consumidores. Debido al notable incremento en el consumo de jugos y bebidas a base de frutas, tienen un gran potencial en el mercado. A esto se suma de contar en nuestro país con la amplia variedad de frutas y tubérculos. (Gómez y Yauri, 2009).

2.1.3.1. Diagrama para elaborar bebidas tipo néctar

En la figura 3, se presenta el diagrama de flujo para elaborar de bebidas tipo néctar.

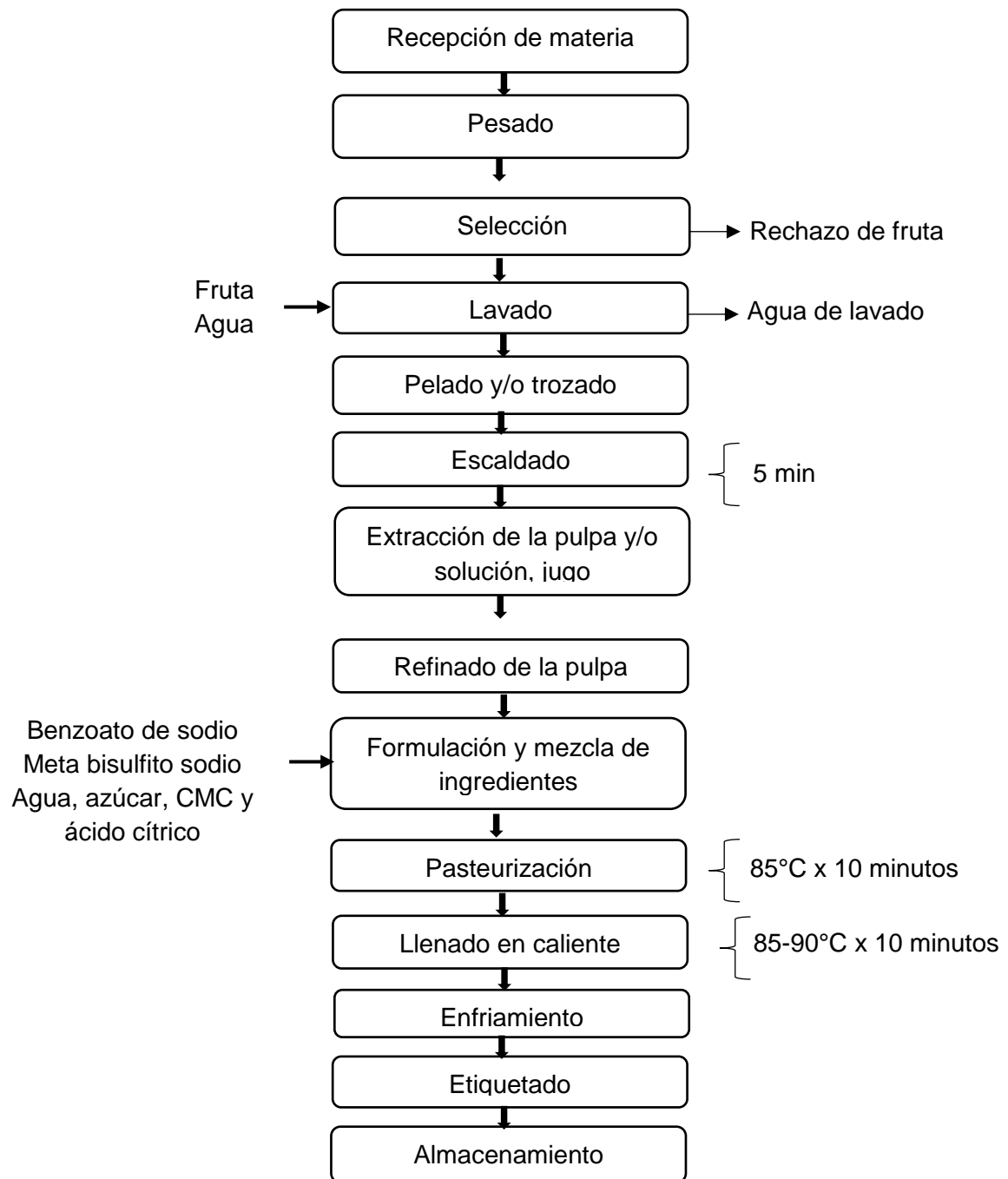


Figura 3. Diagrama de flujo de bebidas

Fuente: Caballero y Paredes (2017)

2.1.3.2. Descripción del proceso

Según Caballero y Paredes (2017), menciona los siguientes:

Pesado: consiste en cuantificar la materia prima que entra al proceso para determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta.

Selección: se selecciona la sana y con el grado de madurez adecuado.

Lavado: las frutas y tubérculos se lavan con chorros de agua y se desinfecta sumergiéndola en un tanque con agua clorada

Pelado y/o trozado: las frutas y tubérculos se cortan en los extremos y luego se pela quitando la cáscara más externa (se dejan los ojos de piña). Luego se parte en cuartos. La papaya se despunta, se pela y se parte a la mitad para sacar las semillas. Al mango se le quita el pezón y se corta en tajadas hasta dejar la semilla lo más limpia posible. Las naranjas se parten a la mitad y tubérculos.

Escaldado: cada fruta por aparte (excepto la naranja) recibe un tratamiento en agua a ebullición durante 5 minutos, con el propósito de inactivar las enzimas que oscurecen la fruta y cambian el sabor. También permite ablandar la fruta, por ejemplo, los corazones de la piña para facilitar el despulpado.

Extracción de la pulpa y/o solución: la pulpa obtenida se traslada a una marmita u olla de cocimiento y se calienta hasta una temperatura de 85 °C durante 10 minutos. Si la temperatura sube de ese punto, puede ocurrir oscurecimiento y cambio de sabor del producto.

Formulación: esta operación consiste en definir la fórmula de debidas y pesar los diferentes ingredientes, así como el estabilizador y el preservante. En general los néctares y bebidas tienen 12-13 °Brix y un pH entre 3.5 – 3.8. Una fórmula para una bebida de frutas tropicales es la siguiente:

En el cuadro 9, se presenta las formulaciones para la elaboración de bebidas

Cuadro 9. Formulaciones para bebidas y néctares

Ingredientes	Cantidad
Pulpa de frutas y tubérculos	17
Agua (%)	55
Azúcar %	10
CMC (estabilizador) %	0,15
Ácido crítico	0,11
pH	3.5 – 3.8
Benzoato de sodio %	0.02

Fuente: Caballero y Paredes (2017).

Mezclado la pulpa se mezcla muy bien con el agua, azúcar, estabilizador, ácido y perseverante y se calienta hasta una temperatura cercana a 50 °C, para disolver los ingredientes.

Pasteurización: la mezcla para el néctar o bebida se pasteuriza a 85 °C por 10 minutos para destruir los microorganismos patógenos.

Llenado y sellado las bebidas caliente se traslada con mucho cuidado a la llenadora donde se empaca en bolsas de polietileno de alta densidad y de seguido se sellan con una selladora eléctrica. Antes de sellar se debe eliminar el aire atrapado dentro de la bolsa y esto se hace presionando suavemente sobre la línea de llenado. Se debe dejar un borde libre o pestaña de 1.5 cm aproximadamente.

Enfriado las bolas selladas se sumergen en un tanque con agua limpia a temperatura ambiente o fría, durante 3-5 minutos. Luego se extienden sobre mesas o estantes para que las bolsas se sequen con el calor que aún conserva el producto.

Embalaje y almacenado

Una vez que las bolsas están bien secas, se adhiere la etiqueta en el centro del empaque, cuidando que no quede torcida o arrugada. El código de producción y la fecha de vencimiento se colocan sobre la etiqueta o en otra etiquetilla en el reverso de la bolsa. Por último, se

acomodan en cajas de cartón o en canastas plásticas y se almacena por ocho días a temperatura ambiente antes de enviarlo al mercado.

➤ **Control de calidad**

En la materia prima

Controlar que las semillas no contengan hongos o gorgojos.

En el proceso Las operaciones de extracción, refinado de la pulpa, pasteurización y envasado deben realizarse en forma rápida porque las pulpas se oxidan fácilmente y se altera el sabor. En el proceso se deben controlar las temperaturas y tiempo de pasteurización, así como la temperatura de enfriamiento.

En el producto final

Verificar el °Brix y pH final del néctar que son los que determinan el sabor y el grado de conservación del néctar.

El producto en almacenamiento

El néctar envasado en botellas de plástico o vidrio, sin adición de conservantes tiene una vida útil en refrigeración de 10 a 15 días. Un aumento en el contenido de acidez y cambios desfavorables en el sabor son signos de que el néctar se ha deteriora.

2.1.4. Reología

2.1.4.1. Reología

Según Panchi (2013), Se atribuye el uso de la palabra Reología, a partir de los trabajos de Heráclito (filósofo pre-Socrático), dándole el significado de “cada cosa fluye”. En este momento, la Reología se ha establecido como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, es decir, la manera en la cual los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Por otra parte se señala que en la ciencia de alimentos, la Reología es una herramienta útil para la determinación de la consistencia de diversos productos; ya que esta propiedad se encuentra definida por la viscosidad y elasticidad. A pesar de que la Reología pudiera cubrir todo lo que tiene que ver con los comportamientos de flujo en aeronáutica, mecánica de fluidos e inclusive la mecánica de sólidos, el objetivo de la Reología está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy

sencillas. Por medio de la observación y del conocimiento del campo de deformación aplicado, el reólogo puede en muchos casos desarrollar una relación constitutiva o modelo matemático que permite obtener, en principio, las funciones materiales o propiedades que caracterizan el material. Para el estudio del comportamiento reológico de los diferentes productos, es necesario recurrir a la reometría, lo que permite conocer dicho comportamiento, y ser utilizado en distintos campos de la industria. Así, las medidas reológicas de un producto en la etapa de manufactura pueden servir como control de calidad. También puede llegar a correlacionarse el micro estructura de un producto con su comportamiento reológico, lo que permite el desarrollo de nuevos materiales. Por otro lado, la reometría permite obtener ecuaciones reológicas, que se aplican en ingeniería de procesos, sobre todo en las operaciones unitarias que implican transferencia de calor y cantidad de movimiento. La Reología se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de líquidos e incluso de la reducción a partículas, o molturación. La Reología alimentaria es la extensión de esta disciplina a los productos alimentarios. “la Reología de los Alimentos es el estudio de la deformación y flujo de los materiales frescos, productos intermedios y productos finales de la industria alimentaria”. El proceso de masticación e ingestión de alimentos implica someter al alimento a una serie de deformaciones y flujos con el fin de descomponer su estructura en una forma más adecuada para su ingestión y posterior digestión. Es por esta razón por la que el estudio de la Reología de Alimentos ha sido históricamente importante. La tecnología y el procesamiento de alimentos también han contribuido a la base del conocimiento y, a menudo ha dado lugar al desarrollo de nuevos productos para el consumidor. Al mismo tiempo, el estudio físico de los productos alimenticios ha continuado su desarrollo gracias al mejor entendimiento de las técnicas reológicas. Por lo tanto, el conocimiento de las propiedades reológicas y el entendimiento del comportamiento reológico de los alimentos son esenciales para el desarrollo de nuevos productos, para el control y optimización de las variables del proceso y de su mejora,

para el diseño y evaluación de equipos tales como bombas, tuberías, intercambiadores de calor, evaporadores, esterilizadores, y mezcladores, para el control de calidad de alimentos, su evaluación sensorial y la aceptabilidad de un producto por parte del consumidor. En la ciencia de alimentos, específicamente en fluidos alimenticios, presentan características reológicas que van desde un simple comportamiento newtoniano a uno no newtoniano, que puede ser dependiente o no del tiempo, Muchos alimentos se comportan como una combinación de materiales viscosos y elásticos, y los parámetros reológicos que los caracterizan en el caso de fluidos newtonianos es la viscosidad y en el caso de los no newtonianos son el coeficiente de consistencia y el índice de comportamiento de flujo. En el caso de los zumos obtenidos por expresión, el contenido y tipo de pectinas y de púrpura afecta al comportamiento reológico de los jugos en mayor medida que los azúcares solubles. La diferente composición de los frutos considerados explica su comportamiento particular. Por otro lado, las pulpas de frutas, en especial con alto contenido de sólidos, presentan un comportamiento reológico más complejo, pues requieren de un esfuerzo inicial para el flujo.

2.1.4.2. Determinación de las propiedades reológicas

Según Medina (2017), las propiedades reológicas de un fluido forman parte de los criterios esenciales en el desarrollo de productos en el ámbito industrial. Frecuentemente, ellas determinan las propiedades funcionales de algunas sustancias e intervienen durante el control de calidad, los tratamientos (comportamiento mecánico), el diseño de operaciones básicas como bombeo, mezclado y envasado, almacenamiento y estabilidad física, e incluso en el momento de consumo (trituration). Las propiedades reológicas se definen a partir de la relación existente entre fuerza o sistema de fuerzas externas y su respuesta, ya sea como deformación o flujo. Todo fluido se va a deformar en mayor o menor medida al someterse a un sistema de fuerzas externas. Dicho sistema de fuerzas se representan matemáticamente mediante el esfuerzo cortante o velocidad de flujo de cantidad de

movimiento (T), mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad o tasa de deformación o de cizallamiento (γ).

a) Esfuerzo de corte

Según (Paricahua, 2010) Se le suele llamar: Tensión tangencial, Tensión de cizalla, Tensión de corte, Fuerza superficial, Shear Stress (en inglés). Se define el esfuerzo de corte (T) como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación dada (ecuación 1). La unidad de esta magnitud más comúnmente utilizado es el Pascal (Pa).

$$T = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

T: Esfuerzo de corte (Pa)

F: Fuerza (tangencial)

A: Área (m²)

b) Velocidad de deformación

Según Quesada (2008), La velocidad de deformación (γ) se define como el gradiente (velocidad espacial de cambio) del perfil de velocidades. La velocidad de corte es igual a, la diferencia de velocidades en un determinado espacio y la ecuación 7 define matemáticamente este parámetro. Comúnmente usado es el s⁻¹. La velocidad de corte se incrementa a medida que la velocidad de la placa superior aumenta y la distancia entre las placas se hace más pequeña.

$$\frac{dy}{dt} = \gamma = s^{-1} \quad (2)$$

c) Viscosidad

La viscosidad se utiliza como un indicador cuantitativo de calidad en la industria de los aceites, la petroquímica, de los alimentos, la farmacéutica, la textil, de las pinturas, entre otras. Es la propiedad del

líquido que define la magnitud de su resistencia debida a las fuerzas de cizalla en su interior siendo la propiedad del líquido que más influye en las características de flujo. La viscosidad se debe principalmente a las interacciones entre las moléculas de Fluido. Otra forma de definir la viscosidad es como la relación entre el esfuerzo de corte (T) y la tasa de deformación (Y) adoptada por el fluido; tal como se muestra en la ecuación (3) (Panchi y Lara, 2012).

$$\mu = \frac{T}{\gamma} \quad (3)$$

Donde:

μ : Viscosidad (Pa.s) o (Kg/m.s) en el S.I.

T: Esfuerzo de corte (Pa)

γ : Velocidad de deformación (1/s).

d) Viscosidad dinámica

La viscosidad dinámica es la propiedad de flujo en virtud de la cual este ofrece resistencia a las tensiones de cortadura. Es decir la viscosidad absoluta representa la viscosidad dinámica del líquido y es un término muy utilizado para fines prácticos (Panchi y Lara, 2012).

e) Viscosidad aparente

La viscosidad aparente, se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación para fluidos de comportamiento no lineal. Este término que se utiliza al hablar de "viscosidad" para fluidos no Newtonianos, (Fombuena *et al*, 2017).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (4)$$

Donde:

ν : Viscosidad cinemática en centiStokes (cS)

μ : Viscosidad dinámica en centipoise (cP)

ρ : Densidad del fluido (g/cm).

2.1.4.3. Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológicos

Según Ciro (2006), Para una mayor comprensión de los problemas que se plantean en el estudio de las propiedades reológicas de los alimentos, a continuación, se presentan una clasificación de los diversos alimentos fluidos habituales, según su comportamiento reológico. De modo general, la mayoría de los autores coinciden al hacer una primera clasificación entre fluidos Newtonianos y no-Newtonianos, según su comportamiento reológico siga o no la ley de Newton de la viscosidad. Además existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos.

La ecuación de la ley de Newton de viscosidad de un fluido es (ecuación 5)

$$T = -\mu \frac{d\mu}{dy} \quad (5)$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante (Pa)

μ : Viscosidad dinámica del fluido (Pa.s)

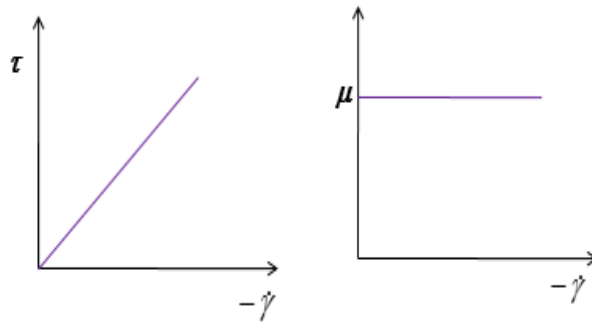
$\frac{d\mu}{dy}$: Velocidad de deformación del fluido (s-1) = γ .

Así, la clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

- Fluidos Newtonianos.
- Fluidos no-Newtonianos
 - Independientes del tiempo
 - Plásticos de Bingham.
 - Pseudoplásticos
 - Dilatantes
 - Dependientes del tiempo.
 - Fluidos tixotrópicos.
 - Fluidos reopecticos.
 - Fluidos viscoelásticos.

2.1.4.4. Fluidos newtonianos

Según Méndez (2014), Los fluidos Newtonianos son aquellos que obedecen la ley de Newton. En estos existen una relación lineal entre el esfuerzo cortante τ y el gradiente de la velocidad dv/dy (velocidad cortante). Esto significa que la velocidad u es constante e independiente de la velocidad cortante. Para una mejor comprensión de este tipo de fluido se representan dos tipos de gráficas, la "Curva de Fluidez" y la "Curva de Viscosidad". En la curva de fluidez se muestra (a) el esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación (T vs Y), mientras que en la curva de viscosidad se representa la viscosidad en función de la velocidad de deformación (μ vs Y). Para un fluido Newtoniano estas curvas tienen la forma típica indicada en la (Figura 4).



Fuente: Méndez, 2014

Figura 4. Curvas de viscosidad para fluidos newtonianos.

2.1.4.5. Fluidos no- newtonianos

Según Quesada (2018), Un fluido no-Newtoniano es aquel cuya viscosidad (resistencia a fluir) varía con la velocidad de deformación o cizallamiento que se le aplica; es decir; se deforma en la dirección de la fuerza aplicada. Como resultado, un fluido no-Newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido Newtoniano. Un claro ejemplo de comportamiento no newtoniano, ampliamente documentado en bibliografía, Son las dispersiones más importantes de las gomas (carbohidratos), es la modificación que introducen en las propiedades reológicas de los alimentos a los que se añaden. Por lo común, los fluidos no-Newtonianos se clasifican con

respecto a su comportamiento en el tiempo, es decir, pueden ser dependientes del tiempo o independientes del mismo (figura 5).

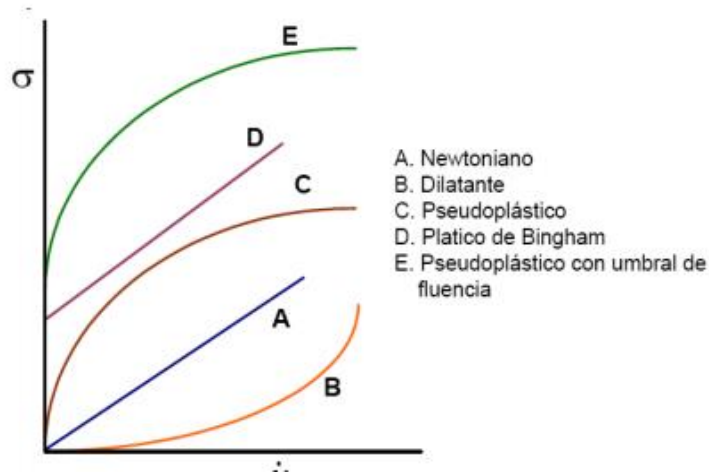


Figura 5. Tipos de fluidos

Fuente: Quesada (2018)

a) Fluidos independientes del tiempo

Según Ciro (2006), Aquí encontramos a fluidos que necesitan de un esfuerzo umbral para iniciar el movimiento y los que no lo necesitan.

➤ Fluidos sin esfuerzo umbral:

- Fluidos pseudoplásticos:

A medida que la velocidad de deformación aumenta, el esfuerzo de cortante y viscosidad aparente disminuyen.

- Fluidos dilatantes:

A medida que la velocidad de deformación aumenta.

- Fluidos con esfuerzo umbral: Este tipo de fluido se comporta como un sólido hasta que supera un esfuerzo cortante mínimo. Cuando el fluido supera el esfuerzo umbral: si la relación entre la velocidad de deformación y el esfuerzo cortante es lineal, se denominan fluidos de Bingham; caso contrario, no existe una relación lineal, se denominan plásticos (Ciro, 2006).

b) Fluidos dependientes del tiempo

Según Ciro (2006), Aquí encontramos a fluidos en los que su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante y los fluidos en los que la viscosidad aumenta con el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante. En ambos casos,

estos fluidos regresan a su estado original luego de entrar en reposo. Se caracterizan por un cambio en su estructura interna al aplicar un esfuerzo. La viscosidad disminuye al aplicar el esfuerzo por un tiempo prolongado y vuelve a aumentar cuando la fuerza cesa debido a la reconstrucción de su estructura interna. Se presenta en estos fluidos el fenómeno de histéresis.

c) Fluidos reopecticos

Según Ciro (2006), Se caracterizan por que su viscosidad aumenta con el tiempo y con la velocidad de deformación. Aquí también se presentan el fenómeno de histéresis.

d) Fluidos visco elásticos

Según Ciro (2006), Se caracterizan por presentar propiedades viscosas y elásticas debido a que el líquido presenta moléculas muy largas, flexibles y a la presencia de partículas sólidas dispersas.

2.1.4.6. Parámetros reológicos en fluidos no newtonianos

a) Punto de cedencia (T_y)

Según De la cruz (2018), mencionan que el punto de cedencia es el esfuerzo cortante mínimo requerido para que se dé la deformación del fluido. Representa el valor del esfuerzo de corte para una velocidad de deformación igual a cero. Su valor aumenta con el contenido de sólidos y disminuye con aumentos en el contenido de agua o dispersantes. Experimentalmente se muestra que el punto de cedencia para el del modelo de Casson es menor que en el del modelo Plástico de Bingham.

b) Índice de comportamiento (η)

Índice la desviación del comportamiento reológico del fluido con respecto a los fluidos newtonianos, es decir, mientras más se aleje el valor de η de la unidad más pronunciadas serán las características no newtonianas del fluido (Martínez, 2017).

c) Índice de consistencia (k)

Caracterización numérica de la consistencia del fluido, es decir, es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen de n. A medida que k aumentan él se hace más espeso o viscoso (Ramírez, 2006).

2.1.4.7. Modelos de ajuste para comportamiento reológico de alimentos.

Los modelos reológicos son una relación matemática k nos permite caracterizar la naturaleza reológica de un fluido, estudiando la deformación dada a una tasa de corte específica de los alimentos (Bedoya y Caedona 2009).

a) Ley de potencia

(Bedoya *et al* 2009), es un modelo de dos parámetros para el cual la viscosidad absoluta disminuye a medida que la tasa de corte aumenta, la relación entre la tasa de corte está dada por la siguiente ecuación:

$$T = k y^n \quad (6)$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante (Pa)

k: Índice de consistencia (Pa.sn)

y: Velocidad de deformación (1/s)

η : Índice de flujo.

b) Modelo de Herschel-Bulkley

Según Gómez y Andaverde (2002), Varios modelos son utilizados para cuantificar el esfuerzo mínimo de deformación en fluidos pseudoplasticos. Una ecuación ampliamente utilizada es la de Herschel – Bulkley (H-B).

$$T - T_0 = k (y)^n \quad (7)$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante (Pa)

k: Índice de consistencia (Pa.sn)

y: Velocidad de deformación (1/s)

T₀: Umbral de fluencia (Pa).

c) Modelo de Casson

La ecuación (H-B) fue modificada por Casson para determinar por extrapolación más exactamente el valor del esfuerzo mínimo de deformación (T₀) del punto de corte en ordenadas en especial en suspensiones, según lo indicado por (Bustamante y Aguilera,2005).

$$T^{1/2} = T_0^{1/2} + k (Y)^{1/2} \quad (8)$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante (Pa)

k: Índice de consistencia (Pa.s)

y: Velocidad de La deformación (1/s)

T₀: Umbral de fluencia (Pa).

d) Variables que influyen en la viscosidad

Según Bustamante y Aguilera (2005), Las variables más importantes que afectan a la viscosidad son:

- Concentración
- Temperatura
- Presión

2.1.4.8. Variación de la viscosidad con la concentración

Según Bustamante y Aguilera (2005), La viscosidad de un compuesto depende fuertemente de la concentración, A relación entre la concentración de solidos solubles y la viscosidad, pero no lineal a temperatura constante. Se ha descrito dos tipos de correlación o modelos matemáticos par considerar el efecto de la concentración en la viscosidad, una según un modelo potencial:

$$\eta = k_1 C^1 \quad (9)$$

Y un modelo exponencial:

$$\eta = k_2 \exp(A_2 C) \quad (10)$$

En estas ecuaciones K_1 , K_2 , A_1 Y A_2 son constantes y C es el contenido en sólidos solubles del fluido expresado en °Brix. Estas ecuaciones también son válidos para estudiar el efecto de la concentración en el índice de consistencia.

2.1.4.9. Variación de la viscosidad con la temperatura

Según Linares (2010), menciona la viscosidad disminuye con la temperatura. Existen varias fórmulas que permiten evaluar la variación de la viscosidad de un líquido al cambiar la temperatura. Las más importantes son: la ecuación de Arrhenius.

$$\mu = A (e)^{B/T} \quad (11)$$

Siendo, μ , la viscosidad dinámica (Pa.s), T , es la temperatura absoluta (K) y A y B son constantes dependientes del líquido.

2.1.4.10. Variación de la viscosidad con la presión

La viscosidad en líquido aumenta exponencialmente con la presión. Excepcionalmente, para el agua a temperaturas menores de 30°C la viscosidad disminuye. Los cambios de viscosidad con la presión son bastante pequeños para presión distintas de la atmósfera. Para la mayoría de los casos prácticos, el efecto de la presión se ignora a la hora de hacer mediciones con el viscosímetro o reómetro (Gonzales, 2009).

2.1.4.11. Equipos de medición de viscosidad

➤ Reómetro RheoLab QC

La configuración de las pruebas se pueden seleccionar entre controlar la viscosidad de corte (CR) y el control de esfuerzo de corte (CS) esta opción junta con la amplia velocidad e intervalos de torque y tiempos cortos de respuestas del motor, crean innumerables beneficios en ampliación. así como pruebas

convencionales de curvas de flujo y viscosidad, el RheoLabQC es también ideal para la investigación del comportamiento de emulsiones y dispersiones en mesclado y agitación, para pruebas de cadencia y estabilidad de recubrimientos, y para la determinación del “**yield point**” en geles y pastas (Gonzales,2010).

2.2. Antecedentes

Huamani (2014), en su presente trabajo investigación titulado “determinar las características bromatológicas, microbiológicas y sensoriales del néctar de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Edulcorado con Slevia (*Stevia rebaudiana Berton*)”. Se enmarcó en el tipo de investigación aplicada; realizándose el diseño estadístico experimental al presente estudio un Diseño Completamente al Azar, con un nivel de significancia del 0,05; para las características fisicoquímicas de los tratamientos; así mismo. Para la comparación de medias se realizó con Duncan, demostrando que existe diferencia significativa entre los tratamientos analizados y las características organolépticas se evaluó con la prueba de Friedman, los tratamientos fueron TRT1, TRT2 y TRT3 edulcorados con stevia (0,04; 0,06 y 0,08%) respectivamente. Se realizó el análisis sensorial a tres tratamientos con la finalidad de observar si existe variación en las características organolépticas de sabor, olor, color y apariencia general. El resultado nos demostró que el tratamiento TRT2 (Néctar de mashua endulzado con stevia al 0,06%) es el más aceptable por los panelistas, con una aceptabilidad de la apariencia general=4,28, sabor=4,32, color=3,56 y olor=4,24, a su vez obtuvo los siguientes resultados del análisis bromatológico: Humedad (90,81%), Ceniza (0,09%). Proteína (0,37%), Grasa (0,06%), fibra (0,13%), Vitamina C (24,67 mg/100g), Sodio (35,78%), Potasio (6,71%) y Azúcares reductores (12,56 mg/100g); los análisis microbiológicos confirman su inocuidad. Por lo tanto el néctar de mashua endulzado con stevia elaborado se encuentra dentro de los parámetros de la Norma Técnica Peruana de Jugos, néctares y bebidas de fruta.

Huamán 2004, El presente trabajo de investigación titulado “formulación de una bebida nutraceutica a partir de mashua negra (*tropeolum tuberosum R. etp*) y quinua (*chenopodium quinoa willd*) tuvo como objetivo, evaluar las

características sensoriales de 4 formulaciones de la bebida nutracéutica de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) con Quinua (*Chenopodium quínoa Willd*), la cuales son cultivos andinos que se encuentran en la provincia de Acobamba, región Huancavelica - Perú; son cultivos con propiedades muy importantes como nutrientes y medicinales; y cuyas potencialidades son extendidas, Esta investigación ampara su valor científico en la necesidad de obtener nuevos productos alimenticios con propiedades nutricionales y medicinales es decir que en su composición exista vitaminas, minerales, calorías, aminoácidos y compuestos benéficos para la salud, para poder aprovecharlos en mayor cantidad estos compuestos y efectos biológicos de dichos cultivos. Se elaboró 4 formulaciones diferentes de Mashua (M) y Quinua (Q) como sigue: F1 (70%M-30%Q), F2 (60%M-40%Q), F3 (50%M-50%Q) y F4 (40%M-60%Q), las cuales fueron llevados a la evaluación sensorial por el método de escala hedónica de 7 puntos con 15 panelistas, como resultado sale con mayor aceptación la F1 con 5,6 puntos que está dentro de escala bueno y muy bueno, la F4 con 4,6 que está dentro de la escala aceptable y bueno, la F3 con 4,1 puntos corresponde a la escala aceptable y la F2 con 4 puntos que también corresponde a la escala aceptable. Estos resultados como los resultados de análisis estadístico por el DCA, ANVA y prueba de OUNCAN, utilizando el software estadístico SAS revelan que la F1 es de mayor aceptación, luego la F4 y la F3 con F2 no difieren significativamente en sus atributos sensoriales. El análisis químico proximal de la formulación ganadora (F1), por el método de AOAC y NTP, determinó los siguientes resultados: Humedad (91, 7 %), Ceniza (0, 11 %), Proteína (0, 73 %), Grasa (0,04 %), Fibra (0, 19 %) y Carbohidratos (7,23 %); y el análisis de compuestos nutracéuticos de la misma y por los mismos métodos determinó: hierro (1, 12 mg/100g), vitamina A (15 mg/100g), tiamina (0,08 mg/100g), riboflavina (0,10 mg/100g), niacina (0,7 mg/100g), vitamina C (68 mg/100g) y aminoácidos (0,89 mg/100g). Estos resultados revelan, a la bebida nutracéutica formulada a partir de Mashua y Quinua, que sí cumple con los compuestos necesarios de una bebida nutracéutica.

Tovar 2010, En este trabajo se presenta un estudio enfocado a “evaluar las propiedades reológicas de pulpas de frutas y productos derivados en una planta industrial productora de jugos y néctares”, a los fines de mejorar el

control de calidad de dichos productos (identificados desde A hasta E) durante las operaciones de elaboración. Los objetivos específicos del trabajo fueron: comparar diferentes metodologías de análisis de viscosidad mediante viscosimetrías Copa Ford y de Brookfield utilizadas en la industria para jugos y néctares de frutas; caracterizar los parámetros reológicos de las diferentes pulpas de frutas empleadas en la elaboración industrial de jugos y néctares; y evaluar el efecto de la temperatura sobre los parámetros reológicos de las pulpas, jugos y néctares de frutas. Después de aplicar las metodologías mencionadas, los resultados revelaron que la viscosimetría copas Ford es más apta para fluidos con comportamiento Newtoniano, y que la metodología Brookfield se aplica a fluidos Newtonianos y no-Newtonianos. Los resultados obtenidos con la Copa Ford N° 2 fueron más confiables que los obtenidos con la Copa Ford N° 4. También se concluyó que la viscosidad para los jugos y néctares disminuye con el aumento de la temperatura, y el néctar B presentó mayor sensibilidad en la variación de su viscosidad respecto a los cambios de temperatura. Entre 0 y 25 °C las pulpas estudiadas exhibieron comportamiento reológico no-Newtoniano tipo plástico de Bingham, y se ajustaron según el modelo de Heschel-Bulkley, generalmente a satisfacción aceptable. En el rango de temperatura estudiado, el índice de comportamiento de flujo de la pulpa A fue máximo y el de la pulpa C ligeramente superior a los de las pulpas B, D y E. las dependencias del índice de consistencia y del esfuerzo cedente en función de la temperatura revelaron que al cambiar la temperatura, estos parámetros reológicos se pueden modificar más fácilmente en las pulpas C y D, y más difícilmente en la pulpa A.

Kawazoe y Cunha (2007), estudiaron el comportamiento reológico para una variedad de la fruta de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) a temperaturas de 5, 25, 45, 65 y 85 °C, sometida a ensayos en estado estacionario (0 a 300 s⁻¹). El modelo de Herschel-Bukley fue el que mejor se ajustó a los datos experimentales ($R > 0.98$). Al incrementar la temperatura se obtuvo una disminución del índice de consistencia (k) y un leve aumento del índice de comportamiento de flujo (n), al aplicar la ecuación de Arrhenius se obtuvo una energía de activación de 3.11 kcal/g mol y una constante de Arrhenius de 5.942 Pa.sⁿ.

Dak *et al* (2006), estudiaron las características del flujo del jugo de mango y evaluaron los parámetros reológicos utilizando un viscosímetro rotacional a temperaturas entre 20 y 70 °C, en el intervalo de 11.69 y 26 % de sólidos totales. A partir de los resultados experimentales se determinó que el mejor ajuste se obtuvo con la ley de la potencia, resultando valores para el índice de comportamiento de flujo (n) menores que la unidad (0.20–0.33) para todas las temperaturas y concentraciones, revelando el comportamiento pseudoplástico del jugo. Una correlación entre el coeficiente de consistencia y la inversa de la temperatura absoluta en el rango $0.32 - 80.09 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ fue obtenida a partir de la ecuación de Arrhenius. La ley de potencia indicó que el índice de consistencia decrece de manera no lineal con respecto a la concentración. Se encontró la energía de activación en el rango de 3.8 a 13.7 kJ/mol.

Páez *et al* (2009), determinaron la viscosidad de mieles australianas no procesadas usando un viscosímetro rotacional Brookfield, modelo DVIII a tasas de deformación correspondientes a 1, 25 y 50 rpm, en un rango de temperatura entre 10 – 40 °C. Evaluaron el efecto de la temperatura sobre la viscosidad usando la ecuación de Arrhenius obteniendo un coeficiente de correlación mayor a 0,96, resultando valores de energías de activación (E_a) en el intervalo de 66.315 a 12.,493 J/g y de las constantes de Arrhenius entre $7.99\text{E-}22$ y $1.56\text{E-}11 \text{ Pas}$

Según Panchi (2013), Se han publicado numerosas investigaciones orientadas al estudio reológico de pulpas y néctares de frutas, entre las publicaciones revisadas destaca el cual indica que un elevado número de los fluidos alimenticios newtonianos presentan un comportamiento pseudoplástico, entre ellos: jugos concentrados de frutas, chocolate fundido, mostaza, crema de leche, huevo entero descongelado, clara de huevo, entre otros. En este grupo también se encuentran incluidos los purés y las pulpas de frutas y vegetales. Así como también Steffe, para varios productos elaborados con diferentes frutas, reportó los datos de índice de consistencia y del índice de comportamiento de flujo, que los caracterizan como fluidos pseudoplásticos.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

La bebida mix mashua negra – piña tiene comportamientos reológicos característicos de los fluidos pseudo-plásticos como la de Ostwal de Waele, Herschel & Bukley, casson y otros.

2.3.2. Hipótesis específicos

- Existe una relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociados a una bebida mix piña-mashua negra.
- El tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte permite obtener los parámetros de los modelos asociados a una bebida mix piña-mashua negra.
- Los reogramas de una bebida mix piña-mashua negra tienen el comportamiento típico de un fluido no newtoniano específicamente al del fluido pseudoplástico.
- La bebida mix elaborado a partir de piña y mashua negra presentan Características organolépticas y físico-químicas aceptables.

2.4. Variables

2.4.1. Variables independientes (X)

X₁: jugo de piña (con respecto a una bebida mix).

X₁₁: 70%

X₁₂: 60%

X₁₃: 50%

X₁₄=40%

X₂: jugo de mashua negra (con respecto a una bebida mix).

X₁₁: 30%

X₁₂: 40%

X₁₃: 50%

X₁₄=40%

X₃= los reogramas asociados a una bebida mix piña-mashua negra.

2.4.2. Variables dependientes (y)

Y_1 = Modelos reológicos asociados a una bebida mix mashua negra – piña.

Y_2 = Evaluación organoléptica y físico-químico

2.4.3. Variables intervinientes

- El índice de madurez de piña
- El índice de madurez de mashua negra
- Porcentaje de azúcar
- pH.

2.4.4. Operacionalización de variables

Cuadro 10. Operacionalización de variables.

Variabes dependientes	Dimensiones	Indicadores	Método
Y ₁ =modelos reológicos asociados a una bebida mix mashua negra –piña.	Reproducibilidad de los datos experimentales mediante los modelos reológicos asociados al comportamiento de bebida mix mashua negra-piña	-Viscosidad -Consistencia -Fuerza del corte -Fuerza de la velocidad -velocidad de cizallamiento -	Correlacionado las variables X1, X2, X3.
Y ₂ = características físico-químicos organolépticos de bebida mix de piña-mashua negra	Evaluación físico-químico y organolépticos	- Color - Aroma - Sabor - pH - % humedad - Grasa - Ceniza - proteína - Carbohidratos	
Variabes independientes.	Dimensiones	Indicadores	Método
X ₁ = la relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a una bebida mix piña-mashua negra.	Análisis cualitativo de la relación entre la velocidad de corte y esfuerzo de corte.	Jugo de piña 70% 60% 50% 40% Jugo de mashua negra 30% 40% 50% 60%	-Revisión bibliográfica de laboratorio -ensayo -grafico
X ₂ =tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo corte y velocidad de corte para obtener los parámetros de los modelos asociados a una funcional mix mashua negra -piña.	Correlación cuantitativa entre los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a una bebida al mix piña-mashua negra.		➤ Revisión bibliográfica ➤ Regresión no lineal
X ₃ = los reogramas asociados a una bebida mix piña-mashua negra	Forma típica de los reogramas de los modelos que representan el comportamiento reologico de bebida mix piña-mashua negra	Desviación respecto al comportamiento a las propiedades del fluido newtoniano.	➤ Grafico

Fuente: elaboración propia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio, la investigación fue de tipo experimental porque se manipuló intencionalmente las variables y se evaluaron los modelos reológicos asociados a la bebida mix de mashua negra y piña.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación fue de nivel aplicada experimental.

3.2. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los ambientes de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial: módulo de procesamiento de alimentos, laboratorios de análisis físico-químico y análisis sensorial. Las evaluaciones reológicas se realizaron en el laboratorio de análisis por instrumentación.

3.2.1. Ubicación política y geográfica

3.2.1.1. Ubicación política

Región : Huánuco
Provincia : Huánuco
Distrito : Pillco Marca
Lugar : Cayhuayna – UNHEVAL.

3.2.2.2. Ubicación geográfica

Latitud Sur : 09°58'12"
Longitud Oeste : 75°15'08"
Altitud : 1920 msnm.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población hace referencia a una bebida mix de mashua negra y piña. Frutos de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) procedieron del distrito

de Tantomayo provincia Huamalíes y frutos de piña (*Ananas comosus*) fueron adquiridos del mercado central de la ciudad de Huánuco.

3.3.2. Muestra

Bebida mix de mashua negra – piña, en botellas de 250 mL.

3.3.3. Unidad de análisis

Se utilizaron 8 botellas de 250mL para los análisis sensoriales, 400 mL de cada tratamiento para análisis físico-químico y 8 botellas de 250 mL para los análisis reológicos, utilizando 25mL por cada análisis.

3.4. Tratamiento en estudio

3.4.1. Concentración de mashua negra y piña.

En el Cuadro11, se presentan los tratamientos para determinar la concentración óptima de jugos de mashua negra y piña (elaborados de acuerdo al ítem 3.7.3) para la bebida mix de mashua negra - piña. Se fijaron cuatro tratamientos, en los que se varió la concentración de mashua negra y piña.

Cuadro 11. Concentraciones de mashua negra y piña.

Tratamientos	Proporción de jugo.
T1	30% Mashua negra; 70% Piña
T2	40% Mashua negra; 60% Piña
T3	50% Mashua Negra, 50% Piña
T4	60% Mashua Negra; 40% Piña

3.4.2. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se utilizó la prueba de Friedman. Se evaluó los cuatro tratamientos en estudio con 80 panelistas para cada evaluación sensorial descrito en el ítem 3.7.7.

3.4.3. Evaluación reológica de las concentraciones de bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus*).

Las características del viscosímetro usado, el tipo de husillo empleado, la regulación de la temperatura y la preparación de la muestra se describe en el ítem 3.7.7.

En el cuadro 12, se muestra los cuatro tratamientos sometidos a cuatro temperaturas diferentes para el estudio reológicos. Con los datos colectados se construyeron reogramas para caracterizar el comportamiento de flujo de las muestras como Newtoniano, Dilatante, Pseudoplastico, Plástico de Bingham ó Pseudoplastico con umbral de fluencia.

Cuadro 12. Temperaturas fijadas para el estudio reológico de las bebidas mix.

Tratamiento	Temperaturas
T2	25°C,30°C, 35°C y 40°C

3.5. Prueba de hipótesis

3.5.1. Concentraciones de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus*) en la elaboración de bebida mix.

➤ Hipótesis nula

H_0 : las cuatro formulaciones para elaborar bebida mix de mashua negra y piña poseen iguales características sensoriales: sabor, olor, color, y consistencia. $H_1: T_1=T_2=T_3=T_4=0$

➤ Prueba de hipótesis

H_0 : al menos una de las formulaciones en el proceso de elaboración de bebida a base de piña y mashua negra presenta características sensoriales diferentes (sabor, olor, color, y consistencia).

H_1 : al menos $t_i \neq 0$.

3.5.2. Reología de las concentraciones de bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus*).

➤ Hipótesis nula

H₀: Las cuatro formulaciones en el proceso de elaboración de bebida mix mashua negra y piña presentan iguales reogramas descritos en el ítem 3.4.3.

$$H_1: T_1=T_2= T_3= T_4= 0$$

➤ Prueba de hipótesis

H₀: al menos una de las formulaciones en la elaboración de bebida a base de mashua negra y piña presentan reogramas de Newtoniano, Dilatante, Pseudoplastico, Plástico de Bingham y Pseudoplastico con umbral de fluencia.

H₁: al menos $t_i \neq 0$

3.5.3. Diseño de la investigación

3.5.3.1. Evaluación de las características sensoriales de bebida mix de mashua negra y piña.

3.5.3.2. La evaluación sensorial que se efectuó en las diferentes etapas del estudio fueron analizados estadísticamente a través de la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación $\alpha = 5\%$ y su correspondiente prueba de clasificación de tratamientos (Sotomayor 2008).

3.5.3.3. Evaluación de las características fisicoquímico de bebida mix de mashua negra y piña.

La evaluación de las características fisicoquímicas de bebida mix con la formulación de diferentes porcentajes de piña y mashua negra, se utilizó el ANVA correspondiente al diseño completamente al azar (DCA).

El modelo matemático correspondiente a un DCA tiene la ecuación siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : Valor cuantitativo del análisis X correspondiente a la j – pésima

Repetición de la i – pésima bebida mix.

μ : Efecto de la media general.

τ_i : Efecto del i -pésimo tratamiento (bebida funcional con diferentes Formulaciones de mashua negra y piña).

E_{ij} : Efecto del error experimental.

3.5.3.4. Evaluación reológica de bebida mix de mashua negra y piña

De los reogramas de las diferentes bebidas mix (formulaciones con diferentes proporciones de mashua negra y piña, evaluados a diferentes temperaturas) se obtuvieron por regresión lineal los coeficientes de consistencia (k) y los índice de comportamiento del flujo (n), para luego clasificar las bebidas como Newtoniano, Dilatante, Pseudoplastico, Plástico de Bingham o Pseudoplastico con umbral de fluencia.

3.5.4. Datos a registrar

De acuerdo a los objetivos y variables del estudio, en la caracterización de mashua negra y piña se registraron datos, como peso, desechos; así mismo datos fisicoquímico como: pH, acidez, °Brix e índice de madurez. En el estudio de las concentraciones de bebida mix de mashua negra y piña, donde se registraron datos de; porcentaje, rendimiento de desecho extraído; también se registraron los datos por los panelistas responsables de la evaluación sensorial como: olor, color, consistencia y sabor. En la etapa del estudio reológico se registraron datos de gradiente de velocidad y esfuerzo cortante.

3.5.5. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

Para la obtención y registro de datos se utilizaron formatos acorde al estudio, memoria USB para el almacenamiento de datos, cuadernos, lapiceros, marcadores, cámaras fotográficas etc.

a) Técnicas de investigación documental o bibliografía

- **El análisis documental:** todo referente a la obtención de bebidas de tubérculos, frutas. Antecedentes similares.
- **Análisis de contenido:** Se estudiará y analizará de una manera objetiva y sistemática el documento leído.
- **Fichaje:** Se permitió registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y ordenado sistemáticamente que servirán de valiosa fuente para construir el marco teórico.

b) Instrumento de investigación documental

Fichas de investigación o documentación, comentario, resumen, fichas de registro o localización, bibliografías, internet.

c) Instrumento de recolección de información en laboratorio y planta

Cuaderno de apuntes, cámara fotográfica.

d) Procesamiento y presentación de los resultados

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados utilizando el software Microsoft Office. De acuerdo al diseño de investigación la presentación de los resultados son en cuadros y figuras según corresponda y para el procesamiento de los datos estadísticos se utilizó el software estadístico SPSS 22.

3.6. Materiales y equipos

a) Materia prima

- La mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) provenientes de la localidad del distrito de Tantamayo, provincia Huamalíes, departamento de Huánuco.
- La piña (*Ananas comosus*) provenientes de la provincia de Huánuco– departamento de Huánuco.

b) Insumos

- CMC (Carboxi Metil Celulosa)
- Ácido cítrico (Ácido 2-hidroxi- 1, 2, 3-propanotricarboxílico).
- Sorbato de potasio Potassium (2*E*, 4*E*) -hexa-2,4-dienoate).

c) Equipos y materiales

- Reómetro
- Termómetro manual
- Estufa
- pH metro digital o potenciómetro

- Refractómetro
- Balanza gramera de mesa
- Balanza comercial de pie
- Equipo de titulación
- Licuadora industrial
- Cocinillas eléctricas
- Materiales de vidrio (probeta, matraces, pipetas, crisoles, fiola, bureta, embudos, Baguetas, vasos precipitados etc.).
- Meaja de cocina (cocina eléctrica, vasijas, ollas, espátulas, jarras, colador, cucharas, etc.)
- Envases de vidrio de (300 ml)
- Papel filtro, rollos de papel toalla secadoras, tapas de envases de vidrio

d) Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido clorhídrico (HCL)
- Fenolftaleína
- Agua destilada.

Tales reactivos empleados en el análisis fisicoquímico de la materia prima y de la bebida mix.

3.7. Conducción de la investigación

En la figura 6, se presenta el esquema experimental que se utilizara para la conducción y ejecución del trabajo de investigación.

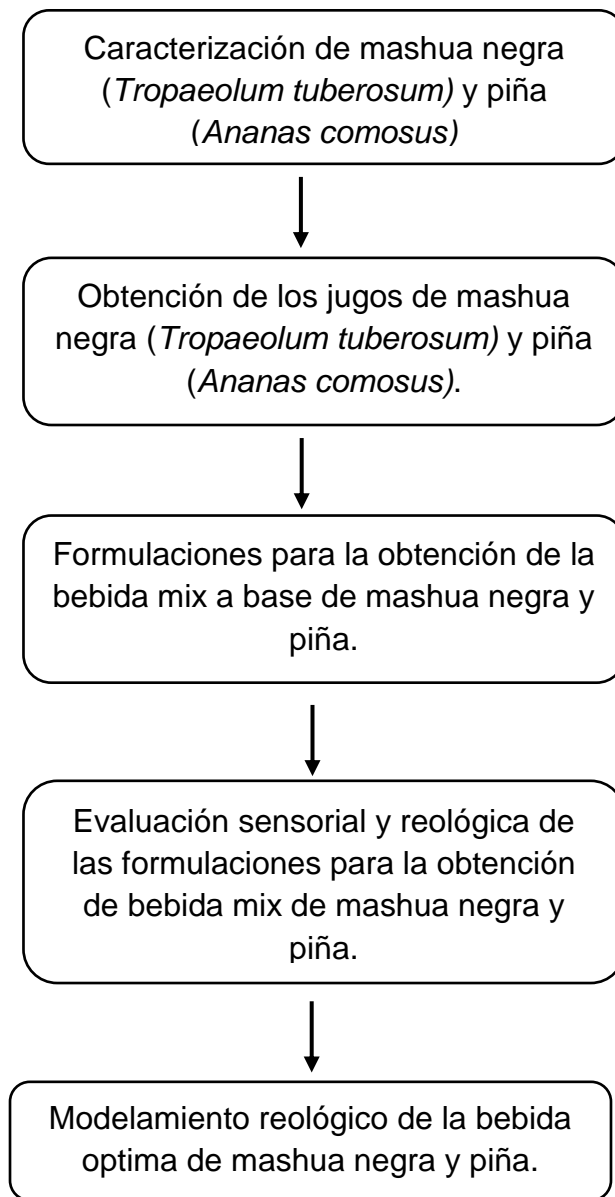


Figura 6. Esquema experimental del trabajo de investigación

3.7.1. Caracterización fisicoquímico de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus*).

Se caracterizaron la materia prima mashua negra y piña. La caracterización fisicoquímico se realizó a la mashua negra y piña mediante los métodos descritos por la AOAC Se efectuaron los siguientes análisis: Humedad, Grasa, Cenizas.

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos a la materia prima:

- **pH:** Por el método potenciométrico (AOAC 1997)
- **Acidez titulable:** Por el método de titulación (NTP 206.013 1981)
- **Sólidos solubles:** (°Brix): mediante un refractómetro (modelo RHB – 80, Rango 0-80% °Brix), de acuerdo al método de la AOAC (1990).
- **Índice de madurez:** Por el método de relación entre sólido soluble y acidez.

3.7.2. Capacidad antioxidante: Por el método de DPPH (1,1-diphenyl-2picrylhydrazyl), reportado por Sandoval *et al.* (2001). donde se halla por espectrofotometría el porcentaje de inhibición y el coeficiente de inhibición

3.7.3. Obtención del jugos de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)

En la figura 7, se muestra el diagrama de flujo para la obtención del jugo de mashua negra para la elaboración de bebida mix de mashua negra - piña.

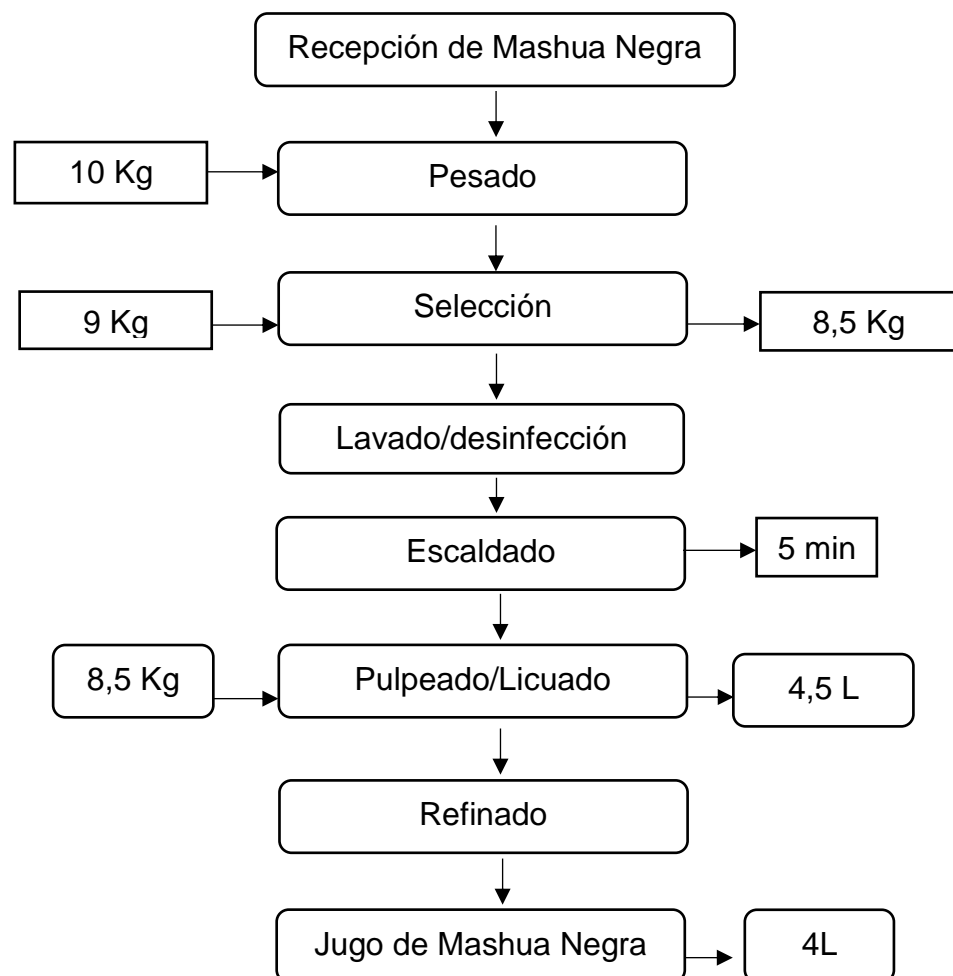


Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención del jugo de mashua negra

Recepción de materia prima: Son recepcionados con los estándares de calidad aceptables físico. Proviendo del campo están sano y limpio.

Selección - clasificación: Se retiro tuberculos con magulladas y que presentaron signos de deterioro, se clasifico para agrupar el tubérculo según su estado de madurez.

Lavado - desinfectado: El lavado se realizo con la finalidad de eliminar cualquier partícula extraña que pueda estar adherida a la mashua negra. Se realizo por agitación. Una vez lavada la mashua negra se desinfecto, para lo cual se sumergio la mashua negra en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 0,05 % (peso/volumen peso/peso) por un tiempo no menor a 5 min.

Coccion: La cocción se realizó durante 5 min a temperatura de ebullición con el proposito de inactivar las enzimas para reducir el acre del producto.

Pulpeado-licuado: Los tuberculos fueron procesados en una extractora. Explique si en esta etapa se usó agua para ayudar a la operación de pulpeado? El término creo que seria fécula o puré para tuberculos.

Refinado: se obtuvo jugo de mashua negra, libre de cáscara, semillas y fibra, usando que una una extractora..

3.7.4. Obtención del jugos de piña (*Ananas comosus*).

En la figura 8, se muestra el diagrama de flujo para la obtención del jugo de piña para la elaboración de bebida mix de mashua negra - piña. Las operaciones fueron las siguientes:

Recepción de materia prima: Con los estándares de calidad aceptables. Recopilado del centro de mercado de Huánuco que están sano y limpio

Selección - clasificación: Se eliminó frutas con magulladas y que presentaron signos de deterioro, se hizo la selección y clasifico según su estado de madurez (item 3.7.1).

Lavado - desinfectado: El lavado se realizo con la finalidad de eliminar cualquier partícula extraña que pueda estar adherida a la fruta. Se utilizo un agitador. Una vez lavada la fruta se desinfecto, para lo cual se sumergio la fruta en solución hipoclorito de sodio a una concentración de 0,05 % (peso/volumen volumen/peso) por un tiempo no menor a 5 min.

Pelado - pesado: la piña se cortó en los extremos y luego se pelo quitando la cáscara más externa (se dejaron los ojos). El pesado se realizó para determinar rendimientos.

Trozado - pulpeado: Se partieron en cuatro la piña luego fueron pulpeadas, fue ejecutado manualmente donde se eliminó la fibra de la piña

Licuada - refinado: se obtuvo jugo de piña, libre de cáscara, semillas y fibra.

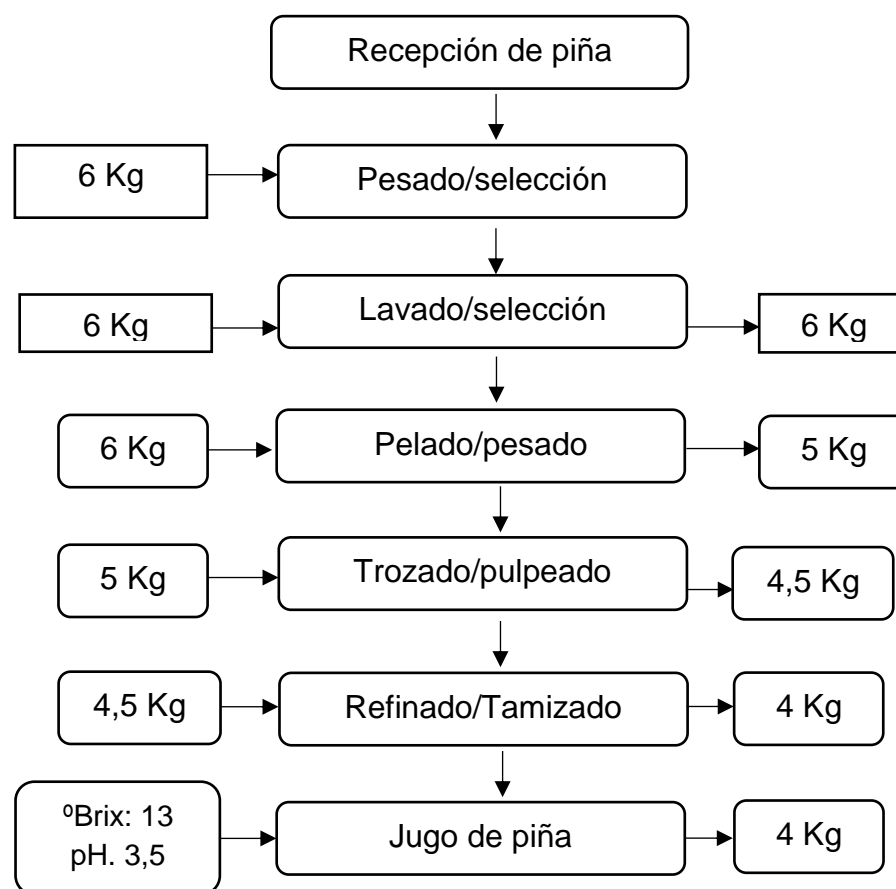


Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de jugo de piña.

3.7.5. Formulación para la obtención de bebida mix de mashua negra- Piña.

En la figura 9, se muestra el diagrama experimental para cada estudio de bebida mix mashua negra y piña, donde se realizaron los cuatro tratamientos para evaluar el efecto de mashua negra y piña. Las concentraciones fueron diferentes de 30 % de mashua negra 70 % de piña, 40 % de mashua negra 60 % piña, 50 % de mashua negra 50 % de

piña y 60 % de mashua negra 40 % piña con temperatura de 85°C. Se realizó la separación adecuada para cada tratamiento la cantidad suficiente para una bebida mix la dilución se ajustó a (13,5°Brix y pH 3,5). El flujograma está confuso. En la etapa de mezclado se incorporan los 4 ingredientes según el Cuadro 13. En el mezclado se debió considerar los sólidos solubles (°Brix) y la acidez que aportan los jugos de mashua y de piña, luego estos datos debieron usarse en balances de masa para saber los gramos de azúcar y los gramos de ácido cítrico para adicionar a cada tratamiento en la etapa de estandarizado de la bebida, y así llegar a 13.5°Brix y pH = 3,5.

Como fue adicionado 200 g de azúcar y 2,2 g de ácido a cada tratamiento (Cuadro 13), en la etapa de estandarizado los °Brix y el pH tendrán valores diferentes por tratamiento (como se describe en el Cuadro 19 de Resultados y Discusión).

3.7.6. Diagrama de flujo para la obtención de bebida mix de mashua negra-piña.

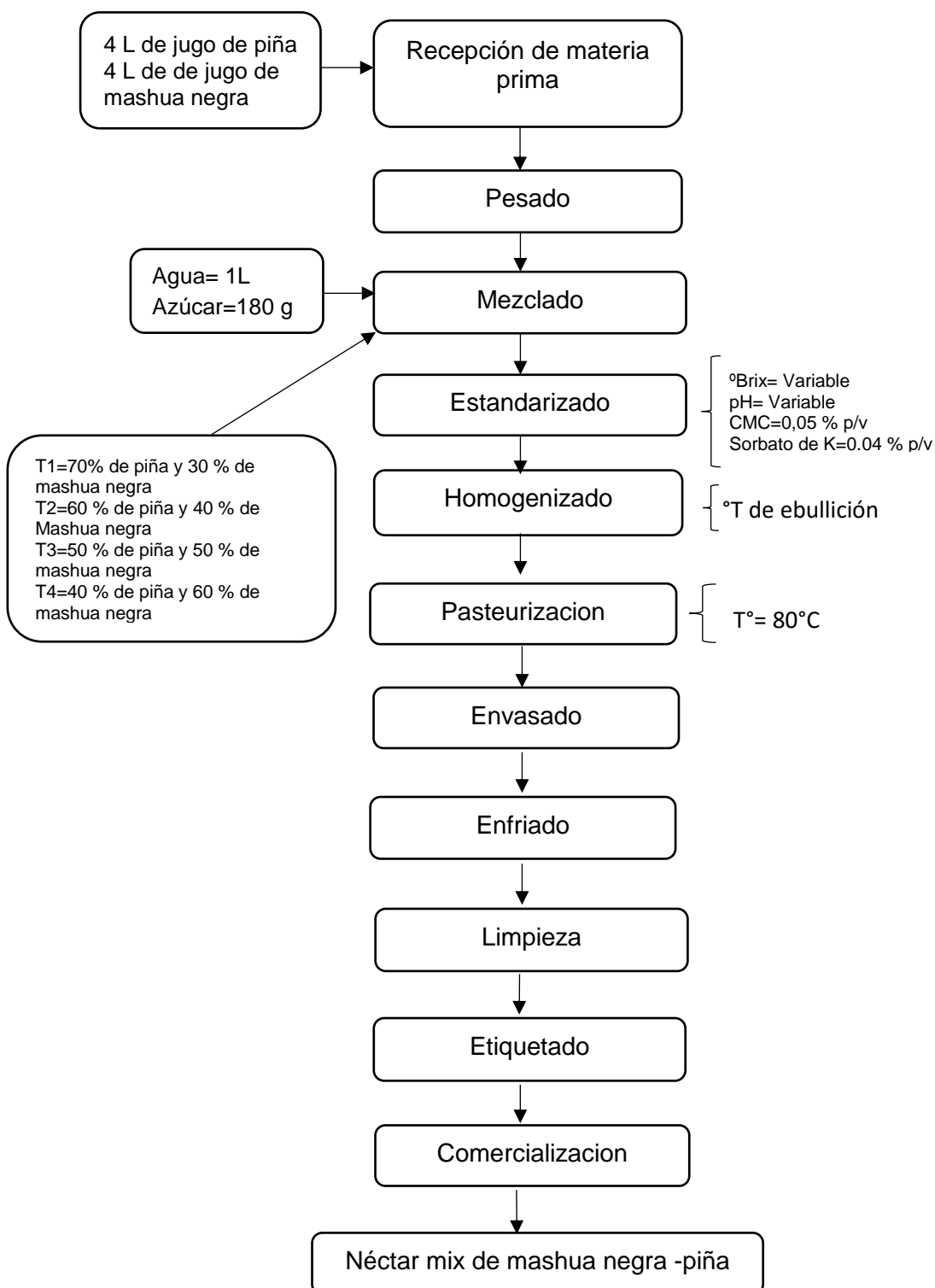


Figura 9: Diagrama experimental para la obtención de bebida mix de Mashua negra – piña.

Recepción de materia prima: Se recepcionó el jugo de la mashua y piña teniendo en cuenta un buen estado y apto para su siguiente proceso.

Pesado: se realizó el pesado de los jugos con un utensilio de 1000 mL (jarra) las cantidades de 4L de jugo de mashua negra y 4 litros de jugo de piña para el siguiente proceso.

Mezclado: consistió en mezclar jugo de mashua negra y piña por cada tratamiento, donde se adiciono 1 litro de agua para cada tratamiento.

En el cuadro 13, se muestran los tratamientos para la obtención de bebida mix mashua negra – piña.

Cuadro 13. Tratamientos para la obtención de bebida mix mashua negra - piña

Ingredientes	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Jugo de mashua negra (mL)	300	400	500	600
Jugo de piña (mL)	700	600	500	400
Agua (mL)	1000	1000	1000	1000
Azúcar (g)	160	180	200	220
CMC (g)	3	3	3	3
Ácido cítrico (g)	2,2	2,2	2,2	2,2
Sorbato de potasio (g)	0.4	0.4	0.4	0.4

T₁= 30 % jugo de mashua negra, 70 % jugo de piña

T₂= 40 % jugo de mashua negra, 60 % jugo de piña

T₃= 50 % jugo de mashua negra, 50 % jugo de piña

T₄= 60 % jugo de mashua negra, 40 % jugo de piña

Estandarizado: En esta etapa de proceso se adicionó el insumo estabilizador CMC (Carboximetilcelulosa), Sorbato de potasio y Ácido cítrico. En el cuadro 12 se mencionan las cantidades respectivos de insumos los ingredientes se mezcló durante 5 minuto para que los compuestos se disuelvan correctamente con los entandares de calidad de bebida mix mashua negra - piña con °Brix y pH variables. Las bebidas

deben poseer °Brix=12.5 a 13 y pH= 3- 3.8 según la norma técnica peruana

Homogenizado: En este proceso consistió en mover con un utensilio (cucharon de manera) al jugo estandarizado uniformemente, en esta fase de proceso se obtuvo la homogeneidad del producto final.

Pasteurización: Uno de los objetivos es eliminar la carga microbiana presente en la dilución en el proceso de elaboración de bebida mix mashua negra - piña a T° de 80 a 85 °C por un tiempo en 3 minutos.

Envasado: Consistió en colocar la bebida dentro de un envase de 250 mL esterilizado a 85 °C, finalidad el producto para el envasado debe estar a una temperatura 80 °C con la de tener un buen envasado para el siguiente proceso

Enfriado: se realizó a temperatura ambiente con tiempo de 30 minutos, luego que la bebida fue envasado donde se realizó con shok térmico, con el fin de impedir la sobre cocción y así evitar pérdidas nutricionales y sensoriales.

Limpieza: El producto envasado e inmerso en agua se procedió a limpiar y secar a temperatura ambiente después del proceso, para posteriormente realizar el siguiente proceso.

Etiquetado: El etiquetado fue realizado después del proceso anterior con el objetivo de indicar la fecha de elaboración, caducidad del producto y otros.

Almacenado: El producto fue almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su análisis.

3.7.7. Evaluación sensorial y reológicos de las formulaciones para la obtención de bebida mix de mashua negra y piña.

Para la evaluación sensorial de los tratamientos se utilizó el método de análisis comparativo con escalas hedónicas: de 1 a 7 puntos para los atributos sabor, olor, color, y consistencia (Anzaldúa 1994 y Sancho *et al.* 2002).

La escala hedónica general de 1 a 7 se muestra en el siguiente

En el cuadro 14, Se muestra la determinación y la concentración adecuada, y las características de color de la mashua negra y piña. La evaluación fue realizada por 80 panelistas semi entrenados y los datos registrados fueron analizados estadísticamente a través de la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación $\alpha = 5\%$ (Sotomayor 2008). La ficha de evaluación sensorial se muestra en el anexo 1.

Cuadro 14. Escala hedónica para la determinación de los atributos sensoriales.

Valor	Atributo	
	Sabor y olor	Color y consistencia
7	Excelentemente agradable	Excelente
6	Muy agradable	Muy buena
5	Agradable	Buena
4	Ni agradable ni desagradable	Regular
3	Desagradable	Malo
2	Muy desagradable	Muy malo
1	Pesimamente desagradable	Pésimo

Cada muestra fue sometida a un ciclo de deformación (curvas ascendente o ida y descendente o vuelta) incrementando la velocidad angular (rpm) a un intervalo de cada 10 segundos para así variar el gradiente de velocidad. Cada muestra se realizó por tres veces para obtener los resultados exactos. Se midió el torque para cada gradiente de velocidad. La viscosidad aparente se calculó a partir de los modelos matemáticos de Ley de Potencia, Casson, y Herschel-Bulkley. El umbral de fluencia se estimó a partir de la curva de flujo (esfuerzo vs. velocidad de deformación) extrapolando la deformación como lo describe (Ramírez, 2006).

Se realizó el acondicionamiento de las muestras, previo a la medición reométrica, las muestras de bebida mix de mashua negra y piña, fueron homogenizadas (tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄) los cuales se prepararon por dilución con agua destilada a cada concentración en peso/volumen o

muestra establecidas peso/volumen de 25ml. Asimismo, cada suspensión fue evaluada a las siguientes temperaturas: 25, 30, 35 y 40 °C.

a). Evaluación reométrica: Para el desarrollo de las pruebas reológicas se realizó el siguiente procedimiento:

- Se puso en funcionamiento el baño maría, se fijó la temperatura de trabajo, y se esperó a que alcance y se mantenga constante el baño de agua conteniendo la muestra. Dependiendo de la temperatura de trabajo, se calibro el termostato.
- Se limpió perfectamente el accesorio ULA (localizador conjunto de canal, tubo de cámara, camisa de agua, spindle) y otros elementos del reómetro.

A continuación se desarrollaron los programas reométricas para cada una de las muestras evaluadas, la cantidad adicionada por replica, por tratamiento y por temperatura fue de 25 ml. El software del reómetro (Rheocalc v3, 01), permitió la evaluación y la recolección de los datos.

En el cuadro 15, la misma que contiene los parámetros de operación en revoluciones por minuto (rpm), según el porcentaje torque para cada uno de los tratamientos analizados, a continuación:

Cuadro 15. Parámetros reológicos en función % parámetros en intervalo de incremento de velocidad angular s

Tratamiento	Concentración	Minutos (RPM)
T2	40 %MN: 60 %P	0.05

En la figura 10, se presenta el flujograma establecido en función del algoritmo brindado por el software Rheocalc v3, 01 sobre el cual se establecieron los parámetros de operación para el análisis de suspensión diluida mix de mashua negra y piña

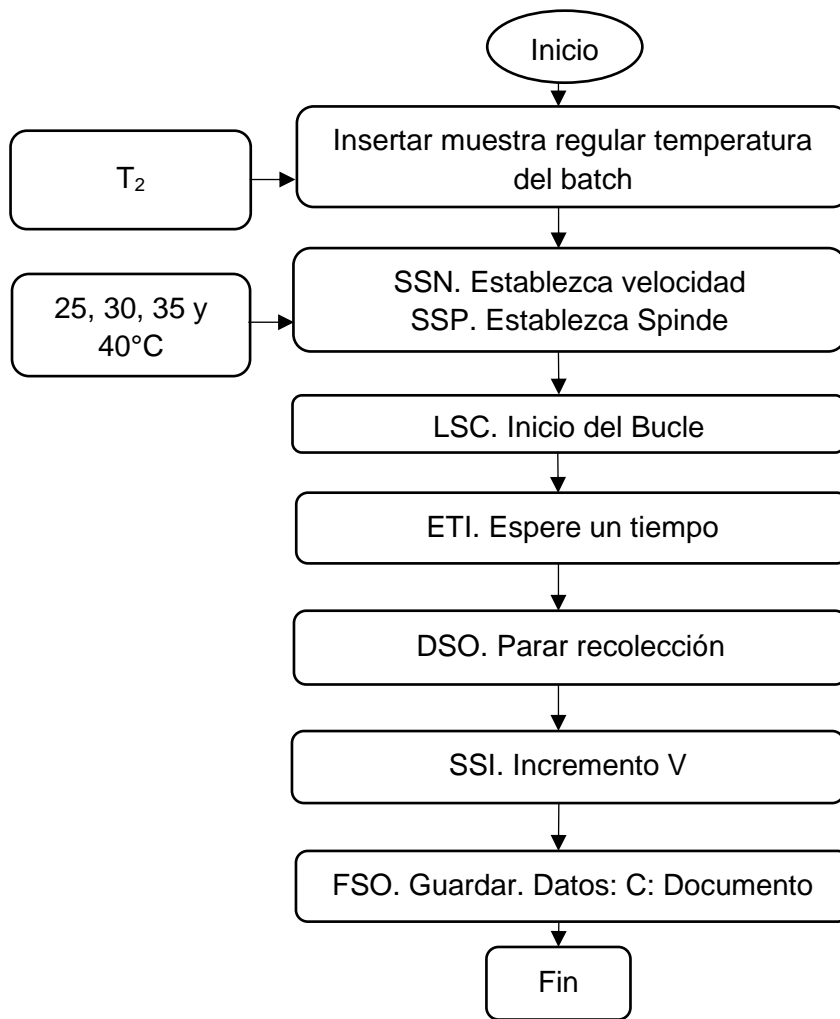


Figura 10. Flujograma establecido para la programación del software del viscosímetro.

En la figura 11, se presenta la interfaz del programa Rheocalc V3.1-1, el cual permitió realizar el estudio reométrico.

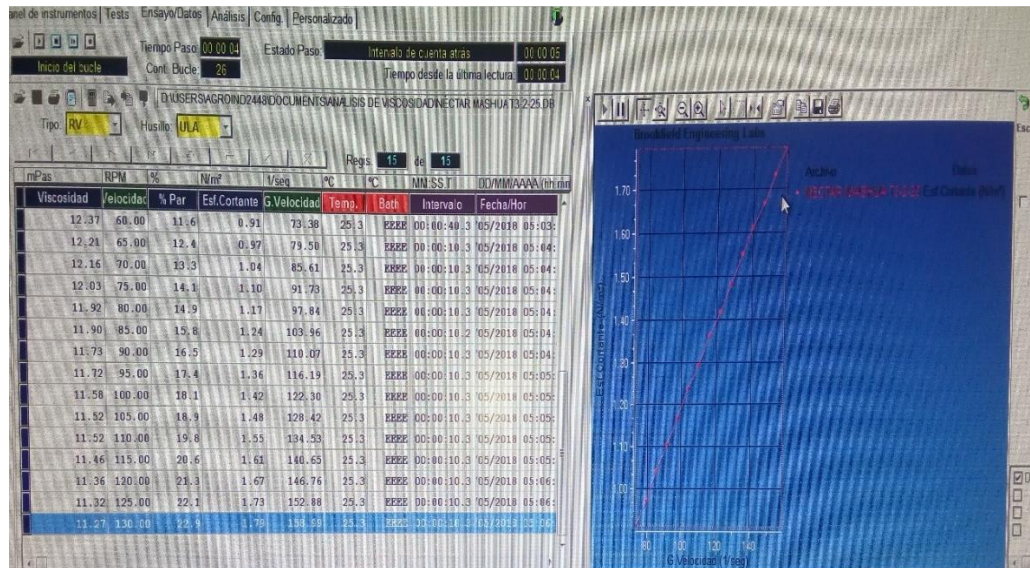


Figura 11. Interfaz del programa Rheocalc V3.1-1.

- b) Análisis de datos:** Al finalizar las pruebas reológicas, se registraron todos los parámetros reológicos para cada tratamiento desarrollado, se obtuvieron datos de: viscosidad, gradiente de velocidad, esfuerzo cortante, % torque, habiendo para ello utilizado variables de concentración, temperatura y velocidad angular. A partir de estos valores será posible calcular la tasa de deformación y la tensión de cizallamiento, índice de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo (n) para cada uno de los modelos.
- c) Reológicos comparados:** El análisis de datos se realizó utilizando dos herramientas tecnológicas, para la sistematización y ordenamiento de los datos exportados se trabajó con Microsoft Excel 2010 y para el ajuste de los datos a modelos reológicos se utilizó Sigma Plot ver. 11.2, realizando el análisis de regresión como una prueba de homogeneidad de varianzas (Test Levene) y prueba de la normalidad de distribución del error (prueba de Kolmogórov-Smirnov), asimismo los criterios utilizados para la selección del mejor modelo fueron los siguientes: 1) Coeficiente de determinación, R^2 . 2) Coeficiente de determinación Ajustado, $R^2_{Adj} > 0.8$. 3) x^2 estadístico < 0.02 . 4) Suma de cuadrados del error, RMSE. La exactitud de la correlación, evaluado por RMSE, se describe por:

$$RMSE = \left\{ \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n [estimated\ value(i) - observed\ value(i)]^2 \right\}}{n} \right\}^{1/2}$$

3.7.8. Modelamiento reológico de la bebida optima de mashua negra y piña.

Después de haber analizado los datos y ajustado a los 4 modelos matemáticos, se evaluó el comportamiento las variables de implicancia en el comportamiento reológicos de bebida mix mashua negra y piña con temperatura y concentración diferentes. Finalmente, teniendo el modelo reológico con mejor ajuste al comportamiento del producto. Se realizó el modelamiento matemático en función de las variables de este modelo, considerando los respectivos: índice de comportamiento de flujo (n) e índice de consistencia (k).

IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Caracterización de mashua negra y piña

Los Cuadros 16 y 17 pueden condensarse en un solo Cuadro y los componentes de ambas materias primas pueden ser comparados con una prueba de t, para afirmar estadísticamente las diferencias y discutir el aporte de cada M.P.

En el cuadro 16, 500g de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) para la caracterización fisicoquímica.

Jugo de mashua	Contenido *
Humedad %	75,3±0,058
Grasa %	4,61±0,006
Proteína	2,65±2,306
Ceniza %	4,16±0,005
Carbohidratos %	5 ±0,577
Antocianinas	0,29 µg/ml *±0,005µg/m
pH	5,85±0,005
Acidez titulable %	2,14 ± 0,01

* Media ± desviación estándar de las repeticiones

1 mL de jugo mashua Cuanto de muestra está presente en 100mL

En el cuadro 16, se muestra los componentes y contenidos de la materia prima (mashua negra) donde con mayor componente orgánico fue el carbohidrato con 5 %. Otras características importantes es el contenido de antocianinas 0,29 µg/ml.

En la cuadro 17, se observa todos los componentes de piña donde cumple los estándares fisicoquímicos para el procesamiento de bebida mix mashua negra-piña.

Cuadro 17: composición de piña (*Ananas comosus*) variedad DM2 en base 100 gramos de la muestra.

Jugo de piña	Contenido
Humedad (%)	78,07 ± 0,01
Grasa (g)	1± 0,577
Fibra (g)	1,63±0,005
Carbohidratos	3±1
°Brix	12,0±1
pH	3± 0,577
Acidez titulable	1,3± 0,057

* Média ± desviación estándar de m repeticiones

1 mL de jugo mashua Cuanto de muestra está presente en 100mL

Los componentes mayoritarios en la piña fueron agua y carbohidratos.

4.2. Formulaciones para la obtención de la bebida mix mashua negra y piña.

Se obtuvo el producto final de cuatro tratamientos con diferentes porcentajes.

Cuadro 18. Resultado final de cada tratamiento. (Este cuadro no aporta ningún resultado, es simplemente un balance, sugiero eliminar)

Tratamiento	Cantidad (mililitros)
T1	2100
T2	2090
T3	2100
T4	2100
Total	8480

El Cuadro 19 debe tener la significancia estadística para la comparación de medias (Tukey o LSD)

En el cuadro 19, se muestra los cuatro tratamientos con sus respectivos componentes. Los estudios realizados fueron pH, acides titulable y °Brix. La bebida mix óptima de mashua negra y piña fue el tratamiento

T₂, donde: °Brix 12.5, acidez titulable 0,121 y pH 3,40, que cumple los estándares de las normas técnicas.

Cuadro 19. Composición química de bebida mix mashua negra y piña.

Tratamiento	Porcentaje	°Brix	Acidez Titulable (ml NaOH).	pH
T1	30 % mashua negra - 70 % de piña	13,2±0,5 29	0,125± 0,001	2,21± 0,01
T2	40 % mashua negra – 60 % de piña	12,5 ± 0,152	0,121± 0,001	3,40± 0,057
T3	50 % mashua negra – 50 % de piña	12± 0,152	0,123± 0,001	3,44± 0,01
T4	60 % mashua negra – 40 % de piña	11± 0,5	0,125±0,002	3,46±0,0 02

* Média ± desviación estándar de las repeticiones

1 mL de jugo mashua negra en la muestra de 100mL

En el cuadro 20, Se muestra el resultado de la obtención de antocianinas, de los cuatro tratamientos en lo cual con mayores antocianinas tenemos el tratamiento cuatro, por la mayor concentración de jugo de mashua. Adicionar la significancia estadística para la comparación de medias (Tukey o LSD).

Cuadro 20. Resultados de evaluación de antocianinas de los cuatro tratamientos.

Tratamiento	Antocianinas(100mL)
T1	0,07 ± 0,005 µg/mL
T2	0,29 ± 0,005 µg/mL
T3	0,39 ± 0,004 µg/mL
T4	0,55 ± 0,023 µg/mL

Se muestra el resultado de color de los cuatros tratamientos. Adicione la significancia estadística para comparar medias (Tukey o LSD)

Cuadro 21. Se muestra la evaluación del color en los cuatro tratamientos.

Tratamiento	Color		
	L*	a*	b*
T1	10,75 ±0,005	12,6 ± 0,152	-0,9± 0,015
T2	8,925± 0,525	9,625 ± 0,361	-0,8 ± 0,013
T3	7,875±0,011	8±1	-1,9 ± 0,057
T4	7,8± 0,1	6,675± 0,082	-0,7±0,012

Luminosidad (L*)

El cuadro 21, muestra los promedios para las cuatro muestras de tratamiento evaluadas, L* son los valores de luminosidad de color, el cual va de 0 (negro) y 100 (para blanco ideal) se observan mediante el equipo colorimétrico los cuatro tratamientos, T₃ y T₄ fueron las muestras más luminosas las cuales fueron cercanas a 100. De blanco ideal. T₁ y T₂ tuvieron valores de entre 7,875 y 7,8 los cual nos indican que fueron más opacas.

Valor a*

Cuadro 21, se muestra los resultados de los cuatro tratamientos evaluados mediante un equipo de colorimetría (valor del rojo al verde, -a* tonalidades verdes rojas). Observándose que los valores T₃ y T₄ fueron positivos en lo cual nos indica la presencia de tonalidades rojas encontrando diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$) con más adición de jugo de mashua negra contiene más cantidad de color rojo o antocianinas.

Valor b*

Indica que signo negativo en los cuatro tratamientos que no se encuentra el color amarillo en la bebida mix mashua negra – piña el T₁ Y T₂ contiene más color amarillo con menos cantidad de mashua negra y mayor proporción de jugo de piña.

4.3. Evaluación sensorial y reológica de las formulaciones de la obtención de bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) – piña (*Ananas comosus*).

4.4.1. Evaluación sensorial de bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) – piña (*Ananas comosus*).

En la investigación se hizo énfasis de cuatro atributos sensoriales: sabor, color, olor y consistencia. En el anexo 2a – 2d se presentan los resultados completos del procesamiento estadístico de la evaluación sensorial.

Con respecto a los atributos sensoriales, la prueba de Friedman ($p < 0,05$), señala en los cuatro casos que se debe rechazar la hipótesis nula; es decir, que existen diferencias significativas en el sabor, color, olor y consistencia de una bebida mix de mashua negra y piña obtenidas de los cuatro tratamientos.

En el cuadro 22, Se muestra la prueba de calificación de los tratamientos para los cuatro atributos

Así como este cuadro deben ser los anteriores, con significancia estadística. La significancia debe ser realizada con la media de cada

tratamiento y por atributo, es decir por columna, pues cada columna es un atributo. Parece que la comparación fue hecha por columnas. Las barras de la Figura 13 no coinciden con los datos de este Cuadro.

Cuadro 22. Clasificación de tratamientos de acuerdo a los atributos sensoriales de una bebida mix de mashua y piña.

Tratamientos	Atributos sensoriales			
	Sabor	Color	Olor	Consistencia
T ₁ : 30 % mashua negra con 70 % de piña	5,4 ^c ±0,152	5,15 ^c ±0,01	5,36 ^{ab} ±0,01	5,35 ^{cb} ±0,01
T ₂ : 40 % mashua negra con 60 % de piña	5,65 ^{cb} ±0,02	5,75 ^{cb} ±0,02	5,74 ^{ab} ±0,01	5,80 ^{cb} ±0,03
T ₃ : 50 % mashua negra con 50 % de piña	5,35 ^{cd} ±0,02	5,00 ^b ±0,01	5,26 ^c ±0,02	5,00 ^c ±0,01
T ₄ : 60 % mashua negra con 40 % de piña	4,40 ^d ±0,02	4,9 ^{dc} ±0,02	4,63 ^{dc} ±0,01	4,65 ^{dc} ±0,02

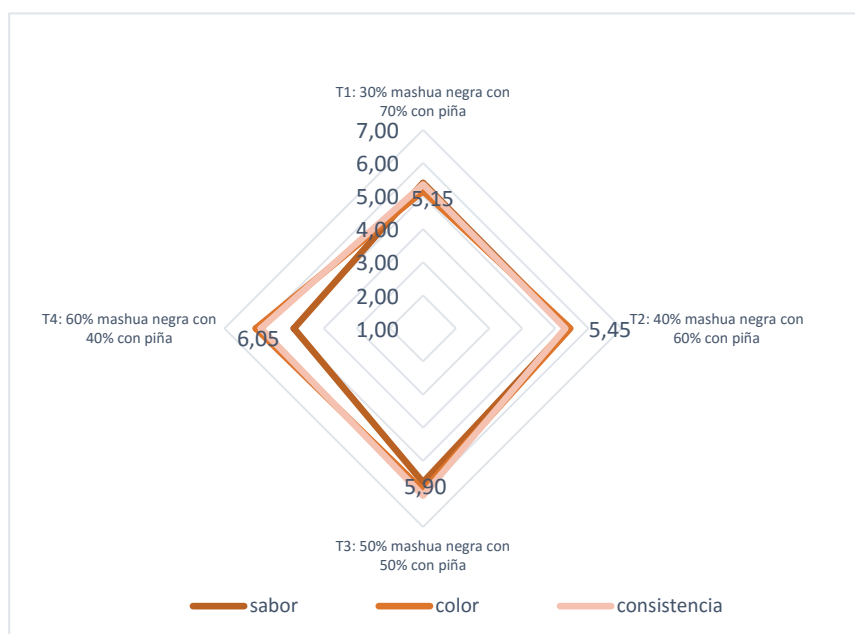


Figura 12. Evaluación sensorial de los atributos de color, sabor, olor y consistencia general de bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) – piña (*Ananas comosus*). Falta el atributo Olor

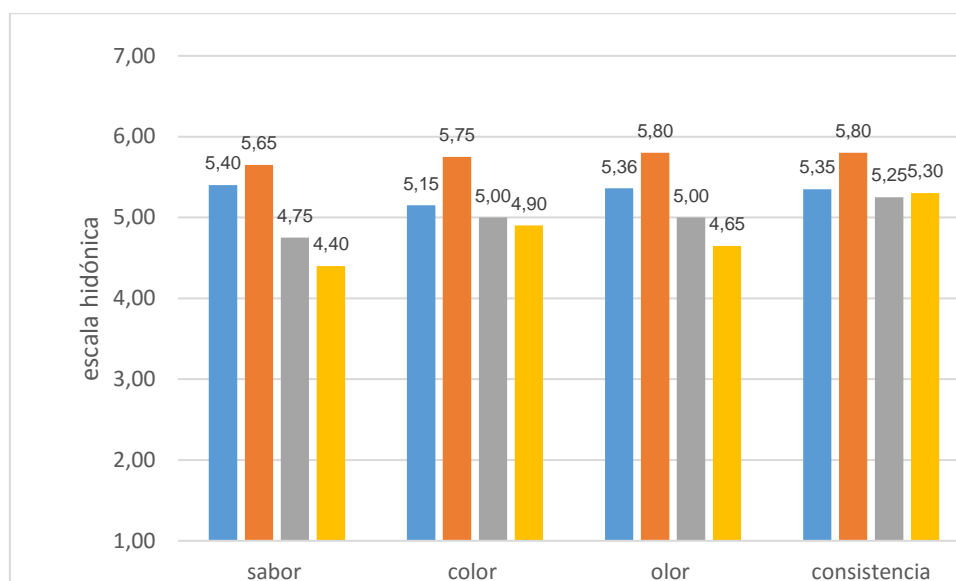


Figura 13. Evaluación sensorial de bebida mix de mashua y piña con diferentes niveles de porcentajes. Estos datos no coinciden con los valores del Cuadro 22.

En el cuadro 22 y figura 13, se observa que el tratamiento T₂: 40 % de mashua negra con 60 % de piña se ubican con valores superiores a 5,0 cercanos a 6,0 con el mejor sabor, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos corresponde a “Muy bueno”.

De igual forma, el mejor tratamiento T₂ en cuanto a olor, presenta un promedio de las evaluaciones sensoriales valores muy próximos a 6,0 que de acuerdo a la escala hedónica utilizada corresponden a “Muy Bueno”.

De igual forma, el mejor tratamiento en cuanto al color de una bebida mix mashua negra y piña. Se encuentran diferencias estadísticas los cuatro tratamientos T₁, T₂, T₃, y T₄ por cada porcentaje de adición de Mashua negra según la escala hedónica los valores superiores de 5 cercanos a 6 el tratamiento T₂ con mejor puntaje que se ubica en “Muy bueno”.

De igual forma el mejor tratamiento T₂ en cuanto a la consistencia de la bebida mix de mashua negra con piña. Según la escala hedónica

los valores superiores a 5,0 y muy cercanas a 6,0 obteniendo puntaje de “Muy Bueno”.

4.4.2. Resultados reológicos de bebida mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) – piña (*Ananas comosus*).

En el cuadro 23 - 26, se presentan los resultados obtenidos del estudio reométrico de bebida mix de mashua negra y piña del tratamiento T₂ con diferentes temperaturas, los cuales se estructuraron según el plan experimental. Las muestras fueron deformadas a diferente velocidad angular inicial por cada temperatura.

Cuadro 23. Valores reológicos de bebida mix mashua negra y piña del T₂ a 25°C

N°	Viscosidad	Veloc.	% Par	Esf.Cortante		gradiente	temp.
	<i>m Pas</i>	<i>Rmp</i>	%	<i>Dyn / cm2</i>	<i>N/m2</i>	<i>1/s</i>	°C
1	0,06	60,00	0,04	0,00	0,00	73,38	25
2	0,06	65,00	0,07	0,00	0,00	79,50	25
3	0,05	70,00	0,08	0,00	0,00	85,61	25
4	0,05	75,00	0,08	0,00	0,00	91,73	25
5	0,08	80,00	0,08	0,10	0,01	97,84	25
6	0,09	85,00	0,08	0,10	0,01	103,96	25
7	0,07	90,00	0,11	0,10	0,01	110,07	25
8	0,08	95,00	0,12	0,10	0,01	116,19	25
9	0,07	100,00	0,11	0,10	0,01	122,30	25
10	0,07	105,00	0,11	0,10	0,01	128,42	25
11	0,06	110,00	0,12	0,10	0,01	134,53	25
12	0,06	115,00	0,11	0,10	0,01	140,65	25
13	0,08	120,00	0,14	0,10	0,01	146,76	25
14	0,05	125,00	0,11	0,10	0,01	152,88	25
15	0,08	130,00	0,16	0,10	0,01	158,99	25
16	0,07	135,00	0,15	0,10	0,01	165,11	25
17	0,07	140,00	0,16	0,10	0,01	171,22	25
18	0,07	145,00	0,16	0,10	0,01	177,34	25
19	0,09	150,00	0,15	0,20	0,02	183,45	25
20	0,06	155,00	0,16	0,10	0,01	189,57	25
21	0,06	160,00	0,18	0,10	0,01	195,68	25
22	0,06	165,00	0,17	0,10	0,01	201,80	25
23	0,08	170,00	0,16	0,20	0,02	207,91	25
24	0,06	175,00	0,17	0,10	0,01	214,03	25
25	0,07	180,00	0,2	0,20	0,02	220,14	25
26	0,07	185,00	0,17	0,20	0,02	226,26	25
27	0,05	190,00	0,19	0,10	0,01	232,37	25
28	0,07	195,00	0,19	0,20	0,02	238,49	25
29	0,07	200,00	0,21	0,20	0,02	244,60	25
30	0,06	205,00	0,19	0,20	0,02	250,72	25
31	0,05	210,00	0,2	0,10	0,01	256,83	25
32	0,06	215,00	0,19	0,20	0,02	262,95	25
33	0,07	220,00	0,21	0,20	0,02	269,06	25
34	0,06	225,00	0,21	0,20	0,02	275,18	25
35	0,06	230,00	0,2	0,20	0,02	281,29	25
36	0,04	235,00	0,18	0,10	0,01	287,41	25
36	0,06	240,00	0,2	0,20	0,02	293,52	25
36	0,05	245,00	0,2	0,20	0,02	299,64	25
36	0,05	250,00	0,19	0,20	0,02	305,75	25

40 datos, la velocidad angular varió de 60 a 250 rpm

Cuadro 24. Valores reológicos de bebida mix mashua negra y piña del T₂ a 30°C

N°	Viscosidad	Veloc.	% Par	Esf.Cortante		gradiente	Temp.
	<i>m Pas</i>	<i>Rmp</i>	%	<i>Dyn / cm2</i>	<i>N/m2</i>	<i>1/s</i>	°C
1	0,65	75,00	0,75	171,10	17,11	91,73	30
2	0,65	80,00	0,82	170,70	17,07	97,84	30
3	0,61	85,00	0,81	170,10	17,01	103,96	30
4	0,62	90,00	0,86	170,00	17,00	110,07	30
5	0,59	95,00	0,87	169,50	16,95	116,19	30
6	0,59	100,00	0,93	169,30	16,93	122,30	30
7	0,60	105,00	0,96	168,80	16,88	128,42	30
8	0,57	110,00	1,00	168,50	16,85	134,53	30
9	0,55	115,00	1,01	168,00	16,80	140,65	30
10	0,57	120,00	1,05	167,70	16,77	146,76	30
11	0,56	125,00	1,08	167,40	16,74	152,88	30
12	0,55	130,00	1,11	167,00	16,70	158,99	30
13	0,55	135,00	1,13	166,70	16,67	165,11	30
14	0,53	140,00	1,17	166,40	16,64	171,22	30
15	0,52	145,00	1,19	165,90	16,59	177,34	30
16	0,52	150,00	1,22	165,60	16,56	183,45	30
17	0,50	155,00	1,24	165,10	16,51	189,57	30
18	0,52	160,00	1,28	165,00	16,50	195,68	30
19	0,50	165,00	1,29	164,70	16,47	201,80	30
20	0,50	170,00	1,33	164,30	16,43	207,91	30
21	0,49	175,00	1,34	163,90	16,39	214,03	30
22	0,49	180,00	1,37	163,60	16,36	220,14	30
23	0,49	185,00	1,42	163,30	16,33	226,26	30
24	0,49	190,00	1,44	163,10	16,31	232,37	30
25	0,49	195,00	1,47	162,60	16,26	238,49	30
26	0,48	200,00	1,48	162,30	16,23	244,60	30
27	0,49	205,00	1,55	162,00	16,20	250,72	30
28	0,48	210,00	1,60	161,70	16,17	256,83	30
29	0,49	215,00	1,64	161,50	16,15	262,95	30
30	0,50	220,00	1,72	161,10	16,11	269,06	30
31	0,51	225,00	1,77	160,80	16,08	275,18	30
32	0,51	230,00	1,86	160,20	16,02	281,29	30
33	0,51	235,00	1,92	159,90	15,99	287,41	30
34	0,54	240,00	2,00	159,90	15,99	293,52	30
35	0,54	245,00	2,09	159,50	15,95	299,64	30
36	0,56	250,00	2,18	159,10	15,91	305,75	30

36 datos, la velocidad angular varió de 75 a 250 rpm

Cuadro 25. Valores reológicos de bebida mix mashua negra y piña del T₂ a 35°C.

N°	Viscosidad	Veloc.	% Par	Esf.Cortante	gradiente	Temp.	
	<i>m Pas</i>	<i>Rmp</i>	%	<i>Dyn / cm2</i>	<i>N/m2</i>	<i>1/s</i>	°C
1	0,04	85,00	0,05	0,00	0	103,96	35
2	0,04	90,00	0,03	0,00	0	110,07	35
3	0	95,00	0,06	0,00	0	116,19	35
4	0,04	100,00	0,04	0,00	0	122,30	35
5	0	105,00	0,03	0,00	0	128,42	35
6	0	110,00	0,03	0,00	0	134,53	35
7	0,03	115,00	0,03	0,00	0	140,65	35
8	0	120,00	0,04	0,00	0	146,76	35
9	0,03	125,00	0,05	0,00	0	152,88	35
10	0,05	130,00	0,08	0,10	0,01	158,99	35
11	0,03	135,00	0,07	0,00	0	165,11	35
12	0,05	140,00	0,08	0,10	0,01	171,22	35
13	0,04	145,00	0,09	0,10	0,01	177,34	35
14	0,04	150,00	0,09	0,10	0,01	183,45	35
15	0,04	155,00	0,08	0,10	0,01	189,57	35
16	0,04	160,00	0,08	0,10	0,01	195,68	35
17	0,04	165,00	0,09	0,10	0,01	201,80	35
18	0,04	170,00	0,1	0,10	0,01	207,91	35
19	0,04	175,00	0,1	0,10	0,01	214,03	35
20	0,04	180,00	0,11	0,10	0,01	220,14	35
21	0,02	185,00	0,08	0,00	0	226,26	35
22	0,02	190,00	0,08	0,00	0	232,37	35
23	0,03	195,00	0,08	0,10	0,01	238,49	35
24	0,03	200,00	0,07	0,10	0,01	244,60	35
25	0,02	205,00	0,07	0,00	0	250,72	35
26	0,03	210,00	0,09	0,10	0,01	256,83	35
27	0,03	215,00	0,1	0,10	0,01	262,95	35
28	0,03	220,00	0,08	0,10	0,01	269,06	35
29	0,02	225,00	0,09	0,00	0	275,18	35
30	0,03	230,00	0,1	0,10	0,01	281,29	35
31	0,03	235,00	0,09	0,10	0,01	287,41	35
32	0,03	240,00	0,11	0,10	0,01	293,52	35
33	0,03	245,00	0,12	0,10	0,01	299,64	35
34	0,03	250,00	0,11	0,10	0,01	305,75	35

34 datos, la velocidad angular varió de 85 a 250 rpm.

Cuadro 26. Valores reológicos de bebida mix mashua negra y piña del T₂ a 40°C

N°	Viscosidad <i>m Pas</i>	Veloc. <i>Rmp</i>	%		Esf.Cortante		gradiente <i>1/s</i>	Temp. °C
			Par %		<i>Dyn / cm2</i>	<i>N/m2</i>		
1	0,82	105,00	1,35		1,10	0,11	128,42	40
2	0,82	110,00	1,39		1,10	0,11	134,53	40
3	0,78	115,00	1,40		1,10	0,11	140,65	40
4	0,77	120,00	1,45		1,10	0,11	146,76	40
5	0,74	125,00	1,47		1,10	0,11	152,88	40
6	0,74	130,00	1,48		1,20	0,12	158,99	40
7	0,74	135,00	1,54		1,20	0,12	165,11	40
8	0,73	140,00	1,58		1,30	0,13	171,22	40
9	0,71	145,00	1,61		1,30	0,13	177,34	40
10	0,7	150,00	1,63		1,30	0,13	183,45	40
11	0,7	155,00	1,69		1,30	0,13	189,57	40
12	0,68	160,00	1,71		1,30	0,13	195,68	40
13	0,68	165,00	1,78		1,40	0,14	201,80	40
14	0,66	170,00	1,77		1,40	0,14	207,91	40
15	0,66	175,00	1,82		1,40	0,14	214,03	40
16	0,66	180,00	1,86		1,40	0,14	220,14	40
17	0,66	185,00	1,91		1,50	0,15	226,26	40
18	0,66	190,00	1,92		1,50	0,15	232,37	40
19	0,66	195,00	1,97		1,60	0,16	238,49	40
20	0,64	200,00	2,00		1,60	0,16	244,60	40
21	0,64	205,00	2,04		1,60	0,16	250,72	40
22	0,63	210,00	2,09		1,60	0,16	256,83	40
23	0,64	215,00	2,14		1,70	0,17	262,95	40
24	0,63	220,00	2,19		1,70	0,17	269,06	40
25	0,63	225,00	2,18		1,70	0,17	275,18	40
26	0,63	230,00	2,24		1,80	0,18	281,29	40
27	0,61	235,00	2,26		1,80	0,18	287,41	40
28	0,61	240,00	2,30		1,80	0,18	293,52	40
29	0,6	245,00	2,34		1,80	0,18	299,64	40
30	0,62	250,00	2,38		1,90	0,19	305,75	40

30 datos, la velocidad angular varió de 105 a 250 rpm

Se mencionan que, los datos presentados en el cuadro 20, fueron del tratamiento T₂ y temperaturas (25, 30, 35 y 40°C), del presente dato de investigación.

Es importante también mencionar que, los datos presentados fueron elaborados también para la diferente concentración (T₂) y temperaturas (25, 30, 35 y 40 °C) que por su dimensión son

presentados en la presente investigación. El gráfico representa la tendencia de los fluidos pseudoplásticos, el descenso de los valores de viscosidad a medida que se incrementa la gradiente de velocidad, está en función del incremento de la temperatura, como es el caso del tratamiento de bebida mix mashua negra - piña a 40°C, el cual presentó los valores más bajos de viscosidad -alrededor de 0.5 (Pa.seg) para una Gradiente de velocidad cercana a la unidad (1 /segundos).

4.4. Regresión no lineal de los modelos reológicos

Los parámetros de los cuatro modelos utilizados para los ajustes de los datos experimentales: Ley de la Potencia, Bingham, Herschel & Bulkley y Casson; y sus respectivos índices de ajuste. Los modelos y las ecuaciones de cómo calcular los parámetros k y n deben estar descritas en Materiales y Métodos. Aquí solo presente los resultados.

4.6.1. Modelo Ley de potencia

Modelo reológico	Ecuación de regresión	Parámetros
$\tau = k\gamma^n$	$y = kx^n$	k, n

Cuadro 27. Parámetros del modelo de ley de potencia para la bebida mix mashua negra piña.

Tratamiento	T(°C)	Índice de consistencia (mPas)	Índice de fluidez n	R ²	Varianza
T2	25	0,2131±0,003	0,89±0,011	0,986±0,012	0,0087882±0,101
	30	0,1667±0,001	0,91±0,01	0,9743±0,010	0,0029568±0,201
	35	0,1067±0,001	0,96±0,001	0,9887±0,120	0,0045164±0,1100
	40	0,835±0,001	1,05±0,10	0,9887±0,020	0,0096609±0,0001

En la cuadro 28, se presenta los parámetros de comportamiento ajustados al modelo de ley de potencia, la misma que considera el índice de consistencia e índice de fluidez (comportamiento de flujo) con su respectivo coeficiente de determinación ajustado (R^2_{ad}), para cada uno de los tratamientos.

4.6.2. Modelo Bingham

Modelo reológico	Ecuación de regresión	Parámetros
$\tau = YP + PV(\gamma)$	$\tau = YP + PV(\gamma)$	$Y.P + PV$

Los modelos y las ecuaciones de como calcular los parámetros YP y PV deben estar descritas en Materiales y Métodos. Aquí solo presente los resultados.

Cuadro 28. Parámetros del modelo de Bingham, para la bebida mix de mashua negra con piña a diferentes concentraciones.

Tratamiento	T(°C)	Tensión Inicial T_0 (N/m ²)	Viscosidad plástica (m Pas)	R ²	Varianza
T2	25	0,1153±0,0059	0,23±0,01	0,9697±0,006	0,0025296±0,01
	30	0,930±0,023	0,15±0,005	0,9737±0,005	0,0006307±0,002
	35	0,824±0,052	0,15±0,001	0,9720±0,005	0,0022880±0,001
	40	0,712±0,01	0,13±0,002	0,9740±0,004	0,0062786±0,001

4.6.3. Modelo Herschel & Bulkley

Modelo reológico	Ecuación de regresión	Parámetros
$\tau = \tau_0 + (\mu\dot{\gamma})^{1/m}$	$y = \tau_0 + (\mu x)^{1/m}$	τ_0, μ, m

Los modelos y las ecuaciones de cómo calcular los parámetros T_0 , k y n deben estar descritas en Materiales y Métodos. Aquí solo presente los resultados.

Modelo Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + k (\dot{\gamma})^n$$

Cuadro 29. Parámetros del modelo de Herschel & Bulkley, para la bebida mix mashua negra -piña

Tratamiento	$T_1(^{\circ}\text{C})$	T_0 (N/m^2)	K (mPas)	N	R^2	Varianza
T2	25	0,89	22,53	0,00	0,9947	0,0012210
	30	0,91	16,67	0,04	0,9913	0,0000248
	35	0,96	10,67	0,09	0,9999	0,1354206
	40	1,01	6,35	0,16	0,9990	0,1204620

4.6.4. Modelo casson

Modelo reológico	Ecuación de regresión	Parámetros
$\tau = k(\gamma_0 + \dot{\gamma})^n$	$y = k(\gamma_0 + x)^n$	k, γ_0, n

Los modelos y las ecuaciones de cómo calcular los parámetros T_0 , y k deben estar descritas en Materiales y Métodos. Aquí solo presente los resultados

Modelo Casson:

$$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + k (\dot{\gamma})^{0.5}$$

Cuadro 30. Parámetros del modelo Casson

Tratamiento	$T_1(^{\circ}\text{C})$	T_0 (N/m^2)	K (mPas)	R^2	Varianza
T2	25	0,002	0,1037	0,9850	0.003337
	30	0,001	0,859	0,9870	0.0272693
	35	0,001	0,752	0,9857	0.0317283
	40	0,654	0,001	0,9870	0.0123587

Fuente: Laboratorio de análisis por instrumentación (Reometría)-UNEHVAL (2018).

Comparando los parámetros de los cuatro modelos matemáticos (cuadro 29), se observa que el modelo de Herschel-Bulkley proporciono los mejores ajustes en todos los niveles de temperatura, presentan los mayores valores para el coeficiente de determinación (R^2), que en promedio fue de 99,99. En seguida el modelo de Casson presento los valores próximos con 99,03, a continuación el modelo ley de potencia presento los valores de 99,54 y por último el modelo Bingham presento valores de 97,96.

4.6.5. Cálculo de viscosidad

Cuadro 31. Expresiones de viscosidad de los modelos reológicos

Modelo	Viscosidad aparente	Viscosidad diferencial
Ostwald de Waele	$\mu_{ap} = k\gamma^{n-1}$	$\mu_{dif} = kn\gamma^{n-1}$
Bingham	$\mu_{ap} = k(\gamma_0 + \gamma)^{n-1} \left(\frac{\gamma_0}{\gamma} + 1 \right)$	$\mu_{dif} = kn(\gamma_0 + \gamma)^{n-1}$
Casson	$\mu_{ap} = (\tau_0^{1/2} + \mu_0\gamma^{1/2}) \left(\frac{\tau_0^{1/2}}{\gamma} + \frac{\mu_0}{\gamma^{1/2}} \right)$	$\mu_{dif} = (\tau_0^{1/2} + \mu_0\gamma^{1/2}) \frac{\mu_0}{\gamma^{1/2}}$
Herschel Bulkley	$\mu_{ap} = \frac{\tau_0}{\gamma} + \mu^{1/m} \gamma^{(1/m)-1}$	$\mu_{dif} = \frac{\mu^{1/m}}{m} \gamma^{(1/m)-1}$

4.6.5.1. Viscosidad del modelo ley de potencia

Cuadro 32. Viscosidad aparente del modelo ley de potencia

γ (1/s)	μ_{ap} 25 °C	μ_{ap} 30 °C	μ_{ap} 35 °C	μ_{ap} 40 °C
5	0.2152	0.2193	0.2379	0.2801
10	0.1507	0.1553	0.1638	0.1837
20	0.1055	0.1100	0.1127	0.1204
30	0.0856	0.0899	0.0906	0.0941
40	0.0738	0.0780	0.0776	0.0789
50	0.0658	0.0698	0.0688	0.0689
60	0.0599	0.0637	0.0623	0.0617
70	0.0554	0.0590	0.0574	0.0561
80	0.0517	0.0552	0.0534	0.0517
90	0.0487	0.0521	0.0501	0.0482
100	0.0461	0.0494	0.0473	0.0452

Cuadro 33. Viscosidad diferencial del modelo ley de potencia

γ (1/s)	μ_{dif} 25 °C	μ_{dif} 30 °C	μ_{dif} 35 °C	μ_{dif} 40 °C
5	0.1045	0.1102	0.1097	0.1095
10	0.0732	0.0781	0.0755	0.0718
20	0.0512	0.0553	0.0520	0.0471
30	0.0416	0.0452	0.0418	0.0368
40	0.0359	0.0392	0.0358	0.0309
50	0.0320	0.0351	0.0317	0.0269
60	0.0291	0.0320	0.0287	0.0241
70	0.0269	0.0297	0.0265	0.0219
80	0.0251	0.0278	0.0246	0.0202
90	0.0236	0.0262	0.0231	0.0188
100	0.0224	0.0248	0.0218	0.0177

4.6.5.2. Modelo Casson

Cuadro 34. Viscosidad aparente del modelo Casson

γ (1/s)	μ_{ap} 25 °C	μ_{ap} 30 °C	μ_{ap} 35 °C	μ_{ap} 40 °C
5	0.2470	0.2534	0.2706	0.2984
10	0.1540	0.1597	0.1665	0.1787
20	0.1014	0.1064	0.1081	0.1125
30	0.0816	0.0862	0.0862	0.0881
40	0.0709	0.0752	0.0743	0.0749
50	0.0639	0.0681	0.0667	0.0665
60	0.0591	0.0631	0.0614	0.0607
70	0.0554	0.0594	0.0574	0.0563
80	0.0525	0.0564	0.0543	0.0529
90	0.0502	0.0541	0.0518	0.0502
100	0.0483	0.0521	0.0497	0.0479

Cuadro 35. Viscosidad diferencial del modelo Casson

γ (1/s)	μ_{dif} 25 °C	μ_{dif} 30 °C	μ_{dif} 35 °C	μ_{dif} 40 °C
5	0.0773	0.0844	0.0831	0.0831
10	0.0681	0.0752	0.0723	0.0704
20	0.0635	0.0709	0.0663	0.0627
30	0.0626	0.0704	0.0648	0.0601
40	0.0627	0.0709	0.0645	0.0590
50	0.0633	0.0718	0.0648	0.0586
60	0.0640	0.0729	0.0653	0.0586
70	0.0649	0.0740	0.0659	0.0587
80	0.0658	0.0752	0.0666	0.0590
90	0.0667	0.0764	0.0674	0.0593
100	0.0676	0.0776	0.0682	0.0597

4.6.5.3. Viscosidad Herschel & Bulkley

Cuadro 36. Viscosidad aparente del modelo Herschel & Bulkley

γ (1/s)	μ_{ap} 25 °C	μ_{ap} 30 °C	μ_{ap} 35 °C	μ_{ap} 40 °C
5	0.2358	0.2016	0.2253	0.2870
10	0.1521	0.1536	0.1632	0.1804
20	0.1027	0.1117	0.1144	0.1167
30	0.0831	0.0915	0.0920	0.0915
40	0.0721	0.0790	0.0785	0.0774
50	0.0648	0.0703	0.0693	0.0681
60	0.0595	0.0638	0.0625	0.0614
70	0.0555	0.0588	0.0573	0.0563
80	0.0522	0.0547	0.0531	0.0523
90	0.0496	0.0514	0.0496	0.0490
100	0.0473	0.0485	0.0467	0.0463

Cuadro 37. Viscosidad diferencial del modelo Herschel Bulkley

γ (1/s)	μ_{dif} 25 °C	μ_{dif} 30 °C	μ_{dif} 35 °C	μ_{dif} 40 °C
5	0.0784	0.1322	0.1277	0.0884
10	0.0611	0.0874	0.0829	0.0635
20	0.0476	0.0577	0.0538	0.0455
30	0.0411	0.0453	0.0418	0.0375
40	0.0371	0.0382	0.0349	0.0327
50	0.0342	0.0334	0.0304	0.0294
60	0.0321	0.0300	0.0271	0.0269
70	0.0303	0.0273	0.0246	0.0250
80	0.0289	0.0252	0.0227	0.0234
90	0.0277	0.0235	0.0210	0.0222
100	0.0267	0.0221	0.0197	0.0211

4.6.5.4. Viscosidad del modelo bingham

Cuadro 38. Viscosidad aparente del modelo Bingham

γ (1/s)	μ_{ap} 20 °C	μ_{ap} 30 °C	μ_{ap} 40 °C	μ_{ap} 50 °C
5	0.2362	0.2236	0.2377	0.2886
10	0.1529	0.1556	0.1635	0.1812
20	0.1029	0.1094	0.1125	0.1168
30	0.0831	0.0894	0.0904	0.0914
40	0.0720	0.0776	0.0775	0.0772
50	0.0647	0.0696	0.0687	0.0679
60	0.0594	0.0637	0.0623	0.0613
70	0.0554	0.0591	0.0574	0.0563
80	0.0522	0.0554	0.0534	0.0523
90	0.0496	0.0524	0.0501	0.0491
100	0.0475	0.0498	0.0474	0.0464

Cuadro 39. Viscosidad diferencial del modelo Bingham

γ (1/s)	μ_{dif} 25 °C	μ_{dif} 30 °C	μ_{dif} 35 °C	μ_{dif} 40 °C
5	0.0814	0.1049	0.1091	0.0893
10	0.0613	0.0754	0.0752	0.0629
20	0.0470	0.0545	0.0519	0.0450
30	0.0407	0.0451	0.0418	0.0371
40	0.0368	0.0395	0.0358	0.0325
50	0.0342	0.0357	0.0318	0.0294
60	0.0322	0.0328	0.0289	0.0271
70	0.0306	0.0306	0.0266	0.0253
80	0.0293	0.0288	0.0248	0.0238
90	0.0283	0.0273	0.0232	0.0226
100	0.0274	0.0260	0.0220	0.0216

4.7. Modelamiento reológicos de la bebida optima de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) –piña (*Ananas comosus*).

4.7.1. Modelo ley de potencia

En la siguiente figura se presenta el modelamiento de bebida mix mashua negra – piña (*Ananas comosus*).

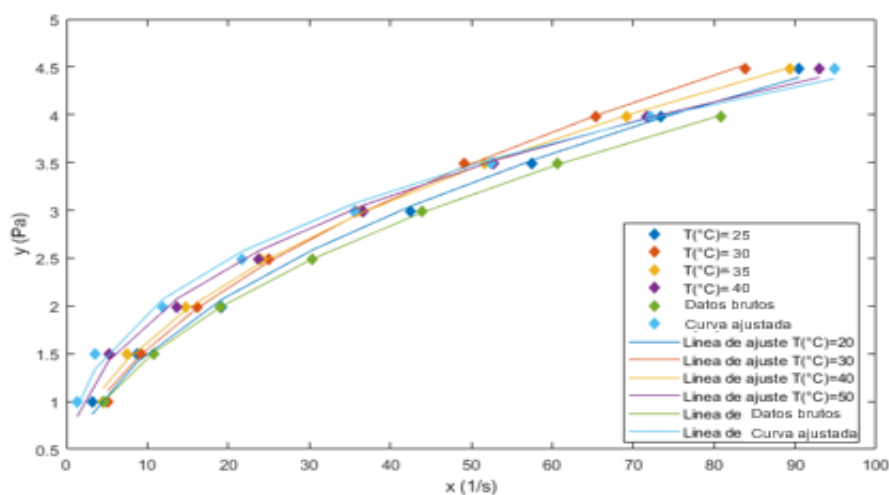


Figura 14. Reogramas de bebida mix mashua negra – piña (*Ananas comosus*).30% de mashua y 70% de piña a temperaturas 25, 30, 35 y 40°C.

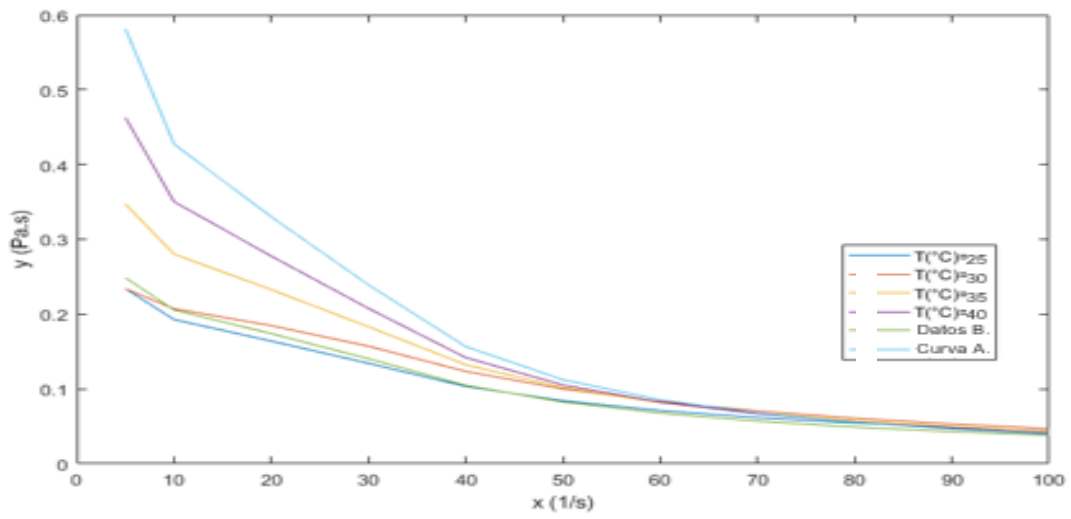


Figura 15. Viscosidad aparente del modelo ley de potencia

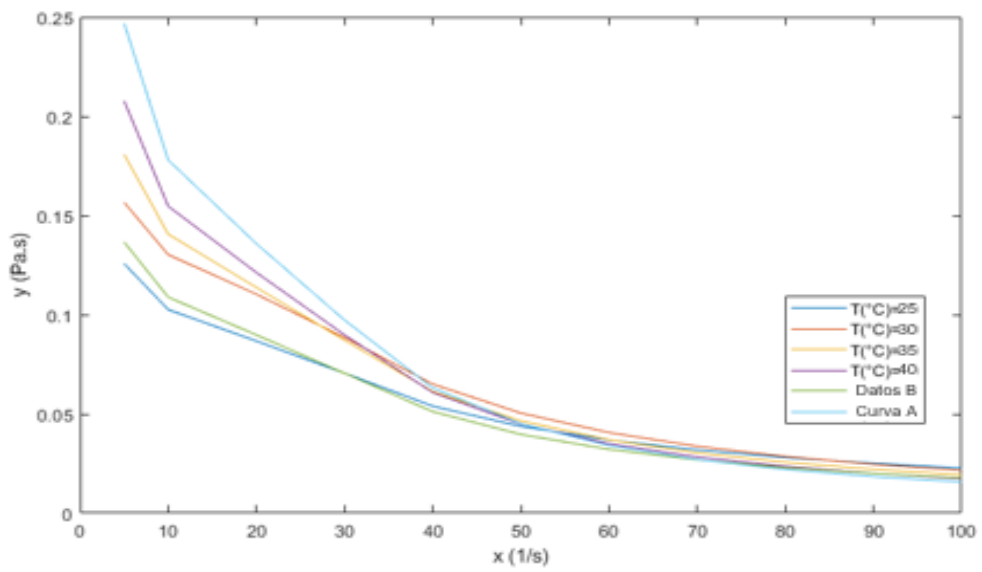


Figura 16. Viscosidad diferencial del modelo ley de potencia

4.7.2. Modelo Bingham

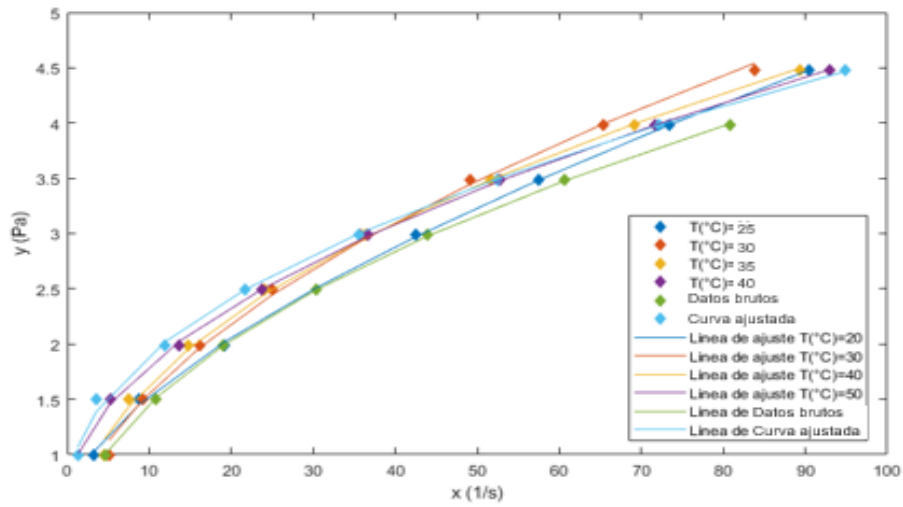


Figura 17. Reogramas de bebida mix mashua negra – piña. A 30 % de mashua y 70 % de piña a temperaturas 25, 30, 35 y 40 °C.

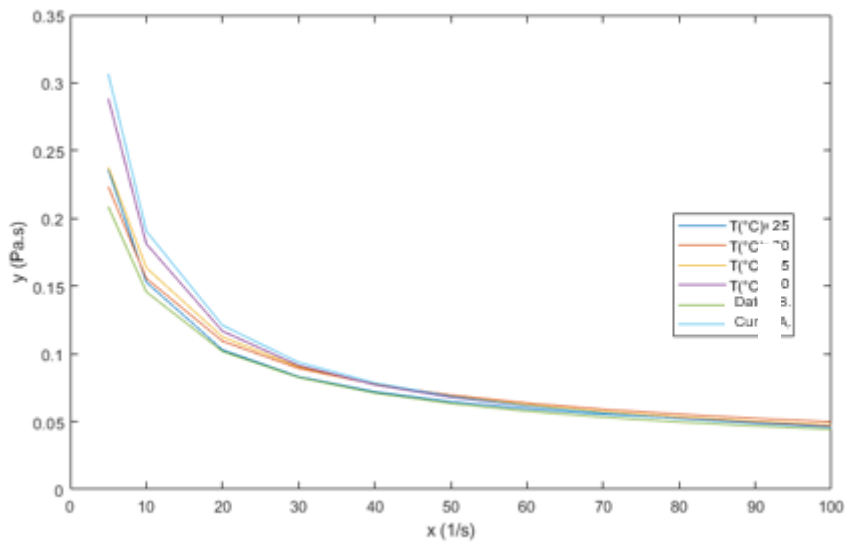


Figura 18. Viscosidad aparente del modelo Bingham

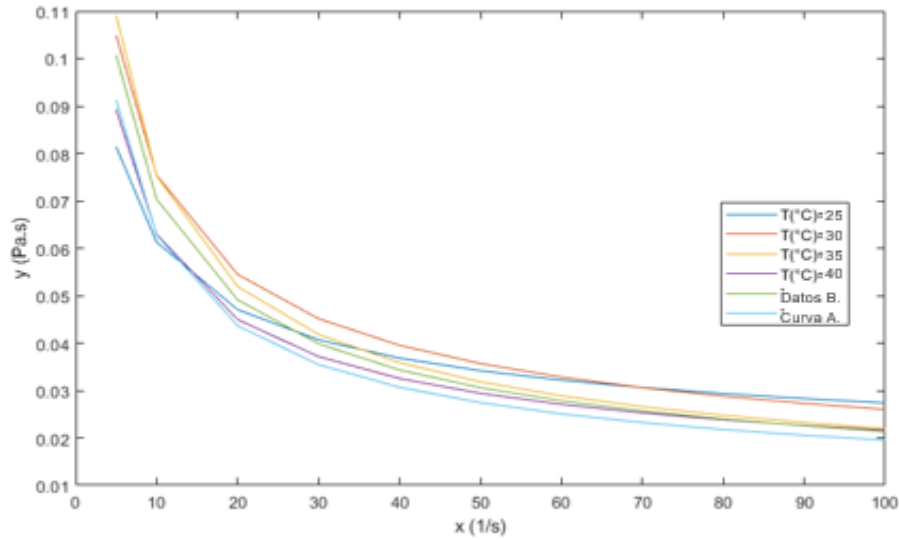


Figura 19 .Viscosidad diferencial del modelo Bingham

4.7.3. Modelo Herschel & Bulkley

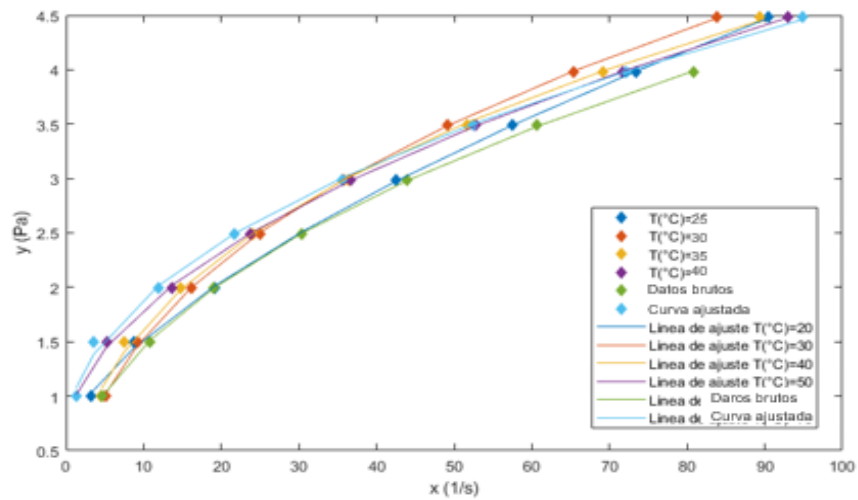


Figura 20. Reogramas de bebida mix mashua negra – piña. A 30 % de mashua y 70 % de piña a temperaturas 25, 30, 35 y 40 °C.

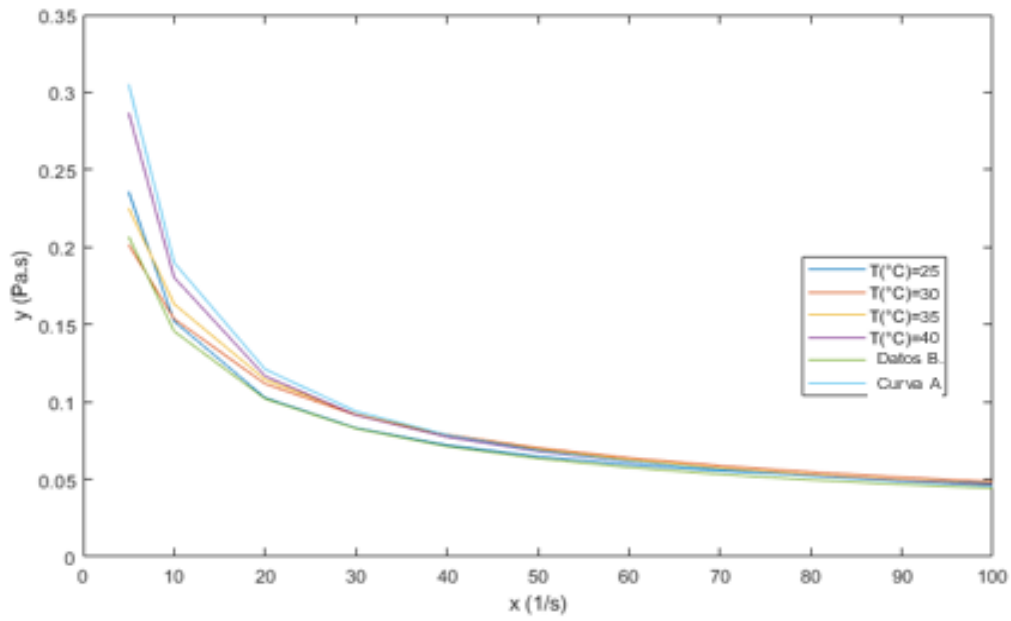


Figura 21. Viscosidad aparente del modelo Herschel Bulkley

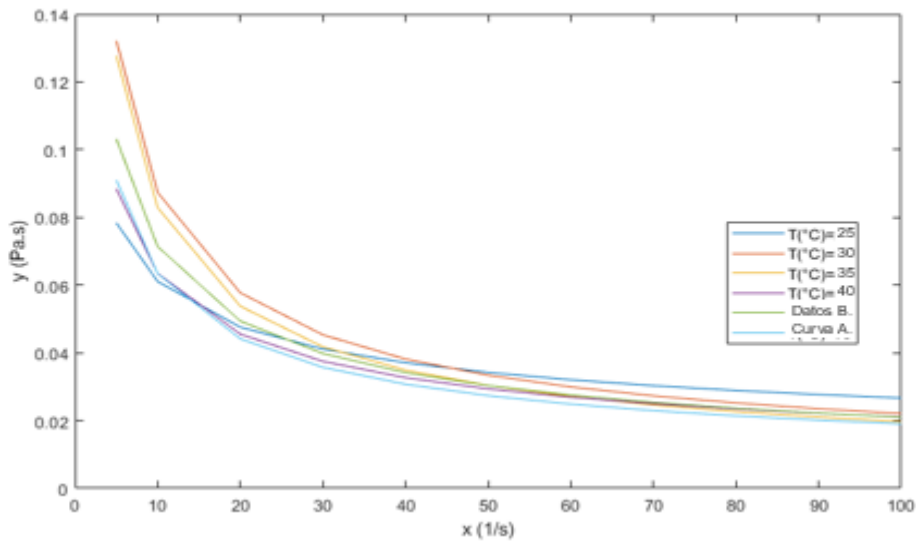


Figura 22. Viscosidad diferencial del modelo Herschel Bulkley

4.7.4. Modelo matemático Casson.

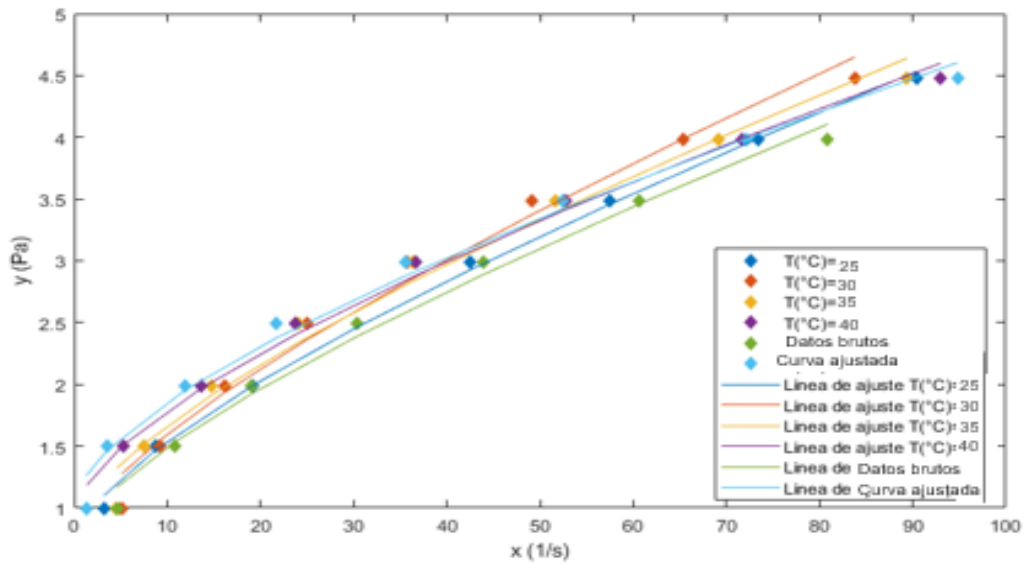


Figura 23. Reogramas de bebida mix mashua negra – piña. A 40 % de mashua y 60 % de piña a temperaturas 25, 30, 35 y 40 °C.

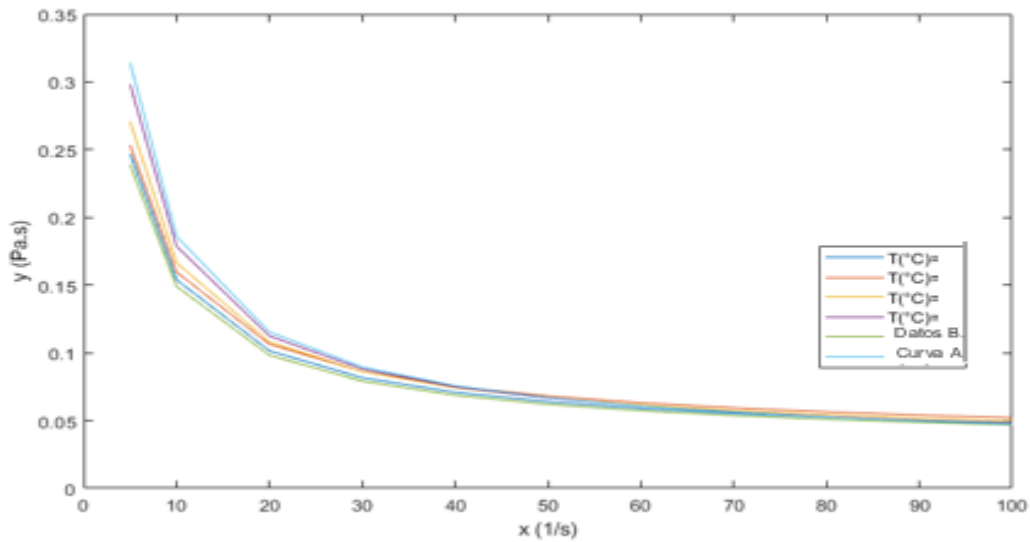


Figura 24. Viscosidad aparente del modelo Casson

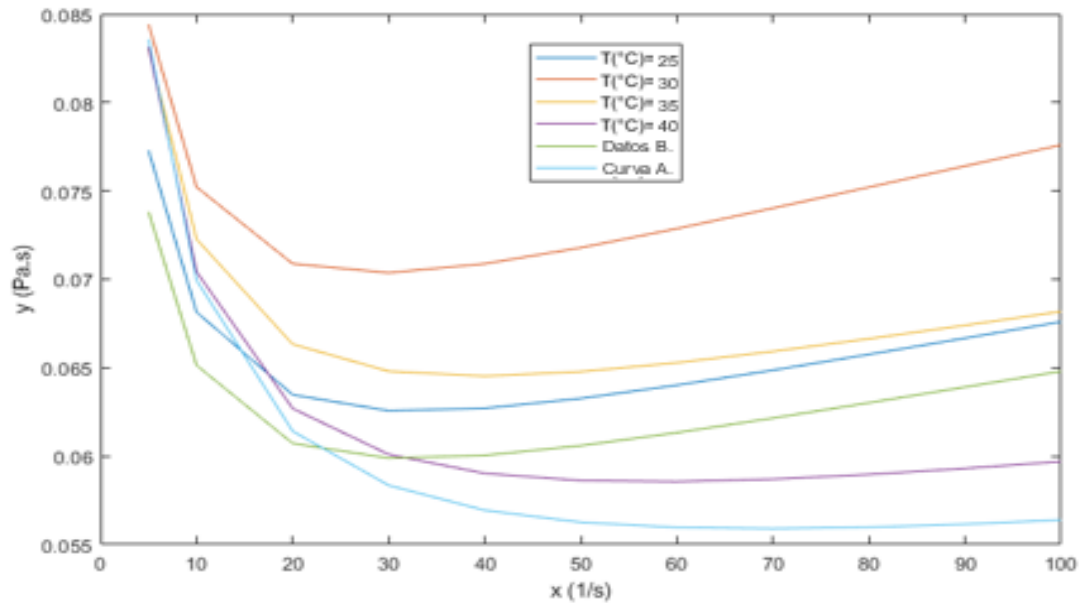


Figura 25. Viscosidad diferencial del modelo Casson

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) - piña (*Ananas comosus*).

En el cuadro 16, mediante estudios realizados se observó que la composición de la mashua negra contiene el 75,3 % de humedad proteína 2,65 %; grasa 4,61 %; ceniza 4,16 %; carbohidratos 5 % y antocianinas 0,29 %; pH 5.85 %; acides titulable 2,14 % .Según los autores de investigación y los resultados de la investigación realizada mediante una comparación expresa una similitud en su composición fisicoquímica, estudiado y aceptable para el consumidor.

Según Tavis (1999), menciona que el contenido de agua de la mashua es desde 75 % hasta 94 % y los tubérculos secos pueden contener des de 2 % hasta 4 % de proteína, casi el 7 % de carbohidratos, donde determino en 100g de muestra. Además contiene alto porcentaje de antioxidantes como la vitamina C, flavonoides y antocianinas.

Grau et al. (2013), menciona que la mashua negra tiene el gran beneficios como aliviar la próstata y limpieza de hígado y riñones.

Esping et al. (2004), describe la composición fisicoquímica del isaño negro en un análisis 100g de muestra, según los estudios realizados contienen proteína 9,17 %; fibra 5,86 %; ceniza 4,81; carbohidratos totales 75.40 %; vitamina C 77,35 %; almidón 46,96 % en su investigación realizada.

En el cuadro 17, se observa la composición fisicoquímico de la piña de variedad Gold DM2 fresca, en base a la cantidad de 100 gramos de muestra. Según los estudios realizados con mayor porcentaje de grasa 1 % fibra 1.2, humedad 78,07 %, carbohidratos de 11 %; °Brix 13 y pH 3,5.

Donde el investigador y el trabajo de investigación realizado hubo un acercamiento en cuanto a la composición porcentual fisicoquímico de

la piña en variedad DM2 como en los carbohidratos, humedad, °Brix, pH y otros.

Según Moreinas (2013), manifiesta en un estudio realizado de la caracterización de la piña en análisis a muestra de 100g: humedad 80-90%; grasa¹, 4g; proteína 0,54%; vitamina C 47,8%; Fibra 1,4g; carbohidratos 13,12g; pH 3,5 a 3,8 y grados °Brix 12-13.

5.2. Formulaciones para la obtención de la bebida mix a base de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) –piña (*Ananas comosus*).

La formulación que se realizó de la bebida mix mashua negra – piña fueron cuatro tratamiento con diferentes porcentajes de mashua negra-piña el mejor porcentaje que obtuvo la bebida mix de mashua negra –piña es el T₂ con porcentajes de 40% mashua negra y 60% de piña con mejor cualidades color, sabor, olor, viscosidad y consistencia con parámetros óptimos.

Según Huamán (2004) en su trabajo de investigación realizado una bebida nutracéutica de mashua negra y quinua de cuatro formulaciones o tratamientos en la región Huancavelica, T₁ 70 % de mashua y 30 % de quinua; T₂ 60 % de mashua y 40 % de quinua; T₃ 50 % de mashua y 50 % de quinua y T₄ 40% de mashua y 60 % de quinua. Los cuales fueron llevados a la evaluación sensoria de 7 puntos con los 15 panelistas. Con mayor aceptación fue el T₁y T₂.

Según los investigadores mencionados en el textp anterior que realizaron diferentes estudios en mashua como néctar y bebida, el máximo porcentaje de adición de mashua es el 40 % porque es sugestivo para el consumidor, pero como se sabe la mashua negra contiene alto contenido antocianinas, carbohidratos y previene algunas enfermedades. En la elaboración de nuestro producto de bebida mix mashua negra – pina el tratamiento óptimo fue el tratamiento T₂ según los panelistas semi entrenados con 40 % de mashua negra y 60 % de piña; NTP indica que las bebidas de mejores

apariciencia se consiguió combinando tubérculos y frutas del mismo color o similares, en este caso la piña no es del mismo color o similar a la mashua negra pero como sabe la piña en nuestro estudio cumplió la función de estandarizar el sabor y color donde se obtuvo buenos resultados con el tratamiento T₂ por que la mashua negra contiene alto antocianinas y alto pigmentación.

Por su parte Hermani et al (2013), realizó una investigación titulado "Elaboración y valoración nutricional de tres productos alternativos a base de mashua para escolares del proyecto runa kawsay"; en donde llego a concluir: que Las formulaciones más aceptadas para galleta, helado, mermelada fueron: Galleta F₁ 40:10:50 (mashua: quinua: Otros); Helado F₁ 40:10:50; mermelada F₁ 40:0:60; del análisis del potencial nutritivo de las galletas, helado y mermelada, la adición de mashua y quinua incrementa su valor nutritivo debido a que los resultados obtenidos frente a un testigo fueron relativamente mayores, localizándose mayor aporte nutricional en preparados con mashua; la galleta de mashua de F₁ (40:10:50) aporta con un 5,6 % más al requerimiento diario recomendado de proteína respecto a lo que aporta la galleta testigo, el helado de mashua F₁ (40:10:50) aporta con un 0,94 % más de Proteína al requerimiento diario recomendado con respecto al aportado por el helado testigo; la mermelada de mashua F₁ (40:10:60) aporta con 0,24 % en el valor diario .

5.3. Evaluación sensorial y reológica de las formulaciones para la obtención de la bebida mix de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) -piña (*Ananas comosus*).

Huamani (2014), menciona en su trabajo de investigación de néctar de mashua edulcorado con stevia, realizándose el diseño estadístico experimental, con un nivel de significancia de 0,05. El resultado nos mostró que el tratamiento T₂ (néctar de mashua edulcorado con stevia) tiene más aceptabilidad por los consumidores como apariciencia general a 4,28; sabor 4.32; color 3.56 y olor 4, 24, se encuentra de los parámetros de la norma técnica peruana de jugos, néctares y bebidas

de fruta. La evaluación sensorial es medición y cuantificación de las características de un producto y sus ingredientes, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características son los siguientes:

Apariencia: conformación uniforme.

Olor: Los miles de compuestos volátiles que contribuye al aroma.

Sabor: Dulce, amargo, salado y ácido.

Color: Nublado o característico de la fruta.

Textura: Dureza, viscosidad. Los resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales según los promedios de la escala hedónica comparativos con escala de 1 a 7 puntos

Los sentidos del hombre son un instrumento valioso e irremplazable para la evaluación de características tales como (Color, sabor, aroma). Los análisis sensoriales deben ser empleados para determinar, salida del producto al mercado, con antelación su aceptación por el consumidor y la medida de la posibilidad de compra (Flores, 2015).

En el cuadro 22 y figura 12 - 13 se observa que el tratamiento T₂ (40 % de mashua – 60 % de piña) en las escalas hedónicas son: el sabor T₂ (5,65); color T₂ (5,75); olor T₂ (5,80) y consistencia T₂ (5, 80).

Benavente (2016), menciona que la escala hedónica de 1al 7 como excelente, muy buena , buena, regular , malo, muy malo y pésimo, en la investigación que se realizó el producto T₂ tiene la puntuación por los panelistas está dentro de lo aceptable en escala hedónica está muy buena y buena para el consumo humano.

Tavar (2010), menciona en su trabajo de investigación la evaluación de los parámetros reológicas de pulpa de fruta y otros derivados, donde la cantidad para la aplicación de la evaluación reológica es de acuerdo al equipo del reómetro que se adiciona desde 10-50 mL por replica.

En el trabajo de investigación realizada se adiciono 25ml que es el máximo y mínimo por réplica, utilizada el reómetro de modelo

rotatorio universal. Donde el investigador y el trabajo de investigación realizado describen la comparación de los equipos que su capacidad de funcionamiento, es limitado de uno al otro pero a pesar de ello es aceptable para este tipo de evaluación porque se aproxima dentro de los parámetros de réplica establecidas

5.4. Modelamiento reológicas de la bebida mix de la bebida óptima de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) -piña (*Ananas comosus*).

Cardona (2009), determinaron que el modelo de Herschel & Bulkley fue el que mejor ajuste en el comportamiento reológico del fruto jaboticaba a temperaturas de 5-85 °C, sometido a ensayos en estado estacionario. Datos experimentales (R^2 mayor 0,989838, el comportamiento reológico.

En el presente estudio, dicho modelo representa ópticamente con un índice $R^2= 0,999238$ el comportamiento reológico de bebida mix mashua negra-piña.

Gallardo (2012), evaluaron y Describieron un comportamiento similar de los parámetros reológicos para el jugo de mando con un reómetro rotacional al intervalo de temperatura de 20 a 70 °C determinando que el mejor ajuste se obtuvo con la ley de potencia, revelando el comportamiento pseudoplástico del jugo, en el presente estudio , el modelo ,ley de potencia con un $r^2= 0.984375$ ajusta adecuadamente los datos reológicos de bebida mix mashua negra-piña siendo este un modelo de mayor alcance para predecir el comportamiento reológico en bebidas.

En las figuras 13-22 se observa los valores de corte esfuerzo de corte (t) aumenta la velocidad de deformación), con más notorio a velocidades iniciales, independiente de la bebida mix de mashua negra-piña. Esto es una característica propia de los fluidos pseudoplásticos concordando además a una misma velocidad de deformación los valores del esfuerzo cortante disminuye con el

incremento de la temperatura, coincidiendo con Ortega *et al* (2003), explicando que al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad de la fase líquida y aumenta el movimiento de las partículas en suspensión. Esa disminución de la viscosidad de la bebida mix de mashua negra - piña a que el esfuerzo del corte disminuye.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados de la investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

- En la evaluación sensorial de la bebida mix de mashua negra-piña, a través de un panel semi-entrenado de 20 personas, se demostró que el tratamiento (T₂) con 40% de jugo de mashua negra – 60 % de jugo de piña fue el más aceptado también con la escala hedónica llegando con los siguientes valores: Sabor (5,65% color (5,65), olor (5,75%) y consistencia (5,80%). Cabe resaltar que la bebida se encuentra bajo los parámetros de la NTP 203.110.2 009 porque tuvieron buena apariencia en el color, sabor, textura y aroma según los panelistas semi entrenados y en los datos estadísticos.
- Los cuatro tratamientos se evaluaron reológicamente con los cuatro modelos matemáticos y los mejores ajustes se obtuvo el tratamiento T₂ con el porcentaje de 40% mashua negra con 60% piña y el mejor ajuste matemático fue Herschell & Bulkley $R^2_{adj} > 0.99$ donde obtuvieron mejores datos y tuvieron los gráficos pseudoplásticos según los datos mencionados estadísticos del estudio del reómetro teniendo la viscosidad estándar el esfuerzo cortante y la velocidad del gradiente.
- El modelo que representa los datos reológicos con mejor ajuste de la bebida mix mashua negra – piña fue el modelo Herschel & Bulkley, presentando un comportamiento pseudoplástico.

VII. RECOMENDACIONES

Se acuerdo a los resultados, discusiones y conclusiones de la investigación, planteamos las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda para la obtención de la bebida mix de mashua negra y piña, dentro de los estudios realizados como el pH, acides titulable y °Brix. Utilizar los siguientes parámetros óptimos, donde: (°Brix 12.5), acidez titulable (0,121 y pH 3.40), que cumple los estándares de calidad.
- Se recomienda la elaboración de una bebida mix de mashua negra y piña, con proporción iguales (40 % de mashua y 60 % de piña), así obteniendo un producto que presentaron las mejores características sensoriales.
- Experimentar la combinación de mashua negra con otras frutas de la zona en la elaboración de otras bebidas mix.
- Para la aplicación de la técnica de la paleta se recomienda iniciar con velocidades bajas e ir aumentando hasta obtener la curva característica según el modo empleado (modo esfuerzo controlado o velocidad de cizallamiento controlado).
- La reproducibilidad de los resultados para ambos tipos de análisis (curva viscosidad aparente versus tiempo y límite de elasticidad) está en función a uniformizar su historial de cizallamiento, es decir es importante en esta del proceso se debe recolectar las muestras

VIII. LITERATURA CITADA

- Alemán, CE. 2015. "Determinación de parámetros adecuados en la elaboración de un néctar tropical mixto de mango (*Mangifera indica* L) con ciruela (*Spondias purpurea* L)", Universidad nacional de piura, piura, peru. Pag. 6.
- Arista, DA. 2017. "Efecto de tres dosis de juveniles *heterorhabditis* spp en el control de *dysmicoccus brevipes* en *anamas comusus* l.var. *roja trujillana*", Trujillo, la libertad, Perú. Pág.17.
- Beboya, MY; Cardona, MN. 2009." estudio comparativo de modelos reológicos para lodos de perforación",Universidad nacional de colombia sede medellín faculta de minas escuela de procesos y energía medellín. pag 17.
- Benavente, ER. 2016. "Propiedades de la piña, Monografías, Ensayos de Medicina Preventiva", puno, peru. Pág 7.
- Bolaños, YG. 2012."aplicación en colorimetría", universidad técnica del norte, Ibarra, Ecuador. Pág. 6.
- Bustamamente, MO; Aguilera, G. 2005. "una aproximación a la modelación del esfuerzo de cedencia en suspensiones minerales", Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. . mobustam@unalmed.edu.com.
- Caballero, E; Paredes, LM. 2018. "Formulacion y evaluación de nectar a base de guanábana (*annona muricata*) y quinua (*chenopodium quinoa*) edulcorada con stevia (*stevia rebaudiana*)", Universidad nacional de santa, Chimbote, Peru.
- Grau Et Al, 2003. Canahualpa et al, Carhuamaca Et Al, (2018)., "Fanny, SOLANO GOMEZ, Erika, Estudio De La Cinética De Secado Y Degradación De Las Antocianinas Y Vitamina C De La Mashua Negra (*Tropaeolum Tuberosum*)", universidad del centro del Perú, Huancayo, - Perú 2018 p,PagPág. 4.
- Carhuamaca, (2015).<https://diariocorreo.pe/peru/mistura-2015-mashua-negra-rama-por-sus-propiedades-anticancerigenas-video-617179/>
- Ciro, HJ. 2006." Reologia de fluidos y su aplicacion en el area de los alimentos", universidad nacional de colombia- sede medellin facultad

de ciencias agropecuarias departamento de ingeniería agrícola y alimentos, Colombia. Pág. 7.

- Cuya Ayala, 2009“Eefecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (*tropaeolum tuberosum* r & p)”, universidad nacional agraria la molina, - Llima- peruPerú, pagpág. 5.
- De la Cruz, S. 2018. “determinación de la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reologico del jugo de puro (*passiflora pinnatistipula* cav)”, Universidad Nacional De Huancavelica, Acobamba – Huancavelica. Pág. 4.
- Delia Luzmila Catunta Quispe, (2016). “Efecto De La Deshidratación Osmótica Sobre Los Compuestos Antioxidantes En Dos Accesiones De Mashua (*Tropaeolum Tuberosum*)”, Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad De Ciencias Agrarias Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial, Puno, Perú,pag. 2.
- Delmoro, et al. 2010.”el color de los alimentos”, universidad centro educativo latinoamericano, rosario, argentina. Pág.147.
- Efraín Gómez Arias, Jorge Andaverde, Edgar Santoyo y Gustavo Urquiza2. 2009. “Determinación de la viscosidad y su incertidumbre en fluidos de perforación usados en la construcción de pozos geotérmicos: aplicación en el campo de Los Humeros”, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 26, núm. 2, 2009, p. 516-529.
- Espin Castro, 2013. “Aporte al rescate de la mashua aplicando técnicas de cocina vanguardia”, Universidad Del Cuenca, Ecuador, Pág. 11.
- Flores Carmona, 2015, “Evaluación de la aceptabilidad organoléptica y capacidad antioxidante de una bebida alcohólica no fermentada, formulado con extracto fenólico de mashua (*tropaelum tuberosum*) púrpura”, Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo, Perú, Pág. 5.
- Flores, NA. 2015. “Evaluación de la aceptabilidad organoléptica y capacidad antioxidante de una bebida alcohólica no fermentada, formulado con extracto fenólico de mashua (*tropaelum tuberosum*) púrpura”, Universidad centro Del Perú, Huancayo, Perú. Pág. 22.

- Fombuena, *et al.* 2017. Modelling in Science Education and Learning Volume 10 (1), 20 doi: 10.4995/msel.2017.6315. Instituto Universitario de Matematica Pura y Aplicada Universidad Politécnica de Valencia, España. Pág. 6.
- Fonseca V. R., (2010). “Fertilización Mediante El Método De Stroller En El Cultivo De Piña (*Ananas Comosus*) (L.) Merr. Híbrido Md-2”, En La Finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica.
- Gallardo, J. 2012. “Reología De Una Emulsión De Aceite En Agua”, Tesis Ing. México, Universidad Nacional Autónoma De México.
- Gallardo, J. 2012. Reología de una emulsión de aceite en agua. Tesis Ing. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez, RP; Yuari, JL. 2009. “influencia en las características nutritivas organolépticas de néctar de maca (*lepidium peruvianum chacon*) con adición de pulpa de tuna (*opuntia ficus*) de color rojo”, universidad de centro del Perú, Junín, Perú. pág.34.
- Gonzales, S. 2009. “Diseño mecánico de un equipo para medida de la viscosidad en fluidos no newtonianos”, universidad politécnica de Cartagena escuela técnica superior de ingeniería industrial, Colombia, Directores: Ruth Herrero Martín José Pérez García pág. 38.
- Guevara, A. 2015. “Elaboración de pulpa, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada”, Universidad nacional la Molina, Lima, Perú. Pag 8.
- Hermani M. et al., 2003. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. International Potato Center, Lima, Peru/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Hermann M. *et al.*, 2003. “Mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruíz & Pav.)”. Promoting the conservation and use of underutilized and Neglected Crops. 25. International Potato Center, Lima, Peru/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Huaman, RM. 2014. “formulación de una bebida nutracéutica a partir de mashua (*tropaeolum tuerosum*) y quinua (*chenopodium*) quinoa (*willd.*), Acobamba, Huancavelica. Pag. 19.

- Huamani, M; Rosa, E. 2014. "Caracterización bromatológica, microbiológica y sensorial del néctar de mashua (*tropaeolum tuberosum*) edulcorado con stevia (*stevia rebaudiana bertonii*)", huamani mitma, rosa edith acobamba- huancavelica 2014, universidad nacional de huancavelica pag. 21.
- Imaz, R. 2009. "Resistencia de Materiales", Universidad de Cantabria.
- Izquierdo, C. (2012), "Mercado Objetivo Y Demanda Insatisfecha Sin Estadística", Academia Española, España, PagPág. 6.
- Korhonen, M; Hellen, L; Hirvonen, J; Yliruusi, J. 2000. Rheological Properties of Creams with Four Different Surfactant Combinations. International Journal Of Pharmaceutics 221.
- Lascano, A. 2010. . "Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*hordeum vulgare*), maíz (*zea mays*), quinoa (*chenopodium quinoa*), trigo (*triticum vulgare*) y tubérculo,: papa (*solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*triticum vulgare*)"
- Linares, GA. 2010. "determinación de la viscosidad", universidad nacional de Trujillo, Trujillo Perú.
- Madrid, j; Garcia, R. 2008. facultdad de diseño y comunicacion, Universidad de Palermo, Buenos aires, argentina. Pag 8.
- Maestro, A. 2002. "Reologia de espesantes celulosicos para pintura al agua", Barcelona, España.
- Martinez, JL. 2017. " Reología en geles y pastas alimentarias: aplicación de las curvas de flujo y límite de la elasticidad en emulsiones", Universidad nacional agraria la Molina, Lima, Perú. Pág. 28.
- Mendez, L. 2014. <http://procesosbio.wikispaces.com/Ley+de+Newton>
[www.tdx.cat/ebookbrowse.net/tema 4.](http://www.tdx.cat/ebookbrowse.net/tema4)
- Moreiras y col, 2013. Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: Objetivos nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFSA, 2010). Tr: Trazas. 0: Virtualmente ausente en el alimento.

- Muñoz, AM; Escudero, DF; Alvarado, UC; Castañeda, B. 2007."Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios" Revista de la Sociedad Química del Perú, vol. 73, núm. pág. 142- 149 Sociedad Química del Perú Lima, Perú
- Ortega, *et al.* 2003. "Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins". Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Carrera 80 No 65-223-Núcleo Robledo. Medellín, Colombia Y la Facultad de Ingeniería. Universidad de Córdoba. Carrera 6 No 76-103. Montería, Colombia.
- Pac, PJSajquim., (2015.), "Experiencias en el cultivo de piña (*annanas comosus* (l) merr.)", con el híbrido md2 en finca la plata, Coatepeque, Quetzaltenango. universidad de san Carlos Guatemala http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2161.pdf. disponible en:
- Pacco Chua, W. (2015), ""Evaluación Del Efecto Del Soleado Y La Cocción En La Capacidad Antioxidante Del Puré Deshidratado De Mashua", Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú, Pág. 5.
- Panchi, Abanto, G. 2013. "Determinación de parámetros reológicos en bebidas de frutas con diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo universidad – xt2i", Universidad técnica de Ambato, Ecuador. pag. 21.
- Panchi, EN; Lara, N. 2012. "Determinación de viscosidad en bebidas a base de frutas a diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo universal TA - X T2i", instituto nacional autonomo de investigaciones agropecuarias provincia: pichincha cantón: mejía paitoquia: cutuglagua estación experimental santa catalina, Ecuador. Pag. 9.
- Paricahua, JL. 2010. "Esfuerzo cortante en la ingeniería de alimentos" Universidad nacional de san Luis Gonzaga, Ica, Perú. Pág. 12.
- Promperú, 2012.<https://Peru.Info/Es-Pe/Gastronomia/Noticias/2/12/La-Mashua-Negra-Y-Sus-Propiedades-Anticancerigenas>
- Quesada, G. 2008. "Mecánica de Fluidos es la disciplina que estudia el comportamiento estático y dinámico (en movimiento) de los fluidos".

- Quesada, G; Enginpe G. 2018. “trasvase de fluidos no newtonianos”, <http://www.adareng.com/es/articulo/trasvase-de-fluidos-no-newtonianos/n>.
- Quintero v.d “evaluation of the viscosity and the color of common mango pulp (mangifera l.)”, Enzymatically treated, temas agrarians. vol.17 2012
- Ramírez, 2006, Introducción A La reología De Los Alimentos, Universidad Del Valle Cali-Colombia Pag.1
- Ramírez, JS. 2006. “Fundamentos de reología de alimentos”, universidad de Colombia, Colombia, Suramérica. Pág. 18.
- Rettig, MK. 2014. “el color de los alimentos en un criterio medible”, universidad austral de chile, Valdivia, Chile. Pag 43.
- Rodríguez, 2017. <https://Diariocorreo.Pe/Peru/Atencion-Mashua-Negra-Es-Anticancerigena-27812/>
- Sajquim, P. J. 2005. Experiencias En El Cultivo De Piña (*Annanas Comosus* (L) Merr.) Con El Hibrido MD2 En Finca La Plata, Coatepeque, Quetzaltenango. Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala. Recuperado El 2014 De 12 De 28, De [Http://Biblioteca.Usac.Edu.Gt/Tesis/01/01_2161.Pdf](http://Biblioteca.Usac.Edu.Gt/Tesis/01/01_2161.Pdf).
- Tovar, EM. 2010.” Evaluación de la propiedad reológicos de pulpa de fruta y productos derivados en una planta procesadora de jugos”, universidad del oriente núcleo de anzoategui, Barcelona, España. Pag. 17.
- Valle Parra, (2017), “Características Morfológicas Y Fenología En Variedad de La Mashua Y Su Medición” Universidad Técnica De Abanto, Facultad De Ciencias Agropecuarias, Ecuador, Pag 9.
- Vega, et al. 2014.”colorometria en frutas”, universidad nacional de santa, nuevo Chimbote, Perú. Pág. 4.

ANEXOS

Anexo 1. Evaluación sensorial del sabor de bebida mix mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)- piña (*Ananas comosus*)

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30 % mashua negra	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	5	6	6	5	5
T ₂ : 60 % piña- 40 % mashua negra	6	5	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
T ₄ : 40 % piña- 60 % mashua negra	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % Piña-30 % mashua negra	2	4	2	4	2	3	2	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4
T ₂ : 60 % piña- 40 % mashua Negra	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
T ₃ : 50 % piña- 50 % mashua Negra	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3	1	3	2	3	1	2	2	2
T ₄ : 40 % piña- 60 % mashua negra	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2	1	1	2	1	2	1	3	2	2	2

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de T ₁ , T ₂ , T ₃ and T ₄ son las mismas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	,000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

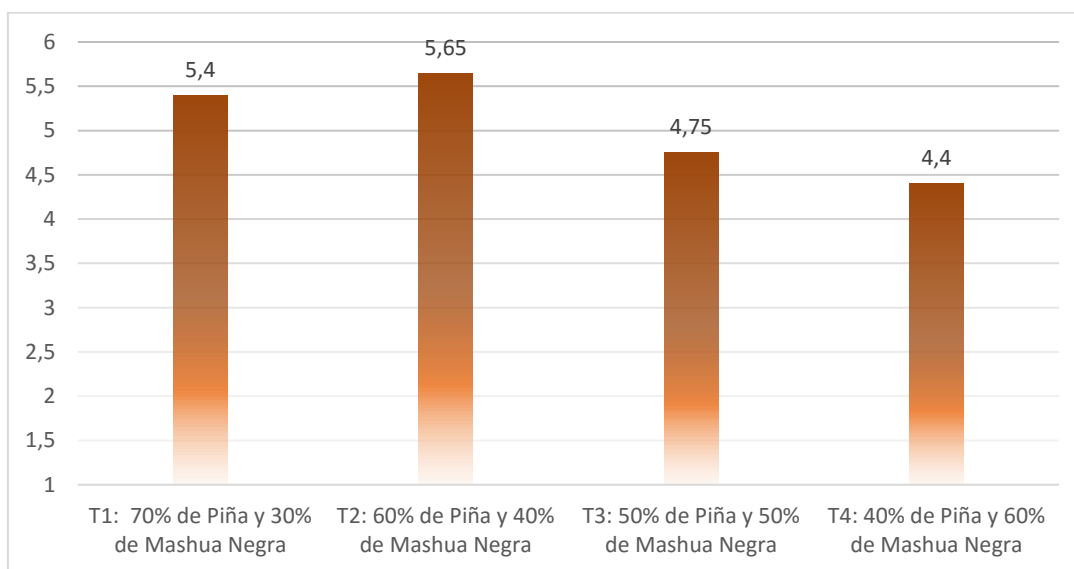
Estadísticos de prueba^a

N	20
Chi-cuadrado	24,644
gl	3
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T4	20	1,75	
T2	20		3,50
T1	20		2,59
T3	20		2,18
Sig.		1,00	2,40

Subconjunto	
1	2
4,90	
5,35	5,35
	5,40
	5,65
0,05	0,31



Anexo 2. Evaluación sensorial del color de bebida mix mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)-piña (*Ananas comosus*)

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30% mashua negra	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	6	5	5	5	5
T ₂ : 60 % piña - 40 % mashua negra	6	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T ₄ : 40 % piña - 60 % mashua negra	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30 % mashua negra	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	4	2	4	2	4	3	2	2	2
T ₂ : 60 % piña- 40 % mashua negra	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
T ₄ : 40 % piña- 60 % mashua negra	2	2	2	3	2	2	2	3	1	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2

Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 Las distribuciones de T ₁ , T ₂ , T ₃ and T ₄ son las mismas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	,000	Rechace la hipótesis nula.

Estadísticos de prueba^a

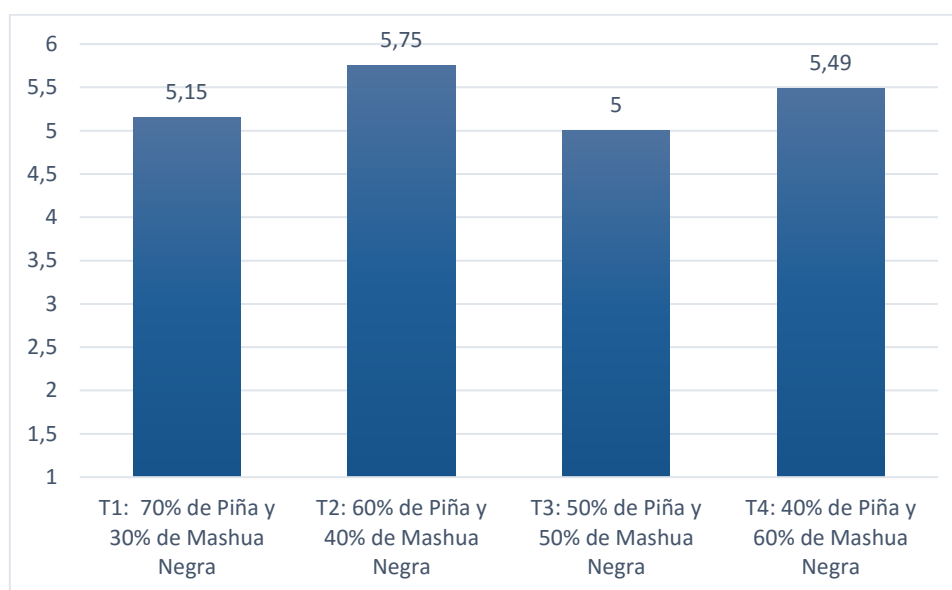
N	20
Chi-cuadrado	26,311
gl	3
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T1	20	5,1500	
T2	20	5,4500	
	20		5,0000
T4	20		4,9000
Sig.		,234	,774

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T1	20	2,4050		
T2	20		3,5550	
T3	20			2,1050
T4	20			1,9515
Sig.		1,000	1,000	,358



Anexo 3. Evaluación sensorial del consistencia de bebida mix mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)-piña (*Ananas comosus*)

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30 % mashua negra	5	6	5	5	6	5	6	5	6	5	5	6	5	5	5	6	5	5	6	5
T ₂ : 60 % piña - 40 % mashua negra	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	5	6	6
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
T ₄ : 40 % piña - 60 % mashua negra	5	5	5	5	5	6	5	6	6	5	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30% mashua negra	2	4	2	2	3	2	4	2	3	3	2	4	2	3	2	4	2	3	3	2
T ₂ : 60 % piña- 40 % mashua negra	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	2	4	3	3	4
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	4	2	4	2	3	2	2	2	1	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	4
T ₄ : 40 % piña- 60 % mashua negra	2	2	2	2	1	4	2	4	3	3	2	2	4	3	2	4	2	3	3	2

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de T1, T2, T3 and T4 son las mismas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	,000	Rechace la hipótesis nula.

Estadísticos de prueba

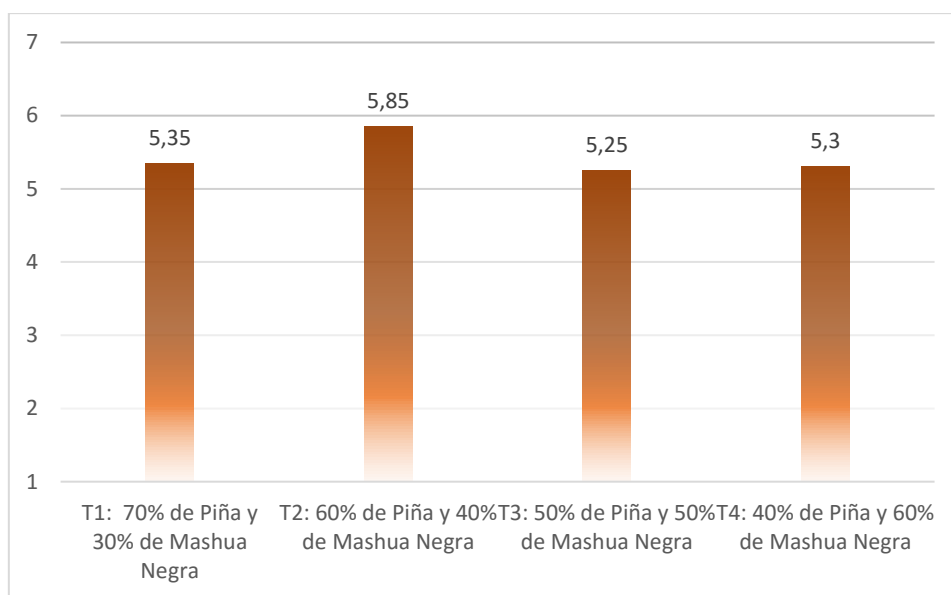
N	20
Chi-cuadrado	17,939
gl	3
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T2	20	3,3500	
T1	20	2,3525	
T4	20		2,2500
T3	20		3,2550
Sig.		,805	,286

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T2	20	5,8500	
T1	20	5,3500	
T4	20		5,3000
T3	20		5,3000
Sig.		,993	,842



Anexo 4. Evaluación sensorial del color de bebida mix mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) -piña (*Ananas comosus*)

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30 % mashua negra	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	5	6	6	5	5
T ₂ : 60 % piña - 40 % mashua negra	6	5	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
T ₄ : 40 % piña - 60 % mashua negra	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5

Tratamientos	Panelistas																			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
T ₁ : 70 % piña - 30 % mashua negra	2	4	4	4	2	2	3	3	2	3	4	2	4	3	3	2	4	4	3	2
T ₂ : 60% piña- 40 % mashua negra	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2
T ₃ : 50 % piña - 50 % mashua negra	2	3	2	2	2	2	3	1	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	4
T ₄ : 40 % piña- 60 % mashua negra	2	1	2	2	2	2	3	3	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de T1, T2, T3 and T4 son las mismas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	,000	Rechace la hipótesis nula.

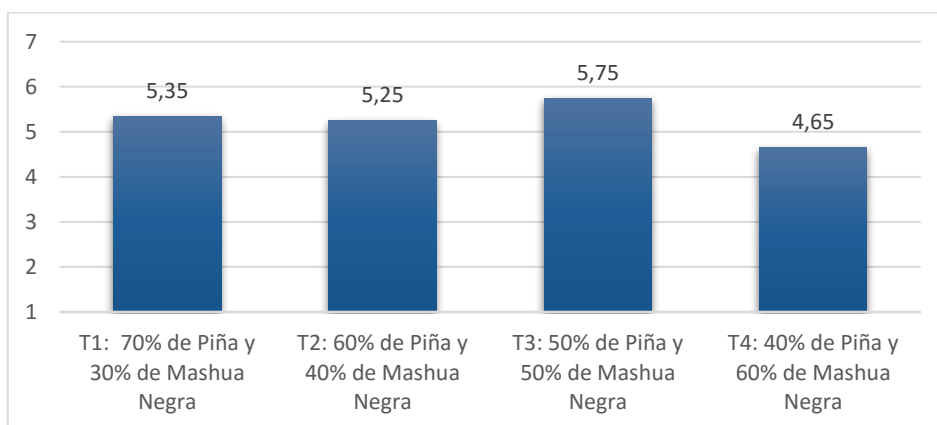
Estadísticos de prueba^a

N	20
Chi-cuadrado	21,336
gl	3
Sig. asintótica	,000

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
T4	20	1,60		
T2	20		3,55	
T1	20		2,73	
T3	20			2,14
Sig.		1,00	0,54	1,00

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
T4	20	4,65	
5,00	2	5,00	5,00
T2	20	5,80	5,25
T1	20	5,36	5,36
6,00	2	5,50	5,50
T3	20		5,74
Sig.		0,18	0,35



PANEL FOTOGRÁFICO



Análisis °Brix y pH de los cuatro tratamientos



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO – PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS POR LA MODALIDAD DE PROCATP
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los **27** días del mes de **Diciembre** del año **2018**, siendo las **11:30 a.m.** horas de acuerdo al Reglamento de Grados Académicos y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL, los miembros integrantes del Jurado Calificador, mediante Resolución N° **0626-2018-UNHEVAL/FCA-D**, de fecha **18/12/2018**, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

**“DETERMINACIÓN DE LOS MODELOS REOLÓGICOS ASOCIADOS A UNA BEBIDA MIX PIÑA
(Ananas comosus) – MASHUA NEGRA (Tropaeolum tuberosum)”**

Presentado por el bachiller en ingeniería AGROINDUSTRIAL:

SANTIAGO MEJIA, Cecilia

Bajo el asesoramiento del **Dr. Sergio Grimaldo Muñoz garay**

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Dr. Rubén Max Rojas Portal
SECRETARIO : Dr. Ángel David Natividad Bardales
VOCAL : Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
ACCESITARIO : Ing. Fleli Ricardo Jara Claudio

Finalizando el acta de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD

Con el cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO, quedando el sustentante APTO

Para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 13:30 horas.

Huánuco, 27 de 12 del 2018

PRESIDENTE

SECRETARIO


VOCAL

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNA

Huánuco, ____ de ____ del 20 ____


PRESIDENTE


VOCAL


SECRETARIO

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 20 ____

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO – PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS POR LA MODALIDAD DE PROCATP
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los **27** días del mes de **Diciembre** del año **2018**, siendo las **11:30 a.m. horas** de acuerdo al Reglamento de Grados Académicos y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la **UNHEVAL**, los miembros integrantes del Jurado Calificador, mediante Resolución N° **0626-2018-UNHEVAL/FCA-D**, de fecha **18/12/2018**, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE LOS MODELOS REOLÓGICOS ASOCIADOS A UNA BEBIDA MIX PIÑA (Ananas comosus) – MASHUA NEGRA (Tropaeolum tuberosum)”

Presentado por el bachiller en ingeniería AGROINDUSTRIAL:

VEGA MENDOZA, Elmer

Bajo el asesoramiento del **Dr. Sergio Grimaldo Muñoz garay**

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Dr. Rubén Max Rojas Portal
SECRETARIO : Dr. Ángel David Natividad Bardales
VOCAL : Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
ACCESITARIO : Ing. Fieли Ricardo Jara Claudio

Finalizando el acta de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el

Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD

Con el cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO, quedando el sustentante APTO

Para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 13:30 horas.

Huánuco, 27 de 12 del 2018

PRESIDENTE

SECRETARIO


VOCAL

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNO

Huánuco, 27 de NOVIEMBRE del 20 18


PRESIDENTE


VOCAL


SECRETARIO

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de _____ del 20 ____

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ANEXO 2

AUTORIZACION PARA PUBLICACION DE TESIS ELECTRONICAS DE PREGADO
 IDENTIFICACION PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres : SANTIAGO MEZIA CECILIA

DNI : 71621167 Correo Electrónica : cecilia-2-10@hotmail.com

Teléfonos: Casa _____ Celular 953111043 Oficina _____

Apellidos y Nombres: IREBA MENDOZA EIMER

DNI : 45491772 Correo Electrónica : elmervm170@hotmail.com

Teléfonos: Casa _____ Celular 942297309 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI : _____ Correo Electrónica : _____

_____ Celular _____ Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

1. IDENTIFICACION DE TESIS

Pregrado
Facultad de : <u>CIENCIAS AGRARIAS</u>
E. P. : <u>INGENIERIA AGROINDUSTRIAL</u>

Título Profesional Obtenido:

ING. AGROINDUSTRIAL

Título de la tesis

Determinación de los modelos redológicos asociados a una bebida mix pino (Ananas comosus) - mashua negra (Tropaeolum tuberosum)

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor (es)

Marca "x"	Categoría de acceso	Descripción del Acceso
X	Público	Es público y accesible al documento de texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio
	restringido	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto completo.

Al elegir la opción "público", a través de la presente autorizo o autorizamos Teléfonos: Casa de manera gratuita al Repositorio Institucional - UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el portal web repositorio.unheval.edu.pe un plazo

indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas paginas de manera gratuita, pudiendo revisarlas, imprimirla o gravarla, siempre en cuando se respete la autoridad y sea y citada correctamente

En caso allá (n) marcado la opción "restringido", por favor detallar las razones por las que eligió este tipo de acceso

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido

- 1 año
- 2 año
- 3 año
- 4 año

Luego del periodo señalado por ustedes(es), automáticamente la tesis pasara a ser de acceso público.

Fecha de firma:



Firma del autor y/o autores:



Firma del autor y/o autores:

Firma del autor y/o autores: