

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS Y COMPORTAMIENTO REOLOGICO DEL JUGO DE
PURO PURO (*Passiflora pinnatistipula* Cav)”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
TECNOLOGÍA DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES ALIMENTARIOS

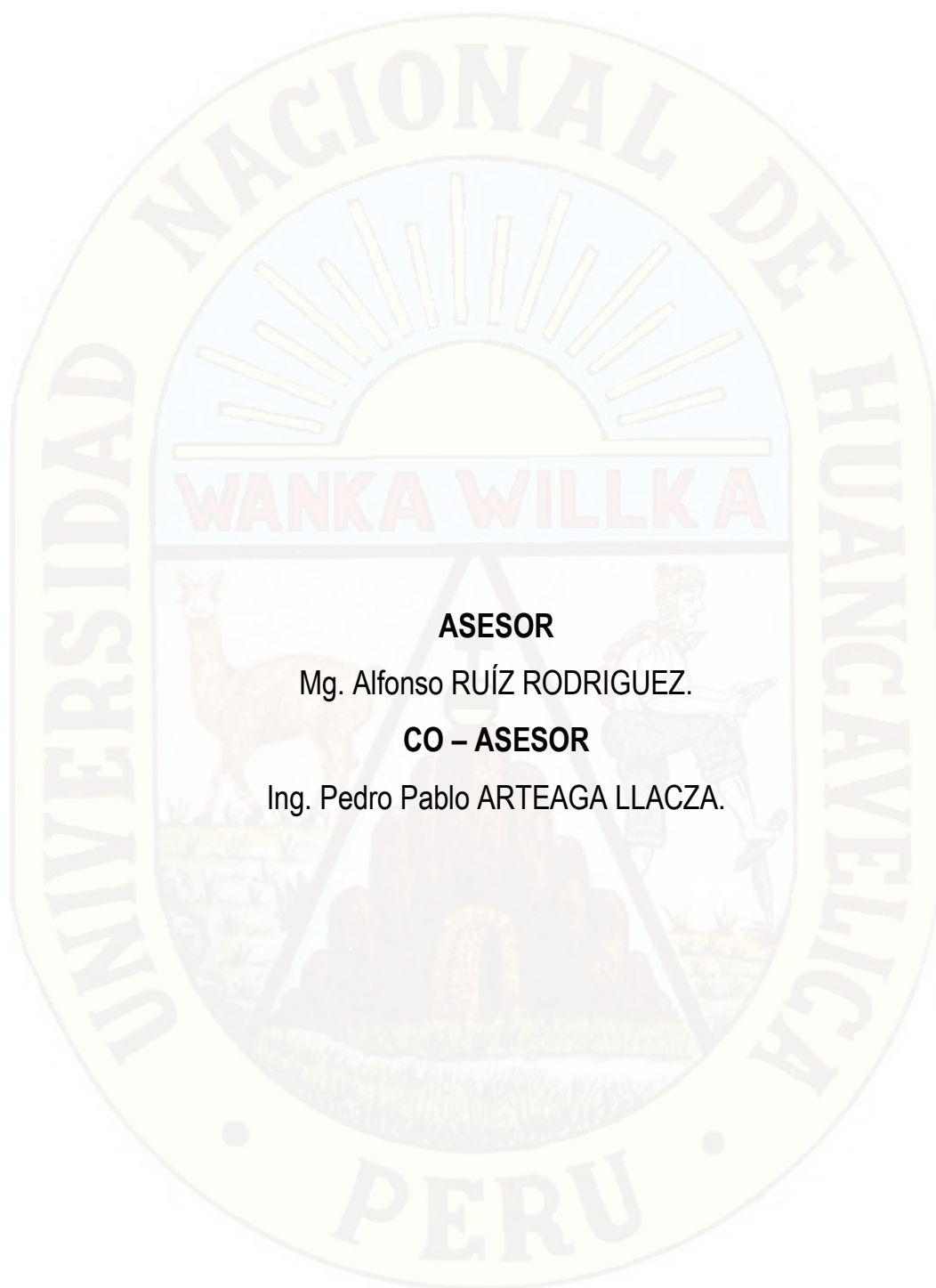
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

Sandra DE LA CRUZ PIHUE

ACOBAMBA - HUANCAMELICA

2018

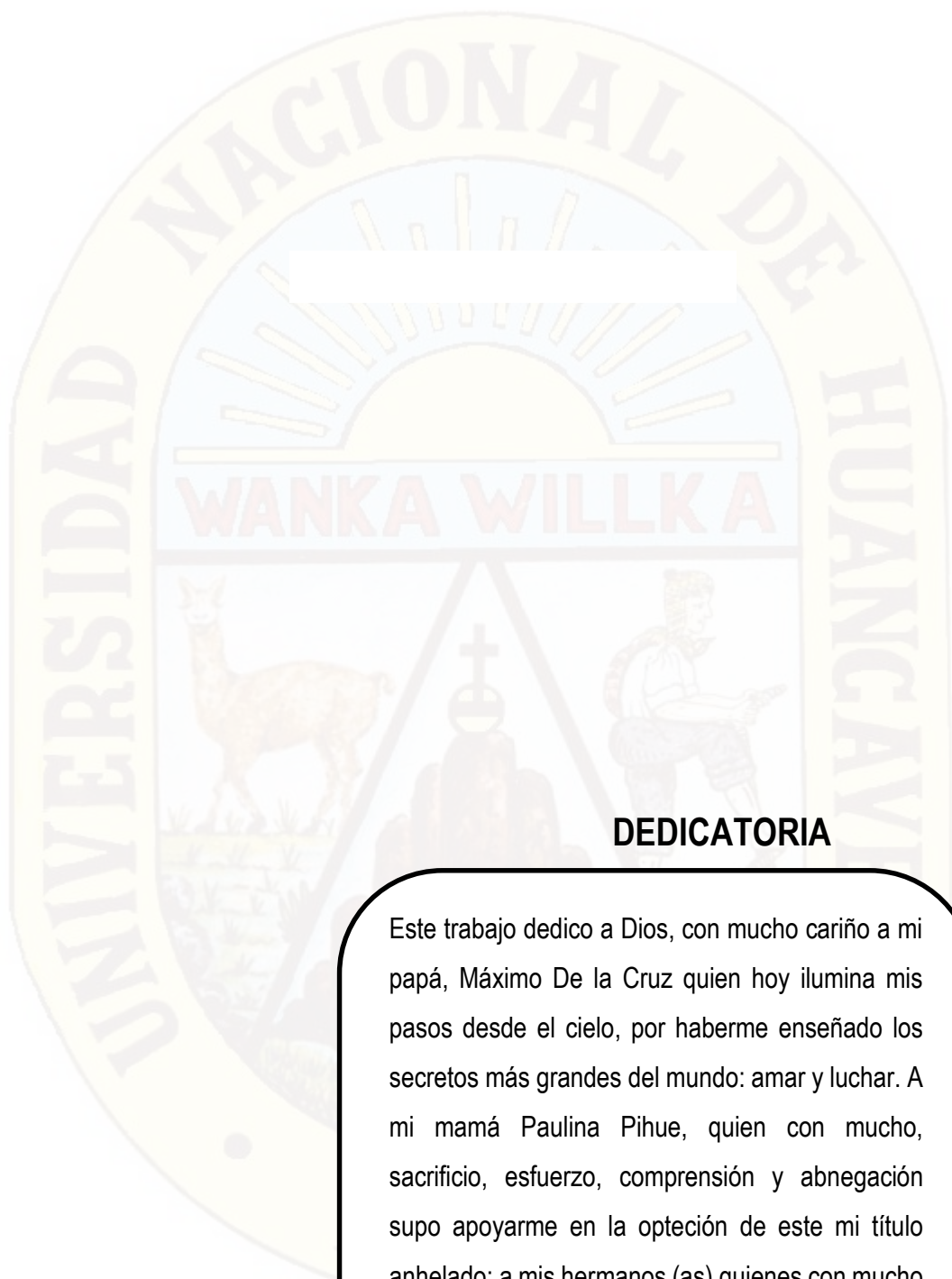


ASESOR

Mg. Alfonso RUÍZ RODRIGUEZ.

CO – ASESOR

Ing. Pedro Pablo ARTEAGA LLACZA.



DEDICATORIA

Este trabajo dedico a Dios, con mucho cariño a mi papá, Máximo De la Cruz quien hoy ilumina mis pasos desde el cielo, por haberme enseñado los secretos más grandes del mundo: amar y luchar. A mi mamá Paulina Pihue, quien con mucho, sacrificio, esfuerzo, comprensión y abnegación supo apoyarme en la opteción de este mi título anhelado; a mis hermanos (as) quienes con mucho afecto han estado siempre conmigo en aquellos momentos de gloria y derrotas, siendo un pilar fundamental para lograr esta meta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y la salud, porque sin su ayuda no estaría en el lugar de hoy, por tenerme guardado este momento tan esperado y muchas cosas buenas que se vendrán adelante. A mi familia por el apoyo incondicional en la culminación de este proyecto de investigación.

Quiero expresar mi agradecimiento, admiración y respeto a la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniera Agroindustrial por brindarme la oportunidad de formarme como profesional de ética y conocimiento. A mis estimados maestros, que, a lo largo de mi carrera, me han transmitido sus amplios conocimientos y experiencias.

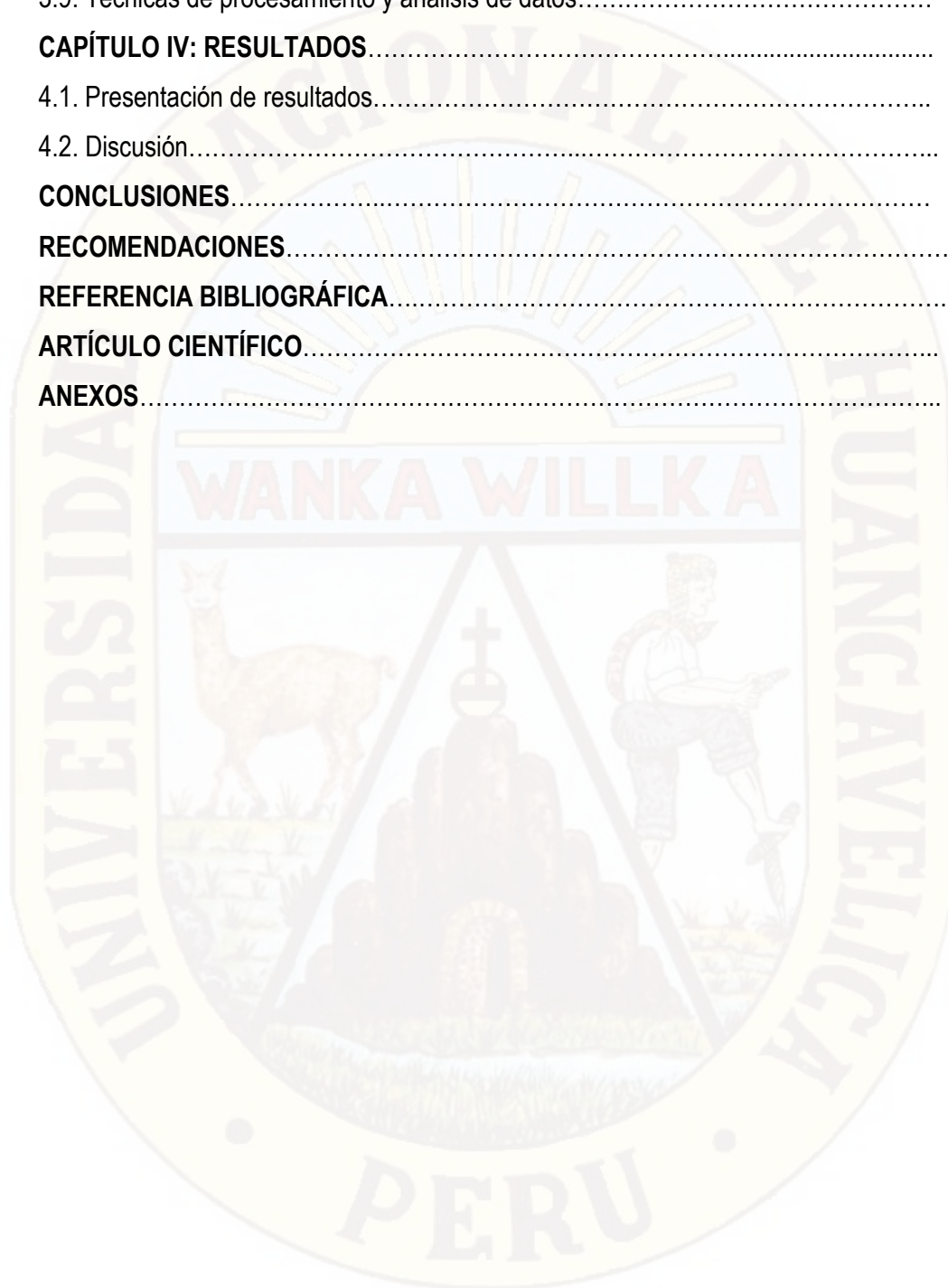
Ing. Miguel Ángel Quispe Solano por haberme apoyado y permitido ingresar al laboratorio de investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú, y manipular al equipo de viscosímetro.

A los todos los que laboran en la Facultad de Ciencias Agrarias, mi más profundo agradecimiento. De igual manera a todos mis amigos y amigas con quienes he compartido momentos inolvidables y una amistad verdadera.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de gráficos.....	viii
Resumen.....	x
Introducción.....	xi
CAPÍTULO I: PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Justificación.....	2
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas.....	7
2.3. Hipótesis.....	29
2.4. Variables de estudio.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.1. Ámbito del estudio.....	30
3.2. Tipo de investigación.....	31
3.3. Nivel de investigación.....	31
3.4. Método de investigación.....	31
3.5. Diseño de investigación.....	31
3.6. Población, muestra, muestreo.....	32
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.8. Procedimiento de recolección de datos.....	36

3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	44
4.1. Presentación de resultados.....	44
4.2. Discusión.....	66
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	76
ARTÍCULO CIENTÍFICO	81
ANEXOS	97



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Alimentos fluidos, semifluidos y cambio de las constantes para cada tipo de flujo.....	23
Tabla 2. Variables de estudio.....	29
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la planta “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	44
Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	45
Tabla 5. Caracterización química proximal del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	45
Tabla 6. Capacidad antioxidante del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	45
Tabla 7. Parámetros de color en Cielab (a, L y b).....	46
Tabla 8. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a una concentración de 18.5°Brix a diferentes temperaturas.....	48
Tabla 9. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a una concentración de 20°Brix a diferentes temperaturas.....	49
Tabla 10. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a una concentración de 25°Brix a diferentes temperaturas.....	50
Tabla 11. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a una concentración de 30°Brix a diferentes temperaturas.....	51
Tabla 12. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a una concentración de 35°Brix a diferentes temperaturas.....	52
Tabla 13. Valores de las constantes del modelo Ostwald de Waele o ley de la potencia para el jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a distintas concentraciones y temperaturas.....	59
Tabla 14. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) para una concentración de 18.5°Brix.....	61

Tabla 15. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) para una concentración de 20°Brix.....	61
Tabla 16. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) para una concentración de 25°Brix.....	61
Tabla 17. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) para una concentración de 30°Brix.....	67
Tabla 18. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) para una concentración de 35°Brix.....	68
Tabla 19. Propiedades fisicoquímicas de: “Puro puro”, maracuyá y granadilla.....	73
Tabla 20. Comparación de la composición química del “Puro puro”, maracuyá dulce y granadilla (jugo natural).....	74
Tabla 21. Capacidad antioxidante del extracto de frutos del género <i>Passiflora</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Flor, fruto y hojas de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	9
Figura 2. Morfología del fruto “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	9
Figura 3. Acción de los antioxidantes.....	27
Figura 4. Población de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) en la comunidad de Pamuri.....	32
Figura 5. Diagrama de flujo del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	36
Figura 6. Diagrama de flujo para la evaluación del comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	39
Figura 7. Diagrama de balance de materia del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav).....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esfuerzo de corte.....	12
Gráfico 2. Velocidad de deformación.....	13
Gráfico 3. Representación imaginaria de un fluido newtoniano que fluye entre una placa fija y una placa móvil (F= fuerza actuando sobre la placa, v = velocidad del fluido en movimiento).....	13
Gráfico 4. Curva de fluidos para representar la viscosidad dinámica y aparente...	15
Gráfico 5. Clasificación de fluidos según el comportamiento reológico.....	17
Gráfico 6. La pendiente es la viscosidad (η): $\eta = \tau/\dot{\gamma}$ y la fluidez se define como: $1/\eta = 1/\tau \cdot \dot{\gamma}$	17
Gráfico 7. Diferentes tipos de fluidos.....	18
Gráfico 8. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 18.5°Brix a diferentes temperaturas.....	53
Gráfico 9. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 20°Brix a diferentes temperaturas.....	53
Gráfico 10. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 25°Brix a diferentes temperaturas.....	54
Gráfico 11. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 30°Brix a diferentes temperaturas.....	54
Gráfico 12. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 35°Brix a diferentes temperaturas.....	55
Gráfico 13. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 18.5°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.....	56
Gráfico 14. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 20°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.....	57

Gráfico 15. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 25°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.....	57
Gráfico 16. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 30°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.....	58
Gráfico 17. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 35°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.....	58
Gráfico 18. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 18.5°Brix en distintas temperaturas.....	63
Gráfico 19. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 20°Brix en distintas temperaturas.....	64
Gráfico 20. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 25°Brix en distintas temperaturas.....	64
Gráfico 21. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 30°Brix en distintas temperaturas.....	65
Grafica 22. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav) a 35°Brix en distintas temperaturas.....	65

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro de la investigación de tecnología de procesos agroindustriales alimentarios, teniendo como objetivo evaluar la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav), proveniente de la comunidad de Pamuri, provincia de Tayacaja, Huancavelica. La caracterización fisicoquímica fue realizada empleando el método de AOAC (métodos oficiales de análisis internacional) teniendo como resultado de: humedad (66.00%), cenizas (3.00%), grasa (1.50%), proteínas (4.50%), carbohidratos (25.0%), energía total 100.00%, 4.5 de pH, (1.3%), acidez total y (18.5%) de sólidos solubles. El color se determinó en el colorímetro KONICA MINOLTA CR-40, en escala Cielab (a, L y b) fue: L* (34.5), a* (1.2), b (4.4), C* (4.5) y h* (74.3). La capacidad antioxidante, método Arnao. M. (2001), se presentó en el orden de 5.2 μmol de equi. trolox/g, ABTS. El análisis reológico, donde las muestras se llevaron a 5 concentraciones de (18.5, 20, 25, 30 y 35°Brix) y 4 temperaturas de (15, 20, 25 y 30 °C), utilizando un viscosímetro Brookfield DVIII Ultra, con Spindle N° 2, a través del método de conversión de Mitschka. El jugo de "Puro puro" a diferentes concentraciones y temperaturas muestran un comportamiento de flujo no newtoniano de tipo pseudoplástico, ajustándose al modelo de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia. A 20°Brix y 30 °C, obteniéndose un coeficiente de correlación (r) de 98.78%, coeficiente de determinación (R^2) 97.58%, con índice de consistencia (k) entre 0.42 y 1.38 Pa.s^n e índice de comportamiento al flujo (n) entre 0.26 y 0.55. Los resultados reportaron que al aumentar la temperatura el índice consistencia disminuye y el índice del comportamiento al flujo aumenta, mientras que al aumentar la concentración el índice de consistencia aumenta y el índice de comportamiento al flujo disminuye, además la viscosidad aparente disminuye a medida que se incrementa la temperatura y aumenta cuando la concentración se incrementa.

Palabras Claves: *Passiflora pinnatistipula* Cav, capacidad antioxidante, comportamiento reológico y fluido pseudoplástico.

INTRODUCCIÓN

La reología en el área de los alimentos es un amplio campo de estudio por numerosas razones, en ella se han realizado importantes investigaciones y utilizando instrumentos para analizar y modelar el comportamiento de los alimentos fluidos. En la presente tesis se realizó la determinación de la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav). El “Puro puro” es un fruto silvestre de la sierra, que aún no ha sido ampliamente estudiada y sin un valor agregado para su procesamiento.

A nivel nacional e internacional se viene incrementándose el consumo de frutos naturales y silvestres, que tienen preferencia por su capacidad antioxidante, aroma característico y propiedades funcionales, que en el futuro se industrializará a mayor escala; para ello, es necesario conocer el comportamiento reológico de los fluidos alimenticios como el jugo de “Puro puro”, debido a su muy escasa información.

Los modelos de comportamiento reológico han sido considerados como una herramienta analítica para proveer información fundamental de la estructura de los alimentos y juega un papel importante en el comportamiento de flujos. Por lo mencionado, se sabe la importancia de la reología, es por eso que en la presente investigación se muestra el comportamiento reológico del jugo de “Puro puro”, (*Passiflora pinnatistipula* Cav), a los siguientes parámetros de concentración que fueron de 18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix, las temperaturas utilizadas fueron de 15 °C, 20 °C, 25 °C y 30 °C, utilizando el viscosímetro rotacional de Brookfield DVIII Ultra, con Spindle N° 2 de fácil manejo y de uso para alimentos. La metodología de Mitschka fue utilizada por Vila¹ quien menciona que, la determinación del esfuerzo cortante y la velocidad de corte, a partir de los cuales se puede determinar el índice de consistencia (k) y el índice de comportamiento de flujo (n). De la misma manera, se tiene por objetivo evaluar la capacidad antioxidante que es un sistema de defensa biológica contra los radicales libres (RL) y otras especies reactivas, con el fin de impedir su formación; por otro lado, neutralizarlos una vez formado². Con el equipo colorímetro KONICA MINOLTA CR-410 se caracterizó el color del jugo, y la capacidad antioxidante se basó en la reducción del radical libre estable: 2,2'-azino-bis.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) es una planta silvestre que crece en pequeñas parcelas en los andes de la sierra peruana que aún no ha sido ampliamente investigada; (por lo cual la necesidad de realizar el estudio de la clasificación taxonómico del fruto). Su consumo por los pobladores es de forma natural, el 80% del fruto es alimento de aves silvestres, muchos veces esta planta crece en lugares de difícil acceso apoyadas en medio de espinas, arboles, plantas silvestres, etc. Que le sirven de soporte, cuando este llega a su estado maduro cae al piso y tiende a descomponerse. Este fruto no es aprovechado en su totalidad por los pobladores, porque se desconoce en su totalidad, la capacidad antioxidante, propiedades nutricionales, funcionales, medicinales, etc. que pueda contener.

En las últimas décadas, diversas enfermedades: cardiovasculares, tumorales y similares; se han hecho muy comunes, los cuales pueden ser prevenidos y controlados con antioxidantes naturales que yacen en frutos naturales, cuyas propiedades aún son desconocidas.

Los alimentos son susceptibles al deterioro por ser de origen orgánico, por lo cual se origina una convicción de calidad basadas en la ingeniería y tecnología. Siendo uno de estos alimentos el “Puro puro” que para su conservación es necesario transformarlo, darle un valor agregado, pero se desconoce sus características reológicas. Es por ello que, en este trabajo se determinara la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) e incentivar el cultivo, poder propiciar su revalorización y producción, desarrollando nuevas propuestas para su procesamiento.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico que presenta el jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav).

1.3.2. Objetivo Específico

- Determinar la clasificación taxonómica de la planta “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav).
- Determinar la capacidad de antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav).
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav).
- Determinar el comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav).

1.4. Justificación

En los últimos años se han incrementado el consumo de frutos, plantas, raíces silvestres por los compuestos, características etc. que estos ofrecen y son muy beneficiosos para la salud humana.

El presente estudio tiene una importancia científica que permitirá desarrollar nuevos conocimientos, basados en la determinación de la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) con una alternativa tecnológica, aplicada en una posible transformación.

Una de las razones importantes de este estudio es identificar el potencial funcional, tecnológico que pueda contener (*Passiflora pinnatistipula* Cav) y dar a conocer a la población local, nacional e internacional, por tener las propiedades nutricionales como

es el ácido ascórbico y el β -caroteno que puede contener, esto es capaz de neutralizar los radicales libres que son causantes de enfermedades degenerativas.

Esta investigación va a aprovechar el uso de esta fruta natural silvestre, para una posible iniciativa de transformación y comercialización de “Puro puro”, mediante la identificación de las características fisicoquímicas, capacidad antioxidante y comportamiento reológico a diversas concentraciones y diferentes temperaturas que nos permitirá desarrollar nuevos conocimientos y aplicarlos en alguna etapa de su procesamiento o empaque.

Incentivar a la siembra a la población, consumo y procesamiento de diversos productos, alargando su vida útil, generando una cadena productiva, favoreciendo el desarrollo de la región y un movimiento económico del país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Cárcamo³ caracterizó el comportamiento reológico de pastas de murta, *Ugni molinae* Turcz. Los ensayos se realizaron sobre muestras de 6 tipos de pasta de murta - pasta de murta entera y pulpa de murta azucarada al 15%, en estado fresco y descongelado, utilizando un viscosímetro con flujo de Couette (tipo *Brookfield*). Se obtuvieron datos de viscosidades a velocidades de rotación entre 1 y 200 rpm para temperaturas entre 30 y 90 °C. Por medio del método de conversión de Mitschka se determinaron los valores del esfuerzo de corte y de la relación de deformación respectiva, los cuales fueron utilizados para la construcción de modelos reológicas, tales como el modelo de Ostwald-de Waele o de la Ley de Potencia, el de Casson modificado y el de Herschel-Bulkley. Se demostró que los tres modelos son relevantes para describir el comportamiento reológico de la pasta de murta, aunque el modelo de Ostwald de Waele es el que mejor se ajusta a los datos experimentales, describiendo así un comportamiento pseudoplástico. A una temperatura de 30 °C el índice de consistencia para la pasta de murta fresca entera con 102,02 Pa sⁿ es mayor que el de la pasta de murta entera descongelada con 93,858 Pa sⁿ. En el caso de la pulpa la muestra congelada con valor de 41,823 Pa sⁿ es mayor que el de la pulpa de murta fresca con 30,415 Pa sⁿ. Estos valores disminuyeron con el alza de temperatura y se demostró que el efecto de la temperatura sobre la viscosidad aparente puede ser descrito a través de ecuaciones del tipo Arrhenius.

Andrade *et al.*⁴ han evaluado la caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades híbrido de KLOM SALI, Puerto Rico, D14 Y RED. Las propiedades reológicas de los jugos de fruta dependen de su variedad, estado de madurez, concentración de jugo/pulpa y variación de temperatura; los valores de índice de comportamiento al flujo e índice de consistencia son limitados,

considerando la cantidad de variedades de guayaba. Las pulpas son obtenidas mediante refinadora con malla 1.5 mm de abertura. Las medidas reológicas se realizan en un viscosímetro Brookfield modelo DV-II+ Pro, utilizando la aguja N° 5 para las variedades Klom Salí, Puerto Rico y Red, y N° 6 para la variedad D14. Las pulpas de guayaba presentan pH entre 3.9 – 4.6°Brix entre 9 - 10, acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico entre 0.56 – 0.96%, e índice de madurez entre 9.38 – 17.94; su comportamiento reológico se ajusta adecuadamente al modelo de Oswald de Waele o ley de potencia ($R^2 \geq 0.989$), comportándose como un fluido pseudoplástico ($n \leq 0.307$) y presentando tixotropía las variedades Puerto Rico (14.16%), Red (18.54%) y D14 (18.48%).

Andrade *et al.*⁵ determinaron el efecto de la temperatura sobre el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) en el intervalo de 10 °C a 70 °C. La pulpa de níspero fue obtenida en la planta piloto de frutas y hortalizas de la Universidad de Córdoba sede Berástegui (Colombia), mediante refinadora de malla de abertura 1,5 mm, se empacaron en bolsas herméticas y posteriormente se refrigeraron a 4 °C. Las medidas reológicas fueron determinadas en un viscosímetro Brookfield modelo DV-II + Pro. La pulpa de níspero fue descrita adecuadamente por el modelo de la ley de potencia exhibiendo un comportamiento pseudoplástico, sin presencia de tixotropía. La temperatura no influyó significativamente en el índice de comportamiento al flujo (n), pero si sobre el índice de consistencia (k); sin embargo, no se ajustó al modelo de Arrhenius.

Carrasco⁶ evaluó la factibilidad de la aplicación de mezclas de zapallo (*Cucurbita - máxima*), avena (*Avena sativa*) y maracuyá (*Passiflora edulis*), en la elaboración de una bebida láctea nutricional. Para el efecto, se estableció rangos para los componentes de las mezclas (Codificados en composición y fracción de 0% a 100%, según rango alto o bajo), leche 30 – 40%, suero 25 – 35%, zapallo 30 – 40%, avena 2 – 4% y maracuyá 3 – 6%, se utilizó la herramienta Statgraphics y el diseño de mezclas de vértices extremos, para obtener doce combinaciones que fueron caracterizados con análisis fisicoquímicos y microbiológicos antes y después de la pasteurización. Durante el tiempo de almacenamiento, el pH disminuyó, y la acidez y los sólidos solubles

mostraron un ligero incremento. Las coordenadas de CIELAB (L^* , a^* y b^*) se ubicaron en el primer cuadrante que tiende al color amarillo, demostrando que el zapallo y el maracuyá contribuyen a la presencia de carotenoides (vitamina A). En base al análisis sensorial se determinó que el mejor tratamiento es el elaborado con 35% leche, 25% suero, 30% zapallo, 4% avena y 6% maracuyá. Mediante la ecuación de Ley de la Potencia se estableció que el fluido es no newtoniano - tipo pseudoplástico, con un índice de consistencia de $3,57 \text{ Pa s}^n$ para el mejor tratamiento. El tiempo de vida útil fue de 9 días, mostrando un alto contenido en fibra, calcio, hierro, fósforo y vitamina A.

Kuskoski⁷ determinó el índice de fenoles totales (FT), antocianos totales (AT) y la capacidad antioxidante de las pulpas de frutos comerciales congelados, aplicando los métodos espectrofotométrico químicos más en boga para la determinación de la actividad antioxidante (ABTS, DPPH y DMPD). Se ha determinado la capacidad antioxidante de las pulpas de los frutos tropicales de mayor consumo en el mercado del sur de Brazil (mora, uva, açai, guayaba, fresa, acerola, piña, mango, graviola, cupuaçu y maracuyá) aplicando el método ABTS con medidas a dos tiempos (1 y 7 minutos), DPPH (30 y 60 minutos) y DMPD (10 minutos). Los valores TEAC (capacidad antioxidante equivalente al Trolox) obtenidos de las pulpas oscilan entre mínimos y máximos de 2,0 y $67,2 \mu\text{mol/g}$ aplicando el ensayo ABTS, 1,02 y $67,0 \mu\text{mol/g}$ aplicando DPPH y 4,2 y $46,6 \mu\text{mol/g}$ aplicando DMPD. La capacidad antioxidante obtenida por los métodos ABTS y DPPH se encuentra correlacionada con el contenido de compuestos fenólicos y antocianos.

Ortega *et al.*⁸ evaluaron el efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins en el rango de temperaturas 15 - 60 °C y en el rango de concentración 15-30°Brix. Para esto, fue utilizado un viscosímetro Brookfield Modelo DV-II+Pro (R). La pulpa de mango presentó un comportamiento no Newtoniano pseudoplástico a todas las temperaturas y concentraciones evaluadas. La relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de cizalla fue modelada por la Ley de Potencia o modelo de Ostwald de Waele. Los modelos de Arrhenius y la ecuación de potencia fueron ajustados adecuadamente a los datos de la viscosidad aparente de la pulpa con respecto a la temperatura y la

concentración. Los valores encontrados permitirán mejorar el diseño de equipos de transporte y tratamiento térmico de la pulpa del mango Tommy Atkins.

Tinoco⁹ evaluó el efecto de la temperatura y concentración en el perfil reológico de la pulpa de melón (*Cucumis melo*). Donde las muestras se llevaron a 4 concentraciones de 6.4°Brix, 10°Brix, 20°Brix y 30°Brix, así mismo se determinó a temperaturas de 20 °C, 30 °C, 40 °C y 50 °C, utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield (modelo DV III). A través del método de conversión de Mitschka a los cuales se determinaron los valores de esfuerzo cortante y velocidad de deformación. Los resultados obtenidos revelaron que el índice de consistencia disminuye con la temperatura y aumenta con la concentración, en ambos casos el comportamiento de flujo se incrementa. Los modelos matemáticos que relacionan las variables para medir el efecto de la concentración sobre el índice de comportamiento de flujo son funciones lineales ($Y = a + b \cdot X$) y el índice de consistencia en la pulpa de melón concentrada es una función no lineal de tipo exponencial ($Y = a \cdot e^{bX}$). Los parámetros reológicos de la pulpa de melón para una concentración, el índice de consistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura y el índice de comportamiento al flujo tiende a incrementarse: para 6.4 °Brix a 20°C el índice de consistencia fue 2.0559 (Pa.sⁿ) y a 50 °C disminuye a 1.3428 (Pa.sⁿ) mientras que el índice de comportamiento al flujo se incrementa de 0.2470 a 0.3500. La pulpa de melón a las diferentes concentraciones y temperaturas mostró un comportamiento de flujo no newtoniano ajustándose al modelo de Ostwald De Waele, con un comportamiento pseudoplástico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Passiflora*

Son una familia muy llamativa desde varios puntos de vista, entre los que se cuentan el económico y el ornamental. Algunas especies, como (*Passiflora edulis*) maracuyá, (*Passiflora ligularis*) granadilla y (*Passiflora mollissima*) (curuba), son de importancia económica por sus frutos comestibles. Otras son cultivadas por la vistosidad de sus flores y la curiosa forma de sus hojas, lo que ha propiciado la aparición de numerosos híbridos.¹⁰

Los integrantes de la familia Passifloraceae poseen flores muy vistosas, tanto por su forma, como por su color. La presencia y la disposición de las estructuras florales como la corona, el opérculo, el limen, el nectario y el androginóforo, inspiró a los monjes del siglo XVI a reconocer en ellas un icono que representa “la pasión del Cristo”, desde entonces la familia y el género más grande de la misma, llevan este nombre.¹¹

2.2.2. Plantas trepadoras

Marticorena *et al.*¹² señala que, son plantas trepadoras no encuentran un soporte apropiado, usualmente se ven perjudicadas en su crecimiento o reproducción. Son consideradas parásitos mecánicos ya que no invierten muchos recursos en tejido de soporte y “parasitan” de la estructura de otra planta para crecer en altura, así logran alcanzar la parte alta del estrato vegetal y, consecuentemente, la luz a costa de un soporte externo. De acuerdo al modo de trepado las plantas trepadoras se pueden dividir en: enredaderas y lianas.

2.2.3. “Puro puro”

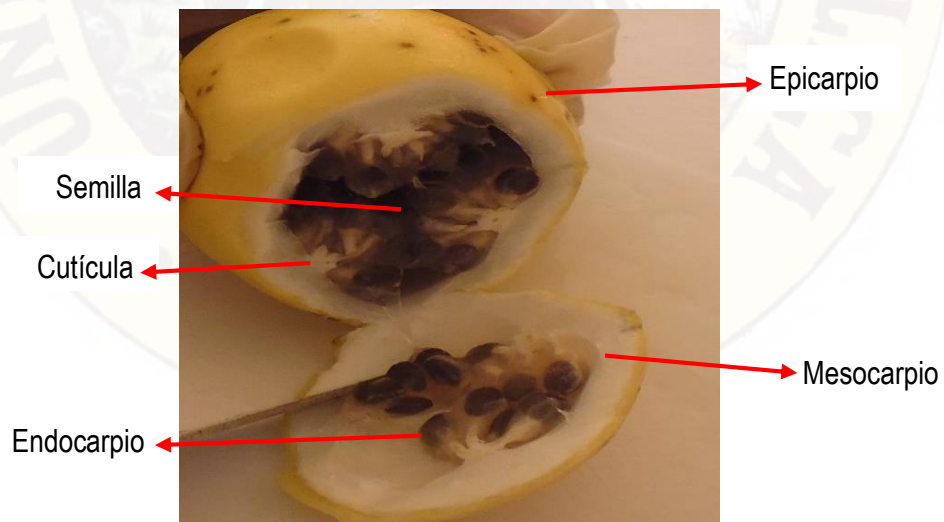
Según Montiel¹³ la planta trepadora, con zarcillos donde la mitad del largo desde la base es erecta, el resto enrollado. Hojas con 3 lóbulos, lanceolados u oblongo-lanceolados, acuminados, con margen aserrado. Brácteas ovadas, de color rojo-purpúreo, margen aserrado. Hipanto cilíndrico. Sépalos oblongos, de color verdoso a rosado, con 2 nervios. Pétalos blancos manchados de azul, uninervados. Corona con filamentos en 2 series, la externa filamentosa, de color azul y blanco. Opérculos dentro de la corona, membranosos. Androginóforo con 5 estambres, filamentos en un tubo unido al ginóforo, libres en el ápice. Ovario obovado, blanco-tomentoso. Estilos 3 a 4, terminales, cilíndricos o clavados, estigmas capitados. Fruto una baya subglobosa, amarilla, indehiscente. Se presenta en la siguiente (Figura 1).



Fuente: Montiel¹³.

Figura 1. Flor, fruto y hojas de “Puro puro”. (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

El género *Passiflora* cuenta con el mayor número de especies en el Perú, principalmente en la región Cusco que prosperan a mayor altura en nuestra serranía de los Andes, se le conoce como “Tin tin” “Puru puru” (Figura 2) “Tacso” “Jampac huay, tinko”. Esta planta arbustiva de enredadera perenne es muy vigorosa poco conocida y relegada, preservándose en forma natural por las aves que digieren sus semillas en zonas con bastante humedad y rocosas.



Fuente: Elaboración propio

Figura 2. Morfología del fruto “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Según Montiel¹³ menciona la clasificación, características y requerimiento climático de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav):

2.2.3.1. Clasificación botánica

Familia: Passifloraceae

Género: Pinnatistipula

Especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav

2.2.3.2. Características botánicas

- **Raíz:** Haz fasciculada con una raíz principal superficial que llega hasta una profundidad de 30 cm. con bastante raicillas secundarias.
- **Tallo:** Tipo herbáceo, arbusto, perenne, hábito trepador y enredadera vigorosa extremadamente larga con diámetros hasta de 3.5 cm. longitudes de 8 m, los tallos tiernos son débiles, presentan zarcillos con los que se enredan, el tallo es de color café rojizo.
- **Hojas:** Son simples trilobuladas alternas unidos en la base, de color verde oscuro con el haz y glabro, el envés verde plumbeo pubescente con los bordes de los folíolos dentados, con el folíolo central mide hasta de 12 cm y su ancho de 3 cm en el envés se observa las nervaduras de un color rojizo.
- **Flores:** Completas con hipantio, escapo floral mediano con pétalos cortos color rosado y con presencia de pinnas de color morado, de inflorescencia terminal, lateral apical.
- **Frutos:** Son bayas esféricas oblongas de cáscara dura a semi dura con presencia de abundantes semillas rodeadas de arillos de sabor acidulado dulce.

2.2.3.3. Requerimientos climáticos

- **Clima:** Templados, cálidos, fríos, muy fríos pero protegidos por los peñascos naturales.
- **Suelos:** Textura franco superficiales, tolerante a salinidad, humedad por su rusticidad.

2.2.4. Reología

Es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Su estudio es esencial en muchas industrias, incluyendo las de plásticos, pinturas alimentación, tintes de impresión, detergentes o aceites lubricantes.¹⁴ 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 representa matemáticamente mediante el esfuerzo cortante o velocidad de flujo de cantidad de movimiento (τ), mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad o tasa de deformación ($\dot{\gamma}$).¹⁵

Es una disciplina muy importante para el desarrollo, la manufactura y el procesamiento de alimentos y productos alimenticios. La mayor parte de estos materiales alimenticios se transportan por medio de bombas en alguna etapa del procesamiento o el empaque, por lo que sus características del comportamiento de flujo son importantes para determinar la potencia que se necesita para el bombeo, el tamaño de la tubería y, además, de qué manera se relacionan con las propiedades sensoriales como la textura de los alimentos.¹⁶

El comportamiento de flujo también es importante para diseñar procesos y operaciones. Por el ejemplo, es importante determinar si el tipo de flujo es turbulento o laminar en los intercambiadores de calor. Suponer que se trata de flujo newtoniano simple puede conducir a error al estimar el tiempo de retención y el diseño de algún otro equipo. Las propiedades reológicas también sirven como medio para controlar o monitorear un proceso. Por ejemplo, la viscosidad aparente de un alimento general disminuye durante la hidrólisis enzimática, en tanto que esta misma propiedad aumenta durante la desnaturalización de proteínas.¹⁶

2.2.4.1. Esfuerzo de corte (τ)

Se le suele llamar: Tensión tangencial, Tensión de cizalla, Tensión de corte, Fuerza superficial, Shear Stress (en inglés). Se define el esfuerzo de corte (τ) (Gráfico 1), como la fuerza por unidad de área necesaria

para alcanzar una deformación dada ecuación. La unidad de esta magnitud más comúnmente utilizada es el Pascal (Pa).¹⁵

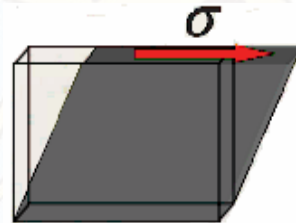
$$\sigma = \tau = \frac{F}{A} [Pa]$$

Dónde:

τ : Esfuerzo de corte (Pa)

F: Fuerza (N)

A: Área (m²).



Fuente: Woyzechowsky¹⁵.

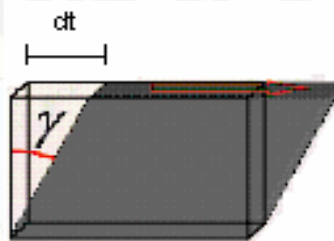
Gráfico 1. Esfuerzo de corte.

Esfuerzo es la intensidad, en un punto dado de la superficie de un cuerpo, de las componentes de la fuerza que actúan sobre un plano a través de un punto determinado, por lo que se tienen esfuerzos de tensión, de compresión y de corte, dependiendo si las componentes son tangencialmente hacia fuera o adentro del plano sobre el cual actúan las componentes de la fuerza. El esfuerzo se expresa en unidades de fuerza por unidad de área. La expresión matemática que define el esfuerzo de corte en términos de flujo está dada por la Ley de la viscosidad de Newton, donde se establece el flujo en una sola dirección, paralela al plano.¹⁴

2.2.4.2. Velocidad de deformación (v)

La velocidad de deformación (v) 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 define matemáticamente este parámetro. Tiene como unidad el inverso del tiempo, donde el más 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 (Gráfico 2).¹⁵

$$\frac{dy}{dt} = v = D \frac{du}{dy} = (s^{-1})$$



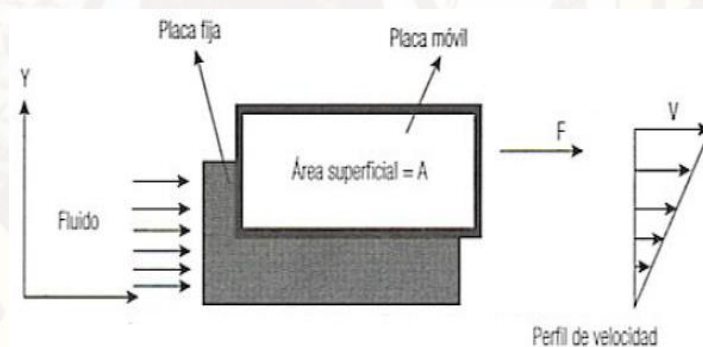
Fuente: Woyzechowsky¹⁵

Gráfico 2. Velocidad de deformación.

2.2.4.3. Viscosidad

La viscosidad μ es una propiedad de transporte, ya que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductivo o fluido. Se interpreta como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados cuando son sometidos a un esfuerzo.¹⁷

Es una propiedad de los líquidos que describe la magnitud de la resistencia originada por fuerzas de corte paralelas de dimensiones infinitas, la influencia de la fuerza de corte se muestra en la (Gráfico 3).



Fuente: Sharma *et al.*¹⁶

Gráfico 3. Representación imaginaria de un fluido newtoniano que fluye entre una placa fija y una placa móvil (F = fuerza actuando sobre la placa, v = velocidad del fluido en movimiento).

En este escenario, la placa inferior se mantiene fija y la fuerza (F) se aplica sobre la placa superior para producir una velocidad (v) esto resulta de un

perfil de velocidad dentro del fluido. La velocidad cerca de la placa fija es cero, en tanto que el líquido cerca de la placa superior se estará moviendo a velocidad v en m/s.

$$\tau = F/A \left(\text{N/m}^2 \right)$$

Como la distancia entre placas es “ y ”, el gradiente de velocidad se describe como dV/dy . Este gradiente es una medida de la velocidad de deformación o de la velocidad de corte que se está aplicando al fluido.¹⁶

- **Viscosidad dinámica o absoluta**

Propiedad de los fluidos que indica la mayor o menor resistencia que estos ofrecen al movimiento de sus partículas cuando son sometidos a un esfuerzo cortante. Denominado “ μ ” si se representa la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define también como la pendiente en cada punto de dicha curva.¹⁴

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

Dónde:

τ : esfuerzo cortante (mPa).

μ : viscosidad (mPa.s).

γ : velocidad de deformación (s^{-1}).

- **Viscosidad aparente**

Es 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.¹⁸

La viscosidad aparente mide la facilidad que tiene una determinada sustancia para fluir ante la aplicación de un esfuerzo cortante en determinadas condiciones y se calcula con la siguiente ecuación:¹⁹

$$\eta_{ap} = \frac{K \cdot \gamma^n}{\gamma}$$

Dónde:

η_{ap} : viscosidad aparente

k : denominado índice de consistencia de flujo

γ : es velocidad de deformación

n : índice de comportamiento al flujo

- **Viscosidad cinemática**

En hidrodinámica intervienen junto con las fuerzas debidas a la viscosidad las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad. Por eso tiene un significado importante la viscosidad dinámica referida a la densidad, o sea la relación de la viscosidad dinámica (μ) a la densidad (ρ), que se denomina viscosidad cinemática.¹⁴

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

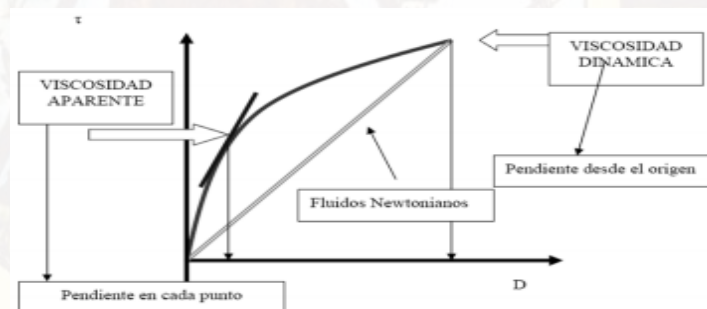
Dónde:

ν : viscosidad cinemática (cS)

μ : viscosidad dinámica (cP)

ρ : densidad del fluido (g/cm³)

Si se representa la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define también como la pendiente en cada punto de dicha curva (Gráfico 4).²⁰



Fuente: González²⁰

Gráfico 4. Curva de fluidos para representar la viscosidad dinámica y aparente.

2.2.4.4. Unidades de la viscosidad

Las unidades de viscosidad dinámica más utilizadas son los Pascales y miliPascales por segundo (Pa·s) y (mPa·s). Se debe tener en cuenta que 1000 mPa·s = 1 Pa·s. Además, el sistema cegesimal aún se sigue usando, siendo la unidad de medida el centiPoise (cP). La conversión

de unidades entre los dos sistemas es: 1 cP = 1 mPa·s y 1 Poise = 1 g/cm·s.²¹

2.2.4.5. Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológico

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:¹⁸

$$\tau = -\mu \frac{dv}{dy}$$

Dónde:

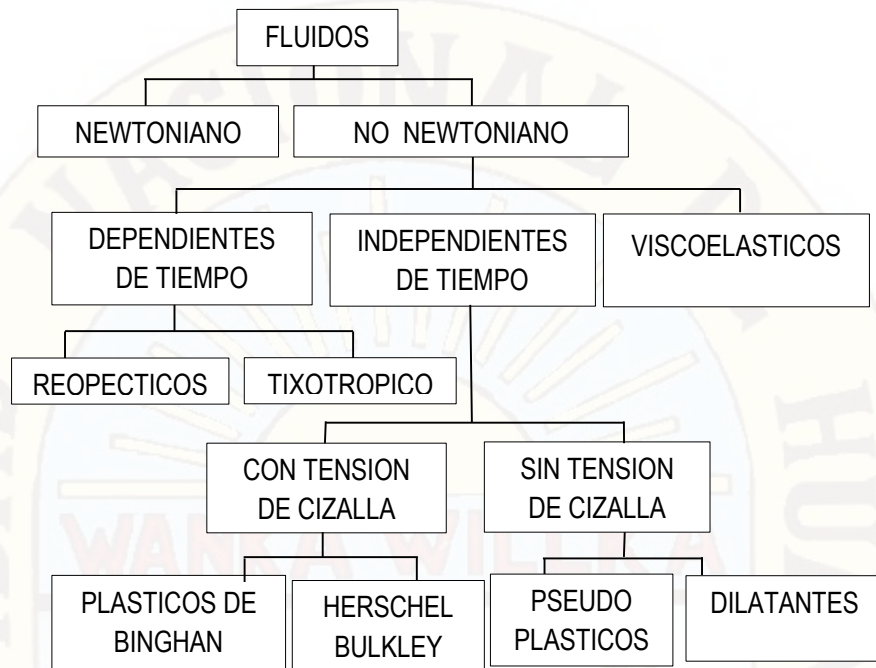
τ : esfuerzo cortante (Pa)

μ : viscosidad dinámica del fluido (Pa.s)

dv/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 reopéticos.
 - Fluidos viscoelásticos

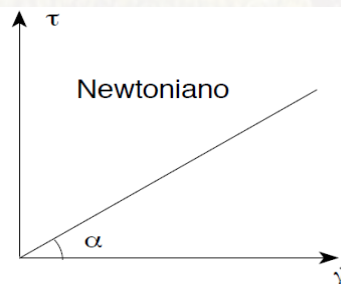


Fuente: Rha ²²

Gráfico 5: Clasificación de fluidos según el comportamiento reológico

a. Fluidos Newtoniano

Los fluidos Newtonianos son aquellos que obedecen la ley de Newton. En estos existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante τ y el gradiente de velocidad dv/dy (velocidad cortante). Esto significa que la viscosidad μ es constante e independiente de la velocidad cortante (Gráfico 6).¹⁴



Fuente: Ramírez¹⁴

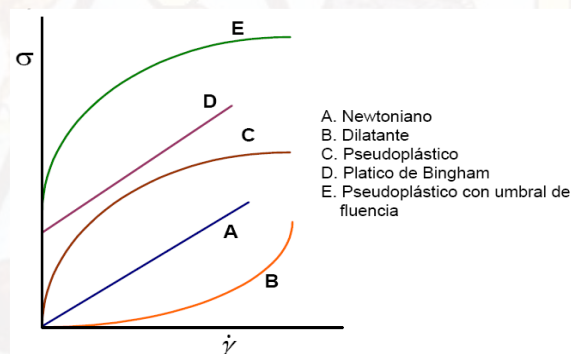
Gráfico 6. La pendiente es la viscosidad (η): $\eta = \tan \alpha$ y la fluidez se define como: $1/\eta = 1/\tan \alpha$.

Por tanto, basta un par de valores ($\tau, \dot{\gamma}$), para fijar sin lugar a dudas la posición de la recta y por tanto la viscosidad que depende sólo de la temperatura. La relación $\tau = \tau(T)$ entra en el campo de la reología físico-química, nos interesa señalar es que las variaciones de viscosidad con la temperatura son considerables.¹⁴

b. Fluidos No newtonianos

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. Un fluido no-Newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido Newtoniano.

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 (Gráfico 7).¹⁷



Fuente: Barnes¹⁷

Gráfico 7. Diferentes tipos de fluidos.

c. Fluidos no newtonianos independientes del tiempo

Según Ramírez¹⁴ los fluidos independientes del tiempo se han clasificado en tres categorías o grupos: plásticos, pseudoplásticos y dilatantes, y se caracterizan por que la viscosidad aparente solo depende de la temperatura, de la composición del fluido y del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad aplicado, pero nunca del tiempo de aplicación de este último.

- **Fluido plástico “shear thinning”**

Un fenómeno que se encuentran conectado con el flujo es la existencia de un valor umbral; siendo que ciertos fluidos alimentarios fluyen bajo un cizallamiento suficiente, pero no fluyen si el esfuerzo de cizalla es inferior a un cierto valor, a este valor se le denomina umbral de fluencia.¹⁶

Una vez que cede el umbral de fluencia la velocidad de deformación es proporcional al esfuerzo, como en el caso de los fluidos newtonianos, denominándose sustancia plástica o cuerpo de Bingham.

$$\eta_{pi} = \frac{\sigma - \sigma_0}{\gamma}$$

Dónde:

η_{pi} : viscosidad aparente.

γ : velocidad de deformación del fluido (s⁻¹).

σ : esfuerzo de corte (Pa).

σ_0 : esfuerzo de corte inicial (Pa).

Algunos ejemplos de comportamiento plástico son el chocolate, la arcilla, la mantequilla, la mayonesa, la pasta de dientes, las emulsiones, las espumas, etc.¹⁴

- **Fluidos pseudoplásticos**

Este tipo de fluidos se caracterizan por una disminución de su viscosidad y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación. La curva del pseudoplástico a bajas velocidades de deformación el comportamiento es casi lineal. La relación T – Y se ajusta a una curva cóncava respecto del eje de abscisas y que pasa por el origen de coordenadas. La viscosidad aparente disminuye al aumentar la tensión tangencial aplicada o la velocidad de deformación. El origen de esta variación suele deberse a que la fuerza externa provoca un descenso en la intensidad de las fuerzas de cohesión entre moléculas o

partículas, lo que facilita su orientación en la dirección de la tensión rasante. También puede suceder que los agregados de partículas se rompan liberando el líquido que tenían incluido. Todos estos fenómenos tienden a disminuir el rozamiento, la consistencia y, por tanto, la resistencia al flujo. Los fluidos pseudoplásticos son los más frecuentes dentro de los fluidos no newtonianos.¹⁶

La viscosidad aparente disminuye al aumentar la tensión tangencial aplicada o la velocidad de deformación. Ejemplos; algunos tipos de ketchup, mostaza, algunas clases de pinturas, suspensiones acuosas de arcilla, etc.¹⁴

- **Fluidos dilatantes**

Los fluidos dilatantes son suspensiones en las que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad.

El fenómeno de dilatación se produce debido a la fase dispersa del fluido. En dicho fluido tiene un lugar empaquetamiento de las partículas, dejando a la fase continua casi sin espacio. Si a continuación se aplica un esfuerzo, el empaquetamiento se altera y los huecos entre las partículas dispersas aumentan. Además, conforme aumenta la velocidad de deformación aplicada, mayor turbulencia aparece y más difícil es el movimiento de la fase continua por los huecos, dando lugar a un mayor esfuerzo cortante (la viscosidad aumenta).¹⁴

d. **Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo**

De acuerdo con Ramírez¹⁴ la viscosidad aparente varía no sólo con el esfuerzo de corte, sino que también para un esfuerzo de corte constante, varía con el tiempo de duración de la relación de deformación. Este tipo de fluido se clasifican en dos tipos: los fluidos tixotrópicos, en los que su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante, recuperando su estado inicial después de un reposo prolongado,

y los fluidos reopécticos, en los cuales su viscosidad aumenta con el tiempo de aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo.

- **Fluidos tixotrópicos**

Rha²² menciona que la viscosidad aparente y el esfuerzo de corte disminuyen con el tiempo al mantener una velocidad de deformación constante debido al cambio continuo de la estructura del material que puede ser en cualquier caso reversible o irreversible. La tixotropía indica una continua ruptura o reorganización de la estructura dando como resultado una disminución de la resistencia al flujo.

Dichos fluidos, una vez aplicado un estado de cizallamiento (esfuerzo cortante), sólo pueden recuperar su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo. La viscosidad va disminuyendo al aplicar una fuerza y acto seguido vuelve a aumentar al cesar dicha fuerza debido a la reconstrucción de sus estructuras y al retraso que se produce para adaptarse al cambio. Ejemplos típicos de fluidos tixotrópicos son: las pinturas, el yogurt, las tintas de impresión, la salsa de tomate, algunos aceites del petróleo, el nylon, etc.¹⁴

- **Fluidos reopécticos**

Se caracterizan por tener un comportamiento contrario a los tixotrópicos, es decir, que su viscosidad aumenta con el tiempo y con la velocidad de deformación aplicada y presentan una histéresis inversa a los tixotrópicos. Esto es debido a que si se aplica una fuerza se produce una formación de enlaces intermoleculares conllevando un aumento de la viscosidad, mientras que si cesa ésta se produce una destrucción de los enlaces, dando lugar a una disminución de la viscosidad. Existen pocos fluidos de este tipo. Algunos ejemplos son: el yeso y la arcilla.¹⁴

2.2.4.6. Parámetros reológicos en fluidos no Newtonianos

Zhongying y Songran²³ señalan lo siguiente:

a. Punto de cedencia (τ_y)

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 modelo de Casson es menor que en el del modelo Plástico de Bingham.

b. Índice de Comportamiento (n)

Indica la desviación del comportamiento reológico del fluido con respecto a los fluidos newtonianos, es decir, mientras más se aleje el valor de n de la unidad más pronunciadas serán las características no newtonianas del fluido.

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 aumenta el fluido se hace más espeso o viscoso.

Tabla 1. Se presenta distintos ejemplos de alimentos fluidos, semifluidos y cambio de las constantes para cada tipo de flujo.

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento	Umbral de fluencia	Ejemplos
Newtoniano	Viscosidad $k > 0$	$n = 1$	$\sigma_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Pseudoplástico	viscosidad aparente $k > 0$	$0 < n < 1$	$\sigma_0 = 0$	Zumos concentrados, cremogenado y purés de frutas, almidón.
Plásticos de Bingham	plasticidad constante $k > 0$	$n = 1$	$\sigma_0 > 0$	Aderezos de ensalada, chocolate, ketchup.
Tipo Mixto	índice de consistencia $k > 0$	$0 < n < 1$	$\sigma_0 > 0$	Mermelada, jalea.
Dilatante	índice de consistencia $k > 0$	$1 < n < \infty$	$\sigma_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta para salchichas.

Fuente: Rha ²²

2.2.4.7. Modelos de ajuste para comportamientos reológicos de alimentos

Bedoya y Cardona²⁴ señala que, los modelos reológicos son una relación matemática que nos permite caracterizar la naturaleza reológica de un fluido, estudiando la deformación dada a una tasa de corte específica.

En general se considera que el modelo de Ley de Potencia proporciona mejores aproximaciones a bajas tasas de corte, mientras que el modelo Plástico de Bingham lo hace a altas tasas.

Se han propuesto en la bibliografía ecuaciones empíricas para expresar el comportamiento reológico de fluidos no newtonianos. Sería deseable que tales funciones pudieran ser desarrolladas a partir de modelos matemáticos basados en la estructura molecular, pero en la actualidad las teorías moleculares no son capaces de describir satisfactoriamente el comportamiento real de materiales complejos, como suele ser habitual. Por ello, las fuentes más útiles de información reológica son habitualmente los modelos empíricos. A continuación, se indican algunos de los modelos más utilizados.

a. Ostwald de Waele o Ley de Potencia

Es un modelo de dos parámetros para el cual la viscosidad absoluta disminuye a medida que la tasa de corte aumenta.²¹

La relación entre la tasa de corte y el esfuerzo de corte está dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$$

Dónde:

τ : esfuerzo de cizallamiento o de corte (Pa).

K: índice de consistencia o viscosidad aparente (Pa.sⁿ).

$\dot{\gamma}$: velocidad de corte o deformación (1/s)

n : índice de comportamiento al flujo o índice al flujo.

Es un modelo de dos parámetros: k (índice de consistencia) y n (índice de comportamiento). Para $n = 1$, el modelo representa el comportamiento newtoniano, con $\eta = k$. Por consiguiente, la desviación del valor de n de la unidad es una medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano. Para $n > 1$, el modelo sigue un comportamiento dilatante, mientras que $n < 1$ indica un comportamiento pseudoplástico.²⁴

b. Modelo de Herschel–Bulkley

Es el resultado de la combinación de aspectos teóricos y prácticos de los modelos plástico de Bingham y Ley de Potencia. La siguiente

ecuación describe el comportamiento de un fluido regido por este modelo:

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

En este modelo los parámetros “ n ” y “ k ” se definen igual que en Ley de Potencia, como casos especiales se tienen que el modelo se convierte en Plástico de Bingham cuando $n = 1$ y en Ley de Potencia cuando $\tau_y = 0$. 2.4.5.

Dónde:

τ : Esfuerzo de cizallamiento o de corte [Pa].

k : Índice de consistencia o viscosidad aparente [Pa.s ^{n}].

$\dot{\gamma}$: Velocidad de corte o deformación.

n : Índice de comportamiento.

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 (τ_0) del punto de corte en ordenadas en especial en suspensiones, según lo indicado por Charm:²⁵

$$\tau^{1/2} = \tau_0^{1/2} + k (\dot{\gamma})^{1/2}$$

Donde:

τ : esfuerzo cortante (Pa)

τ_0 : umbral de fluencia (Pa)

K : coeficiente o índice de consistencia de flujo (Pa.sn)

$\dot{\gamma}$: velocidad de deformación (1/s)

2.2.4.8. Los fluidos en la industria

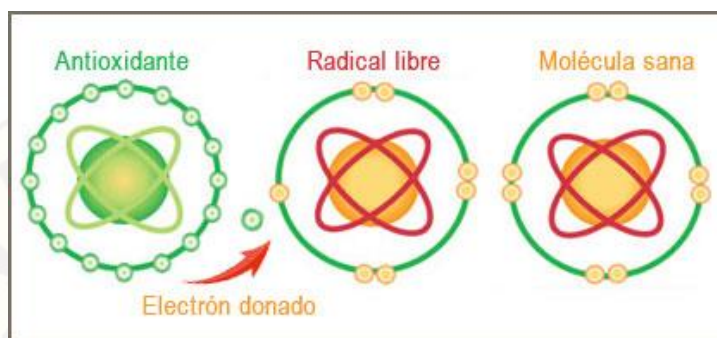
Rha²² menciona que prácticamente la totalidad de los fluidos utilizados en plantas industriales corresponden a fluidos no newtonianos, los cuales son tratados o calculados según leyes para flujos newtonianos (velocidad proporcional al esfuerzo de corte). Se ha mostrado en estudios previos, el error que se comete al tratar como newtonianos los

fluidos dilatantes o pseudoplásticos. De aquí la importancia del desarrollo de herramientas para el estudio de estos fluidos. La dependencia con respecto a la velocidad de deformación pone de manifiesto la existencia de una estructura dentro del sistema. El comportamiento pseudoplástico indica una ruptura continua o reorganización de la estructura, dando como resultado una disminución de la resistencia al flujo. Se debe a la presencia de:

- Compuestos de elevado peso molecular o partículas alargadas a concentraciones bajas.
- Alta interacción entre partículas, causando su agregación o asociación por enlaces secundarios.
- Relación axial elevada y asimetría de las partículas, requiriendo su orientación a lo largo de las líneas de corriente.
- Variación de la forma y tamaño de las partículas, permitiendo su apilamiento.
- Partículas no rígidas o flexibles, que pueden sufrir un cambio en su geometría o conformación.

2.2.5. Los antioxidantes

Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Debido a esto es que los antioxidantes son a menudo agentes reductores tales como tioles o polifenoles (Figura 3).²⁸



Fuente: García²⁹

Figura 3. Acción de los antioxidantes.

La actividad antioxidante total (ATT) es un parámetro de gran interés para valorar la capacidad antioxidante de un sistema biológico. La actividad antioxidante comprende una transición redox mediante la cual la molécula antioxidante dona un electrón o átomo de hidrógeno, equivalente a la donación de un electrón y un H^+ al radical libre R^* .²⁹

La capacidad antioxidante varía en función de compuestos estudiados y su solubilidad en fase acuosa o lipídica y está fuertemente condicionada por el sistema usado como sustrato, las condiciones de catálisis de la oxidación, las propiedades redox de sus grupos hidrofénolicos y la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química.³⁰

2.2.6. Radicales libres

Para Oliveira – Bardales³² los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo y que cuando son estructuras de bajo peso molecular les da una configuración espacial de gran inestabilidad, haciéndolos muy reactivos. Son de vida media corta por lo actúan cercano al sitio en que se forman. Son pequeñas moléculas ubicuitarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos entre los que se encuentran la cadena respiratoria mitocondrial, la cadena de transporte de electrones a nivel microsomal y en los cloroplastos, y las reacciones de oxidación, por lo que producen daño celular (oxidativo), al interactuar con las principales biomoléculas del organismo.

Los radicales libres pueden formarse a partir de reacciones metabólicas dentro de la célula, así como también de manera espontánea si las condiciones del medio son propicias para ello, como por ejemplo por exposición a ciertos compuestos químicos, por el estrés oxidativo producido durante el ejercicio físico muy intenso, por contaminantes del aire, por radiaciones ionizantes, por drogas, bacterias o virus.

2.2.7. Color en alimentos

presencia de pigmentos o colorantes naturales, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en el tejido, tal como en el caso de la clorofila y la fotosíntesis, y de la mioglobina y el almacenamiento muscular del oxígeno, entre otros.³³

El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz, que puede medirse físicamente en términos de energía radiante o intensidad y por su longitud de onda. El ojo humano solo puede percibirlo cuando su energía corresponde a una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm. En los alimentos naturales intactos, como es el caso de las frutas, el color es el resultado del conjunto de sus características físicas y de la presencia y concentración de los pigmentos.

Actualmente, la medición de color se realiza por métodos objetivos a través de la propiedad de reflectancia, ya que dicha propiedad presenta la ventaja de que se correlaciona altamente con la percepción del ojo humano y se determina fácilmente efectuando su lectura sobre la superficie del alimento; el método más ampliamente utilizado es el que utiliza el espacio de color L* (luminosidad), a* (cromatismo verde-rojo) y b* (cromatismo azul-amarillo).³⁴

El color influye de manera particular, en las frutas y vegetales, el color se relaciona con diferentes familias de pigmentos, en concreto clorofilas, carotenoides y dentro del grupo de los polifenoles, los antocianos o antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul-violeta, respectivamente. Entre todos los pigmentos presentes en los organismos vivos, los carotenoides son, después de las clorofilas, los más ampliamente

distribuidos en la naturaleza. Los pigmentos carotenoides, son moléculas de naturaleza lipofílica, que están presentes en todo el reino vegetal, y se consideran los responsables del color amarillo, naranja y rojo de la mayoría de frutos.²¹

2.3. Hipótesis

Hi: El jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) presentará capacidad antioxidante, características fisicoquímicas y comportamiento reológico.

2.4. Variables de estudio

El presente trabajo de investigación por su carácter descriptivo no tiene variables independientes y dependientes, con las que se busque una relación de causa – efecto. Sin embargo, es preciso señalar específicamente para su caracterización se medirán las siguientes variables (Tabla 2).

Tabla 2. Variables de estudio

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Comportamiento reológicas	índice de consistencia, K.	valor de regresión	Pa.s ⁿ
	índice de comportamiento, n.		adimensional
Propiedades fisicoquímicas	pH	ml	porcentual
	Acidez		
	°Brix		
	Humedad	gramos/100	porcentual
	Proteína cruda		
	Grasa total		
	Ceniza totales		
	Fibra		
	Carbohidrato		
Color	Color	Cielab (a, L y b)	
Capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante	umol de equi.trolox/100 g	método ABTS

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito del estudio

3.1.1. Ubicación del campo de trabajo

El fruto de “Puro puro” (*Passiflora pinnantistipula Cav*), fue proveniente de la comunidad de Pamuri, distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja y departamento de Huancavelica, el estudio taxonómico de la planta se realizó en el Herbario San Marcos (USM) Museo de Historia Natural en la Universidad Mayor de San de Marcos (Lima), la caracterización fisicoquímica se evaluó en el Laboratorio de Servicios de Análisis Químico (LASAQ) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Lima) y en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica (Acobamba). El comportamiento reológico del jugo de “Puro puro”, (*Passiflora pinnantistipula Cav*), se realizó en el Laboratorio de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional del Centro del Perú (Tarma), la determinación de la capacidad antioxidante y color se realizó en el laboratorio de Biotecnología industrial (IBT) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Lima).

3.1.2. Ubicación política

Región : Huancavelica
Provincia : Tayacaja
Distrito : Acraquia
Comunidad : Pamuri

3.1.3. Ubicación geográfica

Latitud sur : 11° 28' 48"
Longitud oeste : 74° 58' 48"
Altitud : 3259 m.s.n.m.

3.1.4. Factores climáticos

Precipitación pluvial : 650 mm promedio anual.
Temperatura promedio : 16°C SENAMHI
Humedad relativa : 63%.

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación aplicada depende de los descubrimientos y avances de la investigación pura y se enriquece de ellos. A diferencia de la pura, esta persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer 'para hacer y para actuar'.³⁵

3.3. Nivel de investigación

El nivel de estudio de investigación en el presente trabajo fue descriptivo ya que, se observa la realidad sin manipularla.³⁵

3.4. Método de investigación

El método utilizado en la investigación fue el método hipotético–deductivo, tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos.³⁵

3.5. Diseño de investigación

Es un diseño no experimental ya que recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar incidencia e interrelación en un momento dado en un momento dado.³⁵

M – O

Dónde:

M = muestra de jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

O = propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante y comportamiento reológico.

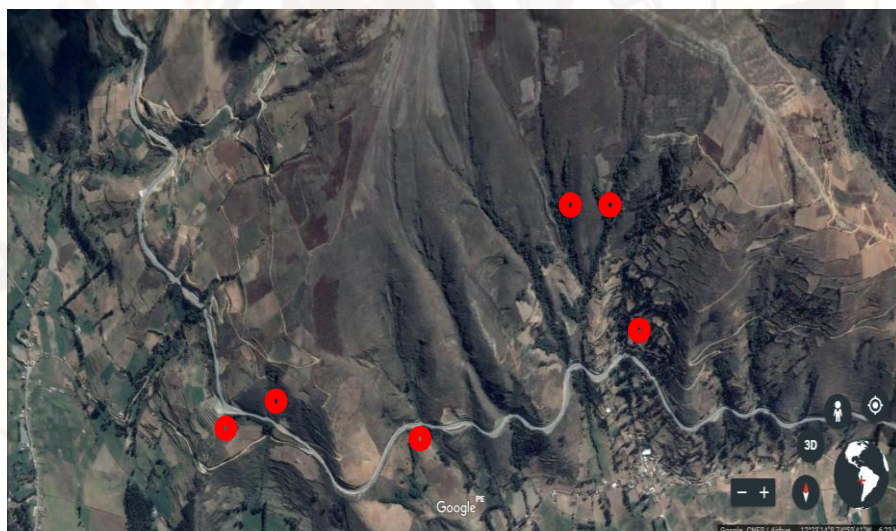
3.6. Población, muestra, muestreo

3.6.1. Población

La población utilizada para el presente estudio fue, frutos de la planta silvestre de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav), proveniente de la comunidad de Pamuri del distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica.

3.6.2. Muestra

La muestra utilizada para el presente estudio fue de 30 kg se ha recolectado de la comunidad de Pamuri del distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja. Con la ayuda de Google Earth, se representa la siguiente Figura 4, donde los círculos rojos representan los puntos de donde se han recolectado la muestra.



Fuente: Google Earth.

Figura 4: Población de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) en la comunidad de Pamuri.

3.6.3. Muestreo

Se empleó el muestreo al azar.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos fueron las siguientes:

3.7.1. Análisis taxonómico de la planta de “Puro puro”

La identificación taxonómica se realizó mediante el Método recomendado según el sistema de clasificación de Cronquist (1981), Clasificado por Herbario San Marcos (USM) del MUSEO DE HISTORIA NATURAL.

3.7.2. Análisis de color

Según el método de parámetros de color en CIELAB (a, L y b). Determinado por el colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-10, promedio de 40 lecturas por muestra.

3.7.3. Análisis fisicoquímica

- **Determinación de pH:** método recomendado por AOAC³⁶, con el equipo de potenciómetro: marca SCHOTT, modelo PH11, serie: 09151537
- **Determinación de acidez titulable:** método recomendado por AOAC³⁶, por medio de titulación y adición de la fenolftaleína.
- **Determinación de sólidos solubles (Brix):** según el método refractómetro recomendado por Meyer³⁷ determinado con refractómetro digital: marca SCHMIDT-HAENSCH, modelo DHR-60.

3.7.4. Análisis de química-proximal

Según método recomendado por la AOAC³⁶ (International official Methods of Analysis):

- **Determinación de humedad:** el método consiste en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa experimentada por la muestra cuando es sometida a la acción de la temperatura.
- **Determinación de cenizas:** el método del horno de incineración se fundamenta en que a una temperatura de 600°C se quema y volatiliza todo el material orgánico presente en la muestra el material inorgánico que no se destruye a esta temperatura se le conoce como ceniza y está conformada generalmente por minerales.

- **Determinación de grasa:** se usó muestras deshidratadas (estufa al vacío. 25lb/plg) determinado con un solvente orgánico (hexano), extrae la grasa de la muestra en un equipo Soxhlet y la deposita en un matraz. Por diferencia de peso se cuantifica el porcentaje de grasa de la muestra.
- **Determinación de proteína:** determinado por el método semimicro Kjeldahl, el producto se digiere con ácido sulfúrico concentrado utilizando catalizadores para convertir el nitrógeno orgánico en iones NH_4^+ se añade álcali y nitrógeno liberado se destila hacia un exceso de solución de ácido bórico. El destilado se titula con ácido clorhídrico para determinar el amoníaco absorbido por el ácido bórico.
Se obtiene por destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico en caliente, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual luego es destilado a amoníaco.
- **Determinación de fibra:** consiste en determinar la fibra eliminando los carbohidratos solubles por hidrólisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la acción de ácidos y bases débiles en caliente
- **Determinación de carbohidratos:** la determinación de carbohidratos (C) fue obtenida por diferencia entre los demás componentes mediante la siguiente fórmula: **$C = 100 - (\text{Proteína} + \text{Grasa} + \text{Ceniza} + \text{Fibra} + \text{Agua})$**
Todos los componentes expresados en %. Sin embargo, cabe recomendar el uso de métodos analíticos para su cuantificación.

3.7.5. Análisis de la capacidad antioxidante

La actividad antioxidante se determinó utilizando el método Arnao³⁸ basado en la reducción del radical libre estable. 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), (ABTS). Los resultados se expresan como μmol de equi. trolox/g.

3.7.6. Análisis del comportamiento reológico

El comportamiento reológico se determinó por el método de conversión de Mitschka (1982) para lo cual se procesaron los datos dados por el equipo viscosímetro rotacional de BROOKFIELD DV III PLUS.

- **Calibración del reómetro**

Encender el reómetro, seleccionar el modo control externo presionando la tecla 1 del panel de control del reómetro, Abrir el programa RHEOCALC y para calibrar el reómetro presionar el botón Zero.

- **Para determinar la viscosidad de un fluido**

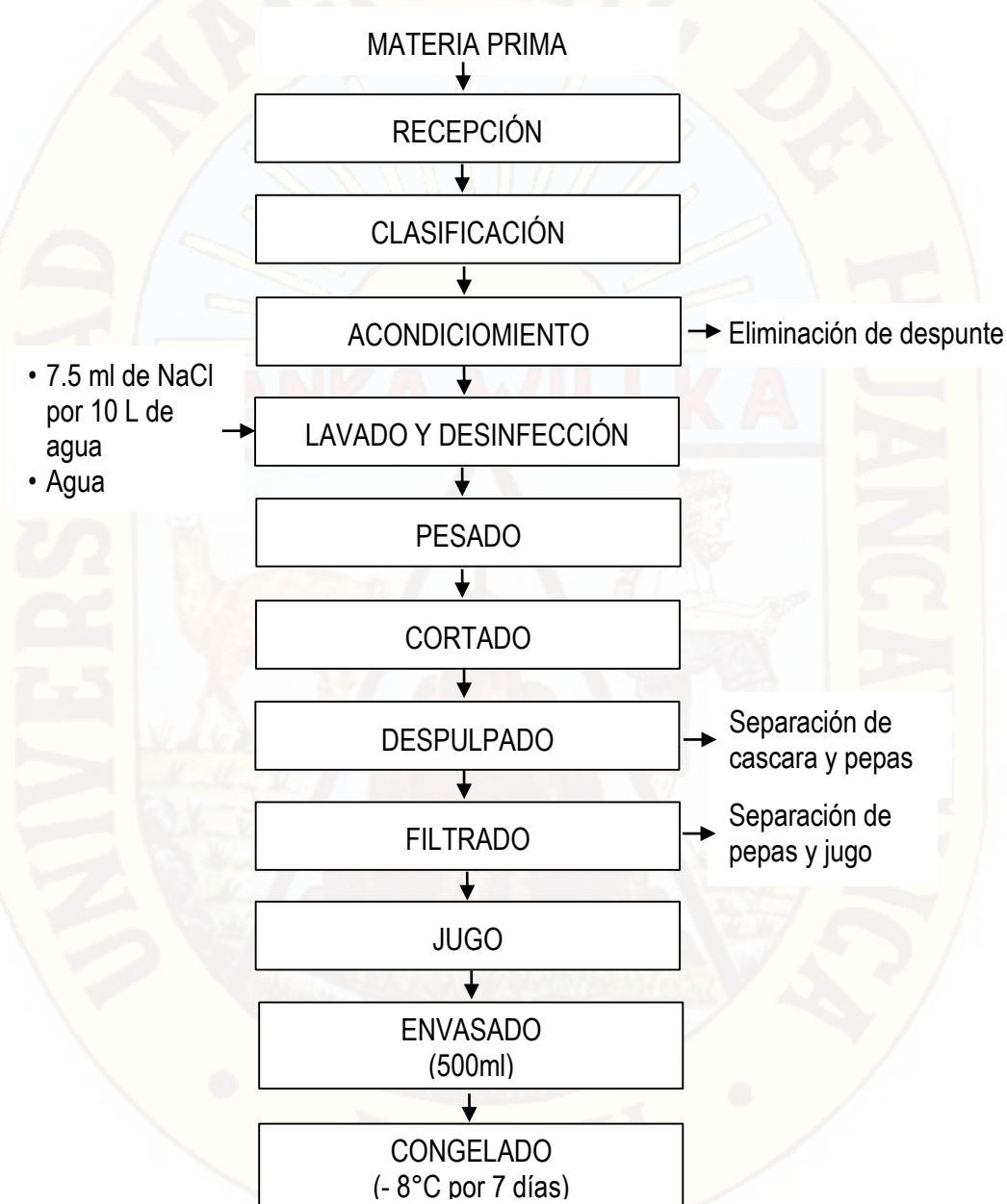
Seleccionar el spindle CV, transferir la muestra en el vaso de precipitado, colocar el spindle, seleccionar la ventana de programas, carga un programa presionando el botón LOAD y seleccionarlo de la lista y presionar el botón RUN para ejecutar el programa.

- **Para determinar los parámetros reológicos**

A partir de los datos esfuerzo corte y la velocidad de corte se procede a completar la tabla para una temperatura del fluido, la viscosidad aparente se obtiene mediante la ecuación: $\mu = \frac{\tau}{\gamma}$ en Pa.s, y luego es convertida a cP, hacer un gráfico de la variación de la $\mu\partial$ (cP) en función de la velocidad de corte (γ), para comprobar si el comportamiento reológicos del fluido sigue la ley de potencia se ajustaran los datos experimentales a la ecuación $\tau = m\gamma^2$ y se graficara según la figura: Mediante regresión lineal: $\log \tau = \log m + n \log \gamma$ y finalmente se realiza, un comparativo de los parámetros reológicos de la muestra a las temperaturas.

3.8. Procedimiento de recolección de datos

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante y color se siguió el siguiente diagrama de flujo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de flujo del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

3.8.1. Procedimiento de obtención del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

En el presente trabajo de investigación se detalla el procedimiento para determinar la capacidad antioxidante, color y caracterización fisicoquímico del jugo de “Puro puro”.

Descripción del diagrama de flujo de obtención del jugo de “Puro puro”

a. Recepción de materia prima

En la presente investigación se utilizó el fruto comestible de “Puro puro” la cantidad de 30 kg a temperatura ambiente, provenientes del distrito de Acraquia, Tayacaja – Huancavelica en estado maduro (cascara duro color-amarillo).

b. Selección y clasificación

En los procesos de selección y clasificación fue de forma manual se buscó que la fruta no presente daño mecánico (magulladuras, cortes y golpes), se retiró las impurezas, pintones, hojas, etc.

c. Acondicionamiento

Esta operación consistió en quitar el palito capullo con una tijera manual para facilitar el proceso posterior.

d. Lavado y desinfección

Esta etapa consistió en realizar un lavado previo fruta por fruta con una esponja que permitió reducir la suciedad, bajando la carga de materia orgánica. Luego, se realizó la desinfección por inmersión de la fruta en hipoclorito de sodio o lejía comercial de 7.5 ml por 10 litros de agua como se estipula en el manual.

e. Pesado

Esta operación consistió en pesar las frutas lavadas secas en una balanza digital de 5 kg en 5 kg, se ha ido acumulando los pesos para realizar el promedio y ver el rendimiento del producto final.

f. Cortado

El corte se realizó con un cuchillo en mitades del fruto con la finalidad de tener en forma más expuesta para la extracción de las semillas con jugo.

g. Despulpado

El despulpado se realizó con una cuchara manual donde se separó el jugo y la semilla de la cáscara en un recipiente.

h. Filtrado

El pulpeado se realizó manualmente realizando movimientos circulares con una cuchara manual en un tamiz con la finalidad de separar el jugo de las semillas.

i. Jugo

En esta etapa se realizaron las siguientes mediciones, determinación de las características fisicoquímicas, color y capacidad antioxidante.

j. Envasado

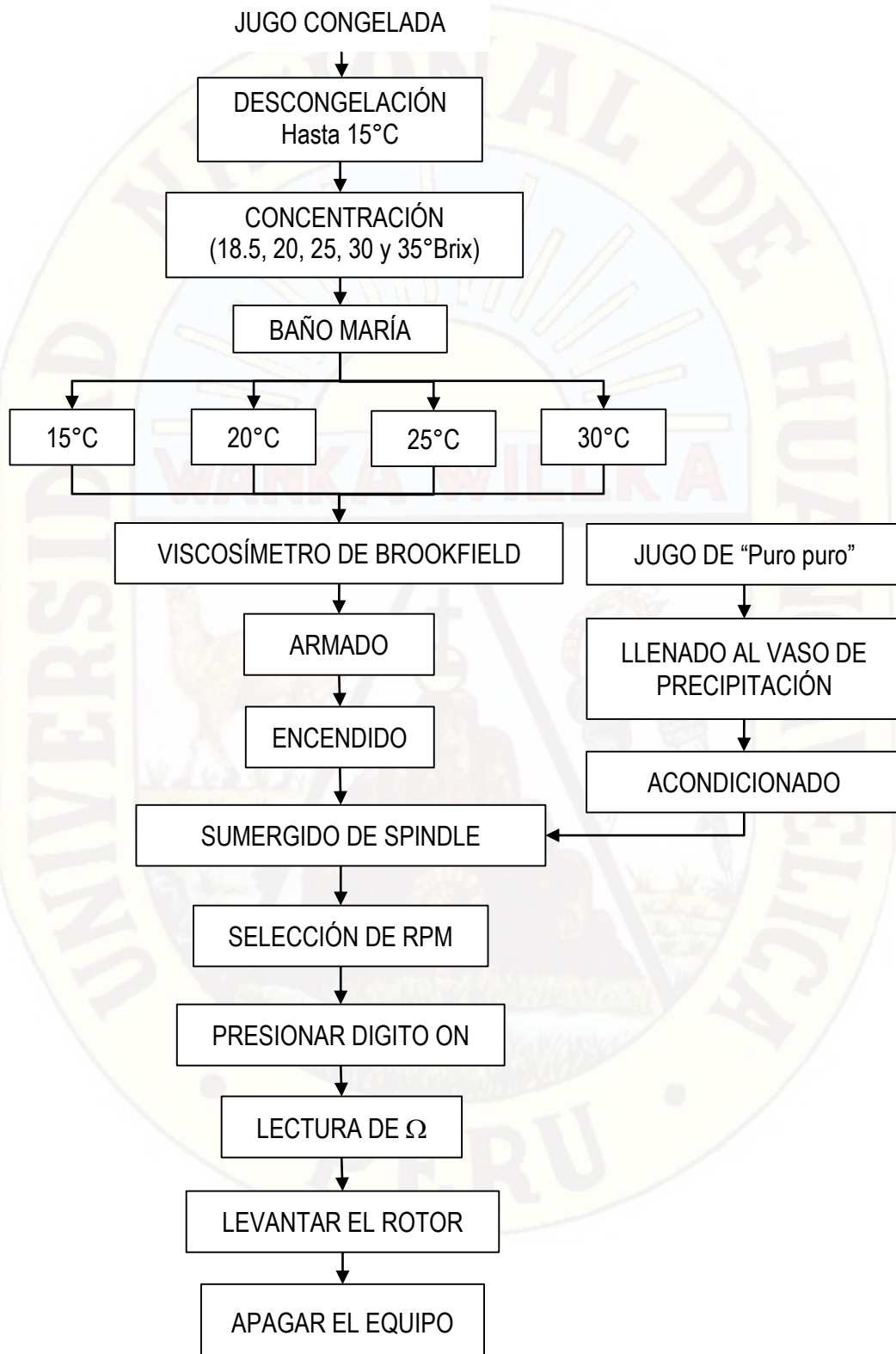
La medición del jugo se realizó con la probeta de 1000 ml, el cual se envaso en bolsas de polietileno de 500ml, sellado en la selladora al vacío HENKEL de la EPIAG.

k. Congelación

La congelación del jugo consistió en congelar en la refrigeradora de marca LG, modelo GN-B496GLP. de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a temperatura de menos 8°C por un tiempo de 7 días para su análisis reológico.

3.8.2. Esquema para el análisis del comportamiento reológico de jugo de “Puro puro”

Para la determinación del comportamiento reológico se utilizó un viscosímetro Brookfield DV III Plus. Se trabajó con un spindle N° 2, Los valores obtenidos fueron transformados mediante la metodología Mitschka.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de flujo para la evaluación del comportamiento reológico

Descripción de la metodología de evaluación reológica

a. Transporte

Para esta operación se utilizó una caja de tecnopor en ella se adicionó pequeños trozos de hielo juntamente con las bolsas de 500 ml de jugo cada uno, la duración del viaje de la ciudad de Acobamba-Huancavelica a Tarma-Junín fue un promedio de 6 horas sin presencia de luz.

b. Descongelación

El jugo de “Puro puro” se dejó descongelar a temperatura ambiente.

c. Concentración

Esta etapa consistió en concentrar por evaporación al vacío el jugo de “Puro puro”, incrementando los sólidos solubles a 18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix.

d. Baño maría

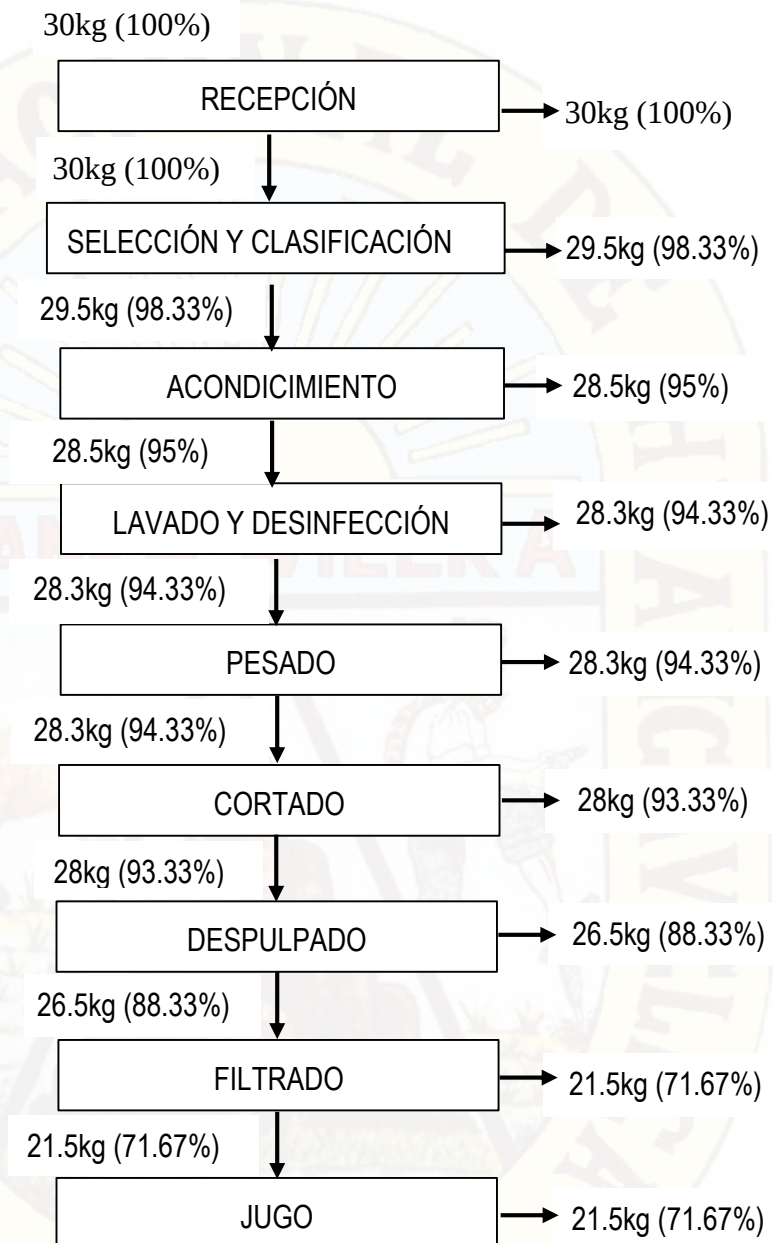
Se llevaron las muestras al equipo de baño maría, marca: MEMMERT, modelo: WNE14, a diferentes temperaturas (Termómetro digital de menos 50 a 360°C) que fueron las siguientes, 15°C, 20°C, 25°C y 30°C.

e. Lectura

Las muestras se llevaron a la lectura después de realizar todos los pasos que se describen en la (Figura 6), Se seleccionó el spindle CV número 2 a 4 RPM con un 10% de torque con un rango de error de más o menos a 3, se vertió alrededor de 600 ml del jugo de “Puro puro”, en un vaso de precipitación, en seguida se colocó el spindle CV, en el reómetro y se realizó la lectura.

3.8.3. Balance de materia de la pulpa de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

En el presente trabajo de investigación se desarrolló el balance de materia para obtener el rendimiento del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Diagrama de balance de materia del jugo de "Puro puro"
(*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Con la siguiente relación se llega a determinar el rendimiento.

Rendimiento = (Peso del producto final x 100%) / (Peso del producto inicial)

Rendimiento = (21.5 kg x 100%) / (30) = 71%

El porcentaje se obtiene 71 representa el jugo de "Puro puro" y la diferencia es la pepa, cascara, etc.

3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.9.1. Determinación de los parámetros reológicos

Para la determinación de los parámetros reológicos del fluido alimenticio se utilizó la metodología de Mitschka, este método permite obtener valores de índice de consistencia (K) e índice de comportamiento al fluido (n).

Para medir los parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a concentraciones de: 18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix; a las temperaturas de 15°C, 20°C, 25°C, 30°C. Se utilizó un viscosímetro BROOKFIELD DV. III ULTRA, con spindle N° 2, donde N (rpm) es la velocidad de rotación en revoluciones por minuto, a lectura de torque, estos valores se transforman en (τ) esfuerzo de corte y ($\dot{\gamma}$) velocidad de deformación.

Reogramas del jugo de “Puro puro”

La grafica de los reogramas se realizó representando los datos del esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación, para cada una de las contracciones (18.5, 20, 25, 30 y 35°Brix) y temperaturas (15, 20, 25 y 30°C)

Evaluación del modelo del comportamiento reológico del jugo de “Puro puro”

a. Modelo de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia

La mayoría de los fluidos no newtonianos son pseudoplásticos: como (jugos, puré de frutas, salsas) y por lo que los valores experimentales se ajustan a la Ley de la Potencia de Ostwald de Waele, cuya ecuación es:

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

Dónde:

τ = esfuerzo de corte o de cizallamiento (Pa)

k = índice de consistencia de flujo (Pa, sⁿ)

$\dot{\gamma}$ = velocidad de corte o tasa de deformación (s⁻¹)

n = índice del comportamiento al flujo (adimensional)

La viscosidad aparente se calcula mediante la ecuación:

$$\eta_{ap} = k \left(\frac{\gamma^n}{\gamma} \right)$$

Donde:

η_{ap} = viscosidad aparente

K = índice de consistencia de flujo

γ = velocidad de deformación

n = índice de comportamiento al flujo.

Se determinó los coeficientes de determinación (R^2) e índice de correlación, índice de consistencia (K), índice de comportamiento al flujo (n).

b. Efecto de la temperatura sobre el comportamiento reológico del jugo de “Puro puro”

La energía de activación suele utilizarse para denominar la energía mínima necesaria para que se produzca una reacción química dada y está representada por la siguiente ecuación de Arrhenius. Mortimer.³⁹

$$K = K_0 \cdot e^{E_a/RT}$$

Dónde:

E_a : es la energía de activación al flujo K_∞ es una constante denominada viscosidad de deformación infinita, (R) la constante de los gases, y (T) la temperatura en Kelvin. Para linealizar se multiplica a ambos miembros por log y la representación gráfica de log K vs. (1/T) y se obtiene la siguiente ecuación:

$$\log k = \log k_0 + \left(\frac{E_a}{2.303R} \right) \frac{1}{T}$$

$$Y = a + m \cdot x$$

Teniendo en cuenta la ecuación de la recta se asume que el antilogaritmo del intercepto es el valor de K_0 y a partir de la pendiente (E_a/R) se calcula el valor de la energía de activación (E_a).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Caracterización taxonómica de la planta de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

La caracterización taxonómica de la planta de “Puro puro” fue estudiada y clasificada en el Museo de Historia Natural, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos como: *Passiflora pinnatistipula* Cav; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el sistema de clasificación de Croquist (1981), detallado en el Anexo 01, que a continuación se presenta:

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la planta “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Dilleniidae
Orden	Violales
Familia	Passifloraceae
Genero	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav
Nombre vulgar	“Puro puro”

4.1.2. Referidos a la caracterización fisicoquímica del “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Al presente se detalla los resultados de la composición fisicoquímica del jugo. Se detallan en el Anexo 02, se presentan en la Tabla 4 y 5.

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Caracterización fisicoquímica	Resultado
Ph	4.5
% Acidez	1.3
% Sólidos Solubles	18.5

Tabla 5. Caracterización química proximal del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Análisis	Base Húmeda (%)	Base Seca (%)
Humedad	66	---
Cenizas totales	3	8.82
Grasa total	1.5	4.41
Proteína cruda	4.5	13.24
Carbohidratos*	25	73.53

*Los carbohidratos totales incluyen el contenido de fibra

4.1.3. Referidos a la capacidad de antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Los resultados de la capacidad antioxidante del jugo detallado en el Anexo 03, se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Capacidad antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Muestra	ABTS (μmol de equi.trox/ 100 g)
(<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav)	5.2

4.1.4. Referidos a la determinación del color del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*)

El análisis de la determinación de colorímetro se detalla en el Anexo 03, se presenta en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7. Parámetros de color en Cielab (a, L y b).

“Puro puro” (<i>Passiflora pinnatistipula Cav</i>.)		
L*	34.5	Standard
a*	1.2	55.16
b*	4.4	-0.37
	4.5	2.51
h°	74.3	2.53
DL*	-20.7	98.34
Da*	1.6	
Db*	1.9	
DC*	2	
DH*	-1.4	
DE* ab	20.8	

En el espacio Ciel*a*b* la coordenada +L* y/o eje central, presenta el espacio de estímulos acromáticos (carecen de color) y las coordenadas *a* b* son los estímulos cromáticos (presentan tonalidad, luminosidad y pureza de color).

La luminosidad (L*) 34.5 indica amarillo ligero, poca luminosidad por estar próximo al 0. Las coordenadas: b* (4.4) y a* (1.2), Indica que posee amarillo apagado, evidentemente realizando los cálculos matemáticos para: tonalidad h° (74.3) está ubicado dentro del ángulo 90° (rojo a amarillo) y pureza y/o cromaticidad C* (4.5).

Las deltas de, delta luminosidad DL* (-20.7), delta coordenada a Da* (1.6), delta coordenada b Db* (1.9), delta cromaticidad DC* (2) y delta tonalidad DH* (-1.4) representan la comparación numérica de una muestra al estándar y la diferencia total DE*ab es 20.8 indica que se puede observar el color con el ojo humano ya que $DE > \pm 5$ (perceptible).

4.1.5. Determinar las propiedades reológicas del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*)

Los resultados de la lectura para determinar el comportamiento reológico del jugo se detalla en el Anexo 04.

a) Reograma del jugo de “Puro puro”

En las siguientes Tablas 8, 9, 10, 11 y 12 se presentan gráficamente los datos del comportamiento reológico experimentales del esfuerzo cortante (Pa) en función de la velocidad de deformación (s^{-1}) obtenidos en jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*), a diferentes concentraciones a (18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix) y temperaturas (15°C, 20°C, 25°C y 30°C) estudiadas, el cual se indica en los Gráficos 8, 9, 10, 11 y 12 se observó que los reogramas o curvas de fluidez trazados presentan una ligera forma cóncava, lo cual es típico del comportamiento de flujo no newtoniano y presenta una forma similar al fluido pseudoplástico, lo cual quiere decir que el esfuerzo cortante aumenta potencialmente con la velocidad de corte y que al incrementar la velocidad de corte disminuye la viscosidad aparente. De la misma manera se percibe que al incrementar la temperatura, para una misma velocidad de rotación (RPM) disminuye el esfuerzo cortante; haciéndose también evidente que para una misma temperatura y velocidad de rotación (RPM), el esfuerzo cortante aumenta al incrementarse la concentración.

Tabla 8. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a una concentración de 18.5°Brix a diferentes temperaturas

T (°C)	Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)	Esfuerzo Cortante τ ($\Pi\alpha$)	Velocidad de deformación γ (s^{-1})	Viscosidad aparente h_{ap} (cP)
15°C	0.5	3.6	0.72	0.32185	2226
	1.0	4.4	0.88	0.6437	1360
	4.0	5.7	1.13	2.5748	441
	10.0	9.3	1.85	6.437	288
	20.0	11.9	2.37	12.874	184
	50.0	14.5	2.89	32.185	90
	100.0	17.6	3.5	64.37	54
20°C	0.5	2.7	0.54	0.3036	1770
	1.0	3.9	0.78	0.6072	1278
	4.0	4.8	0.96	2.4288	393
	10.0	8.6	1.71	6.072	282
	20.0	10	1.99	12.144	164
	50.0	13.2	2.63	30.36	87
	100.0	16.8	3.34	60.72	55
25°C	0.5	2.2	0.44	0.2886	1517
	1.0	2.8	0.56	0.5772	965
	4.0	4.1	0.82	2.3088	353
	10.0	7.1	1.41	5.772	245
	20.0	8.8	1.75	11.544	152
	50.0	12.7	2.53	28.86	88
	100.0	13.5	2.69	57.72	47
30°C	0.5	0.8	0.16	0.21645	736
	1.0	1.1	0.22	0.4329	506
	4.0	3.9	0.78	1.7316	448
	10.0	5.4	1.07	4.329	248
	20.0	7.8	1.55	8.658	179
	50.0	11.6	2.31	21.645	107
	100.0	12.3	2.45	43.29	57

Tabla 9. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a una concentración de 20°Brix a diferentes temperaturas

T (°C)	Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)	Esfuerzo Cortante τ ($\Pi\alpha$)	Velocidad de deformación γ (s^{-1})	Viscosidad aparente h_{ap} (cP)
15°C	0.5	4.0	0.8	0.3159	2520
	1.0	5.1	1.01	0.6318	1606
	4.0	6.8	1.35	2.5272	535
	10.0	9.5	1.89	6.318	299
	20.0	12.6	2.51	12.636	198
	50.0	15.5	3.08	31.59	98
	100.0	18.3	3.64	63.18	58
20°C	0.5	3.1	0.62	0.3163	1950
	1.0	4.1	0.82	0.6326	1290
	4.0	5.7	1.13	2.5304	448
	10.0	8	1.59	6.326	252
	20.0	9.9	1.97	12.652	156
	50.0	13.6	2.71	31.63	86
	100.0	17.4	3.46	63.26	55
25°C	0.5	2.8	0.56	0.3213	1734
	1.0	3.7	0.74	0.6426	1146
	4.0	5.5	1.09	2.5704	426
	10.0	7.4	1.47	6.426	229
	20.0	9.4	1.87	12.852	146
	50.0	13.2	2.63	32.13	82
	100.0	13.8	2.75	64.26	43
30°C	0.5	1.5	0.3	0.2666	1120
	1.0	2.7	0.54	0.5332	1008
	4.0	4.6	0.92	2.1328	429
	10.0	6.6	1.31	5.332	246
	20.0	8.1	1.61	10.664	151
	50.0	12.4	2.47	26.66	93
	100.0	13.2	2.63	53.32	49

Tabla 10. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a una concentración de 25°Brix a diferentes temperaturas

T (°C)	Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)	Esfuerzo Cortante t (Pa)	Velocidad de deformación g (s ⁻¹)	Viscosidad aparente h _{ap} (cP)
15°C	0.5	4.6	0.92	0.3314	2762
	1.0	4.9	0.98	0.6628	1471
	4.0	7.1	1.41	2.6512	533
	10.0	10.3	2.05	6.628	309
	20.0	12.8	2.55	13.256	192
	50.0	16.7	3.32	33.14	100
	100.0	20.5	4.08	66.28	62
20°C	0.5	4.4	0.88	0.24595	3560
	1.0	4.3	0.86	0.4919	1740
	4.0	7.0	1.39	1.9676	708
	10.0	9.2	1.83	4.919	372
	20.0	12.2	2.43	9.838	247
	50.0	16.4	3.26	24.595	133
	100.0	20.1	4.0	49.19	81
25°C	0.5	3.8	0.76	0.31025	2437
	1.0	3.9	0.78	0.6205	1251
	4.0	6.6	1.31	2.482	529
	10.0	8.5	1.69	6.205	273
	20.0	11.7	2.33	12.41	188
	50.0	16.1	3.2	31.025	103
	100.0	19.7	3.92	62.05	63
30°C	0.5	2.4	0.48	0.2703	1767
	1.0	3.0	0.6	0.5406	1104
	4.0	5.8	1.15	2.1624	534
	10.0	7.1	1.41	5.406	261
	20.0	10.4	2.07	10.812	191
	50.0	15.3	3.04	27.03	113
	100.0	18.7	3.72	54.06	69

Tabla 11. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a una concentración de 30°Brix a diferentes temperaturas

T (°C)	Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)	Esfuerzo Cortante t (Pa)	Velocidad de deformación g (s ⁻¹)	Viscosidad aparente h _{ap} (cP)
15°C	0.5	5.4	1.07	0.35995	2985
	1.0	5.8	1.15	0.7199	1603
	4.0	7.3	1.45	2.8796	504
	10.0	10.9	2.17	7.199	301
	20.0	13.3	2.65	14.398	184
	50.0	16.9	3.36	35.995	93
	100.0	21.2	4.22	71.99	59
20°C	0.5	4.6	0.92	0.33425	2739
	1.0	5.1	1.01	0.6685	1518
	4.0	6.7	1.33	2.674	499
	10.0	10.3	2.05	6.685	307
	20.0	13.1	2.61	13.37	195
	50.0	16.2	3.22	33.425	96
	100.0	20.6	4.1	66.85	61
25°C	0.5	4.2	0.84	0.31905	2620
	1.0	4.4	0.88	0.6381	1372
	4.0	5.8	1.15	2.5524	452
	10.0	9.7	1.93	6.381	303
	20.0	12.4	2.47	12.762	193
	50.0	15.6	3.1	31.905	97
	100.0	20.3	4.04	63.81	63
30°C	0.5	3.3	0.66	0.30205	2174
	1.0	4.2	0.84	0.6041	1384
	4.0	4.9	0.98	2.4164	404
	10.0	9.4	1.87	6.041	310
	20.0	12.1	2.41	12.082	199
	50.0	14.8	2.95	30.205	98
	100.0	19.5	3.88	60.41	64

Tabla 12. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a una concentración de 35°Brix a diferentes temperaturas

T (°C)	Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)	Esfuerzo Cortante t (Pa)	Velocidad de deformación g (s ⁻¹)	Viscosidad aparente h _{ap} (cP)
15°C	0.5	5.9	1.17	0.35995	3262
	1.0	6.3	1.25	0.7199	1741
	4.0	7.7	1.53	2.8796	532
	10.0	11.6	2.31	7.199	321
	20.0	14.2	2.83	14.398	196
	50.0	17.8	3.54	35.995	98
	100.0	22.2	4.42	71.99	61
20°C	0.5	5.5	1.09	0.35915	3047
	1.0	5.8	1.15	0.7183	1607
	4.0	7.4	1.47	2.8732	513
	10.0	11.2	2.23	7.183	310
	20.0	13.9	2.77	14.366	193
	50.0	17.3	3.44	35.915	96
	100.0	21.1	4.2	71.83	58
25°C	0.5	5.2	1.03	0.3525	2936
	1.0	5.3	1.05	0.705	1496
	4.0	6.9	1.37	2.82	487
	10.0	10.6	2.11	7.05	299
	20.0	13	2.59	14.1	183
	50.0	16.6	3.3	35.25	94
	100.0	20.4	4.06	70.5	58
30°C	0.5	4.6	0.92	0.3325	2753
	1.0	4.8	0.96	0.665	1436
	4.0	5.7	1.13	2.66	426
	10.0	9.5	1.89	6.65	284
	20.0	12.8	2.55	13.3	192
	50.0	15.7	3.12	33.25	94
	100.0	19.8	3.94	66.5	59

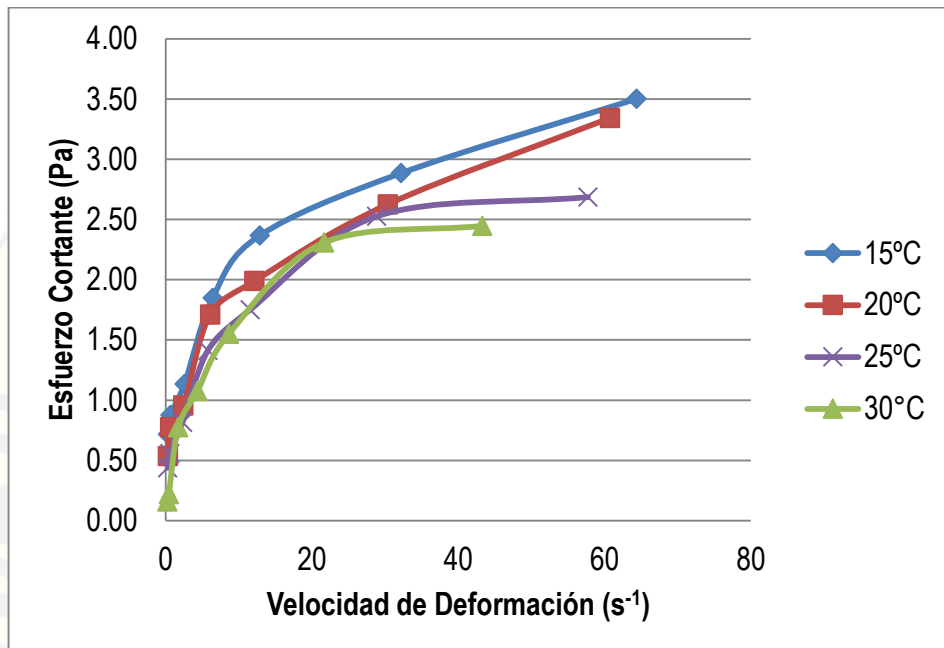


Gráfico 8. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 18.5°Brix a diferentes temperaturas.

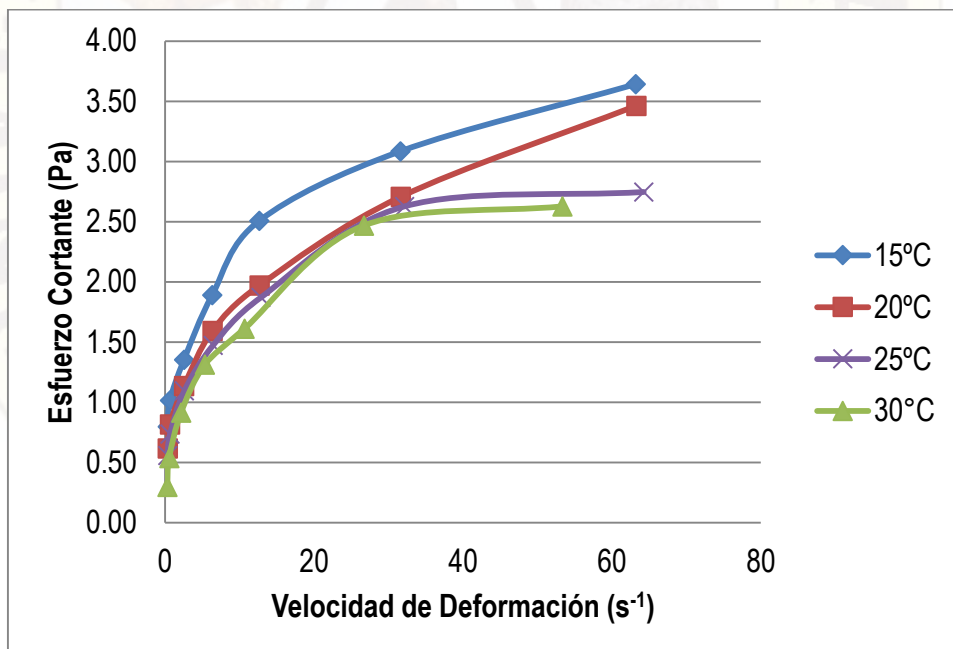


Gráfico 9. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 20°Brix a diferentes temperaturas.

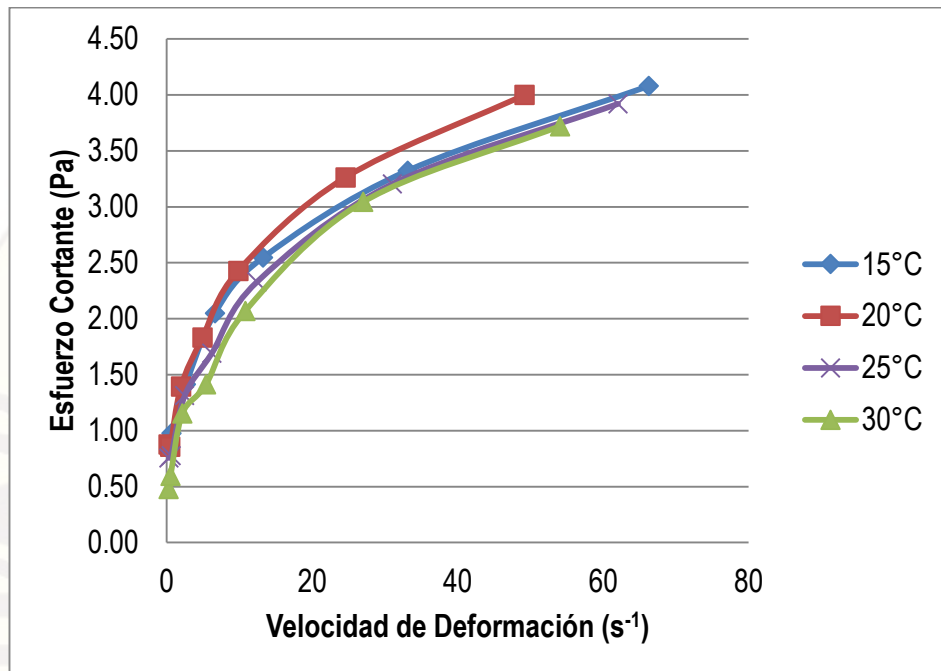


Gráfico 10. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 25°Brix a diferentes temperaturas.

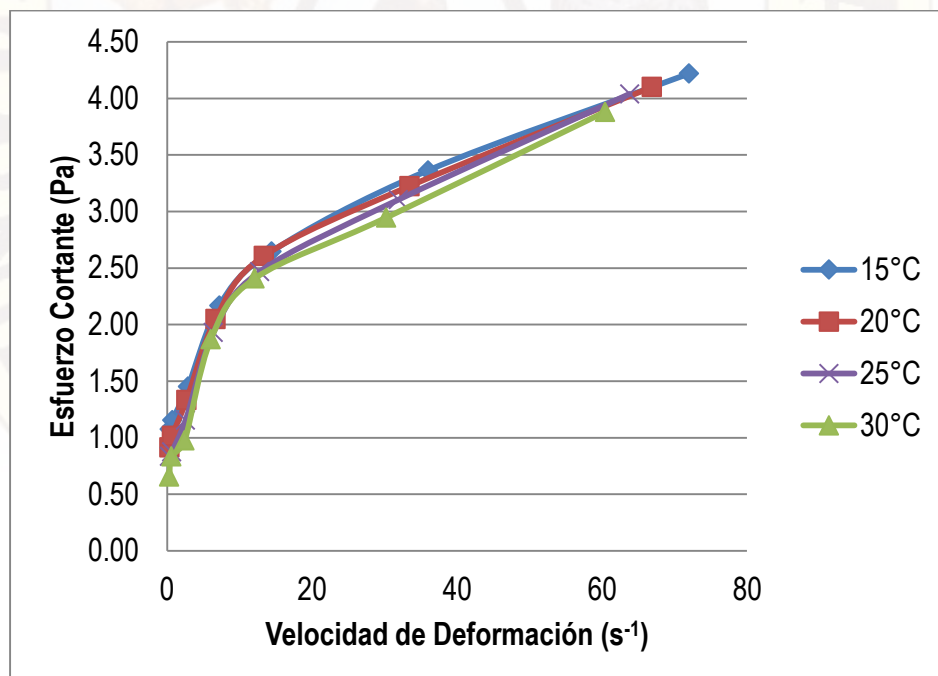


Gráfico 11. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 30°Brix a diferentes temperaturas.

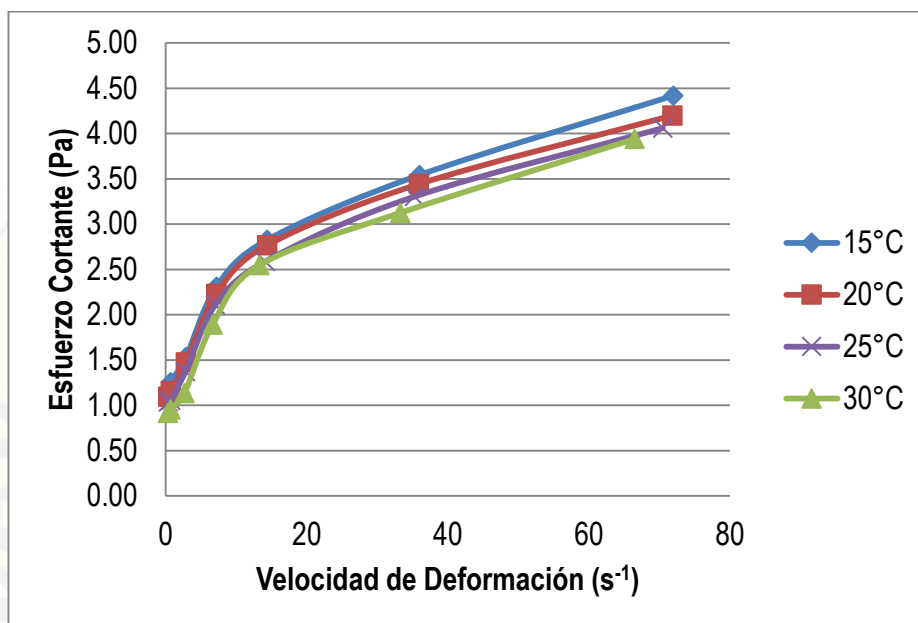


Gráfico 12. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 35°Brix a diferentes temperaturas.

Al representar gráficamente los datos experimentales el esfuerzo cortante (Pa) es mayor cuando aumenta la velocidad de deformación y esto se da en todas los casos de los ensayos a diferentes temperaturas y concentraciones.

De las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12, se observa que tanto el esfuerzo de torque como la velocidad de deformación tienden a aumentar cuando aumenta la concentración del jugo, por ejemplo para una concentración de 18.5°Brix a una temperatura de 30°C y una velocidad de 10 rpm su velocidad de deformación es de 4.329s⁻¹ mientras bajo esos mismos parámetros pero a una concentración de 35° Brix, su velocidad de deformación es de 6.65s⁻¹. Así mismo para una temperatura 15°C y una velocidad de rotación de 50 rpm el esfuerzo cortante en el jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav), a una concentración de sólidos solubles de 18.5°Brix es 2.89Pa, 20°Brix fue de 3.08Pa en la muestra de 25°Brix fue 3.32Pa y cuando el contenido de sólidos solubles de la muestra aumenta a 30°Brix el esfuerzo cortante es 3.36Pa y a 35°Brix es 3.54Pa.

b) Parámetros reológicos del jugo concentrado de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*)

Obtenido los resultados experimentales del esfuerzo cortante de velocidad de corte, para el jugo concentrado de “Puro puro” con diferentes contenidos de sólidos solubles y para cada una de las temperaturas ensayadas, se realizó el ajuste del modelo Ostwald de Waele o Ley de la Potencia

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

En los Gráficos 13, 14, 15, 16 y 17 se grafican el logaritmo del esfuerzo cortante ($\text{Log } \tau$) vs el logaritmo de la velocidad de corte ($\text{Log } \dot{\gamma}$) del jugo de “Puro puro” a diferentes concentraciones de (18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix) y temperaturas (15°C, 20°C, 25°C y 30°C) fueron sometidos a un análisis de regresión lineal para determinar los valores de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo (n) como se grafican.

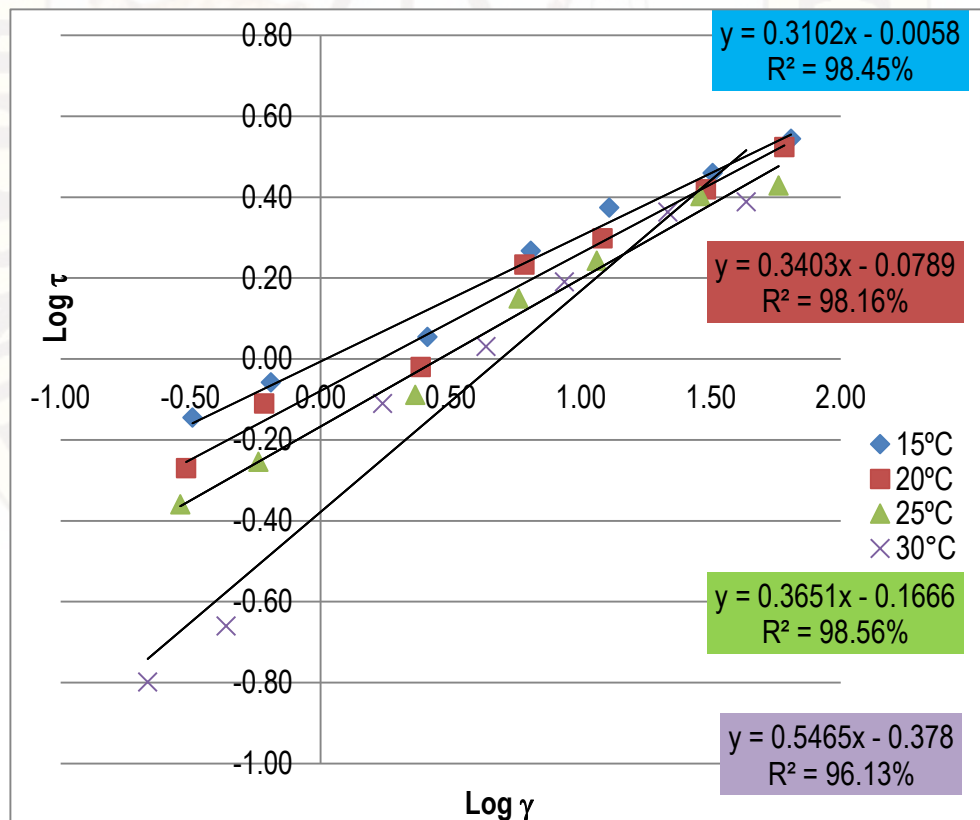


Gráfico 13. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*) a 18.5°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele

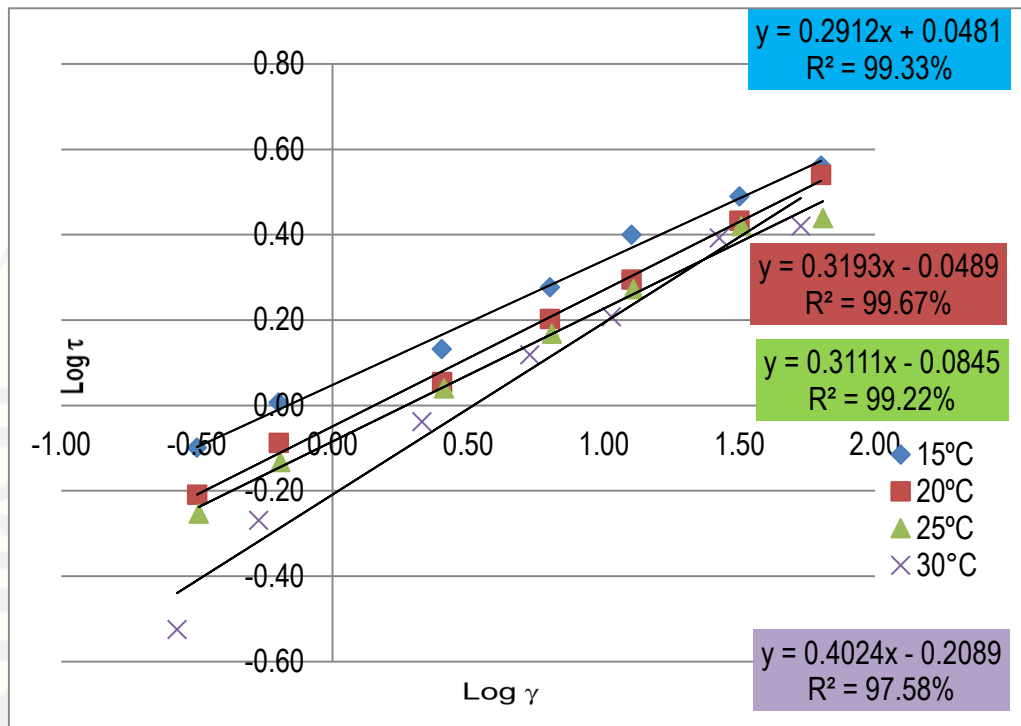


Gráfico 14. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 20°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.

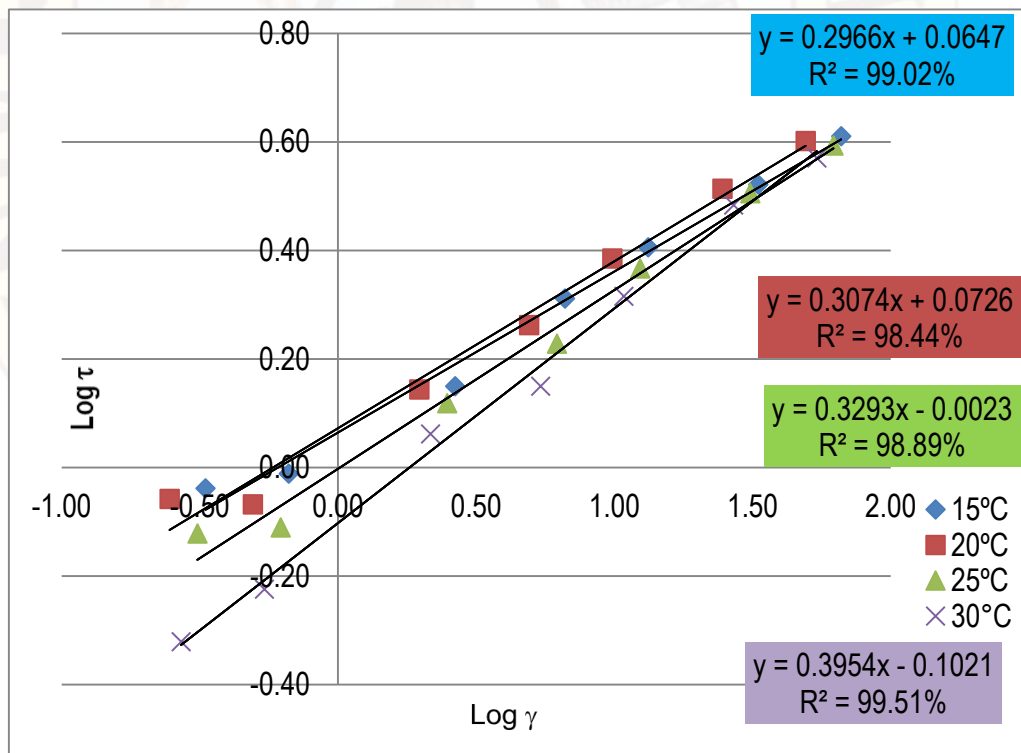


Gráfico 15. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 25°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.

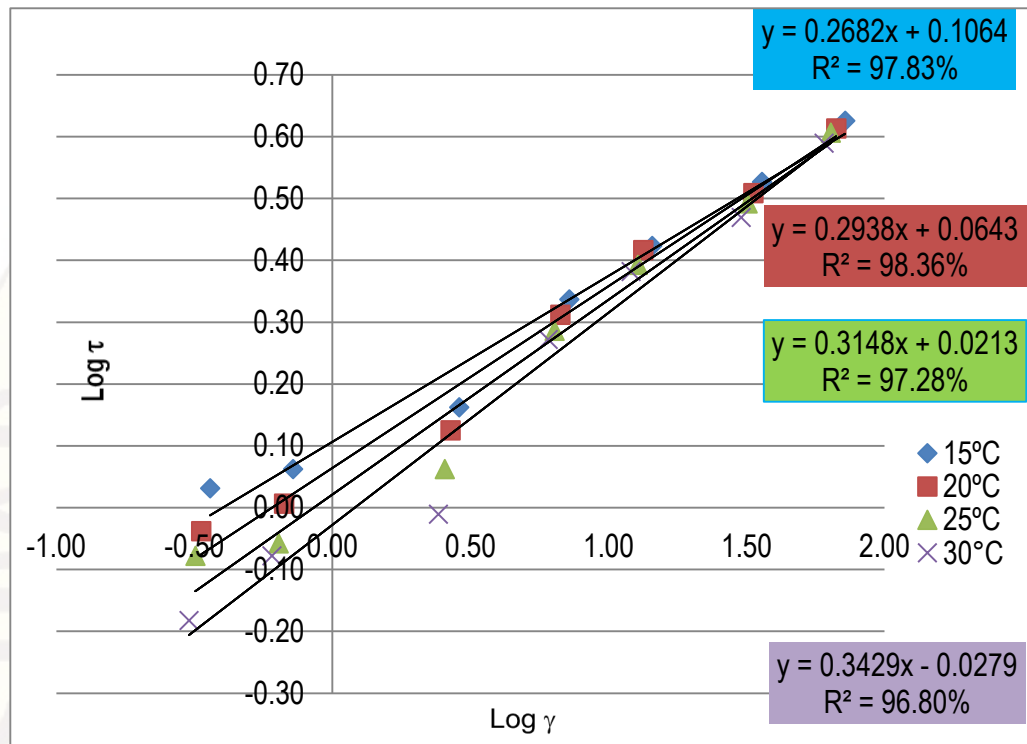


Gráfico 16. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 30°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.

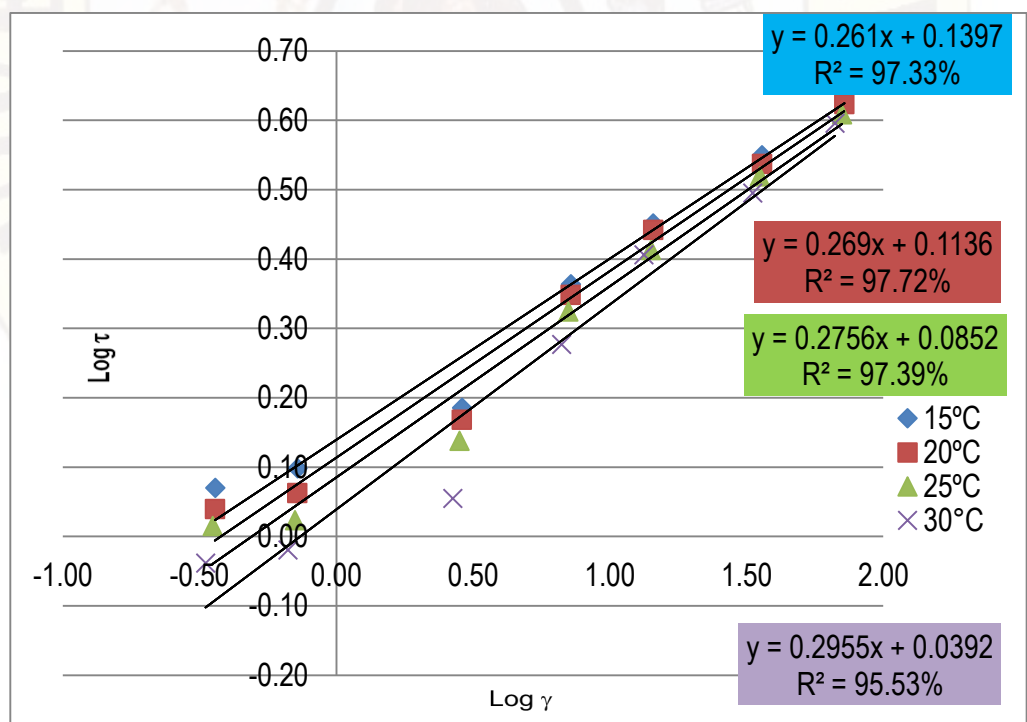


Gráfico 17. Evaluación de parámetros reológicos del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 35°Brix a diferentes temperaturas, modelo Ostwald de Waele.

Tabla 13. Valores de las constantes del modelo Ostwald de Waele para el jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a distintas concentraciones y temperaturas

Grados Brix (°Bx)	T (°C)	Índice de consistencia k (Pa.s ⁿ)	Índice de comportamiento al flujo (n)	R ²	r
18.5	15	0.9867	0.3102	0.9845	0.9922
	20	0.8339	0.3403	0.9816	0.9908
	25	0.6814	0.3651	0.9856	0.9928
	30	0.4188	0.5465	0.9613	0.9805
20	15	1.0965	0.2912	0.9933	0.9966
	20	0.8935	0.3193	0.9967	0.9983
	25	0.8232	0.3111	0.9922	0.9961
	30	0.6182	0.4024	0.9758	0.9878
25	15	1.1606	0.2966	0.9902	0.9951
	20	1.0864	0.3074	0.9844	0.9922
	25	0.9947	0.3293	0.9889	0.9944
	30	0.7905	0.3954	0.9951	0.9975
30	15	1.2776	0.2682	0.9783	0.9891
	20	1.1596	0.2938	0.9836	0.9918
	25	1.0503	0.3148	0.9728	0.9863
	30	0.9378	0.3429	0.968	0.9839
35	15	1.3794	0.261	0.9733	0.9866
	20	1.299	0.269	0.9772	0.9885
	25	1.2167	0.2756	0.9739	0.9869
	30	1.0945	0.2955	0.9553	0.9774

Según se desprende del análisis de los resultados obtenidos para el coeficiente de determinación (R²) todos han resultado superiores al 96.8%. El coeficiente de correlación (r) tiene valores desde 0.9774 hasta 0.9983 que indica una alta relación entre las variables.

En la Tabla 13 se observa que, para una misma concentración en el jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav), el incremento de la temperatura hace que en todas las muestras del índice consistencia muestran disminución. Como se

puede observar, para la concentración de 18.5°Brix, el índice de consistencia disminuye desde 0.9867Pa.sⁿ, para una temperatura de 15°C hasta 0.4188Pa.sⁿ para 30°C. De la misma manera, cuando la concentración de la muestra es de 35°Brix, el índice de consistencia disminuye desde 1.3794Pa.sⁿ, para una temperatura de 15°C hasta 1.0945Pa.sⁿ para 30°C.

El índice de comportamiento al flujo disminuye al incrementarse la concentración, obteniéndose valores de 0,3102 a 0,5465 para la muestra de 18.5°Brix y valores comprendidos entre 0,261 y 0,2955 para 35°Brix. Además se observa que, para una misma concentración, a medida que aumenta la temperatura hay un incremento en el índice de comportamiento al flujo.

4.1.6. Viscosidad aparente corregida del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Los resultados experimentales de la viscosidad aparente han sido corregidos mediante el modelo de Ostwald de Waele por tratarse de un fluido pseudoplástico que sigue la ley de la potencia. Para lo cual se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$\eta_{ap} = k(\dot{\gamma})^{n-1}$$

Los valores calculados se presentan en las Tablas 14, 15, 16, 17 y 18 donde se aprecia que la viscosidad aparente corregida disminuye al incrementar la temperatura a una misma concentración. Así mismo podemos comprobar la disminución de la viscosidad aparente registrada conforme se incrementa la velocidad de deformación y se establece que el flujo corresponde a un comportamiento pseudoplástico.

Tabla 14. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) para una concentración de 18.5°Brix.

Velocidad de rotación N (rpm)	Viscosidad aparente corregida h_{ap} (cP)			
	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	2156.85	1830.74	1499.88	838.33
1.0	1337.12	1158.87	965.9	612.21
4.0	513.89	464.36	400.58	326.49
10.0	273.13	253.71	223.89	215.48
20.0	169.32	160.6	144.18	157.36
50.0	90.00	87.75	80.59	103.85
100.0	55.79	55.54	51.9	75.84

Tabla 15. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) para una concentración de 20°Brix.

Velocidad de rotación N (rpm)	Viscosidad aparente corregida h_{ap} (cP)			
	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	2371.12	1956.06	1799.65	1362.09
1.0	1450.72	1220.31	1116.37	900.14
4.0	543.05	474.95	429.59	393.11
10.0	283.65	254.55	228.51	227.36
20.0	173.55	158.8	141.75	150.25
50.0	90.65	85.11	75.4	86.9
100.0	55.46	53.1	46.77	57.43

Tabla 16. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) para una concentración de 25°Brix.

Velocidad de rotación N (rpm)	Viscosidad aparente corregida η_{ap} (cP)			
	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	2523.97	2373.78	2180.77	1743.44
1.0	1550.03	1468.74	1369.96	1146.58
4.0	584.59	562.29	540.64	495.9
10.0	306.86	298.09	292.42	284.97
20.0	188.45	184.44	183.7	187.41
50.0	98.92	97.78	99.36	107.7
100.0	60.75	60.50	62.42	70.83

Tabla 17. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) para una concentración de 30°Brix.

Velocidad de rotación N (rpm)	Viscosidad aparente corregida η_{ap} (cP)			
	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	2698.59	2514.25	2297.57	2059.4
1.0	1624.96	1541.07	1428.91	1305.97
4.0	589.19	578.96	552.68	525.19
10.0	301.33	303.12	294.99	287.63
20.0	181.45	185.8	183.46	182.4
50.0	92.8	97.28	97.92	99.89
100.0	55.88	59.62	60.9	63.35

Tabla 18. Viscosidad aparente corregida con el método de Ostwald de Waele del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) para una concentración de 35°Brix.

Velocidad de rotación N (rpm)	Viscosidad aparente corregida η_{ap} (cP)			
	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	9273.5	7866.22	6003.1	6136.1
1.0	5397.96	4611.29	3486.57	3539.44
4.0	1828.95	1584.66	1176.1	1177.66
10.0	894.40	782.21	573.45	569.03
20.0	520.61	458.54	333.06	328.23
50.0	254.60	226.34	162.40	158.60
100.0	148.19	132.69	94.32	91.48

las tablas anteriores se aprecia la disminución de la viscosidad aparente a las diferentes temperaturas, lo que indica un comportamiento no newtoniano del jugo de “Puro puro”, además se comprueba que, la disminución de la viscosidad aparente registrada conforme se incrementa la velocidad de deformación, corresponde a un comportamiento pseudoplástico. Como se puede observar, en la Tabla 14 se observa que el jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) con una concentración de 18.5°Brix, a 15°C y una velocidad de rotación de 1.0 rpm la viscosidad aparente es de 1337.12cP, a 30°C y a la misma velocidad de rotación es de 612.21cP; si se incrementa la velocidad de rotación a 50.0 rpm, las

viscosidades disminuyen a 90.00cP y 103.85cP, de igual forma en la Tabla 18 se observa con una concentración de 35°Brix, a 15°C y una velocidad de rotación de 1.0 rpm la viscosidad aparente es de 5397.96cP, a 30°C y a la misma velocidad de rotación es de 3539.44cP; si se incrementa la velocidad de rotación a 50.0 rpm, las viscosidades disminuyen a 254.60cP y 158.60cP respectivamente, cuando se incrementa la concentración en sólidos solubles (°Brix) a una misma temperatura y velocidad de rotación, la viscosidad aparente aumenta. Para una concentración de 18.5°Brix a 25°C y una velocidad de rotación de 4.0 rpm la velocidad aparente es de 400.58cP, a 20°Brix es de 429.59cP, 25°Brix es de 540.64cP, 30°Brix es de 552.68cP y 35°Brix es de 1176.10 cP también se observa en todas las tablas que la viscosidad aparente disminuye a medida que se incrementa la temperatura.

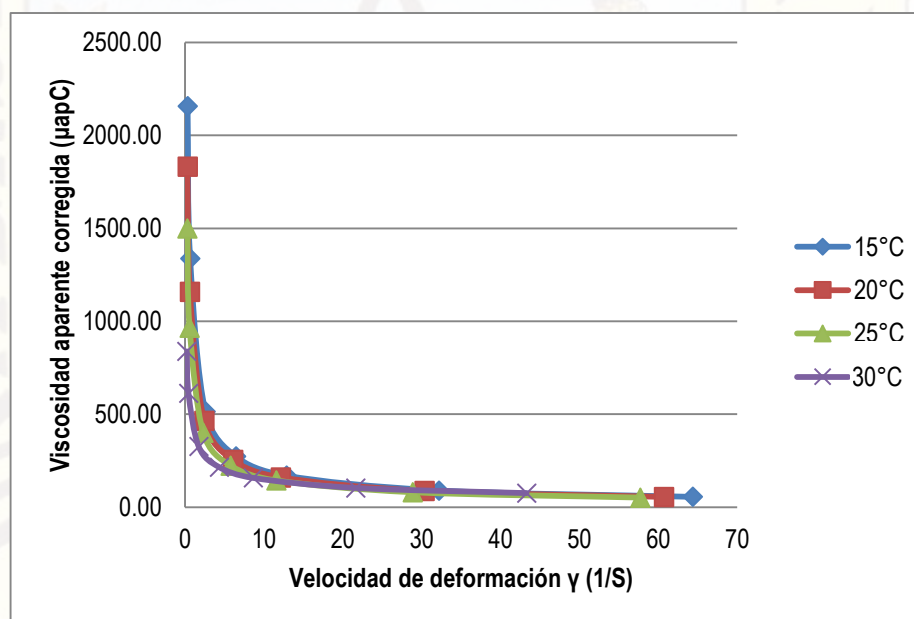


Gráfico 18. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 18.5°Brix en distintas temperaturas.

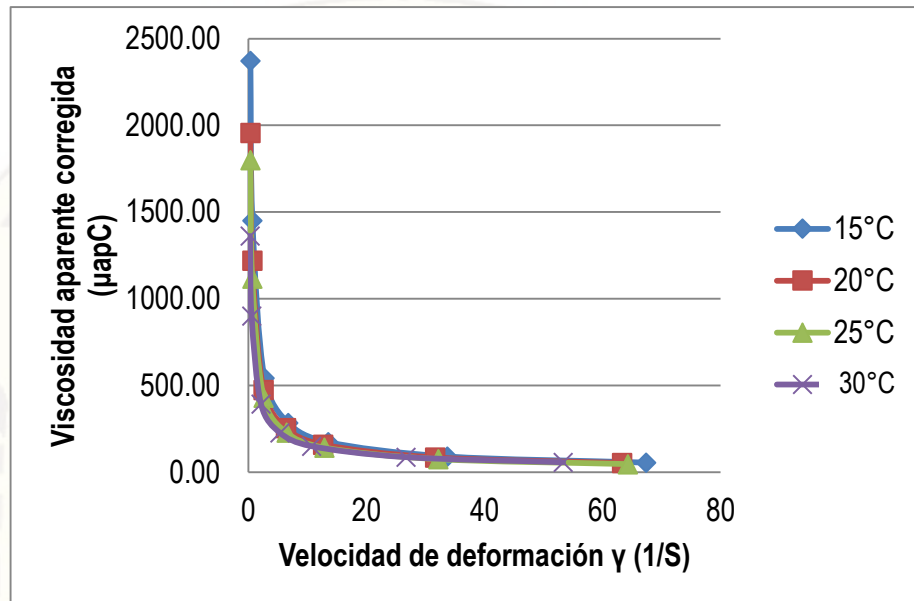


Gráfico 19. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 20°Brix en distintas temperaturas.

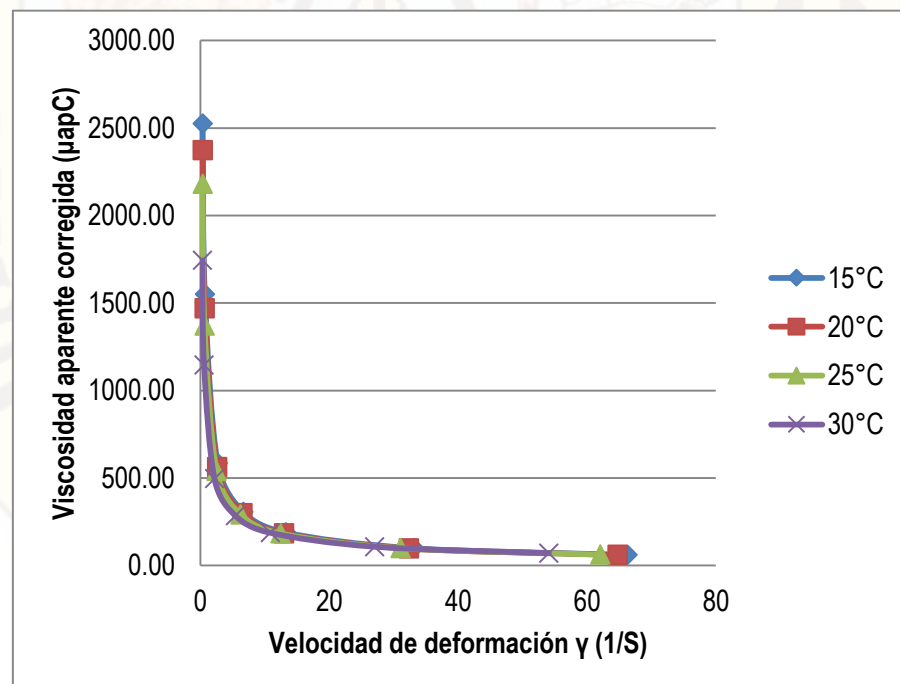


Gráfico 20. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 25°Brix en distintas temperaturas.

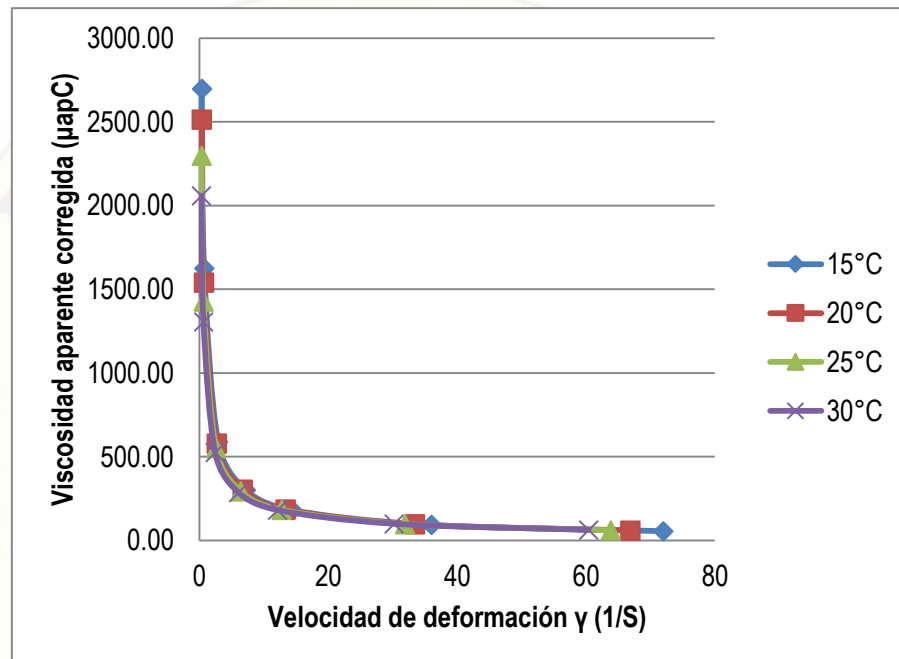
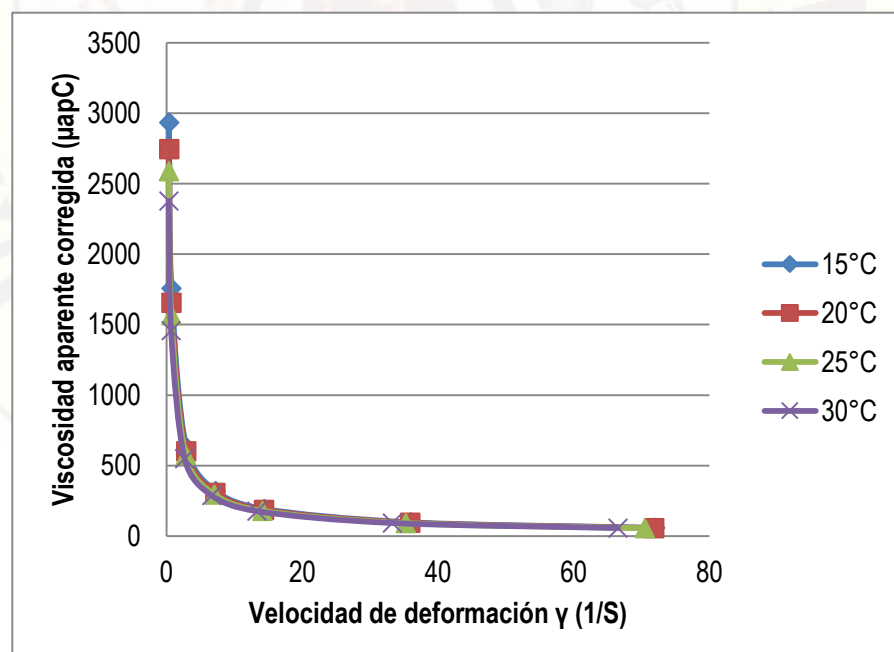


Gráfico 21. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*) a 30°Brix en distintas temperaturas.



Grafica 22. Viscosidad aparente corregida vs velocidad de corte del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*) a 35°Brix en distintas temperaturas.

4.2. Discusión

4.2.1. Referidos a la caracterización taxonomía de la planta de “Puro puro”

(*Passiflora pinnatistipula* Cav)

La identificación taxonómica se realizó según el sistema de clasificación de Croquist (1981), que es lo siguiente:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida,

Sub clase: Dilleniidae,

Orden: Violales

Familia: Passifloraceae

Género: *Passiflora*,

Especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav.

Nombre vulgar: “Puro puro”

Para Martínez *et al.*⁴⁰ las características de morfología macroscópica fácilmente apreciables sirven de base principal para la mayoría de las clasificaciones; no obstante, cuando el estudio comparado se realiza en mayor profundidad, el taxónomo no solo recurre a los caracteres morfológicos sino además examina y evalúa propiedades anatómicas, citológicas, fisiológicas, químicas, etc. Estrictamente hablando, todas son características del fenotipo. En la mayoría de los casos la semejanza genética sigue siendo fundamental para suponer la presencia de una relación. Según Montiel¹⁰ en la clasificación botánica clasifica como: Familia: Passifloraceae, Género: *Pinnatistipula* especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav y conocido con el nombre vulgar: “Tin tin” y otros “Puru puru”, “Tacso”, “Jampac huay y tinko”. Marticorena *et al.*¹¹ menciona que esta planta es de la Familia: Passifloraceae, Especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav, flor de la pasión, pasionaria, corona de cristo y granadilla.

Esta caracterización botánica de Montiel¹⁰ y el nombre en mención de Marticorena *et al.*¹¹ coinciden con la identificación taxonómica realizada, el nombre vulgar no, pero esto puede variar de lugar en lugar, de país en país, como en Chile que lo conocen por otros nombres vulgares y en el Perú de igual manera. El “Puro puro” es una planta que pertenece a la familia: Passifloraceae

por reunir todas las características en tallos (volubles y herbáceos que se enroscan en un soporte), flores (poseen flores vistosas en su forma y color “la pasión de cristo”), hojas estipuladas y frutos, esta planta silvestre fue estudiada y clasificada como (*Passiflora pinnatistipula* Cav).

4.2.2. Referidos a la caracterización fisicoquímica del “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

- De La Cruz *et al.*⁴¹ ha reportado para maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*. Degener), valores en tres zonas y Cabrera⁴² menciona el promedio de las propiedades fisicoquímicas de granadilla, (*Passiflora ligularis* Juss.) que se presentan a continuación:

Tabla 19. Propiedades fisicoquímicas de: “Puro puro”, maracuyá y granadilla

Propiedad fisicoquímica	“Puro puro”	Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>) *			Granadilla (<i>Passiflora ligularis</i> Juss)**
		Zonas (%)			
		alta	media	Baja	
pH	4.5	3.0 ± 0.2	3.5 ± 0.5	2.9 ± 0.1	5.14
% acidez	1.3%	2.0 ± 1.0	2.2 ± 3.4	3.4 ± 0.9	0.47%
% SST	18.5%	15.9 ± 1.4	16 ± 2.0	15.2 ± 2.0	14.87%

De La Cruz *et al**

Cabrera**

“Puro puro” es un fruto que no ha sido investigada pero la maracuyá y la granadilla son parte de la familia *Passiflora* y tienen características físicas parecidas al (*Passiflora pinnatistipula* Cav). En la Tabla 20 el pH es un promedio entre las familias *Passifloras*, la acidez presenta un porcentaje inferior a la maracuyá y superior a la granadilla. Los sólidos solubles presentan un porcentaje superior a las familias debido a su valioso contenido de azúcares totales y un sabor muy dulce. Además su aroma es muy agradable y la cáscara es de color amarillo intenso a naranja, brillante

y fácil de romper, lo que favorece su aceptación en el caso del consumo en fresco.

- Según INCAP⁴³ menciona los valores de granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) en la Tabla 20.

Tabla 20. Comparación de la composición química del “Puro puro”, maracuyá y granadilla (jugo natural dulce).

Composición	“Puro puro”	Maracuyá*	Granadilla*
Humedad	66	85.62	86
Cenizas	3	0.34	0.9
totales			
Grasa total	1.5	0.05	0.1
Proteína cruda	4.5	0.39	1.1
Carbohidratos	25	13.6	11.9
INCAP*			

Se puede contrastar que el jugo de “Puro puro” posee una humedad ligeramente inferior a la maracuyá y granadilla y excelentes características químicas en cuanto al contenido de: cenizas totales en 3 g, grasa total 1.5 g, proteína cruda en 4.5 g y carbohidratos en 25 g (incluido fibra 1.6 g), todos por encima de la familia de *Passiflora*, granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá (*Passiflora edulis*).

Según Collado⁴⁴, menciona que la asociación de zumos y néctares de frutas y vegetales de la unión europea (AIJN) considera que poseen un gran aporte de vitamina B y C; y minerales como potasio calcio y magnesio, lo que contrasta con el contenido experimental obtenido de cenizas o minerales, que son de gran aporte de las pulpas sin ser la excepción el jugo de “Puro puro” que contiene un porcentaje elevado a la granadilla y maracuyá.

4.2.3. Referidos a la capacidad de antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

El jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) posee 5.2 μmol de equi.trolox/g de capacidad antioxidante.

Según Carvajal de Pabón *et al.*⁴⁵ reportaron la capacidad antioxidante (por el método ABTS) del extracto de frutos del género *Passiflora* (Tabla 21):

Tabla 21. Capacidad antioxidante del extracto de frutos del género *Passiflora*

<i>Passifloras</i>	μmol de equi. trolox/100g
Puro puro	5.2
Badea	23.94
Cholupa	15.71
Granadilla	41.85
Granadilla silvestre	10.13
Gulupa	42.34
Maracuyá	27.78

Carvajal de Pabón *et al.**

En la tabla se puede observar que las *Passifloras* por su alto valor de capacidad antioxidante destacan, los cuales se encuentran con valores altos, en relación al “Puro puro”, este se acerca al valor de granadilla silvestre, con este resultado conseguido, la capacidad antioxidante de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) es menor al resto de las *Passifloras*.

Morillas *et al.*⁴⁶ menciona la capacidad antioxidante de los alimentos, expresados en mM TEAC/g de alimento. Todos los productos vegetales evaluados presentan capacidad antioxidante, algunos en mayor grado respecto a los otros. Así, en este estudio las frutas que destacaron, por sus valores de actividad antioxidante fueron tamarillo ($213,67 \pm 0,06$), ciruela ($129,43 \pm 0,51$), betarraga ($145,91 \pm 0,08$), carambola ($119,94 \pm 0,04$) y papaya ($100,97 \pm 0,01$), ello se explica, en parte por los altos niveles de vitamina C o de carotenos que contienen estas

frutas y los productos que evidenciaron menor capacidad antioxidante fueron, el chayote ($8,54 \pm 0,01$), la palta ($29,44 \pm 0,04$)/g y la patata ($32,85 \pm 0,02$); el “Puro puro” mostro muy escasa capacidad antioxidante porque este no posee color natural en el jugo. Kuskoski⁷ determinó la capacidad antioxidante de las pulpas de frutos comerciales congelados. Los valores obtenidos de las pulpas oscilan entre mínimos y máximos de 2,0 y 67,2 $\mu\text{mol/g}$ aplicando el ensayo ABTS, 1,02 y 67,0 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DPPH y 4,2 y 46,6 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DMPD; mientras para el caso “Puro puro” se encuentra entre los valores mínimos de frutos tropicales consumidos en el sur de Brazil.

4.2.4. Referidos a la caracterización del color del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Las muestras se ubicaron en el cuadrante 1 (+a*, +b*) de la gráfica de color, que es el cuadrante que va del color rojo a amarillo. El resultado obtenido es similar en una bebida nutricional de zapallo (*Cucúrbita-máxima*)·avena (*Avena sativa*) y maracuyá (*Passiflora edulis*), las coordenadas de CIELAB (L*, a* y b*) se ubicaron en el primer cuadrante que tiende al color amarillo, demostrando que el zapallo y maracuyá contribuyen a la presencia de carotenoides (vitamina A) Carrasco⁶. También estos datos son muy parecidos a los reportados por Pardo *et al.*⁴⁷ quienes indican que el color de la pulpa fresca de maracuyá (*Passiflora edulis*) se debió principalmente a la contribución amarilla (valor positivo de b) y en menor proporción a la contribución roja (valor positivo de a) y la combinación de ambos arrojó como resultado un color amarillo intenso con tonalidades anaranjadas, debido principalmente a la presencia de pigmentos carotenoides y flavonoides que son generalmente de color amarillo.

4.2.5. Determinación del comportamiento reológicos del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

a. Reograma del jugo de “Puro puro”

Lewis⁴⁸ menciona que, únicamente para fluidos pseudoplásticos, los datos de la fuerza de cizalla aumentan conforme el gradiente de cizalla.

Al incrementar la temperatura, para una misma velocidad de rotación (rpm) disminuye el esfuerzo cortante; haciéndose evidente que, para una misma temperatura y velocidad de rotación (rpm), el esfuerzo cortante toma valores más altos al incrementarse la concentración, para la temperatura de 30°C y una velocidad de 100 rpm para 18.5°Brix el esfuerzo cortante es de 2.45Pa, para 20°Brix es de 2.63Pa, para 25°Brix es de 3.72Pa y para 30°Brix es de 3.88Pa y para 35°Brix es de 3.94Pa. Lo mismo se puede apreciar en la pulpa concentrada de sauco (*Sambucus peruviana* HBK), Breña⁴⁹ quien menciona para la temperatura de 50°C y una velocidad de 100 rpm para 6.5°Brix el esfuerzo cortante es de 0.725Pa, para 15°Brix es de 1.144Pa, para 22°Brix es de 2.623Pa, y para 30°Brix es de 5.050Pa.

El reograma es la expresión gráfica de los datos experimentales del esfuerzo cortante (Pa) en función de la velocidad de deformación (s^{-1}) a diferentes concentraciones estudiadas. En los Gráficos 8, 9, 10, 11 y 12, se observan los reogramas o curvas de fluidez, tienen una forma cóncava típica del comportamiento del flujo no newtoniano, similar a un fluido pseudoplástico.

b. Parámetros reológicos del jugo concentrado de “Puro puro”(*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Se ha hallado que, existe relación lineal de significativa entre el Log τ y el Log $\dot{\gamma}$ para un nivel de confianza de 99%, en los Gráficos 13, 14, 15, 16 y 17. El modelo de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia describe adecuadamente el comportamiento de flujo del jugo de “Puro puro” concentrado, desde el punto de vista práctico, el fluido es pseudoplástico. Este modelo se ha utilizado con éxito por diversos autores para describir el comportamiento al flujo, Breña⁵⁰ pulpa concentrada de sauco (*Sambucus peruviana* HBK), Cárcamo³ pasta de murta, Andrade *et al.*⁴ pulpas de guayabas (*Psidium guajava* L.), Ortega *et al.*⁸ pulpa de mango (*Mangifera indica* L.), Tinoco⁹ pulpa de melón (*cucumis melo*), etc.

Al realizar el análisis de los datos de la Tabla 14, se observa que para una misma concentración, el incremento de temperatura da lugar a una disminución en el índice de consistencia; para la muestra de 18.5°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 0.9867Pa.sⁿ hasta 0.4188Pa.sⁿ; 20°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 1.0965Pa.sⁿ hasta 0.6182Pa.sⁿ; 25°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 1.1606 Pa.sⁿ hasta 0.7905Pa.sⁿ; para 30°Brix el índice de consistencia disminuye desde 1.2776Pa.sⁿ hasta 0.9378Pa.sⁿ, para 35°Brix el índice de consistencia disminuye desde 1.3794Pa.sⁿ hasta 1.0945Pa.sⁿ, comportamiento igual se observa en la pulpa concentrada de sauco, Breña⁴⁹ y pulpa concentrada de melón, Tinoco⁹.

Por otro lado, se observa para una misma temperatura al incrementar la concentración (°Brix); se incrementa el índice de consistencia; a la temperatura de 15°C el índice de consistencia aumenta desde 0.9867Pa.sⁿ hasta 1.3794Pa.sⁿ; 25°C, el índice de consistencia aumenta desde 0.6814Pa.sⁿ hasta 1.2167Pa.sⁿ, el comportamiento similar se observa en la pulpa concentrada de melón (*cucumis melo*) por tinoco⁹, pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) Andrade et al⁵ y en pulpa de aguaymanto, Gamarra⁵⁰ quien menciona para la temperatura de 17°C el índice de consistencia aumenta desde 7.5753Pa.sⁿ hasta 11.9453Pa.sⁿ y 50°C, el índice de consistencia aumenta desde 6.1560Pa.sⁿ hasta 10.1554Pa.sⁿ.

4.2.6. Referido a la viscosidad aparente corregida del jugo concentrada de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)

Los valores calculados se presentan en las Tablas 15, 16, 17, 18 y 19; donde se aprecia que la viscosidad aparente disminuye al aumentar la temperatura, pero a una misma concentración, tal como menciona Sharma et al.¹⁶

La viscosidad va a depender de la velocidad de cizalla y del tiempo de aplicación de la misma, la viscosidad es fuertemente dependiente de la temperatura. La mayoría de los materiales disminuyen su viscosidad con la temperatura; la

dependencia es exponencial y puede haber variaciones de hasta un 10% por cada °C modificado Ramirez¹⁴.

Sin embargo, incrementando la concentración, pero a una misma temperatura y velocidad de rotación la viscosidad aparente aumenta. Se denota a una concentración de 18.5°Brix a 15°C y una velocidad de rotación de 50 rpm la viscosidad aparente es de 90.00cP y para 35°Bríx en las mismas condiciones es de 254.60cP se puede apreciar claramente que la viscosidad aparente incrementa conforme se incrementa la concentración. El mismo hecho similar sucede en la pulpa concentrada de melón⁹ para una concentración de 6.4°Brix a 40°C y una velocidad de rotación de 20 rpm la viscosidad aparente es de 275.2785cP y para 30°Bríx en las mismas condiciones es de 360.9885cP.

La viscosidad aparente presenta un comportamiento similar al índice de consistencia, es decir, que para una determinada concentración la viscosidad aparente disminuye al incrementar la temperatura y con el incremento de la concentración una misma temperatura la viscosidad aumenta.

CONCLUSIONES

- Se determinó la clasificación taxonómica de la planta “Puro puro”, como: **División:** Magnoliophyta, **Clase:** Magnoliopsida, **Sub clase:** Dilleniidae, **Orden:** Violales, **familia:** Passifloraceae, **género:** *Passiflora*, recomendando su utilización con el nombre científico de: (*Passiflora pinnatistipula* Cav) y nombre vulgar: “Puro puro”.
- La capacidad antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) es 5.2 μmol de equi. trolox/g, en comparación a otras familias es inferior. el color se puede explicar cómo la ubicación en el cuadrante 1 (+a*, +b*) de la gráfica de color, que es el cuadrante que va del color rojo a amarillo.
- Las propiedades fisicoquímicas del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) presentó valores de: pH de 4.5, sólidos solubles de 18.5 % y 1.3% de acidez, humedad (66%), proteína cruda (4.5%), grasa cruda (1.5%), cenizas totales (3%), carbohidratos (25%), fibra cruda (1.6%). En tanto el rendimiento del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) fue de 66.67%.
- El comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) en el rango de temperaturas (15, 20, 25 y 30°C) y concentraciones (18.5, 20, 25, 30 y 35 °Brix) estudiadas, es considerado como un fluido pseudoplástico, y se describe según el modelo de la Ley de la Potencia. A 20°Brix y 30°C, obteniéndose un coeficiente de correlación (r) de 98.78%, coeficiente de determinación (R^2) 97.58%, con índice de consistencia (k) entre 0.42 y 1.38 Pa.sⁿ e índice de comportamiento al flujo (n) entre 0.26 y 0.55. Los resultados reportaron que al aumentar la temperatura el índice consistencia disminuye y el índice del comportamiento al flujo aumenta, mientras que al aumentar la concentración el índice de consistencia aumenta y el índice de comportamiento al flujo disminuye, además la viscosidad aparente disminuye a medida que se incrementa la temperatura y aumenta cuando la concentración se incrementa.

RECOMENDACIONES

- Evaluar el estudio del comportamiento reológicos del jugo de “Puro puro” aplicando otros modelos matemáticos como: Herschell – Bulkley, Mizhari Berk y Bingham.
- Utilizar los datos del modelo del comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) en el diseño de sistemas de transporte, selección de bombas y la influencia en la transferencia de calor.
- Realizar la concentración del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav), haciendo uso de equipos o metodologías (nanofiltración, destilación osmótica, osmosis inversa, etc.) que permitan un óptimo control de la temperatura y tiempo de concentración.
- Realizar la extracción de pectina de las cáscaras del fruto de “Puro puro”, existen indicios de que la (*Passiflora pinnatistipula* Cav) pueda contener pectina en la cascara porque algunas especies de la passiflora si las contienen.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Vila E. Efecto de la temperatura y concentración en las propiedades reológicas del zumo de sandía (*Citrullus lanatus*). Revista Prospectiva Universitaria. 2016; 13 (2): 21 – 28.
2. Quintanar MA, Calderón JV. La capacidad antioxidante total: bases y aplicaciones. REB. 2009; 28 (3): 89 – 101. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49016098004>.
3. Cárcamo A. Comportamiento reológico de pasta de murta (*Ugni molinae* Turcz) en estado fresco y congelado. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile; 2005.
4. Andrade P, Ortega F, Montes E, Torres R, Pérez O, Castro M, Gutiérrez L. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades híbrido de klom sali, Puerto Rico, D14 Y RED. RFQF. 2009; 16 (1): 13 – 18. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815393002>.
5. Andrade R, Torres R, Montes E, Pérez O, Restan L y Peña R. Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.). Rev. Fac. Agron. 2009; 26 (4): 1 – 11. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182009000400008&script=sci_arttext
6. Carrasco VI. Aplicación de mezclas de zapallo (*Cucurbita máxima*), avena (*Avena sativa*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) para el desarrollo y elaboración de una bebida nutricional. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2015. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/11984>.
7. Kuskoski E, Asuero G, Troncoso M, Mancini-Filho J, Roseane F. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Campinas 2005; 25(4): 726 – 732.
8. Ortega F, Salcedo E, Arrieta R, Torres R. Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins. Rev. ION. 2015; 28 (2): 79 – 92. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342043860008>.
9. Tinoco L. “Efecto de la temperatura y concentración en el perfil reológico de la pupa de melón (*Cucumis melo*)”. Tarma, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2016.

10. Hernández A, Bernal R. Especies de Passifloraceae de Colombia. Biota Colombiana. 2000; 1 (3): 320 – 335. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/491/49110302.pdf>.
11. Alvarado L. Flora del Valle de Tehuacán – Cuicatlán. Vol. 48. México: Universidad Autónoma de México; 2007.
12. Marticorena A, Alarcón D, Abello L, Atala C. Plantas trepadoras, epífitas y parásitas nativas de Chile. Guía de Campo. Concepción – Chile; Ed. Corporación Chilena de la Madera; 2010. Disponible en: <http://www.chilebosque.cl/guiatrepadoras.html>.
13. Montiel N. Tin tin (*Passiflora pinnatistipula* Cav). Cusco – Perú: Programa Nacional de Innovación en Recursos Genéticos y Biotecnología de la Estación Experimental Agraria Andenes; 2014. Disponible en: <http://studylib.es/doc/5288119/tin-tin-passiflora-pinnatistipula-cav>.
14. Ramírez JS. Introducción a la Reología de los alimentos. Rev. ReCiTelA. 2006; 6 (1): 1 – 46. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos.
15. Woyzechowsky L. “Estudio de reología y transformación del almidón de maíz en un reómetro capilar”. Barranquilla, Colombia: Universidad Simón Bolívar; 2002.
16. Sharma K, Mulvaney J, Rizvi H. Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. New York – USA: Limusa Wiley S.A.; 2007.
17. Barnes H. A handbook of elementary Rheology. Aberystwyth – Gales: University of Wales Press; 2000.
18. Tovar E. “Evaluación de las propiedades reológicas de pulpas de frutas y productos derivados en una planta procesadora de jugos”. Anzoátegui, Venezuela: Universidad del Oriente; 2010. Disponible en: <http://ri2.bib.udo.edu.ve/handle/123456789/4477>.
19. Branco I. “Estudio del Comportamiento Reológico del Jugo de Naranja” Universidad Estatal de Campiña. 2001.
20. González S. Diseño mecánico de un equipo para medida de la viscosidad en fluidos no newtonianos. Cartagena, Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena; 2009.
21. Panchi A. “Determinación de parámetros reológicos en bebidas de frutas con diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo universal TA – XT2i”. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>.

22. RHA, CH. Rheology of fluid foods. Food Technol. 1978. 32(7): 77- 82.
23. Zhongying W, Songran T. Casson Rheological Model in Drilling Fluid Mechanics. Paper SPE 10564-presentado en "International Petroleum Exhibition and Technical Symposium". Beijing, marzo. 1982.
24. Bedoya M, Cardona L. "Estudio comparativo de modelos reológicos para lodos de perforación". Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
25. Charm, S. E. 1981. Fundamentals of Food Engineering. 3rd Westport; Connecticut. AVI Pub, Co. Inc. p: 54 – 69.
26. Cheftiel J. "Introducción a la bioquímica de los alimentos". Vol. II. 1da ed. Editorial Acribia.
27. Blasco A. "Fluidos puramente viscosos área de mecánica de Fluidos". Curso de reología aplicada. Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza – España
28. Quispe M. "Evaluación de antocianinas totales y actividad antioxidante en pulpa concentrada del fruto zarzamora silvestre sp. con diferente grado de maduración". Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2011.
29. García A. "Evaluación *in vitro* e *in vivo* de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes". Murcia, España: Universidad de Murcia; 2005.
30. Agostini L, Morón M, Ramón A, Gómez A. Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2004; 54 (1): 89 – 92.
31. Ames N, Shigenaga K, Hagen M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging. J. Proc Natl Acad Sci USA 1993; 90 (17): 7915 – 7922.
32. Oliveira – Bardales G. tomado de "Capacidad antioxidante de *Averrhoa carambola* L. (carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres". Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2104. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3943>.
33. Arribas M. La importancia del color en los alimentos. Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL), CSIC-UAM. (Citado 10 Feb 2018); disponible en: http://www.revistaalimentaria.es/fotos_noticias/PDF4752.pdf
34. Acero C, reforma y desarrollo. Ulloa A. Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. 1ª ed. México. 2007: pág. 121.

35. Hernández S, Fernández C, Baptista L. Metodología de la investigación. 1ª ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2006.
36. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 16th Edition. 4th Revision. Sidney Willians, Arlington, Virginia. USA. 1998; 1236 p.
37. Meyer M. Control de calidad de productos agropecuarios. México DF– México: Editorial Trillas; 1986.
38. Arnao M, Cano A, Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chemistry. 2001; 73: 239 – 244.
39. Mortimer C. Química. 5ª ed. México: Grupo Editorial Iberoamerica; 1983.
40. Martínez M, Di Sapio O, Cargo J, Scandizzi A, Taleb L, Campagna M. Principios de botánica sistemática. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario; 2014.
41. De la Cruz J, Vargas M, Del Ángel O, García HS. Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis Sims var. flavicarpa. Degener*), para tres cultivares de Veracruz México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2010; 11 (2): 130 – 142. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81315809004.pdf>.
42. Cabrera C. “Caracterización de las propiedades físicas y químicas del fruto de granadilla, *Passiflora ligularis* Juss”. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del norte: 2006.
43. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (INCAP). 2ª ed. Guatemala: 2007. (actualizado en 2012; citado el 15 abr 2018). Disponible en: http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica.
44. Collado J. “Identificación de los polifenoles en zumos de frutas rojas”, Colombia – Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena; 2011.
45. Carvajal de Pabón L, Turbay S, Rojano B, Álvarez LM, Restrepo SL, Álvarez JM, Bonilla KC, Ochoa C, Sánchez N. Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2011; 16 (4): 354 – 363. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v16n4/pla07411.pdf>

46. Morillas R, Delgado A. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalario*. (citado 30 Mayo 2018); (1) 1 – 112. Disponible en: <http://www.nutricion.org>.
47. Pardo J, Matute N, Echavarría A. Determinación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de la pulpa de maracuyá (*passiflora edulis*). *FCASalud*. 2017;(1)1:1-7.
48. Lewis M. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza – España: Editorial Acribia S. A.; 1993.
49. Breña J. “Efecto de la concentración en el perfil reológico de la pulpa de sauco (*Sambucus peruviana* HBK)”. Tarma, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013.
50. Gamarra H. “Caracterización del comportamiento reológico de pulpa de aguaymanto (*physalis peruviana* L.), a diferentes concentraciones y temperaturas”. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013.

ARTICULO CIENTÍFICO

“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, FISICOQUÍMICAS Y COMPORTAMIENTO REOLOGICO DEL JUGO DE PURO PURO (*Passiflora pinnatistipula Cav*)”

Tesista: Sandra DE LA CRUZ PIHUE

Asesor: Mg. Alfonso RUÍZ RODRIGUEZ

Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Acobamba-Huancavelica-Perú 2018.
Sandrapihue.12@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro de la investigación de tecnología de procesos agroindustriales alimentarios, teniendo como objetivo evaluar la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*), proveniente de la comunidad de Pamuri, provincia de Tayacaja, Huancavelica. La caracterización fisicoquímica fue realizada empleando el método de AOAC teniendo como resultado de: humedad (66.00%), cenizas (3.00%), grasa (1.50%), proteínas (4.50%), carbohidratos (25.0%), energía total 100.00%, 4.5 de pH, (1.3%) de acidez total y (18.5%) de sólidos solubles. El color se determinó en el colorímetro KONICA MINOLTA CR-40, en escala Cielab (a, L y b) fue: L* (34.5), a* (1.2), b (4.4), C* (4.5) y h* (74.3). La capacidad antioxidante, método Arnao. M. (2001), se presentó en el orden de 5.2 μmol de equi. trolox/g, ABTS. El análisis reológico, donde las muestras se llevaron a 5 concentraciones de (18.5, 20, 25, 30 y 35°Brix) y 4 temperaturas de (15, 20, 25 y 30°C), utilizando un viscosímetro Brookfield DVIII Ultra, con Spindle N° 2, a través del método de conversión de Mitschka. El jugo de “Puro puro” a diferentes concentraciones y temperaturas mostro un comportamiento de flujo no newtoniano de tipo pseudoplástico, ajustándose al modelo de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia. A 20°Brix y 30°C, obteniéndose un coeficiente de correlación (r) de 98.78%, coeficiente de determinación (R^2) 97.58%, con índice de consistencia (k) entre 0.42 y 1.38 Pa.s^n e índice de comportamiento al flujo (n) entre 0.26 y 0.55. Los resultados reportaron que al aumentar la temperatura el índice consistencia disminuye y el índice del comportamiento al flujo aumenta, mientras que al aumentar la concentración el índice de consistencia aumenta y el índice de comportamiento

al flujo disminuye, además la viscosidad aparente disminuye a medida que se incrementa la temperatura y aumenta cuando la concentración se incrementa.

Palabras Claves: *Passiflora pinnatistipula* Cav, capacidad antioxidante, comportamiento reológico y fluido pseudoplástico.

ABSTRACT

Present work is part of the research agroindustrial food process technology, with the objective of evaluating the antioxidant capacity, physicochemical properties and rheological behavior of "Puro puro" juice (*Passiflora pinnatistipula* Cav), from the community Pamuri, province Tayacaja, Huancavelica. Physicochemical characterization was carried out using the AOAC method resulting in: humidity (66.00%), ash (3.00%), fat (1.50%), proteins (4.50%), carbohydrates (25.0%), total energy 100.00%, pH 4.5, (1.3%) of total acidity and (18.5%) of soluble solids. Color was determined in KONICA MINOLTA CR-40 colorimeter, on the Cielab scale (a, L and b) it was L * (34.5), a * (1.2), b (4.4), C * (4.5) and h * (74.3). Antioxidant capacity, Arnao method. M. (2001), was presented in the order of 5.2 μmol equi. trolox/g, ABTS. Rheological analysis, where the samples were taken to 5 concentrations of (18.5, 20, 25, 30 and 35°Brix) and 4 temperatures of (15, 20, 25 and 30°C), using a Brookfield DVIII Ultra viscometer, with Spindle No. 2, through Mitschka conversion method. Juice "Puro puro" at different concentrations and temperatures showed a non-Newtonian flow behavior of pseudoplastic type, adjusting to Ostwald de Waele model or Law of Power. To 20°Brix and 30°C, obtaining a correlation coefficient (r) of 98.78%, coefficient of determination (R^2) 97.58%, with a consistency index (k) between 0.42 and 1.38Pa.s and index of flow behavior (n) between 0.26 and 0.55. Results reported that as temperature increases consistency index decreases and flow behavior index increases, while increasing concentration consistency index increases and flow behavior index decreases, besides apparent viscosity decreases as it increases. Increases temperature and increases when the concentration increases.

Key words: *Passiflora pinnatistipula* Cav, antioxidant capacity, rheological behavior and pseudoplastic fluid.

INTRODUCCIÓN

La reología en el área de los alimentos es un amplio campo de estudio por numerosas razones, en ella se han realizado importantes investigaciones y utilizando instrumentos para analizar y modelar el comportamiento de los alimentos fluidos. En la presente tesis se realizó la determinación de la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav). El “Puro puro” es un fruto silvestre de la sierra, que aún no ha sido ampliamente estudiada y sin un valor agregado para su procesamiento. A nivel nacional e internacional se viene incrementándose el consumo de frutos naturales y silvestres, que tienen preferencia por su capacidad antioxidante, aroma característico y propiedades funcionales, que en el futuro se industrializará a mayor escala; para ello, es necesario conocer el comportamiento reológico de los fluidos alimenticios como el jugo de “Puro puro”, debido a su muy escasa información. Los modelos de comportamiento reológico han sido considerados como una herramienta analítica para proveer información fundamental de la estructura de los alimentos y juega un papel importante en el comportamiento de flujos. Por lo mencionado, se sabe la importancia de la reología, es por eso que en la presente investigación se muestra el comportamiento reológico del jugo de “Puro puro”, (*Passiflora pinnatistipula* Cav), a los siguientes parámetros de concentración que fueron de 18.5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix, las temperaturas utilizadas fueron de 15°C, 20°C, 25°C y 30°C, utilizando el viscosímetro rotacional de Brookfield DVIII Ultra, con Spindle N° 2 de fácil manejo y de uso para alimentos. La metodología de Mitschka fue utilizada por Vila¹ quien menciona que, la determinación del esfuerzo cortante y la velocidad de corte, a partir de los cuales se puede determinar el índice de consistencia (k) y el índice de comportamiento de flujo (n). De la misma manera, se tiene por objetivo evaluar la capacidad antioxidante que es un sistema de defensa biológica contra los radicales libres (RL) y otras especies reactivas, con el fin de impedir su formación; por otro lado, neutralizarlos una vez formado². Con el equipo colorímetro KONICA MINOLTA CR-410 se caracterizó el color del jugo, y la capacidad antioxidante se basó en la reducción del radical libre estable: 2,2'-azino-bis.

PARTE EXPERIMENTAL

El fruto de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav), fue proveniente de la comunidad de Pamuri, distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja y departamento de Huancavelica. La

información fue recopilada, procesada y sistematizada en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Huancavelica sede Acobamba. El tipo de investigación es aplicada, nivel de investigación fue descriptivo, método de investigación fue el método hipotético-deductivo y el diseño de investigación es no experimental ya que recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único.

- **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- **Análisis taxonómico de la planta de “Puro puro”:** método recomendado según el sistema de clasificación de Cronquist (1981).
- **Análisis de color:** método de parámetros de color en CIELAB (a, L y b). Determinado por el colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-10, promedio de 40 lecturas por muestra.
- **Análisis fisicoquímica**
 - Determinación de pH:** método recomendado por AOAC.³⁶
 - Determinación de acidez titulable:** método recomendado por AOAC.³⁶
 - Determinación de sólidos solubles (°Brix):** método refractómetro recomendado por Meyer.³⁷
- **Análisis de química-proximal**
 - Determinación de humedad:** AOAC 19th Edition 2012.925.10
 - Determinación de cenizas:** AOAC 19th Edition 2012.923.03
 - Determinación de grasa:** AOAC 19th Edition 2012.922.06
 - Determinación de proteína:** AOAC 19th Edition 2012.920.87
 - Determinación de fibra:** AOAC 19th Edition 2012.920.86
 - Determinación de carbohidratos:** por cálculo tabla de composición de alimentos 2009 – INS.
- **Análisis de la capacidad antioxidante:** método Arnao³⁸ basado en la reducción del radical libre estable.
- **Análisis del comportamiento reológico:** método de conversión de Mitschka (1982) para lo cual se procesaron los datos dados por el equipo viscosímetro rotacional de BROOKFIELD DV III PLUS.

RESULTADO Y DISCUSION

- Caracterización taxonómica de la planta**

Según Montiel¹⁰ en la clasificación botánica clasifica como: Familia: Passifloraceae, Género: Pinnatistipula especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav y conocido con el nombre vulgar: “Tin tin” y otros “Puru puru”, “Tacso”, “Jampac huay y tinko”. Marticorena et al¹¹ menciona que esta planta es de la Familia: Passifloraceae, Especie: *Passiflora pinnatistipula* Cav, flor de la pasión, pasionaria, corona de cristo y granadilla. Esta caracterización botánica de Montiel¹⁰ y el nombre en mención de Marticorena et al.¹¹ coinciden con la identificación taxonómica realizada, el nombre vulgar no, pero esto puede variar de lugar en lugar, de país en país, como en Chile que lo conocen por otros nombres vulgares y en el Perú de igual manera. El “Puro puro” es una planta que pertenece a la familia: Passifloraceae por reunir todas las características en tallos (volubles y herbáceos que se enroscan en un soporte), flores (poseen flores vistosas en su forma y color “la pasión de cristo”), hojas estipuladas y frutos, esta planta silvestre fue estudiada y clasificada como (*Passiflora pinnatistipula* Cav).

- Caracterización fisicoquímica de “Puro puro”**

De La Cruz et al.⁴¹ ha reportado para maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa* Degener), valores en tres zonas y Cabrera⁴² menciona el promedio de las propiedades fisicoquímicas de granadilla, (*Passiflora ligularis* Juss) que se presentan a continuación:

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de: “Puro puro”, maracuyá y granadilla

Propiedad físicoquímica	“Puro puro”	Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>) *			Granadilla (<i>Passiflora ligularis Juss</i>)**
		Zonas (%)			
		alta	media	Baja	
pH	4.5	3.0 ± 0.2	3.5 ± 0.5	2.9 ± 0.1	5.14
% acidez	1.3%	2.0 ± 1.0	2.2 ± 3.4	3.4 ± 0.9	0.47%
% SST	18.5%	15.9 ± 1.4	16 ± 2.0	15.2 ± 2.0	14.87%

De La Cruz et al*

Cabrera**

“Puro puro” es un fruto que no ha sido investigada pero la maracuyá y la granadilla son parte de la familia *Passiflora* y tienen características físicas parecidas al

(*Passiflora pinnatistipula* Cav). En la Tabla 1 el pH es un promedio entre las familias *Passifloras*, la acidez presenta un porcentaje inferior a la maracuyá y superior a la granadilla. Los sólidos solubles presentan un porcentaje superior a las familias debido a su valioso contenido de azúcares totales y un sabor muy dulce. Además su aroma es muy agradable y la cáscara es de color amarillo intenso a naranja, brillante y fácil de romper, lo que favorece su aceptación en el caso del consumo en fresco.

- Según INCAP⁴³ menciona los valores de granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de la composición química del “Puro puro”, maracuyá y granadilla (jugo natural dulce).

Composición	“Puro puro”	Maracuyá*	Granadilla*
Humedad	66	85.62	86
Cenizas totales	3	0.34	0.9
Grasa total	1.5	0.05	0.1
Proteína cruda	4.5	0.39	1.1
Carbohidratos	25	13.6	11.9
INCAP*			

Se puede contrastar que el jugo de “Puro puro” posee una humedad ligeramente inferior a la maracuyá y granadilla y excelentes características químicas en cuanto al contenido de: cenizas totales en 3 g, grasa total 1.5 g, proteína cruda en 4.5 g y carbohidratos en 25 g (incluido fibra 1.6 g), todos por encima de la familia de *Passiflora*, granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). Según Collado⁴⁴, menciona que la asociación de zumos y néctares de frutas y vegetales de la unión europea (AIJN) considera que poseen un gran aporte de vitamina B y C; y minerales como potasio calcio y magnesio, lo que contrasta con el contenido experimental obtenido de cenizas o minerales, que son de gran aporte de las pulpas sin ser la excepción el jugo de “Puro puro” que contiene un porcentaje elevado a la granadilla y maracuyá.

- **Capacidad de antioxidante del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)**

Según Carvajal de Pabón *et al.*⁴⁵ reportaron la capacidad antioxidante (por el método ABTS) del extracto de frutos del género *Passiflora* (Tabla 3):

Tabla 3. Capacidad antioxidante del extracto de frutos del género *Passiflora*

<i>Passifloras</i>	$\mu\text{mol de equi.trolox/100 g}$
Puro puro	5.2
Badea	23.94
Cholupa	15.71
Granadilla	41.85
Granadilla silvestre	10.13
Gulupa	42.34
Maracuyá	27.78

Carvajal de Pabón *et al.**

En la tabla se puede observar que las *Passifloras* por su alto valor de capacidad antioxidante destacan, los cuales se encuentran con valores altos, en relación al “Puro puro”, este se acerca al valor de granadilla silvestre, con este resultado conseguido, la capacidad antioxidante de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) es menor al resto de las *Passifloras*.

Morillas *et al.*⁴⁶ menciona la capacidad antioxidante de los alimentos, expresados en mM TEAC/g de alimento. Todos los productos vegetales evaluados presentan capacidad antioxidante, algunos en mayor grado respecto a los otros. Así, en este estudio las frutas que destacaron, por sus valores de actividad antioxidante fueron tamarillo ($213,67 \pm 0,06$), ciruela ($129,43 \pm 0,51$), betarraga ($145,91 \pm 0,08$), carambola ($119,94 \pm 0,04$) y papaya ($100,97 \pm 0,01$), ello se explica, en parte por los altos niveles de vitamina C o de carotenos que contienen estas frutas y los productos que evidenciaron menor capacidad antioxidante fueron, el chayote ($8,54 \pm 0,01$), la palta ($29,44 \pm 0,04$)/g y la patata ($32,85 \pm 0,02$); el “Puro puro” mostro muy escasa capacidad antioxidante porque este no posee color natural en el jugo. Kuskoski⁷ determinó la capacidad antioxidante de las pulpas de frutos comerciales congelados. Los valores

obtenidos de las pulpas oscilan entre mínimos y máximos de 2,0 y 67,2 $\mu\text{mol/g}$ aplicando el ensayo ABTS, 1,02 y 67,0 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DPPH y 4,2 y 46,6 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DMPD; mientras para el caso “Puro puro” se encuentra entre los valores mínimos de frutos tropicales consumidos en el sur de Brazil.

- **Caracterización del color del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)**

Las muestras se ubicaron en el cuadrante 1 (+a*, +b*) de la gráfica de color, que es el cuadrante que va del color rojo a amarillo. El resultado obtenido es similar en una bebida nutricional de zapallo (*Cucúrbita-máxima*), avena (*Avena sativa*) y maracuyá (*Passiflora edulis*), las coordenadas de CIELAB (L*, a* y b*) se ubicaron en el primer cuadrante que tiende al color amarillo, demostrando que el zapallo y maracuyá contribuyen a la presencia de carotenoides (vitamina A) Carrasco⁶. También estos datos son muy parecidos a los reportados por Pardo *et al.*⁴⁷ quienes indican que el color de la pulpa fresca de maracuyá (*Passiflora edulis*) se debió principalmente a la contribución amarilla (valor positivo de b) y en menor proporción a la contribución roja (valor positivo de a) y la combinación de ambos arrojó como resultado un color amarillo intenso con tonalidades anaranjadas, debido principalmente a la presencia de pigmentos carotenoides y flavonoides que son generalmente de color amarillo.

- **Comportamiento reológicos del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav)**

- **Reograma del jugo de “Puro puro”**

Lewis⁴⁸ menciona que, únicamente para fluidos pseudoplásticos, los datos de la fuerza de cizalla aumentan conforme el gradiente de cizalla.

Al incrementar la temperatura, para una misma velocidad de rotación (rpm) disminuye el esfuerzo cortante; haciéndose evidente que, para una misma temperatura y velocidad de rotación (rpm), el esfuerzo cortante toma valores más altos al incrementarse la concentración, para la temperatura de 30°C y una velocidad de 100 rpm para 18.5°Brix el esfuerzo cortante es de 2.45Pa, para 20°Brix es de 2.63Pa, para 25°Brix es de 3.72Pa y para 30°Brix es de 3.88Pa y para 35°Brix es de 3.94Pa. Lo mismo se puede apreciar en la pulpa concentrada de sauco (*Sambucus peruviana* HBK), Breña⁴⁹ quien menciona para la

temperatura de 50°C y una velocidad de 100 rpm para 6.5°Brix el esfuerzo cortante es de 0.725Pa, para 15°Brix es de 1.144Pa, para 22°Brix es de 2.623Pa, y para 30°Brix es de 5.050Pa. El reograma es la expresión gráfica de los datos experimentales del esfuerzo cortante (Pa) en función de la velocidad de deformación (s^{-1}) a diferentes concentraciones estudiadas. En las Gráficos 1, 2, 3, 4 y 5, se observan los reogramas o curvas de fluidez, tienen una forma cóncava típica del comportamiento del flujo no newtoniano, similar a un fluido pseudoplástico.

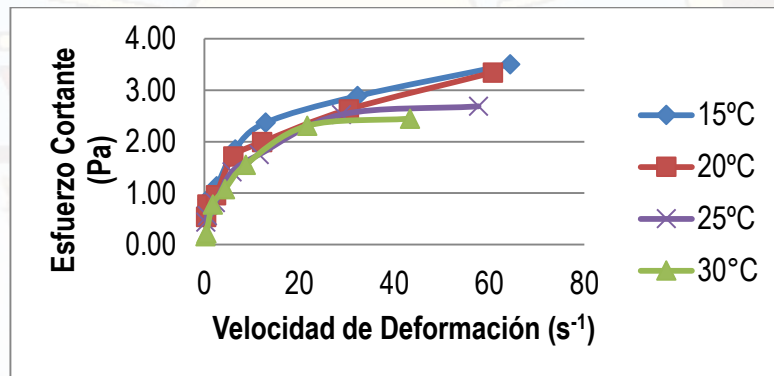


Gráfico 1. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*) a 18.5°Brix a diferentes temperaturas.

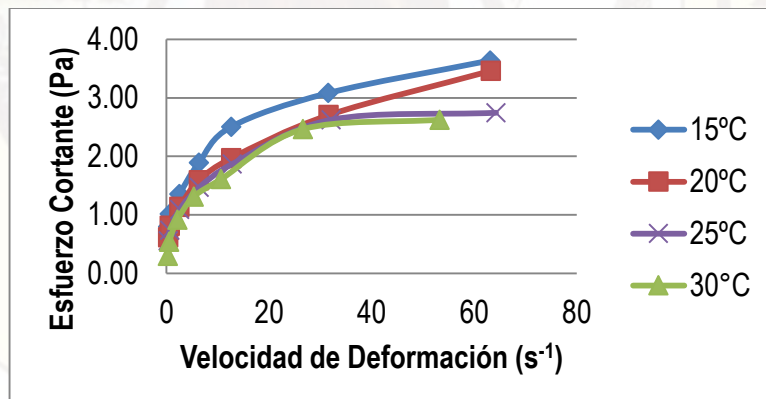


Gráfico 2. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula Cav*) a 20°Brix a diferentes temperaturas.

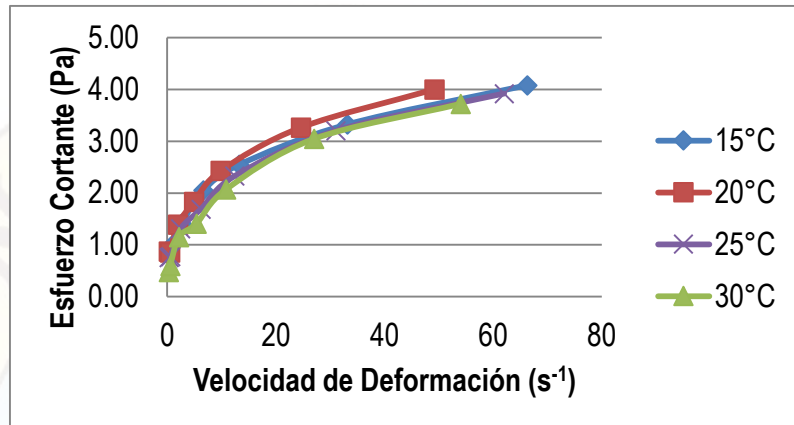


Gráfico 3. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 25°Brix a diferentes temperaturas.

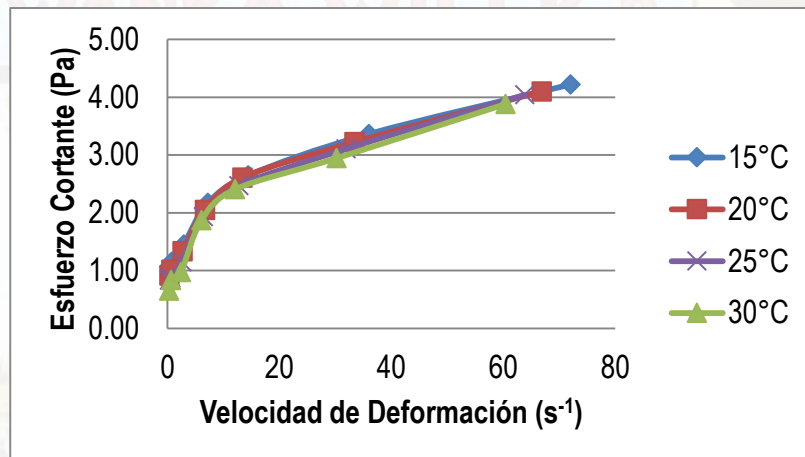


Gráfico 4. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 30°Brix a diferentes temperaturas.

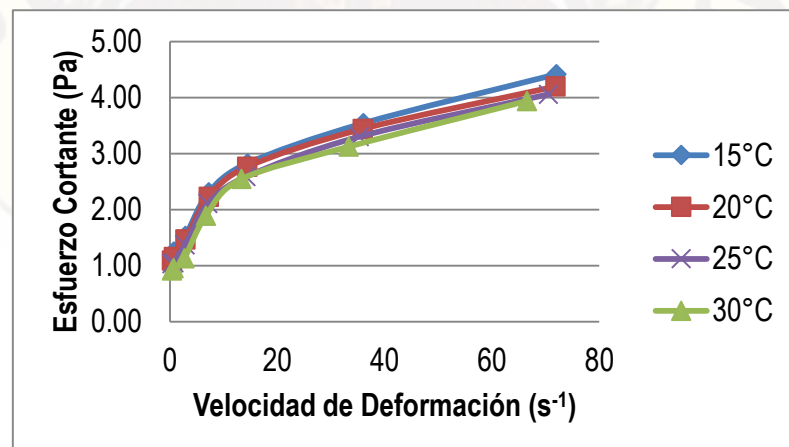


Gráfico 5. Comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a 35°Brix a diferentes temperaturas.

- **Parámetros reológicos del jugo concentrado**

Se ha hallado que, existe relación lineal de significativa entre el Log τ y el Log $\dot{\gamma}$ para un nivel de confianza de 99%. El modelo de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia describe adecuadamente el comportamiento de flujo del jugo de “Puro puro” concentrado, desde el punto de vista práctico, el fluido es pseudoplástico. Este modelo se ha utilizado con éxito por diversos autores para describir el comportamiento al flujo, Breña⁵⁰ pulpa concentrada de sauco (*Sambucus peruviana* HBK), Cárcamo³ pasta de murta, Andrade *et al.*⁴ pulpas de guayabas (*Psidium guajava* L.), Ortega *et al.*⁸ pulpa de mango (*Mangifera indica* L.), Tinoco⁹ pulpa de melón (*cucumis melo*), etc.

Tabla 4. Valores de las constantes del modelo Ostwald de Waele para el jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) a distintas concentraciones y temperaturas.

Grados Brix (°Bx)	T (°C)	Índice de consistencia k (Pa.s ⁿ)	Índice de comportamiento al flujo (n)	R ²	r
18.5	15	0.9867	0.3102	0.9845	0.9922
	20	0.8339	0.3403	0.9816	0.9908
	25	0.6814	0.3651	0.9856	0.9928
	30	0.4188	0.5465	0.9613	0.9805
20	15	1.0965	0.2912	0.9933	0.9966
	20	0.8935	0.3193	0.9967	0.9983
	25	0.8232	0.3111	0.9922	0.9961
	30	0.6182	0.4024	0.9758	0.9878
25	15	1.1606	0.2966	0.9902	0.9951
	20	1.0864	0.3074	0.9844	0.9922
	25	0.9947	0.3293	0.9889	0.9944
	30	0.7905	0.3954	0.9951	0.9975
30	15	1.2776	0.2682	0.9783	0.9891
	20	1.1596	0.2938	0.9836	0.9918
	25	1.0503	0.3148	0.9728	0.9863
	30	0.9378	0.3429	0.968	0.9839

35	15	1.3794	0.261	0.9733	0.9866
	20	1.299	0.269	0.9772	0.9885
	25	1.2167	0.2756	0.9739	0.9869
	30	1.0945	0.2955	0.9553	0.9774

Al realizar el análisis de los datos de la Tabla 4, se observa que para una misma concentración, el incremento de temperatura da lugar a una disminución en el índice de consistencia; para la muestra de 18.5°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 0.9867Pa.sⁿ hasta 0.4188Pa.sⁿ; 20°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 1.0965Pa.sⁿ hasta 0.6182Pa.sⁿ; 25°Bríx, el índice de consistencia disminuye desde 1.1606Pa.sⁿ hasta 0.7905Pa.sⁿ; para 30°Brix el índice de consistencia disminuye desde 1.2776Pa.sⁿ hasta 0.9378Pa.sⁿ, para 35°Brix el índice de consistencia disminuye desde 1.3794Pa.sⁿ hasta 1.0945Pa.sⁿ, comportamiento igual se observa en la pulpa concentrada de sauco, Breña⁴⁹ y pulpa concentrada de melón, Tinoco⁹.

Por otro lado, se observa para una misma temperatura al incrementar la concentración (°Brix); se incrementa el índice de consistencia; a la temperatura de 15°C el índice de consistencia aumenta desde 0.9867Pa.sⁿ hasta 1.3794Pa.sⁿ; 25°C, el índice de consistencia aumenta desde 0.6814Pa.sⁿ hasta 1.2167Pa.sⁿ, el comportamiento similar se observa en la pulpa concentrada de melón (*cucumis melo*) por tinoco⁹, pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) Andrade et al⁵ y en pulpa de aguaymanto, Gamarra⁵⁰ quien menciona para la temperatura de 17°C el índice de consistencia aumenta desde 7.5753Pa.sⁿ hasta 11.9453Pa.sⁿ y 50°C, el índice de consistencia aumenta desde 6.1560Pa.sⁿ hasta 10.1554Pa.sⁿ.

CONCLUSIONES

Se determinó la clasificación taxonómica de la planta "Puro puro", como: **división:** magnoliophyta, **clase:** magnoliopsida, **sub clase:** dilleniidae, **orden:** violales, **familia:** passifloraceae, **género:** *passiflora*, recomendando su utilización con el nombre científico de: (*Passiflora pinnatistipula* Cav) y nombre vulgar: "Puro puro". La capacidad antioxidante del jugo de "Puro puro" (*Passiflora pinnatistipula* Cav) es 5.2 μ mol de equi. trolox/g. El color se puede explicar cómo la ubicación en el cuadrante 1 (+a*, +b*) de la gráfica de color, que

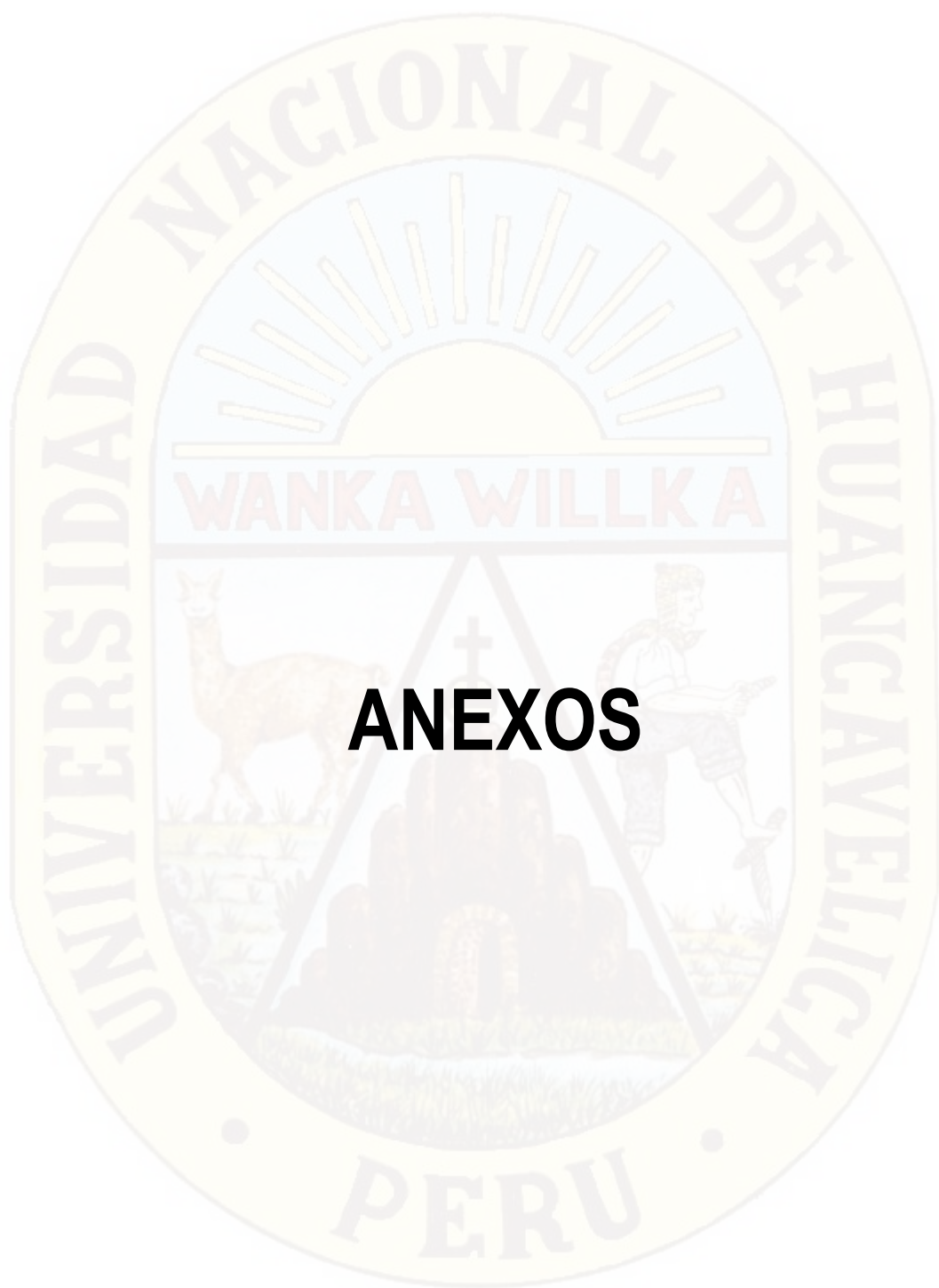
es el cuadrante que va del color rojo a amarillo. Las propiedades fisicoquímicas del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) presentó valores de: pH de 4.5, sólidos solubles de 18.5 %, 1.3% de acidez total, humedad (66%), proteína cruda (4.5%), grasa cruda (1.5%), cenizas totales (3%), carbohidratos (25%), fibra cruda (1.6%). En tanto el rendimiento del jugo de (*Passiflora pinnatistipula* Cav) fue de 66.67%. El comportamiento reológico del jugo de “Puro puro” (*Passiflora pinnatistipula* Cav) en el rango de temperaturas (15, 20, 25 y 30°C) y concentraciones (18.5, 20, 25, 30 y 35 °Brix) estudiadas, es considerado como un fluido pseudoplástico, y se describe según el modelo de la Ley de la Potencia.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Vila E. Efecto de la temperatura y concentración en las propiedades reológicas del zumo de sandía (*Citrullus lanatus*). Revista Prospectiva Universitaria. 2016; 13 (2): 21 – 28.
2. Cárcamo A. Comportamiento reológico de pasta de murta (*Ugni molinae* Turcz) en estado fresco y congelado. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile; 2005.
3. Andrade P, Ortega F, Montes E, Torres R, Pérez O, Castro M, Gutiérrez L. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades híbrido de klom sali, Puerto Rico, D14 Y RED. RFQF. 2009; 16 (1): 13 – 18. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815393002>.
4. Andrade R, Torres R, Montes E, Pérez O, Restan L y Peña R. Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.). Rev. Fac. Agron. 2009; 26 (4): 1 – 11. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182009000400008&script=sci_arttext
5. Carrasco VI. Aplicación de mezclas de zapallo (*Cucurbita máxima*), avena (*Avena sativa*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) para el desarrollo y elaboración de una bebida nutricional. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2015. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/11984>.
6. Kuskoski E, Asuero G, Troncoso M, Mancini-Filho J, Roseane F. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Campinas 2005; 25(4): 726 – 732.
7. Ortega F, Salcedo E, Arrieta R, Torres R. Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins. Rev. ION.

- 2015; 28 (2): 79 – 92. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342043860008>.
8. Tinoco L. “Efecto de la temperatura y concentración en el perfil reológico de la pupa de melón (*Cucumis melo*)”. Tarma, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2016.
 9. Marticorena A, Alarcón D, Abello L, Atala C. Plantas trepadoras, epífitas y parásitas nativas de Chile. Guía de Campo. Concepción – Chile; Ed. Corporación Chilena de la Madera; 2010. Disponible en: <http://www.chilebosque.cl/guiatrepadoras.html>.
 10. Montiel N. Tin tin (*Passiflora pinnatistipula* Cav). Cusco – Perú: Programa Nacional de Innovación en Recursos Genéticos y Biotecnología de la Estación Experimental Agraria Andenes; 2014. Disponible en: <http://studylib.es/doc/5288119/tin-tin-passiflora-pinnatistipula-cav>.
 11. Ramírez JS. Introducción a la Reología de los alimentos. Rev. ReCiTeIA. 2006; 6 (1): 1 – 46. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259620275_introduccion_a_la_reologia_de_alimentos.
 12. Sharma K, Mulvaney J, Rizvi H. Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. New York – USA: Limusa Wiley S.A.; 2007.
 13. Hernández S, Fernández C, Baptista L. Metodología de la investigación. 1ª ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2006.
 14. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 16th Edition. 4th Revision. Sidney Willians, Arlington, Virginia. USA. 1998; 1236 p.
 15. Meyer M. Control de calidad de productos agropecuarios. México DF – México: Editorial Trillas; 1986.
 16. Arnao M, Cano A, Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chemistry. 2001; 73: 239 – 244.
 17. Mortimer C. Química. 5ª ed. México: Grupo Editorial Iberoamerica; 1983.
 18. Martínez M, Di Sapio O, Cargo J, Scandizzi A, Taleb L, Campagna M. Principios de botánica sistemática. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario; 2014.
 20. De la Cruz J, Vargas M, Del Ángel O, García HS. Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis sims var. flavicarpa. degener*), para

- tres cultivares de Veracruz México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2010; 11 (2): 130 – 142. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81315809004.pdf>.
21. Cabrera C, “Caracterización de las propiedades físicas y químicas del fruto de granadilla, *Passiflora ligularis* Juss”. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del norte: 2006.
22. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (INCAP). 2ª ed. Guatemala: 2007. (actualizado en 2012; citado el 15 abr 2018). Disponible en: http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica.
23. Collado J. “Identificación de los polifenoles en zumos de frutas rojas”, Colombia – Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena; 2011.
24. Carvajal de Pabón L, Turbay S, Rojano B, Álvarez LM, Restrepo SL, Álvarez JM, Bonilla KC, Ochoa C, Sánchez N. Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2011; 16 (4): 354 – 363. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v16n4/pla07411.pdf>
25. Morillas R, Delgado A. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Nutrición Clínica y Dietética Hospitalario. (citado 30 Mayo 2018); (1) 1 – 112. Disponible en: <http://www.nutricion.org>.
26. Pardo J, Matute N, Echavarría A. Determinación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de la pulpa de maracuyá (*passiflora edulis*). FCASalud. 2017;(1)1:1-7.
27. Lewis M. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza – España: Editorial Acribia S. A.; 1993.
28. Breña J. “Efecto de la concentracion en el perfil reologico de la pulpa de sauco
29. (*Sambucus peruviana* HBK)”. Tarma, Perú: Universidad Nacional del Centro del Peru; 2013.
30. Gamarra H. “Caracterización del comportamiento reológico de pulpa de aguaymanto (*physalis peruviana* L.), a diferentes concentraciones y temperaturas”. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Peru; 2013.



ANEXOS

Anexo 01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la buena atención al ciudadano"

CONSTANCIA N° 037-USM-2017

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (rama fértil), recibida de **Sandra DE LA CRUZ PIHUE**, alumna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica; ha sido estudiada y clasificada como: *Passiflora pinnatistipula* Cav.; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: DILLENIIDAE

ORDEN: VIOLALES

FAMILIA: PASSIFLORACEAE

GENERO: *Passiflora*

ESPECIE: *Passiflora pinnatistipula* Cav

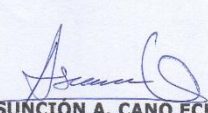
Nombre vulgar: "Puro puro"

Determinado por: Mg. Hamilton Beltrán Santiago

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 21 de marzo de 2017

ACE/ddb


Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



Anexo 02



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO (LASAQ)



INFORME DE ENSAYOS
LASAQ N°024-2017-DQ

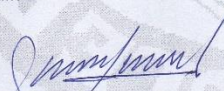
SOLICITANTE : Sandra de la Cruz Pihue
PRODUCTO DECLARADO : Puro puro (*Passiflora pinnatistipula* Cav.)
NÚMERO DE MUESTRAS : 01
CANTIDAD RECIBIDA : 2.5 kg
MARCA : sin marca
FORMA DE PRESENTACIÓN : En bolsa de plástico
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Agosto del 2017
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO: 20 de Setiembre del 2017
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO

ENSAYO	RESULTADO
	TT001
1.-Humedad (g/100g de muestra original)	66.00
2.-Cenizas Totales (g/100g de muestra original)	3.00
3.-Grasa Cruda (g/100g de muestra original)	1.50
4.- Proteína Cruda (g/100g de muestra original)	4.50
5.- Fibra Cruda (g/100g de muestra original)	1.60
6 - Carbohidratos (g/100g de muestra original)	25.0
7.- Energía Total (kcal 100g de muestra original)	133.10

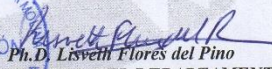
MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- AOAC International official Methods of Analysis 19 th Edition 2012.925.10
- 2.- AOAC International official Methods of Analysis 19 th Edition 2012.923.03
- 3.- AOAC International official Methods of Analysis 19 th Edition 2012.922.06
- 4.- AOAC International official Methods of Analysis 19 th Edition 2012.920.87
- 5.- AOAC International official Methods of Analysis 19 th Edition 2012.920.86
- 6.- Por cálculo tabla de composición de alimentos 2009 - INS
- 7.- Por cálculo tabla de composición de alimentos 2009 - INS

Atentamente:


Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO




Ph.D. Lisbeth Flores del Pino
DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA

Anexo 03



Universidad Nacional Agraria La Molina



Instituto de Biotecnología

Biología Industrial & Bioprocesos
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>
ibtbi@lamolina.edu.pe

RESULTADOS DE ANÁLISIS*

CLIENTE: Sandra de la Cruz Pihue

MUESTRA: Puro Puro

Muestra	Capacidad antioxidante ABTS ($\mu\text{mol de equi. trolox/g}$) ¹
Puro puro (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav.)	5.2

COLOR²

Puro puro (<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav.)	L*	a*	b*	C*	h°	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*ab
	34.5	1.2	4.4	4.5	74.3	-20.7	1.6	1.9	2.0	-1.4	20.8
Standard	55.16	-0.37	2.51	2.53	98.34						

* Promedio de tres repeticiones

⁽¹⁾ **Método:** Arnao, M. (2001). Some Methodological Problems in the Determination of Antioxidant Activity using Chromogen Radicals : a practical case. Trends in Food Science and Technology. 11: 419-431.

⁽²⁾ Determinado en el colorímetro KONICA MINOLTA CR-410, promedio de 40 lecturas por muestra

Advertencia:

- El muestreo y las condiciones de manejo de las muestras hasta su ingreso a los Laboratorios del IBT - UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para muestra recibida

La Molina, 1 de Setiembre del 2017.

Dr. David Campos Gutiérrez
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA
BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL & BIOPROCESOS



Anexo 04



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS



INFORME N° 002/2017 – JL/MAQS/FACAP – UNCP

Muestra : Jugo estabilizada de Puro puro (*Passiflora pinnatistipula* Cav).

Cantidad : 20 Bolsas de 0.5 Kg de jugo de Puro puro (*Passiflora pinnatistipula* Cav) cerrados hermeticamente

Procedencia : Provincia de Acobamba – Huancavelica

Tipo de Análisis : Reológico

Método de ensayo : Metodología Mishca

Fecha de Recepción : 17 de Junio del 2017

Solicitante : Sandra DE LA CRUZ PIHUE

Condiciones de análisis : La muestra fue acondicionada a 18,5°Brix, 20°Brix, 25°Brix, 30°Brix y 35°Brix a temperaturas de 15°C, 20°C, 25°C y 30°C para ser llevadas al viscosímetro BROOKFIELD DV III PLUS.

Resultados : las lecturas del torque en función a las diferentes RPM se presentan en las siguientes tablas:

Muestra a 18.5°Brix

Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)			
T (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	3.6	2.7	2.2	0.8
1	4.4	3.9	2.8	1.1
4	5.7	4.8	4.1	3.9
10	9.3	8.6	7.1	5.4
20	11.9	10	8.8	7.8
50	14.5	13.2	12.7	11.6
100	17.6	16.8	13.5	12.3



Muestra a 20°Brix

Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)			
T (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	4	3.1	2.8	1.5
1	5.1	4.1	3.7	2.7
4	6.8	5.7	5.5	4.6
10	9.5	8	7.4	6.6
20	12.6	9.9	9.4	8.1
50	15.5	13.6	13.2	12.4
100	18.3	17.4	13.8	13.2

Muestra a 25°Brix

Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)			
T (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	4.6	4.4	3.8	2.4
1	4.9	4.3	3.9	3
4	7.1	7	6.6	5.8
10	10.3	9.2	8.5	7.1
20	12.8	12.2	11.7	10.4
50	16.7	16.4	16.1	15.3
100	20.5	20.1	19.7	18.7

Muestra a 30°Brix

Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)			
T (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	5.4	4.6	4.2	3.3
1	5.8	5.1	4.4	4.2
4	7.3	6.7	5.8	4.9
10	10.9	10.3	9.7	9.4
20	13.3	13.1	12.4	12.1
50	16.9	16.2	15.6	14.8
100	21.2	20.6	20.3	19.5



Muestra a 35°Brix

Velocidad de rotación N (rpm)	Lectura (a)			
T (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C
0.5	5.9	5.5	5.2	4.6
1	6.3	5.8	5.3	4.8
4	7.7	7.4	6.9	5.7
10	11.6	11.2	10.6	9.5
20	14.2	13.9	13	12.8
50	17.8	17.3	16.6	15.7
100	22.2	21.1	20.4	19.8

- En las tablas se reportan la velocidad de rotación y la lectura del torque los mismos que deberán ser transformados para la determinación del perfil reológico del jugo de puro puro.


Ing. Miguel Ángel Quiroga Salazar
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 05

Metodología de Mitschka para la determinación de las propiedades reológicas de los fluidos alimenticios en viscosímetro de Brookfield.

1. Calibración del reómetro

- Retirar el protector del eje.
- Encender el reómetro.
- Seleccionar el modo CONTROL EXTERNO presionando la tecla 1 del panel de control del reómetro.
- Abrir el programa RHEOCALC
- Verificar que este haya reconocido el equipo.
 - Un punto verde delante del texto CV3 + indica que el equipo ha sido reconocido correctamente.
 - Si el programa no ha reconocido el equipo, activar el COM1 debajo del texto Rheometer, cerrar el programa RHEOCALC y volver a iniciarlo.
- Para calibrar el reómetro presionar el botón Zero.

2. Para determinar la viscosidad de un fluido

- Seleccionar el spindle CV conveniente de la lista de spindle en el software RHEOCALC.
- Transferir la muestra en el vaso de precipitado de 600ml.
- Colocar el spindle en el reómetro.
 - Tomar el spindle con la mano derecha.
 - Con la mano izquierda levantar el eje suavemente.
 - Mantener firme el eje con la mano izquierda.
 - Ajustar el accesorio en sentido antihorario con la mano derecha.
 - Soltar el eje.
- Seleccionar la ventana de programas (Program)
- Carga un programa presionando el botón LOAD y seleccionarlo de la lista.
- Presionar el botón RUN para ejecutar el programa.

3. Para determinar los parámetros reológicos de un fluido newtoniano.

- Seleccionar el accesorio para muestras ultra ligeras ULA de la lista de spindle.

- Transferir 16ml de la muestra en el accesorio.
- Conectar el accesorio.
- Seleccionar la venta de programas (Program)
- Cargar un programa presionando el botón LOAD y seleccionarlo de la lista.
- Presionando el botón RUN para ejecutar el programa.

4. Para determinar los parámetros reológicos de un fluido no newtoniano.

- Seleccionar el accesorio para pequeñas muestras SSA de la lista de spindle.
- Transferir 11ml de la muestra en accesorio.
- Conectar el accesorio.
- Seleccionar la ventana de programas

RESULTADOS

1. Para determinar los parámetros reológicos de un fluido newtoniano

A partir de los datos esfuerzo de corte y la velocidad de corte se procede a completar la tabla 1 para una temperatura del fluido tal como T1.

Tabla 1. Comportamiento reológico de la muestra fluida a T1.

N	τ	$\dot{\gamma}$	$\mu\dot{\gamma}$	$\mu\dot{\gamma}$
(rpm)	(Pa)	(1/s)	(cP)	(Pa.s)

- La viscosidad aparente se obtiene mediante la ecuación:

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (1) \text{ en Pa.s, y luego es convertida a cp.}$$

- Hacer un gráfico de la variación de la $\mu\dot{\gamma}$ (cp) en función de la velocidad de corte ($\dot{\gamma}$).
- Para comprobar si el comportamiento reológicos del fluido sigue la ley de Newton se ajustaran los datos experimentales a la ecuación (2) y se grafica según la figura

$$2. \tau = \mu\dot{\gamma} \quad (2)$$

$$\text{Mediante regresión lineal: } \log \tau = \log \mu + \log \dot{\gamma} \quad (3)$$

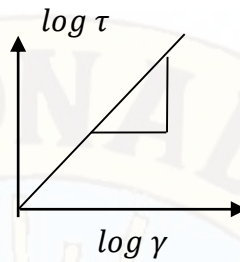


Figura 2. Determinación de las constantes reológicas de las muestras a la temperatura T1.

- Se seguirán los mismos pasos para el caso de la muestra evaluada a las temperaturas T2 y T3.
- Finalmente se realiza, un comportamiento reológicos de la muestra a las tres temperaturas, según la figura 3.



Figura 3. Curva de comportamiento reológicos (a) y curva de viscosidad (b) de la muestra a tres temperaturas.

2. Para determinar los parámetros reológicos de un fluido no newtoniano

A partir de los datos esfuerzo corte y la velocidad de corte se procede a completar la tabla 2 para una temperatura del fluido tal como T1

Tabla 2. Comportamiento reológico de la muestra fluida a T1.

N	τ	$\dot{\gamma}$	μ_a	μ
(rpm)	(Pa)	(1/s)	(Pa.s)	(cp)

- La viscosidad aparente se obtiene mediante la ecuación:

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (1) \quad \text{en Pa.s, y luego es convertida a cp.}$$

- Hacer un gráfico de la variación de la μ_a (cp) en función de la velocidad de corte ($\dot{\gamma}$).

- Para comprobar si el comportamiento reológico del fluido sigue la ley de potencia se ajustaran los datos experimentales a la ecuación (4) y se graficara según la figura

$$\tau = m\gamma^n \quad (4)$$

$$\text{Mediante regresión lineal: } \log \tau = \log m + n \log \gamma \quad (5)$$

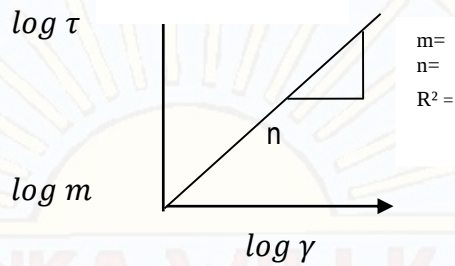


Figura 4. Determinación de las constantes reológicas de la muestra de temperatura T1.

- Se seguirán los mismos pasos para el caso de la muestra evaluada a las temperaturas T2 y T3. Finalmente se realiza, un comparativo de los parámetros reológicos de la muestra a las temperaturas, en el tabla 3 y la Figura 5

Tabla 3. Parámetros reológicos de la muestra fluida a T1

Temperatura (°C)	M (Pa.s ⁿ)	n
T1		
T2		

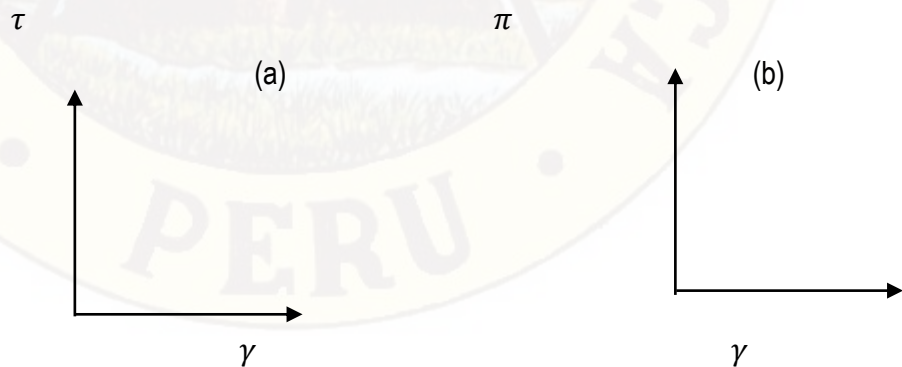


Figura 5. Curva de comportamiento reológico (a) y curva de viscosidad (b) de la muestra a tres temperaturas

Anexo 06

Conversión de lecturas del equipo Brookfield R.V.T. a funciones de viscosidad

A continuación, se presenta un procedimiento simple y suficientemente preciso de conversión, basado en estudios teóricos de flujo rotacional y resultados empíricos. Dicho procedimiento consta de los siguientes pasos:

1. Se toma la mayor cantidad de pares de valores de torque (α , en escala de 0 a 100) y velocidad rotacional N (en rpm) para uno, o varios, rotores (spindles).
2. Los valores de α son convertidos a valores de esfuerzo de corte (medio) τ (en Pa) para cada rotor mediante: $\tau = k \cdot \alpha$
3. La constante Kn depende del índice del comportamiento al flujo (n) y del número de huso. El valor de Kn se obtiene de la tabla 1 interpolando los valores.
4. La velocidad de deformación γ (1/s) se obtiene del producto de Kn y el valor de rpm

$$\gamma = Kn \cdot N$$

5. La viscosidad aparente se obtiene de la relación del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Hap = \frac{\tau}{\gamma} (\text{Pa.s})$$

Tabla 1. Factores de conversión para los rotores (spindles) del viscosímetro Brookfield R.V.T. (bajo condiciones estándares de medición).

Número de Huso		1	2	3	4	5	6	7
n	Ka	0.035	0.199	0.279	0.539	1.05	2.35	8.4
0.1	Kn	1.728	1.431	1.457	1.492	1.544	1.366	1.936
0.2		0.967	0.857	0.882	0.892	0.907	0.851	1.007
0.3		0.705	0.656	0.656	0.658	0.663	0.629	0.681
0.4		0.576	0.535	0.53	0.529	0.528	0.503	0.515
0.5		0.499	0.458	0.449	0.445	0.442	0.421	0.413
0.6		0.499	0.404	0.392	0.387	0.382	0.363	0.346
0.7		0.414	0.365	0.35	0.347	0.338	0.32	0.297
0.8		0.387	0.334	0.317	0.31	0.304	0.286	0.261
0.9		0.367	0.31	0.297	0.283	0.276	0.26	0.232
1		0.351	0.291	0.27	0.262	0.254	0.238	0.209

Anexo 07
TESTIMONIO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFIA 01: MATERIA PRIMA EN ESTADO VERDE



FOTOGRAFIA 02: MATERIA PRIMA EN ESTADO MADURO



FOTOGRAFIA 03: MATERIA PRIMA COSECHADA



FOTOGRAFIA 04: LAVADO DE "PURO PURO"



FOTOGRAFIA 05: EXTRACCIÓN DEL JUGO DE "PURO PURO"



FOTOGRAFIA 06: SEPARACIÓN DE LA PEPA Y JUGO DE "PURO PURO"



FOTOGRAFIA 07: SELLADO AL VACIO DEL JUGO DE “PURO PURO”



FOTOGRAFIA 08: ENVASADO DEL JUGO EN BOLSAS DE POLIETIELINO



FOTOGRAFIA 09: JUGO CONCENTRADO



FOTOGRAFIA 10: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE JUGO



FOTOGRAFIA 11: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL JUGO



FOTOGRAFIA 12: ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO