

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias



TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE MANZANA DESHIDRATADA
(*Malus domestica*, var. Red Delicious) Y LA TEMPERATURA DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL
YOGURT BEBIBLE”**

PRESENTADO POR

BACHILLER : Perla Yesenia Bazán Capuñay

ASESOR : Dr. Ing. Agroind. Jimy Frank Oblitas Cruz

**CAJAMARCA - PERÚ
- 2024 -**

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
PERLA YESENIA BAZÁN CAPUÑAY
DNI: 74470878
Escuela Profesional /Unidad UNC:
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
DR. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ
Facultad/ Unidad UNC: CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"EFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE MANZANA DESHIDRATADA (*Malus domestica*, var. Red Delicious) Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL YOGURT BEBIBLE"
6. Fecha de evaluación: 11/12/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (*OURIGINAL*) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 11 %
9. Código de Documento: 3117:415190506
10. Resultado de Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 12/12/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>


Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz DNI: 40043738

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veinticinco días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 156-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE MANZANA DESHIDRATADA (*Malus domestica* var. Red Delicious) Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL YOGURT BEBIBLE"**, realizada por la Bachiller PERLA YESENIA BAZÁN CAPUÑAY para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las once horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciocho (18); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las doce horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



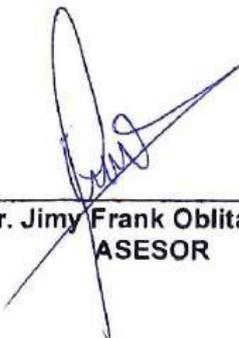
Dr. José Gerardo Salhuana Granados
PRESIDENTE



Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
SECRETARIO



Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacandori
VOCAL



Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento, y a la Virgen, en quien siempre encuentro consuelo y esperanza.

A mis padres, Tomás Celestiano Bazán Corcuera y Diana Capuñay Gonzales, por su apoyo, confianza y por enseñarme a seguir adelante.

A mi querido abuelo, José Asunción Capuñay Lluén, quien siempre me alentó a seguir estudiando. Aunque hoy no me recuerda, su ejemplo y sus palabras siguen guiándome en este camino.

Perla Yesenia Bazán Capuñay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza durante mis estudios y el desarrollo de esta investigación.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su dedicación, paciencia y apoyo.

A mi asesor, Dr. Jimy Oblitas Cruz, por brindarme la oportunidad de desarrollar esta tesis bajo su dirección. Aprecio sinceramente su apoyo, orientación y confianza a lo largo de este trabajo.

De manera especial, agradezco a la empresa Ofilab Perú SAC y al Ing. José Torres Flores, asesor técnico metrólogo, por enseñarme el manejo del reómetro y facilitarme el adaptador ULA para bajas viscosidades, así como por las indicaciones y capacitación teórica que me permitieron realizar de manera independiente las mediciones experimentales.

Finalmente, agradezco a los docentes de la Escuela y a mis compañeros tesisistas, por su apoyo en el laboratorio y por compartir sus conocimientos y experiencias.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de residuos de manzana deshidratada y la temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar nueve tratamientos, cuyos resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95 %. En la primera etapa, se obtuvieron y caracterizaron los residuos de manzana deshidratada en polvo como fuente de fibra dietética. En la segunda etapa, se elaboró el yogurt bebible con adiciones de residuos de manzana (1 %, 1.5 % y 2 %) y se almacenó a temperaturas de 4 °C, 12 °C y 20 °C, realizando análisis fisicoquímicos y evaluando su comportamiento reológico. Las propiedades reológicas se determinaron mediante curvas de flujo y pruebas de rendimiento en el Reómetro Brookfield DV3TRV. Las muestras se describieron con el modelo Herschel-Bulkley, mostrando comportamientos dilatantes y pseudoplásticos. Se observó que el porcentaje de residuos de manzana tenía un efecto positivo sobre el índice de comportamiento del flujo (n) y el índice de consistencia (k), mientras que la temperatura de almacenamiento tuvo un efecto negativo. Los resultados del límite elástico (τ_0) variaron según el método de medición, mostrando un incremento al aumentar el porcentaje de los residuos de manzana deshidratada, lo que se asocia con una apariencia más espesa y cremosa, en la que la fibra actúa como un gelificante natural.

Palabras clave: yogurt bebible, fibra dietética, propiedades reológicas, índice de consistencia, índice de comportamiento del flujo, límite elástico.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of the addition of dehydrated apple waste and storage temperature on the rheological properties of drinkable yogurt. A completely randomized design (CRD) was employed to assess nine treatments, and the results were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 95% significance level. In the first stage, dehydrated apple waste was obtained and characterized as a source of dietary fiber. In the second stage, drinkable yogurt was produced with additions of apple waste (1%, 1.5%, and 2%) and stored at temperatures of 4 °C, 12 °C, and 20 °C, undergoing physicochemical analyses and rheological behavior evaluation. The rheological properties were determined using flow curves and performance tests on the Brookfield DV3TRV rheometer. The samples were described by the Herschel-Bulkley model, exhibiting dilatant and pseudoplastic behaviors. It was observed that the percentage of apple waste positively affected the flow behavior index (n) and consistency index (k), while storage temperature had a negative effect. Results for the yield stress (τ_0) varied according to the measurement method, showing an increase with the rising percentage of dehydrated apple waste, which is associated with a thicker and creamier appearance, where fiber acts as a natural gelling agent.

Keywords: drinkable yogurt, dietary fiber, rheological properties, consistency index, flow behavior index, yield stress.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II: REVISIÓN LITERARIA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Reología	6
2.2.2. Yogurt	11
2.2.3. Fibra dietética	13
2.2.4. Manzana Red Delicious	15
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Ubicación	17
3.2. Materiales	17
3.2.1. Materia prima	17
3.2.2. Materiales y equipo de laboratorio	18
3.2.3. Reactivos y otros	18
3.2.4. Materiales de escritorio	18
3.3. Metodología	19
3.3.1. Obtención de los residuos de manzana deshidratada	20
3.3.2. Caracterización funcional y fisicoquímica	21
3.3.3. Elaboración de yogurt bebible con residuos de manzana deshidratada	24
3.3.4. Análisis fisicoquímico del yogurt con residuos de manzana deshidratada	26
3.3.5. Determinación de los parámetros reológicos y modelado matemático	26
3.3.6. Medición del límite elástico con agujas de paleta	28
3.3.7. Análisis estadístico	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Caracterización de los residuos de manzana deshidratada	31
4.1.1. Obtención y procesamiento	31
4.1.2. Propiedades Funcionales y Fisicoquímicas	32
4.2. Efecto de la adición de residuos de manzana deshidratada y temperatura de	

almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible	36
4.2.1. Caracterización fisicoquímica de la leche fresca de vaca	36
4.2.2. Caracterización fisicoquímica del yogurt bebible con residuos de manzana	36
4.2.3. Propiedades reológicas	40
4.2.4. Comportamiento Reológico de Esfuerzo vs. Deformación	53
4.3. Propiedades Reológicas con Diferentes Concentraciones de Residuos de Manzana	62
4.3.3. Efecto sobre el Límite Elástico (τ_0)	64
4.4. Propiedades Reológicas a diferentes Temperaturas de Almacenamiento	65
4.4.1. Efecto sobre el índice de consistencia (k)	65
4.4.2. Efecto sobre el índice del comportamiento de flujo (n)	66
4.4.3. Efecto sobre el límite elástico (τ_0)	66
4.5. Análisis de las interacciones entre los factores de estudio	67
4.5.1. Interacciones entre la concentración de residuos de manzana y la temperatura de almacenamiento en el índice de consistencia	67
4.5.2. Interacciones entre concentración de residuos de manzana y temperatura de almacenamiento sobre el índice de comportamiento de flujo.	71
4.5.3. Interacciones entre concentración de residuos de manzana y temperatura de almacenamiento sobre el límite elástico.	75
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1. Conclusiones	79
5.2. Recomendaciones	80
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
CAPÍTULO VII: ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Configuración para la prueba de rendimiento en el reómetro	29
2	Arreglo y descripción de tratamientos	30
3	Tamaño de partícula de los residuos de manzana	32
4	Propiedades funcionales de los residuos de manzana deshidratada en polvo	34
5	Caracterización fisicoquímica de los residuos de manzana deshidratada en polvo	35
6	Caracterización fisicoquímica de la leche fresca de vaca	36
7	Caracterización fisicoquímica del yogurt bebible con residuos de manzana en polvo en diferentes concentraciones y temperaturas de almacenamiento	37
8	Análisis de varianza (ANOVA) del pH de los tratamientos evaluados	38
9	Análisis de varianza (ANOVA) de sinéresis de los tratamientos evaluados	39
10	Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad de los tratamientos evaluados	39
11	Parámetros reológicos del modelo Herschel-Bulkley para las muestras evaluadas con el adaptador ULA	41
12	Resultados experimentales de la prueba de fluidez estática a 0.5 rpm con aguja de paletas	54
13	Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de consistencia (k)	70
14	Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de comportamiento de flujo (n)	75
15	Análisis de varianza (ANOVA) para el límite elástico determinado por método de medición indirecta	77
16	Análisis de varianza (ANOVA) para el límite elástico determinado por método de medición directa	77
17	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)	89
18	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1% de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)	90
19	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)	91
20	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)	92
21	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)	94
22	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)	95
23	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)	96
24	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)	98
25	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)	99

26	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)	100
27	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)	102
28	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)	103
29	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)	106
30	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)	107
31	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)	109
32	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)	110
33	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)	111
34	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2% de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)	112
35	Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible recién elaborado, testigo (T10)	114
36	Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible recién elaborado (T10)	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Curvas de flujo para distintos tipos de comportamientos	9
2	Ubicación del experimento	17
3	Croquis del experimento	19
4	Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)	42
5	Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)	43
6	Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)	44
7	Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)	45
8	Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)	46
9	Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)	47
10	Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)	48
11	Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)	49
12	Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)	50
13	Curva de flujo del yogurt bebible, muestra testigo (T10)	52
14	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)	55
15	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)	56
16	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)	57
17	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)	57
18	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)	58
19	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)	59
20	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)	59
21	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)	60
22	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)	61
23	Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible recién elaborado, muestra testigo (T10)	62

24	Gráfico de efectos principales para el índice de consistencia	68
25	Gráfico de contorno de respuesta del índice de consistencia	69
26	Gráfico de efectos principales para el índice de comportamiento de flujo	71
27	Gráfico de contorno de respuesta del índice de comportamiento de flujo	72
28	Límite Elástico del Yogurt y Límite Elástico de Herschel-Bulkley según Tratamientos (T1 a T9)	76
29	Manzana seleccionada, lavada y desinfectada	117
30	Proceso de secado de las cáscaras de manzana en estufa	117
31	Cáscara deshidratada de la manzana	117
32	Obtención de cáscara de manzana en polvo (molienda y tamizado)	118
33	Evaluación de capacidad de hidratación	118
34	Determinación de humedad y porcentaje ceniza	118
35	Análisis y pasteurización de la leche de vaca	119
36	Proceso de incubación y mezcla de leche con residuos de manzana	119
37	Almacenamiento de las muestras de yogurt bebible	120
38	Reómetro Brookfield DV3T y accesorios utilizados para medición reológica	120
39	Medición de las propiedades reológicas del yogurt bebible	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Información adicional del equipo y contacto	88
2	Datos Experimentales	89
3	Fotografías del proceso experimental	117
4	Informe de ensayo de laboratorio para Fibra Dietética Insoluble (FDI) y soluble (FDS)	121
5	Glosario	122

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El yogurt es uno de los productos lácteos de mayor consumo a nivel mundial, encontrando en el mercado una amplia variedad de ellos, entre los que destaca el yogurt bebible. Este tipo de yogurt se somete a un proceso mecánico de agitación, bombeo y enfriamiento, previo al envasado, afectando la viscosidad y la estabilidad durante su almacenamiento. Estos defectos se relacionan con modificaciones en la estructura física del producto y su comportamiento reológico, influenciados por factores como la composición de la leche, las condiciones del proceso y el uso de estabilizantes.

Para prevenir los defectos y mejorar las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del yogurt, la industria recurre al uso de estabilizantes tradicionales disponibles comercialmente, como gelatina, almidones, pectina, gomas y carragenina. Sin embargo, el creciente interés de los consumidores por opciones naturales y los posibles efectos adversos de los aditivos químicos han impulsado la búsqueda de alternativas provenientes de fuentes agroindustriales que no solo cumplan funciones tecnológicas, sino que también ofrezcan beneficios para la salud.

En este contexto, la fibra dietética obtenida de los subproductos del procesamiento de las frutas como cáscaras, pulpas y semillas, compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina, ha destacado por sus propiedades funcionales y su capacidad de retención de agua, contribuyendo a estabilizar la estructura del gel a través de interacciones electrostáticas con las proteínas de la leche y efectos de impedimento estérico. Los efectos positivos se han atribuido principalmente a la fibra dietética soluble, presente en frutas como la manzana.

En el Perú, el consumo de fibra dietética es insuficiente, alcanzando solo el 50% de la cantidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (25 a 30 g al día). Esto está

relacionado con problemas de salud como trastornos digestivos, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, existe una oportunidad para desarrollar productos enriquecidos con fibra que, además, valoricen subproductos como la cáscara de manzana, que representa el 13.6% de la fruta fresca y es conocida por su alto contenido de fibra dietética soluble.

A pesar de su potencial, la cáscara de manzana deshidratada ha sido poco estudiada en relación con su efecto en las propiedades reológicas del yogurt bebible, particularmente en condiciones de bajas velocidades de corte, como las que ocurren durante el almacenamiento. Además, factores como la temperatura de almacenamiento pueden modificar estas propiedades.

En el presente estudio evaluó el efecto de la adición de residuos de manzana deshidratada (*Malus domestica*, var. *Red Delicious*) y la temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible. Para ello, se utilizó el modelo reológico de Herschel-Bulkley para determinar propiedades como el índice de consistencia (K), que mide la viscosidad; el índice de comportamiento (n), que describe su variación con la velocidad de corte; y el límite elástico (τ_0), que indica el esfuerzo necesario para iniciar el flujo.

Los resultados de esta investigación aportan al conocimiento sobre sistemas alimentarios no newtonianos y promueven el uso sostenible de residuos agroindustriales, además de optimizar procesos y productos en condiciones de almacenamiento para el desarrollo de alimentos funcionales.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de residuos de manzana deshidratada (*Malus domestica*, var. *Red Delicious*) y temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible.

1.1.2. Objetivos específicos

Caracterizar fisicoquímicamente y funcionalmente los residuos de manzana deshidratada para determinar su aporte a las propiedades reológicas del yogurt bebible.

Determinar el comportamiento reológico del yogurt bebible con diferentes porcentajes de residuos de manzana deshidratada y temperatura de almacenamiento, utilizando el modelo de Herschel-Bulkley.

Evaluar el efecto del porcentaje de adición de residuos de manzana deshidratada sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible.

Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible con residuos de manzana deshidratada.

CAPÍTULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1. Antecedentes

Wang et al. (2020) investigaron la **“Adición de los subproductos de manzana como ingrediente funcional en yogures batidos y bebibles”**. En su estudio, agregaron los subproductos liofilizados de seis variedades de manzana, que incluían pulpa, cáscara y semillas, en concentraciones de 1%, 2% y 3% antes de la etapa de la fermentación de la leche. Los resultados mostraron una disminución significativa de la sinéresis durante el almacenamiento en frío, así como un aumento en la viscosidad, la firmeza y la cohesión en la matriz del yogurt. Los autores concluyeron que los residuos de manzana agregados al yogurt diluido tienen el potencial de estabilizar la bebida fermentada y reducir la sedimentación de los agregados de proteínas. Además, cuando estos subproductos se incorporan al gel de la leche ya fermentada, presentan efectos similares, permitiendo su adición en concentraciones mayores (hasta un 6 % p/p), a fin de tener mayor valor de fibra dietética y fitoquímicos.

De la manera similar Zhou (2018), en su investigación titulada **“Efectos del polvo de cáscara de manzana deshidratada sobre las propiedades reológicas y sensoriales del yogurt bebible”**, utilizó el polvo de la cáscara de manzana deshidratada comercial (CDAP), que contiene un 41.93% de fibra dietética, y el polvo de la cáscara de manzana deshidratada variedad Granny Smith (GSAP), con un 21.53% de fibra dietética. Se determinó que las cantidades óptimas para la formulación del yogurt fortificado fueron 3.2% de CDAP y 4% de GSAP. Los resultados mostraron que el yogurt bebible presentaba un comportamiento de flujo de adelgazamiento por cizalla, concluyendo que tanto GSAP como CDAP podrían reducir la sinéresis durante el almacenamiento debido a la capacidad de retención de agua.

Por otro lado, Renan et al (2009) llevaron a cabo el estudio titulado **“Propiedades reológicas del yogurt batido afectada por el pH del gel, la temperatura de almacenamiento y los cambios de pH después de la agitación”**. Su investigación tuvo como objetivo proporcionar una mejor comprensión de la recuperación de la estructura de los yogures después de ser agitados. Para ello, evaluaron los efectos del pH, la temperatura de almacenamiento durante 24 horas y la acidificación después de agitar el gel de yogurt. Los resultados mostraron que las condiciones de almacenamiento influyen significativamente en las propiedades viscoelásticas y en la viscosidad aparente. Asimismo, reportaron que el aumento del cizallamiento durante la agitación reduce la firmeza y viscosidad, mientras que estas propiedades tienden a aumentar durante el almacenamiento en frío (4 °C) debido a la recuperación parcial de la estructura de micelar del yogurt.

En el estudio realizado por Castro y Montalvo (2019) titulado **“Efecto de la adición de fibra de bagazo de naranja (*Citrus aurantium*) en el perfil reológico, características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt”**, se analizó el comportamiento reológico del yogurt enriquecido con fibra de bagazo de naranja en concentraciones de 1%, 1.5% y 2% utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield DV-III. Los reogramas obtenidos presentaron la forma cóncava característico de los fluidos no newtonianos, cuyos datos fueron ajustados a un modelo matemático para determinar los parámetros reológicos. Los resultados indicaron que el índice de comportamiento de flujo (n), que osciló entre 0,3599 a 0,8238, caracterizó al yogurt como pseudoplástico. La mayor pseudoplasticidad se observó en el yogurt con el 2 % de fibra de bagazo de naranja.

En la investigación realizada por Mendoza (2015) titulada **“Influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido”**, se analizó la viscosidad de yogures con dos niveles de acidez (60 y 110°D) y a dos temperaturas de almacenamiento (4 y 15°C), utilizando la metodología de esferas que caen. Los resultados mostraron que la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura, con una reducción

de 0.28 Pa.s por cada grado Celsius, lo que indica un efecto negativo de la temperatura en la viscosidad. Por el contrario, la viscosidad aumentó con el incremento de la acidez a lo largo del tiempo de almacenamiento, sugiriendo que la acidez tiene un efecto positivo sobre la viscosidad. Además, se observó que el yogurt almacenado a una temperatura de refrigeración de 4 °C responde favorablemente en cuanto a la viscosidad.

Finalmente, Pascual y Encina (2022) en su investigación titulada “**Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*) y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos**”, realizaron diferentes ensayos para las harinas obtenidas a partir de la cáscara de naranja y de la manzana, que fueron adquiridos en un mercado local de la ciudad de Lima, Perú. Analizaron la composición nutricional, el contenido de fibra dietética, la granulometría, el perfil microbiológico y los parámetros de color Cielab de estas harinas. Los resultados indicaron que las harinas pueden clasificarse como fuentes significativas de fibra dietética con ventajas funcionales que podrían ser aprovechadas en la formulación de alimentos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reología

La reología es la rama de la física que se encarga del estudio del flujo y la deformación de los materiales (sólidos, líquidos y gases) en respuesta a una fuerza externa. El término deriva del griego *rheos* (que significa "fluir") y *logos* (que significa "estudio"). En el sector alimentario, la reología tiene importancia debido a la complejidad estructural de los alimentos, las cuales definen sus propiedades reológicas. El estudio de estas propiedades permite comprender el comportamiento del alimento durante el proceso de elaboración, manipulación y consumo y con

ello, optimizar los procesos, la calidad del producto final y el desarrollo de nuevos productos (Basak, 1991; Steffe, 1992).

2.2.1.1. Propiedades reológicas. Las propiedades reológicas son características de los materiales que describen su comportamiento al aplicar una fuerza o deformación, incluyen conceptos como viscosidad, elasticidad y plasticidad. Para los fluidos, la propiedad más importante es la viscosidad, que indica la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de deformación del fluido. A diferencia de los sólidos, que mantienen su forma bajo una carga, los fluidos se deforman y fluyen cuando se les aplica una fuerza. La viscosidad mide cómo el fluido responde a esta fuerza, permitiendo comprender el comportamiento del material (Basak, 1991). A continuación, se explican los conceptos de esfuerzo de corte, velocidad de deformación y viscosidad, según Panchi (2013).

2.2.1.1.1. Esfuerzo de corte (τ). También conocido como *shear stress* en inglés. Se define como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación específica de un material. Se expresa en unidades de presión y se calcula mediante la Ecuación 1.

$$T(\text{Esfuerzo de corte}) = \frac{F(\text{Fuerza})}{A(\text{Área})} = \frac{N(\text{Newton})}{m^2} = Pa(\text{Pascal})$$

(Ecuación 1)

2.2.1.1.2. Velocidad de corte (γ). También conocida como tasa de corte o *shear rate*, en inglés. Se define como el gradiente de velocidades, es decir, el cambio de velocidad a lo largo de una distancia en un fluido. Esta se expresa en unidades del inverso del tiempo, como se muestra en la Ecuación 2.

$$\gamma = \frac{du}{dy} = (s^{-1})$$

(Ecuación 2)

2.2.1.1.3. Viscosidad (μ). La viscosidad es una propiedad del líquido que describe la resistencia interna de un fluido al flujo, o la magnitud de su resistencia a las fuerzas de cizalla. Se expresa cuantitativamente en la *Ecuación 3*, como el cociente entre el esfuerzo de corte (τ) y la velocidad de corte (γ).

$$\mu (\text{viscosidad}) = \frac{\tau (\text{Esfuerzo de corte})}{\gamma (\text{Velocidad de deformación})} = \frac{\text{Pascal (Pa)}}{1/s} = (\text{Pa} \cdot \text{s})$$

(Ecuación 3)

2.2.1.2. Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológico. Los fluidos se pueden clasificar en dos tipos principales basados en su comportamiento reológico: fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos.

2.2.1.2.1. Fluidos Newtonianos. Los fluidos newtonianos cumplen la Ley de Newton, la cual señala que relación entre la tensión de corte y la velocidad de corte es constante para una temperatura y una presión determinadas. Estos fluidos presentan una viscosidad constante independientemente del esfuerzo de corte aplicado. En estos fluidos, la velocidad de corte es directamente proporcional al esfuerzo de corte. Ejemplos de fluidos newtonianos incluyen zumos clarificados con bajos porcentajes de pectina, mieles, jarabes como el de maíz, bebidas carbonatadas, extractos de carne y algunos aceites de cocina (Díaz, 2018).

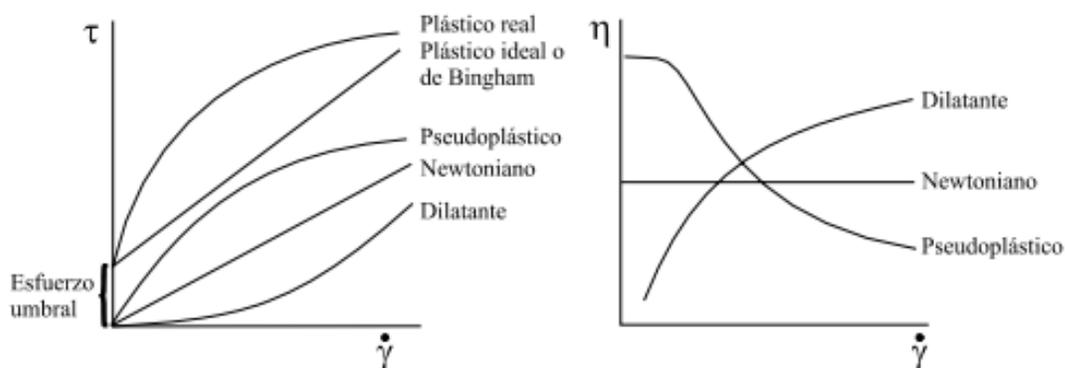
2.2.1.2.2. Fluidos No Newtonianos. Los fluidos no newtonianos tienen una viscosidad que cambia con el esfuerzo de corte, mostrando una relación no lineal entre el esfuerzo y la velocidad de corte. Estos fluidos se caracterizan mediante curvas de flujo o reogramas, que son representaciones gráficas de su comportamiento, y por sus parámetros reológicos, que son las constantes en las ecuaciones que definen su comportamiento reológico (Díaz, 2018; Rojas et al., 2012)

El comportamiento de los fluidos no newtonianos se puede dividir en tres tipos principales (Díaz, 2018):

- **Flujo independiente del tiempo:** El esfuerzo cortante depende únicamente de la velocidad de corte y se clasifica en plásticos de Bingham, pseudoplásticos y dilatantes.
- **Flujo dependiente del tiempo:** En el cual, la viscosidad varía con el esfuerzo cortante y el tiempo, clasificándose en fluidos tixotrópicos y reopécticos. Ejemplos incluyen zumos concentrados, salsa de tomate, yogures.
- **Flujo viscoelástico:** Fluidos que presentan propiedades viscosas y elásticas de manera simultánea. Ejemplos de estos fluidos son geles, masas de panificación, productos lácteos como yogurt griego y quesos blandos.

Figura 1

Curvas de flujo para distintos tipos de comportamientos



Tomado de *Tema 2: Fluidos Viscosos* (p. 5), por García, 2008, Universidad de Alicante, Departamento de Ingeniería Química, en el curso de *Reología*.

2.2.1.3. Modelos reológicos. En reología, se emplean los modelos matemáticos para describir el comportamiento de fluidos. A partir de datos experimentales, se obtienen reogramas y parámetros que permiten clasificar los fluidos según su comportamiento, entre ellos la Ley de Potencia, Herschel-Bulkley, Bingham y Casson. La Ley de Potencia describe

fluidos reofluidizantes y reoespesantes, mientras que el modelo de Herschel-Bulkley representa comportamientos viscoplásticos complejos, siendo utilizado en productos alimenticios. El modelo de Bingham se aplica a fluidos que requieren un esfuerzo mínimo para iniciar el flujo, y el modelo de Casson describe fluidos que tienen un esfuerzo para comenzar a fluir y cuya viscosidad cambia con la velocidad de corte (Rojas et al., 2012).

2.2.1.3.1. Ecuación de Herschel-Bulkley. Este modelo se utiliza en la caracterización de productos alimenticios viscoelásticos, como el yogurt bebible, en condiciones de bajas velocidades de corte (Abbott, 2019; Rojas et al., 2012). La ecuación es:

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

(Ecuación 4)

Donde: τ es el esfuerzo de corte (Pa), $\dot{\gamma}$ es la velocidad de corte (s^{-1}), k es el índice de consistencia ($Pa * s^n$), n es el índice de comportamiento de flujo y, τ_0 el límite elástico (Pa).

Estos parámetros se utilizan para describir las propiedades reológicas del yogurt bebible:

- **Índice de Consistencia (k):** Relacionado con la viscosidad aparente del fluido.
- **Índice de Comportamiento de Flujo (n):** Describe el cambio de viscosidad del fluido con la velocidad de corte:
 - $n < 1$: Fluido pseudoplástico (viscosidad disminuye con el aumento de velocidad)
 - $n > 1$: Fluido dilatante (viscosidad aumenta con el aumento de la velocidad).
 - $n = 1$: Fluido newtoniano (viscosidad constante)
- **Límite Elástico (τ_0):** Esfuerzo mínimo necesario para iniciar el flujo.

2.2.1.4. Factores que influyen en el comportamiento reológico. La viscosidad está influenciada por factores como la velocidad de corte, la temperatura, la presión y la concentración. La velocidad de corte afecta directamente la viscosidad, necesaria para la

clasificación de fluidos en procesos industriales. La temperatura generalmente genera una disminución en la viscosidad durante el procesamiento y los tratamientos térmicos, con reducciones de hasta un 10% por grado Celsius debido a la menor cohesión molecular. La presión aumenta la viscosidad, aunque los cambios son mínimos en condiciones cercadas a la atmosférica. Finalmente, un aumento en la concentración de sólidos solubles aumenta la viscosidad, al incrementar la resistencia al flujo (Díaz, 2018; García, 2008.).

2.2.1.5. Instrumentos de medición reológica. Las mediciones reológicas de alimentos fluidos y semisólidos se realizan con instrumentos rotacionales y tubulares (Steffe, 1992). En los yogures batidos, las propiedades reológicas se caracterizan principalmente por la viscosidad. Un instrumento rotacional permite determinar parámetros como la viscosidad aparente, el límite elástico y la reducción por cizallamiento (Basak, 1991).

2.2.2. Yogurt

El yogurt es un producto lácteo acidificado de alto consumo y comercialización mundial. Según el Codex Alimentarius, es un tipo de leche fermentada producido por fermentación ácido láctica mediante la acción simbiótica de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subesp. bulgaricus* (Codex Alimentarius/FAO/OMS, 2003).

2.2.2.1. Yogurt bebible. La clasificación del yogurt se basa en su composición química, método de producción y procesamiento posterior (Parra, 2012). Comercialmente, se divide en yogurt firme (*set*) y yogurt batido (*stirred*). El yogurt firme se fermenta en envases individuales, manteniendo su estructura de gel, mientras que el yogurt batido se agita tras la fermentación para obtener una consistencia más fluida y homogénea (Zhou, 2018). Por su naturaleza física se clasifica en sólidos, semisólidos y fluidos. El yogurt sólido tiene una consistencia gelatinosa

y se incuba en su envase final. El yogurt semisólido o batido se agita después de la incubación para lograr suavidad. El yogurt bebible es un tipo batido con baja viscosidad, obtenido mediante un mayor tratamiento mecánico (Bankole et al., 2023; Instituto Nacional de Calidad, 2014).

2.2.2.3. Estructura física del yogurt bebible. El proceso de elaboración del yogurt comienza con la recepción de leche fresca, asegurando que cumpla con altos estándares de higiene y composición. La leche contiene tres componentes principales: agua, sólidos grasos y sólidos no grasos, incluyendo proteínas (α_s1 -caseína, α_s2 -caseínas, β -caseínas, k-caseínas, α -lactalbúminas, β -lactoglobulinas, seroalbuminas e inmunoglobulinas IgG, IgG₂, IgA e IgM), lactosa y ácidos orgánicos (ácido láctico y ácido cítrico). Estos componentes se distribuyen en tres fases: acuosa con sales, azúcares y proteínas disueltas, lipídica emulsionada con esteroides y vitaminas; y sólida coloidal, principalmente de caseína y sales insolubles.

Para estabilizar estas fases, se homogeniza la leche, evitando la separación de los glóbulos de grasa. Luego, se pasteuriza a temperatura de 80 °C/30 min y 95 °C/5 min, promoviendo la agregación de proteínas al formar un complejo entre la k-caseína y la β -lactoglobulina. Después del tratamiento térmico, la leche se enfría a 43 °C para inocular los cultivos de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que fermentan la lactosa, produciendo ácido láctico y reduciendo el pH. A medida que el pH se acerca al punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6), las micelas de caseína se agregan, formando un gel de red tridimensional. Una vez alcanzado el nivel de acidez, el producto se enfría a una temperatura menor a 10 °C para controlar la actividad bacteriana.

En el caso del yogurt batido, que incluye el yogurt bebible, se agita después de la fermentación para alcanzar una consistencia suave y fluida. Sin embargo, este proceso, rompe la red proteica, afectando la viscosidad y firmeza del yogurt. Durante el almacenamiento, la post-acidificación aumenta el tamaño de las partículas de caseína, fomenta nuevas

interacciones entre las proteínas y contribuye a una reestructuración parcial del yogurt (Guénard et al., 2020; Padilla y Zambrano, 2021).

2.2.2.4. Reología del yogurt bebible. Los yogures bebibles, con una estructura de gel fluida, presentan un comportamiento reológico descrito mediante el modelo de Herschel-Bulkley (Martínez, 2024). A diferencia del yogurt cuajado, que se comporta como un sólido viscoelástico, el yogurt bebible es un líquido viscoelástico predominante en propiedades viscosas. Presenta un comportamiento no newtoniano, tixotrópico y pseudoplástico, con un límite elástico que aumenta a bajas velocidades de cizallamiento y disminuye cuando la estructura del gel se fragmenta a altas velocidades. Modelos reológicos como Casson y Herschel-Bulkley describen este comportamiento (Basak, 1991).

Las propiedades reológicas del fluido dependen de factores como la estandarización, el tratamiento térmico, los cultivos y las condiciones de incubación. Además, las operaciones mecánicas, como la agitación y el bombeo, así como la presencia de estabilizadores, pueden modificar la estructura del gel. Durante el almacenamiento, la post-acidificación incrementa la viscosidad y firmeza del yogurt al reducir su pH (Guénard et al., 2020; Mendoza et al., 2021).

2.2.3. Fibra dietética

La fibra dietética, según el Codex Alimentarius, es un polímero de carbohidratos con diez o más unidades que no se digiere en el intestino delgado humano. Incluye fibras naturales, obtenidas por procesos físicos o químicos, y sintéticas, todas con beneficios para la salud (Villanueva, 2019). La fibra funcional abarca carbohidratos no digeribles como almidón resistente, inulina y varios oligosacáridos. La FDA define la fibra como carbohidrato no digerible que ayuda a la digestión y recomienda una ingesta diaria de 25 a 28 gramos (FDA, 2023).

2.2.3.1. Clasificación. La fibra dietética se clasifica en dos tipos según su solubilidad en agua: soluble e insoluble. La fibra soluble, compuesta principalmente por polisacáridos no celulósicos como pectina y gomas, forma geles en el tracto gastrointestinal, lo que ralentiza la digestión y aumenta la sensación de saciedad. Este tipo de fibra se encuentra comúnmente en frutas y algas marinas. Por otro lado, la fibra insoluble, que incluye celulosa y ligninas, retiene agua y aumenta el volumen de las heces, facilitando el tránsito intestinal y ayudando a prevenir el estreñimiento. Este tipo de fibra se encuentra principalmente en verduras, cereales y legumbres (Matos y Chambilla, 2010).

2.2.3.2. Propiedades funcionales. Las propiedades tecnológicas de la fibra dietética están asociadas a sus beneficios en alimentos y su impacto fisiológico en el organismo:

2.2.3.2.1. Tamaño de partícula. El tamaño óptimo de las partículas de fibra oscila entre 50 y 500 μm . Partículas grandes pueden alterar las propiedades reológicas de los alimentos, mientras que partículas pequeñas pueden dificultar su hidratación (Matos y Chambilla, 2010).

2.2.3.2.2. Capacidad de retención de agua. Es la cantidad máxima de agua que una fibra puede retener, expresada en mililitros por gramo de material seco. La retención de agua influye en la viscosidad del producto y en su procesamiento. Factores como el tamaño de partícula, pH y fuerza iónica influyen en esta propiedad (Matos y Chambilla, 2010).

2.2.3.2.3. Capacidad de retención de aceite Esta propiedad mide la cantidad de aceite que la fibra puede absorber. Generalmente, las fibras insolubles presentan una mayor capacidad de absorción de grasa en comparación con las solubles (Matos y Chambilla, 2010).

2.2.3.2.4. Capacidad de hidratación. Las fibras solubles, como la pectina, generan viscosidad al hidratarse, lo que les permite absorber grasas y contribuir a la regulación del colesterol y la glucosa en el organismo (Vilcanqui y Vilchez, 2017).

2.2.4. Manzana Red Delicious

La manzana Red Delicious es una de las variedades más reconocidas a nivel global, destacando por su color rojo oscuro, su pulpa jugosa y su sabor dulce. Con un peso promedio de 160-240 gramos y un diámetro de 65-80 mm, esta manzana es valorada tanto para el consumo fresco como en la industria alimentaria, en la producción de bebidas y productos derivados como la sidra (Herrero, 1964; Juárez, 2016).

En América Latina, la manzana Red Delicious ha ganado popularidad, especialmente en Perú, donde se ha convertido en la variedad de manzana importada preferida por su sabor dulce y pulpa suave. Según el Programa Nacional de Frutales de Sierra Exportadora, en 2016 se cultivaban aproximadamente 11 mil hectáreas de manzanas en el país.

En Argentina, el Alto Valle de Río Negro es el principal productor de manzanas en Sudamérica. La pandemia de 2020 aceleró la exportación de Red Delicious a Latinoamérica, redireccionando volúmenes desde mercados internacionales hacia países como Brasil, Bolivia, Paraguay, Perú, Ecuador y Colombia (Portal Frutícola, 2021).

2.2.4.1. Subproductos de manzana. El 25-30% de la producción mundial de manzanas se destina al procesamiento, generando entre 3 y 4.2 millones de toneladas de residuos. Estos subproductos, como cáscaras y pulpas, se utilizan en alimentación animal, infusiones, y la producción de pectina, etanol y ácido cítrico. La manzana Red Delicious, rica en fibra dietética, proporciona fracciones solubles (pectina) e insolubles (celulosa y xiloglucanos), especialmente en la cáscara (Gutiérrez, 2014, p. 25). Los residuos de esta manzana, incluyendo cáscaras y

pulpas, son nutritivos con bajo contenido proteico (5-6%) y extracto etéreo (3-4%). La fibra detergente neutra (FND) es del 55-60% y la fibra detergente ácida del 40%, con una efectividad de fibra del 33% (Juárez, 2016).

2.2.4.2. Propiedades funcionales y aplicación en la elaboración de alimentos.

Popescu et al. (2022) demostraron que el polvo de orujo de manzana, que incluye la cáscara, es beneficioso en productos lácteos gracias a la capacidad de gelificación de la pectina y al refuerzo de la estructura del gel por las fibras insolubles. Asimismo, las harinas de cáscara de manzana y otros residuos agroindustriales pueden ser ingredientes alternativos en alimentos, aportando fibra dietética y compuestos bioactivos, como ácidos fenólicos y carotenoides (Pascual y Encina, 2022). Además, el polvo de residuo de sidra de manzana, obtenido de la cáscara y pulpa, presenta buenas propiedades funcionales, como alta capacidad de retención y adsorción de agua, lo que permite su uso para enriquecer harinas y otros alimentos con fibra dietética (Juárez 2016; Meneses, 2021).

CAPÍTULO III

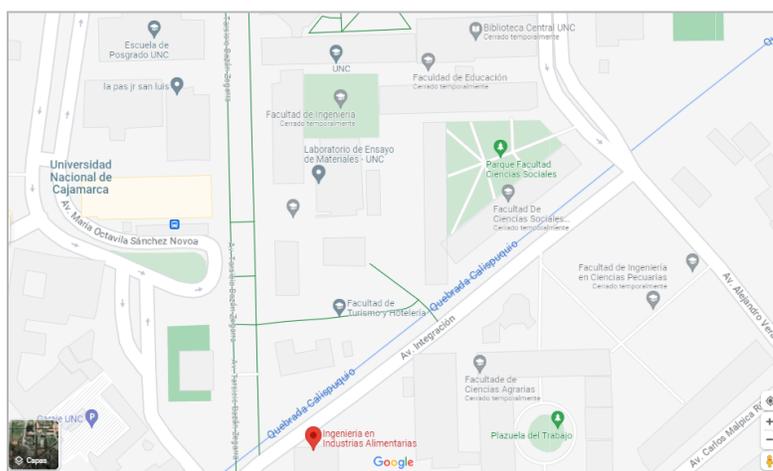
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo se realizó en los Laboratorios de Derivados Lácteos, Bioingeniería y Fermentaciones Industriales, y Carnes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en Av. Atahualpa 1050, Km. 03, Cajamarca, Perú, donde se obtuvieron las muestras y se realizaron las pruebas reológicas.

Figura 2

Ubicación del experimento



Nota. Recuperado de Google Maps.

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

Manzana (*Malus domestica*, var. *Red Delicious*), leche fresca de vaca

3.2.2. Materiales y equipo de laboratorio

Balanza analítica Serie 321 LS, balanza gramera SF-400

Bolsas de polietileno, bowl, olla de acero inoxidable, cucharas, cuchillos

Crisol, pinza para crisol, papel plastificado con aluminio

Centrífuga de mesa ROTOFIX 32A

Cocina industrial, estufa de secado POL-EKO APARATURA, bandejas p/estufa

Equipo de titulación, matraz Erlenmeyer, probetas, tubos de ensayo

Filtro de tela, papel filtro, vaso de precipitación de 500 mL

Incubadora de yogurt, refrigeradora

Horno de mufla BIOBASE MC2.5-12

Medidor de actividad de agua AQUALAB 4TE

Molino manual, tamices de acero inoxidable, termómetro de alimentos, tabla de picar.

Reómetro Brookfield DV3T, accesorios y Software RheocalcT

3.2.3. Reactivos y otros

Agua destilada, alcohol 70%

Cultivo láctico (Selection Medium 1, Chr. Hansen)

Hipoclorito de sodio, jabón antibacterial, lavavajillas, papel toalla

Solución de Hidróxido de sodio al 0.1 N, solución de Fenolftaleína al 2%

3.2.4. Materiales de escritorio

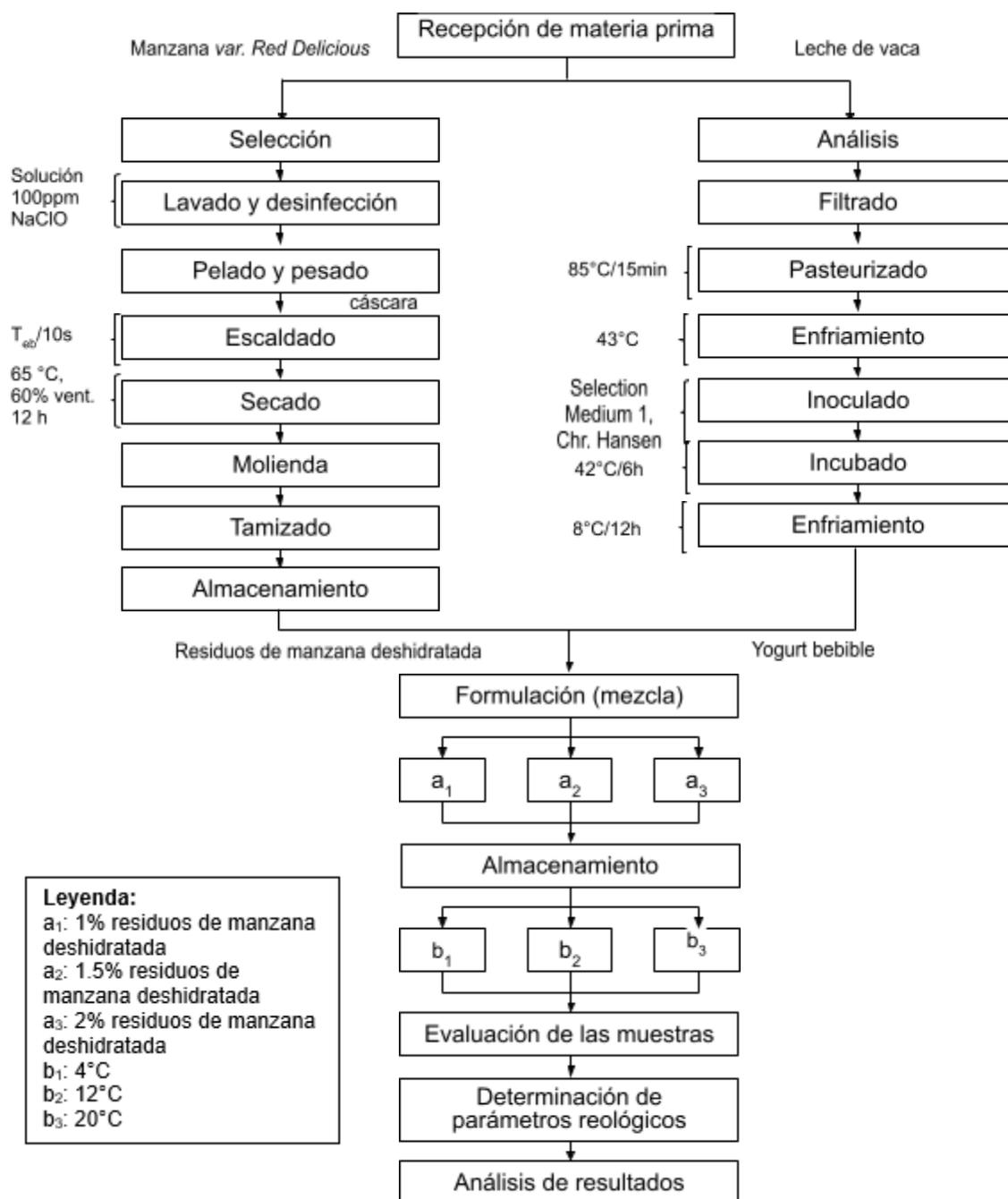
Cámara fotográfica, computadora portátil, memoria USB, útiles de escritorio.

3.3. Metodología

El desarrollo experimental de esta investigación se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Croquis del experimento



Adaptado de Gutiérrez (2014), Meneses (2021), Zhou (2018).

3.3.1. Obtención de los residuos de manzana deshidratada

Antes de establecer el procedimiento final, se consideró utilizar el bagazo de manzana (residuo de la extracción de jugo) como fuente de fibra. No obstante, durante las primeras pruebas de deshidratación y molienda, se observó su caramelización debido a su alta concentración de azúcares, lo que dificultaba el procesamiento. Por ello, se decidió emplear cáscaras de manzana, permitiendo su molienda y una mejor incorporación en el yogurt bebible.

3.3.1.1. Recepción de materia prima. La manzana fue adquirida en un supermercado de la ciudad de Cajamarca.

3.3.1.2. Selección. Se seleccionaron manualmente los frutos, descartando aquellos con golpes o señales de daño microbiológico (Figura 29).

3.3.1.3. Lavado y desinfección. Las manzanas se lavaron mediante inmersión en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio durante 5 minutos, siguiendo el método de Gutiérrez (2014; Figura 29).

3.3.1.4. Pelado y pesado. Las manzanas se pelaron, separando la cáscara de la pulpa, y se pesaron para registrar su cantidad inicial (Figura 30).

3.3.1.5. Escaldado. Para evitar el pardeamiento enzimático, las cáscaras se sumergieron en agua hirviendo durante 10 segundos y luego en agua fría por otros 10 segundos, siguiendo el proceso de Zhou (2018). Posteriormente, se envasaron en bolsas ziploc y se refrigeraron hasta el momento de su deshidratado.

3.3.1.6. Secado. Las cáscaras se colocaron sobre las bandejas de secado, utilizando papel plastificado y aluminio, distribuidas en capas de 2 a 3 cm de grosor. Se deshidrataron a 65 °C con ventilación del 60 % durante 12 horas, hasta obtener una textura quebradiza (Figura 31). Este proceso se realizó siguiendo la metodología de Gutiérrez (2014) y Meneses (2021).

3.3.1.7. Molienda. Las cáscaras deshidratadas se molieron utilizando un molino manual, obteniendo un polvo fino (Figura 32).

3.3.1.8. Tamizado. Se realizó el tamizado de la muestra empleando una serie de tamices desde la malla Nro. 60 (0.25 mm) hasta la Nro. 230 (0.063 mm), asegurando la homogeneidad del tamaño de partícula (Figura 32). El porcentaje de peso retenido en cada malla se calculó respecto al peso total, separando muestras para evaluar la capacidad de hidratación y absorción de moléculas orgánicas, adaptando el método de Gutiérrez (2014).

3.3.1.9. Almacenamiento. El producto final fue envasado y sellado en bolsas de polietileno de 1 kg, almacenándolo en condiciones de baja humedad hasta su uso.

3.3.2. Caracterización funcional y fisicoquímica

Con la finalidad de caracterizar el residuo de manzana deshidratado, se realizaron las siguientes pruebas, todas por triplicado:

3.3.2.1. Capacidad de retención de agua, CRA. Se determinó mediante el método adaptado de Meneses (2021; Figura 33). Se pesaron 0.25 g de muestra (P_0) en tubos de ensayo y se añadieron 5 ml de agua destilada. Se agitó manualmente durante 10 minutos y dejó en reposo por 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, se centrifugó a 3000 rpm

durante 10 minutos. El agua separada se drenó, cuyo peso final del sedimento (P_1) fue registrado. El cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$CRA(g \text{ agua}/g \text{ muestra seca}) = \frac{P_1 - P_0}{P_0}$$

(Ecuación 5)

3.3.2.2. Capacidad de Hinchamiento, CH. Se adaptó el método de Meneses (2021; ver Figura 3.2.2). Se pesaron 2 g de muestra en una probeta graduada de 25 ml y se midió el volumen ocupado (V_0). Se adicionaron 10 ml de agua destilada, se agitó durante 5 minutos, dejando en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. El volumen final (V_1) se utilizó para calcular la CH con la siguiente ecuación:

$$CH(ml \text{ agua}/g \text{ muestra}) = \frac{V_1 - V_0}{\text{Peso de muestra}}$$

(Ecuación 6)

3.3.2.3. Capacidad de absorción de moléculas orgánicas, CAMO. Se siguió el procedimiento de Meneses (2021; Figura 33). Se pesaron 0.25 g de cada muestra en g (P_0), se adicionaron 5 ml de aceite de girasol, se agitó durante 10 minutos y dejó reposar 24 horas a temperatura ambiente. Luego, se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos y se retiró el sobrenadante. El sedimento se pesó y la CAMO se calculó de la siguiente manera:

$$CAMO (g \text{ aceite}/g \text{ muestra}) = \frac{V_1 - V_0}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

(Ecuación 7)

3.3.2.4. Determinación de humedad (Método gravimétrico). Se siguió el método AOAC 930.15, 2000. Se pesaron 10 g de la muestra en una placa petri y se colocó en la estufa por 2.5 horas a 105 °C, enfriada en el desecador y pesada (ver Figura 34). Luego, se calculó el porcentaje de humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{P1-P2}{m} * 100$$

(Ecuación 8)

Donde P1 es el peso de la placa con la muestra húmeda (g), P2 el peso después del secado y m el peso de muestra húmeda.

3.3.2.5. Actividad de agua. La actividad de agua se midió en el medidor AQUALAB 4TE. Las muestras se colocaron en la cápsula, registrando el valor de la actividad de agua una vez estabilizado el equipo.

3.3.2.6. Determinación de Acidez Titulable (Método volumétrico). Se adaptó el método AOAC. 942.15. 2005. Se preparó una solución de muestra deshidratada (10 g) en agua destilada, hasta enrasar a 100 mL. Luego se tituló con NaOH al 0.01 N hasta obtener un viraje rosado, calculando el porcentaje de acidez en términos de ácido málico empleando la fórmula:

$$\%Acidez\ titulable = \frac{GxNxMeq}{M} x100$$

(Ecuación 9)

Donde; G es el gasto de Hidróxido de Sodio (mL), N la Normalidad base a una concentración de 0.1 N, Meq son las milis equivalentes del ácido málico (0.067) y M es el valor del peso o volumen de muestra expresada en gramos o mililitros.

3.3.2.7. Determinación de cenizas. Se siguió el método AOAC, 945.46. 2000 (Figura 34). En primer lugar, los crisoles rotulados fueron colocados en una estufa a temperatura de 110 °C durante una hora, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron (m_0). Luego, se pesaron 5 g de la muestra seca obtenida del análisis de humedad y se colocaron en los crisoles (m_1), los cuales se colocaron en la mufla precalentada a 550 °C hasta obtener ceniza blanca,

aproximadamente 2 horas y media. Los crisoles se dejaron enfriar en un desecador, se pesaron los crisoles con las cenizas (m_2). El contenido de cenizas se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

(Ecuación 10)

Donde; m_0 es el peso del crisol vacío, m_1 es el peso del crisol con la muestra antes de la incineración y m_2 es el peso del crisol con cenizas.

3.3.2.8. Contenido de fibra dietética soluble e insoluble (AOAC 991.43). El análisis del contenido de fibra dietética se realizó siguiendo el método AOAC 991.43. Fue realizado por un laboratorio externo, cuyos resultados se presentan en el informe adjunto en el Anexo 4.

3.3.3. Elaboración de yogurt bebible con residuos de manzana deshidratada

Para la preparación del yogurt bebible con residuos de manzana deshidratada, se adaptaron los procedimientos descritos por Castro y Montalvo (2019).

3.3.3.1. Recepción de la materia prima. La leche de vaca fresca fue adquirida del Centro Poblado de Otuzco, Cajamarca.

3.3.3.2. Análisis de leche. Se realizaron análisis de pH, densidad, acidez titulable y prueba de alcohol para asegurar la calidad de la leche (Figura 35).

3.3.3.3. Filtrado. La leche fue filtrada a través de un filtro de tela para eliminar partículas extrañas antes de ser vertida en una olla para su posterior proceso.

3.3.3.4. Pasteurizado. Se pasteurizó la leche a 85 °C durante 15 minutos para eliminar patógenos (Figura 35).

3.3.3.5. Enfriamiento. Después de la pasteurización, la leche fue enfriada a 43 °C por inmersión en agua fría (Figura 35).

3.3.3.6. Inoculación. Se añadió el cultivo láctico liofilizado en una proporción del 0.5% del Cultivo láctico Selection Medium 1, Chr. Hansen; constituida por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus*, a 43 °C (Figura 36).

3.3.3.7. Incubación. La leche inoculada se mantuvo en una incubadora a 42°C durante de 6 horas, hasta alcanzar un pH de 4.6 (Figura 36).

3.3.3.8. Enfriamiento. Alcanzando el pH indicado, el yogurt fue refrigerado por 12 horas a fin de detener la fermentación.

3.3.3.9. Adición de los residuos de manzana deshidratada en polvo (mezclado). Los residuos de manzana deshidratada en polvo se añadieron al yogurt en diferentes concentraciones, mezclando a velocidad constante para lograr una distribución uniforme de los residuos, logrando una mezcla homogénea.

3.3.3.10. Almacenamiento. Las muestras fueron envasadas, rotuladas y almacenadas a distintas temperaturas según los tratamientos asignados. Se conservaron durante 24 horas para estabilizarlas antes de su evaluación fisicoquímica y reológica (Figura 37). La temperatura en la refrigeradora fue monitoreada y controlada para asegurar que se mantuviera dentro de los rangos establecidos.

3.3.4. **Análisis fisicoquímico del yogurt con residuos de manzana deshidratada**

3.3.4.1. pH del yogurt. El pH de cada tratamiento fue medido utilizando un pHmetro digital. Las ediciones se realizaron por triplicado.

3.3.4.2. Sinéresis del yogurt bebible (método de centrifuga). Se adaptó el método de capacidad de retención de agua de Zhou (2018). Se pesaron 5 ml de yogurt bebible con tres concentraciones diferentes de residuos de manzana deshidratada y se colocaron en tubos de ensayo. Posteriormente, se centrifugaron a 2400 rpm durante 10 minutos para separar el suero, el cual fue pesado. Las mediciones se realizaron por triplicado y el porcentaje de sinéresis se calculó con la siguiente manera:

$$\%Sinéresis = \frac{\text{Peso de suero expulsado}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

(Ecuación 11)

3.3.4.3. Densidad. Se pesaron 20 ml de cada muestra en una probeta graduada previamente tarada. La lectura se tomó considerando el menisco y la temperatura de la muestra. La densidad fue calculada aplicando la ecuación:

$$\text{Densidad}(g/ml) = \frac{\text{Peso de muestra}}{\text{Volumen de la muestra}} \times 100$$

(Ecuación 12)

3.3.5. **Determinación de los parámetros reológicos y modelado matemático**

Las pruebas se realizaron con un reómetro Brookfield DV3T y el software RheocalcT a 4°C, 12 °C y 20 °C, representando condiciones de almacenamiento, batido y temperatura

ambiente, respectivamente. El equipo fue calibrado (autocero) y nivelado antes de cada medición, siguiendo el procedimiento del Manual del Brookfield DV3T (No. M13-2100-A0415).

Dado que durante el almacenamiento, los esfuerzos aplicados al yogurt son mínimos y el flujo es lento, las mediciones se realizaron a bajas revoluciones por minuto (RPM) para simular estas condiciones de bajo esfuerzo y flujo reducido.

3.3.5.1. Preparación y montaje. Se encendió el reómetro Brookfield DV3T, calibrando la posición del equipo. Luego, se colocó el vaso Beaker con la mezcla en la posición indicada por el reómetro, y se sumergió el husillo en el yogurt bebible ajustando su altura hasta la marca indicada (Figura 38).

3.3.5.2. Control de temperatura de la muestra. Se utilizó un baño de agua circulante para mantener una temperatura estable durante las mediciones. Los puertos de entrada y salida de la camisa del accesorio ULA, se conectaron a un recipiente de agua, y la temperatura fue monitoreada con un sensor del reómetro, ajustando con agua helada o caliente para mantenerla constante (Figura 38).

3.3.5.3. Toma de datos. Se determinaron los valores de esfuerzo de corte y velocidad de corte utilizando el adaptador ULA para muestras de baja viscosidad. Para ello, se vertieron 16 mL de cada muestra en la cámara del accesorio y se configuró el reómetro desde el software en modo de control externo. Durante la prueba de viscosidad, se variaron las velocidades de rotación de 0.1 rpm a 5.0 rpm, aumentando 0.1 rpm por segundo. El reómetro fue configurado para la recolección de datos multipunto, estableciendo el esfuerzo de corte en el eje “y” y la velocidad de corte en el eje “x”. Los datos se exportaron a Excel, identificando cada muestra para su posterior análisis. Se repitieron las mediciones hasta obtener datos constantes, verificando que el porcentaje de torque se mantuviera entre el 10% y el 90%.

3.3.5.4. Cálculo de parámetros reológicos. Se obtuvieron lecturas del esfuerzo de corte y la velocidad de corte, graficando la velocidad (1/s) frente al esfuerzo (Pa) para cada tratamiento, generando un total de 10 reogramas, incluida la muestra testigo. Se identificó el tipo de fluido (newtoniano o no newtoniano) y se ajustó la ecuación reológica a los datos experimentales. Los datos se linealizaron utilizando logaritmo natural para obtener la ecuación matemática ajustada (Figura 39). Además, se graficaron los datos en un gráfico de dispersión y se calculó el coeficiente de determinación (R^2), donde un valor cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo. Se interpretaron los coeficientes de la ecuación gráfica: la ordenada al origen con el eje "x" corresponde al logaritmo del índice de consistencia, la ordenada al origen con el eje "y" al límite elástico y la pendiente al índice de comportamiento de flujo. Finalmente, se sustituyeron estos valores en la ecuación de regresión para obtener el modelo reológico.

3.3.6. Medición del límite elástico con agujas de paleta

Para medir el límite elástico, se utilizó una aguja de paletas a una velocidad de rotación de 0,5 rpm. Se prepararon 500 mL de muestra, que se dejó reposar para estabilizarse, monitoreando la temperatura con el sensor del equipo, con el fin de mantener condiciones constantes durante toda la prueba.

Se insertó la aguja en la muestra hasta la marca principal, asegurándose de que el torque inicial fuera 0%. Luego, se mantuvo una velocidad de rotación constante, permitiendo que el torque aumentara progresivamente. La medición se detuvo automáticamente cuando el torque alcanzó su valor máximo y no se detectó un incremento adicional en el torque. Este punto indica que la muestra ha alcanzado su límite elástico, es decir, el fluido comienza a mostrar una resistencia interna que lo hace comportarse de manera similar a un material semisólido.

La configuración de la prueba se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Configuración para la prueba de rendimiento en el reómetro

Tipo de medición	Prueba de rendimiento
Aguja	V-71
Marca de inmersión	Principal
Velocidad	0.5 rpm
Reducción de torque	100 %
Temperatura	Condiciones del tratamiento

3.3.7. Análisis estadístico

3.3.7.1. Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3x3, considerando dos factores: el porcentaje de adición de residuos de manzana deshidratada y la temperatura de almacenamiento, cada uno con tres niveles. Se evaluaron 10 tratamientos, realizados en triplicado. Las disposiciones de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

3.3.7.2. Análisis estadístico. Para los resultados, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$). Se evaluaron los efectos principales de los factores (porcentaje de residuos de manzana deshidratada y temperatura de almacenamiento), así como sus interacciones, adaptando el análisis según el parámetro evaluado.

Tabla 2*Arreglo y descripción de tratamientos*

Tratamiento	Niveles	Descripción de tratamientos	Repeticiones
T1	a ₁ b ₁	Yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C	3
T2	a ₂ b ₁	Yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C	3
T3	a ₃ b ₁	Yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C	3
T4	a ₁ b ₂	Yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C	3
T5	a ₂ b ₂	Yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C	3
T6	a ₃ b ₂	Yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C	3
T7	a ₁ b ₃	Yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C	3
T8	a ₂ b ₃	Yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C	3
T9	a ₃ b ₃	Yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C	3
T10	Testigo	Yogurt bebible recién elaborado	3

Nota. La tabla detalla los arreglos de los tratamientos y repeticiones a ser aplicados en el estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta y discute los resultados obtenidos sobre los efectos de la adición de residuos de manzana deshidratada y la temperatura de almacenamiento en las propiedades reológicas del yogurt bebible. Se incluye la caracterización de los residuos de manzana deshidratada, evaluación reológica y sus efectos sobre el yogurt bebible.

4.1. Caracterización de los residuos de manzana deshidratada

La caracterización de los residuos de manzana deshidratada es importante para entender su efecto en las propiedades del yogurt bebible. Esta sección detalla la obtención, procesamiento, propiedades funcionales y fisicoquímicas.

4.1.1. Obtención y procesamiento

Los residuos utilizados en este estudio son cáscaras de manzana de la variedad Red Delicious. Durante el proceso de deshidratación y molienda, se observó que las cáscaras no se apelmazan, a diferencia de otros subproductos como la pulpa exprimida o las semillas, lo que asegura una integración uniforme en el yogurt bebible.

a. Tamaño de partícula. El análisis del tamaño de partícula, detallado en la Tabla 3, indica que el tamaño de 0.125 mm (125 μm) se encuentra dentro del rango recomendado de 50 a 500 μm (Matos y Chambilla, 2010). Este tamaño favorece una mezcla homogénea en el yogurt, necesario para asegurar una consistencia uniforme. Además, un tamaño de partícula

adecuado minimiza el riesgo de grumos y apelmazamiento, mejorando así la rehidratación de la fibra y, en consecuencia, las características sensoriales del producto final.

Tabla 3

Tamaño de partícula de los residuos de manzana

Nro. Tamiz	Abertura de tamiz		Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso acumulado (%)	Peso que pasa (%)
	milímetros	pulgadas				
60	0.25	0.0098	625	44.34	44.34	55.66
120	0.125	0.0049	637	45.19	89.52	10.48
230	0.063	0.0025	139	9.86	99.38	0.62
Plato			8.6729	0.62		
Total			1409.67	100.00	233.25	

Nota. La tabla muestra la distribución del tamaño de partícula a través de diferentes tamices.

b. Rendimiento. El rendimiento del secado y molienda mostró que la cáscara fresca representaba el 23.72% del peso total, reduciéndose a 19.89% tras el secado, lo que concuerda con la pérdida esperada de agua. Los rendimientos de tamizado (8.69%, 8.86% y 1.93%) son similares a los reportados por Gutiérrez (2014), quien encontró un rendimiento del $22.11 \pm 1.20\%$ para el polvo de cáscaras de manzana Delicia, demostrando un método práctico.

4.1.2. Propiedades Funcionales y Fisicoquímicas

4.1.2.1. Propiedades funcionales. Se seleccionó la fibra de manzana deshidratada con un tamaño de partícula de 0.125 mm debido a sus propiedades funcionales favorables. La Tabla 4 presenta las propiedades funcionales de las fibras de diferentes tamaños. Estas propiedades son importantes para evaluar su incorporación en el yogurt bebible

a. Capacidad de Retención de Agua (CRA). Los residuos de manzana deshidratada de 0.125 mm, mostró una CRA de 3.99 ± 0.14 g agua/g muestra, superior al valor reportado por

Gutiérrez (2014) de 3.7 ± 0.46 g agua/g muestra. Una mayor capacidad de retención de agua contribuye a la viscosidad del producto y a una integración adecuada en alimentos, favoreciendo una distribución homogénea en el yogurt (Chamorro y Mamani, 2010). Esto coincide con estudios previos que destacan la importancia de la retención de agua en fibras dietéticas obtenidas de fuentes vegetales (Wang et al., 2020; Zhou, 2018).

b. Capacidad de Hinchamiento (CH). La CH indica la cantidad de agua que la fibra puede absorber y expandirse. La fibra de 0.125 mm muestra una CH de 2.60 ± 0.01 ml/g. La CH observada coincide con otros estudios que reportan valores similares para fibras de manzana y otros vegetales (Castro y Montalvo, 2019; Renan et al., 2009).

c. Capacidad de Absorción de Moléculas Orgánicas (CAMO). La fibra de 0.125 mm presenta una capacidad de absorción de moléculas orgánicas de 0.91 ± 0.08 g grasa/g muestra. Esta propiedad es importante, ya que permite a la fibra absorber y retener compuestos orgánicos como grasas, contribuyendo a la estabilidad del yogurt y a la reducción de la separación de componentes. Estudios anteriores han documentado la eficacia de las fibras en la absorción de moléculas orgánicas, destacando su potencial como ingredientes funcionales en la mejora de las características sensoriales y tecnológicas de productos lácteos, favoreciendo la retención de grasas y otros componentes lipofílicos presentes (Mendoza, 2015; Pascual y Encina, 2022).

Tabla 4

Propiedades funcionales de los residuos de manzana deshidratada en polvo

Tamaño de Partícula (mm)	CRA (g agua/ g muestra)	CH (ml/g)	CAMO (g grasa/ g muestra)
0.25	3.7 ± 0.46	2.65 ± 0.13	0.97 ± 0.03
0.125	3.99 ± 0.14	2.60 ± 0.01	0.91 ± 0.08
0.063	2.97 ± 0.03	0.76 ± 0.19	0.77 ± 0.10

Nota. Los valores de la tabla representan las medias de tres ensayos replicados, ± desviación estándar. CRA: Capacidad de retención de agua; CH: Capacidad de hinchamiento; CAMO: Capacidad de absorción de moléculas orgánicas.

El tamaño de partícula seleccionado permite una mezcla homogénea con el yogurt, favoreciendo su incorporación en yogurt bebible. Estos resultados resaltan el potencial de los residuos de manzana deshidratada como un ingrediente funcional en este tipo de producto.

4.1.2.2. Propiedades fisicoquímicas. La Tabla 5 muestra las características fisicoquímicas de la fibra de manzana deshidratada. La cáscara fresca presentó una humedad inicial de 78.06%, la cual se redujo al 4.6% después del secado y pulverización. Este bajo contenido de humedad contribuye a una mayor estabilidad del producto, limitando la actividad microbiana y prolongando la vida útil (Gutiérrez, 2014). La actividad de agua de 0.28 ± 0.001 también indica una baja probabilidad de crecimiento microbiano, lo que es beneficioso para la estabilidad del yogurt (Matos y Chambilla, 2010) Estos resultados indican que las muestras presentan un bajo riesgo de crecimiento microbiológica, lo que es favorable para su uso en productos alimenticios (Moreno et al., 2003).

La acidez titulable de 0.17% como porcentaje de ácido málico es comparable a los valores reportados por Gutiérrez (2014) y menor que en otros estudios. Este nivel de acidez es favorable para mantener la estabilidad del yogurt (Chamorro y Mamani, 2010). El contenido de

cenizas de 1.75% muestra una composición mineral baja, lo que minimiza alguna alteración en las propiedades del yogurt, haciéndolo adecuado para su incorporación en productos alimenticios (Meneses, 2021)

Además, el contenido total de fibra dietética se determinó en 23.23%, con un 15.37% de fibra dietética insoluble y 7.86% de fibra soluble. Esta proporción favorece un aumento en la viscosidad y modificar las propiedades reológicas del yogurt (Gutiérrez, 2014; Chamorro y Mamani, 2010). La relación entre fibra dietética soluble e insoluble fue de 0.51, lo que se considera adecuado para ingredientes alimentarios enriquecidos en fibra (Zhou, 2018).

Tabla 5

Caracterización fisicoquímica de los residuos de manzana deshidratada en polvo

Parámetro	Resultado
Tamaño de partícula (mm)	0.125
Humedad (%)	4.60 ± 0.001 (*)
Actividad de agua	0.28 ± 0.001 (+)
Acidez titulable (% ácido málico)	0.17 ± 0.000
Cenizas (%)	1.75 ± 0.003
Contenido de fibra dietética insoluble (%)	15.37
Contenido de fibra dietética soluble (%)	7.86
Contenido de fibra dietética total (%)	23.23

Nota. Los valores de la tabla representan las medias de tres ensayos replicados, ± desviación estándar. (*) Resultado expresado en base seca, (+) Lectura realizada a 20.04 °C.

Los resultados evidencian que los residuos de manzana deshidratada poseen características fisicoquímicas adecuadas para su inclusión en yogurt bebible. La baja humedad y la actividad de agua, junto con un balance óptimo de fibra dietética, indican una estabilidad que puede favorecer las propiedades reológicas del yogurt bebible.

4.2. Efecto de la adición de residuos de manzana deshidratada y temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible

4.2.1. Caracterización fisicoquímica de la leche fresca de vaca

Para preparar el yogurt, la leche de vaca fue caracterizada fisicoquímicamente. Los resultados, que se presentan en la Tabla 6, muestran que la leche cumplió con los requisitos establecidos por el D.S.007-2017-MINAGRI. Las mediciones de pH, densidad y acidez titulable se encontraron dentro de los rangos establecidos, y la prueba de alcohol resultó negativa. Esto confirma que la leche estaba en óptimas condiciones para iniciar el proceso de fermentación.

Tabla 6

Caracterización fisicoquímica de la leche fresca de vaca

Análisis	Resultado
pH	6.3
Densidad (g/ml)	1.029
Acidez titulable (% ácido láctico)	0.16
Prueba de alcohol	Negativa

4.2.2. Caracterización fisicoquímica del yogurt bebible con residuos de manzana

Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del yogurt bebible elaborado con la adición de residuos de manzana deshidratada. Los resultados, presentados en la Tabla 7, muestran la influencia de estos residuos y las condiciones de almacenamiento en el producto final.

Tabla 7

Caracterización fisicoquímica del yogurt bebible con residuos de manzana en polvo en diferentes concentraciones y temperaturas de almacenamiento

Tratamiento	pH	Sinéresis(%)	Densidad(g/ml)
T1	4.37 ± 0.02	17.66 ± 0.02	1.0189 ± 0.01
T2	4.26 ± 0.01	19.90 ± 0.03	0.9254 ± 0.03
T3	4.26 ± 0.01	21.15 ± 0.04	1.0045 ± 0.00
T4	4.34 ± 0.03	14.85 ± 0.01	0.9881 ± 0.02
T5	4.26 ± 0.01	15.24 ± 0.04	1.0362 ± 0.01
T6	4.28 ± 0.03	14.33 ± 0.04	1.0521 ± 0.01
T7	4.34 ± 0.04	33.91 ± 0.03	1.0019 ± 0.02
T8	4.27 ± 0.01	30.80 ± 0.05	1.0372 ± 0.01
T9	4.28 ± 0.03	30.52 ± 0.04	1.0492 ± 0.01
T10	4.42 ± 0.03	21.83 ± 0.04	1.0168 ± 0.00

Nota. Los valores de la tabla representan las medias de tres ensayos replicados, ± desviación estándar.

a. pH. El pH del yogurt variaba entre 4.26 y 4.42, con valores tendiendo a ser más bajos a medida que aumentaba la concentración de residuos de manzana y la temperatura de almacenamiento. Un pH más bajo indica una mayor acidez, lo cual puede disminuir la viscosidad y aumentar la sinéresis (expulsión de suero). Estos resultados se alinean con los reportados por Gutiérrez (2014) y Zhou (2018), que también indicaron que el pH de los yogures comerciales debe ser igual o inferior a 4.6. En su estudio, Sernaqué (2023) observó que el pH de los yogures alcanzaba un máximo de 4.28 y un mínimo de 3.58, mientras que Mendoza (2015) encontró que un pH más bajo se correlacionaba con una mayor sinéresis en yogures.

El ANOVA (Tabla 8) indicó que los residuos de manzana no tuvieron un efecto significativo sobre el pH ($p > 0.05$), mostrando que la variación observada podría estar relacionada principalmente con la producción de ácido láctico, mientras que los componentes ácidos presentes en los residuos de manzana podrían influir en menor medida en la acidez del yogurt (Popescu et al., 2022). Por otro lado, la temperatura sí tuvo un efecto significativo sobre

el pH ($p < 0.05$). A medida que aumentó la temperatura de almacenamiento, el pH tendió a disminuir, debido a una mayor actividad microbiana y a los ácidos orgánicos presentes en los residuos de manzana deshidratada, como mencionan Jakubowska y Karamucki (2020).

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) del pH de los tratamientos evaluados

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F	Valor-P
Residuos de manzana	0.000022	2	0.000011	0.023255	3.554557	0.977041
Temperatura	0.040155	2	0.020077	42.023255	3.554557	1.65E-07
Interacción	0.002288	4	0.000572	1.197674	2.927744	0.345786
Dentro del grupo	0.0086	18	0.000477			
Total	0.051066	26				

b. Sinéresis. La sinéresis, o separación del suero en el yogurt, es un indicador clave de estabilidad. En nuestros tratamientos, la sinéresis varió entre 14.33% y 33.91%, siendo más alta en muestras almacenadas a 20 °C. Esto indica que un pH más bajo puede estar relacionado con una mayor sinéresis, especialmente en el tratamiento T7 (33.91%), que mostró una menor capacidad de retención de agua. La adición de fibra puede ayudar a reducir la sinéresis al mejorar la retención de agua en el yogurt (Romero y Mestres, 2006).

El ANOVA (Tabla 9) muestra que los residuos de manzana tuvieron efecto significativo sobre la sinéresis ($p < 0.05$), mientras que la temperatura y la interacción entre los factores no mostraron efectos significativos ($p > 0.05$). Estos resultados coinciden con estudios previos que señalan que la sinéresis puede controlarse a largo plazo mediante la adición de fibra variando según las condiciones de almacenamiento (Romero y Mestres, 2006; Zhou, 2018).

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) de sinéresis de los tratamientos evaluados

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F	Valor-P
Residuos de manzana	1372.318807	2	686.159403	55.574382	3.554557	1.98E-08
Temperatura	0.131651	2	0.065825	0.005331	3.554557	0.994684
Interacción	41.111792	4	10.277948	0.832445	2.927744	0.522019
Dentro del grupo	222.240333	18	12.346685			
Total	1635.802585	26				

c. Densidad. La densidad del yogurt, que está relacionada con su consistencia y estructura, se vio significativamente afectada por la concentración de residuos de manzana deshidratada y temperatura de almacenamiento ($p < 0.05$), lo que indica que la densidad se ve influenciada por ambos factores y su interacción (Tabla 10). Los tratamientos T5, T6 y T9 mostraron una densidad alta, lo que indica una mayor cantidad de fibra y sólidos. La fibra presente en los residuos de manzana contribuye a un mayor contenido de sólidos y, en consecuencia, aumentar la densidad del yogurt bebible.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad de los tratamientos evaluados

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F	Valor.P
Residuos de manzana	0.011940	2	0.005970	24.024486	3.554557	8.29E-06
Temperatura	0.006983	2	0.003491	14.051429	3.554557	0.000210
Interacción	0.018502	4	0.004625	18.614403	2.927744	3.31E-06
Dentro del grupo	0.004472	18	0.00024			
Total	0.041899	26				

Los resultados indican que tanto los residuos de manzana deshidratada como la temperatura de almacenamiento afectan significativamente la densidad y la sinéresis del yogurt bebible. La densidad se ve influenciada por ambos factores, mientras que la sinéresis depende únicamente de la cantidad de residuos de manzana, sin que la temperatura tenga un efecto relevante. En cuanto al pH, la temperatura de almacenamiento afecta significativamente este parámetro, pero los residuos de manzana no muestran un efecto significativo. Estos resultados destacan el potencial de los residuos de manzana para modificar las propiedades reológicas del yogurt bebible.

4.2.3. Propiedades reológicas

Esta sección presenta los resultados obtenidos de las curvas de flujo para todos los tratamientos y el testigo, analizando el ajuste del modelo reológico a los datos experimentales.

4.2.3.1. Ajuste del Modelo de Herschel-Bulkley. El modelo de Herschel-Bulkley se ajustó adecuadamente a los datos experimentales de todos los tratamientos, mostrando coeficientes de determinación (R^2) que oscilan entre 0.84 y 0.99, lo que indica un buen ajuste y permite una evaluación precisa del comportamiento reológico de los yogures. Este modelo es utilizado para describir fluidos que exhiben comportamientos tanto dilatantes como pseudoplásticos y ha sido utilizado previamente en la investigación de yogures y productos lácteos, debido a su capacidad para ajustar datos experimentales y manejar la resistencia inicial al flujo, especialmente en condiciones para velocidades de corte bajas y muy bajas, ya que maneja la resistencia inicial al flujo (Abbott, 2019). Los tratamientos dilatantes (T1 a T7) mostraron un aumento en el esfuerzo cortante con la tasa de corte, mientras que los tratamientos pseudoplásticos (T8 a T10) presentaron un comportamiento contrario.

4.2.3.2. Comportamiento reológico de los tratamientos. Las curvas de flujo de todos los tratamientos muestran la variación del esfuerzo cortante en función de la tasa de corte. Para comprender el comportamiento del yogurt bebible frente al esfuerzo cortante, se emplearon los parámetros específicos del modelo de Herschel-Bulkley, los cuales se detallan para cada tratamiento en la Tabla 11.

Tabla 11

Parámetros reológicos del modelo Herschel-Bulkley para las muestras evaluadas con el adaptador ULA

T	n (\pm SD)	k (\pm SD)	R ²	τ_0 (\pm SD)	Tipo de fluido
T1	1.17285 \pm 0.062	10.76792 \pm 0.161	0.98246	0 \pm 0.159	Dilatante
T2	2.16851 \pm 0.025	23.1096 \pm 0.332	0.99898	0.0983 \pm 0.024	Dilatante
T3	2.36574 \pm 0.024	24.38004 \pm 0.340	0.99921	0.44722 \pm 0.019	Dilatante
T4	1.14703 \pm 0.075	10.02978 \pm 0.176	0.972	0 \pm 0.191	Dilatante
T5	1.25401 \pm 0.126	11.04503 \pm 0.473	0.94782	0 \pm 0.264	Dilatante
T6	2.44606 \pm 0.017	26.57459 \pm 0.263	0.99961	0.24084 \pm 0.013	Dilatante
T7	1.23301 \pm 0.130	9.5435 \pm 0.221	0.95846	0 \pm 0.306	Dilatante
T8	0.46841 \pm 0.25	1.98313 \pm 0.95	0.98911	0 \pm 0.961	Pseudoplástico
T9	0.89828 \pm 0.414	3.18221 \pm 0.295	0.83931	0 \pm 0.579	Pseudoplástico
T10	0.76194 \pm 0.082	4.43362 \pm 0.212	0.92094	0 \pm 0.248	Pseudoplástico

Nota. Los valores de la tabla representan las medias \pm desviación estándar. T: Tratamiento; R²: Coeficiente de determinación; n: índice de comportamiento del flujo; K: índice de consistencia, expresado en $Pa \cdot s^n$; τ_0 límite elástico, expresado en Pa.

Las Figuras 4 al 13 muestran la relación entre el esfuerzo de corte (*shear stress*) en el eje Y, y la velocidad de corte (*shear rate*) en el eje X, permitiendo determinar el comportamiento reológico de los fluidos. Los datos experimentales se encuentran en el Anexo 2.

4.2.3.2.1. Tratamiento T1. Yogurt bebible con 1% de residuos de manzana a 4°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 1.17285 ± 0.062
- Índice de Consistencia (k): $10.76792 \pm 0.161 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$
- Límite Elástico (τ_0): $0 \pm 0.159 \text{ Pa}$

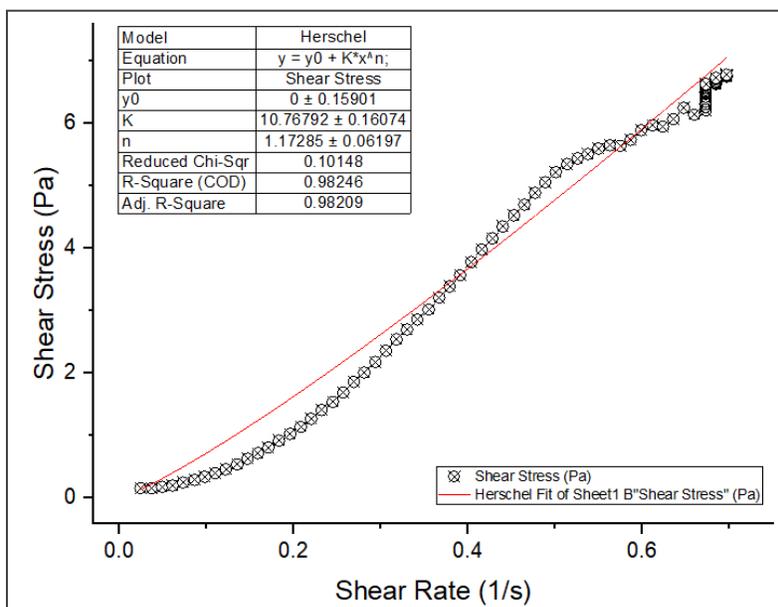
Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T1, es:

$$T = (0 \pm 0.16) + (10.76792 \pm 0.16) * \gamma^{(1.17285 \pm 0.06)}$$

El límite elástico cercano a cero indica que el yogurt requiere un pequeño esfuerzo inicial para comenzar a fluir. El coeficiente de consistencia de $10.77 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ y el índice de comportamiento de flujo de 1.17 muestran un comportamiento dilatante. El modelo de Hershel - Bulkley se ajusta a los datos experimentales, como indican el coeficiente de determinación, el R^2 ajustado y el valor de chi-cuadrado reducido.

Figura 4

Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)



4.2.3.2.2. Tratamiento 2. Yogurt con 1.5% de residuos de manzana a 4°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 2.16851 ± 0.025
- Índice de Consistencia (k): 23.1096 ± 0.332
- Límite Elástico (τ_0): 0.0983 ± 0.024

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T2, es:

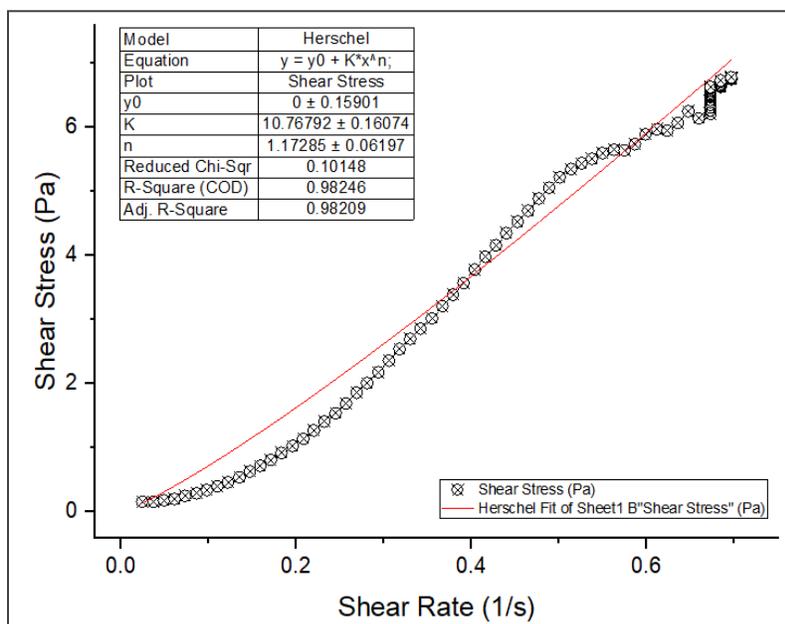
$$T = (0.098 \pm 0.02) + (23.11 \pm 0.33) * \gamma^{(2.168 \pm 0.003)}$$

El yogurt muestra un comportamiento dilatante mayor que la muestra anterior. El límite elástico indica que se requiere un esfuerzo inicial para fluir, reflejando una estructura estable.

Los valores de $R^2=0.99$, el R^2 ajustado de 0.99893, chi-cuadrado reducido cercano al cero indican un buen ajuste del modelo de Herschel-Bulkley, indicando que una mayor concentración de residuos de manzana aumenta el efecto dilatante.

Figura 5

Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)



4.2.3.2.3. Tratamiento 3. Yogurt con 2% de residuos de manzana a 4°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 2.36574 ± 0.024
- Índice de Consistencia (k): 24.38004 ± 0.340
- Límite Elástico (τ_0): 0.44722 ± 0.019

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T3, es:

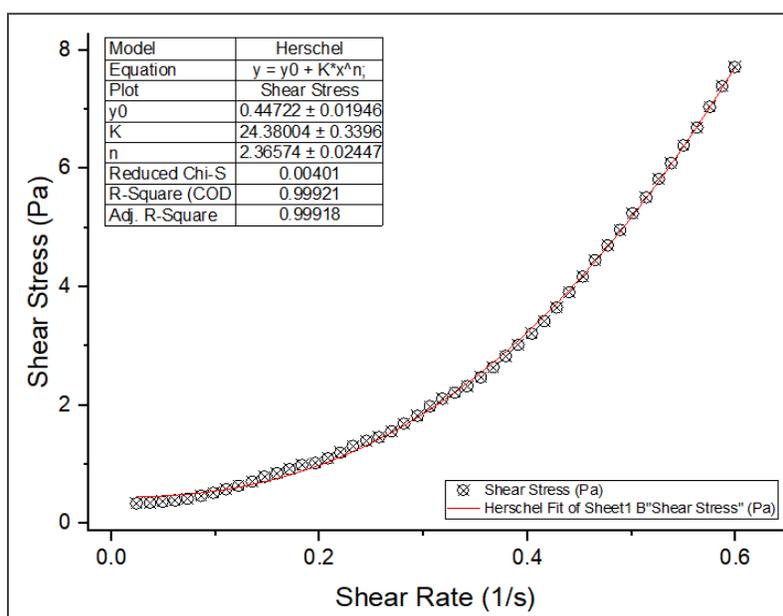
$$T = (0.447 \pm 0.02) + (24.38 \pm 0.34) * \gamma^{(2.36 \pm 0.024)}$$

El índice de comportamiento de flujo es mayor que 1, indicando un comportamiento dilatante. Tanto el coeficiente de consistencia como el límite elástico son los más altos entre los tratamientos, indicando que el yogurt con 2% de residuos de manzana tiene una estructura interna más resistente al flujo.

Los valores de $R^2 = 0.99921$, R^2 ajustado es 0.99918, chi-cuadrado reducido de 0.00401, indican un buen ajuste del modelo de Herschel-Bulkley a los datos experimentales.

Figura 6

Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)



4.2.3.2.4. Tratamiento 4. Yogurt con 1% de residuos de manzana a 12°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 1.14703 ± 0.075
- Índice de Consistencia (k): 10.02978 ± 0.176
- Límite Elástico (τ_0): 0 ± 0.191

Así, a ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T4, es:

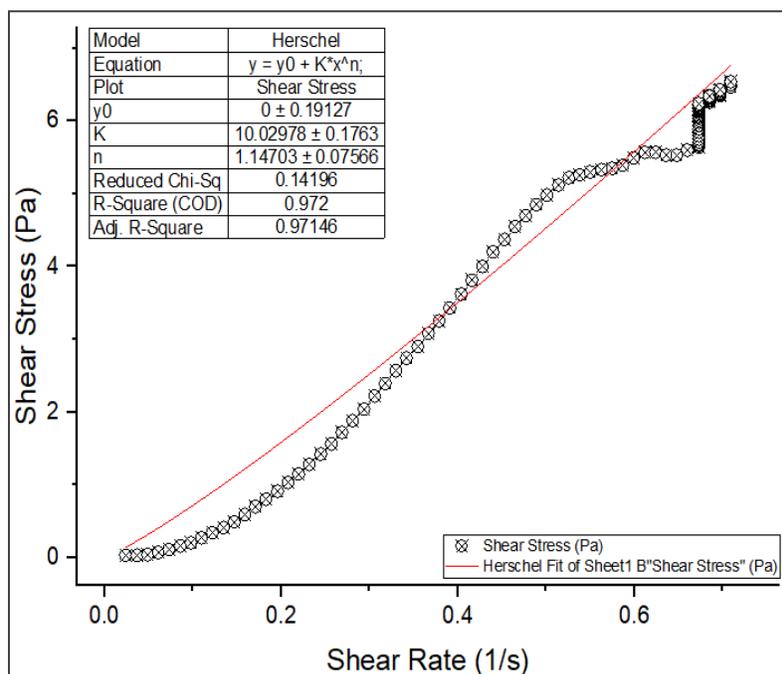
$$T = (0 \pm 0.191) + (10.029 \pm 0.18) * \gamma^{(1.14703 \pm 0.075)}$$

El comportamiento dilatante se mantiene con el aumento de temperatura. El límite elástico es el más alto de todos los tratamientos, lo que indica que se necesita un mayor esfuerzo inicial para fluir, mostrando así una mayor resistencia estructural.

Los valores de $R^2 = 0.99921$ y R^2 ajustado es 0.99918 indican un buen ajuste del modelo de Herschel-Bulkley a los datos experimentales, con un chi-cuadrado reducido bajo.

Figura 7

Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)



4.2.3.2.5. Tratamiento 5. Yogurt con 1.5% de residuos de manzana a 12°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 1.25401 ± 0.126
- Índice de Consistencia (k): 11.04503 ± 0.473
- Límite Elástico (τ_0): 0 ± 0.264

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T5, es:

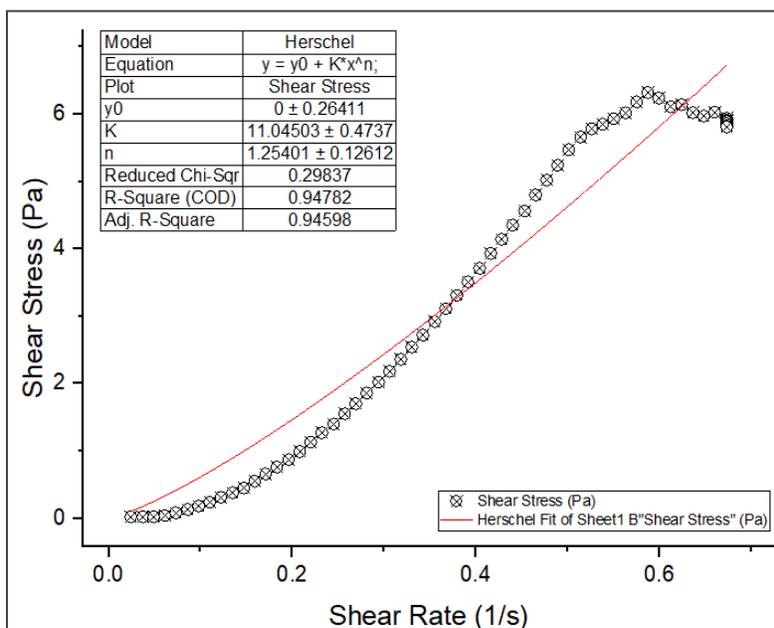
$$T = (0 \pm 0.264) + (11.045 \pm 0.473) * \gamma^{(1.254 \pm 0.126)}$$

Presenta un comportamiento dilatante, pero con un índice de comportamiento de flujo más bajo que en T4, indicando un esfuerzo inicial menor para fluir.

Los valores de R^2 (0.94782) y el R^2 ajustado (0.94598) indican que el modelo de Herschel-Bulkley se ajusta bien a los datos experimentales.

Figura 8

Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)



4.2.3.2.6. Tratamiento 6. Yogurt con 2% de residuos de manzana a 12°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 2.44606 ± 0.017
- Índice de Consistencia (k): 26.57459 ± 0.263
- Límite Elástico (τ_0): 0.24084 ± 0.013

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T6, es:

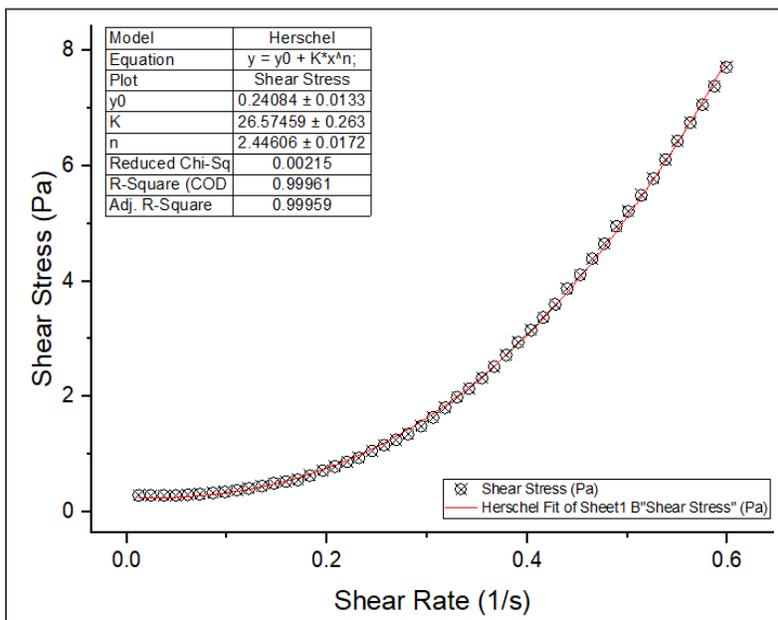
$$T = (0.240 \pm 0.013) + (26.574 \pm 0.263) * \gamma^{(2.446 \pm 0.017)}$$

Se muestra un comportamiento dilatante con un alto índice de consistencia, lo que indica una elevada resistencia al flujo, favorable para mantener su consistencia.

El valor de chi-cuadrado reducido de 0.00215, R^2 0.99961 y el R^2 ajustado 0.99959, muestran que el modelo de Herschel-Bulkley se ajusta bien a los datos experimentales.

Figura 9

Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)



4.2.3.2.7. Tratamiento 7. Yogurt con 1% de residuos de manzana a 20°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 1.23301 ± 0.130
- Índice de Consistencia (k): 9.5435 ± 0.221
- Límite Elástico (τ_0): 0 ± 0.306

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T7, es:

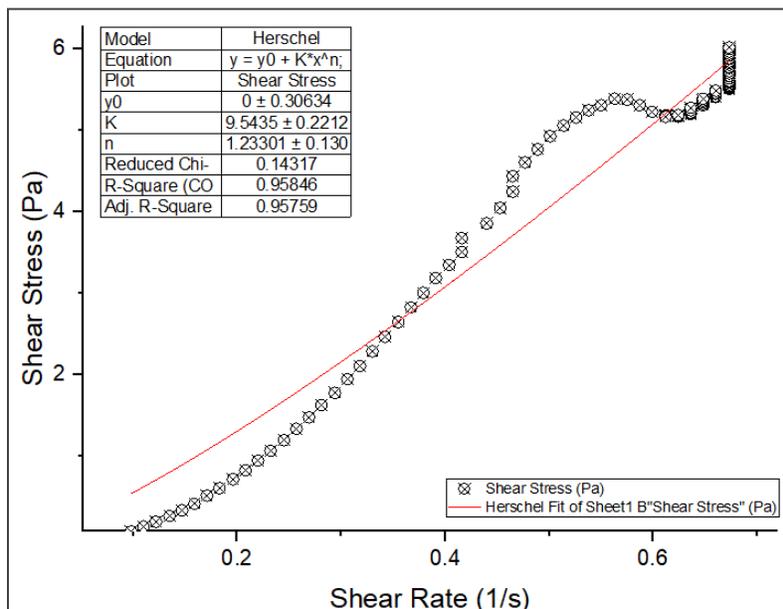
$$T = (0 \pm 0.306) + (9.544 \pm 0.221) * \gamma^{(1.233 \pm 0.130)}$$

La mayor temperatura reduce el índice de comportamiento de flujo. El límite elástico cercano a cero indica que el yogurt fluye inmediatamente.

El chi-cuadrado reducido, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.95846$) y el R^2 ajustado (0.95759) indican un buen ajuste del modelo a los datos.

Figura 10

Curva de flujo del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)



4.2.3.2.8. Tratamiento 8. Yogurt con 1.5% de residuos de manzana a 20°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 0.46841 ± 0.25
- Índice de Consistencia (k): 1.98313 ± 0.95
- Límite Elástico (t_0): 0 ± 0.961

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T8, es:

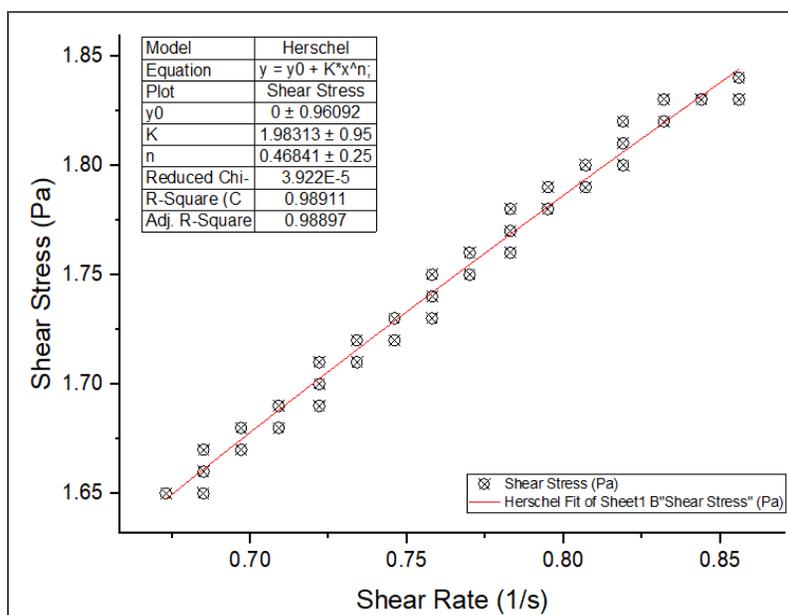
$$T = (0 \pm 0.961) + (1.963 \pm 0.221) * \gamma^{(0.468 \pm 0.25)}$$

Muestra un comportamiento pseudoplástico con un bajo índice de consistencia, indicando una menor viscosidad que otros tratamientos.

El coeficiente de determinación $R^2 = 0.98911$ y el R^2 ajustado (0.98897) indican que el modelo de Herschel-Bulkley describe una buena relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte. El chi-cuadrado reducido de 3.922 indica mayor variabilidad en los datos.

Figura 11

Curva de flujo del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)



4.2.3.2.9. Tratamiento 9. Yogurt con 2% de residuos de manzana a 20°C

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 0.89828 ± 0.414
- Índice de Consistencia (k): 3.18221 ± 0.295
- Límite Elástico (τ_0): 0 ± 0.579

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (y) en función de la velocidad de corte (x) de T9, es:

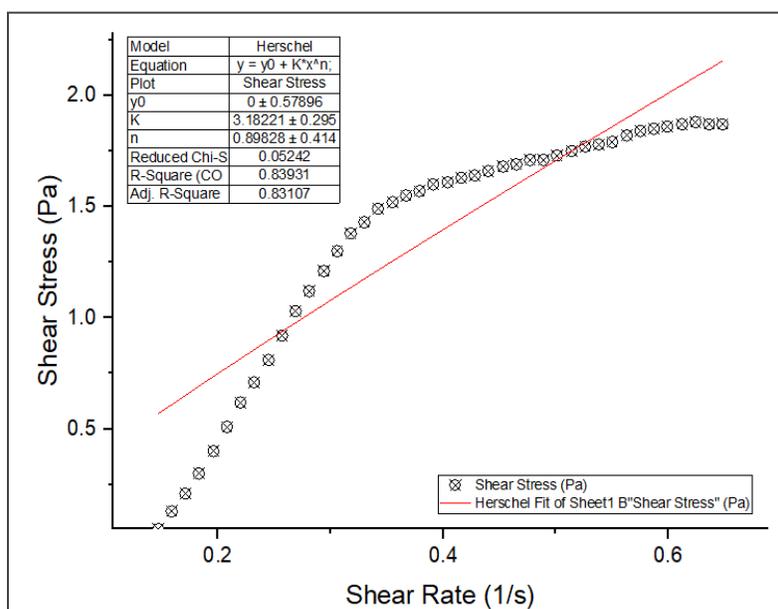
$$T = (0 \pm 0.579) + (3.1822 \pm 0.295) * \gamma^{(0.898 \pm 0.414)}$$

El índice de comportamiento menor que 1 clasifica a la muestra como pseudoplástico, con una consistencia más fluida en comparación con tratamientos a temperaturas más bajas.

El coeficiente de determinación $R^2 = 0.83931$ y $R^2_{ajustado} = 0.83107$ muestran que el modelo de Herschel-Bulkley proporciona un ajuste adecuado a los datos experimentales y una baja variabilidad al tener el chi-cuadrado reducido (0.05242).

Figura 12

Curva de flujo del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)



4.2.3.2.10. Tratamiento 10. Testigo (Yogurt recién elaborado)

Los parámetros reológicos obtenidos fueron:

- Índice de Comportamiento del Flujo (n): 0.76194 ± 0.082
- Índice de Consistencia (k): 4.43362 ± 0.212
- Límite Elástico (τ_0): 0 ± 0.248

Así, la ecuación que describe el esfuerzo cortante (τ) en función de la velocidad de corte ($\dot{\gamma}$) de T10, es:

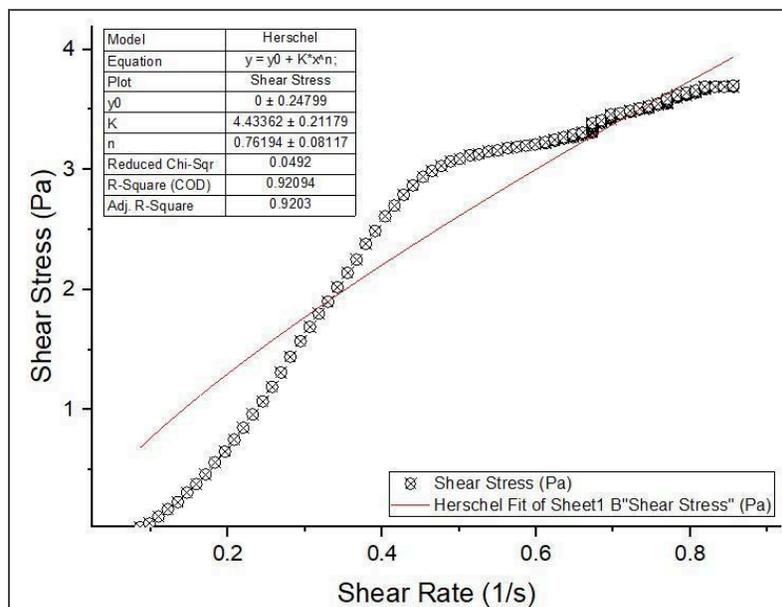
$$\tau = (0 \pm 0.248) + (4.434 \pm 0.212) * \dot{\gamma}^{(0.762 \pm 0.082)}$$

El yogurt recién elaborado actúa como referencia básica, representando el estado inicial del producto antes de la adición de residuos de manzana y variaciones de temperatura de almacenamiento. Su límite elástico (τ_0) cercano a 0 indica baja resistencia al flujo, lo cual es esperado, al no haber experimentado cambios como la separación del suero. Sin embargo, en comparación con las muestras tratadas, T10 muestra una menor consistencia ($k = 4.43 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$) y un índice de comportamiento del flujo ($n = 0.76$), lo que se indica un comportamiento reológico menos viscoso y menor resistencia al esfuerzo cortante (τ). Esto indica que la muestra testigo es más fluida que las muestras tratadas con residuos de manzana, las cuales presentan una estructura que aumenta la resistencia al flujo.

El coeficiente de determinación $R^2=0.92094$ y el R^2 ajustado $=0.9203$ muestran que el modelo de Herschel-Bulkley se ajusta a los datos experimentales, con baja variabilidad al tener el chi-cuadrado reducido bajo (0.0492).

Figura 13

Curva de flujo del yogurt bebible, muestra testigo (T10)



El ajuste al modelo de Herschel-Bulkley a los tratamientos de yogurt muestra dos comportamientos reológicos distintos. Los yogures dilatantes, representados por los tratamientos T1 a T7, muestran un incremento en la viscosidad con el aumento de la tasa de corte, lo que indica una mayor resistencia al flujo. Este fenómeno puede ser beneficioso durante la agitación, proporcionando mayor consistencia; sin embargo, durante el almacenamiento, esta característica puede facilitar la separación de suero debido a la reorganización de las partículas de caseína (Abbott, 2019).

En cambio, los tratamientos T8 y T9 presentan un comportamiento pseudoplástico, caracterizado por una disminución de la viscosidad al aumentar la velocidad de corte, lo que indica que la combinación de mayor temperatura y el contenido de residuos afecta las interacciones entre las proteínas. En comparación con la muestra testigo (T10), estos tratamientos tienen un índice de comportamiento del flujo menor y una menor consistencia, lo que los hace más fluidos en comparación con las muestras dilatantes. Este cambio se relaciona

con la post-acidificación, que incrementa el tamaño de las micelas de caseína y promueve nuevas interacciones, influyendo en la viscosidad y fluidez del yogurt. Este comportamiento, resultado de la deformación de la red de gel y la interacción entre partículas bajo esfuerzo.

Las mediciones realizadas a bajas rotaciones permiten observar el comportamiento reológico del yogurt bebible durante su almacenamiento. Según Malvern Instruments Limited (2012), as velocidades de corte en este rango ($0,01$ a 1 s^{-1}) son características del flujo por gravedad. Estas condiciones de baja agitación facilitan la evaluación de la estabilidad.

4.2.4. Comportamiento Reológico de Esfuerzo vs. Deformación

Según Sun y Gunasekara (2009), medir el límite elástico en materiales débiles con abundante suero se dificulta, ya que el proceso de corte y colocación de la muestra en el reómetro puede alterar su estructura y causar microsinéresis. Además, el valor obtenido depende del ajuste del modelo matemático. Por ello, se realizaron mediciones directas utilizando el método de fluencia con la aguja de paletas V-71. En los yogures, el límite elástico está relacionado con las características estructurales de los geles.

Las gráficas de esfuerzo frente a deformación para los distintos tratamientos de yogurt evidencian la respuesta del producto ante la presión. Al aumentar la presión, se alcanza el límite elástico, el punto donde la estructura del yogurt comienza a fluir. Los resultados, presentados en la Tabla 12, muestran variaciones en el límite elástico por cada tratamiento.

Tabla 12

Resultados experimentales de la prueba de fluidez estática a 0.5 rpm con aguja de paletas

Tratamiento	Límite elástico (Pa)	Deformación (rad)	Torque en el límite elástico (%)	Tiempo de medición (s)
T1	3.70 ± 0.17	0.2047 ± 0.04	73.83 ± 3.44	456.67 ± 2.89
T2	3.80 ± 0.07	0.5900 ± 0.14	75.93 ± 1.45	70.73 ± 0.70
T3	3.83 ± 0.04	0.6500 ± 0.09	76.63 ± 0.68	29.77 ± 4.93
T4	3.64 ± 0.01	0.4246 ± 0.02	72.87 ± 0.12	122.43 ± 0.67
T5	3.65 ± 0.22	0.6440 ± 0.04	73.13 ± 4.42	29.57 ± 3.77
T6	4.12 ± 0.20	0.6934 ± 0.04	82.37 ± 4.09	20.60 ± 0.85
T7	3.66 ± 0.04	0.5703 ± 0.02	73.3 ± 0.66	26.67 ± 2.04
T8	3.8 ± 0.18	0.5879 ± 0.04	76.00 ± 3.69	24.40 ± 0.92
T9	3.84 ± 0.23	0.8647 ± 0.26	76.77 ± 4.69	26.67 ± 3.30
T10	3.6 ± 0.11	0.5211 ± 0.05	72.00 ± 2.10	26.13 ± 0.61

Nota. Los valores de la tabla representan las medias de tres ensayos replicados, ± desviación estándar.

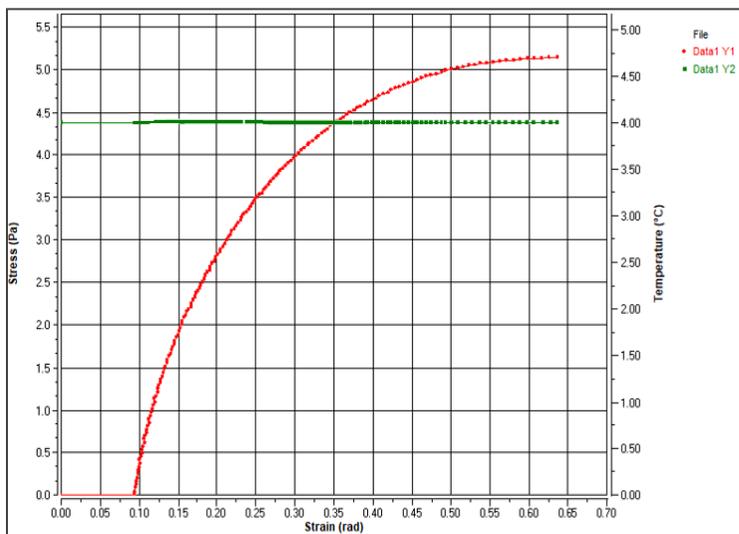
A continuación, se presentan las gráficas de esfuerzo versus deformación para cada tratamiento. Estas curvas ofrecen información sobre el comportamiento del yogurt bajo distintas condiciones, mostrando los cambios en la resistencia y el flujo.

4.2.4.1. Yogurt Bebible con 1 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 4 °C (T1).

El yogurt con 1 % de residuos a 4 °C presenta un límite elástico de 3.70 Pa y una deformación de 0.2047 radianes (Figura 14). El bajo esfuerzo necesario para alcanzar esta deformación indica una adecuada estabilidad estructural para el almacenamiento en frío. El tiempo de medición, de 456.67 ± 2.89 segundos, el más alto de todos los tratamientos, indicando una alta resistencia al flujo y deformación en condiciones de baja temperatura.

Figura 14

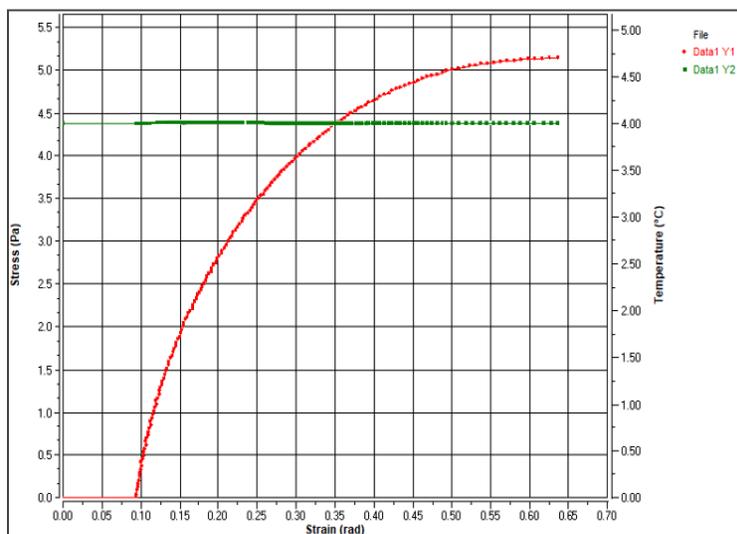
Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)



4.2.4.2. Yogurt Bebible con 1.5 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 4 °C (T2). Para el yogurt con 1.5 % de residuos, el límite elástico es de 3.80 Pa y la deformación alcanza 0.5900 radianes (Figura 15). Este comportamiento, característico de fluidos dilatantes, indica que el yogurt presenta una estructura resistente al flujo. El tiempo de medición se redujo a 70.73 ± 0.70 segundos, lo que indica que, aunque el yogurt tiene una mayor resistencia, mantiene una fluidez controlada. Este comportamiento podría ser deseable en consumidores que buscan un producto más consistente. Bajo esfuerzo, la deformación observada refleja un balance entre rigidez y fluidez, lo que permite que el yogurt conserve una estructura estable durante su almacenamiento a 4°C, sin perder la capacidad de fluir al ser consumido.

Figura 15

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)

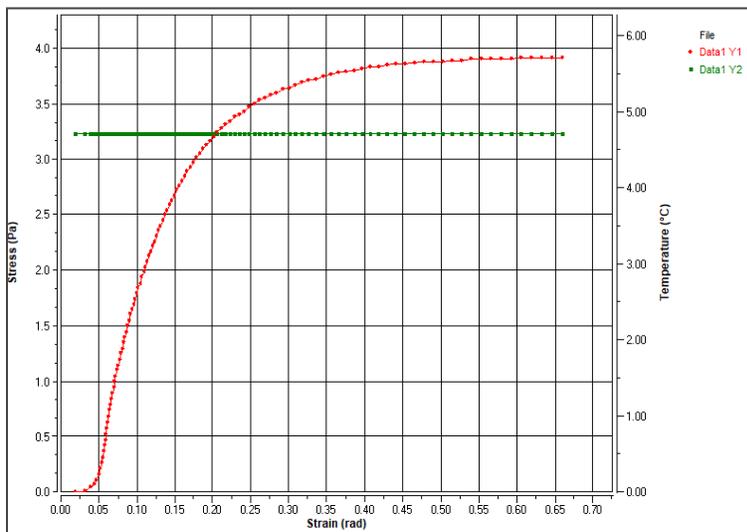


4.2.4.3. Yogurt Bebible con 2 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 4 °C (T3).

Con un 2 % de residuos, el límite elástico aumenta a 3.83 Pa y la deformación a 0.6500 radianes (Figura 16). La mayor concentración de residuos refuerza la estructura del yogurt, aumentando su resistencia al flujo. En términos reológicos, este comportamiento se asocia con una mayor viscosidad y cohesión interna en el producto. El tiempo de medición fue de 29.77 ± 4.93 segundos, fue el más corto entre los tratamientos a 4 °C, indicando que, aunque el yogurt es más estructurado, mantiene una fluidez controlada cuando se le aplica esfuerzo. Esta característica es importante en productos como el yogurt bebible, donde se requiere que el producto fluya con facilidad. Además, en comparación con tratamientos con menor concentración de residuos de manzana, el yogurt bebible a 4 °C con 2 % de residuos fluye con mayor facilidad, permitiendo que se mueva y se vierta rápidamente sin perder su consistencia.

Figura 16

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)

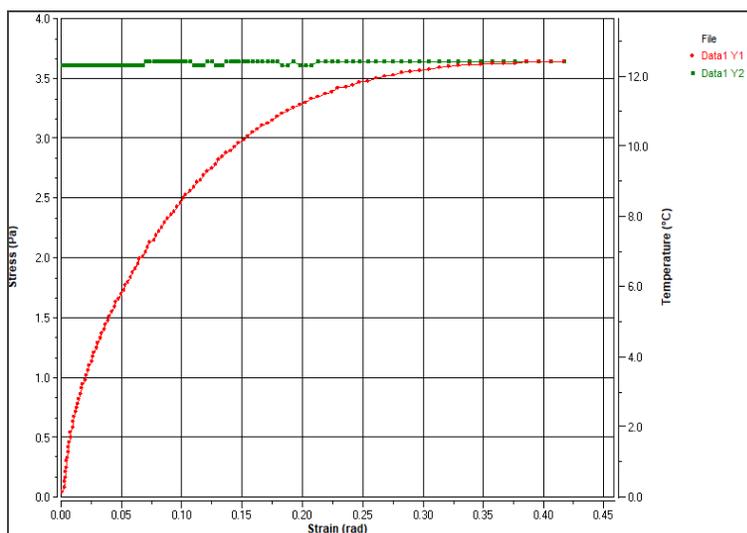


4.2.4.4. Yogurt Bebible con 1 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 12 °C

(T4). A 12 °C, el yogurt tiene un límite elástico de 3.64 Pa, deformación de 0.4246 rad (Figura 17) y tiempo de medición de 122.43 ± 0.67 s, con menor resistencia estructural que a 4 °C.

Figura 17

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)

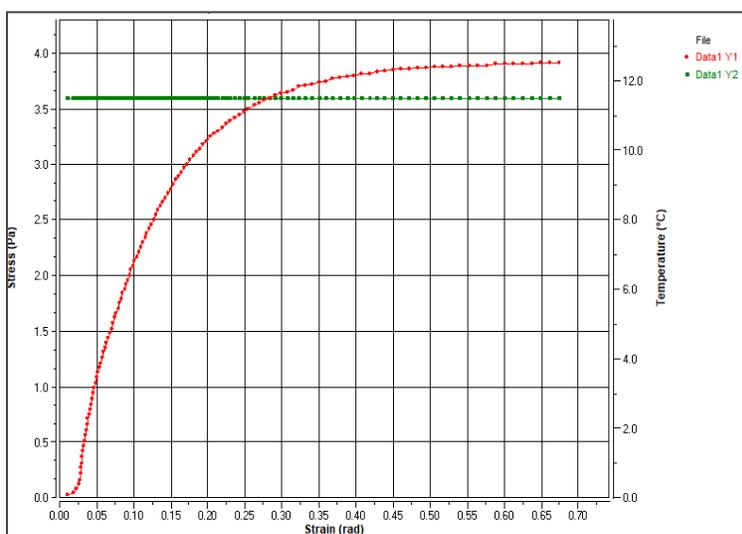


4.2.4.5. Yogurt Bebible con 1.5 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 12 °C

(T5). El yogurt con 1.5 % de residuos a 12 °C tiene un límite elástico de 3.65 Pa y una deformación de 0.6440 radianes (Figura 18). La resistencia al flujo se mantiene alta debido a la concentración de residuos. El tiempo de medición es de 29.57 ± 3.77 segundos, similar al tratamiento T3.

Figura 18

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)

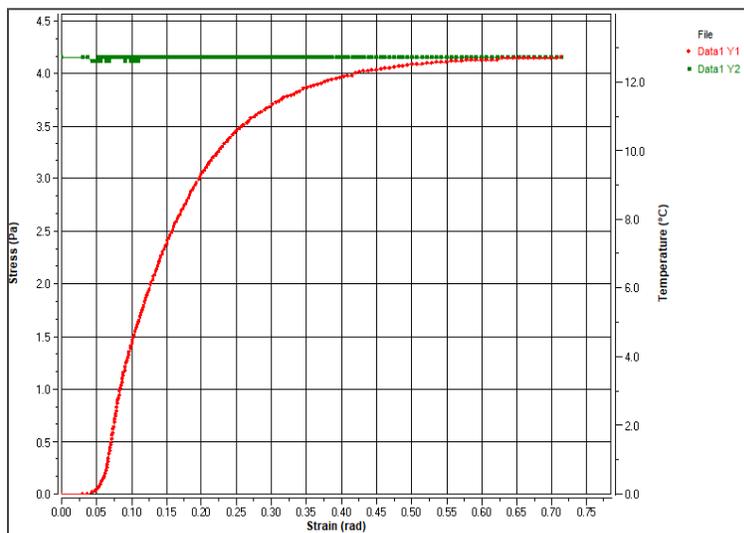


4.2.4.6. Yogurt Bebible con 2 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 12 °C

(T6). Para el yogurt con 2 % de residuos a 12 °C, el límite elástico es de 4.12 Pa y la deformación alcanzó 0.6934 radianes (Figura 19). La alta concentración de residuos proporcionó una mayor resistencia al flujo, lo que resultó en un tiempo de medición de 20.60 ± 0.85 segundos, el más corto de todos los tratamientos. Este comportamiento indica que la alta concentración de residuos de manzana incrementó la resistencia al flujo, causando que el sistema alcanzara su límite de deformación más rápidamente, impidiendo una extensión prolongada bajo esfuerzo.

Figura 19

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)

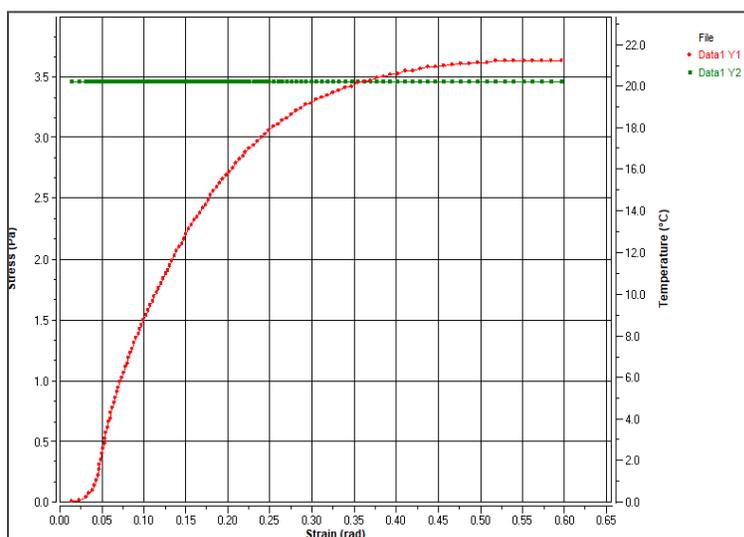


4.2.4.7. Yogurt Bebible con 1 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 20 °C

(T7). El yogurt muestra un límite elástico de 3.66 Pa y menor resistencia al flujo (Figura 20).

Figura 20

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)

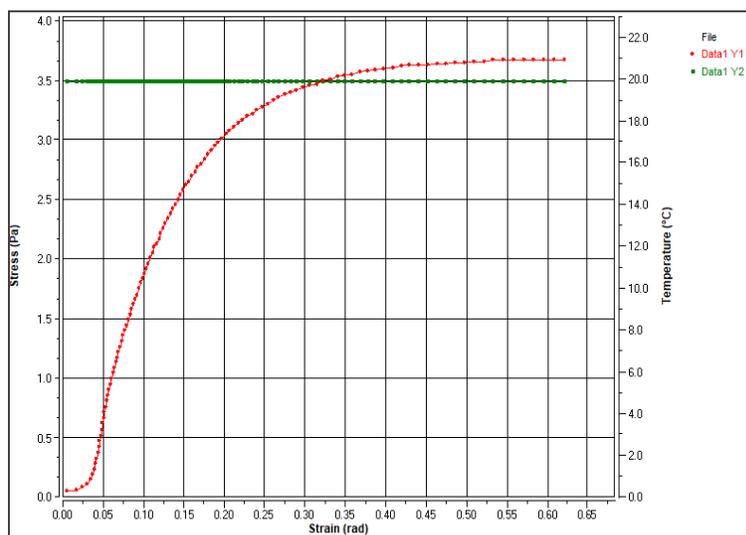


4.2.4.8. Yogurt Bebible con 1.5 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 20 °C

(T8). A 20 °C, el yogurt con 1.5 % de residuos muestra un límite elástico de 3.80 Pa y una deformación de 0.5879 radianes (Figura 21). La mayor temperatura incrementa la deformación en comparación con los tratamientos a 4 °C, con un tiempo de medición de 24.40 ± 0.92 s, lo que indica que la estructura sigue siendo estable, donde el aumento de la temperatura facilita una deformación rápida bajo esfuerzo.

Figura 21

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)

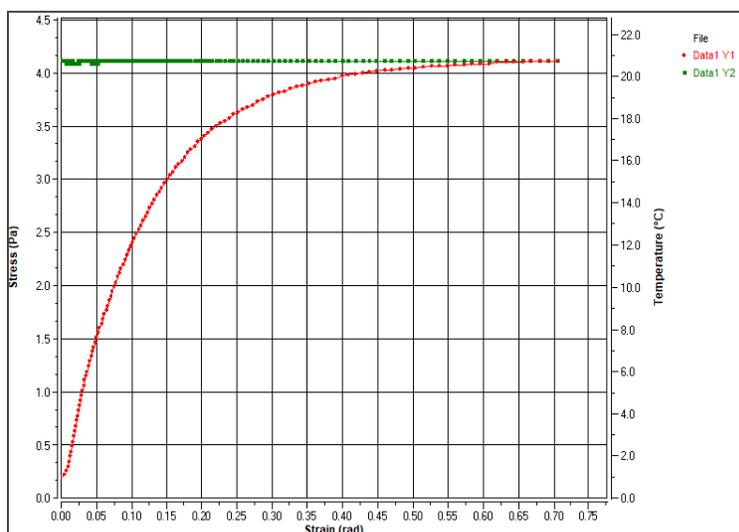


4.2.4.9. Yogurt Bebible con 2 % de Residuos de Manzana Deshidratada a 20 °C

(T9). El yogurt con 2 % de residuos a 20 °C presenta un límite elástico de 3.84 Pa y una deformación de 0.8647 radianes (Figura 22). La concentración de residuos asegura una buena resistencia al flujo, con un tiempo de medición de 26.67 ± 3.30 segundos, lo que indica que, aunque el sistema tiene una buena resistencia al flujo, su comportamiento es más fluido en comparación con otros tratamientos a menor temperatura.

Figura 22

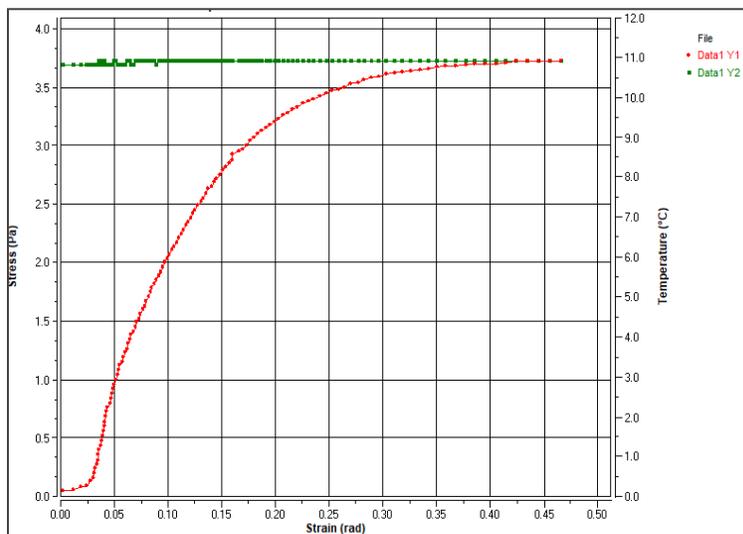
Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)



4.2.4.10. Yogurt Recién Elaborado (T10). El yogurt recién elaborado presenta un límite elástico de 3.60 Pa y una deformación de 0.5211 radianes (Figura 23). El tiempo de medición de 26.13 ± 0.61 s refleja una menor resistencia al flujo y mayor fluidez en comparación con los tratamientos que incluyen residuos de manzana. Este comportamiento, característico de la muestra testigo, muestra que el yogurt bebible recién elaborado fluye con mayor facilidad debido a su menor viscosidad, permitiendo una rápida deformación bajo esfuerzo. Por el contrario, las muestras con residuos de manzana presentan mayor rigidez estructural y menor fluidez, lo que resulta en tiempos de medición más largos y deformaciones más altas.

Figura 23

Gráfico de Tensión vs. Deformación aparente del yogurt bebible recién elaborado, muestra testigo (T10)



Durante las pruebas, al aplicar una velocidad constante, el yogurt inicialmente presenta gran resistencia a la deformación, pero a medida que aumenta el esfuerzo, la deformación también se incrementa. En yogures dilatantes, el esfuerzo adicional genera un aumento en la viscosidad, mientras que en yogures pseudoplásticos, el aumento del esfuerzo facilita el flujo al permitir que las moléculas se deslicen con menor resistencia.

4.3. Propiedades Reológicas con Diferentes Concentraciones de Residuos de Manzana

4.3.1. Efecto sobre el índice de Consistencia (k)

El índice de consistencia (k) describe la viscosidad del yogurt bebible, indicando su resistencia al flujo cuando se somete a esfuerzo cortante. En el modelo reológico de Herschel-Bulkley, el valor de k refleja la capacidad del yogurt para resistir este esfuerzo, lo que

está directamente relacionado con la consistencia del producto y su comportamiento viscoso bajo diferentes condiciones de flujo (Sernaqué, 2023).

A continuación, se analizan los efectos de diferentes concentraciones de residuos de manzana:

- **Concentración de 1% de Residuos de Manzana:** El índice de consistencia es bajo, lo que indica una viscosidad reducida.
- **Concentración de 1.5% de Residuos de Manzana:** Se observa un incremento en el índice de consistencia, indicando una mejora en la viscosidad.
- **Concentración de 2% de Residuos de Manzana:** Se alcanza el índice de consistencia más alto (26.57, tratamiento T6), lo que refleja una mayor viscosidad.

El índice de consistencia del yogurt aumenta con las concentraciones de residuos de manzana, indicando que estos afectan positivamente la resistencia al flujo del producto.

4.3.2. Efecto sobre el índice de comportamiento de flujo (n)

El índice de comportamiento de flujo (n) es un parámetro importante en reología que caracteriza el grado de pseudoplasticidad o dilatancia de un fluido. Este índice muestra la variación de la viscosidad del yogurt al cambiar la tasa de corte. Un valor de n inferior a 1 ($n < 1$) indica un comportamiento pseudoplástico, donde la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de corte. Por el contrario, un valor de n superior a 1 ($n > 1$) indica un comportamiento dilatante, donde la viscosidad aumenta con la tasa de deformación (Sernaqué, 2023).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el índice n en función de las concentraciones de residuos de manzana:

- **Concentración de 1% de Residuos de Manzana:** Presenta un comportamiento dilatante, lo que indica una estructura más densa y con mayor resistencia al flujo.

- **Concentración de 1.5% de Residuos de Manzana:** Se observa que el comportamiento reológico sigue siendo dilatante ($n > 1$), con un índice de consistencia (k) más alto, observando que la viscosidad del yogurt aumenta respecto al 1%.
- **Concentración de 2% de Residuos de Manzana:** Muestra un comportamiento dilatante con mayores valores, mostrándose más viscoso.

Estos resultados indican que, al aumentar la concentración de residuos de manzana, el yogurt desarrolla una estructura más compleja que facilita un flujo bajo esfuerzo cortante.

4.3.3. Efecto sobre el Límite Elástico (τ_0)

El límite elástico, definido como el esfuerzo mínimo necesario para iniciar el flujo (Sun y Gunasekara, 2009), se evaluó utilizando tanto el modelo de Herschel-Bulkley como mediciones directas mediante la aguja de paletas.

- **Concentración de 1% de Residuos de Manzana:** Tanto el modelo de Herschel-Bulkley como las mediciones con la aguja de paletas indican un límite elástico bajo, indicando que el yogurt bebible requiere poco esfuerzo para comenzar a fluir.
- **Concentración de 1.5% de Residuos de Manzana:** Ambas metodologías muestran un incremento en el límite elástico en comparación con la concentración del 1%, lo que indica una mayor resistencia al flujo. Este aumento refleja la influencia de los residuos de manzana en la estructura del yogurt.
- **Concentración de 2% de Residuos de Manzana:** Se observó el límite elástico más alto en ambas mediciones, lo que indica que el yogurt presenta la mayor resistencia a la deformación inicial. Esto confirma la relación entre la concentración de residuos de manzana y la resistencia al flujo del producto.

Ambos resultados con los métodos de medición, coinciden en que el límite elástico aumenta con concentraciones mayores de residuos de manzana.

4.4. Propiedades Reológicas a diferentes Temperaturas de Almacenamiento

4.4.1. Efecto sobre el índice de consistencia (k)

El índice de consistencia (k) es un parámetro que refleja la viscosidad del yogurt bebible y su comportamiento bajo esfuerzo cortante. La temperatura de almacenamiento es un factor clave que influye en las propiedades reológicas del yogurt bebible.

- **Temperatura de 4 °C (T1, T2,T3):** A esta temperatura, el índice de consistencia aumenta conforme se incrementa la concentración de residuos de manzana. Esto indica un aumento en la viscosidad del yogurt, mostrando un comportamiento dilatante a temperaturas bajas.
- **Temperatura de 12 °C (T4, T5,T6):** En esta temperatura, se mantiene la tendencia observada a 4 °C, aunque con valores de k más bajos en las concentraciones más bajas de residuos de manzana. Para la mayor concentración (T6), el índice de consistencia alcanza sus valores más altos, lo que indica que la viscosidad sigue aumentando con la concentración de residuos.
- **Temperatura de 20 °C (T7, T8,T9):** A esta temperatura, el índice de consistencia disminuye con el aumento de la concentración de residuos de manzana. Esto muestra que, a temperaturas más altas, las interacciones moleculares se alteran debido al aumento en la movilidad de las moléculas, lo que desestabiliza parcialmente la estructura del gel y reduce la viscosidad (Jakubowska y Karamucki, 2020).

Estos resultados demuestran la importancia de la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt bebible. A temperaturas más bajas (4 °C y 12 °C), el índice de consistencia aumenta con la concentración de residuos de manzana, lo que refleja un comportamiento más viscoso. En cambio, a 20 °C, se observa una disminución en el índice de

consistencia, lo que podría indicar una transición hacia un comportamiento más fluido del yogurt bebible.

4.4.2. Efecto sobre el índice del comportamiento de flujo (n)

El índice de fluidez (n) del modelo Herschel-Bulkley proporciona información sobre el comportamiento reológico del yogurt bebible.

- **Temperatura de 4 °C ($T1, T2, T3$).** A esta temperatura, los valores de n son mayores a 1, lo que indica un comportamiento dilatante. Esto muestra que la viscosidad del producto aumenta con el esfuerzo cortante.
- **Temperatura de 12 °C ($T4, T5, T6$).** A esta temperatura, n sigue siendo mayor a 1, manteniendo un comportamiento dilatante, con una ligera reducción en $T4$ y $T5$ en comparación con los tratamientos a 4 °C.
- **Temperatura de 20 °C ($T7, T8, T9$).** A 20 °C, se observa que dos tratamientos presentan n inferiores a 1, indicando un cambio hacia un comportamiento pseudoplástico, presentando mayor fluidez con el incremento de temperatura y concentración de residuos. Esto indica que a mayores temperaturas, el efecto de los residuos de manzana en la estructura del yogurt favorece una mayor fluidez.

El índice de fluidez (n) muestra un comportamiento dilatante a 4 °C y 12 °C, mientras que a 20 °C el yogurt presenta un comportamiento pseudoplástico, indicando mayor fluidez a temperaturas más altas.

4.4.3. Efecto sobre el límite elástico (τ_0)

Este análisis compara el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre τ_0 utilizando el modelo de Herschel-Bulkley y mediciones con aguja de paletas.

- **Temperatura de 4 °C (T1, T2, T3).** A esta temperatura, los valores de τ_0 obtenidos mediante el modelo de Herschel-Bulkley son bajos, con algunos tratamientos cercanos a cero y otros mostrando incrementos mínimos. De manera similar, las mediciones con la aguja de paletas indican una resistencia al flujo moderada, demostrando que la resistencia al flujo se mantiene constante a temperaturas bajas.
- **Temperatura de 12 °C (T4, T5, T6).** A 12 °C, se observa una tendencia al aumento en el límite elástico en ambos métodos. El modelo de Herschel-Bulkley muestra incrementos mínimos en τ_0 mientras que la aguja de paletas indica un aumento significativo en la resistencia, especialmente en el tratamiento T6.
- **Temperatura de 20 °C (T7, T8, T9).** A esta temperatura, el modelo de Herschel-Bulkley muestra un límite elástico de y_0 cercano a cero en todos los tratamientos, lo que indica una resistencia muy baja al flujo. Las mediciones con la aguja de paletas también reflejan valores similares a los observados a 4 °C. Esto indica que a temperaturas más altas, el producto es más fluida, con una resistencia al flujo mínima.

La comparación entre ambos métodos destaca que a 12 °C hay un aumento en la resistencia al flujo, mientras que a 4 °C y 20 °C los valores se mantienen bajos y estables. Esto muestra que la temperatura tiene un mayor efecto en la resistencia del yogurt a temperaturas intermedias.

4.5. Análisis de las interacciones entre los factores de estudio

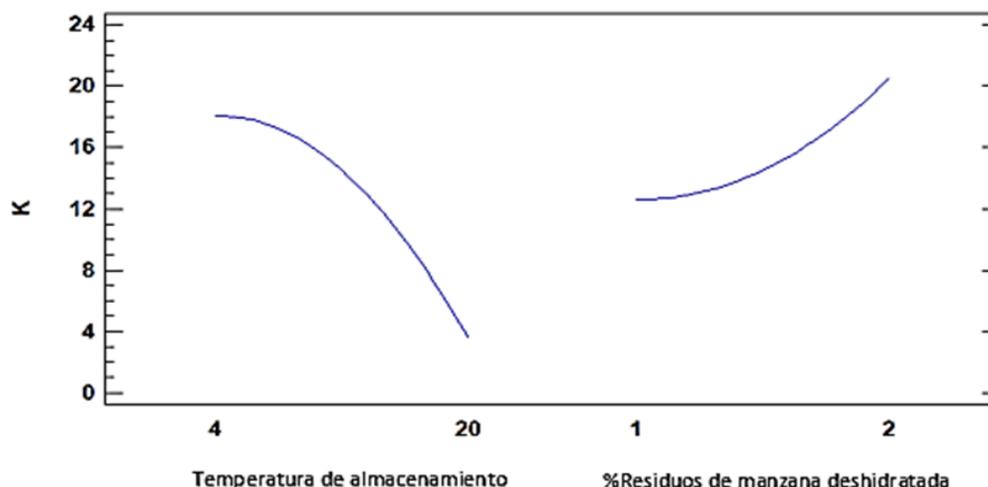
4.5.1. Interacciones entre la concentración de residuos de manzana y la temperatura de almacenamiento en el índice de consistencia

Se presenta el gráfico de efectos principales (Figura 24), se observa que el índice de consistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento de 4 °C a

20°C. Este comportamiento muestra que las temperaturas más bajas favorecen una mayor viscosidad. Respecto al porcentaje de residuos de manzana, un incremento del 1% al 2% se relaciona con un aumento en el índice de consistencia, indicando que un mayor contenido de residuos de manzana contribuye a una mayor viscosidad. Por lo tanto, para lograr una mayor consistencia, es recomendable mantener la temperatura de almacenamiento a 4 °C y utilizar porcentajes más altos de residuos de manzana, como el 2%.

Figura 24

Gráfico de efectos principales para el índice de consistencia



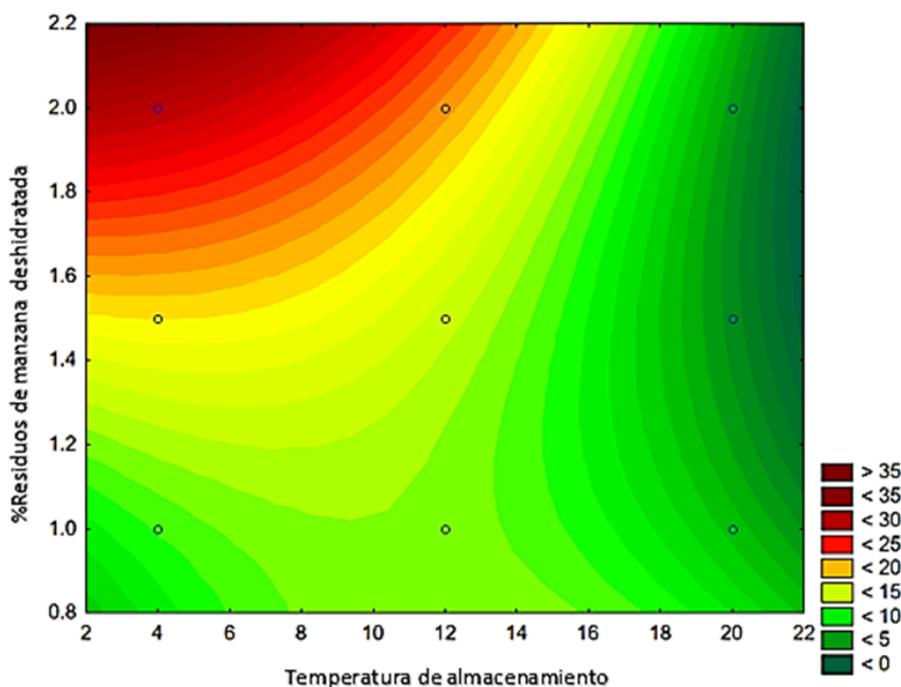
El gráfico de contorno (Figura 25) muestra el efecto de los factores de estudio sobre el índice de consistencia del producto. Las áreas rojas corresponden a los valores más altos del índice de consistencia, que se alcanzan a bajas temperaturas (alrededor de 4 °C) y con porcentajes elevados de residuos de manzana (cerca del 2 %). Mientras que, las áreas verdes y amarillas representan valores más bajos, observados a temperaturas más altas (entre 12 °C y 20 °C) y menores porcentajes de residuos de manzana (1 %).

Un porcentaje de residuos de manzana del 2 % combinado con una temperatura de almacenamiento de 12 °C resulta en un alto índice de consistencia. De esa manera, la adición

de residuos de manzana no solo proporciona fibra, sino que también incrementa el contenido total de sólidos en el yogurt, coincidiendo con lo reportado por Penna et al. (2006), quienes señalan que un aumento en el contenido de sólidos incrementa en el índice de consistencia, mientras que un incremento en la temperatura tiende a reducirlo.

Figura 25

Gráfico de contorno de respuesta del índice de consistencia



Otros estudios como Oraç y Akin (2019) señalaron que el enfriamiento favorece la reestructuración de las micelas de caseína tras el batido, incrementando la consistencia. Esto es descrito por Mendoza (2021) como "reintegración", señalando que la liberación de suero puede ser compensada por su reabsorción bajo refrigeración, reduciendo la sinéresis.

Por su parte, Penna et al. (2006) destacó que un mayor contenido total de sólidos, como los aportados por los residuos de manzana, puede promover un incremento en el índice de consistencia del yogurt. Sin embargo, un aumento en la temperatura tiende a disminuir este índice, lo que coincide con los resultados observados en este estudio. La interacción entre el

proceso de batido y las condiciones de refrigeración es esencial para optimizar las propiedades reológicas del yogurt bebible. Aunque un aumento en la temperatura de almacenamiento puede debilitar la estructura del gel, un control adecuado de la temperatura permite mantener la viscosidad deseada.

Según Popescu et al. (2022), la pectina puede formar estructuras que incrementan la viscosidad del yogurt estabilizando la mezcla y reduciendo la separación de líquidos en condiciones ácidas (Shin et al., 2022). Este comportamiento indica que un mayor contenido de fibra no solo mejora la consistencia, sino que también fortalece la estructura del gel, especialmente a temperaturas más bajas, que favorecen esta estabilidad (Fiil, 2009).

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 13, muestra que ni la concentración de residuos de manzana deshidratada ni la temperatura de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de consistencia ($p > 0.05$), aunque la razón-F de 8.2 para la temperatura muestra un efecto práctico, pero no significativo estadísticamente a nivel del 95%.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de consistencia (k)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	316.082	1	316.082	8.2	0.0644
B:% Residuos de manzana	94.3721	1	94.3721	2.45	0.2157
AA	27.7076	1	27.7076	0.72	0.4589
AB	99.7343	1	99.7343	2.59	0.2062
BB	8.27231	1	8.27231	0.21	0.6748
Error total	115.692	3	38.5641		
Total (corr.)	661.86	8			

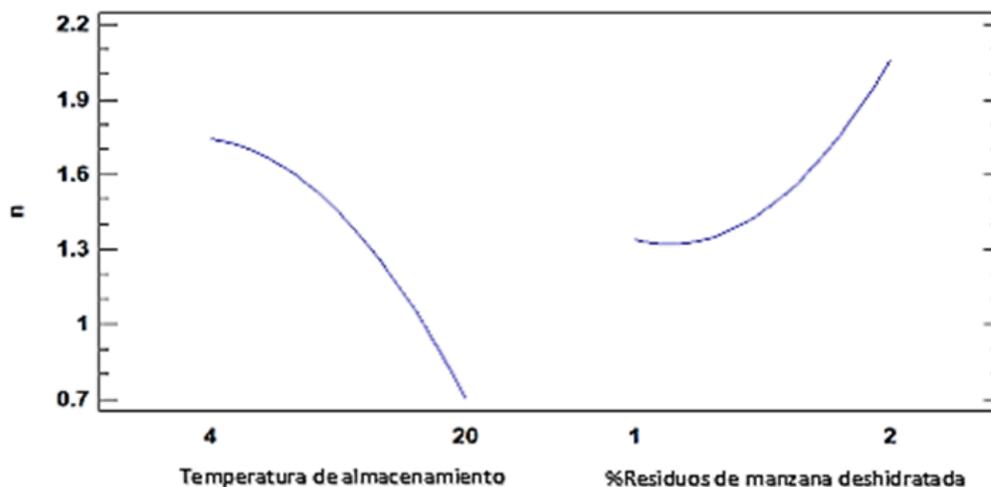
4.5.2. Interacciones entre concentración de residuos de manzana y temperatura de almacenamiento sobre el índice de comportamiento de flujo.

En el gráfico de efectos principales (Figura 26), se observa que el aumento de la temperatura de almacenamiento de 4 °C a 20 °C causa una disminución en el índice de comportamiento de flujo. Por el contrario, un incremento en el porcentaje de residuos de manzana aumenta en el índice n , lo que indica un comportamiento más viscoso y resistente al flujo.

Estos resultados muestran que, aunque altas temperaturas tienden a favorecer la fluidez, un mayor contenido de fibra genera una resistencia al flujo.

Figura 26

Gráfico de efectos principales para el índice de comportamiento de flujo



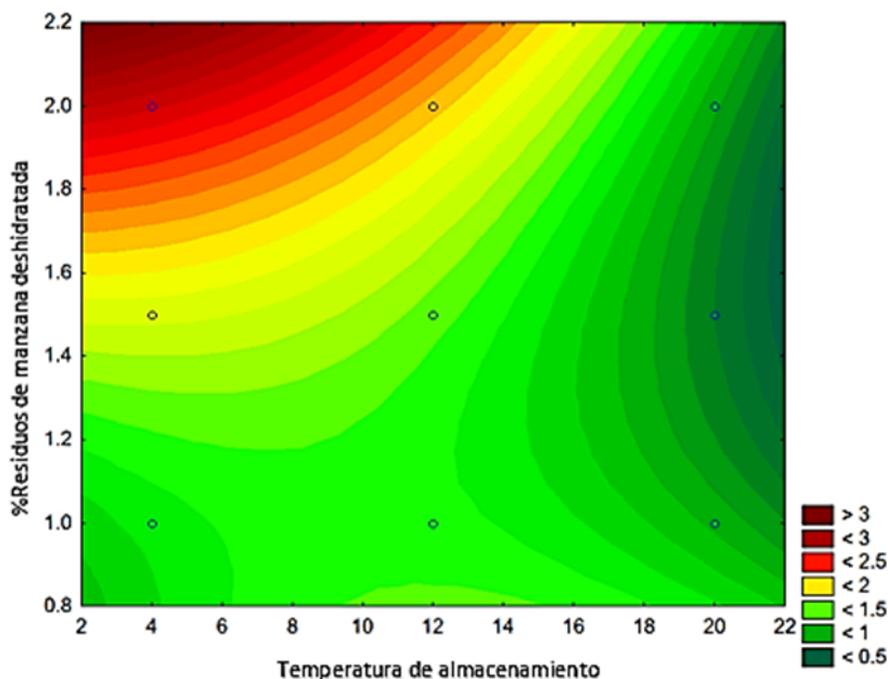
El gráfico de contorno (Figura 27) ilustra las interacciones entre la temperatura de almacenamiento y el porcentaje de fibra, demostrando la relevancia de estos factores de estudio en las propiedades reológicas del yogurt. Las áreas verdes indican combinaciones que favorecen una mayor fluidez, especialmente alrededor de 12 °C con altos porcentajes de fibra.

Sin embargo, las áreas rojas, reflejan condiciones de alta viscosidad para obtener un yogurt bebible más cremoso y denso.

Para mantener la consistencia del yogurt recién preparado, se debe mantener temperaturas intermedias y un contenido de residuos de manzana entre 1 % y 2 %. Un 2% a 4 °C produce un yogurt más denso, mientras que un 1 % de residuos de manzana a 20°C resulta en un producto más fluido. Esto destaca la importancia de considerar tanto la temperatura como el porcentaje de fibra para optimizar las propiedades del yogurt bebible.

Figura 27

Gráfico de contorno de respuesta del índice de comportamiento de flujo



El análisis reológico del yogurt bebible muestra un comportamiento dilatante en la mayoría de los tratamientos, es decir, la viscosidad aumenta bajo tensión aplicada. Este comportamiento se atribuye principalmente a la fibra insoluble (15.37 g) en los residuos de manzana, especialmente la celulosa, que, debido a su estructura rígida, forma una malla que limita el movimiento del agua, aumentando la viscosidad del yogurt (Martínez Y, 2023). Este

resultado coincide con los resultados de Dong et al. (2022) y Wang et al. (2020), que también observaron interacciones similares en productos lácteos fortificados con fibra dietética.

En menor medida, la fibra soluble presente en los residuos de manzana (7.86 g), principalmente la pectina, también influye en el comportamiento reológico del yogurt. La pectina actúa como un agente gelificante, formando redes que atrapan agua y estabilizan la estructura de la caseína, incrementando la viscosidad del producto (Kauser et al., 2024). Sin embargo, debido a su menor concentración en comparación con la fibra insoluble, su efecto es menor.

Las interacciones entre las fibras dietéticas y las proteínas de caseína también son determinantes en el comportamiento reológico observado. Estudios previos (Dong et al., 2022; Duffy, 2012; Wang et al., 2019) han destacado que las fibras dietéticas favorecen la estabilidad de la estructura del gel mediante interacciones electrostáticas, puentes de hidrógeno y efectos de impedimento estérico, lo que mejora la retención de agua y contribuye a una consistencia más densa y estable.

Aunque la fibra no interfiere directamente con la formación inicial del gel de caseína durante la fermentación, su adición posterior, en el batido post-fermentación, influye en el comportamiento reológico del fluido. El batido posterior provoca una ruptura parcial del gel de caseína, liberando agua y haciendo el producto más fluido. Sin embargo, las fibras de manzana, con su capacidad hidrofílica y su efecto de impedimento estérico, estabilizan la red de proteínas, evitando que las micelas de caseína se agreguen o separen excesivamente, lo que mejora la viscosidad y reduce la pérdida de consistencia (Dong et al., 2022; Duffy, 2012; Wang et al., 2019). Los puentes de hidrógeno entre las fibras dietéticas y las proteínas de caseína, están relacionadas con la estabilidad del gel. La pectina, siendo hidrofílica, contribuye a retener agua dentro de la red de caseína, reforzando su estructura aun después de la alteración del gel durante el batido.

La adición de fibra de manzana en el batido post-fermentación actúa como agente estabilizador y modificador reológico, aumentando la viscosidad. La celulosa actúa como un

refuerzo estructural físico, mientras que la pectina interactúa químicamente con la caseína, mejorando la cohesión y estabilidad del yogurt.

Estudios previos como el de Zhou (2018) ha observado que la incorporación de sólidos, de cáscaras de manzana Granny Smith deshidratada, afecta las propiedades reológicas del yogurt bebible, incrementando la viscosidad y generando una mayor complejidad en el comportamiento del flujo. De manera similar, Senarqué (2023) y Mendoza (2021) reportaron que las propiedades reológicas del yogurt varían significativamente con la temperatura, incrementando el índice de comportamiento de flujo a temperaturas más altas.

Finalmente, Abbott (2019) y Wilbanks et al. (2022) indican que los fluidos pseudoplásticos, como el yogurt, pierden viscosidad con altas velocidades de cizallamiento, pero a bajas velocidades, las fibras y proteínas se alinean, aumentando la viscosidad. A pesar de que estas interacciones pueden debilitarse a mayores temperaturas, un mayor contenido de fibra ayuda a mantener la viscosidad a temperaturas más altas, estabilizando la estructura del gel al atrapar agua.

Es así que, las fibras dietéticas presentes en los residuos de la manzana, contribuyen a modificar el comportamiento reológico del yogurt bebible post-fermentación, actuando como agentes estabilizadores de la red de caseína, reteniendo agua y reforzando la estructura del yogurt, lo que mejora la consistencia y estabilidad del producto.

El análisis de varianza (ANOVA) para el índice de comportamiento de flujo (Tabla 14) muestra que no hay un efecto significativo ni de la temperatura ni del porcentaje de residuos de manzana sobre el índice de comportamiento de flujo, con valores-p superiores a 0.05. Esto indica que tanto la temperatura de almacenamiento como el contenido de fibra de los residuos de manzana no tienen un efecto significativo en las propiedades reológicas del yogurt de manera individual. Además, la combinación de estos factores tampoco genera variaciones significativas en el comportamiento del flujo del producto.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de comportamiento de flujo (n)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	1.60932	1	1.60932	7.2	0.0749
B:% Residuos de manzana	0.775578	1	0.775578	3.47	0.1594
AA	0.106938	1	0.106938	0.48	0.5389
AB	0.583406	1	0.583406	2.61	0.2046
BB	0.121871	1	0.121871	0.55	0.5138
Error total	0.670671	3	0.223557		
Total (corr.)	3.86779	8			

4.5.3. Interacciones entre concentración de residuos de manzana y temperatura de almacenamiento sobre el límite elástico.

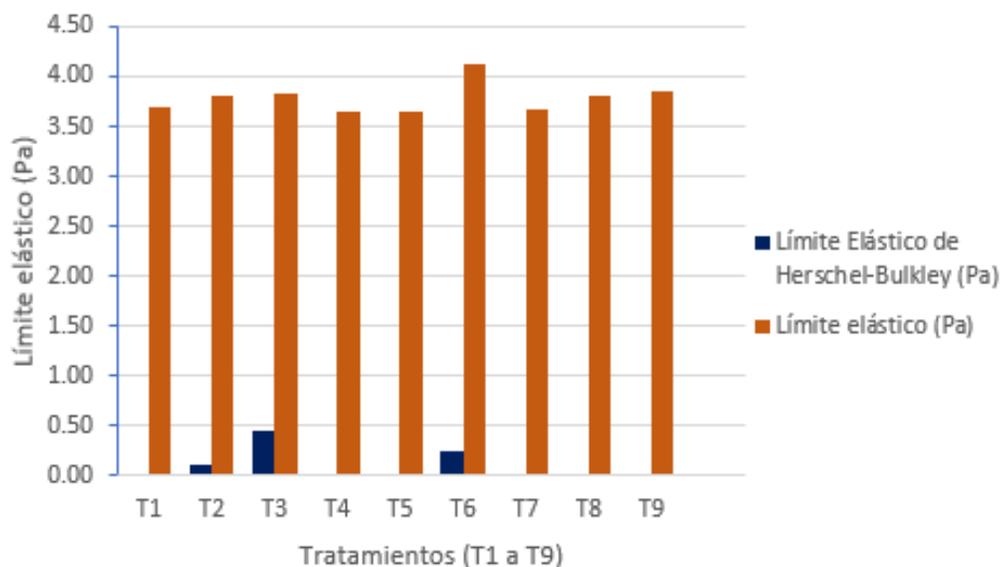
Se analizó el límite elástico del yogurt bebible a partir de los datos de los tratamientos (T1 a T9), presentando un gráfico de barras (Figura 28). Las barras anaranjadas representan los valores medidos directamente con aguja de paletas, mientras que las barras azules corresponden a los valores estimados mediante el modelo de Herschel-Bulkley.

El límite elástico es una propiedad reológica que mide la resistencia del yogurt a comenzar a fluir. Este parámetro permite evaluar la estabilidad del producto, ya que un límite elástico insuficiente podría resultar en la separación de fases y afectar la distribución de los ingredientes, como los trozos de fruta. Según Duffy (2012), límites elásticos más altos están relacionados con una consistencia más espesa y cremosa.

La comparación de los métodos muestra que a 12 °C, la resistencia al flujo del yogurt aumenta, mientras que a 4 °C y 20 °C se mantiene baja y estable. Esto indica que la temperatura tiene un efecto más marcado en la resistencia del yogurt bebible a temperaturas intermedias, como 12°C.

Figura 28

Límite Elástico del Yogurt y Límite Elástico de Herschel-Bulkley según Tratamientos (T1 a T9)



Entre los tratamientos analizados, el T6 (a 12 °C con un 2 % de residuos de manzana), presentó uno de los límites elásticos más altos, lo que indica una estructura resistente. Sin embargo, el modelo de Herschel-Bulkley no muestra esta resistencia, lo que requiere utilizar mediciones directas como indicador principal del límite elástico en yogures con características reológicas complejas.

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en el límite elástico entre los yogures con distintos contenidos de residuos de manzana. El límite elástico del yogurt, que mide su resistencia a fluir, también se ve influenciado por las interacciones de la pectina con las proteínas de la leche. La capacidad de la pectina para formar geles puede aumentar la estabilidad del yogurt, evitando la separación de sus componentes (Kausser et al., 2024). Cuando se incrementa el porcentaje de residuos de manzana, la complejidad de estas interacciones se incrementa, teniendo un límite elástico más alto.

Los resultados del ANOVA para el límite elástico medido por el modelo de Herschel-Bulkley (Tabla 15) indican que no hay efecto significativo entre las concentraciones de

residuos de manzana. Esto muestra que estas variaciones no afectan la resistencia del yogurt al flujo.

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) para el límite elástico determinado por método de medición indirecta

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F	Valor-P
Residuos de manzana	0.142234	2	0.071117	0.431031	3.554551	0.656371
Temperatura	0.266029	2	0.133014	0.806185	3.554557	0.462042
Interacción	0.161071	4	0.040267	0.244059	2.927742	0.909511
Dentro del grupo	2.969868	18	0.164993			
Total	3.539203	26				

Por el contrario, el análisis con aguja de paletas (Tabla 16) muestra diferencias significativas en el límite elástico según las temperaturas de almacenamiento. Esto indica que las concentraciones de residuos de manzana no tienen un efecto significativo; mientras que, la temperatura tiene un efecto significativo en la medición directa del límite elástico, lo que indica su influencia en este parámetro.

Tabla 16

Análisis de varianza (ANOVA) para el límite elástico determinado por método de medición directa

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F	Valor-P
Residuos de manzana	0.006585	2	0.003292	0.136601	3.554557	0.873214
Temperatura	0.323762	2	0.161881	6.716042	3.554557	0.006624
Interacción	0.196904	4	0.049226	2.042255	2.9277447	0.131290
Dentro del grupo	0.433867	18	0.024104			
Total	0.961118	26				

Los resultados muestran tendencias en las propiedades reológicas del yogurt bebible según el porcentaje de residuos de manzana deshidratada y la temperatura de almacenamiento. A pesar de la falta de significancia estadística, se observa la influencia de estos factores en la formulación y estabilidad del producto. A 12 °C, la resistencia al flujo es mayor que a 4 °C y 20 °C, lo que destaca la importancia de controlar la temperatura de almacenamiento. Además, un mayor contenido de residuos de manzana puede mejorar la estabilidad estructural debido a la interacción de la pectina con las proteínas de la leche.

Por lo tanto, es necesario controlar la temperatura de almacenamiento y realizar mediciones directas para evaluar con precisión estas propiedades.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En este estudio, se evaluó el efecto de los residuos de manzana deshidratada y la temperatura de almacenamiento sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible. Aunque no presentó un efecto estadísticamente significativo, se observaron algunas tendencias.

La caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos de manzana deshidratada, con un tamaño de partícula de 0.125 mm, ha demostrado su potencial como ingrediente funcional en el yogurt bebible. Su principal aporte es el contenido de fibra dietética (7.86% de fibra soluble y 15.37% de fibra insoluble), siendo la fibra insoluble la que más incide en las propiedades reológicas, contribuyendo al incremento de la viscosidad y mejora de la estabilidad del producto. Además, presentan una alta capacidad de retención de agua (3.99 ± 0.14 g agua/g), junto a su capacidad de hinchamiento (2.60 ± 0.01 ml/g) y de absorción de compuestos orgánicos (0.91 ± 0.08 g grasa/g).

El modelo reológico de Herschel-Bulkley demostró ser adecuado para describir el comportamiento del yogurt bebible en bajas velocidades de corte, con R^2 superiores a 0.84 en los diferentes tratamientos. El ajuste permitió calcular el índice de consistencia (k), que varió entre 1.98 y 26.57 Pa·sⁿ, el índice de comportamiento de flujo (n) entre 0.47 y 2.44, y el límite elástico (τ_0) entre 0 y 0.45 Pa. Los resultados indicaron que, a bajas concentraciones de residuos de manzana deshidratada y altas temperaturas de almacenamiento, el yogurt mostró un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$), mientras que, con altas concentraciones de residuos y bajas temperaturas, adoptó un comportamiento dilatante ($n > 1$).

Se determinó que la concentración de residuos de manzana deshidratada no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible. Sin embargo, se observó una tendencia positiva, con un aumento en el índice de comportamiento de flujo (n), el índice de consistencia (k) y el límite elástico (τ_0), a medida que la concentración de residuos de manzana aumentaba.

Se determinó que la temperatura de almacenamiento no tuvo un efecto significativo sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible. Sin embargo, se observó un efecto negativo, con una disminución en el índice de comportamiento de flujo (n), el índice de consistencia (k) y el límite elástico (τ_0) a medida que aumentaba la temperatura de almacenamiento.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios con concentraciones superiores al 2 % de residuos de manzana deshidratada, ya que no se encontraron efectos significativos con 1 %, 1.5 % y 2 %.

Es recomendable evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento a lo largo del tiempo en las propiedades reológicas y sensoriales del yogurt bebible, con el objetivo de analizar su estabilidad y aceptación a largo plazo.

Se sugiere investigar el efecto de diferentes tamaños de partícula de los residuos de manzana deshidratada sobre las propiedades reológicas del yogurt bebible, ya que estos podrían influir en la dispersión y funcionalidad. En este estudio se utilizó un tamaño de 0.125 mm por a su alta capacidad de retención de agua.

Aunque no se incluyó un análisis de residuos de plaguicidas en este estudio, se recomienda considerar esta evaluación en futuras investigaciones para garantizar la seguridad del producto final para el consumo.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, S. (2019). *The abbott Abbott Guide to Rheology: Vol. 1.0.2*. Creative Commons BY-ND.
https://www.stevenabbott.co.uk/_downloads/Abbott%20Guide%20to%20Rheology.pdf
- Ambuja, S., & Rajakumar, S. (2018). *Revisión sobre alimentos lácteos con fibra dietética incorporada*. 8(2), 34–40. <https://doi.org/10.9790/9622-0802033440>
- Arab, M., Yousefi, M., Khanniri, E., Azari, M., Ghasemzadeh-Mohammadi, V., & Mollakhalili-Meybodi, N. (2023). Comprehensive review on yogurt syneresis: Effect of processing conditions and added additives. *Journal of Food Science and Technology*, 60(6), 1656–1665. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05403-6>
- Bankole, A. O., Ironi, E. A., Awoyale, W., & Ajani, E. O. (2023). Application of natural and modified additives in yogurt formulation. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1257439>
- Basak, S. (1991). *Rheology of stirred yogurt* [Tesis de maestría, McGill University]. <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/05741s98x>
- Castro Gutierrez, D. D., & Montalvo Morales, E. M. (2019). *Efecto de la adición de fibra de bagazo de naranja (Citrus aurantium) en el perfil reológico, características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt* [Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5323/T010%20_47605424_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chamorro, R. A. M., & Mamani, E. C. (2010). Importancia de la fibra dietética y sus propiedades funcionales. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), Art. 1. https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813
- Ciro Velásquez, H. (2006). *Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos*.

- [Documento de trabajo, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59571>
- Dabija, A., Codină, G. G., Gâtlan, A.-M., & Rusu, L. (2018). Evaluación de calidad del yogur enriquecido con diferentes tipos de fibras. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 859–867.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1483970>
- Díaz Ocampo, R. (2018). *Reología aplicada a sistemas alimentarios* (Primera Edición). Grupo Compas.
<http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/270/1/CORRECCIONES-ilovepdf-compressed.pdf>
- Dong, R., Liao, W., Xie, J., Chen, Y., Peng, G., Xie, J., Sun, N., Liu, S., Yu, C., & Yu, Q. (2022). Enrichment of yogurt with carrot soluble dietary fiber prepared by three physical modified treatments. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102901.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102901>
- Duffy, J. (2012, junio 24). *Using Rheology to Design Better Products—Yield Stress and How to Measure It*.
<https://www.americanlaboratory.com/914-Application-Notes/117719-Ask-the-Expert-Using-Rheology-to-Design-Better-Products-Yield-Stress-and-How-to-Measure-It/>
- Fill Nielsen, C. (2009). *Pectin in stirred yoghurt—Theory and Praxis* [Master Thesis, Aalborg University].
https://projekter.aau.dk/projekter/files/17652026/Project_Report_Stirred_Yoghurt.pdf
- García Quesada, J. C. (2008). *Tema 2. Fluidos Viscosos*. <http://hdl.handle.net/10045/3623>
- Guénard-Lampron, V., St-Gelais, D., Villeneuve, S., & Turgeon, S. L. (2020). Effect of stirring operations on physical and rheological properties of nonfat yogurts during storage. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 210–214. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16434>
- Gutiérrez La Torre, E. (2014). *Elaboración de panes con fibra dietaria por adición de bagazo de manzana (Malus domestica) y mandarina (Citrus reticulata) en polvo* [Tesis, Universidad

- Nacional Agraria La Molina]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4218.2000>
- Herrero Catalina, J. (1964). *Red Delicious* [Dataset]. CSIC - Estación Experimental de Aula Dei (EEAD). <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/4731>
- Jakubowska, M., & Karamucki, T. (2020). The effect of storage time and temperature on the quality of natural yoghurt. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 18(4), 29–38. <https://doi.org/10.21005/asp.2019.18.4.04>
- Juárez Hernández, C. (2016). *Caracterización físico-química y nutrimental del residuo agroindustrial proveniente de la industria productora de sidra de manzana (Pyrus malus L.) del Estado de Puebla* [Tesis, Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/855fcd3c-b4a3-48ec-b655-3b13ce6fafee/content>
- Kauser, S., Murtaza, M. A., Hussain, A., Imran, M., Kabir, K., Najam, A., An, Q. U., Akram, S., Fatima, H., Batool, S. A., Shehzad, A., & Yaqub, S. (2024). Apple pomace, a bioresource of functional and nutritional components with potential of utilization in different food formulations. *Food Chemistry Advances*, 4, 100598. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100598>
- Malvern Instruments Limited. (2012). *Understanding yield stress measurements* [Informe académico]. Spectris plc. <https://www.atascientific.com.au/wp-content/uploads/2017/02/MRK1782-01.pdf>
- Martínez Yañez, & Rodríguez Huevo. (2023). Obtención de fibra soluble a partir de desechos agroindustriales y su aplicación en alimentos. *Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec*, 8, 724–731.
- Martínez-Padilla, L. P. (2024). Rheology of liquid foods under shear flow conditions. *Journal of Texture Studies*, 55(1), e12802. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12802>
- Matos, R. A., & Chambilla, E. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de*

- Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), Art. 1.
https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813
- Mendoza, A. (2015). *Influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido* [Tesis, Universidad Nacional José María Arguedas].
<https://hdl.handle.net/20.500.14168/211>
- Mendoza, R., Guerrero, S., Herrera-Chávez, B., Mendoza, R., Guerrero, S., & Herrera-Chávez, B. (2021). Reología del yogurt: Efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 151–163.
<https://doi.org/10.37135/ns.01.07.09>
- Meneses Peralta, J. (2021). Valorización biotecnológica a partir de residuos del proceso de elaboración de Sidra de manzana (*Malus domestica*). *Revista de innovación y transferencia productiva*, 2(2), Art. 2. <https://doi.org/10.54353/ritp.v2i2.e005>
- Oraç, A., & Akın, N. (2019). How do different cooling temperatures affect the characteristics of set-type yoghurt gel? *International Dairy Journal*, 97, 49–56.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.06.003>
- Padilla Doval, J., & Zambrano Arteaga, J. C. (2021). Estructura, propiedades y genética de las caseínas de la leche: Una revisión. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 16(3), 62–95.
- Panchi, A. (2013). *Determinación de parámetros reológicos en bebidas de frutas con diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo universal TA-XT2i* [Tesis, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Pascual, G., & Encina, C. (2022). Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*), y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos. *Universidad Nacional de Trujillo*, 12(3), 279–286.
- Penna, A. L. B., Converti, A., & Oliveira, M. de N. (2006). *Simultaneous effects of total solids*

- content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yogurt* [Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho]. <http://hdl.handle.net/11449/69147>
- Popescu, L., Ceşco, T., Gurev, A., Ghendov-Mosanu, A., Sturza, R., & Tarna, R. (2022). Impact of Apple Pomace Powder on the Bioactivity, and the Sensory and Textural Characteristics of Yogurt. *Foods*, 11(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/foods11223565>
- Portal Frutícola. (2021, junio 8). Latinoamérica: La nueva meca de las manzanas y peras argentinas. *PortalFruticola.com*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/06/08/latinoamerica-la-nueva-meca-de-las-manzanas-y-peras-argentinas/>
- Quiñones Reyes, M. (2019). Influencia de las condiciones de procesos para obtener osmodeshidratado de manzana (*Malus communis var. Delicius*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4192/qui%C3%B1ones-reyes-miriam-marlene.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Renan, M., Guyomarc'h, F., Arnoult-Delest, V., Pâquet, D., Brulé, G., & Famelart, M.-H. (2009). Rheological properties of stirred yoghurt as affected by gel pH on stirring, storage temperature and pH changes after stirring. *International Dairy Journal*, 19(3), 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.09.007>
- Rojas, O., Briceño, M., & Avendaño, J. (2012). *Cuaderno FIRP S521-C. M. Fundamentos de la reología*. Universidad de los Andes. <https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/07/S521C.pdf>
- Romero, R., & Mestres, J. (2006). *Productos lácteos. Tecnología* (Primera). Edicions UPC. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36810/9788498802610.pdf>
- Sernaqué Zelada, W. (2023). *Determinación de las propiedades reológicas, fisicoquímicas y*

microbiológicas de yogurt batido saborizado de tres marcas comerciales [Tesis de pregrado].

<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c3a3f0d1-42b9-4ed3-b9b5-01005e54638f/content>

Shin, J.-S., Kim, B.-H., Kim, H.-S., & Baik, M.-Y. (2022). Optimization of pea protein and citrus fiber contents for plant based stirred soymilk yogurt using response surface methodology. *Food Science and Biotechnology*, 31(13), 1691–1701. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01180-2>

Siclla Velasquez, T. (2020). *Sector del yogurt bebible en el mercado peruano* (Marketing, p. 23) [Informe académico]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/marketing/ta-1-ta1-de-marketing/61699506>

Steffe, J. (1992). *Rheological Methods in Food Process Engineering* (Second). Freeman Press. <https://oldversion.stu.edu.vn/uploads/documents/030509-214140.pdf>

Sun, A., & Gunasekaran, S. (2009). Yield Stress in Foods: Measurements and Applications. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 70–101. <https://doi.org/10.1080/10942910802308502>

Vilcanqui Pérez, F., & Vilchez Perales, C. (2017). *Fibra dietaria: Nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión*. 67(2). alanrevista.org/ediciones/2017/2/art-10/

Villanueva Flores, R. (2019). Fibra dietaria: Una alternativa para la alimentación. *Ciencia y Tecnología*, 37, 10. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2019.n037.4550>

Wang, X., Kristo, E., & LaPointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>

Whitcomb, K., & Dennis, K. (2022). *Rheological Characterization of Yogurt*. TA Instruments.

<https://www.tainstruments.com/pdf/literature/RH117.pdf>

Wilbanks, D. J., Yazdi, S. R., & Lucey, J. A. (2022). Effects of varying casein and pectin concentrations on the rheology of high-protein cultured milk beverages stored at ambient temperature. *Journal of Dairy Science*, *105*(1), 72–82.
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-20597>

Zhou, Z. (2018). *Effects of dried apple peel powder on the rheological and sensory properties of drinking yogurt* [Tesis, University of Guelph].
<https://atrium.lib.uoguelph.ca/server/api/core/bitstreams/7f197dc3-c113-499c-a3d4-e52f71977e38/content>

ANEXOS

Anexo 1. Información adicional del equipo y contacto

Este anexo incluye información sobre el Reómetro Brookfield DV3T-RV, manual y el contacto de Ofilab, que proporcionó el accesorio ULA y asistencia técnica inicial.

Reómetro Brookfield DV3T-RV: El Reómetro Brookfield DV3T-RV mide propiedades reológicas de fluidos al girar un husillo en el líquido, evaluando la fuerza necesaria para mantener el movimiento a una velocidad constante. La deformación en un resorte es proporcional a la viscosidad del líquido, lo que permite obtener mediciones precisas. Este instrumento es ideal para líquidos de viscosidad media.

Durante la investigación, se utilizó un adaptador ULA, que incluye un husillo cilíndrico para medir líquidos de baja viscosidad. Además, se emplearon husillos tipo paleta (VANE), que permiten medir el estrés de yield en materiales viscosos, como pastas, sin dañar su estructura. Esto facilita pruebas específicas y asegura la calidad de los productos analizados.

Manual del Equipo: El manual completo del Reómetro Brookfield DV3T-RV no se incluye en este documento. Puede consultarse en el sitio web de Brookfield Engineering Labs: Manual del Brookfield DV3T (No. M13-2100-A0415).

Información de Contacto:

Nombre: Ofilab Perú S.A.C.

Teléfono: (01) 586-6400

Correo Electrónico: atcmetrologia@ofilab.com.pe

Sitio Web: www.ofilab.com

Dirección: Libertad 835, Comas, Lima-Perú

Anexo 2. Datos Experimentales

Contiene las tablas con datos experimentales extensos y detallados de los perfiles reológicos y pruebas de rendimiento para todas las concentraciones y condiciones de almacenamiento evaluadas en la investigación.

Tabla 17

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	13440	0.01	2.1	0.16	0.012	00:41.0	10410	0.41	66.7	5.22	0.501
00:02.0	6720	0.02	2.1	0.16	0.024	00:42.0	10410	0.42	68.3	5.35	0.514
00:03.0	4480	0.03	2.1	0.16	0.037	00:43.0	10340	0.43	69.5	5.44	0.526
00:04.0	3680	0.04	2.3	0.18	0.049	00:44.0	10240	0.44	70.4	5.51	0.538
00:05.0	3328	0.05	2.6	0.2	0.061	00:45.0	10180	0.45	71.6	5.6	0.55
00:06.0	3413	0.06	3.2	0.25	0.073	00:46.0	10050	0.46	72.2	5.65	0.563
00:07.0	3383	0.07	3.7	0.29	0.086	00:47.0	9804	0.47	72	5.64	0.575
00:08.0	3440	0.08	4.3	0.34	0.098	00:48.0	9773	0.48	73.3	5.74	0.587
00:09.0	3627	0.09	5.1	0.4	0.11	00:49.0	9835	0.49	75.3	5.89	0.599
00:10.0	3776	0.1	5.9	0.46	0.122	00:50.0	9766	0.5	76.3	5.97	0.612
00:11.0	4015	0.11	6.9	0.54	0.135	00:51.0	9537	0.51	76	5.95	0.624
00:12.0	4320	0.12	8.1	0.63	0.147	00:52.0	9551	0.52	77.6	6.07	0.636
00:13.0	4529	0.13	9.2	0.72	0.159	00:53.0	9636	0.53	79.8	6.25	0.648
00:14.0	4754	0.14	10.4	0.81	0.171	00:54.0	9292	0.54	78.4	6.14	0.66
00:15.0	4992	0.15	11.7	0.92	0.183	00:55.0	9228	0.55	79.3	6.21	0.673
00:16.0	5280	0.16	13.2	1.03	0.196	00:56.0	9321	0.56	80.1	6.27	0.673
00:17.0	5496	0.17	14.6	1.14	0.208	00:57.0	9379	0.57	80.6	6.31	0.673
00:18.0	5760	0.18	16.2	1.27	0.22	00:58.0	9437	0.58	81.1	6.35	0.673
00:19.0	6063	0.19	18	1.41	0.232	00:59.0	9495	0.59	81.6	6.39	0.673
00:20.0	6304	0.2	19.7	1.54	0.245	01:00.0	9553	0.6	82.1	6.43	0.673
00:21.0	6583	0.21	21.6	1.69	0.257	01:01.0	9612	0.61	82.6	6.47	0.673
00:22.0	6895	0.22	23.7	1.86	0.269	01:02.0	9647	0.62	82.9	6.49	0.673
00:23.0	7151	0.23	25.7	2.01	0.281	01:03.0	9670	0.63	83.1	6.5	0.673
00:24.0	7413	0.24	27.8	2.18	0.294	01:04.0	9693	0.64	83.3	6.52	0.673
00:25.0	7706	0.25	30.1	2.36	0.306	01:05.0	9728	0.65	83.6	6.54	0.673
00:26.0	7975	0.26	32.4	2.54	0.318	01:06.0	9763	0.66	83.9	6.57	0.673
00:27.0	8178	0.27	34.5	2.7	0.33	01:07.0	9786	0.67	84.1	6.58	0.673
00:28.0	8343	0.28	36.5	2.86	0.342	01:08.0	9809	0.68	84.3	6.6	0.673

00:29.0	8519	0.29	38.6	3.02	0.355	01:09.0	9833	0.69	84.5	6.61	0.673
00:30.0	8747	0.3	41	3.21	0.367	01:10.0	9844	0.7	84.6	6.62	0.673
00:31.0	8939	0.31	43.3	3.39	0.379	01:11.0	9856	0.71	84.7	6.63	0.673
00:32.0	9120	0.32	45.6	3.57	0.391	01:12.0	9691	0.72	84.8	6.64	0.685
00:33.0	9367	0.33	48.3	3.78	0.404	01:13.0	9726	0.73	85.1	6.66	0.685
00:34.0	9562	0.34	50.8	3.98	0.416	01:14.0	9760	0.74	85.4	6.68	0.685
00:35.0	9728	0.35	53.2	4.16	0.428	01:15.0	9794	0.75	85.7	6.71	0.685
00:36.0	9884	0.36	55.6	4.35	0.44	01:16.0	9829	0.76	86	6.73	0.685
00:37.0	10020	0.37	57.9	4.53	0.453	01:17.0	9679	0.77	86.2	6.75	0.697
00:38.0	10120	0.38	60.1	4.7	0.465	01:18.0	9701	0.78	86.4	6.76	0.697
00:39.0	10260	0.39	62.5	4.89	0.477	01:19.0	9712	0.79	86.5	6.77	0.697
00:40.0	10350	0.4	64.7	5.06	0.489	01:20.0	9723	0.8	86.6	6.78	0.697
						01:21.0	9724	0.81	86.6	6.78	0.697

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 18

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1% de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T1)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:05.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	53	00:04:25.1	0.50	34.8	1.74	0.1432
2	00:00:10.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	54	00:04:30.1	0.50	35.5	1.77	0.1454
3	00:00:15.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	55	00:04:35.1	0.50	36.3	1.81	0.1464
4	00:00:20.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	56	00:04:40.1	0.50	37.0	1.85	0.1486
5	00:00:25.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	57	00:04:45.1	0.50	37.7	1.88	0.1507
6	00:00:30.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	58	00:04:50.1	0.50	38.5	1.92	0.1517
7	00:00:35.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	59	00:04:55.1	0.50	39.3	1.96	0.1527
8	00:00:40.1	0.50	0.0	0.00	0.0000	60	00:05:00.1	0.50	40.0	2.00	0.1549
9	00:00:45.1	0.50	0.0	0.00	0.0945	61	00:05:05.1	0.50	40.8	2.04	0.1559
10	00:00:50.1	0.50	0.9	0.04	0.0943	62	00:05:10.1	0.50	41.5	2.08	0.1581
11	00:00:55.1	0.50	1.7	0.09	0.0953	63	00:05:15.1	0.50	42.2	2.11	0.1603
12	00:01:00.1	0.50	2.5	0.13	0.0963	64	00:05:20.1	0.50	43.0	2.15	0.1613
13	00:01:05.1	0.50	3.3	0.16	0.0973	65	00:05:25.1	0.50	43.7	2.18	0.1635
14	00:01:10.1	0.50	4.1	0.20	0.0983	66	00:05:30.1	0.50	44.3	2.21	0.1668
15	00:01:15.1	0.50	4.9	0.25	0.0993	67	00:05:35.1	0.50	45.1	2.25	0.1678
16	00:01:20.1	0.50	5.8	0.29	0.0991	68	00:05:40.1	0.50	45.8	2.29	0.1700
17	00:01:25.1	0.50	6.6	0.33	0.1001	69	00:05:45.1	0.50	46.5	2.33	0.1722
18	00:01:30.1	0.50	7.4	0.37	0.1011	70	00:05:50.1	0.50	47.3	2.37	0.1732
19	00:01:35.1	0.50	8.3	0.42	0.1009	71	00:05:55.1	0.50	48.0	2.40	0.1754
20	00:01:40.1	0.50	9.0	0.45	0.1031	72	00:06:00.1	0.50	48.7	2.43	0.1776
21	00:01:45.1	0.50	9.8	0.49	0.1041	73	00:06:05.1	0.50	49.4	2.47	0.1798
22	00:01:50.1	0.50	10.7	0.53	0.1039	74	00:06:10.1	0.50	50.1	2.50	0.1819

23	00:01:55.1	0.50	11.5	0.57	0.1049	75	00:06:15.1	0.50	50.8	2.54	0.1841
24	00:02:00.1	0.50	12.2	0.61	0.1071	76	00:06:20.1	0.50	51.6	2.58	0.1851
25	00:02:05.1	0.50	13.1	0.66	0.1069	77	00:06:25.1	0.50	52.3	2.62	0.1873
26	00:02:10.1	0.50	13.9	0.69	0.1079	78	00:06:30.1	0.50	52.9	2.64	0.1907
27	00:02:15.1	0.50	14.6	0.73	0.1101	79	00:06:35.1	0.50	53.7	2.68	0.1917
28	00:02:20.1	0.50	15.5	0.77	0.1099	80	00:06:40.1	0.50	54.4	2.72	0.1939
29	00:02:25.1	0.50	16.3	0.81	0.1109	81	00:06:45.1	0.50	55.0	2.75	0.1972
30	00:02:30.1	0.50	17.0	0.85	0.1131	82	00:06:50.1	0.50	55.8	2.79	0.1982
31	00:02:35.1	0.50	17.9	0.89	0.1129	83	00:06:55.1	0.50	56.5	2.83	0.2004
32	00:02:40.1	0.50	18.6	0.93	0.1151	84	00:07:00.1	0.50	57.1	2.86	0.2038
33	00:02:45.1	0.50	19.4	0.97	0.1161	85	00:07:05.1	0.50	57.9	2.89	0.2048
34	00:02:50.1	0.50	20.2	1.01	0.1171	86	00:07:10.1	0.50	58.5	2.92	0.2081
35	00:02:55.1	0.50	21.0	1.05	0.1181	87	00:07:15.1	0.50	59.2	2.96	0.2103
36	00:03:00.1	0.50	21.7	1.09	0.1203	88	00:07:20.1	0.50	59.9	3.00	0.2125
37	00:03:05.1	0.50	22.6	1.13	0.1201	89	00:07:25.1	0.50	60.6	3.03	0.2147
38	00:03:10.1	0.50	23.3	1.16	0.1223	90	00:07:30.1	0.50	61.2	3.06	0.2181
39	00:03:15.1	0.50	24.0	1.20	0.1245	91	00:07:35.1	0.50	62.0	3.10	0.2191
40	00:03:20.1	0.50	24.9	1.25	0.1243	92	00:07:40.1	0.50	62.6	3.13	0.2224
41	00:03:25.1	0.50	25.7	1.29	0.1253	93	00:07:45.1	0.50	63.3	3.16	0.2246
42	00:03:30.1	0.50	26.4	1.32	0.1274	94	00:07:50.1	0.50	64.0	3.20	0.2268
43	00:03:35.1	0.50	27.2	1.36	0.1284	95	00:07:55.1	0.50	64.6	3.23	0.2302
44	00:03:40.1	0.50	27.9	1.39	0.1306	96	00:08:00.1	0.50	65.3	3.27	0.2324
45	00:03:45.1	0.50	28.7	1.44	0.1316	97	00:08:05.1	0.50	66.0	3.30	0.2345
46	00:03:50.1	0.50	29.5	1.48	0.1326	98	00:08:10.1	0.50	66.6	3.33	0.2379
47	00:03:55.1	0.50	30.3	1.51	0.1336	99	00:08:15.1	0.50	67.2	3.36	0.2413
48	00:04:00.1	0.50	31.0	1.55	0.1358	100	00:08:20.1	0.50	67.9	3.39	0.2435
49	00:04:05.1	0.50	31.8	1.59	0.1368	101	00:08:25.1	0.50	68.6	3.43	0.2456
50	00:04:10.1	0.50	32.5	1.63	0.1390	102	00:08:30.1	0.50	69.2	3.46	0.2490
51	00:04:15.1	0.50	33.2	1.66	0.1412						
52	00:04:20.1	0.50	34.0	1.70	0.1422	103	00:08:35.1	0.50	69.9	3.50	0.2512

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 19

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	12800	0.01	2	0.16	0.012	00:26.0	6298	0.26	24.6	1.93	0.306
00:02.0	6400	0.02	2	0.16	0.024	00:27.0	6329	0.27	26.7	2.09	0.33
00:03.0	4267	0.03	2	0.16	0.037	00:28.0	6850	0.28	28.9	2.26	0.33
00:04.0	3520	0.04	2.2	0.17	0.049	00:29.0	7109	0.29	31.1	2.43	0.342
00:05.0	3200	0.05	2.5	0.2	0.061	00:30.0	7147	0.3	33.5	2.62	0.367

00:06.0	2987	0.06	2.8	0.22	0.073	00:31.0	7659	0.31	35.9	2.81	0.367
00:07.0	3017	0.07	3.3	0.26	0.086	00:32.0	7928	0.32	38.4	3.01	0.379
00:08.0	3040	0.08	3.8	0.3	0.098	00:33.0	8200	0.33	41	3.21	0.391
00:09.0	3129	0.09	4.4	0.34	0.11	00:34.0	8456	0.34	43.6	3.41	0.404
00:10.0	3264	0.1	5.1	0.4	0.122	00:35.0	8734	0.35	46.4	3.63	0.416
00:11.0	3258	0.11	5.6	0.44	0.135	00:36.0	8997	0.36	49.2	3.85	0.428
00:12.0	3253	0.12	6.1	0.48	0.147	00:37.0	9262	0.37	52.1	4.08	0.44
00:13.0	3298	0.13	6.7	0.52	0.159	00:38.0	9531	0.38	55.1	4.31	0.453
00:14.0	3383	0.14	7.4	0.58	0.171	00:39.0	9785	0.39	58.1	4.55	0.465
00:15.0	3541	0.15	8.3	0.65	0.183	00:40.0	10060	0.4	61.3	4.8	0.477
00:16.0	3640	0.16	9.1	0.71	0.196	00:41.0	10320	0.41	64.5	5.05	0.489
00:17.0	3802	0.17	10.1	0.79	0.208	00:42.0	10580	0.42	67.8	5.31	0.501
00:18.0	3982	0.18	11.2	0.88	0.22	00:43.0	10830	0.43	71.1	5.57	0.514
00:19.0	4143	0.19	12.3	0.96	0.232	00:44.0	11090	0.44	74.5	5.83	0.526
00:20.0	4352	0.2	13.6	1.06	0.245	00:45.0	11360	0.45	78.1	6.11	0.538
00:21.0	4602	0.21	15.1	1.18	0.257	00:46.0	11630	0.46	81.8	6.4	0.55
00:22.0	4916	0.22	16.9	1.32	0.269	00:47.0	11900	0.47	85.5	6.69	0.563
00:23.0	5203	0.23	18.7	1.46	0.281	00:48.0	12170	0.48	89.4	7	0.575
00:24.0	5467	0.24	20.5	1.6	0.294	00:49.0	12450	0.49	93.4	7.31	0.587
00:25.0	5786	0.25	22.6	1.77	0.306	00:50.0	12750	0.5	97.6	7.64	0.599

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/2).

Tabla 20

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T2)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.6	0.50	1.4	0.07	----	71	00:00:35.6	0.50	51.6	2.58	0.1346
2	00:00:01.1	0.50	1.8	0.09	0.0017	72	00:00:36.1	0.50	52.2	2.61	0.1380
3	00:00:01.6	0.50	2.5	0.13	0.0039	73	00:00:36.6	0.50	52.8	2.64	0.1414
4	00:00:02.1	0.50	3.4	0.17	0.0037	74	00:00:37.1	0.50	53.4	2.67	0.1448
5	00:00:02.6	0.50	4.2	0.21	0.0047	75	00:00:37.6	0.50	54.0	2.70	0.1481
6	00:00:03.1	0.50	5.0	0.25	0.0057	76	00:00:38.1	0.50	54.6	2.73	0.1515
7	00:00:03.6	0.50	5.9	0.30	0.0055	77	00:00:38.6	0.50	55.1	2.75	0.1560
8	00:00:04.1	0.50	6.7	0.33	0.0065	78	00:00:39.1	0.50	55.7	2.79	0.1594
9	00:00:04.6	0.50	7.5	0.38	0.0075	79	00:00:39.6	0.50	56.3	2.82	0.1628
10	00:00:05.1	0.50	8.4	0.42	0.0074	80	00:00:40.1	0.50	56.9	2.85	0.1661
11	00:00:05.6	0.50	9.2	0.46	0.0084	81	00:00:40.6	0.50	57.4	2.87	0.1707
12	00:00:06.1	0.50	10.0	0.50	0.0094	82	00:00:41.1	0.50	58.0	2.90	0.1741
13	00:00:06.6	0.50	10.8	0.54	0.0104	83	00:00:41.6	0.50	58.5	2.92	0.1786
14	00:00:07.1	0.50	11.6	0.58	0.0114	84	00:00:42.1	0.50	59.1	2.95	0.1820
15	00:00:07.6	0.50	12.4	0.62	0.0124	85	00:00:42.6	0.50	59.6	2.98	0.1865

16	00:00:08.1	0.50	13.2	0.66	0.0134	86	00:00:43.1	0.50	60.2	3.01	0.1899
17	00:00:08.6	0.50	14.0	0.70	0.0144	87	00:00:43.6	0.50	60.7	3.04	0.1945
18	00:00:09.1	0.50	14.8	0.74	0.0154	88	00:00:44.1	0.50	61.2	3.06	0.1990
19	00:00:09.6	0.50	15.6	0.78	0.0164	89	00:00:44.6	0.50	61.7	3.09	0.2036
20	00:00:10.1	0.50	16.4	0.82	0.0174	90	00:00:45.1	0.50	62.3	3.12	0.2069
21	00:00:10.6	0.50	17.1	0.86	0.0195	91	00:00:45.6	0.50	62.8	3.14	0.2115
22	00:00:11.1	0.50	17.9	0.89	0.0205	92	00:00:46.1	0.50	63.3	3.16	0.2160
23	00:00:11.6	0.50	18.7	0.94	0.0215	93	00:00:46.6	0.50	63.8	3.19	0.2206
24	00:00:12.1	0.50	19.5	0.98	0.0225	94	00:00:47.1	0.50	64.2	3.21	0.2263
25	00:00:12.6	0.50	20.2	1.01	0.0247	95	00:00:47.6	0.50	64.7	3.23	0.2309
26	00:00:13.1	0.50	21.0	1.05	0.0257	96	00:00:48.1	0.50	65.2	3.26	0.2354
27	00:00:13.6	0.50	21.8	1.09	0.0267	97	00:00:48.6	0.50	65.7	3.28	0.2400
28	00:00:14.1	0.50	22.5	1.13	0.0289	98	00:00:49.1	0.50	66.1	3.30	0.2457
29	00:00:14.6	0.50	23.3	1.16	0.0299	99	00:00:49.6	0.50	66.5	3.33	0.2514
30	00:00:15.1	0.50	24.0	1.20	0.0321	100	00:00:50.1	0.50	67.0	3.35	0.2560
31	00:00:15.6	0.50	24.8	1.24	0.0331	101	00:00:50.6	0.50	67.4	3.37	0.2617
32	00:00:16.1	0.50	25.5	1.27	0.0353	102	00:00:51.1	0.50	67.8	3.39	0.2675
33	00:00:16.6	0.50	26.2	1.31	0.0375	103	00:00:51.6	0.50	68.2	3.41	0.2732
34	00:00:17.1	0.50	27.0	1.35	0.0385	104	00:00:52.1	0.50	68.6	3.43	0.2789
35	00:00:17.6	0.50	27.7	1.38	0.0406	105	00:00:52.6	0.50	69.0	3.45	0.2847
36	00:00:18.1	0.50	28.4	1.42	0.0428	106	00:00:53.1	0.50	69.3	3.47	0.2916
37	00:00:18.6	0.50	29.1	1.46	0.0450	107	00:00:53.6	0.50	69.7	3.48	0.2973
38	00:00:19.1	0.50	29.9	1.50	0.0460	108	00:00:54.1	0.50	70.1	3.50	0.3031
39	00:00:19.6	0.50	30.6	1.53	0.0482	109	00:00:54.6	0.50	70.4	3.52	0.3100
40	00:00:20.1	0.50	31.3	1.56	0.0504	110	00:00:55.1	0.50	70.7	3.53	0.3169
41	00:00:20.6	0.50	32.0	1.60	0.0526	111	00:00:55.6	0.50	71.0	3.55	0.3238
42	00:00:21.1	0.50	32.7	1.63	0.0547	112	00:00:56.1	0.50	71.3	3.57	0.3307
43	00:00:21.6	0.50	33.4	1.67	0.0569	113	00:00:56.6	0.50	71.6	3.58	0.3377
44	00:00:22.1	0.50	34.1	1.70	0.0591	114	00:00:57.1	0.50	71.9	3.60	0.3446
45	00:00:22.6	0.50	34.8	1.74	0.0613	115	00:00:57.6	0.50	72.2	3.61	0.3515
46	00:00:23.1	0.50	35.5	1.77	0.0635	116	00:00:58.1	0.50	72.4	3.62	0.3596
47	00:00:23.6	0.50	36.2	1.81	0.0657	117	00:00:58.6	0.50	72.6	3.63	0.3677
48	00:00:24.1	0.50	36.9	1.85	0.0678	118	00:00:59.1	0.50	72.9	3.64	0.3746
49	00:00:24.6	0.50	37.5	1.88	0.0712	119	00:00:59.6	0.50	73.1	3.65	0.3827
50	00:00:25.1	0.50	38.2	1.91	0.0734	120	00:01:00.1	0.50	73.3	3.67	0.3908
51	00:00:25.6	0.50	38.9	1.95	0.0756	121	00:01:00.6	0.50	73.5	3.67	0.3989
52	00:00:26.1	0.50	39.5	1.98	0.0789	122	00:01:01.1	0.50	73.6	3.68	0.4082
53	00:00:26.6	0.50	40.2	2.01	0.0811	123	00:01:01.6	0.50	73.8	3.69	0.4163
54	00:00:27.1	0.50	40.9	2.05	0.0833	124	00:01:02.1	0.50	74.0	3.70	0.4244
55	00:00:27.6	0.50	41.5	2.08	0.0867	125	00:01:02.6	0.50	74.1	3.70	0.4337
56	00:00:28.1	0.50	42.2	2.11	0.0889	126	00:01:03.1	0.50	74.3	3.72	0.4418
57	00:00:28.6	0.50	42.8	2.14	0.0922	127	00:01:03.6	0.50	74.4	3.72	0.4511
58	00:00:29.1	0.50	43.5	2.17	0.0944	128	00:01:04.1	0.50	74.5	3.72	0.4604

59	00:00:29.6	0.50	44.1	2.20	0.0978	129	00:01:04.6	0.50	74.6	3.73	0.4697
60	00:00:30.1	0.50	44.8	2.24	0.1000	130	00:01:05.1	0.50	74.7	3.73	0.4790
61	00:00:30.6	0.50	45.4	2.27	0.1033	131	00:01:05.6	0.50	74.8	3.74	0.4883
62	00:00:31.1	0.50	46.0	2.30	0.1067	132	00:01:06.1	0.50	74.9	3.75	0.4976
63	00:00:31.6	0.50	46.7	2.34	0.1089	133	00:01:06.6	0.50	74.9	3.75	0.5080
64	00:00:32.1	0.50	47.3	2.37	0.1123	134	00:01:07.1	0.50	75.0	3.75	0.5173
65	00:00:32.6	0.50	47.9	2.39	0.1156	135	00:01:07.6	0.50	75.0	3.75	0.5278
66	00:00:33.1	0.50	48.6	2.43	0.1178	136	00:01:08.1	0.50	75.1	3.75	0.5371
67	00:00:33.6	0.50	49.2	2.46	0.1212	137	00:01:08.6	0.50	75.1	3.75	0.5476
68	00:00:34.1	0.50	49.8	2.49	0.1245	138	00:01:09.1	0.50	75.1	3.75	0.5580
69	00:00:34.6	0.50	50.4	2.52	0.1279	139	00:01:09.6	0.50	75.2	3.76	0.5673
70	00:00:35.1	0.50	51.0	2.55	0.1313	140	00:01:10.1	0.50	75.2	3.76	0.5778

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 21

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	28160	0.01	4.4	0.34	0.012	00:26.0	6646	0.26	27	2.11	0.318
00:02.0	14080	0.02	4.4	0.34	0.024	00:27.0	6684	0.27	28.2	2.21	0.33
00:03.0	9600	0.03	4.5	0.35	0.037	00:28.0	6789	0.28	29.7	2.32	0.342
00:04.0	7520	0.04	4.7	0.37	0.049	00:29.0	6952	0.29	31.5	2.47	0.355
00:05.0	6400	0.05	5	0.39	0.061	00:30.0	7189	0.3	33.7	2.64	0.367
00:06.0	5760	0.06	5.4	0.42	0.073	00:31.0	7453	0.31	36.1	2.83	0.379
00:07.0	5486	0.07	6	0.47	0.086	00:32.0	7720	0.32	38.6	3.02	0.391
00:08.0	5360	0.08	6.7	0.52	0.098	00:33.0	7952	0.33	41	3.21	0.404
00:09.0	5262	0.09	7.4	0.58	0.11	00:34.0	8226	0.34	43.7	3.42	0.416
00:10.0	5248	0.1	8.2	0.64	0.122	00:35.0	8521	0.35	46.6	3.65	0.428
00:11.0	5295	0.11	9.1	0.71	0.135	00:36.0	8871	0.36	49.9	3.91	0.44
00:12.0	5387	0.12	10.1	0.79	0.147	00:37.0	9219	0.37	53.3	4.17	0.453
00:13.0	5366	0.13	10.9	0.85	0.159	00:38.0	9566	0.38	56.8	4.45	0.465
00:14.0	5394	0.14	11.8	0.92	0.171	00:39.0	9863	0.39	60.1	4.7	0.477
00:15.0	5376	0.15	12.6	0.99	0.183	00:40.0	10140	0.4	63.4	4.96	0.489
00:16.0	5200	0.16	13	1.02	0.196	00:41.0	10440	0.41	66.9	5.24	0.501
00:17.0	5308	0.17	14.1	1.1	0.208	00:42.0	10730	0.42	70.4	5.51	0.514
00:18.0	5440	0.18	15.3	1.2	0.22	00:43.0	11060	0.43	74.3	5.82	0.526
00:19.0	5625	0.19	16.7	1.31	0.232	00:44.0	11320	0.44	77.8	6.09	0.538
00:20.0	5728	0.2	17.9	1.4	0.245	00:45.0	11610	0.45	81.6	6.39	0.55
00:21.0	5669	0.21	18.6	1.46	0.257	00:46.0	11900	0.46	85.5	6.69	0.563
00:22.0	5789	0.22	19.9	1.56	0.269	00:47.0	12240	0.47	89.9	7.04	0.575
00:23.0	6010	0.23	21.6	1.69	0.281	00:48.0	12590	0.48	94.4	7.39	0.587

00:24.0 6213 0.24 23.3 1.82 0.294
 00:25.0 6477 0.25 25.3 1.98 0.306 00:49.0 12870 0.49 98.5 7.71 0.599

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate ($\frac{1}{2}$).

Tabla 22

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 4 °C (T3)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.3	0.50	0.0	0.00	0.0204	59	00:00:11.9	0.50	55.2	2.76	0.1564
2	00:00:00.5	0.50	0.2	0.01	0.0317	60	00:00:12.1	0.50	56.1	2.80	0.1594
3	00:00:00.7	0.50	0.7	0.04	0.0394	61	00:00:12.3	0.50	56.9	2.85	0.1635
4	00:00:00.9	0.50	1.4	0.07	0.0447	62	00:00:12.5	0.50	57.8	2.89	0.1665
5	00:00:01.1	0.50	2.3	0.11	0.0476	63	00:00:12.7	0.50	58.6	2.93	0.1706
6	00:00:01.3	0.50	3.2	0.16	0.0506	64	00:00:12.9	0.50	59.4	2.97	0.1748
7	00:00:01.5	0.50	4.2	0.21	0.0524	65	00:00:13.1	0.50	60.2	3.01	0.1789
8	00:00:01.7	0.50	5.2	0.26	0.0541	66	00:00:13.3	0.50	61.0	3.05	0.1830
9	00:00:01.9	0.50	6.2	0.31	0.0559	67	00:00:13.5	0.50	61.8	3.09	0.1872
10	00:00:02.1	0.50	7.3	0.37	0.0565	68	00:00:13.7	0.50	62.5	3.13	0.1925
11	00:00:02.3	0.50	8.3	0.42	0.0583	69	00:00:13.9	0.50	63.3	3.16	0.1967
12	00:00:02.5	0.50	9.4	0.47	0.0589	70	00:00:14.1	0.50	64.0	3.20	0.2020
13	00:00:02.7	0.50	10.5	0.52	0.0595	71	00:00:14.3	0.50	64.8	3.24	0.2061
14	00:00:02.9	0.50	11.5	0.57	0.0612	72	00:00:14.5	0.50	65.5	3.28	0.2114
15	00:00:03.1	0.50	12.6	0.63	0.0618	73	00:00:14.7	0.50	66.2	3.31	0.2168
16	00:00:03.3	0.50	13.6	0.68	0.0636	74	00:00:14.9	0.50	66.8	3.34	0.2233
17	00:00:03.5	0.50	14.7	0.74	0.0642	75	00:00:15.1	0.50	67.5	3.38	0.2286
18	00:00:03.7	0.50	15.7	0.78	0.0660	76	00:00:15.3	0.50	68.1	3.40	0.2351
19	00:00:03.9	0.50	16.8	0.84	0.0665	77	00:00:15.5	0.50	68.7	3.43	0.2416
20	00:00:04.1	0.50	17.8	0.89	0.0683	78	00:00:15.7	0.50	69.3	3.47	0.2481
21	00:00:04.3	0.50	18.8	0.94	0.0701	79	00:00:15.9	0.50	69.9	3.50	0.2546
22	00:00:04.5	0.50	19.9	1.00	0.0707	80	00:00:16.1	0.50	70.5	3.53	0.2612
23	00:00:04.7	0.50	20.9	1.04	0.0725	81	00:00:16.3	0.50	71.0	3.55	0.2688
24	00:00:04.9	0.50	21.9	1.10	0.0742	82	00:00:16.5	0.50	71.5	3.58	0.2765
25	00:00:05.1	0.50	22.9	1.14	0.0760	83	00:00:16.7	0.50	72.0	3.60	0.2842
26	00:00:05.3	0.50	23.9	1.19	0.0778	84	00:00:16.9	0.50	72.5	3.63	0.2919
27	00:00:05.5	0.50	24.9	1.25	0.0796	85	00:00:17.1	0.50	72.9	3.64	0.3008
28	00:00:05.7	0.50	25.9	1.29	0.0813	86	00:00:17.3	0.50	73.4	3.67	0.3085
29	00:00:05.9	0.50	26.9	1.35	0.0831	87	00:00:17.5	0.50	73.8	3.69	0.3174
30	00:00:06.1	0.50	27.9	1.39	0.0849	88	00:00:17.7	0.50	74.2	3.71	0.3263
31	00:00:06.3	0.50	28.9	1.44	0.0866	89	00:00:17.9	0.50	74.5	3.72	0.3363
32	00:00:06.5	0.50	29.9	1.50	0.0884	90	00:00:18.1	0.50	74.9	3.75	0.3452
33	00:00:06.7	0.50	30.9	1.54	0.0902	91	00:00:18.3	0.50	75.2	3.76	0.3553

34	00:00:06.9	0.50	31.9	1.60	0.0920	92	00:00:18.5	0.50	75.5	3.78	0.3653
35	00:00:07.1	0.50	32.9	1.65	0.0937	93	00:00:18.7	0.50	75.8	3.79	0.3754
36	00:00:07.3	0.50	33.8	1.69	0.0967	94	00:00:18.9	0.50	76.0	3.80	0.3866
37	00:00:07.5	0.50	34.8	1.74	0.0985	95	00:00:19.1	0.50	76.3	3.82	0.3967
38	00:00:07.7	0.50	35.8	1.79	0.1002	96	00:00:19.3	0.50	76.5	3.83	0.4079
39	00:00:07.9	0.50	36.8	1.84	0.1020	97	00:00:19.5	0.50	76.7	3.83	0.4192
40	00:00:08.1	0.50	37.7	1.88	0.1050	98	00:00:19.7	0.50	76.9	3.85	0.4304
41	00:00:08.3	0.50	38.7	1.94	0.1067	99	00:00:19.9	0.50	77.1	3.86	0.4417
42	00:00:08.5	0.50	39.6	1.98	0.1097	100	00:00:20.1	0.50	77.2	3.86	0.4541
43	00:00:08.7	0.50	40.6	2.03	0.1115	101	00:00:20.3	0.50	77.4	3.87	0.4653
44	00:00:08.9	0.50	41.5	2.08	0.1144	102	00:00:20.5	0.50	77.5	3.88	0.4778
45	00:00:09.1	0.50	42.5	2.13	0.1162	103	00:00:20.7	0.50	77.6	3.88	0.4902
46	00:00:09.3	0.50	43.4	2.17	0.1192	104	00:00:20.9	0.50	77.7	3.88	0.5026
47	00:00:09.5	0.50	44.4	2.22	0.1209	105	00:00:21.1	0.50	77.8	3.89	0.5151
48	00:00:09.7	0.50	45.3	2.26	0.1239	106	00:00:21.3	0.50	77.9	3.89	0.5275
49	00:00:09.9	0.50	46.2	2.31	0.1268	107	00:00:21.5	0.50	78.0	3.90	0.5399
50	00:00:10.1	0.50	47.2	2.36	0.1286	108	00:00:21.7	0.50	78.0	3.90	0.5535
51	00:00:10.3	0.50	48.1	2.40	0.1316	109	00:00:21.9	0.50	78.1	3.90	0.5660
52	00:00:10.5	0.50	49.0	2.45	0.1345	110	00:00:22.1	0.50	78.1	3.90	0.5796
53	00:00:10.7	0.50	49.9	2.50	0.1375	111	00:00:22.3	0.50	78.1	3.90	0.5932
54	00:00:10.9	0.50	50.8	2.54	0.1405	112	00:00:22.5	0.50	78.2	3.91	0.6056
55	00:00:11.1	0.50	51.7	2.59	0.1434	113	00:00:22.7	0.50	78.2	3.91	0.6192
56	00:00:11.3	0.50	52.6	2.63	0.1464	114	00:00:22.9	0.50	78.2	3.91	0.6328
57	00:00:11.5	0.50	53.5	2.67	0.1493	115	00:00:23.1	0.50	78.2	3.91	0.6465
58	00:00:11.7	0.50	54.4	2.72	0.1523	116	00:00:23.3	0.50	78.2	3.91	0.6601

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 23

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	2560	0.01	0.4	0.03	0.012	00:51.0	8922	0.51	71.1	5.57	0.624
00:02.0	1280	0.02	0.4	0.03	0.024	00:52.0	8702	0.52	70.7	5.53	0.636
00:03.0	853.3	0.03	0.4	0.03	0.037	00:53.0	8537	0.53	70.7	5.53	0.648
00:04.0	800	0.04	0.5	0.04	0.049	00:54.0	8474	0.54	71.5	5.6	0.66
00:05.0	1152	0.05	0.9	0.07	0.061	00:55.0	8378	0.55	72	5.64	0.673
00:06.0	1493	0.06	1.4	0.11	0.073	00:56.0	8413	0.56	72.3	5.66	0.673
00:07.0	1829	0.07	2	0.16	0.086	00:57.0	8448	0.57	72.6	5.68	0.673
00:08.0	2080	0.08	2.6	0.2	0.098	00:58.0	8495	0.58	73	5.71	0.673
00:09.0	2418	0.09	3.4	0.27	0.11	00:59.0	8553	0.59	73.5	5.75	0.673
00:10.0	2752	0.1	4.3	0.34	0.122	01:00.0	8623	0.6	74.1	5.8	0.673

00:11.0	3025	0.11	5.2	0.41	0.135	01:01.0	8692	0.61	74.7	5.85	0.673
00:12.0	3360	0.12	6.3	0.49	0.147	01:02.0	8762	0.62	75.3	5.89	0.673
00:13.0	3742	0.13	7.6	0.59	0.159	01:03.0	8832	0.63	75.9	5.94	0.673
00:14.0	4069	0.14	8.9	0.7	0.171	01:04.0	8890	0.64	76.4	5.98	0.673
00:15.0	4352	0.15	10.2	0.8	0.183	01:05.0	8937	0.65	76.8	6.01	0.673
00:16.0	4640	0.16	11.6	0.91	0.196	01:06.0	8983	0.66	77.2	6.04	0.673
00:17.0	4969	0.17	13.2	1.03	0.208	01:07.0	9007	0.67	77.4	6.06	0.673
00:18.0	5227	0.18	14.7	1.15	0.22	01:08.0	9041	0.68	77.7	6.08	0.673
00:19.0	5524	0.19	16.4	1.28	0.232	01:09.0	9076	0.69	78	6.11	0.673
00:20.0	5792	0.2	18.1	1.42	0.245	01:10.0	9111	0.7	78.3	6.13	0.673
00:21.0	6065	0.21	19.9	1.56	0.257	01:11.0	9123	0.71	78.4	6.14	0.673
00:22.0	6400	0.22	22	1.72	0.269	01:12.0	9135	0.72	78.5	6.14	0.673
00:23.0	6678	0.23	24	1.88	0.281	01:13.0	9158	0.73	78.7	6.16	0.673
00:24.0	6960	0.24	26.1	2.04	0.294	01:14.0	9169	0.74	78.8	6.17	0.673
00:25.0	7245	0.25	28.3	2.22	0.306	01:15.0	9181	0.75	78.9	6.18	0.673
00:26.0	7508	0.26	30.5	2.39	0.318	01:16.0	9204	0.76	79.1	6.19	0.673
00:27.0	7775	0.27	32.8	2.57	0.33	01:17.0	9228	0.77	79.3	6.21	0.673
00:28.0	8000	0.28	35	2.74	0.342	01:18.0	9251	0.78	79.5	6.22	0.673
00:29.0	8188	0.29	37.1	2.9	0.355	01:19.0	9274	0.79	79.7	6.24	0.673
00:30.0	8384	0.3	39.3	3.08	0.367	01:20.0	9143	0.8	80	6.26	0.685
00:31.0	8568	0.31	41.5	3.25	0.379	01:21.0	9166	0.81	80.2	6.28	0.685
00:32.0	8760	0.32	43.8	3.43	0.391	01:22.0	9189	0.82	80.4	6.29	0.685
00:33.0	8960	0.33	46.2	3.62	0.404	01:23.0	9211	0.83	80.6	6.31	0.685
00:34.0	9167	0.34	48.7	3.81	0.416	01:24.0	9234	0.84	80.8	6.32	0.685
00:35.0	9344	0.35	51.1	4	0.428	01:25.0	9246	0.85	80.9	6.33	0.685
00:36.0	9529	0.36	53.6	4.2	0.44	01:26.0	9257	0.86	81	6.34	0.685
00:37.0	9652	0.37	55.8	4.37	0.453	01:27.0	9257	0.87	81	6.34	0.685
00:38.0	9785	0.38	58.1	4.55	0.465	01:28.0	9269	0.88	81.1	6.35	0.685
00:39.0	9846	0.39	60	4.7	0.477	01:29.0	9269	0.89	81.1	6.35	0.685
00:40.0	9904	0.4	61.9	4.85	0.489	01:30.0	9257	0.9	81	6.34	0.685
00:41.0	9928	0.41	63.6	4.98	0.501	01:31.0	9246	0.91	80.9	6.33	0.685
00:42.0	9966	0.42	65.4	5.12	0.514	01:32.0	9246	0.92	80.9	6.33	0.685
00:43.0	9927	0.43	66.7	5.22	0.526	01:33.0	9257	0.93	81	6.34	0.685
00:44.0	9775	0.44	67.2	5.26	0.538	01:34.0	9257	0.94	81	6.34	0.685
00:45.0	9628	0.45	67.7	5.3	0.55	01:35.0	9106	0.95	81.1	6.35	0.697
00:46.0	9475	0.46	68.1	5.33	0.563	01:36.0	9106	0.96	81.1	6.35	0.697
00:47.0	9314	0.47	68.4	5.35	0.575	01:37.0	9117	0.97	81.2	6.36	0.697
00:48.0	9187	0.48	68.9	5.39	0.587	01:38.0	9117	0.98	81.2	6.36	0.697
00:49.0	9169	0.49	70.2	5.49	0.599	01:39.0	9128	0.99	81.3	6.36	0.697
00:50.0	9101	0.5	71.1	5.57	0.612	01:40.0	9140	1	81.4	6.37	0.697

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 24

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T4)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stres:	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:01.1	0.50	0.9	0.04	0.0009	62	00:01:02.1	0.50	47.2	2.36	0.0915
2	00:00:02.1	0.50	1.6	0.08	0.0030	63	00:01:03.1	0.50	47.9	2.39	0.0936
3	00:00:03.1	0.50	2.5	0.13	0.0029	64	00:01:04.1	0.50	48.6	2.43	0.0958
4	00:00:04.1	0.50	3.3	0.16	0.0039	65	00:01:05.1	0.50	49.2	2.46	0.0992
5	00:00:05.1	0.50	4.2	0.21	0.0037	66	00:01:06.1	0.50	49.9	2.50	0.1014
6	00:00:06.1	0.50	5.0	0.25	0.0047	67	00:01:07.1	0.50	50.6	2.53	0.1036
7	00:00:07.1	0.50	5.9	0.30	0.0045	68	00:01:08.1	0.50	51.2	2.56	0.1069
8	00:00:08.1	0.50	6.7	0.33	0.0055	69	00:01:09.1	0.50	51.8	2.59	0.1103
9	00:00:09.1	0.50	7.5	0.38	0.0065	70	00:01:10.1	0.50	52.5	2.63	0.1125
10	00:00:10.1	0.50	8.4	0.42	0.0063	71	00:01:11.1	0.50	53.1	2.65	0.1158
11	00:00:11.1	0.50	9.2	0.46	0.0073	72	00:01:12.1	0.50	53.8	2.69	0.1180
12	00:00:12.1	0.50	10.0	0.50	0.0083	73	00:01:13.1	0.50	54.4	2.72	0.1214
13	00:00:13.1	0.50	10.9	0.54	0.0081	74	00:01:14.1	0.50	55.0	2.75	0.1248
14	00:00:14.1	0.50	11.6	0.58	0.0103	75	00:01:15.1	0.50	55.6	2.78	0.1281
15	00:00:15.1	0.50	12.5	0.63	0.0101	76	00:01:16.1	0.50	56.3	2.82	0.1303
16	00:00:16.1	0.50	13.3	0.67	0.0111	77	00:01:17.1	0.50	56.9	2.85	0.1337
17	00:00:17.1	0.50	14.1	0.71	0.0121	78	00:01:18.1	0.50	57.5	2.88	0.1370
18	00:00:18.1	0.50	14.9	0.75	0.0131	79	00:01:19.1	0.50	58.1	2.90	0.1404
19	00:00:19.1	0.50	15.7	0.78	0.0141	80	00:01:20.1	0.50	58.7	2.93	0.1438
20	00:00:20.1	0.50	16.5	0.82	0.0151	81	00:01:21.1	0.50	59.3	2.96	0.1472
21	00:00:21.1	0.50	17.3	0.86	0.0161	82	00:01:22.1	0.50	59.8	2.99	0.1517
22	00:00:22.1	0.50	18.1	0.91	0.0171	83	00:01:23.1	0.50	60.4	3.02	0.1551
23	00:00:23.1	0.50	18.9	0.94	0.0181	84	00:01:24.1	0.50	61.0	3.05	0.1584
24	00:00:24.1	0.50	19.6	0.98	0.0203	85	00:01:25.1	0.50	61.5	3.08	0.1630
25	00:00:25.1	0.50	20.4	1.02	0.0213	86	00:01:26.1	0.50	62.1	3.11	0.1664
26	00:00:26.1	0.50	21.2	1.06	0.0223	87	00:01:27.1	0.50	62.6	3.13	0.1709
27	00:00:27.1	0.50	22.0	1.10	0.0233	88	00:01:28.1	0.50	63.1	3.15	0.1755
28	00:00:28.1	0.50	22.7	1.13	0.0255	89	00:01:29.1	0.50	63.7	3.18	0.1788
29	00:00:29.1	0.50	23.5	1.17	0.0265	90	00:01:30.1	0.50	64.2	3.21	0.1834
30	00:00:30.1	0.50	24.3	1.21	0.0275	91	00:01:31.1	0.50	64.7	3.23	0.1879
31	00:00:31.1	0.50	25.0	1.25	0.0297	92	00:01:32.1	0.50	65.2	3.26	0.1925
32	00:00:32.1	0.50	25.8	1.29	0.0307	93	00:01:33.1	0.50	65.6	3.28	0.1982
33	00:00:33.1	0.50	26.5	1.33	0.0329	94	00:01:34.1	0.50	66.1	3.30	0.2028
34	00:00:34.1	0.50	27.3	1.37	0.0339	95	00:01:35.1	0.50	66.6	3.33	0.2073
35	00:00:35.1	0.50	28.0	1.40	0.0360	96	00:01:36.1	0.50	67.0	3.35	0.2131
36	00:00:36.1	0.50	28.8	1.44	0.0370	97	00:01:37.1	0.50	67.4	3.37	0.2188

37	00:00:37.1	0.50	29.5	1.48	0.0392	98	00:01:38.1	0.50	67.8	3.39	0.2245
38	00:00:38.1	0.50	30.3	1.51	0.0402	99	00:01:39.1	0.50	68.3	3.42	0.2291
39	00:00:39.1	0.50	31.0	1.55	0.0424	100	00:01:40.1	0.50	68.6	3.43	0.2360
40	00:00:40.1	0.50	31.7	1.59	0.0446	101	00:01:41.1	0.50	69.0	3.45	0.2417
41	00:00:41.1	0.50	32.5	1.63	0.0456	102	00:01:42.1	0.50	69.4	3.47	0.2475
42	00:00:42.1	0.50	33.2	1.66	0.0478	103	00:01:43.1	0.50	69.7	3.48	0.2544
43	00:00:43.1	0.50	33.9	1.70	0.0500	104	00:01:44.1	0.50	70.0	3.50	0.2613
44	00:00:44.1	0.50	34.6	1.73	0.0521	105	00:01:45.1	0.50	70.3	3.52	0.2682
45	00:00:45.1	0.50	35.4	1.77	0.0531	106	00:01:46.1	0.50	70.6	3.53	0.2752
46	00:00:46.1	0.50	36.1	1.80	0.0553	107	00:01:47.1	0.50	70.9	3.55	0.2821
47	00:00:47.1	0.50	36.8	1.84	0.0575	108	00:01:48.1	0.50	71.2	3.56	0.2890
48	00:00:48.1	0.50	37.5	1.88	0.0597	109	00:01:49.1	0.50	71.4	3.57	0.2971
49	00:00:49.1	0.50	38.2	1.91	0.0619	110	00:01:50.1	0.50	71.6	3.58	0.3052
50	00:00:50.1	0.50	38.9	1.95	0.0641	111	00:01:51.1	0.50	71.8	3.59	0.3133
51	00:00:51.1	0.50	39.7	1.99	0.0651	112	00:01:52.1	0.50	72.0	3.60	0.3214
52	00:00:52.1	0.50	40.3	2.01	0.0684	113	00:01:53.1	0.50	72.2	3.61	0.3295
53	00:00:53.1	0.50	41.0	2.05	0.0706	114	00:01:54.1	0.50	72.3	3.62	0.3388
54	00:00:54.1	0.50	41.8	2.09	0.0716	115	00:01:55.1	0.50	72.4	3.62	0.3481
55	00:00:55.1	0.50	42.5	2.13	0.0738	116	00:01:56.1	0.50	72.5	3.63	0.3574
56	00:00:56.1	0.50	43.1	2.15	0.0772	117	00:01:57.1	0.50	72.6	3.63	0.3667
57	00:00:57.1	0.50	43.8	2.19	0.0793	118	00:01:58.1	0.50	72.7	3.63	0.3760
58	00:00:58.1	0.50	44.5	2.22	0.0815	119	00:01:59.1	0.50	72.8	3.64	0.3852
59	00:00:59.1	0.50	45.2	2.26	0.0837	120	00:02:00.1	0.50	72.8	3.64	0.3957
60	00:01:00.1	0.50	45.9	2.30	0.0859	121	00:02:01.1	0.50	72.8	3.64	0.4062
61	00:01:01.1	0.50	46.6	2.33	0.0881	122	00:02:02.1	0.50	72.8	3.64	0.4167

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 25

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	1280	0.01	0.2	0.02	0.012	00:45.0	10770	0.45	75.7	5.93	0.55
00:02.0	640	0.02	0.2	0.02	0.024	00:46.0	10700	0.46	76.9	6.02	0.563
00:03.0	426.7	0.03	0.2	0.02	0.037	00:47.0	10740	0.47	78.9	6.18	0.575
00:04.0	320	0.04	0.2	0.02	0.049	00:48.0	10770	0.48	80.8	6.32	0.587
00:05.0	640	0.05	0.5	0.04	0.061	00:49.0	10410	0.49	79.7	6.24	0.599
00:06.0	1067	0.06	1	0.08	0.073	00:50.0	9984	0.5	78	6.11	0.612
00:07.0	1463	0.07	1.6	0.13	0.086	00:51.0	9838	0.51	78.4	6.14	0.624
00:08.0	1840	0.08	2.3	0.18	0.098	00:52.0	9465	0.52	76.9	6.02	0.636
00:09.0	2204	0.09	3.1	0.24	0.11	00:53.0	9214	0.53	76.3	5.97	0.648
00:10.0	2496	0.1	3.9	0.31	0.122	00:54.0	9126	0.54	77	6.03	0.66

00:11.0	2793	0.11	4.8	0.38	0.135	00:55.0	8832	0.55	75.9	5.94	0.673
00:12.0	3093	0.12	5.8	0.45	0.147	00:56.0	8785	0.56	75.5	5.91	0.673
00:13.0	3446	0.13	7	0.55	0.159	00:57.0	8774	0.57	75.4	5.9	0.673
00:14.0	3840	0.14	8.4	0.66	0.171	00:58.0	8751	0.58	75.2	5.89	0.673
00:15.0	4139	0.15	9.7	0.76	0.183	00:59.0	8716	0.59	74.9	5.86	0.673
00:16.0	4440	0.16	11.1	0.87	0.196	01:00.0	8669	0.6	74.5	5.83	0.673
00:17.0	4781	0.17	12.7	0.99	0.208	01:01.0	8634	0.61	74.2	5.81	0.673
00:18.0	5120	0.18	14.4	1.13	0.22	01:02.0	8611	0.62	74	5.79	0.673
00:19.0	5457	0.19	16.2	1.27	0.232	01:03.0	8588	0.63	73.8	5.78	0.673
00:20.0	5728	0.2	17.9	1.4	0.245	01:04.0	8576	0.64	73.7	5.77	0.673
00:21.0	6034	0.21	19.8	1.55	0.257	01:05.0	8541	0.65	73.4	5.75	0.673
00:22.0	6313	0.22	21.7	1.7	0.269	01:06.0	8495	0.66	73	5.71	0.673
00:23.0	6595	0.23	23.7	1.86	0.281	01:07.0	8460	0.67	72.7	5.69	0.673
00:24.0	6880	0.24	25.8	2.02	0.294	01:08.0	8425	0.68	72.4	5.67	0.673
00:25.0	7142	0.25	27.9	2.18	0.306	01:09.0	8355	0.69	71.8	5.62	0.673
00:26.0	7434	0.26	30.2	2.36	0.318	01:10.0	8273	0.7	71.1	5.57	0.673
00:27.0	7704	0.27	32.5	2.54	0.33	01:11.0	8239	0.71	70.8	5.54	0.673
00:28.0	7931	0.28	34.7	2.72	0.342	01:12.0	8204	0.72	70.5	5.52	0.673
00:29.0	8232	0.29	37.3	2.92	0.355	01:13.0	8169	0.73	70.2	5.49	0.673
00:30.0	8469	0.3	39.7	3.11	0.367	01:14.0	8134	0.74	69.9	5.47	0.673
00:31.0	8733	0.31	42.3	3.31	0.379	01:15.0	8087	0.75	69.5	5.44	0.673
00:32.0	8960	0.32	44.8	3.51	0.391	01:16.0	8052	0.76	69.2	5.42	0.673
00:33.0	9193	0.33	47.4	3.71	0.404	01:17.0	8029	0.77	69	5.4	0.673
00:34.0	9449	0.34	50.2	3.93	0.416	01:18.0	7994	0.78	68.7	5.38	0.673
00:35.0	9673	0.35	52.9	4.14	0.428	01:19.0	7971	0.79	68.5	5.36	0.673
00:36.0	9884	0.36	55.6	4.35	0.44	01:20.0	7948	0.8	68.3	5.35	0.673
00:37.0	10080	0.37	58.3	4.56	0.453	01:21.0	7794	0.81	68.2	5.34	0.685
00:38.0	10320	0.38	61.3	4.8	0.465	01:22.0	7771	0.82	68	5.32	0.685
00:39.0	10520	0.39	64.1	5.02	0.477	01:23.0	7749	0.83	76.8	5.31	0.685
00:40.0	10720	0.4	67	5.24	0.489	01:24.0	7726	0.84	77.6	5.29	0.685
00:41.0	10910	0.41	69.9	5.47	0.501	01:25.0	7703	0.85	77.4	5.28	0.685
00:42.0	11020	0.42	72.3	5.66	0.514	01:26.0	7680	0.86	87.2	5.26	0.685
00:43.0	11000	0.43	73.9	5.78	0.526						
00:44.0	10880	0.44	74.8	5.85	0.538	01:27.0	7657	0.87	87	5.24	0.685

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (%).

Tabla 26

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T5)

Pto	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.4	0.50	0.5	0.03	0.0108	65	00:00:19.6	0.50	56.4	2.82	0.1532
2	00:00:00.7	0.50	0.9	0.04	0.0187	66	00:00:19.9	0.50	57.2	2.86	0.1563

3	00:00:01.0	0.50	1.6	0.08	0.0229	67	00:00:20.2	0.50	57.9	2.89	0.1606
4	00:00:01.3	0.50	2.4	0.12	0.0260	68	00:00:20.5	0.50	58.6	2.93	0.1649
5	00:00:01.6	0.50	3.3	0.16	0.0279	69	00:00:20.8	0.50	59.4	2.97	0.1680
6	00:00:01.9	0.50	4.3	0.22	0.0287	70	00:00:21.1	0.50	60.1	3.00	0.1722
7	00:00:02.2	0.50	5.3	0.27	0.0294	71	00:00:21.4	0.50	60.8	3.04	0.1765
8	00:00:02.5	0.50	6.3	0.31	0.0301	72	00:00:21.7	0.50	61.5	3.08	0.1808
9	00:00:02.8	0.50	7.3	0.37	0.0309	73	00:00:22.0	0.50	62.2	3.11	0.1851
10	00:00:03.1	0.50	8.3	0.42	0.0316	74	00:00:22.3	0.50	62.9	3.14	0.1893
11	00:00:03.4	0.50	9.3	0.47	0.0323	75	00:00:22.6	0.50	63.6	3.18	0.1936
12	00:00:03.7	0.50	10.2	0.51	0.0342	76	00:00:22.9	0.50	64.2	3.21	0.1991
13	00:00:04.0	0.50	11.2	0.56	0.0349	77	00:00:23.2	0.50	64.9	3.25	0.2034
14	00:00:04.3	0.50	12.1	0.61	0.0369	78	00:00:23.5	0.50	65.5	3.28	0.2088
15	00:00:04.6	0.50	13.1	0.66	0.0376	79	00:00:23.8	0.50	66.1	3.30	0.2143
16	00:00:04.9	0.50	14.1	0.71	0.0383	80	00:00:24.1	0.50	66.7	3.33	0.2198
17	00:00:05.2	0.50	15.0	0.75	0.0402	81	00:00:24.4	0.50	67.3	3.37	0.2252
18	00:00:05.5	0.50	15.9	0.79	0.0421	82	00:00:24.7	0.50	67.9	3.39	0.2307
19	00:00:05.8	0.50	16.9	0.84	0.0428	83	00:00:25.0	0.50	68.5	3.42	0.2361
20	00:00:06.1	0.50	17.8	0.89	0.0448	84	00:00:25.3	0.50	69.0	3.45	0.2428
21	00:00:06.4	0.50	18.8	0.94	0.0455	85	00:00:25.6	0.50	69.5	3.47	0.2494
22	00:00:06.7	0.50	19.7	0.99	0.0474	86	00:00:25.9	0.50	70.1	3.50	0.2549
23	00:00:07.0	0.50	20.6	1.03	0.0493	87	00:00:26.2	0.50	70.5	3.53	0.2627
24	00:00:07.3	0.50	21.5	1.08	0.0512	88	00:00:26.5	0.50	71.0	3.55	0.2694
25	00:00:07.6	0.50	22.5	1.13	0.0519	89	00:00:26.8	0.50	71.5	3.58	0.2760
26	00:00:07.9	0.50	23.4	1.17	0.0539	90	00:00:27.1	0.50	71.9	3.60	0.2838
27	00:00:08.2	0.50	24.3	1.21	0.0558	91	00:00:27.4	0.50	72.3	3.62	0.2917
28	00:00:08.5	0.50	25.2	1.26	0.0577	92	00:00:27.7	0.50	72.8	3.64	0.2983
29	00:00:08.8	0.50	26.1	1.31	0.0596	93	00:00:28.0	0.50	73.1	3.65	0.3073
30	00:00:09.1	0.50	27.0	1.35	0.0615	94	00:00:28.3	0.50	73.5	3.67	0.3152
31	00:00:09.4	0.50	27.9	1.39	0.0634	95	00:00:28.6	0.50	73.9	3.70	0.3230
32	00:00:09.7	0.50	28.8	1.44	0.0653	96	00:00:28.9	0.50	74.2	3.71	0.3320
33	00:00:10.0	0.50	29.6	1.48	0.0684	97	00:00:29.2	0.50	74.5	3.72	0.3410
34	00:00:10.3	0.50	30.5	1.52	0.0703	98	00:00:29.5	0.50	74.8	3.74	0.3500
35	00:00:10.6	0.50	31.4	1.57	0.0722	99	00:00:29.8	0.50	75.1	3.75	0.3591
36	00:00:10.9	0.50	32.3	1.62	0.0741	100	00:00:30.1	0.50	75.4	3.77	0.3681
37	00:00:11.2	0.50	33.2	1.66	0.0760	101	00:00:30.4	0.50	75.6	3.78	0.3783
38	00:00:11.5	0.50	34.0	1.70	0.0791	102	00:00:30.7	0.50	75.8	3.79	0.3885
39	00:00:11.8	0.50	34.9	1.75	0.0811	103	00:00:31.0	0.50	76.1	3.80	0.3975
40	00:00:12.1	0.50	35.8	1.79	0.0830	104	00:00:31.3	0.50	76.3	3.82	0.4077
41	00:00:12.4	0.50	36.7	1.84	0.0849	105	00:00:31.6	0.50	76.4	3.82	0.4191
42	00:00:12.7	0.50	37.5	1.88	0.0880	106	00:00:31.9	0.50	76.6	3.83	0.4293
43	00:00:13.0	0.50	38.4	1.92	0.0899	107	00:00:32.2	0.50	76.8	3.84	0.4395
44	00:00:13.3	0.50	39.3	1.96	0.0918	108	00:00:32.5	0.50	76.9	3.85	0.4508
45	00:00:13.6	0.50	40.1	2.00	0.0949	109	00:00:32.8	0.50	77.1	3.86	0.4610

46	00:00:13.9	0.50	41.0	2.05	0.0968	110	00:00:33.1	0.50	77.2	3.86	0.4724
47	00:00:14.2	0.50	41.8	2.09	0.0999	111	00:00:33.4	0.50	77.3	3.87	0.4838
48	00:00:14.5	0.50	42.7	2.13	0.1018	112	00:00:33.7	0.50	77.4	3.87	0.4952
49	00:00:14.8	0.50	43.5	2.17	0.1049	113	00:00:34.0	0.50	77.5	3.88	0.5066
50	00:00:15.1	0.50	44.3	2.21	0.1080	114	00:00:34.3	0.50	77.6	3.88	0.5180
51	00:00:15.4	0.50	45.2	2.26	0.1099	115	00:00:34.6	0.50	77.7	3.88	0.5293
52	00:00:15.7	0.50	46.0	2.30	0.1130	116	00:00:34.9	0.50	77.8	3.89	0.5407
53	00:00:16.0	0.50	46.8	2.34	0.1161	117	00:00:35.2	0.50	77.8	3.89	0.5533
54	00:00:16.3	0.50	47.7	2.38	0.1180	118	00:00:35.5	0.50	77.9	3.89	0.5647
55	00:00:16.6	0.50	48.5	2.42	0.1211	119	00:00:35.8	0.50	77.9	3.89	0.5772
56	00:00:16.9	0.50	49.3	2.46	0.1242	120	00:00:36.1	0.50	78.0	3.90	0.5886
57	00:00:17.2	0.50	50.1	2.50	0.1273	121	00:00:36.4	0.50	78.0	3.90	0.6012
58	00:00:17.5	0.50	50.9	2.55	0.1304	122	00:00:36.7	0.50	78.1	3.90	0.6126
59	00:00:17.8	0.50	51.7	2.59	0.1335	123	00:00:37.0	0.50	78.1	3.90	0.6251
60	00:00:18.1	0.50	52.5	2.63	0.1366	124	00:00:37.3	0.50	78.1	3.90	0.6377
61	00:00:18.4	0.50	53.3	2.66	0.1397	125	00:00:37.6	0.50	78.2	3.91	0.6491
62	00:00:18.7	0.50	54.1	2.70	0.1427	126	00:00:37.9	0.50	78.2	3.91	0.6616
63	00:00:19.0	0.50	54.8	2.74	0.1470						
64	00:00:19.3	0.50	55.6	2.78	0.1501	127	00:00:38.2	0.50	78.2	3.91	0.6742

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 27

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:01.0	23680	0.01	3.7	0.29	0.012	00:26.0	5686	0.26	23.1	1.81	0.318
00:02.0	11840	0.02	3.7	0.29	0.024	00:27.0	6021	0.27	25.4	1.99	0.33
00:03.0	7893	0.03	3.7	0.29	0.037	00:28.0	6240	0.28	27.3	2.14	0.342
00:04.0	5920	0.04	3.7	0.29	0.049	00:29.0	6554	0.29	29.7	2.32	0.355
00:05.0	4864	0.05	3.8	0.3	0.061	00:30.0	6869	0.3	32.2	2.52	0.367
00:06.0	4267	0.06	4	0.31	0.073	00:31.0	7185	0.31	34.8	2.72	0.379
00:07.0	3840	0.07	4.2	0.33	0.086	00:32.0	7500	0.32	37.5	2.94	0.391
00:08.0	3600	0.08	4.5	0.35	0.098	00:33.0	7796	0.33	40.2	3.15	0.404
00:09.0	3413	0.09	4.8	0.38	0.11	00:34.0	8113	0.34	43.1	3.37	0.416
00:10.0	3328	0.1	5.2	0.41	0.122	00:35.0	8411	0.35	46	3.6	0.428
00:11.0	3375	0.11	5.8	0.45	0.135	00:36.0	8782	0.36	49.4	3.87	0.44
00:12.0	3413	0.12	6.4	0.5	0.147	00:37.0	9081	0.37	52.5	4.11	0.453
00:13.0	3348	0.13	6.8	0.53	0.159	00:38.0	9448	0.38	56.1	4.39	0.465
00:14.0	3291	0.14	7.2	0.56	0.171	00:39.0	9748	0.39	59.4	4.65	0.477
00:15.0	3413	0.15	8	0.63	0.183	00:40.0	10110	0.4	63.2	4.95	0.489
00:16.0	3680	0.16	9.2	0.72	0.196	00:41.0	10400	0.41	66.6	5.21	0.501

00:17.0	3802	0.17	10.1	0.79	0.208	00:42.0	10700	0.42	70.2	5.49	0.514
00:18.0	3947	0.18	11.1	0.87	0.22	00:43.0	11000	0.43	73.9	5.78	0.526
00:19.0	4042	0.19	12	0.94	0.232	00:44.0	11350	0.44	78	6.11	0.538
00:20.0	4320	0.2	13.5	1.06	0.245	00:45.0	11690	0.45	82.2	6.43	0.55
00:21.0	4510	0.21	14.8	1.16	0.257	00:46.0	11990	0.46	86.2	6.75	0.563
00:22.0	4655	0.22	16	1.25	0.269	00:47.0	12280	0.47	90.2	7.06	0.575
00:23.0	4814	0.23	17.3	1.35	0.281	00:48.0	12570	0.48	94.3	7.38	0.587
00:24.0	5067	0.24	19	1.49	0.294						
00:25.0	5376	0.25	21	1.64	0.306	00:49.0	12870	0.49	98.5	7.71	0.599

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 28

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 12 °C (T6)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.2	0.50	0.0	0.00	0.0000	109	00:00:11.0	0.50	57.3	2.87	0.1855
2	00:00:00.3	0.50	0.0	0.00	0.0000	110	00:00:11.1	0.50	57.8	2.89	0.1874
3	00:00:00.4	0.50	0.0	0.00	0.0314	111	00:00:11.2	0.50	58.3	2.91	0.1894
4	00:00:00.5	0.50	0.1	0.00	0.0381	112	00:00:11.3	0.50	58.8	2.94	0.1913
5	00:00:00.6	0.50	0.3	0.02	0.0436	113	00:00:11.4	0.50	59.3	2.96	0.1932
6	00:00:00.7	0.50	0.6	0.03	0.0479	114	00:00:11.5	0.50	59.7	2.99	0.1963
7	00:00:00.8	0.50	1.0	0.05	0.0510	115	00:00:11.6	0.50	60.2	3.01	0.1983
8	00:00:00.9	0.50	1.4	0.07	0.0541	116	00:00:11.7	0.50	60.7	3.04	0.2002
9	00:00:01.0	0.50	1.9	0.09	0.0560	117	00:00:11.8	0.50	61.2	3.06	0.2022
10	00:00:01.1	0.50	2.4	0.12	0.0580	118	00:00:11.9	0.50	61.6	3.08	0.2053
11	00:00:01.2	0.50	2.9	0.15	0.0599	119	00:00:12.0	0.50	62.1	3.11	0.2072
12	00:00:01.3	0.50	3.4	0.17	0.0618	120	00:00:12.1	0.50	62.5	3.13	0.2103
13	00:00:01.4	0.50	4.0	0.20	0.0626	121	00:00:12.2	0.50	63.0	3.15	0.2123
14	00:00:01.5	0.50	4.5	0.22	0.0645	122	00:00:12.3	0.50	63.5	3.17	0.2142
15	00:00:01.6	0.50	5.1	0.25	0.0653	123	00:00:12.4	0.50	63.9	3.20	0.2173
16	00:00:01.7	0.50	5.7	0.28	0.0660	124	00:00:12.5	0.50	64.3	3.22	0.2204
17	00:00:01.8	0.50	6.3	0.31	0.0668	125	00:00:12.6	0.50	64.8	3.24	0.2224
18	00:00:01.9	0.50	6.9	0.34	0.0675	126	00:00:12.7	0.50	65.2	3.26	0.2255
19	00:00:02.0	0.50	7.5	0.38	0.0683	127	00:00:12.8	0.50	65.7	3.28	0.2274
20	00:00:02.1	0.50	8.1	0.41	0.0690	128	00:00:12.9	0.50	66.1	3.30	0.2305
21	00:00:02.2	0.50	8.7	0.44	0.0698	129	00:00:13.0	0.50	66.5	3.33	0.2336
22	00:00:02.3	0.50	9.3	0.47	0.0705	130	00:00:13.1	0.50	66.9	3.35	0.2368
23	00:00:02.4	0.50	9.9	0.49	0.0713	131	00:00:13.2	0.50	67.4	3.37	0.2387
24	00:00:02.5	0.50	10.5	0.52	0.0720	132	00:00:13.3	0.50	67.8	3.39	0.2418
25	00:00:02.6	0.50	11.1	0.56	0.0728	133	00:00:13.4	0.50	68.2	3.41	0.2449
26	00:00:02.7	0.50	11.7	0.58	0.0735	134	00:00:13.5	0.50	68.6	3.43	0.2480
27	00:00:02.8	0.50	12.3	0.62	0.0743	135	00:00:13.6	0.50	69.0	3.45	0.2512

28	00:00:02.9	0.50	12.9	0.64	0.0750	136	00:00:13.7	0.50	69.4	3.47	0.2543
29	00:00:03.0	0.50	13.5	0.68	0.0758	137	00:00:13.8	0.50	69.8	3.49	0.2574
30	00:00:03.1	0.50	14.1	0.71	0.0765	138	00:00:13.9	0.50	70.2	3.51	0.2605
31	00:00:03.2	0.50	14.7	0.74	0.0773	139	00:00:14.0	0.50	70.5	3.53	0.2648
32	00:00:03.3	0.50	15.3	0.76	0.0780	140	00:00:14.1	0.50	70.9	3.55	0.2679
33	00:00:03.4	0.50	15.9	0.79	0.0788	141	00:00:14.2	0.50	71.3	3.57	0.2711
34	00:00:03.5	0.50	16.5	0.82	0.0795	142	00:00:14.3	0.50	71.6	3.58	0.2754
35	00:00:03.6	0.50	17.1	0.86	0.0803	143	00:00:14.4	0.50	72.0	3.60	0.2785
36	00:00:03.7	0.50	17.7	0.89	0.0810	144	00:00:14.5	0.50	72.3	3.62	0.2828
37	00:00:03.8	0.50	18.3	0.91	0.0818	145	00:00:14.6	0.50	72.7	3.63	0.2859
38	00:00:03.9	0.50	18.9	0.94	0.0825	146	00:00:14.7	0.50	73.0	3.65	0.2902
39	00:00:04.0	0.50	19.5	0.98	0.0833	147	00:00:14.8	0.50	73.4	3.67	0.2933
40	00:00:04.1	0.50	20.1	1.00	0.0840	148	00:00:14.9	0.50	73.7	3.68	0.2976
41	00:00:04.2	0.50	20.6	1.03	0.0860	149	00:00:15.0	0.50	74.0	3.70	0.3019
42	00:00:04.3	0.50	21.2	1.06	0.0867	150	00:00:15.1	0.50	74.3	3.72	0.3062
43	00:00:04.4	0.50	21.8	1.09	0.0875	151	00:00:15.2	0.50	74.6	3.73	0.3105
44	00:00:04.5	0.50	22.4	1.12	0.0882	152	00:00:15.3	0.50	74.9	3.75	0.3148
45	00:00:04.6	0.50	23.0	1.15	0.0890	153	00:00:15.4	0.50	75.3	3.77	0.3179
46	00:00:04.7	0.50	23.5	1.17	0.0909	154	00:00:15.5	0.50	75.5	3.78	0.3234
47	00:00:04.8	0.50	24.1	1.21	0.0916	155	00:00:15.6	0.50	75.8	3.79	0.3277
48	00:00:04.9	0.50	24.7	1.24	0.0924	156	00:00:15.7	0.50	76.1	3.80	0.3320
49	00:00:05.0	0.50	25.3	1.26	0.0931	157	00:00:15.8	0.50	76.4	3.82	0.3363
50	00:00:05.1	0.50	25.8	1.29	0.0951	158	00:00:15.9	0.50	76.7	3.83	0.3406
51	00:00:05.2	0.50	26.4	1.32	0.0958	159	00:00:16.0	0.50	76.9	3.85	0.3461
52	00:00:05.3	0.50	27.0	1.35	0.0966	160	00:00:16.1	0.50	77.2	3.86	0.3504
53	00:00:05.4	0.50	27.5	1.38	0.0985	161	00:00:16.2	0.50	77.4	3.87	0.3559
54	00:00:05.5	0.50	28.1	1.40	0.0993	162	00:00:16.3	0.50	77.7	3.88	0.3602
55	00:00:05.6	0.50	28.6	1.43	0.1012	163	00:00:16.4	0.50	77.9	3.89	0.3657
56	00:00:05.7	0.50	29.2	1.46	0.1019	164	00:00:16.5	0.50	78.1	3.90	0.3712
57	00:00:05.8	0.50	29.8	1.49	0.1027	165	00:00:16.6	0.50	78.3	3.92	0.3767
58	00:00:05.9	0.50	30.3	1.51	0.1046	166	00:00:16.7	0.50	78.6	3.93	0.3810
59	00:00:06.0	0.50	30.9	1.54	0.1054	167	00:00:16.8	0.50	78.8	3.94	0.3865
60	00:00:06.1	0.50	31.4	1.57	0.1073	168	00:00:16.9	0.50	79.0	3.95	0.3919
61	00:00:06.2	0.50	32.0	1.60	0.1081	169	00:00:17.0	0.50	79.2	3.96	0.3974
62	00:00:06.3	0.50	32.5	1.63	0.1100	170	00:00:17.1	0.50	79.4	3.97	0.4029
63	00:00:06.4	0.50	33.1	1.65	0.1107	171	00:00:17.2	0.50	79.6	3.98	0.4084
64	00:00:06.5	0.50	33.6	1.68	0.1127	172	00:00:17.3	0.50	79.7	3.98	0.4151
65	00:00:06.6	0.50	34.2	1.71	0.1134	173	00:00:17.4	0.50	79.9	4.00	0.4206
66	00:00:06.7	0.50	34.7	1.74	0.1154	174	00:00:17.5	0.50	80.1	4.01	0.4260
67	00:00:06.8	0.50	35.3	1.76	0.1161	175	00:00:17.6	0.50	80.3	4.02	0.4315
68	00:00:06.9	0.50	35.8	1.79	0.1180	176	00:00:17.7	0.50	80.4	4.02	0.4382
69	00:00:07.0	0.50	36.4	1.82	0.1188	177	00:00:17.8	0.50	80.6	4.03	0.4437
70	00:00:07.1	0.50	36.9	1.85	0.1207	178	00:00:17.9	0.50	80.7	4.03	0.4504

71	00:00:07.2	0.50	37.5	1.88	0.1215	179	00:00:18.0	0.50	80.8	4.04	0.4570
72	00:00:07.3	0.50	38.0	1.90	0.1234	180	00:00:18.1	0.50	81.0	4.05	0.4625
73	00:00:07.4	0.50	38.6	1.93	0.1242	181	00:00:18.2	0.50	81.1	4.05	0.4692
74	00:00:07.5	0.50	39.1	1.95	0.1261	182	00:00:18.3	0.50	81.2	4.06	0.4759
75	00:00:07.6	0.50	39.7	1.99	0.1268	183	00:00:18.4	0.50	81.3	4.07	0.4825
76	00:00:07.7	0.50	40.2	2.01	0.1288	184	00:00:18.5	0.50	81.5	4.07	0.4880
77	00:00:07.8	0.50	40.7	2.04	0.1307	185	00:00:18.6	0.50	81.6	4.08	0.4947
78	00:00:07.9	0.50	41.3	2.07	0.1315	186	00:00:18.7	0.50	81.7	4.09	0.5014
79	00:00:08.0	0.50	41.8	2.09	0.1334	187	00:00:18.8	0.50	81.8	4.09	0.5080
80	00:00:08.1	0.50	42.3	2.12	0.1353	188	00:00:18.9	0.50	81.8	4.09	0.5159
81	00:00:08.2	0.50	42.9	2.14	0.1361	189	00:00:19.0	0.50	81.9	4.10	0.5225
82	00:00:08.3	0.50	43.4	2.17	0.1380	190	00:00:19.1	0.50	82.0	4.10	0.5292
83	00:00:08.4	0.50	44.0	2.20	0.1388	191	00:00:19.2	0.50	82.1	4.11	0.5359
84	00:00:08.5	0.50	44.5	2.22	0.1407	192	00:00:19.3	0.50	82.2	4.11	0.5426
85	00:00:08.6	0.50	45.0	2.25	0.1426	193	00:00:19.4	0.50	82.2	4.11	0.5504
86	00:00:08.7	0.50	45.5	2.28	0.1446	194	00:00:19.5	0.50	82.3	4.12	0.5571
87	00:00:08.8	0.50	46.1	2.30	0.1453	195	00:00:19.6	0.50	82.4	4.12	0.5637
88	00:00:08.9	0.50	46.6	2.33	0.1473	196	00:00:19.7	0.50	82.4	4.12	0.5716
89	00:00:09.0	0.50	47.1	2.36	0.1492	197	00:00:19.8	0.50	82.5	4.13	0.5783
90	00:00:09.1	0.50	47.6	2.38	0.1511	198	00:00:19.9	0.50	82.5	4.13	0.5861
91	00:00:09.2	0.50	48.2	2.41	0.1519	199	00:00:20.0	0.50	82.6	4.13	0.5928
92	00:00:09.3	0.50	48.7	2.43	0.1538	200	00:00:20.1	0.50	82.6	4.13	0.6006
93	00:00:09.4	0.50	49.2	2.46	0.1557	201	00:00:20.2	0.50	82.7	4.13	0.6073
94	00:00:09.5	0.50	49.7	2.49	0.1577	202	00:00:20.3	0.50	82.7	4.13	0.6152
95	00:00:09.6	0.50	50.2	2.51	0.1596	203	00:00:20.4	0.50	82.7	4.13	0.6230
96	00:00:09.7	0.50	50.8	2.54	0.1604	204	00:00:20.5	0.50	82.8	4.14	0.6297
97	00:00:09.8	0.50	51.3	2.57	0.1623	205	00:00:20.6	0.50	82.8	4.14	0.6375
98	00:00:09.9	0.50	51.8	2.59	0.1642	206	00:00:20.7	0.50	82.8	4.14	0.6454
99	00:00:10.0	0.50	52.3	2.62	0.1662	207	00:00:20.8	0.50	82.8	4.14	0.6533
100	00:00:10.1	0.50	52.8	2.64	0.1681	208	00:00:20.9	0.50	82.9	4.14	0.6599
101	00:00:10.2	0.50	53.3	2.66	0.1700	209	00:00:21.0	0.50	82.9	4.14	0.6678
102	00:00:10.3	0.50	53.8	2.69	0.1720	210	00:00:21.1	0.50	82.9	4.14	0.6756
103	00:00:10.4	0.50	54.3	2.71	0.1739	211	00:00:21.2	0.50	82.9	4.14	0.6835
104	00:00:10.5	0.50	54.8	2.74	0.1758	212	00:00:21.3	0.50	82.9	4.14	0.6913
105	00:00:10.6	0.50	55.3	2.76	0.1778	213	00:00:21.4	0.50	82.9	4.14	0.6992
106	00:00:10.7	0.50	55.8	2.79	0.1797	214	00:00:21.5	0.50	82.9	4.14	0.7070
107	00:00:10.8	0.50	56.3	2.82	0.1816						
108	00:00:10.9	0.50	56.8	2.84	0.1836	215	00:00:21.6	0.50	83.0	4.15	0.7137

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 29

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:07.0	365.7	0.07	0.4	0.03	0.086	00:54.0	8474	0.54	66.2	5.18	0.612
00:08.0	800	0.08	1	0.08	0.098	00:55.0	8474	0.55	66.2	5.18	0.612
00:09.0	1280	0.09	1.8	0.14	0.11	00:56.0	8461	0.56	66.1	5.17	0.612
00:10.0	1600	0.1	2.5	0.2	0.122	00:57.0	8461	0.57	66.1	5.17	0.612
00:11.0	1978	0.11	3.4	0.27	0.135	00:58.0	8461	0.58	66.1	5.17	0.612
00:12.0	2347	0.12	4.4	0.34	0.147	00:59.0	8461	0.59	66.1	5.17	0.612
00:13.0	2658	0.13	5.4	0.42	0.159	01:00.0	8461	0.6	66.1	5.17	0.612
00:14.0	3017	0.14	6.6	0.52	0.171	01:01.0	8295	0.61	66.1	5.17	0.624
00:15.0	3328	0.15	7.8	0.61	0.183	01:02.0	8295	0.62	66.1	5.17	0.624
00:16.0	3680	0.16	9.2	0.72	0.196	01:03.0	8307	0.63	66.2	5.18	0.624
00:17.0	3991	0.17	10.6	0.83	0.208	01:04.0	8307	0.64	66.2	5.18	0.624
00:18.0	4302	0.18	12.1	0.95	0.22	01:05.0	8320	0.65	66.3	5.19	0.624
00:19.0	4615	0.19	13.7	1.07	0.232	01:06.0	8172	0.66	66.4	5.2	0.636
00:20.0	4896	0.2	15.3	1.2	0.245	01:07.0	8185	0.67	66.5	5.21	0.636
00:21.0	5211	0.21	17.1	1.34	0.257	01:08.0	8209	0.68	66.7	5.22	0.636
00:22.0	5498	0.22	18.9	1.48	0.269	01:09.0	8258	0.69	67.1	5.25	0.636
00:23.0	5788	0.23	20.8	1.63	0.281	01:10.0	8295	0.7	67.4	5.28	0.636
00:24.0	6080	0.24	22.8	1.78	0.294	01:11.0	8187	0.71	67.8	5.31	0.648
00:25.0	6374	0.25	24.9	1.95	0.306	01:12.0	8223	0.72	68.1	5.33	0.648
00:26.0	6646	0.26	27	2.11	0.318	01:13.0	8260	0.73	68.4	5.35	0.648
00:27.0	6921	0.27	29.2	2.29	0.33	01:14.0	8284	0.74	68.6	5.37	0.648
00:28.0	7200	0.28	31.5	2.47	0.342	01:15.0	8320	0.75	68.9	5.39	0.648
00:29.0	7459	0.29	33.8	2.65	0.355	01:16.0	8190	0.76	69.1	5.41	0.66
00:30.0	7701	0.3	36.1	2.83	0.367	01:17.0	8213	0.77	69.3	5.42	0.66
00:31.0	7948	0.31	38.5	3.01	0.379	01:18.0	8249	0.78	69.6	5.45	0.66
00:32.0	8140	0.32	40.7	3.19	0.391	01:19.0	8273	0.79	69.8	5.46	0.66
00:33.0	8301	0.33	42.8	3.35	0.404	01:20.0	8308	0.8	70.1	5.49	0.66
00:34.0	8433	0.34	44.8	3.51	0.416	01:21.0	8192	0.81	70.4	5.51	0.673
00:35.0	8847	0.35	47	3.68	0.416	01:22.0	8204	0.82	70.5	5.52	0.673
00:36.0	8764	0.36	49.3	3.86	0.44	01:23.0	8215	0.83	70.6	5.53	0.673
00:37.0	8960	0.37	51.8	4.05	0.453	01:24.0	8239	0.84	70.8	5.54	0.673
00:38.0	9145	0.38	54.3	4.25	0.465	01:25.0	8250	0.85	70.9	5.55	0.673
00:39.0	9549	0.39	56.7	4.44	0.465	01:26.0	8273	0.86	71.1	5.57	0.673
00:40.0	9666	0.4	58.9	4.61	0.477	01:27.0	8285	0.87	71.2	5.57	0.673
00:41.0	9760	0.41	61	4.77	0.489	01:28.0	8308	0.88	71.4	5.59	0.673
00:42.0	9834	0.42	63	4.93	0.501	01:29.0	8320	0.89	71.5	5.6	0.673
00:43.0	9844	0.43	64.6	5.06	0.514	01:30.0	8343	0.9	71.7	5.61	0.673

00:44.0	9808	0.44	65.9	5.16	0.526	01:31.0	8378	0.91	72	5.64	0.673
00:45.0	9760	0.45	67.1	5.25	0.538	01:32.0	8425	0.92	72.4	5.67	0.673
00:46.0	9657	0.46	67.9	5.31	0.55	01:33.0	8471	0.93	72.8	5.7	0.673
00:47.0	9586	0.47	68.9	5.39	0.563	01:34.0	8518	0.94	73.2	5.73	0.673
00:48.0	9355	0.48	68.7	5.38	0.575	01:35.0	8576	0.95	73.7	5.77	0.673
00:49.0	9040	0.49	67.8	5.31	0.587	01:36.0	8599	0.96	73.9	5.78	0.673
00:50.0	8725	0.5	66.8	5.23	0.599	01:37.0	8634	0.97	74.2	5.81	0.673
00:51.0	8486	0.51	66.3	5.19	0.612	01:38.0	8669	0.98	74.5	5.83	0.673
00:52.0	8486	0.52	66.3	5.19	0.612	01:39.0	8704	0.99	74.8	5.85	0.673
00:53.0	8474	0.53	66.2	5.18	0.612	01:40.0	8739	1	75.1	5.88	0.673

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 30

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T7)

Ptc	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.3	0.50	0.2	0.01	0.0149	64	00:00:12.9	0.50	48.4	2.42	0.1699
2	00:00:00.5	0.50	0.4	0.02	0.0241	65	00:00:13.1	0.50	49.1	2.45	0.1731
3	00:00:00.7	0.50	0.8	0.04	0.0308	66	00:00:13.3	0.50	49.8	2.49	0.1764
4	00:00:00.9	0.50	1.4	0.07	0.0353	67	00:00:13.5	0.50	50.5	2.53	0.1796
5	00:00:01.1	0.50	2.0	0.10	0.0397	68	00:00:13.7	0.50	51.2	2.56	0.1828
6	00:00:01.3	0.50	2.8	0.14	0.0417	69	00:00:13.9	0.50	51.8	2.59	0.1873
7	00:00:01.5	0.50	3.6	0.18	0.0438	70	00:00:14.1	0.50	52.5	2.63	0.1905
8	00:00:01.7	0.50	4.4	0.22	0.0458	71	00:00:14.3	0.50	53.2	2.66	0.1937
9	00:00:01.9	0.50	5.3	0.27	0.0467	72	00:00:14.5	0.50	53.8	2.69	0.1981
10	00:00:02.1	0.50	6.2	0.31	0.0475	73	00:00:14.7	0.50	54.5	2.72	0.2014
11	00:00:02.3	0.50	7.0	0.35	0.0496	74	00:00:14.9	0.50	55.1	2.75	0.2058
12	00:00:02.5	0.50	7.9	0.40	0.0505	75	00:00:15.1	0.50	55.8	2.79	0.2090
13	00:00:02.7	0.50	8.8	0.44	0.0513	76	00:00:15.3	0.50	56.4	2.82	0.2134
14	00:00:02.9	0.50	9.6	0.48	0.0534	77	00:00:15.5	0.50	57.0	2.85	0.2178
15	00:00:03.1	0.50	10.5	0.52	0.0542	78	00:00:15.7	0.50	57.7	2.88	0.2211
16	00:00:03.3	0.50	11.4	0.57	0.0551	79	00:00:15.9	0.50	58.3	2.91	0.2255
17	00:00:03.5	0.50	12.2	0.61	0.0571	80	00:00:16.1	0.50	58.8	2.94	0.2311
18	00:00:03.7	0.50	13.1	0.66	0.0580	81	00:00:16.3	0.50	59.4	2.97	0.2355
19	00:00:03.9	0.50	13.9	0.69	0.0600	82	00:00:16.5	0.50	60.0	3.00	0.2399
20	00:00:04.1	0.50	14.8	0.74	0.0609	83	00:00:16.7	0.50	60.6	3.03	0.2443
21	00:00:04.3	0.50	15.6	0.78	0.0630	84	00:00:16.9	0.50	61.2	3.06	0.2487
22	00:00:04.5	0.50	16.4	0.82	0.0650	85	00:00:17.1	0.50	61.7	3.09	0.2543
23	00:00:04.7	0.50	17.3	0.86	0.0659	86	00:00:17.3	0.50	62.2	3.11	0.2599
24	00:00:04.9	0.50	18.1	0.91	0.0679	87	00:00:17.5	0.50	62.8	3.14	0.2644
25	00:00:05.1	0.50	18.9	0.94	0.0700	88	00:00:17.7	0.50	63.3	3.16	0.2700

26	00:00:05.3	0.50	19.7	0.99	0.0720	89	00:00:17.9	0.50	63.8	3.19	0.2756
27	00:00:05.5	0.50	20.5	1.02	0.0741	90	00:00:18.1	0.50	64.3	3.22	0.2812
28	00:00:05.7	0.50	21.3	1.06	0.0761	91	00:00:18.3	0.50	64.8	3.24	0.2868
29	00:00:05.9	0.50	22.1	1.11	0.0781	92	00:00:18.5	0.50	65.3	3.27	0.2924
30	00:00:06.1	0.50	22.9	1.14	0.0802	93	00:00:18.7	0.50	65.7	3.28	0.2991
31	00:00:06.3	0.50	23.7	1.19	0.0822	94	00:00:18.9	0.50	66.2	3.31	0.3047
32	00:00:06.5	0.50	24.5	1.23	0.0843	95	00:00:19.1	0.50	66.6	3.33	0.3115
33	00:00:06.7	0.50	25.3	1.26	0.0863	96	00:00:19.3	0.50	67.0	3.35	0.3183
34	00:00:06.9	0.50	26.1	1.31	0.0884	97	00:00:19.5	0.50	67.4	3.37	0.3251
35	00:00:07.1	0.50	26.9	1.35	0.0904	98	00:00:19.7	0.50	67.8	3.39	0.3319
36	00:00:07.3	0.50	27.6	1.38	0.0937	99	00:00:19.9	0.50	68.2	3.41	0.3387
37	00:00:07.5	0.50	28.4	1.42	0.0957	100	00:00:20.1	0.50	68.5	3.42	0.3466
38	00:00:07.7	0.50	29.2	1.46	0.0978	101	00:00:20.3	0.50	68.9	3.45	0.3534
39	00:00:07.9	0.50	30.0	1.50	0.0998	102	00:00:20.5	0.50	69.2	3.46	0.3614
40	00:00:08.1	0.50	30.7	1.54	0.1030	103	00:00:20.7	0.50	69.5	3.47	0.3693
41	00:00:08.3	0.50	31.5	1.58	0.1051	104	00:00:20.9	0.50	69.8	3.49	0.3773
42	00:00:08.5	0.50	32.3	1.62	0.1071	105	00:00:21.1	0.50	70.1	3.50	0.3853
43	00:00:08.7	0.50	33.0	1.65	0.1104	106	00:00:21.3	0.50	70.4	3.52	0.3932
44	00:00:08.9	0.50	33.8	1.69	0.1124	107	00:00:21.5	0.50	70.6	3.53	0.4024
45	00:00:09.1	0.50	34.5	1.73	0.1156	108	00:00:21.7	0.50	70.9	3.55	0.4104
46	00:00:09.3	0.50	35.3	1.76	0.1177	109	00:00:21.9	0.50	71.1	3.55	0.4195
47	00:00:09.5	0.50	36.0	1.80	0.1209	110	00:00:22.1	0.50	71.3	3.57	0.4287
48	00:00:09.7	0.50	36.8	1.84	0.1230	111	00:00:22.3	0.50	71.5	3.58	0.4378
49	00:00:09.9	0.50	37.5	1.88	0.1262	112	00:00:22.5	0.50	71.7	3.58	0.4470
50	00:00:10.1	0.50	38.3	1.91	0.1282	113	00:00:22.7	0.50	71.8	3.59	0.4573
51	00:00:10.3	0.50	39.0	1.95	0.1315	114	00:00:22.9	0.50	72.0	3.60	0.4664
52	00:00:10.5	0.50	39.8	1.99	0.1335	115	00:00:23.1	0.50	72.1	3.61	0.4768
53	00:00:10.7	0.50	40.5	2.03	0.1368	116	00:00:23.3	0.50	72.2	3.61	0.4871
54	00:00:10.9	0.50	41.3	2.07	0.1388	117	00:00:23.5	0.50	72.3	3.62	0.4975
55	00:00:11.1	0.50	42.0	2.10	0.1420	118	00:00:23.7	0.50	72.4	3.62	0.5078
56	00:00:11.3	0.50	42.7	2.13	0.1453	119	00:00:23.9	0.50	72.5	3.63	0.5181
57	00:00:11.5	0.50	43.5	2.17	0.1473	120	00:00:24.1	0.50	72.5	3.63	0.5296
58	00:00:11.7	0.50	44.2	2.21	0.1505	121	00:00:24.3	0.50	72.6	3.63	0.5400
59	00:00:11.9	0.50	44.9	2.25	0.1538	122	00:00:24.5	0.50	72.6	3.63	0.5515
60	00:00:12.1	0.50	45.6	2.28	0.1570	123	00:00:24.7	0.50	72.7	3.63	0.5618
61	00:00:12.3	0.50	46.3	2.32	0.1602	124	00:00:24.9	0.50	72.7	3.63	0.5734
62	00:00:12.5	0.50	47.0	2.35	0.1635	125	00:00:25.1	0.50	72.7	3.63	0.5849
63	00:00:12.7	0.50	47.7	2.38	0.1667	126	00:00:25.3	0.50	72.7	3.63	0.5964

Nota. Pto.: Punto de medición; **Tiempo:** hh:mm:ss; **Vel.:** Velocidad (RPM); **Par.:** Torque (%).

Tabla 31

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:08.0	80	0.08	0.1	0.01	0.098	00:54.0	2441	0.54	50.6	1.61	0.66
00:09.0	640	0.09	0.9	0.07	0.11	00:55.0	2420	0.55	50.8	1.63	0.673
00:10.0	1088	0.1	1.7	0.13	0.122	00:56.0	2411	0.56	51.1	1.65	0.685
00:11.0	1455	0.11	2.5	0.2	0.135	00:57.0	2392	0.57	51.3	1.67	0.697
00:12.0	1813	0.12	3.4	0.27	0.147	00:58.0	2372	0.58	51.5	1.68	0.709
00:13.0	2117	0.13	4.3	0.34	0.159	00:59.0	2365	0.59	51.8	1.71	0.722
00:14.0	2377	0.14	5.2	0.41	0.171	01:00.0	2336	0.6	51.9	1.71	0.734
00:15.0	2560	0.15	6	0.47	0.183	01:01.0	2308	0.61	52	1.72	0.746
00:16.0	2760	0.16	6.9	0.54	0.196	01:02.0	2302	0.62	52.3	1.75	0.758
00:17.0	2899	0.17	7.7	0.6	0.208	01:03.0	2286	0.63	52.5	1.76	0.77
00:18.0	3058	0.18	8.6	0.67	0.22	01:04.0	2235	0.64	52.7	1.78	0.795
00:19.0	3166	0.19	9.4	0.74	0.232	01:05.0	2221	0.65	52.9	1.79	0.807
00:20.0	3296	0.2	10.3	0.81	0.245	01:06.0	2207	0.66	53.1	1.81	0.819
00:21.0	3444	0.21	11.3	0.88	0.257	01:07.0	2184	0.67	53.2	1.82	0.832
00:22.0	3520	0.22	12.1	0.95	0.269	01:08.0	2170	0.68	53.4	1.83	0.844
00:23.0	3617	0.23	13	1.02	0.281	01:09.0	2149	0.69	53.5	1.84	0.856
00:24.0	3653	0.24	13.7	1.07	0.294	01:10.0	2118	0.7	53.5	1.84	0.868
00:25.0	3661	0.25	14.3	1.12	0.306	01:11.0	2127	0.71	53.6	1.85	0.868
00:26.0	3643	0.26	14.8	1.16	0.318	01:12.0	2116	0.72	53.8	1.86	0.881
00:27.0	3650	0.27	15.4	1.21	0.33	01:13.0	2095	0.73	53.9	1.87	0.893
00:28.0	3611	0.28	15.8	1.24	0.342	01:14.0	2095	0.74	53.9	1.87	0.893
00:29.0	3553	0.29	26.1	1.26	0.355	01:15.0	2084	0.75	54.1	1.89	0.905
00:30.0	3499	0.3	26.4	1.28	0.367	01:16.0	2065	0.76	54.2	1.89	0.917
00:31.0	3448	0.31	26.5	1.31	0.379	01:17.0	2055	0.77	54.4	1.91	0.929
00:32.0	3400	0.32	27	1.33	0.391	01:18.0	2018	0.78	54.6	1.93	0.954
00:33.0	3336	0.33	27.2	1.35	0.404	01:19.0	2035	0.79	54.8	1.94	0.954
00:34.0	3294	0.34	27.5	1.37	0.416	01:20.0	2025	0.8	55	1.96	0.966
00:35.0	3218	0.35	27.6	1.38	0.428	01:21.0	1991	0.81	55.2	1.97	0.991
00:36.0	3164	0.36	27.9	1.39	0.44	01:22.0	1967	0.82	55.2	1.97	1.003
00:37.0	3114	0.37	38	1.41	0.453	01:23.0	1943	0.83	55.2	1.97	1.015
00:38.0	3065	0.38	38.2	1.42	0.465	01:24.0	1920	0.84	55.2	1.97	1.027
00:39.0	3019	0.39	38.4	1.44	0.477	01:25.0	1897	0.85	55.2	1.97	1.04
00:40.0	2976	0.4	38.7	1.46	0.489	01:26.0	1897	0.86	55.2	1.97	1.04
00:41.0	2919	0.41	48.7	1.46	0.501	01:27.0	1890	0.87	55.4	1.99	1.052
00:42.0	2880	0.42	48.9	1.48	0.514	01:28.0	1876	0.88	55.5	2	1.064
00:43.0	2843	0.43	49.1	1.49	0.526	01:29.0	1862	0.89	55.6	2	1.076
00:44.0	2793	0.44	49.2	1.5	0.538	01:30.0	1848	0.9	55.7	2.01	1.088

00:45.0	2745	0.45	49.3	1.51	0.55	01:31.0	1835	0.91	55.8	2.02	1.101
00:46.0	2713	0.46	49.5	1.53	0.563	01:32.0	1842	0.92	55.9	2.03	1.101
00:47.0	2669	0.47	49.6	1.53	0.575	01:33.0	1823	0.93	56.2	2.05	1.125
00:48.0	2640	0.48	49.9	1.55	0.587	01:34.0	1803	0.94	56.2	2.05	1.137
00:49.0	2612	0.49	50	1.57	0.599	01:35.0	1797	0.95	56.4	2.07	1.15
00:50.0	2573	0.5	50.1	1.57	0.612	01:36.0	1785	0.96	56.5	2.07	1.162
00:51.0	2547	0.51	50.3	1.59	0.624	01:37.0	1785	0.97	56.5	2.07	1.162
00:52.0	2511	0.52	50.4	1.6	0.636	01:38.0	1785	0.98	56.5	2.07	1.162
00:53.0	2475	0.53	50.5	1.6	0.648	01:39.0	1785	0.99	56.5	2.07	1.162
						01:40.0	1785	1	56.5	2.07	1.162

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 32

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 1.5 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T8)

Ptc	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.3	0.50	1.1	0.05	0.0058	60	00:00:12.1	0.50	51.6	2.58	0.1493
2	00:00:00.5	0.50	1.2	0.06	0.0172	61	00:00:12.3	0.50	52.4	2.62	0.1524
3	00:00:00.7	0.50	1.6	0.08	0.0250	62	00:00:12.5	0.50	53.1	2.65	0.1567
4	00:00:00.9	0.50	2.2	0.11	0.0305	63	00:00:12.7	0.50	53.9	2.70	0.1598
5	00:00:01.1	0.50	2.9	0.15	0.0348	64	00:00:12.9	0.50	54.6	2.73	0.1641
6	00:00:01.3	0.50	3.7	0.19	0.0379	65	00:00:13.1	0.50	55.4	2.77	0.1671
7	00:00:01.5	0.50	4.6	0.23	0.0398	66	00:00:13.3	0.50	56.1	2.80	0.1714
8	00:00:01.7	0.50	5.6	0.28	0.0405	67	00:00:13.5	0.50	56.8	2.84	0.1757
9	00:00:01.9	0.50	6.5	0.32	0.0424	68	00:00:13.7	0.50	57.5	2.88	0.1800
10	00:00:02.1	0.50	7.4	0.37	0.0443	69	00:00:13.9	0.50	58.2	2.91	0.1843
11	00:00:02.3	0.50	8.4	0.42	0.0451	70	00:00:14.1	0.50	58.9	2.95	0.1885
12	00:00:02.5	0.50	9.4	0.47	0.0458	71	00:00:14.3	0.50	59.6	2.98	0.1928
13	00:00:02.7	0.50	10.3	0.51	0.0477	72	00:00:14.5	0.50	60.3	3.01	0.1971
14	00:00:02.9	0.50	11.3	0.56	0.0484	73	00:00:14.7	0.50	60.9	3.05	0.2026
15	00:00:03.1	0.50	12.3	0.62	0.0491	74	00:00:14.9	0.50	61.6	3.08	0.2068
16	00:00:03.3	0.50	13.2	0.66	0.0511	75	00:00:15.1	0.50	62.2	3.11	0.2123
17	00:00:03.5	0.50	14.2	0.71	0.0518	76	00:00:15.3	0.50	62.8	3.14	0.2178
18	00:00:03.7	0.50	15.1	0.75	0.0537	77	00:00:15.5	0.50	63.4	3.17	0.2232
19	00:00:03.9	0.50	16.1	0.81	0.0544	78	00:00:15.7	0.50	64.0	3.20	0.2287
20	00:00:04.1	0.50	17.0	0.85	0.0563	79	00:00:15.9	0.50	64.5	3.22	0.2353
21	00:00:04.3	0.50	18.0	0.90	0.0571	80	00:00:16.1	0.50	65.1	3.25	0.2408
22	00:00:04.5	0.50	18.9	0.94	0.0590	81	00:00:16.3	0.50	65.6	3.28	0.2474
23	00:00:04.7	0.50	19.8	0.99	0.0609	82	00:00:16.5	0.50	66.1	3.30	0.2541
24	00:00:04.9	0.50	20.7	1.04	0.0628	83	00:00:16.7	0.50	66.6	3.33	0.2607
25	00:00:05.1	0.50	21.6	1.08	0.0647	84	00:00:16.9	0.50	67.1	3.36	0.2674

26	00:00:05.3	0.50	22.5	1.13	0.0666	85	00:00:17.1	0.50	67.5	3.38	0.2752
27	00:00:05.5	0.50	23.5	1.17	0.0673	86	00:00:17.3	0.50	68.0	3.40	0.2819
28	00:00:05.7	0.50	24.4	1.22	0.0692	87	00:00:17.5	0.50	68.4	3.42	0.2897
29	00:00:05.9	0.50	25.3	1.26	0.0712	88	00:00:17.7	0.50	68.8	3.44	0.2975
30	00:00:06.1	0.50	26.2	1.31	0.0731	89	00:00:17.9	0.50	69.2	3.46	0.3053
31	00:00:06.3	0.50	27.1	1.36	0.0750	90	00:00:18.1	0.50	69.5	3.47	0.3144
32	00:00:06.5	0.50	28.0	1.40	0.0769	91	00:00:18.3	0.50	69.9	3.50	0.3222
33	00:00:06.7	0.50	28.9	1.44	0.0788	92	00:00:18.5	0.50	70.2	3.51	0.3312
34	00:00:06.9	0.50	29.7	1.49	0.0819	93	00:00:18.7	0.50	70.5	3.53	0.3402
35	00:00:07.1	0.50	30.6	1.53	0.0838	94	00:00:18.9	0.50	70.8	3.54	0.3492
36	00:00:07.3	0.50	31.5	1.58	0.0857	95	00:00:19.1	0.50	71.1	3.55	0.3582
37	00:00:07.5	0.50	32.4	1.62	0.0876	96	00:00:19.3	0.50	71.3	3.57	0.3684
38	00:00:07.7	0.50	33.3	1.66	0.0895	97	00:00:19.5	0.50	71.6	3.58	0.3775
39	00:00:07.9	0.50	34.1	1.70	0.0926	98	00:00:19.7	0.50	71.8	3.59	0.3877
40	00:00:08.1	0.50	35.0	1.75	0.0945	99	00:00:19.9	0.50	72.0	3.60	0.3979
41	00:00:08.3	0.50	35.9	1.80	0.0964	100	00:00:20.1	0.50	72.1	3.61	0.4092
42	00:00:08.5	0.50	36.7	1.84	0.0995	101	00:00:20.3	0.50	72.3	3.62	0.4194
43	00:00:08.7	0.50	37.6	1.88	0.1014	102	00:00:20.5	0.50	72.5	3.63	0.4296
44	00:00:08.9	0.50	38.5	1.92	0.1034	103	00:00:20.7	0.50	72.6	3.63	0.4410
45	00:00:09.1	0.50	39.3	1.96	0.1064	104	00:00:20.9	0.50	72.7	3.63	0.4524
46	00:00:09.3	0.50	40.2	2.01	0.1084	105	00:00:21.1	0.50	72.8	3.64	0.4638
47	00:00:09.5	0.50	41.0	2.05	0.1115	106	00:00:21.3	0.50	72.9	3.64	0.4752
48	00:00:09.7	0.50	41.9	2.10	0.1134	107	00:00:21.5	0.50	73.0	3.65	0.4865
49	00:00:09.9	0.50	42.7	2.13	0.1165	108	00:00:21.7	0.50	73.1	3.65	0.4979
50	00:00:10.1	0.50	43.5	2.17	0.1196	109	00:00:21.9	0.50	73.2	3.66	0.5093
51	00:00:10.3	0.50	44.4	2.22	0.1215	110	00:00:22.1	0.50	73.2	3.66	0.5219
52	00:00:10.5	0.50	45.2	2.26	0.1246	111	00:00:22.3	0.50	73.3	3.67	0.5333
53	00:00:10.7	0.50	46.0	2.30	0.1276	112	00:00:22.5	0.50	73.3	3.67	0.5458
54	00:00:10.9	0.50	46.8	2.34	0.1307	113	00:00:22.7	0.50	73.3	3.67	0.5584
55	00:00:11.1	0.50	47.6	2.38	0.1338	114	00:00:22.9	0.50	73.3	3.67	0.5710
56	00:00:11.3	0.50	48.4	2.42	0.1369	115	00:00:23.1	0.50	73.3	3.67	0.5835
57	00:00:11.5	0.50	49.2	2.46	0.1400	116	00:00:23.3	0.50	73.3	3.67	0.5961
58	00:00:11.7	0.50	50.0	2.50	0.1431	117	00:00:23.5	0.50	73.3	3.67	0.6087
59	00:00:11.9	0.50	50.8	2.54	0.1462	118	00:00:23.7	0.50	73.3	3.67	0.6212

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 33

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible con 2 % de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:12.0	4343	0.12	11.6	0.05	0.147	00:33.0	3398	0.33	32.6	1.61	0.404

00:13.0	4338	0.13	12.6	0.13	0.159	00:34.0	3364	0.34	33.6	1.63	0.416
00:14.0	4332	0.14	13.6	0.21	0.171	00:35.0	3328	0.35	34.6	1.64	0.428
00:15.0	4281	0.15	14.6	0.3	0.183	00:36.0	3316	0.36	35.6	1.66	0.44
00:16.0	4250	0.16	15.6	0.4	0.196	00:37.0	3257	0.37	36.6	1.68	0.453
00:17.0	4224	0.17	16.6	0.51	0.208	00:38.0	3228	0.38	37.6	1.69	0.465
00:18.0	4150	0.18	17.6	0.62	0.22	00:39.0	3200	0.39	38.6	1.71	0.477
00:19.0	4133	0.19	18.6	0.71	0.232	00:40.0	3147	0.4	39.6	1.71	0.489
00:20.0	4080	0.2	19.6	0.81	0.245	00:41.0	3109	0.41	40.6	1.73	0.501
00:21.0	3995	0.21	20.6	0.92	0.257	00:42.0	3065	0.42	41.6	1.75	0.514
00:22.0	3979	0.22	21.6	1.03	0.269	00:43.0	3059	0.43	42.6	1.77	0.526
00:23.0	3915	0.23	22.6	1.12	0.281	00:44.0	3012	0.44	43.6	1.78	0.538
00:24.0	3840	0.24	23.6	1.21	0.294	00:45.0	2942	0.45	44.6	1.79	0.55
00:25.0	3811	0.25	24.6	1.3	0.306	00:46.0	2886	0.46	45.6	1.82	0.563
00:26.0	3769	0.26	25.6	1.38	0.318	00:47.0	2809	0.47	46.6	1.84	0.575
00:27.0	3702	0.27	26.6	1.43	0.33	00:48.0	2447	0.48	47.6	1.85	0.587
00:28.0	3638	0.28	27.6	1.49	0.342	00:49.0	2040	0.49	48.6	1.86	0.599
00:29.0	3596	0.29	28.6	1.52	0.355	00:50.0	1621	0.5	49.6	1.87	0.612
00:30.0	3577	0.3	29.6	1.55	0.367	00:51.0	1234	0.51	50.6	1.88	0.624
00:31.0	3504	0.31	30.6	1.57	0.379	00:52.0	788	0.52	51.6	1.87	0.636
00:32.0	3450	0.32	31.6	1.6	0.391	00:53.0	320	0.53	52.6	1.87	0.648

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 34

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible con 2% de residuos de manzana deshidratada a 20 °C (T9)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.3	0.50	2.8	0.14	0	67	00:00:13.5	0.50	59.2	2.96	0.1473
2	00:00:00.5	0.50	3.1	0.16	0.0002	68	00:00:13.7	0.50	59.9	3.00	0.1516
3	00:00:00.7	0.50	3.7	0.19	0.0012	69	00:00:13.9	0.50	60.7	3.04	0.1547
4	00:00:00.9	0.50	4.3	0.22	0.0056	70	00:00:14.1	0.50	61.4	3.07	0.1589
5	00:00:01.1	0.50	5.2	0.26	0.0075	71	00:00:14.3	0.50	62.1	3.11	0.1632
6	00:00:01.3	0.50	6.0	0.30	0.0106	72	00:00:14.5	0.50	62.8	3.14	0.1675
7	00:00:01.5	0.50	6.9	0.34	0.0126	73	00:00:14.7	0.50	63.5	3.17	0.1718
8	00:00:01.7	0.50	7.9	0.40	0.0133	74	00:00:14.9	0.50	64.2	3.21	0.1761
9	00:00:01.9	0.50	8.8	0.44	0.0152	75	00:00:15.1	0.50	64.9	3.25	0.1803
10	00:00:02.1	0.50	9.8	0.49	0.0159	76	00:00:15.3	0.50	65.6	3.28	0.1846
11	00:00:02.3	0.50	10.7	0.53	0.0178	77	00:00:15.5	0.50	66.2	3.31	0.1901
12	00:00:02.5	0.50	11.7	0.58	0.0185	78	00:00:15.7	0.50	66.9	3.35	0.1943
13	00:00:02.7	0.50	12.7	0.63	0.0193	79	00:00:15.9	0.50	67.5	3.38	0.1998
14	00:00:02.9	0.50	13.6	0.68	0.0212	80	00:00:16.1	0.50	68.2	3.41	0.2041
15	00:00:03.1	0.50	14.6	0.73	0.0219	81	00:00:16.3	0.50	68.8	3.44	0.2096

16	00:00:03.3	0.50	15.5	0.77	0.0238	82	00:00:16.5	0.50	69.4	3.47	0.2150
17	00:00:03.5	0.50	16.5	0.82	0.0245	83	00:00:16.7	0.50	69.9	3.50	0.2217
18	00:00:03.7	0.50	17.4	0.87	0.0265	84	00:00:16.9	0.50	70.5	3.53	0.2271
19	00:00:03.9	0.50	18.4	0.92	0.0272	85	00:00:17.1	0.50	71.1	3.55	0.2326
20	00:00:04.1	0.50	19.3	0.96	0.0291	86	00:00:17.3	0.50	71.6	3.58	0.2392
21	00:00:04.3	0.50	20.2	1.01	0.0310	87	00:00:17.5	0.50	72.2	3.61	0.2447
22	00:00:04.5	0.50	21.1	1.06	0.0329	88	00:00:17.7	0.50	72.7	3.63	0.2513
23	00:00:04.7	0.50	22.1	1.11	0.0336	89	00:00:17.9	0.50	73.2	3.66	0.2580
24	00:00:04.9	0.50	23.0	1.15	0.0356	90	00:00:18.1	0.50	73.7	3.68	0.2646
25	00:00:05.1	0.50	23.9	1.19	0.0375	91	00:00:18.3	0.50	74.1	3.70	0.2725
26	00:00:05.3	0.50	24.8	1.24	0.0394	92	00:00:18.5	0.50	74.6	3.73	0.2791
27	00:00:05.5	0.50	25.7	1.29	0.0413	93	00:00:18.7	0.50	75.0	3.75	0.2869
28	00:00:05.7	0.50	26.6	1.33	0.0432	94	00:00:18.9	0.50	75.5	3.78	0.2936
29	00:00:05.9	0.50	27.5	1.38	0.0451	95	00:00:19.1	0.50	75.9	3.80	0.3014
30	00:00:06.1	0.50	28.4	1.42	0.0470	96	00:00:19.3	0.50	76.3	3.82	0.3092
31	00:00:06.3	0.50	29.3	1.46	0.0489	97	00:00:19.5	0.50	76.6	3.83	0.3183
32	00:00:06.5	0.50	30.2	1.51	0.0508	98	00:00:19.7	0.50	77.0	3.85	0.3261
33	00:00:06.7	0.50	31.1	1.56	0.0527	99	00:00:19.9	0.50	77.3	3.87	0.3351
34	00:00:06.9	0.50	32.0	1.60	0.0547	100	00:00:20.1	0.50	77.7	3.88	0.3429
35	00:00:07.1	0.50	32.8	1.64	0.0577	101	00:00:20.3	0.50	78.0	3.90	0.3519
36	00:00:07.3	0.50	33.7	1.69	0.0597	102	00:00:20.5	0.50	78.3	3.92	0.3610
37	00:00:07.5	0.50	34.6	1.73	0.0616	103	00:00:20.7	0.50	78.6	3.93	0.3700
38	00:00:07.7	0.50	35.4	1.77	0.0647	104	00:00:20.9	0.50	78.8	3.94	0.3802
39	00:00:07.9	0.50	36.3	1.81	0.0666	105	00:00:21.1	0.50	79.1	3.95	0.3892
40	00:00:08.1	0.50	37.2	1.86	0.0685	106	00:00:21.3	0.50	79.3	3.97	0.3994
41	00:00:08.3	0.50	38.0	1.90	0.0716	107	00:00:21.5	0.50	79.6	3.98	0.4084
42	00:00:08.5	0.50	38.9	1.95	0.0735	108	00:00:21.7	0.50	79.8	3.99	0.4186
43	00:00:08.7	0.50	39.8	1.99	0.0754	109	00:00:21.9	0.50	80.0	4.00	0.4288
44	00:00:08.9	0.50	40.6	2.03	0.0785	110	00:00:22.1	0.50	80.2	4.01	0.4390
45	00:00:09.1	0.50	41.5	2.08	0.0804	111	00:00:22.3	0.50	80.4	4.02	0.4492
46	00:00:09.3	0.50	42.3	2.12	0.0835	112	00:00:22.5	0.50	80.5	4.03	0.4606
47	00:00:09.5	0.50	43.2	2.16	0.0854	113	00:00:22.7	0.50	80.7	4.03	0.4708
48	00:00:09.7	0.50	44.0	2.20	0.0885	114	00:00:22.9	0.50	80.8	4.04	0.4822
49	00:00:09.9	0.50	44.8	2.24	0.0916	115	00:00:23.1	0.50	80.9	4.05	0.4935
50	00:00:10.1	0.50	45.7	2.29	0.0935	116	00:00:23.3	0.50	81.1	4.05	0.5037
51	00:00:10.3	0.50	46.5	2.33	0.0966	117	00:00:23.5	0.50	81.2	4.06	0.5151
52	00:00:10.5	0.50	47.3	2.37	0.0997	118	00:00:23.7	0.50	81.3	4.07	0.5265
53	00:00:10.7	0.50	48.2	2.41	0.1016	119	00:00:23.9	0.50	81.4	4.07	0.5379
54	00:00:10.9	0.50	49.0	2.45	0.1047	120	00:00:24.1	0.50	81.5	4.07	0.5493
55	00:00:11.1	0.50	49.8	2.49	0.1078	121	00:00:24.3	0.50	81.6	4.08	0.5607
56	00:00:11.3	0.50	50.6	2.53	0.1109	122	00:00:24.5	0.50	81.6	4.08	0.5732
57	00:00:11.5	0.50	51.4	2.57	0.1140	123	00:00:24.7	0.50	81.7	4.09	0.5846
58	00:00:11.7	0.50	52.2	2.61	0.1171	124	00:00:24.9	0.50	81.8	4.09	0.5960

59	00:00:11.9	0.50	53.0	2.65	0.1202	125	00:00:25.1	0.50	81.8	4.09	0.6085
60	00:00:12.1	0.50	53.8	2.69	0.1233	126	00:00:25.3	0.50	81.9	4.10	0.6199
61	00:00:12.3	0.50	54.6	2.73	0.1264	127	00:00:25.5	0.50	81.9	4.10	0.6325
62	00:00:12.5	0.50	55.4	2.77	0.1294	128	00:00:25.7	0.50	82.0	4.10	0.6439
63	00:00:12.7	0.50	56.2	2.81	0.1325	129	00:00:25.9	0.50	82.0	4.10	0.6564
64	00:00:12.9	0.50	56.9	2.85	0.1368	130	00:00:26.1	0.50	82.1	4.11	0.6678
65	00:00:13.1	0.50	57.7	2.88	0.1399	131	00:00:26.3	0.50	82.1	4.11	0.6804
66	00:00:13.3	0.50	58.5	2.92	0.1430	132	00:00:26.5	0.50	82.1	4.11	0.6930
						133	00:00:26.7	0.50	82.1	4.11	0.7055

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Tabla 35

Datos experimentales del perfil reológico del yogurt bebible recién elaborado, testigo (T10)

Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.	Tiempo	V.	Vel.	Par	S.S.	S.R.
00:07.0	91.43	0.07	0.1	0.01	0.086	00:50.0	7718	0.50	60.3	4.72	0.612
00:08.0	560.0	0.08	0.7	0.05	0.098	00:51.0	7467	0.51	59.5	4.66	0.624
00:09.0	1067	0.09	1.5	0.12	0.110	00:52.0	7458	0.52	60.6	4.74	0.636
00:10.0	1472	0.10	2.3	0.18	0.122	00:53.0	7451	0.53	61.7	4.83	0.648
00:11.0	1920	0.11	3.3	0.26	0.135	00:54.0	7455	0.54	62.9	4.92	0.660
00:12.0	2347	0.12	4.4	0.34	0.147	00:55.0	7261	0.55	62.4	4.88	0.673
00:13.0	2708	0.13	5.5	0.43	0.159	00:56.0	7261	0.56	62.4	4.88	0.673
00:14.0	3109	0.14	6.8	0.53	0.171	00:57.0	7284	0.57	62.6	4.90	0.673
00:15.0	3541	0.15	8.3	0.65	0.183	00:58.0	7331	0.58	63.0	4.93	0.673
00:16.0	3840	0.16	9.6	0.75	0.196	00:59.0	7389	0.59	63.5	4.97	0.673
00:17.0	4179	0.17	11.1	0.87	0.208	01:00.0	7447	0.60	64.0	5.01	0.673
00:18.0	4551	0.18	12.8	1.00	0.220	01:01.0	7494	0.61	64.4	5.04	0.673
00:19.0	4851	0.19	14.4	1.13	0.232	01:02.0	7552	0.62	64.9	5.08	0.673
00:20.0	5152	0.20	16.1	1.26	0.245	01:03.0	7599	0.63	65.3	5.11	0.673
00:21.0	5516	0.21	18.1	1.42	0.257	01:04.0	7668	0.64	65.9	5.16	0.673
00:22.0	5789	0.22	19.9	1.56	0.269	01:05.0	7715	0.65	66.3	5.19	0.673
00:23.0	6094	0.23	21.9	1.71	0.281	01:06.0	7750	0.66	66.6	5.21	0.673
00:24.0	6427	0.24	24.1	1.89	0.294	01:07.0	7761	0.67	66.7	5.22	0.673
00:25.0	6656	0.25	26.0	2.04	0.306	01:08.0	7738	0.68	66.5	5.21	0.673
00:26.0	6966	0.26	28.3	2.22	0.318	01:09.0	7692	0.69	66.1	5.17	0.673
00:27.0	7182	0.27	30.3	2.37	0.330	01:10.0	7668	0.70	65.9	5.16	0.673
00:28.0	7406	0.28	32.4	2.54	0.342	01:11.0	7680	0.71	66.0	5.17	0.673
00:29.0	7548	0.29	34.2	2.68	0.355	01:12.0	7692	0.72	66.1	5.17	0.673
00:30.0	7680	0.30	36.0	2.82	0.367	01:13.0	7715	0.73	66.3	5.19	0.673
00:31.0	7783	0.31	37.7	2.95	0.379	01:14.0	7750	0.74	66.6	5.21	0.673
00:32.0	7860	0.32	39.3	3.08	0.391	01:15.0	7773	0.75	66.8	5.23	0.673
00:33.0	7893	0.33	40.7	3.19	0.404	01:16.0	7808	0.76	67.1	5.25	0.673
00:34.0	7868	0.34	41.8	3.27	0.416	01:17.0	7843	0.77	67.4	5.28	0.673

00:35.0	7826	0.35	42.8	3.35	0.428	01:18.0	7889	0.78	67.8	5.31	0.673
00:36.0	7822	0.36	44.0	3.44	0.440	01:19.0	7924	0.79	68.1	5.33	0.673
00:37.0	7939	0.37	45.9	3.59	0.453	01:20.0	7971	0.80	68.5	5.36	0.673
00:38.0	8000	0.38	47.5	3.72	0.465	01:21.0	7863	0.81	68.8	5.39	0.685
00:39.0	7844	0.39	47.8	3.74	0.477	01:22.0	7909	0.82	69.2	5.42	0.685
00:40.0	7776	0.40	48.6	3.80	0.489	01:23.0	7954	0.83	69.6	5.45	0.685
00:41.0	7820	0.41	50.1	3.92	0.501	01:24.0	8000	0.84	70.0	5.48	0.685
00:42.0	7573	0.42	49.7	3.89	0.514	01:25.0	8046	0.85	70.4	5.51	0.685
00:43.0	7665	0.43	51.5	4.03	0.526	01:26.0	8091	0.86	70.8	5.54	0.685
00:44.0	7520	0.44	51.7	4.05	0.538	01:27.0	8126	0.87	71.1	5.57	0.685
00:45.0	7452	0.45	52.4	4.10	0.550	01:28.0	8160	0.88	71.4	5.59	0.685
00:46.0	7624	0.46	54.8	4.29	0.563	01:29.0	8171	0.89	71.5	5.60	0.685
00:47.0	7803	0.47	57.3	4.48	0.575	01:30.0	8160	0.90	71.4	5.59	0.685
00:48.0	7573	0.48	56.8	4.45	0.587	01:31.0	8091	0.91	70.8	5.54	0.685
00:49.0	7641	0.49	58.5	4.58	0.599	01:32.0	8046	0.92	70.4	5.51	0.685

Nota. Tiempo: hh:mm:ss; V.: Viscosidad (cP); Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%), S.S.: Shear Stress (Pa); Shear Rate (1/s).

Tabla 36

Datos experimentales de la prueba de rendimiento del yogurt bebible recién elaborado (T10)

Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain	Pto.	Tiempo	Vel.	Par	Stress	Strain
1	00:00:00.3	0.50	1.1	0.05	0.0027	65	00:00:13.1	0.50	47.7	2.38	0.1211
2	00:00:00.5	0.50	1.2	0.06	0.0120	66	00:00:13.3	0.50	48.4	2.42	0.1233
3	00:00:00.7	0.50	1.5	0.08	0.0189	67	00:00:13.5	0.50	49.1	2.45	0.1255
4	00:00:00.9	0.50	1.9	0.09	0.0246	68	00:00:13.7	0.50	49.8	2.49	0.1277
5	00:00:01.1	0.50	2.5	0.13	0.0280	69	00:00:13.9	0.50	50.4	2.52	0.1311
6	00:00:01.3	0.50	3.2	0.16	0.0302	70	00:00:14.1	0.50	51.1	2.55	0.1332
7	00:00:01.5	0.50	4.0	0.20	0.0312	71	00:00:14.3	0.50	51.8	2.59	0.1354
8	00:00:01.7	0.50	4.8	0.24	0.0322	72	00:00:14.5	0.50	52.5	2.63	0.1376
9	00:00:01.9	0.50	5.5	0.28	0.0344	73	00:00:14.7	0.50	53.1	2.65	0.1410
10	00:00:02.1	0.50	6.3	0.31	0.0354	74	00:00:14.9	0.50	53.8	2.69	0.1432
11	00:00:02.3	0.50	7.2	0.36	0.0352	75	00:00:15.1	0.50	54.5	2.72	0.1453
12	00:00:02.5	0.50	8.0	0.40	0.0362	76	00:00:15.3	0.50	55.1	2.75	0.1487
13	00:00:02.7	0.50	8.8	0.44	0.0372	77	00:00:15.5	0.50	55.8	2.79	0.1509
14	00:00:02.9	0.50	9.6	0.48	0.0382	78	00:00:15.7	0.50	56.4	2.82	0.1543
15	00:00:03.1	0.50	10.4	0.52	0.0392	79	00:00:15.9	0.50	57.0	2.85	0.1576
16	00:00:03.3	0.50	11.2	0.56	0.0402	80	00:00:16.1	0.50	57.7	2.88	0.1598
17	00:00:03.5	0.50	12.0	0.60	0.0412	81	00:00:16.3	0.50	58.6	2.93	0.1596
18	00:00:03.7	0.50	12.9	0.64	0.0410	82	00:00:16.5	0.50	58.9	2.95	0.1665
19	00:00:03.9	0.50	13.7	0.69	0.0420	83	00:00:16.7	0.50	59.5	2.97	0.1699
20	00:00:04.1	0.50	14.5	0.73	0.0430	84	00:00:16.9	0.50	60.1	3.00	0.1733
21	00:00:04.3	0.50	15.3	0.76	0.0440	85	00:00:17.1	0.50	60.7	3.04	0.1767
22	00:00:04.5	0.50	16.0	0.80	0.0462	86	00:00:17.3	0.50	61.3	3.07	0.1800

23	00:00:04.7	0.50	16.8	0.84	0.0472	87	00:00:17.5	0.50	61.9	3.10	0.1834
24	00:00:04.9	0.50	17.6	0.88	0.0482	88	00:00:17.7	0.50	62.5	3.13	0.1868
25	00:00:05.1	0.50	18.4	0.92	0.0492	89	00:00:17.9	0.50	63.0	3.15	0.1913
26	00:00:05.3	0.50	19.2	0.96	0.0502	90	00:00:18.1	0.50	63.6	3.18	0.1947
27	00:00:05.5	0.50	20.0	1.00	0.0512	91	00:00:18.3	0.50	64.1	3.20	0.1992
28	00:00:05.7	0.50	20.7	1.04	0.0534	92	00:00:18.5	0.50	64.7	3.23	0.2026
29	00:00:05.9	0.50	21.5	1.08	0.0544	93	00:00:18.7	0.50	65.2	3.26	0.2071
30	00:00:06.1	0.50	22.3	1.12	0.0554	94	00:00:18.9	0.50	65.7	3.28	0.2117
31	00:00:06.3	0.50	23.0	1.15	0.0575	95	00:00:19.1	0.50	66.2	3.31	0.2162
32	00:00:06.5	0.50	23.8	1.19	0.0585	96	00:00:19.3	0.50	66.7	3.33	0.2208
33	00:00:06.7	0.50	24.5	1.23	0.0607	97	00:00:19.5	0.50	67.2	3.36	0.2254
34	00:00:06.9	0.50	25.3	1.26	0.0617	98	00:00:19.7	0.50	67.6	3.38	0.2311
35	00:00:07.1	0.50	26.1	1.31	0.0627	99	00:00:19.9	0.50	68.1	3.40	0.2356
36	00:00:07.3	0.50	26.8	1.34	0.0649	100	00:00:20.1	0.50	68.5	3.42	0.2414
37	00:00:07.5	0.50	27.6	1.38	0.0659	101	00:00:20.3	0.50	68.9	3.45	0.2471
38	00:00:07.7	0.50	28.3	1.41	0.0681	102	00:00:20.5	0.50	69.3	3.47	0.2528
39	00:00:07.9	0.50	29.0	1.45	0.0703	103	00:00:20.7	0.50	69.7	3.48	0.2586
40	00:00:08.1	0.50	29.8	1.49	0.0713	104	00:00:20.9	0.50	70.1	3.50	0.2643
41	00:00:08.3	0.50	30.5	1.52	0.0735	105	00:00:21.1	0.50	70.5	3.53	0.2701
42	00:00:08.5	0.50	31.3	1.56	0.0745	106	00:00:21.3	0.50	70.8	3.54	0.2770
43	00:00:08.7	0.50	32.0	1.60	0.0766	107	00:00:21.5	0.50	71.2	3.56	0.2827
44	00:00:08.9	0.50	32.7	1.63	0.0788	108	00:00:21.7	0.50	71.5	3.58	0.2896
45	00:00:09.1	0.50	33.5	1.67	0.0798	109	00:00:21.9	0.50	71.8	3.59	0.2966
46	00:00:09.3	0.50	34.2	1.71	0.0820	110	00:00:22.1	0.50	72.1	3.61	0.3035
47	00:00:09.5	0.50	34.9	1.75	0.0842	111	00:00:22.3	0.50	72.3	3.62	0.3116
48	00:00:09.7	0.50	35.7	1.79	0.0852	112	00:00:22.5	0.50	72.6	3.63	0.3185
49	00:00:09.9	0.50	36.4	1.82	0.0874	113	00:00:22.7	0.50	72.8	3.64	0.3266
50	00:00:10.1	0.50	37.1	1.85	0.0896	114	00:00:22.9	0.50	73.0	3.65	0.3347
51	00:00:10.3	0.50	37.8	1.89	0.0917	115	00:00:23.1	0.50	73.2	3.66	0.3428
52	00:00:10.5	0.50	38.5	1.92	0.0939	116	00:00:23.3	0.50	73.4	3.67	0.3509
53	00:00:10.7	0.50	39.3	1.96	0.0949	117	00:00:23.5	0.50	73.6	3.68	0.3590
54	00:00:10.9	0.50	40.0	2.00	0.0971	118	00:00:23.7	0.50	73.7	3.68	0.3683
55	00:00:11.1	0.50	40.7	2.04	0.0993	119	00:00:23.9	0.50	73.8	3.69	0.3776
56	00:00:11.3	0.50	41.4	2.07	0.1015	120	00:00:24.1	0.50	74.0	3.70	0.3857
57	00:00:11.5	0.50	42.1	2.11	0.1037	121	00:00:24.3	0.50	74.1	3.70	0.3950
58	00:00:11.7	0.50	42.8	2.14	0.1058	122	00:00:24.5	0.50	74.1	3.70	0.4055
59	00:00:11.9	0.50	43.5	2.17	0.1080	123	00:00:24.7	0.50	74.2	3.71	0.4147
60	00:00:12.1	0.50	44.2	2.21	0.1102	124	00:00:24.9	0.50	74.3	3.72	0.4240
61	00:00:12.3	0.50	44.9	2.25	0.1124	125	00:00:25.1	0.50	74.3	3.72	0.4345
62	00:00:12.5	0.50	45.6	2.28	0.1146	126	00:00:25.3	0.50	74.3	3.72	0.4450
63	00:00:12.7	0.50	46.3	2.32	0.1168	127	00:00:25.5	0.50	74.3	3.72	0.4554
64	00:00:12.9	0.50	47.0	2.35	0.1190	128	00:00:25.7	0.50	74.3	3.72	0.4659

Nota. Pto.: Punto de medición; Tiempo: hh:mm:ss; Vel.: Velocidad (RPM); Par.: Torque (%).

Anexo 3. Fotografías del proceso experimental

3.1. Preparación de los Residuos de Manzana Deshidratada

Figura 29

Manzana seleccionada, lavada y desinfectada



Figura 30

Proceso de secado de las cáscaras de manzana en estufa



Figura 31

Cáscara deshidratada de la manzana

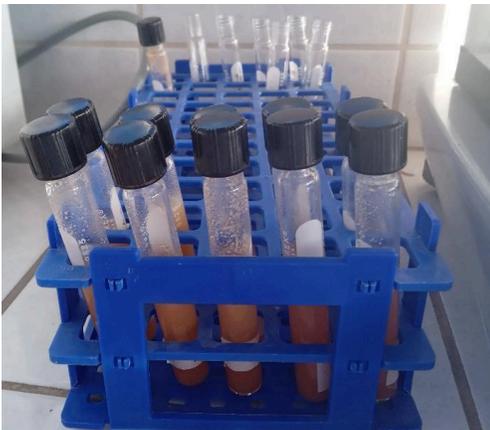


Figura 32

Obtención de cáscara de manzana en polvo (molienda y tamizado)

**Figura 33**

Evaluación de capacidad de hidratación

**Figura 34.**

Determinación de humedad y porcentaje ceniza



3.2. Preparación y Procesamiento del Yogurt Bebible

Figura 35

Análisis y pasteurización de la leche de vaca



Figura 36

Proceso de incubación y mezcla de leche con residuos de manzana



Figura 37

Almacenamiento de las muestras de yogurt bebible



3.3. Análisis de las Propiedades Reológicas

Figura 38

Reómetro Brookfield DV3T y accesorios utilizados para medición reológica

**Figura 39**

Medición de las propiedades reológicas del yogurt bebible



Anexo 4. Informe de ensayo de laboratorio para Fibra Dietética Insoluble (FDI) y soluble (FDS)



INFORME DE ENSAYO 225423037

N° de Orden de Servicio	ITS2973	FR 044
N° de Protocolo	225423037	
Cliente	PERLA YESENIA BAZÁN CAPUÑAY	
Dirección legal del cliente	-	
Muestra(s) declarada(s)	BAGAZO DE MANZANA DESHIDRATADO (Muestra en polvo)	
Procedencia de la Muestra	Proporcionado por el cliente	
Cantidad de Muestra(s) para ensayo	01 muestra (300 g)	
Forma de Presentación	Bolsa polipropileno	
Identificación de la Muestra	Cod. Lab: 09-11037	
	Tesis	
	Universidad Nacional de Cajamarca	
Fecha de recepción de muestra(s)	2023-09-11	
Fecha de Inicio del Análisis	2023-09-11	
Fecha de Emisión de Informe	2023-09-25	

Parámetros Físicoquímicos

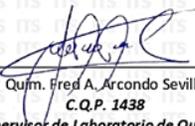
Codificación y resultados:

Parámetro	Unidad	Resultados 09-11037
Fibra soluble	g/100g	7,86
Fibra insoluble	g/100g	15,37

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Fibra soluble	AOAC 991.43 Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods
Fibra insoluble	AOAC 991.43 Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods





Quím. Fred A. Arcondo Sevilla
C.Q.P. 1438
Supervisor de Laboratorio de Química

Fin de documento

1 de 1

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. SI INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Destina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiese 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfonos (01) 4680802 - 934169393 / 999378162 - itsperu@itsperu.com.pe - www.itsperu.com.pe

Anexo 5. Glosario

- 1. Curva de flujo o reograma:** Muestra el cambio de viscosidad de un fluido en función del esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de corte. Permite comprender el comportamiento del fluido bajo diferentes condiciones de flujo.
- 2. Curva de Estrés vs. Deformación:** Muestra la relación entre el esfuerzo aplicado a un material y la deformación resultante, permitiendo determinar la cantidad de deformación que puede soportar el fluido antes de alcanzar su límite de resistencia.
- 3. Deformación (*Strain*):** Es el cambio en la forma del líquido debido al estrés aplicado. En el reómetro, se mide en radianes (rad).
- 4. Esfuerzo cortante (*Shear Stress*, τ):** Es la fuerza interna por unidad de área dentro del fluido para resistir la deformación. Se mide en Pascales (Pa).
- 5. Límite elástico (τ_0):** Fuerza mínima necesaria para que un líquido fluya, calculada mediante un modelo matemático que analiza su respuesta a esfuerzos de corte.
- 6. Índice o coeficiente de consistencia (*k*):** Indica la resistencia de un fluido no newtoniano a fluir. Cuanto mayor es el coeficiente, más viscoso es el fluido.
- 7. Índice de comportamiento de flujo (*n*):** Indica la desviación de un fluido respecto al comportamiento ideal de un fluido newtoniano; $n < 1$ significa mayor resistencia al flujo.
- 8. Torque:** Es la fuerza que causa rotación alrededor de un eje. En un reómetro, el torque es la cantidad de fuerza aplicada para girar una aguja dentro del líquido.
- 9. Velocidad de corte (*Shear Rate*, $\dot{\gamma}$):** Velocidad a la que las diferentes capas de un fluido se deslizan unas sobre otras. Se expresa en unidades de 1/s.
- 10. Viscosidad (μ):** Es la medida de la resistencia de un líquido a fluir.
- 11. Yogurt bebible:** Yogurt con baja viscosidad, caracterizado por su consistencia fluida debido a un intenso tratamiento mecánico durante su batido.