

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

POSGRADO



MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (*brassica oleracea*) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo fettuccini”

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Magister en Ciencia y Tecnología de alimentos

Autora: Dayana Lucia Narváez Moreno

Tutor: Burbano Pulles Marco Rubén

Tulcán, 2023

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la maestrante Narváez Moreno Dayana Lucia con el número de cédula 0401814074 ha elaborado el trabajo de titulación: “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (*brassica oleracea*) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo fetuccini”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuestas en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi con RESOLUCIÓN No. 171-CSUP-2023, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva.



f.....

MSc. Burbano Pulles Marco Rubén

TUTOR

Tulcán, noviembre de 2023

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Ciencia y Tecnología en Alimentos.

Yo, Narváez Moreno Dayana Lucia con cédula de identidad número 0401814074 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



f.....

Narváez Moreno Dayana Lucia

AUTORA

Tulcán, noviembre de 2023

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Narváez Moreno Dayana Lucia declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (*brassica oleracea*) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo fettuccini” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



f.....

Narváez Moreno Dayana Lucia

AUTORA

Tulcán, noviembre de 2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi familia por ser el motor y los guías de cada paso que doy en mi vida, gracias por todo su amor y apoyo incondicional durante mi formación profesional, sus consejos han permitido que día a día pueda encontrar el mejor camino para mi vida.

Agradezco infinitamente a mi tutor MSc. Marco Burbano quien me ha apoyado de manera incondicional y ha dedicado de su tiempo a orientarme y ha darme valiosas sugerencias que han sido indispensables en el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por haberme dado la oportunidad de desarrollarme en el ámbito académico y científico, brindándome todas las herramientas necesarias para el desarrollo de mi conocimiento

Y a las personas que me han brindado su amistad sincera y apoyo incondicional en toda mi trayectoria personal y profesional.

DEDICATORIA

Martín

Aunque aún no lo sabes eres y siempre serás lo más importante en mi vida, hoy he dado un paso más para servir de ejemplo a la persona que más amo en este mundo. Gracias a ti he decidido subir un escalón más y crecer como persona y profesional. Espero que un día comprendas que con trabajo duro y constante se alcanzan los sueños y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos.

Gracias por existir.

Te ama, mamá.

ÍNDICE

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Preguntas de Investigación.....	4
1.4 Objetivos de investigación.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Justificación.....	5
CAPITULO II	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.2 Marco teórico.....	21
2.2.1 Nuevos conceptos en el desarrollo de alimentos basado en subproductos alimenticios.....	21
2.2.2 Generalidades y formas de consumo del brócoli.....	23
2.2.3 Componentes funcionales y de mayor importancia presentes en el brócoli.....	28
2.2.4 Efecto de las tecnologías de procesamiento sobre los compuestos funcionales del brócoli.....	29
2.2.5 Aprovechamiento de residuos de brócoli para la obtención de subproductos.....	32
2.2.6 Desarrollo de pastas alimenticias a partir de subproductos de la industria alimentaria.....	34

2.2.7 Elaboración, caracterización, tipos y usos de las pastas alimenticias.	37
2.2.8 Metodologías usadas en la determinación de las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y reológicas de pastas con harinas no tradicionales.	39
2.3 Marco Legal para la producción sustentable y manejo adecuado de los alimentos.	40
CAPITULO III	45
METODOLOGÍA	45
3.1 Descripción del área de estudio.	45
3.2 Enfoque y tipo de investigación	46
3.2.1 Enfoque	46
3.2.2 Tipo de Investigación.....	46
3.3 Definición y operacionalización de variables	46
3.3.1 Definición de variables	46
3.3.2 Operacionalización de variables.....	48
3.4 Procedimientos.....	49
3.5 Análisis Estadístico	57
3.6 Diseño experimental.....	58
CAPITULO IV	60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1 Fase 1: Elaboración de harina a partir de residuos de brócoli para utilizarla como ingrediente sustituto parcial en la elaboración de una pasta tipo fettuccini.	60
4.2 Fase 2: Elaboración de la pasta alimenticia a partir de la harina estructurada parcialmente a base de residuos de brócoli.	63
4.3 Fase 3: Determinación del análisis de perfil viscoelástico de las masas de los tratamientos desarrollados de la pasta tipo fettuccini.	67

4.4 Fase 4: Evaluación de las características sensoriales de los tratamientos desarrollados de la pasta sustituida parcialmente a base de residuos de brócoli.	80
CAPITULO V.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1 Conclusiones.....	87
5.2 Recomendaciones.....	88
CAPITULO VI.....	89
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Provincias con mayor producción de brócoli en Ecuador.	26
Figura 2. Modelo del equipo de procesamiento en alta presión hidrostática. ...	30
Figura 3. Equipo de secado en tambor.....	32
Figura 4. Ubicación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.....	46
Figura 5. Instalaciones de los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.	46
Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración de la harina de residuos de brócoli.....	48
Figura 7. Diagrama de procesos para el desarrollo de una pasta alimenticia con sustitución de harina a base de residuos de brócoli.....	50
Figura 8. Curvas reológicas para la identificación del tipo de fluido	53
Figura 9. Preparación de la materia prima. (a) Acondicionamiento de los tallos de la planta. (b) Muestra de los desechos una vez que han sido cortados	62
Figura 10. Proceso de secado de los residuos.....	63
Figura 11. Reogramas de relación entre esfuerzo de corte, tasa de corte y viscosidad aparente	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Jerarquía de los subproductos alimenticios	23
Tabla 2 Clasificación Taxonómica del brócoli	23
Tabla 3 Propiedades nutricionales del brócoli.....	24
Tabla 4 Formas de consumo de brócoli.....	27
Tabla 5 Nutrientes y fitoquímicos en crucíferas asociadas a beneficios en la salud.....	28
Tabla 6 Operacionalización de variables	48
Tabla 7 Formulación de pasta alimenticia.....	51
Tabla 8 Diseño del experimento de la investigación.	58
Tabla 9 Codificaciones de los factores.	59
Tabla 10 Características principales en la obtención de harina a base de brócoli.	61
Tabla 11 Parámetros de producción en la elaboración de pastas a partir de harinas no tradicionales.	64
Tabla 12 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Viscosidad	73
Tabla 13 Prueba de Wilcoxon para Viscosidad.....	74
Tabla 14 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Índice de comportamiento.....	75
Tabla 15 Prueba de Wilcoxon para Índice de comportamiento.....	76
Tabla 16 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Índice de consistencia.....	77
Tabla 17 Prueba de Wilcoxon para Índice de consistencia.....	78
Tabla 18 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para coeficiente de determinación.....	78
Tabla 19 Prueba de Wilcoxon para coeficiente de determinación	79
Tabla 20 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Color ...	80
Tabla 21 Prueba de Wilcoxon para Color	81
Tabla 22 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Olor	82
Tabla 23 Prueba de Wilcoxon para Olor	83
Tabla 24 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Sabor ..	84
Tabla 25 Prueba de Wilcoxon para Sabor	84

Tabla 26 Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Apariencia	85
Tabla 27 Prueba de Wilcoxon para Apariencia	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Aval del Abstract del TDT por parte del CIDEN	102
Anexo B. Elaboración de harina a base de residuos de brócoli	104
Anexo C. Elaboración de pasta tipo fetuccini.	104
Anexo D. Análisis del perfil viscoelástico en el reómetro Anton Para E302. .	105
Anexo E. Geometría Plato Paralelo pp50 para análisis de suspensiones gruesas.	105
Anexo F. Reogramas de los tratamientos y sus repeticiones.	106
Anexo G. Análisis sensorial de las muestras.....	131
Anexo H. Hoja de cata del análisis sensorial.....	132

RESUMEN

El desaprovechamiento de los residuos generados por parte de la industria de alimentos, para la obtención de nuevas fuentes alternativas de materias primas genera el 8% de contaminación ambiental a nivel mundial. El objetivo de la investigación fue elaborar una pasta tipo fettuccini sustituida parcialmente con harina de residuos de brócoli. Se desarrollaron 5 tratamientos incluido un testigo con 4 porcentajes de sustitución: 10%, 20%, 30% y 40%. Se estudiaron las propiedades reológicas como: esfuerzo de corte, tasa de corte y viscosidad de la masa de pasta. Los análisis reológicos se realizaron con un reómetro de compacto modular marca Anton Paar E30. El análisis sensorial se efectuó mediante una escala hedónica de 5 puntos donde se evaluaron parámetros como: color, olor, sabor y apariencia de la pasta cocida. En el análisis reológico de todos los tratamientos tuvieron un comportamiento pseudoplástico. Los valores de la tasa de corte aumentaban a medida que se incrementaba el esfuerzo y disminuía la viscosidad, haciendo que a mayor porcentaje de sustitución de la harina estructurada las masas de las pastas se vayan desintegrando con el paso del tiempo. En el análisis sensorial el mejor tratamiento fue el T2, debido a que presentó una mayor preferencia a los atributos evaluados por parte de los consumidores con un nivel de confianza del 95%. Se evidenció que a mayor porcentaje de sustitución de la harina de residuos de brócoli la estructura interna de las masas de las pastas cambia. El tratamiento T5 presentó el valor más bajo de viscosidad, esto debido a que la adición de harina de residuos de brócoli provocó un colapso estructural de las moléculas debido a la hidrodinámica de las fuerzas generadas.

Palabras clave: análisis sensorial, brócoli, pasta, propiedades reológicas.

ABSTRACT

The waste generated by the food industry to obtain new alternative sources of raw materials generates 8% of environmental pollution worldwide. The objective of the research was to make a fettuccine-type pasta partially replaced with broccoli waste flour. 5 treatments were developed, including a control with 4 substitution percentages: 10%, 20%, 30% and 40%. The rheological properties such as: shear stress, shear rate and viscosity of the paste mass were studied. The rheological analyzes were carried out with an Anton Paar E302 compact modular rheometer. The sensory analysis was carried out using a 5-point hedonic scale where parameters such as: color, smell, flavor and appearance of the cooked pasta were evaluated. In the rheological analysis all treatments had a pseudoplastic behavior. The values of the shear rate increased as the effort increased and the viscosity decreased, causing the pasta masses to disintegrate with the passage of time with a higher percentage of substitution of the structured flour. In the sensory analysis, the best treatment was T2 because it presented a greater preference for the attributes evaluated by consumers with a confidence level of 95%. It was evident that the higher the percentage of broccoli waste flour replacement, the internal structure of the pasta dough changes. Treatment T5 presented the lowest viscosity value, this is because the addition of broccoli waste flour caused a structural collapse of the molecules due to the hydrodynamics of the forces generated.

Keywords: sensory analysis, broccoli, pasta, rheological properties.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

Se estima que para el año 2050 la población mundial llegará a ser de 9 mil millones de habitantes, por lo que la preocupación inminente por precautelar la seguridad alimentaria cada día se incrementa debido a la falta de estrategias innovadoras que ayuden a combatir el hambre (Ho *et al.*, 2022). Durante el desarrollo del Marco estratégico 2022-2031 se ha evidenciado que los progresos obtenidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en estos últimos 75 años no han sido los suficientes para poder alimentar al mundo, ya que muchos de los productos presentan escasez de micronutrientes y las enfermedades cardiovasculares crecen cada día de forma alarmante en la sociedad (FAO, 2021).

Álvarez (2014) señala que el hambre y el cambio climático son los principales factores que actualmente azotan a la humanidad. La FAO (2013) afirma que por lo menos el 30% de los alimentos producidos a nivel mundial se desperdician anualmente, ya que, aunque se produce alimento para toda la población, la mala distribución de productos ocasiona que estos no lleguen a la mesa de todas las personas y por ende se generen residuos y desperdicios en toda la cadena de suministro. El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) declara que al menos el 8% de todas las emisiones producidas de gases de efecto invernadero son ocasionadas por el desperdicio de alimentos (Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF], 2022).

Ramírez *et al.* (2021) manifiestan que a pesar de los esfuerzos desarrollados por la industria por alargar la vida útil de los alimentos se siguen generando grandes pérdidas económicas y productivas, las mismas que impactan negativamente en el medio ambiente. El sector hortofrutícola es el más afectado en este ámbito, siendo los residuos del brócoli, coliflor, acelga, lechuga y otros los menos reutilizados (Serna, 2021). En la investigación desarrollada por Oña *et al.* (2022)

dan a conocer que en el Ecuador se desperdician aproximadamente 72 kg anuales de alimentos por familia, especialmente hortalizas.

Salvador (2020) señala que la investigación desarrollada por los departamentos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) en las empresas se encuentran en la búsqueda de ingredientes funcionales a partir de los residuos agroalimentarios, con el fin de emplearlos como sustitutos o suplementos en diferentes formulaciones. Los subproductos son empleados como una fuente alternativa de materias primas con el fin de reducir costos de producción y contaminación ambiental (Guamán, 2022).

Por otro lado, dentro del trabajo desarrollado por Carvajal (2021) se afirma que las personas han empezado a optar por alimentos más nutritivos, que aporten una mayor cantidad de nutrientes, y que se conviertan en alternativas viables frente a los ya conocidos. El trigo es el ingrediente principal en la mayoría de los alimentos que las personas consumen diariamente, se estima que en el Ecuador el consumo anual es de 450 000 TM/año, siendo el 98% de este producto importado desde la Unión Europea, Pakistán, Turquía y Canadá (Holguín y Alvarado, 2017).

En Carchi la industria molinera ha ido tomando vital importancia en lo que refiere al sector agroalimentario, tal es el caso de la empresa Molino San Luis que procesa 8 000 toneladas de trigo importado anualmente, generando mensualmente 10 000 sacos de harina de este importante cereal (Moreto, 2015). Además, se han buscado nuevas fuentes de carbohidratos, dentro de las cuales resaltan el procesamiento de almidón de papa y harina de yuca, pero no se han tomado otras alternativas propias del sector agrícola, o los residuos de este tipo de actividad, ya que las personas desconocen las propiedades nutricionales que podrían ser aprovechadas en este sentido (Carrasco *et al.*, 2020).

A partir de la pandemia por COVID-19 el consumo de pastas incrementó en el país en un 13,8 % respecto al año 2018, no obstante, las empresas han tenido que diversificar sus productos debido a que los consumidores buscan alimentos con menos calorías y con más fibra y proteína (Gottau, 2017). Boff *et al.* (2022) evidencian que la pasta es un alimento que se ha adaptado fácilmente en la cultura gastronómica de muchos países, sin embargo, aunque sea una principal

fuerza de energía durante la dieta diaria de los consumidores, presenta deficiencias en cantidad de minerales, proteínas y micronutrientes.

Vásquez *et al.* (2016) manifiestan que la necesidad de importar grandes cantidades de trigo ha generado la búsqueda de nuevas harinas obtenidas de las propias regiones del país, siendo las de origen vegetal una excelente opción de sustitución, ya que, mejoran las características nutricionales, sensoriales y además disminuyen costos de producción. Ecuador es el sexto exportador de brócoli más grande a nivel mundial, produciendo aproximadamente 127 000 toneladas y generando ganancias anuales de 83 millones de dólares, sin embargo, no se les otorga ningún valor agregado a los desperdicios producidos durante la cadena de producción y comercialización (Coba, 2020).

El brócoli es una de las principales hortalizas que se exportan nacionalmente, sin embargo, aproximadamente el 1,48% del producto que es exportado no cumple con los estándares de calidad exigidos por las normativas internacionales, lo que ocasiona que sean destinados para consumo interno y que los subproductos obtenidos sean utilizados como alimento para animales (Duque y Murillo, 2021). Vásquez *et al.* (2020) manifiestan que el brócoli y sus subproductos poseen altas propiedades funcionales como glucosinolatos, vitamina C, fibra, flavonoides y sulforafano que aún no son explotados totalmente en la elaboración de nuevos productos, más aún, sería indispensable la difusión de la calidad nutricional de estos compuestos a los consumidores y que se incluyan como alimentos funcionales en las perchas de los supermercados.

Las pastas a base de harinas compuestas son una alternativa que en la actualidad se han incrementado en el país. La sustitución de la harina de trigo genera grandes cambios en las propiedades reológicas y fisicoquímicas en el producto final, no obstante, estos varían según el vegetal utilizado (Vásquez *et al.*, 2016). Quiroz *et al.* (2019) evidencian que la harina a partir de las hojas externas del brócoli y coliflor contienen componentes bioactivos con gran potencial para ser incorporados en alimentos, además la textura y el aspecto de la pasta son parámetros de calidad importantes que influyen en la decisión de los consumidores, por lo que las pastas enriquecidas con subproductos generados de la industria agroalimentaria siempre son estudiadas con el fin de conocer cómo afecta la sustitución a los parámetros físicos, reológicos y

sensoriales del alimento. Por esta razón en la presente investigación se han utilizado residuos de brócoli con el fin de contribuir al escaso aprovechamiento de estos en la obtención de nuevas materias primas que sirvan como sustitutos alimentarios.

1.2 Formulación del problema.

¿Es factible el aprovechamiento de los subproductos del brócoli para la obtención de harina y su posterior uso en la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de pasta tipo fettuccini?

1.3 Preguntas de Investigación.

¿Cómo elaborar una harina a partir de residuos de brócoli para utilizarla como ingrediente sustituto en la elaboración de una pasta tipo fettuccini?

¿Cómo elaborar una pasta alimenticia a partir de la harina estructurada a base de residuos de brócoli?

¿Qué parámetros del perfil viscoelástico de las masas de la pasta se verían afectados en los tratamientos desarrollados?

¿Qué influencia sensorial tendrán los tratamientos desarrollados en los consumidores de la pasta sustituida parcialmente a base de residuos de brócoli?

1.4 Objetivos de investigación.

1.4.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (*Brassica oleracea*) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo Fettuccini.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Elaborar una harina a partir de residuos de brócoli para utilizarla como ingrediente sustituto parcial en la elaboración de una pasta tipo fettuccini.
- Elaborar la pasta alimenticia a partir de la harina estructurada parcialmente a base de residuos de brócoli.

- Determinar el análisis del perfil viscoelástico de las masas de los tratamientos desarrollados de la pasta tipo fettuccini.
- Evaluar las características sensoriales de los tratamientos desarrollados de la pasta sustituida parcialmente a base de residuos de brócoli.

1.5 Justificación.

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el 2030 se pretende asegurar el acceso a la alimentación de todas las personas con el fin de combatir el hambre (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020). La innovación y la tecnología han permitido mejorar la producción de alimentos y ofrecer una amplia gama de productos que proporcionen los requerimientos nutricionales necesarios para la dieta de las personas (Leng, 2019). Ecuador es uno de los países que ha venido buscando impulsar la transformación de la matriz productiva, realizando la diversificación de ciertos productos con el fin de repotenciar a la industria alimentaria (Delgado, 2020).

Mejorar la calidad nutricional de los alimentos que habitualmente consume la población es una estrategia que permite satisfacer las opciones nutricionales y de salud que buscan los consumidores (Boff *et al.*, 2022). Actualmente la industria de alimentos se ve liderada por las tendencias que fomentan el reciclaje de alimentos (Guamán, 2022). Vallejo (2022) indica que recuperar y reintroducir los subproductos obtenidos de los residuos que adecuadamente las personas han desperdiciado hace posible minimizar el consumo de agua y energía.

Sandstrom (2022) ha demostrado que el uso de residuos alimentarios posconsumo puede ser seguro y nutritivo, además estos permiten incrementar el suministro mundial de alimentos. Cerón (2021) da a conocer que los subproductos orgánicos contienen diversas propiedades, las cuales se pueden utilizar en otros alimentos como subproductos para darle un valor agregado. El desarrollo de nuevas líneas estratégicas ha permitido conocer que a partir de los desechos producidos por la industria pesquera, cárnica y hortofrutícola se pueden generar suplementos y fortificados para el desarrollo de nuevos productos (Sánchez, 2017).

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA) ha establecido que dentro de las actuales tendencias de consumo se encuentran los alimentos libres de gluten, ricos en proteínas y fibra. Para esto la industria ha visto un gran potencial en el aprovechamiento de los residuos de verduras para la obtención de harinas no convencionales (Pino, 2021). Estudios de enriquecimiento de productos a base de harina de trigo con harinas no convencionales, han demostrado que tienen propiedades atribuidas a la fibra dietaria y, además da un enfoque hacia el desarrollo de sistemas alimentarios con características nutritivas y funcionales (García y Pacheco, 2017).

En Ecuador la producción de brócoli ha ido incrementando sus superficies de siembra, ya que es un producto muy demandado en los mercados nacionales e internacionales (Duque y Murillo, 2021). Vázquez *et al.* (2020) mencionan que el cultivo de verduras crucíferas como la col, el nabo y el brócoli se encuentran en auge por los beneficios que se han venido difundiendo, así como también por la facilidad de usarse en la cocina y la disponibilidad en los mercados.

Las provincias que se destacan por la producción a gran escala de este producto son Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua, las cuales son generadoras de varias fuentes de empleo ya que este producto en su mayor porcentaje es producido para exportación a Estados Unidos y Tailandia (Duque y Murillo, 2021).

Los brotes de esta verdura tienen una gran versatilidad en la cocina lo que la hace un producto muy fácil de incluirlo en la dieta alimentaria, sin embargo, los residuos que se obtienen de este en algunas ocasiones suelen ser muy aprovechados por los compuestos fitoquímicos funcionales que contienen (Vázquez *et al.*, 2020). Los vegetales crucíferos derivan sus propiedades de los glucosinolatos, en especial del sulforafano, el cual es un componente bioactivo que se encuentra principalmente en el brócoli y se ha demostrado científicamente que tiene incidencia benéfica sobre la salud humana, previniendo enfermedades cardiovasculares y otros como la diabetes y el cáncer (Mazataud, 2020).

Del total del brócoli el 82% es compuesto por el tallo y las hojas, esto ha llevado a los departamentos de desarrollo, investigación e innovación a descubrir los

componentes bioactivos de estos residuos para posteriormente utilizarlos en la elaboración de otros alimentos (Vargas *et al.*, 2022). La pasta es un producto cotidiano en la dieta de los ecuatorianos, sin embargo, la necesidad de consumir alimentos más saludables ha llevado a los consumidores a buscar sustitutos parciales o totales de la harina de trigo con el afán de mejorar la calidad nutricional, a partir de esto se ha utilizado harinas no convencionales provenientes de vegetales que permitan mejorar las características de este alimento (Quiroz *et al.*, 2019).

El uso de nuevas tecnologías ha permitido a las empresas mejorar sus procesos productivos y operacionales e introducir ingredientes que hasta la actualidad han sido poco comunes (Sánchez, 2017). Los productos sustituidos por harinas no convencionales aún son poco conocidos, sin embargo, estos aportan varios beneficios a la salud humana (Cerón, 2021). La harina a partir de residuos de brócoli es un sustituto con gran potencial en la producción de alimentos debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Pino, 2021).

La investigación realizada se relaciona con el objetivo 12 de los ODS de la Agenda 2030 de acuerdo con la producción y consumo responsable, ya que promueve la gestión sostenible y el uso de los recursos alimentarios con el fin de aprovechar la generación de residuos y desperdicio de alimentos como nuevos ingredientes funcionales acompañado de buenas prácticas sostenibles. También se enfoca en el plan de creación de oportunidades del Ecuador desarrollado por (Secretaría Nacional de Comunicación, 2021) en el eje económico aportando al plan nacional de seguridad alimentaria haciendo referencia a la producción de alimentos donde es importante considerar las características agroindustriales del país, las cuales sean favorables en el desempeño de la actividad agroalimentaria y ayuden en la economía circular. Y en la línea 1 de investigación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi que hace referencia a la tecnología, biotecnología, calidad e inocuidad en el procesamiento de alimentos, en la sublínea 1,3; enfocándose en los procesos biotecnológicos para la producción de alimentos.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes de la investigación.

La industria de alimentos anualmente genera una gran cantidad de desechos y subproductos proveniente de varias fuentes, mismas que son excelente fuente de compuestos bioactivos, funcionales y nutracéuticos. El desarrollo y la innovación por parte de la industria alimentaria ha centrado a los investigadores en la búsqueda de alimentos funcionales a partir de residuos que se generan durante toda la cadena de suministro, para esto se ha tomado en consideración los siguientes artículos que fundamentan su uso como ingredientes sustitutivos o complementarios en la elaboración, caracterización reológica y sensorial de otro tipo de alimentos.

Bas *et al.* (2020) en su investigación Conversión de residuos vegetales procedentes de cooperativas agroalimentarias en ingredientes funcionales en polvo para la industria alimentaria en la región de Valencia, España; se han enfocado en los procesos que actualmente se utilizan para la transformación de alimentos con el fin de enfrentar el desperdicio de los mismos y contribuir a la economía circular para genera un valor social y económico que a su vez asegure la permanencia de las actividades agrícolas en el sector rural.

El objetivo de la investigación fue revalorizar los desechos generados de zanahoria, puerro, apio y col de las líneas de producción de la cooperativa con el fin de extraer polvos funcionales para ser utilizados como ingredientes alimentarios; para su extracción primero redujeron el tamaño de las partículas de los vegetales a trozos de tamaño medio ≤ 10 mm y posteriormente los procedieron a secar utilizando dos métodos de secado; el primero con aire caliente el cual se realizó en un secador de bandeja convectivo a 70°C y con una actividad de agua (aw) inferior a 0,3; mientras que el segundo se trata de la liofilización la cual se efectuó en un liofilizador marca Telstar durante 24 horas a

una presión atmosférica de 0,1 mbar y una congelación previa de las muestras a -40°C.

En total se obtuvieron veinticinco polvos, cinco de cada residuo: zanahoria (Ca), col blanca (WC), apio (Ce), porción blanca de puerro (Lw) y porción verde de puerro (Lg). Antes del secado todos los desechos mostraron un valor de aw muy alto, lo cual indica un alto riesgo de deterioro por su carácter perecedero. Los polvos liofilizados de Ca y Ce mostraron una aw superior a la esperada, sin embargo, se alcanzaron niveles seguros de secado. En cuanto al secado en aire proporcionó una aw y un contenido de humedad inferior a los valores de la liofilización, de la misma manera se observó que los polvos obtenidos de la matriz vegetal previamente molidas presento un menor tamaño de partícula en comparación a las muestras picadas.

El procesamiento y secado de los vegetales tiene un impacto sobre las propiedades antioxidantes de los mismos, debido que sus condiciones de procesamiento pueden generar la formación de nuevas propiedades antioxidantes, por lo contrario, el procesamiento y almacenamiento durante la postcosecha provoca la pérdida de la capacidad antioxidante de los mismos. En todos los productos se recomendó picar los vegetales previamente al secado para acortar el tiempo de secado, ya que la trituración favorece la rotura de las estructuras y libera el agua retenida en su interior.

Con la información mencionada anteriormente se ha optado por utilizar el secado por aire caliente como el método adecuado para los residuos de brócoli, ya que con este procedimiento se obtuvieron polvos con una actividad de agua y contenido de humedad adecuados, además se ha considerado triturar los desechos debido que este proceso permite obtener un tamaño de partícula menor al que se obtiene cuando solamente se trocean los residuos.

Dufoo *et al.* (2020) en su investigación Propiedades nutricionales, nutraceuticas y funcionales de harinas obtenidas de material de desecho de brócoli secado a diferentes temperaturas, mencionan que la información publicada sobre el uso de restos de cultivos de brócoli en la industria actualmente es mínima; para el estudio procesaron las florecillas, peciolos, tallos y hojas del brócoli; estos restos

fueron blanqueados y posteriormente sometidos a un secado en estufa de aire forzado a temperaturas de 60, 70 y 80°C.

Una vez que se obtuvieron las harinas procedieron a determinar la composición próxima y nutracéutica en lo que concierne a flavonoides totales, glucosinolatos, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Al evaluar las temperaturas de secado se ha evidenciado que ninguna tiene efectos significativos en la composición nutricional de los polvos obtenidos. La harina obtenida de los floretes y hojas fueron los que contenían mayoritariamente carbohidratos, proteínas y lípidos; mientras que las hojas presentaron el mayor porcentaje de flavonoides y contenidos fenólicos y los tallos presentaron la mayor concentración de glucosinolatos. La capacidad antioxidante de todas las harinas obtenidas fue muy alta, de la misma manera los valores del índice de absorción de aceite fueron similares entre ellos.

En base a este estudio se ha tomado en consideración la temperatura a utilizar durante el secado de los residuos que es de 60°C, ya que como se menciona anteriormente el rango de temperatura de 60 a 80°C no tiene efectos significativos sobre la composición nutricional de los residuos, además se menciona que las hojas y los tallos presentan la mayor cantidad de compuestos antioxidantes, por lo que la harina de residuos de brócoli que se sustituya en la pasta tipo fettuccini no solamente aportara con fibra y nutrientes, sino también con una alta concentración de antioxidantes.

Saavedra *et al.* (2021) en su investigación Propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de los polvos de jugo de tallos y floretes de brócoli (*Brassica oleracea var Italica*) secados por aspersion en el estado de San Luis de Potosí, México mencionan que el secado por aspersion es un método que promueve la conservación de antioxidantes y ha ganado popularidad por el reducido volumen de embalaje utilizado. Las hojas y los tallos del brócoli son los subproductos que más se desperdician que hoy en día han llamado la atención por ser añadidos a nuevos alimentos procesados como minibiscochos con hojas secas añadidas y pan con brócoli en polvo.

El objetivo de la investigación fue establecer las condiciones de procesamiento del jugo de brócoli (JB) mediante secado por aspersion, para lo cual se empleó

un agente portador como la maltodextrina (MX) en concentraciones de 5, 7, y 10%, el cual promueve la conservación de los antioxidantes; de la misma manera se estudiaron la temperatura de entrada de 150 y 220°C y la actividad antioxidante (AA), las características fisicoquímicas y el contenido fenólico total (TPC) del producto.

Como resultado obtuvieron que las mejores condiciones de procesamiento fueron con 5% de maltodextrina a 220°C, este presentó mayor porcentaje de TPC en los floretes y de (AA) en los tallos. Finalmente, concluyeron que los polvos obtenidos pueden almacenarse a temperaturas menores de la transición vítrea sin presentar pérdida de antioxidantes. De esta investigación es importante resaltar que de los residuos que se obtienen del brócoli, los tallos de la planta representan un mayor contenido de actividad antioxidante, por lo que la harina que se obtenga contendrá los mismos beneficios funcionales.

En base a lo anterior se ha optado por trabajar con los tallos y las hojas del brócoli, ya que como lo menciona en la investigación estas son las partes de la planta que más se desperdician y que además son las que contienen mayoritariamente compuestos antioxidantes; de la misma manera se ha evidenciado que el polvo obtenido de su procesamiento se está empezando a utilizar como materia prima en la elaboración de panes y minibizcochos; por lo que la adición de la harina en una pasta es una buena estrategia en la innovación.

Quintero *et al.* (2020) en su investigación Evaluación económica de una planta de pequeña escala para la producción de harina de brócoli rica en sulforafano en Chile, señalan que en el país el cultivo de este vegetal se está expandiendo de manera exponencial, lo que genera oportunidades para la industria y la explotación de propiedades funcionales. Existen diversos métodos de deshidratación que permiten extraer el sulforafano en máxima cantidad de la planta, en este trabajo se han empleado tres métodos que son secado por bandeja (TD), lecho liofilizado pulsado (PFBD) y liofilización (FD).

El método que presento un mayor contenido de sulforafano en la harina fue el (FD), sin embargo, su costo de producción es el más elevado; el (TD) fue el método que contiene una cantidad considerable de sulforafano en el producto

final y su costo de producción fue más bajo que el anterior, en lo que concierne al (PFBD) se presentó una drástica pérdida de sulforafano.

Las tres tecnologías utilizadas mostraron en el estado financiero un valor actual neto (VAN) positivo pero la liofilización presentó la tasa interna de retorno (TIR) más baja; de esta manera se puede constatar que la obtención de la harina de brócoli es un proceso que conlleva un costo de producción moderado y por ende un precio de venta al público accesible, sin embargo, los compuestos funcionales que contiene la hacen llamativo a los consumidores.

El secado en bandeja es el mejor método para utilizar en el momento de deshidratar los residuos del brócoli, ya que, como se evidencia en la investigación anterior esta metodología conserva de mejor manera los nutrientes y compuestos bioactivos del brócoli y además es un proceso económico con relación a la liofilización. Por este motivo este método ha sido el escogido para deshidratar los residuos del brócoli y posteriormente sustituir su harina en una pasta tipo fettuccini.

Cabe considerar, que a partir de los polvos obtenidos del brócoli se ha empezado a producir una gran diversidad de productos, Quiroz *et al.* (2019) en su investigación desarrollada y denominada “Incorporación de hojas externas del brócoli, coliflor y espinaca en una pasta fresca verde: Parámetros físicos y compuestos bioactivos en Irapuato, México” refieren que la pasta es uno de los alimentos que más se consumen a nivel mundial y que en la actualidad sus formulaciones incluyen mezclas con otros ingredientes que le brindan colores y olores particulares. Su textura y el aspecto son parámetros de alta calidad para los consumidores, así como también el color, sabor y tiempo de cocción del alimento.

Para su elaboración primero se obtuvo la harina de las hojas de cada vegetal por medio de una deshidratación por aire caliente en un horno de secado (CE3F Shel Lab) a 60 °C y posteriormente se pulverizó y tamizó para obtener un tamaño de partícula pequeño; luego elaboraron la pasta utilizando un porcentaje de sustitución de 5,30% de cada tipo de harina con harina de trigo, huevo y agua. Luego procedieron al amasado por cinco minutos y posteriormente se dejó

reposar treinta minutos para empezar con el proceso de laminado y corte en una máquina comercial marca Metaltex.

La adición del 5,30% de harina de hojas de brócoli, coliflor y espinaca son una alternativa de gran interés en la elaboración de pastas, ya que su incorporación a las formulaciones no presentan diferencias significativas entre las propiedades físicas del producto, además la adición de este tipo de harinas incrementa el contenido de compuestos fenólicos, cabe recalcar que la temperatura de 60°C utilizada durante el proceso de deshidratación no afectó las características antioxidantes de la pasta.

En base a la investigación se ha evidenciado que 60°C es la temperatura perfecta para deshidratar los residuos de brócoli, ya que es el valor idóneo que estos necesitan para disminuir la actividad de agua y a la misma vez mantener intactos sus compuestos antioxidantes. No obstante, una vez deshidratados la molienda y el tamizaje son los factores clave para obtener un tamaño de partícula pequeño.

En la misma línea Krupa *et al.* (2021) en su investigación Aplicación de polvo de hojas de brócoli en pan sin gluten: un enfoque innovador para mejorar su potencial bioactivo y su calidad tecnológica en Polonia mencionan que uno de los alimentos básicos que se consume de manera voluntaria alrededor del mundo es el pan; sin embargo, cada día aumenta la cantidad de personas que padecen trastornos relacionados al gluten y enfermedades celíacas. Por esta razón, se han buscado nuevas opciones para el consumo de este alimento. La elaboración de pan sin gluten es una de las alternativas para las personas celíacas, no obstante, el comportamiento reológico de la masa y la calidad general del producto se ven afectadas.

Para la elaboración del pan se lavaron y blanquearon previamente las hojas con el fin de inactivar las enzimas y disminuir la carga microbiana, la liofilización fue el método elegido para la obtención del polvo con el fin de obtener un tamaño de partícula menor a 0,60 mm. Para el estudio se trabajó con una fórmula control de almidón de maíz, almidón de papa, azúcar, levadura fresca, pectina, aceite, sal y agua, en cambio para los otros tratamientos se sustituyeron el 5 y 7% del primer ingrediente por la harina de polvo de brócoli. Se procedió a mezclar los

ingredientes y colocarlos en un molde hexagonal, luego se hornearon nueve panes de cada fórmula y se empaquetaron en bolsas de plástico y mantuvieron en oscuridad para su posterior análisis.

Se realizaron análisis de composición química proximal, valor energético, parámetros físicos (volumen, densidad, color) y evaluación de la textura, este último se realizó utilizando un analizador de textura TA. HD Plus en donde se sometieron al análisis rebanadas de pan de 25 mm a un 40% de deformación, para esto se usó un plato de 35 mm y un tiempo de relajación de 5 s; los parámetros evaluados fueron dureza, elasticidad, masticabilidad, cohesividad y resiliencia. La aplicación de harina de residuos de brócoli provocó una reducción significativa en la elasticidad de la miga del pan, de la misma manera con el almacenamiento los panes presentaron una consistencia más dura, sin embargo, mencionan que este tratamiento fue menos duro que el pan de trigo control.

Las características de textura se ven influenciadas por los ingredientes que se utilizan, así si el gluten está ausente existen mejoradores (hidrocoloide, enzimas y gomas) que imitan sus funciones. Hay que destacar que la adición de la harina de brócoli mejoró el potencial antioxidante y la actividad inhibidora.

La incorporación de harinas no tradicionales a alimentos es una tendencia que está muy marcada hoy en día, en la presente investigación mencionan que la adición del polvo de brócoli en un pan horneado cambia radicalmente las características de textura como elasticidad y dureza, sin embargo, presentó un contenido significativamente mayor de nutrientes, un mejor volumen y una pérdida de horneado mejorados. De esta manera se prevé que existan cambios en la textura de la pasta dependiendo el porcentaje de sustitución.

En el estudio desarrollado por Nawaz *et al.* (2019) en su investigación Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por papa en polvo sobre la reología de la masa, las propiedades fisicoquímicas y microestructurales de los fideos instantáneos en Wuhan, China mencionan que los productos de pasta son populares a nivel mundial por su sabor diferencial, se conoce que el 50% de harina de trigo producida en el mundo es destinada a la fabricación de fideos; sin embargo, con el fin de aumentar la variedad y calidad de los fideos se están utilizando nuevos ingredientes enriquecedores; uno de ellos es el almidón de

papa, el cual otorga a la pasta cambios estructurales en el contenido de proteína, además mejora su textura y microestructura.

Para la elaboración de los fideos se mezclaron harina de trigo purificada con agua y sal por diez minutos, luego se laminó la masa y se cortó a un grosor de 3 mm por medio de una máquina de rodillos, posteriormente se cocieron al vapor por diez minutos a una temperatura de 115°C y se secaron en un horno caliente a 80°C durante ochenta minutos. Para el análisis de las propiedades reológicas de la masa se utilizó el reómetro (AR 2000ex), utilizando la geometría de platos paralelos de 40 mm con un espacio de 1 mm, dentro de los ajustes del equipo se mantuvo a una temperatura de 25 °C a 1 Hz y una tensión de 1Pa para mantener la integridad de la masa.

La harina de trigo se reemplazó con papa en polvo (PP) en 5 niveles de 20%, 30%, 40%, 50% y 60% p/p para hacer fideos instantáneos. Los resultados mostraron que el módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G'') disminuyeron cuando el PP era parte de la masa. La adición del PP inhibió la formación de la red de gluten. El enrojecimiento y el color amarillento de la masa aumentaron con el aumento de la cantidad del PP. Además, las propiedades de gelatinización, como la viscosidad máxima, la viscosidad mínima, la descomposición y la viscosidad final, disminuyeron mientras que la temperatura de pegado fluctuó cuando se usó >40% del PP. agregado.

El contenido de humedad, la pérdida por cocción y la absorción de agua aumentaron significativamente ($p. < 0,0.5$) cuando se añadió 40% del PP. Además, la microscopía electrónica de barrido mostró que la red de gluten se debilitó, con huecos desiguales, y se observaron más gránulos de almidón cuando se añadió PP. Los hallazgos sugirieron la viabilidad de agregar un 40% del PP a los fideos para obtener propiedades fisicoquímicas y funcionales aceptables.

En base a esta investigación se puede mencionar que se pueden utilizar grandes porcentajes de sustitución de las harinas no tradicionales en la fabricación de fideos, de igual manera que el equipo necesario para conocer la tasa de corte, esfuerzo de corte y viscosidad es el reómetro, este debe ser calibrado a una

temperatura de 25°C y la geometría adecuada son los platos paralelos de 40 mm.

Vásquez *et al.* (2014) en su investigación Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan en Hermosillo, México mencionan que el uso de harinas compuestas es fundamental en la elaboración de alimentos nutricionales; en donde las materias primas ya sean de origen animal o vegetal proporcionan los nutrientes necesarios para cubrir las deficiencias de los productos tradicionales como pan, galletas, sopas y tortillas.

El objetivo de su investigación fue elaborar pan sustituido con harina de quinua en porcentajes de 2,5; 5; 7 y 10%; la materia prima fue adquirida en la localidad, entre los insumos están la harina de trigo y quinua, levadura, aceite de girasol, azúcar y cloruro de sodio. Además, se realizaron análisis fisicoquímicos, de color, capacidad de retención de agua y perfil de viscosidad. La viscosidad de la masa se midió en el viscosímetro Rapid Visco Analyser Super 4 mediante el software thermocline del RVA, para lo cual se utilizó una muestra base de 3,5 g a una temperatura de 25°C.

La adición de harinas no convencionales a los alimentos afecta la viscoelasticidad de las masas, ya que la composición química de este tipo de harinas se ve afectada durante la molienda debido a que los gránulos de almidón se dañan de manera parcial y esto a su vez ocasiona un ataque enzimático y permite la penetración del agua. En el presente trabajo se observaron diferencias significativas en el análisis de viscosidad, el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con la adición de 2,5 % de harina de quinua, además a mayor porcentaje de sustitución de harina se disminuye la viscosidad, ya que por efecto del cizallamiento y la temperatura empieza a disminuir por la ruptura de los gránulos de almidón. Cabe mencionar que, en la determinación de la fuerza la masa elaborada solamente con harina de trigo tuvo un valor más alto respecto a los demás.

Las propiedades reológicas y la estructura de las masas para pan son definidas por la combinación que se dan entre el tipo de harina utilizada, la cantidad de agua y la levadura. El uso de harina de quinua como ingrediente sustituto de

manera parcial en la elaboración de pan fue un factor crucial para que la fuerza de la masa se vea afectada de manera significativa, sin embargo, su sustitución ha contribuido a tener un producto más completo nutricionalmente.

Con el análisis del artículo anteriormente mencionado es importante señalar que en la fabricación de productos de la industria molinera la adición de cualquier harina diferente al trigo afecta de manera directa a la calidad reológica del producto final, sin embargo, se ha evidenciado que a menores porcentajes de sustitución se pueden obtener alimentos con las mismas características viscoelásticas y además con más nutrientes. Por esta razón se ha optado por emplear porcentajes de 10 a 40 % de sustitución en la elaboración de la pasta, con el fin de corroborar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Devi *et al.* (2022) en su investigación La adición de hojas secas de brócoli (*Brassica oleracea L.*) puede mejorar la nutrición de los fideos mencionan que las hojas de brócoli contienen sustancias químicas activas que son infrutilizadas, ya que se ha comprobado que estas tienen más antioxidantes que los tallos y los floretes. Además, este vegetal contiene pocas calorías y el 29% de su peso seco es en forma de proteína, y solamente contiene 3,5 g de carbohidratos por cada 100 g de producto.

Para la elaboración de los fideos se utilizaron porcentajes de sustitución de 3,4 y 5%, los cuales fueron mezclados con harina de trigo, huevos, agua mineral, carbonato de sodio y aceite de canola. Dentro de los parámetros fisicoquímicos analizados está el porcentaje de agua, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos y fibra cruda; cuantas más hojas de brócoli se agreguen mayor será el contenido de agua, ya que las hojas son ricas en fibra dietética y las hace capaces de retener un mayor porcentaje de humedad.

La adición de hojas secas de brócoli puede aumentar el contenido de agua, proteínas, cenizas y fibra de los fideos. A diferencia del contenido de grasa y de carbohidratos, cuanto mayor sea la adición de hojas secas de brócoli, menor será el contenido de grasa y de carbohidratos. Las proteínas y la fibra cruda de los alimentos aportan un valor positivo para la salud. Según este estudio, la adición de hojas secas de brócoli a los fideos es un esfuerzo por mejorar la nutrición en los productos de fideos.

En base a lo mencionado anteriormente la adición de hojas de brócoli tiene una influencia directa sobre las características reológicas de una masa, ya que dependiendo de su porcentaje de sustitución los parámetros físicos como el contenido de agua, grasa y carbohidratos presentan cambios y estos a su vez hacen que la textura y la viscosidad se vean afectados.

Burgos *et al.* (2019) en su investigación Caracterización fisicoquímica y respuesta del consumidor a nuevas pastas frescas a base de ingredientes andinos: Ñoquis en Salta Argentina mencionan que la evolución de la gastronomía está relacionada con el contexto social y económico de cada época. La cocina está basada en la ciencia y al diseño de platos estimulantes y novedosos, es así como la ciencia de los alimentos incluye tecnología, nutrición, textura y salud

Para su preparación las papas se cocinaron a vapor en una vaporera eléctrica durante 30 min, luego se pelaron, cortaron y procesaron para obtener puré de papa. El estudio se enfocó en tres tipos que son de origen comercial (C), quinua (Q) y papa andina (A), así se evidencio que A y Q eran los más gomosos, exponiendo poca pérdida de estructura granular.

La aceptabilidad media de Q, A y C fue de 3,79, 3,96 y 4,49, correspondientemente. Además, se reflejó en la intención de compra, lo que puede deberse a la falta de variedad en el mercado local. Este artículo manifiesta que los ñoquis de pasta fresca con ingredientes andinos son de alta calidad y ayudan a la revalorización de estos originales cultivos andinos, muy importantes para la comunidad de las ciencias de la alimentación y la gastronomía de los andes.

La evolución de la industria con la reformulación de los alimentos ha conllevado a que los consumidores encuentren en el mercado los productos habituales con sustituciones de ciertos ingredientes, esto ha ocasionado que en algunos casos desistan de comprar el producto por las características sensoriales que esté presente. Si bien es cierto la búsqueda de alimentos sanos y nutritivos ha hecho que se busquen fuentes innumerables de sustitutos, sin embargo, no todos son agradables sensorialmente.

Wójtowicz *et al.* (2020) en su investigación Composición química y características de calidad seleccionadas de nuevos tipos de productos de pasta precocida de trigo y espelta en Estados Unidos mencionan que en los últimos tiempos se ha incrementado el interés por las propiedades de los alimentos revelando que la pasta integral puede ser un valioso complemento para cualquier dieta.

Para su elaboración se utilizaron varias harinas de tipo comercial como harina de trigo blanco, harina de trigo integral, harina de trigo blanco de espelta y harina de espelta integral; se aplicó la técnica de extrusión cocción para el procesamiento de la pasta precocida y se procedió a evaluar en la pasta seca la composición química, composición de aminoácidos, contenidos fenólicos y actividad de antioxidante; mientras que en la pasta precocida se tomaron en consideración la gelatinización del almidón, dureza, color y características sensoriales.

Los atributos sensoriales se evaluaron después de la cocción en agua caliente de la pasta, en este caso se midieron parámetros como color, forma apariencia, sabor, pegajosidad y calidad general, para este análisis se contó con un panel de 15 catadores semi entrenados en donde mediante una escala hedónica de 9 puntos se evaluaron las características de la pasta precocida de harina de trigo y espelta, dando como resultado que este tipo de fideo no fue muy agradable para los consumidores ya que obtuvo una nota inferior a los 5 puntos de manera general, sin embargo el tratamiento que destacó un poco más con una nota de 7 fue el elaborado solamente con harina de trigo blando.

De esta investigación cabe recalcar que la microestructura de la pasta mostró una estructura interna compacta y densa con partículas de salvado visibles ya que se utilizaron harinas integrales, este mismo suceso puede ocurrir si se integra harina de residuos de brócoli. El trigo integral y la pasta precocida de espelta integral se caracterizaron por una mejor composición nutricional y un mayor potencial antioxidante, pero una menor firmeza y una mayor adhesividad en comparación con las harinas refinadas.

Vieira *et al.* (2021) en su investigación Efectos del almacenamiento congelado a largo plazo sobre la calidad y aceptación de la pasta de yuca sin gluten en

Campaña Grande Brasil mencionan que los productos sin gluten se pueden ver afectados por las condiciones de almacenamiento frío durante prolongados periodos de tiempo.

La yuca fue obtenida en un mercado local, posteriormente se aisló su almidón el cual se trituro con agua destilada en una proporción 1:2 durante cuatro minutos; la suspensión de almidón filtrada se decantó en un ambiente refrigerado a 5 °C durante 24 h y luego se descartó el sobrenadante de la suspensión. Se realizaron tres lavados del almidón con agua destilada, luego el almidón se congeló a -25 °C durante 24 h y se liofilizó a -50 °C durante 48 h, utilizando un liofilizador de mesa.

Se desarrollaron 2 formulaciones, una con almidón de yuca y otra con harina de trigo; mismas fueron mezcladas de manera homogénea con leche de coco y huevos. Las pastas se caracterizaron en pH, acidez total, ceniza, fibra, contenido de humedad y proteína. Además, se desarrollaron pruebas de viscosidad y torsión en la masa de la pasta con un viscosímetro Brookfield a una temperatura de 25°C a velocidades entre 50 y 200 rpm, los datos de la deformación y tensión cortantes se ajustaron al modelo reológico de Ostwald Waelle (Ley de Potencia).

En lo que comprende al análisis sensorial se optó por someter las muestras a un panel de catación conformado por 60 jueces no entrenados de ambos sexos, en donde se sirvieron muestras codificadas de manera aleatoria de tres dígitos de 10 g previamente calentadas durante 30 s acompañado de un vaso de agua mineral para limpiar el paladar. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos y se evaluaron atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptación general.

No se presentaron diferencias significativas entre las muestras en lo que concierne a los análisis fisicoquímicos de la pasta; en cuanto a las propiedades reológicas se observa que la viscosidad aparente disminuye al aumentar la velocidad de corte lo que implica que es un comportamiento típico no newtoniano o pseudoplástico. El coeficiente de determinación es más significativo que el 90% y las desviaciones cuadráticas inferiores a 0,2. La pasta con almidón de yuca presentó valores de índice de comportamiento inferiores a 1.

Sin embargo, la pasta de harina de trigo presentó mayor firmeza que la pasta de almidón de yuca, ya que el gluten de la harina de trigo es el principal contribuyente al establecimiento de una red proteica, no obstante, para brindar características de firmeza similares a los productos con gluten, era necesario utilizar algunos aditivos como la transglutaminasa.

2.2 Marco teórico.

2.2.1 Nuevos conceptos en el desarrollo de alimentos basado en subproductos alimenticios.

La pandemia de Covid-19 hizo que un porcentaje de la población mundial cambien sus hábitos de compra y consumo hacia opciones más saludables y respetuosas hacia el medio (Castillo *et al.*, 2021). Para Novelli (2018) la evolución de las preferencias ha generado nuevos desafíos y oportunidades para la industria alimentaria, siendo así la sustentabilidad una de las palabras que hoy en día más se pone en práctica. El sistema agroalimentario ha pasado por diversos cambios, la industrialización de la agricultura y el procesamiento de productos listos para el consumo ha logrado incrementar la producción de alimentos en el mundo (Soares *et al.*, 2020).

El pilar de crecimiento para las empresas en este caso es la innovación, sin embargo, identificar las ideas que tienen un gran potencial de producción puede conllevar muchos obstáculos (Musaurieta, 2021). Las industrias buscan identificar los modelos que mejoren su productividad y competitividad, por lo que el acceso a las nuevas tecnologías y el trabajo de un personal capacitado permite ofrecer soluciones a partir de recursos limitado (Gutiérrez *et al.*, 2018) .

La agroindustria ecuatoriana busca competir con los mercados internacionales, para eso ha tenido que transformar su cadena productiva, para ofrecer productos no solo con excelente calidad organoléptica, sino también con alto contenido de sustancias bioactivas (Carrasco *et al.*, 2020).

Rojo *et al.* (2018) mencionan que la disponibilidad de alimentos en el mercado es suficiente para cubrir la demanda de la población, sin embargo, aún existe una participación significativa de la población que aun opta por consumir alimentos industrializados, ultra procesados y en muchos casos de baja calidad

nutricional, por otra parte, dentro de este selecto grupo se encuentran alimentos novedosos que permiten sustituir algunos de los más comunes.

La ciencia de los alimentos permite estudiar y crear productos que no se encontrarían con normalidad, además ayuda a entender el funcionamiento de cada compuesto activo en el organismo (Vázquez *et al.*, 2020). El gran interés de los alimentos funcionales por parte de la industria, academia y consumidores ha hecho que este tema se convierta en tendencia mundial, lo que ha ocasionado que su demanda suba de 5% al 28% (Villamil *et al.*, 2020).

A partir de la necesidad y problemas medioambientales que representan los millones de toneladas de residuos de alimentos en el mundo, la búsqueda bibliográfica actual se ha enfocado en el estudio de la composición de los compuestos bioactivos a partir de los subproductos alimentarios (Ruiz, 2021). Ibarri (2019) manifiesta que la reducción de desperdicios podría ayudar a disminuir parcialmente la dependencia los mercados internacionales, reduciendo costos, mejorando la competitividad y disminuyendo el impacto ambiental generado por estos subproductos.

La variabilidad de los planteamientos, ingredientes y autenticidad son las claves que en la tecnología de alimentos promoverán el futuro de la alimentación (Sandoval y Ruiz, 2018). Para crear alimentos hay que tener en claro las necesidades que se pretende cubrir, por este motivo es que los residuos alimentarios son utilizados con el fin de aprovechar sus nutrientes, ayudar a la sostenibilidad y disminuir el impacto climático (Avendaño *et al.*, 2020).

Para Arozarena (2015) una vez obtenidos los subproductos de los alimentos se les otorga una jerarquía como se puede apreciar en la tabla 1, ya que muchos ofrecen la opción de ser utilizados de forma sostenible mediante procesos tecnológicos, fermentativos y de extracción, con el afán de obtener los compuestos añadidos para su uso alimentario. En la tabla 1 se puede apreciar el nivel de jerarquía de los subproductos obtenidos a partir de los alimentos. Si bien muchos de los residuos son utilizados como comida de ganado, hay otros que son fuente de compuestos bioactivos o componentes que permiten obtener productos como biogas.

Tabla 1

Jerarquía de los subproductos alimenticios

Jerarquía de los subproductos alimenticios	
Prevención	Medidas adoptadas antes de que el producto se haya convertido en residuo.
Reutilización	Operación que permite a los subproductos no convertirse en desechos, sino que sean utilizados con el mismo propósito para el que fueron hechos.
Reciclado	Operación que permite transformar los residuos en nuevos productos o sustancias a partir de su material orgánico.
Valorización	Operación que permite utilizar el residuo como sustituto de otro material de manera energética.
Eliminación	Operación que no sea de valorización y tenga como consecuencia someter a incineraciones o eliminación total el producto. Esta es la opción menos deseable dentro de la jerarquía.

Fuente: Basado en (Arozarena, 2021)

2.2.2 Generalidades y formas de consumo del brócoli.

El brócoli conocido por su nombre científico como *Brassica oleracea*, es una planta perteneciente a la familia de las crucíferas, su nombre es proveniente del italiano Brocco que significa rama de brazo haciendo alusión a los brotes de la forma del vegetal (Santillan, 2021). Se caracteriza por ser una planta perenne que puede llegar a medir 90 cm aproximadamente, además se pueden encontrar otras variedades como *Brassica Oleracea var. Botrytis*, *Brassica oleracea var. Gemmifera* y *Brassica oleracea var. Viridis* (INECOL, 2021).

En la tabla 2 se describe la clasificación taxonómica que presenta el brócoli.

Tabla 2

Clasificación Taxonómica del brócoli

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta

Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Brassicaceae</i> (crucíferas)
Género	<i>Brassica</i> L. 1753
Especie	<i>Brassica Oleracea</i>
Subespecie	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> Plenck 1794

Fuente: (Santillan, 2021)

El brócoli es una planta que presenta 14 veces más betacaroteno que otras verduras, esto lo hace que sea precursor de la vitamina A y aporte con una significativa cantidad de potasio, ácido fólico y compuestos fitoquímicos, siendo un alimento primordial para las personas que sufren de osteoporosis o deficiencias de calcio (Catota, 2020).

Su estructura botánica corresponde a una inflorescencia inmadura, en donde lo más consumido son los floretes; es distintiva de las otras plantas de su misma familia por presentar pedúnculos florales de forma prieta y además por tener una cabeza irregular y abierta de color verde intenso (Acosta *et al.*, 2018). En la tabla 3 se puede apreciar ciertos de los parámetros que se encuentran en 100 gramos de brócoli.

Tabla 3

Propiedades nutricionales del brócoli

Parámetro	Cantidad
Calorías	34
Grasas totales	0,4 g
Colesterol	0 mg
Sodio	33 mg
Potasio	316 mg
Hidratos de carbono	7 g
Proteínas	2,8 g
Vitamina A	623 IU
Calcio	47 mg
Vitamina C	89,2 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina B6	0,2 mg
Magnesio	21 mg

Fuente: (Acosta *et al.*, 2018)

América latina durante los últimos años ha transitado por un proceso de restauración en los modelos de desarrollo que ejecuta en cada país, haciendo que los agronegocios basados en el cultivo de productos poco tradicionales en los mercados han conllevado a que el campesino se asiente en las zonas rurales y explote al máximo sus recursos para ofrecer alimentos de calidad (Fransoi, 2019). En Ecuador el cultivo de alimentos no tradicionales ha surgido como estrategia ante la globalización por la cual está pasando el mundo actualmente, a partir de los años 1990 la producción de brócoli en la zona andina ha ido incrementando de manera paulatina (Le Gall, 2009).

La sierra central es el escenario en donde se ha recreado los modelos de agronegocios basados en cultivos no tradicionales en donde la venta de brócoli se ha ido acrecentando con el pasar de los años (Fransoi, 2020). El sabor de este alimento es diferente al que producen el resto de los países, esto lo hace un producto apreciado en los mercados extranjeros por su calidad y sus altos componentes vitamínicos (Lozano, 2019).

A nivel nacional el cultivo de brócoli ha dinamizado la economía del país, siendo Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura y Pichincha las principales provincias que producen este alimento tal como se muestra en la figura 1 debido a las excelentes condiciones climáticas y superficies de siembra que presentan sus suelos (Duque y Murillo, 2021). Ecuador es un país que no solamente se destaca por su exportación petrolera, hoy en día se puede apreciar que muchos alimentos tradicionales y no tradicionales se van sumando a los principales productos exportados, colocándolo al brócoli en el octavo puesto en el ranking de exportaciones nacionales (Guerrero y Tacuri, 2020).

Figura 1.

Provincias con mayor producción de brócoli en Ecuador.



Nota: Dentro de las principales provincias productoras de brócoli en el país se encuentran Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Fuente: (Duque y Murillo, 2021)

Debido a los nuevos procesos tecnológicos empleados en los procesos de fabricación, los mercados cada día sorprenden a los consumidores con sus productos innovadores y estratégicos, generando de cierto modo el crecimiento de la oferta debido al incremento de la población (Sosa, 2020).

El brócoli es un vegetal muy versátil y se caracteriza por ser tener una gran fuente de nutrientes esenciales, sin embargo, la mayoría de las personas que lo consumen desconocen la manera correcta de prepararlo (Morales, 2020). En la tabla 4 se encuentran algunas formas de preparación del brócoli.

Tabla 4*Formas de consumo de brócoli*

Forma de consumo	Condiciones del proceso	Tipo de consumidores	Referencia
Brócoli liofilizado	Proceso de liofilización realizado a una base de germinado de brócoli	Diabéticos tipo 2	(Chacaliaza <i>et al.</i> , 2020)
Pesto a base de brócoli	Se utilizaron de manera principal las hojas del brócoli y se sometieron a cocción durante 21 min a 5 °C	Mercados y supermercados	(Castillejo <i>et al.</i> , 2019)
Nuggets	Se utilizó el brócoli como ingrediente principal con la quinua para la elaboración de Nuggets para niños	Mercados y supermercados	(Cassinelli <i>et al.</i> , 2019)
Pastas	Se obtuvo una harina a partir del brócoli y se utilizó como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de la pasta	Mercados y supermercados	(D. Delgado, 2020)
Polvos de tallo de brócoli como ingrediente funcional	Aplicación de fermentación como pretratamiento para la obtención de polvos de tallo de brócoli con características funcionales utilizando tres cepas de bacterias del ácido láctico (<i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> y <i>Lactobacillus reuteri</i>) y dos tipos de intensidad de desestructurado: Triturado y Troceado.	Industrias de alimentos	de (Serna Barrera, 2021)

2.2.3 Componentes funcionales y de mayor importancia presentes en el brócoli.

Los métodos de calentamiento mal empleados a los cuales es sometido el brócoli en muchas ocasiones afectan de manera significativa a los compuestos bioactivos, sin embargo, cuando se realiza un proceso de cocción a la temperatura correcta se puede aumentar la concentración de glucosinolato (Vásquez, 2018). Según evidencia epidemiológica se ha encontrado que el sulforafano presente en el tejido de la planta de brócoli tiene propiedades antioxidantes (Yagishita *et al.*, 2019).

La gran atención captada por los productos de hidrolisis a partir de glucosinolatos debido a sus propiedades benéficas en la salud ha conllevado que se aprecie cada parte de los alimentos que contienen este compuesto, ya que debido a la alta prevalencia de enfermedades terminales y cardiovasculares se ha realizado estudios *in vitro* para conocer a certeza los beneficios de las brassicáceas (Mahn y Castillo, 2021).

El sulforafano es un isotiocianato almacenado como glucorafanina en los vegetales crucíferos, este se metaboliza por medio de la vía del ácido mercaptúrico para producir metabolitos, actualmente este compuesto se ha venido investigando por la medicina, ya que se han encontrado indicios en donde se demuestra que ayuda a proteger contra cierto tipo de tumores y permite disminuir las enfermedades cardiovasculares y el autismo (Vanduchova *et al.*, 2019). Otros de los compuestos que también tiene este vegetal se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5

Nutrientes y fitoquímicos en crucíferas asociadas a beneficios en la salud.

Compuesto Bioactivo	Características
GLS e ITC	<ul style="list-style-type: none">• Permite la inducción de enzimas de detoxificación.• Ayuda en la apoptosis y detención del crecimiento de células tumorales.• Disminuye la adipogénesis y la inflamación.• Reduce el estrés oxidativo.

Compuestos fenólicos	Flavonoles
	<ul style="list-style-type: none"> • Previenen la oxidación de las LDL. • Aporta con una acción protectora capilar. • Reduce la glucosa en sangre. • Tiene un efecto inhibidor de tumores. • Presenta características antiinflamatorias, antimicrobianas y antialérgicas.
	<p>Ácidos hidroxicinámicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tienen protección celular ante los peroxinitritos.
	<p>Antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentan poder antioxidante y antígenotóxico.
Vitaminas	<ul style="list-style-type: none"> • Las más importantes son las A y la E. • Ayudan a la protección frente a los radicales libres. • Tienen función citoprotectora • Mantienen la integridad de las proteínas.
Minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan en mayor proporción el Potasio, Calcio, Sodio, Magnesio, Hierro, Zinc, Selenio y Manganeseo • Son muy participativos durante las actividades metabólicas. • Cumplen con funciones bioquímicas y nutricionales.

Fuente: (Vanduchova *et al.*, 2019).

2.2.4 Efecto de las tecnologías de procesamiento sobre los compuestos funcionales del brócoli.

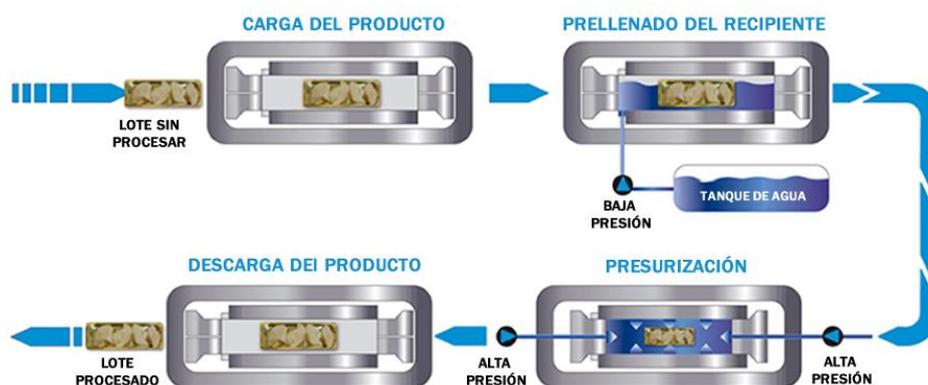
Los compuestos funcionales del brócoli son sensibles a los cambios de temperatura y procesos de degradación, es por esta razón que no todas las tecnologías de procesamiento son hábiles para el procesamiento de este vegetal, ya que se pueden perder componentes importantes durante su transformación (Vázquez *et al.*, 2020). A continuación, se mencionan algunas tecnologías que se han implementado con el fin de mantener los compuestos funcionales presentes en el brócoli.

Una de las tecnologías que actualmente se está aplicando a este alimento durante su procesamiento es la alta presión hidrostática en modelos celulares, en donde se han aplicado diferentes presiones y tiempos para determinar si los compuestos funcionales son degradados, para esto se ha sometido a trozos de brócoli a presiones de 400 MPa durante 15 minutos, sin embargo, el contenido

de flavonoides y vitamina C no fue afectado, pero el contenido fenólico total fue creciente conjuntamente con el aumento de la presión (Duque y Murillo, 2021). Un ejemplo de este modelo es la figura 2.

Figura 2.

Modelo del equipo de procesamiento en alta presión hidrostática.



Nota: Los equipos de alta presión hidrostática cuentan de una cámara de pasteurización, un generador de presión y un sistema de control de temperatura, además dependiendo del producto a utilizar se utiliza un sistema discontinuo para sólidos y líquidos envasados y uno semicontinuo para líquidos que no han sido envasados. Fuente: (Duque y Murillo, 2021)

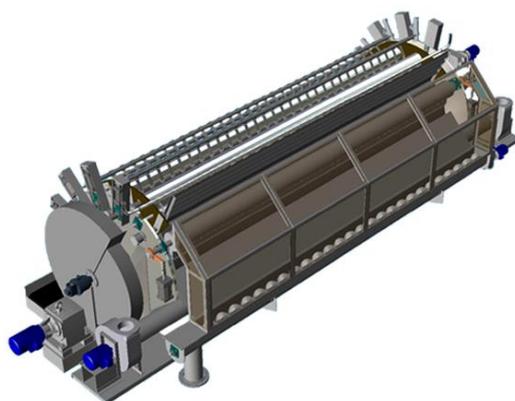
Por otro lado, se tiene la aplicación de campos electrostáticos de alto voltaje (HVEF) como método de conservación de brócoli, en donde las muestras del vegetal se han tratado con (HVEF) de 50 – 400 kV/m a 4°C, en donde se determinó que este método podría reducir la pérdida de dureza y ayudar a mantener el color verde característico del alimento, además no existieron cambios sustanciales en el porcentaje de compuestos funcionales y se obtuvo como resultado que la aplicación de esta tecnología puede extender la vida útil de esta verdura que ha sido recién cortada durante 40 días (Ke *et al.*, 2021).

Otra tecnología que se ha empleado en el brócoli, en este caso en jugo es la aplicación de campos eléctricos pulsados de alta intensidad (HIPEF), en donde se somete el producto a una intensidad de campo eléctrico de 15 a 35 kV/cm y con un tiempo de tratamiento de 500 μ s a 2000 μ s a una temperatura de 90°C, se obtuvo como resultado que el tratamiento por HIPEF influyó de manera significativa en el contenido de minerales y aminoácidos, siendo el hierro, manganeso y zinc los que presentaron mayor aumento relativo (Sánchez *et al.*, 2020) .

El secado en tambor es una técnica a la que se someten pulpas de frutas y verduras a un tambor como se muestra en la figura 3, en el caso del brócoli se ha evidenciado que este procedimiento no afecta de manera significativa la cantidad de sulforafano que contiene el alimento, sin embargo, el estado líquido de este producto hizo que al final no presente una forma definida y un color heterogéneo. No obstante, los compuestos fenólicos y el ácido ascórbico se vieron afectadas, ya que su porcentaje de composición disminuyó de manera significativa después del secado, esto al haber sometido la pulpa a una rotación de tambor de 5 Hz a 125°C con una relación agua-pulpa de 0,25 (Córdova *et al.*, 2020).

Figura 3.

Equipo de secado en tambor.



Nota: Este tipo de equipos son de un alto grado de capacidad y operación continua, ya que están conformados por un sistema de calentamiento, un tambor giratorio, un dispositivo de alimentación, un recolector de polvo, una unidad de accionamiento y una unidad de descarga. Fuente: (Córdova *et al.*, 2020)

Una de las tecnologías que es muy utilizada por la industria de alimentos es la fermentación, en este caso se sometió a este proceso a un pure de brócoli, al que le fueron aplicadas bacterias ácido-lácticas con el fin de mantener la actividad de la mirosinasa endógena, esta técnica inhibió el crecimiento de microorganismos patógenos y aumento el rendimiento de sulforafano de 845 a 1617 $\mu\text{mol/kg}$ de materia seca (MS) en una etapa inicial, además se obtuvo que después de los 3 meses de fermentación a 4°C durante tres meses el contenido

de sulforafano se mantuvo con 1012,9 $\mu\text{mol/kg}$ esto sometido a una temperatura (Cai *et al.*, 2019).

En los tratamientos de postcosecha del brócoli se han aplicado tratamientos de ultrasonido (US) y aplicación exógena de etileno (ET), para esto se han sometido a los floretes a un tratamiento de ultrasonido a 15°C por 20 minutos, con una frecuencia de 24 kHz y una amplitud de 100 μm , por otro lado están las muestras a las que se le aplico el proceso de exógena de etileno a 250 ppm y una ET de 1000 ppm, mediante la aplicación de estos procedimientos se logró determinar que el tratamiento por US aumento de manera considerable la extractabilidad de los glucosinolatos, haciendo también que el contenido de ácido ascórbico no se vea afectado, mientras que el otro proceso lo redujo de manera significativa (Aguilar *et al.*, 2019).

Se ha demostrado que la exposición del brócoli al vapor eleva el valor total del análisis de capacidad de radicales de oxígeno hidrofílico y lipofílico (ORAC) en 2,3 veces; también se encontró que la parte hidrofílica de la verdura tuvo una reducción de forma significativa del nivel especies reactivas al oxígeno con relación a la parte fresca. Los compuestos fenólicos mediante el proceso de vapor aumentaron en el alimento y mediante los análisis cromatográficos se demostró que una fracción fenólica que no estaba unida en una resina contribuyó con el 54% y un grupo fenólico eluido con el 50% para que el valor de compuestos fenólicos haya aumentado durante el proceso de vaporización del producto (Roy *et al.*, 2009).

2.2.5 Aprovechamiento de residuos de brócoli para la obtención de subproductos.

La reintroducción de desechos producidos durante la cadena alimentaria contribuye a la economía circular y mejorar los sistemas alimentarios sostenibles, ya que durante el procesamiento de las frutas y verduras se obtiene una materia residual que es rica en compuestos bioactivos (Bas *et al.*, 2022). La industria hortofrutícola es una de las empresas que más biorresiduos genera anualmente, todos estos son catalogados como desechos alimentarios de gran valor funcional, ya que, a partir de estos se obtienen ingredientes funcionales como

fibra, péptidos, proteínas, polifenoles, glucosinolatos y vitaminas (Salas *et al.*, 2022).

Actualmente la exploración que se ha venido desarrollando en los subproductos como base de una fuente valiosa de componentes bioactivos es sin duda muy numerosa, ya que, al asociar a ciertos productos con la prevención de enfermedades ocasiona que los investigadores pongan más énfasis en los tipos de alimentos de donde pueden aprovechar el máximo de los recursos (Borja *et al.*, 2020) El brócoli es la quinta hortaliza que más se produce en el mundo, sin embargo, se estima que alrededor del 43 % de la cosecha es considerada desperdicio (Rodríguez García y Raghavan, 2022).

Los tallos, hojas e inflorescencias del brócoli son subproductos que tienen un gran potencial para el desarrollo de ingredientes funcionales y que en la actualidad se le ha tomado más en cuenta en la industria para utilizarlos con sustitutos en ciertas preparaciones (Shi *et al.*, 2019). Las propiedades funcionales de este tipo de subproducto alimentario que se presentan en mayor proporción son la fibra dietética insoluble y soluble en la parte del tallo (Rivas *et al.*, 2022)

La mejor manera de provechar los residuos alimentarios es por medio del secado y posteriormente la reducción del tamaño, esto mediante tecnologías de secado con aire caliente convencional o secado al vacío, ya que una vez que lo tenemos al producto en cantidades pequeñas y no como comúnmente se lo encuentra en forma de desecho en los supermercados es más fácil manipularlo o integrarlo con otro tipo de ingredientes (Melini *et al.*, 2020).

La revalorización de los subproductos de este vegetal hace que hoy en día en el mercado se encuentren nuevas formas de alimentación saludable, sustentable y nutritiva; o que aun estén los alimentos en investigaciones por su funcionalidad. La fermentación es una técnica antigua que ha permitido conservar a los productos por más tiempo, en este caso se ha evaluado el comportamiento de tallos de brócoli fermentados de manera natural durante 6 días y a 25°C y se ha observado que a partir del día 3 se puede encontrar un contenido mayor en cuanto a glucoerucina, ácidos fenólicos y flavonoides, además mediante un análisis metagenómico se logró identificar 1009 géneros de bacterias, entre las

cuales se destacan *Latilactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Leuconostoc kimchi* y *Leuconostoc carnosum* (Salas *et al.*, 2022).

La fibra contenida en los subproductos en la actualidad está siendo utilizada como método de supervivencia para seis cepas de probióticos, en donde, se llegó a demostrar que la fibra del brócoli estimula una mayor producción de ácidos grasos en cuanto a cadena corta en las cepas estudiadas, además este tipo de residuos mostraron que tiene altas concentraciones de polisacáridos y que ayudan en el tracto intestinal del ser humano (Rivas *et al.*, 2021).

Los tallos de brócoli representan el 35% de los restos que se generan durante la cosecha como una manera de contribuir a la sostenibilidad se ha desarrollado la valorización de los ingredientes funcionales que este contiene con el fin de desarrollar un nuevo ingrediente que permita sustituir parcialmente a otros, los troncos del vegetal se caracterizan principalmente por contener ácido hidroxicinámico y flavonoles glicosilados; estos fueron tratados por un gradiente de temperatura descendente de secado, esto se verificó en los resultados ya que los tratamientos que fueron sometidos a temperaturas bajas de secado presentaron una mayor cantidad de compuestos bioactivos y antioxidantes fenólicos capaces de generar propiedades antioxidantes y antiinflamatorias en los productos que los usen (Costa *et al.*, 2022) .

2.2.6 Desarrollo de pastas alimenticias a partir de subproductos de la industria alimentaria.

La pasta es uno de los alimentos mayormente consumida a nivel mundial por su sabor, precio y facilidad de cocción, el éxito de sus preparación se basa en el tiempo óptimo de cocción y la textura que presente, dentro de las variedades de pasta más conocidas están la calamarata, fettuccine, rigatoni, macarrones, canelones, paccheri, pipe rigate y finalmente los espaguetis que son largos, de manera estrecha y son muy versátiles para acompañarlos de cualquier ingrediente adicional (Barrado, 2022).

La pasta es el alimento perfecto que le permite enriquecerse con compuestos bioactivos de origen alternativo, ya que es un producto de fácil manejo, almacenamiento y preparación, además su versatilidad en presentaciones y

precios lo hace más accesible al consumidor (Ainsa *et al.*, 2021). Se han investigado una variedad de ingredientes bioactivos que pueden ser útiles para mejorar la funcionalidad de la pasta, esto es mediante la incorporación de fibras dietéticas, las cuales han llamado la atención por su amplia disponibilidad ya que se pueden recuperar de diferentes residuos alimentarios (Carpentieri *et al.*, 2022).

Las harinas elaboradas a partir de subproductos de alimenticios son materiales de bajo valor agregado y contribuyen a de manera sustentable a las industrias, de la misma forma que está alineada a las nuevas tendencias y hábitos de consumo de la población (Bento *et al.*, 2021). Hoy en día se está valorizando mucho los desechos, es por esta razón que las investigaciones sobre la adición de componentes funcionales extraídos de subproductos hacia las pastas están siendo muy estudiados, tal como se muestra a continuación.

En la investigación de Ainsa *et al.* (2021) se han utilizado los subproductos de la industria pesquera para elaborar una pasta rica en nutrientes, para lo cual, realizaron la mezcla con sémola de trigo duro y diferentes concentraciones de harina de pescado obtenida de atún y lubina, además determinaron el perfil de ácidos grasos, el análisis de perfil de textura, el índice de hinchazón, pérdidas por cocción y un análisis sensorial, a partir de estos análisis observaron que la incorporación de esta nueva harina disminuyó el peso e índice de hinchazón del producto, tuvo menor dureza y fracturabilidad y presentó un brillo especial, sin embargo para conseguir un alimento idóneo recomendaron disminuir el porcentaje de pescado con el fin de mejorar su perfil sensorial.

En el trabajo desarrollado por Bento *et al.* (2021) se han desarrollado harinas pregelatinizadas a partir de subproductos del frijol negro y carioca para incorporarlas en pastas instantáneas, para esto, realizaron dos tratamientos, uno remojando los granos previamente y otro directamente moliendo, sin embargo, cuando estos son procesados de manera inmediata en muchos casos la harina suele quedar con un sabor no agradable debido a compuestos propios del alimento. Una vez elaborada la pasta con los dos tipos de harían se concluyó que las dos presentaron tiempos óptimos de cocción que oscilaban entre 3 y 4

minutos, un contenido proteico de 19 g y una fibra dietética de 18 g y se obtuvo la aceptabilidad por parte del panel sensorial.

En el presente estudio se trata sobre la fabricación y la caracterización de una pasta sin gluten a partir de desechos de arroz negro, para esto se realizó la extrusión de la pasta en formato penne y se añadieron aditivos alimentarios para mejorar la textura y las propiedades viscoelásticas de la misma; luego de su evaluación de calidad se obtuvo que muestra un 31,9% de humedad, un índice de absorción de agua de 68% y un tiempo de cocción de 7 minutos, además presentó 10,4 g de cianidina-3-glucósido/100 g (base seca) y mediante el análisis sensorial realizado a 100 jueces se mostraron altos niveles de aceptación con un porcentaje relevante del 89%, ya que el color morado natural y el sabor peculiar a castaña hizo que este alimento sea una propuesta innovadora (Chan *et al.*, 2022).

La producción sustentable ha desencadenado una serie de investigaciones que ha conllevado al diseño y fabricación de nuevos alimentos a partir de desechos de la industria, este es el caso de la fabricación de una pasta a partir de la cáscara del higo, en donde se añadieron de manera sustitutiva 10, 13 y 16% de harina de cáscara de higo a una formulación de pasta, para lo cual una vez elaborado el producto lo almacenaron a 4°C para monitorear su estabilidad microbiológica, propiedad sensorial y de cocción, esto mostró que en las tres concentraciones se obtuvieron mejoras en la capacidad antioxidante, la calidad nutricional y en la calidad microbiológica, ya que estos tratamientos se conservaron por más tiempo y de mejor manera a comparación que los elaborados solamente con harina de trigo (Panza *et al.*, 2022).

El aprovechamiento de los residuos ha generado que los desperdicios producidos de la uva Isabel como el orujo sea convertido en harina para introducirlo como un ingrediente alimentario en la preparación de pastas, la adición de este factor a los tratamientos hizo que el contenido de fibra sea mayor a la tradicional y además exista menor pérdida por cocción de sólidos totales, por el lado funcional se encontró que él se incrementó la capacidad antioxidante del producto al mismo tiempo que el sabor fue agradable para los consumidores en la parte sensorial (Oliveira *et al.*, 2022).

2.2.7 Elaboración, caracterización, tipos y usos de las pastas alimenticias.

La variedad de tipos y la diversidad de harinas que son utilizadas como ingredientes para elaborar pasta afectan las características de la calidad del producto, ya que en algunos casos la producción artesanal hace que la calidad de sus materias primas cambie de cierta manera ya que su manera de producción tiene un enfoque más tradicional (Belahcen *et al.*, 2022) .

La variedad de pastas en el mundo es sorprendente, ya que con pocos ingredientes se puede llegar a crear más de 600 tipos, cada uno es diferente, ya sea por su forma, tamaño o color y cada una tiene un propósito diferente en la cocina; para Lomia (2022) a continuación se detallan los tipos más conocidos de pasta en el mercado mundial:

Cabello de ángel: presenta una forma larga, delgada y delicada, sin embargo, solamente toma unos minutos su cocción y necesita de salsas finas para poder acompañarse.

Bucatini: Presenta una forma muy voluminosa, en el centro de este atraviesa un pequeño agujero que muestra lo grueso que es el producto, para este tipo son indispensables las salsas pesadas ya que su contextura permite sobrellevarlas.

Fetuccini: Sin duda este fideo es uno de los más conocidos y utilizados en las cocinas del mundo por presentar una forma plana y una contextura que le permite llevar mezclas de salsas espesas y cremosas o suaves y ligeras. Cabe recalcar que la pasta tipo fetuccini se puede presentar en forma de nidos rizados o hebras largas, presenta $\frac{1}{4}$ de pulgadas de ancho y una contextura más espesa al momento de someterlo a cocción.

Fusilli: Conocido por su nombre de sacacorchos en algunos países, este tipo de pastas tiene una forma de tornillo que le permite atrapar la salsa que le sea añadida entre las muchas capas que presenta.

Ñoquis: Se caracterizan por ser una bola de masa suave y tierna que en muchos casos es elaborada con harina y papa hervida, esto lo hace un producto abundante pero delicioso cuando se lo acompaña en salsas, cremas o cualquier sopa.

Linguini: Este fideo es menos ancho que el fettuccini por lo que es muy versátil pasta mezclarlo con mariscos, este tipo es muy utilizado por la mayoría de los restaurantes a nivel de mundo, ya que sus características planas hacen que sea el aliado perfecto de las almejas, camarones y otros mariscos.

Como se puede apreciar son varios los tipos de pasta que se puede encontrar en el mercado o también elaborarlos de manera casera, cada uno presenta características diferentes que lo hacen único y agradable al paladar de cada consumidor, para esto a continuación se detallan algunas investigaciones en donde se cuenta el proceso de elaboración de la pasta fettuccini cuando es sustituida de manera parcial por harinas de otras fuentes vegetales y las características que estas presentan al momento de su preparación.

En el trabajo desarrollado por Ceccanti *et al.* (2022) para la elaboración de una pasta tipo fettuccini incorporada con extractos de plantas bioactivas de hojas silvestres italianas primero se procedió a preparar las concentraciones de los tratamientos con harina de trigo y extractos de plantas *C. intybus* y *P. coronopus*. *C. intybus* y *P. coronopus*, posteriormente a cada 300 g de harina se le adicionaron 3 huevos para ser sometido a un batido Manual durante 6 minutos, una vez que la masa está a punto laminaron la mezcla durante 7 veces hasta conseguir un espesor de 2 mm usando una máquina de pasta casera.

Para el desarrollo de una pasta sin gluten se combinaron los ingredientes secos que contenía la preparación para luego adicionarle los huevos y el agua, el amasado se realizó de manera manual durante 5 minutos y se procedió a laminar con una máquina de pasta casera hasta conseguir un espesor de 1 mm, una vez obtenidas las láminas se cortaron en forma de fettuccini y se cocinaron en agua con una proporción de 1:20 durante 1,83 y 2,73 minutos, teniendo como mejor tiempo de cocción 2,30 minutos (Ceccanti *et al.*, 2022).

En la investigación de Arribas *et al.* (2020) se elaboraron 10 formulaciones de pasta utilizando harinas a base de arroz y frijol, para esto mezclaron los ingredientes durante 5 minutos con un 46% de agua caliente en una licuadora de uso doméstico para obtener una masa más uniforme y garantizar la distribución del agua por todas las partículas de la harina, una vez realizada la masa se pasó la mezcla por una extrusora a escala piloto durante 15 minutos

para obtener láminas de 3 a 5 mm de diámetro y posteriormente se llevó una extrusión en frío para producir el fideo fettuccini con 20 cm de longitud. Una vez obtenidas las láminas delgadas se pre secaron a temperatura ambiente durante 30 minutos y después a la estufa a 70°C por 2 horas.

2.2.8 Metodologías usadas en la determinación de las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y reológicas de pastas con harinas no tradicionales.

Las investigaciones que actualmente se están desarrollando en la industria alimentaria buscan sustitutos que provengan de fuentes sostenibles como una alternativa a la harina de trigo, ya que este ingrediente genera mucha controversia por las enfermedades celiacas, las alergias o la sensibilidad que le presentan ciertas personas (Siddiqui *et al.*, 2022). La pasta representa la matriz ideal para ser enriquecida con productos funcionales, aunque el trigo es indispensable para otorgarle propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales propias del alimento, las formulaciones enriquecidas con otro tipo de harina han venido en tendencia en los últimos años, teniendo de esta manera una amplia variedad de ingredientes que ayudan en la modificación y mejora del perfil nutricional del producto (Romano *et al.*, 2021).

En la industria de la cerveza el grano gastado es el principal producto que se obtienen, por lo que su transformación en harina y uso posterior en pastas determinó que el uso de ingredientes no tradicionales influye en las características reológicas de la masa y en la calidad del producto final, así también la adición de estas enriquece al producto con fibra y compuestos biológicamente activos como los fenólicos. En cuanto a los análisis de textura de la masa se utilizó un texturómetro Perten TVT-6700, en donde se comprimen 50 g de la masa dos veces con un 50% de altura y una sonda cilíndrica de 35 mm, a una velocidad de 5,0 mm/s y una fuerza de disparo de 20 g (Chetrariu y Dabija, 2021).

Las propiedades de la textura son las más importantes en la evaluación de la calidad de la pasta, ya que se relacionan directamente con la aceptación por parte del consumidor. La pasta deseable tiene características al dente de firmeza moderada y alta elasticidad, superficie sin pegajosidad, buena integridad, color

brillante y sabor atractivo y esas características se ven directamente afectadas por las condiciones de secado (Sakurai *et al.*, 2019).

La pasta instantánea preparada a partir de materias primas sin gluten utilizando formadores de estructura se caracterizó por una mejor proporción de materia seca, transferida al agua de cocción durante la elaboración, mayor contenido de proteína y menor contenido de grasa en los productos terminados en comparación con la pasta instantánea elaborada con harina de trigo. Se establece la dosificación máxima de pasta instantánea elaborada a partir de materia prima no tradicional de fibra dietética (inulina), la cual no incide negativamente en los parámetros tecnológicos y de calidad del consumidor de los productos semielaborados y terminados (Nechaev *et al.*, 2021).

2.3 Marco Legal para la producción sustentable y manejo adecuado de los alimentos.

En la presente investigación la normativa que sustenta el presente trabajo está basada en la Constitución de la República del Ecuador, El Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD, La ley para prevenir y reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos y mitigar el hambre de las personas en situación de vulnerabilidad alimentaria y la Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Constitución de la República del Ecuador.

Dentro de la Carta Suprema del Ecuador del 2008, se instituyen una serie de artículos que sustentan el acceso de toda la población a una alimentación sana y nutritiva, y a la vez al uso adecuado de los alimentos para garantizar la seguridad alimentaria del país (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008). Para lo que se exponen los siguientes artículos.

Los artículos 3 y 13 de la constitución se enfocan en el acceso equitativo a una alimentación sana y nutritiva.

Art 3.- “Son deberes primordiales del estado:

Literal 1.- Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en

particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

Literal 5.- Planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”.

Art 13.- “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos, preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”.

La soberanía alimentaria es un derecho que promueve las relaciones de equilibrio entre humanos y la naturaleza, para esto dentro de la constitución se hace hincapié en los artículos 281 y 334.

Art 281.- “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

Literal 1.- Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.

Literal 3.- Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

Literal 8.- Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria”.

Art 334.- “El estado promoverá el acceso equitativo a los factores de producción, para lo cual le corresponderá:

Literal 3.- impulsar y apoyar el desarrollo y la difusión de conocimientos y tecnologías orientados a los procesos de producción.

Literal 4.- desarrollar políticas de fomento a la producción nacional en todos los sectores, en especial para garantizar la soberanía energética, generar empleo y valor agregado”.

Código orgánico de organización territorial, COOTAD.

El Código orgánico de la organización territorial COOTAD (2010) establece los artículos 134 y 431 en donde se promueve la producción sustentable y el manejo adecuado de desechos en la organización política y administrativa del estado ecuatoriano y los diferentes niveles de gobiernos autónomos descentralizados.

Art 134.- “Ejercicio de la competencia de fomento de la seguridad alimentaria: El fomento, de la seguridad alimentaria, cuyo ejercicio corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados regionales se gestionará aplicando las disposiciones constitucionales y legales para garantizar la soberanía alimentaria, la política pública de esta materia bajo el principio de integralidad y comprende:

Literal b.- Implementar coordinadamente con los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, municipales y parroquiales rurales, la producción sustentable de alimentos, en especial los provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales; garantizando la calidad y cantidad de los alimentos necesarios para la vida humana.

Literal d.- Fomentar el acceso de los ciudadanos a alimentos suficientes y sanos mediante la capacidad de incidir en los mercados y en el impulso a estrategias de consumo de alimentos nutritivos, agroecológicos y provenientes de la producción local, además del impulso de sistemas solidarios de comercialización en coordinación con los otros niveles de gobiernos autónomos descentralizados”.

Art 431.- “De la gestión integral del manejo ambiental: Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Distritos Metropolitanos, adoptarán medidas a fin de crear incentivos para que los

poseedores de residuos, los productores y los minoristas participen en los sistemas de recolección separada existentes.

También adoptarán medidas, según proceda, para promover la preparación para la reutilización, fomentando el establecimiento de redes de reutilización y reparación y creando puntos predeterminados de recogida de residuos destinados a la reutilización”

Ley para prevenir y reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos y mitigar el hambre de las personas en situación de vulnerabilidad alimentaria.

La ley publicada el 25 de mayo de 2022 sobre prevenir y reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos y mitigar el hambre de las personas en situación de vulnerabilidad alimentaria los artículos 1,6 y 13 abordan el manejo adecuado de los residuos alimentarios y de los posibles usos que las empresas pueden darles para no desaprovecharlos.

Art 1.- “Esta ley tiene por objeto regular la prevención y reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos de los productores, procesadores, distribuidores, comercializadores e importadores de productos alimenticios aptos para el consumo humano para mitigar el hambre de personas en situación de vulnerabilidad alimentaria; así como generar una cultura de donación para evitar el desperdicio de alimentos”.

Art 6.- “De los lineamientos para el establecimiento de la política pública:

Literal a.- Impulsar medidas integrales para la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos.

Literal c.- implementar estrategias para mejorar el aprovechamiento de los productos alimenticios disponibles para el consumo humano.

Literal d.- mitigar el desperdicio de alimentos para contribuir al acceso seguro de alimentos suficientes para el desarrollo, vida activa y sana de las personas”.

Art 13.- “Jerarquización de acciones para reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos para el consumo humano por parte de los donantes.

Literal 4.- Procesos industriales de aprovechamiento de residuos orgánicos para producción de energías renovables: Consiste en someter a un alimento, producto o subproducto a un ciclo de tratamiento total p parcial para obtener materia prima o un nuevo producto con valor agregado, siempre que la empresa estuviera en la capacidad técnica de generarlo, caso contrario, se destinaran dichos subproductos a empresas que reúnan las condiciones de inocuidad de estos. Se prohíbe la destrucción o incineración injustificada de estos productos”.

Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo.

A nivel internacional la Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos en el literal 1 se enfoca en la adecuada gestión de los subproductos alimentarios para posteriormente ser utilizados de manera sostenible.

Literal 1.- “La gestión de residuos en la Unión debe mejorarse y transformarse en una gestión sostenible de las materias con miras a proteger, preservar y mejorar la calidad del medio ambiente, así como a proteger la salud humana, garantizar la utilización prudente, eficiente y racional de los recursos naturales, promover los principios de la economía circular, mejorar el uso de la energía renovable, aumentar la eficiencia energética, reducir la dependencia de la Unión de los recursos importados, crear nuevas oportunidades económicas y contribuir a la competitividad a largo plazo...”

Todos los artículos y leyes antes mencionadas comparten el desarrollo de una producción sustentable y el manejo adecuado de los alimentos, por esto es necesario que el uso adecuado de los desechos producidos por la industria de alimentos tenga una mayor valoración hoy en día, ya que cada país busca las maneras de reducir el consumo de alimentos exportados y mejorar la economía circular dentro de ellos, esto utilizando todos los recursos que se tiene a disposición.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio.

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de cereales, microbiología y análisis instrumental de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi ubicados en la provincia del Carchi, Cantón Tulcán como se muestran en la figura 4 y 5.

Figura 4.

Ubicación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi



Figura 5.

Instalaciones de los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.



3.2 Enfoque y tipo de investigación

3.2.1 Enfoque

El presente trabajo de investigación presenta un enfoque cuantitativo ya que se realizó una valoración numérica de las características reológicas y sensoriales de una pasta tipo fettuccini elaborada a base de harina de residuos de brócoli con el fin de determinar el mejor tratamiento para el desarrollo de este producto. Mata (2019) define al enfoque cuantitativo como la recolección de datos basada en instrumentos estandarizados, que a la vez es uniforme para todos los casos y que se obtiene mediante la observación, medición y documentación de valores.

3.2.2 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo experimental, ya que, permite ver el control, la medición de sus variables y los resultados obtenidos, así como también las diferentes propiedades de los tratamientos establecidos para cada pasta. Se busca establecer la necesidad de implementar un diseño experimental que requiere el uso de ciertas condiciones controladas de laboratorio, esto con el empleo de la diversidad de equipos y tecnologías (Murillo, 2019).

3.3 Definición y operacionalización de variables

3.3.1 Definición de variables

Independiente

La variable independiente es aquella que se pone a prueba de forma experimental, ya que es manipulada por investigadores con el objetivo de probar una hipótesis; además tiene el poder de afectar el resto de las variables (Castillero, 2019).

A. Porcentajes de sustitución de Harina a base de residuos de brócoli

A1. 0%

A2. 10%

A3. 20%

A4. 30%

A5. 40%

B. Porcentajes de sustitución de Harina de trigo

A1. 100%

A2. 90%

A3. 80%

A4. 70%

A5. 60%

Dependiente

Las variables dependientes son aquellas cuyo comportamiento se ve afectado por la variable independiente, estas se miden con el fin de interpretar los resultados y así conocer si existen o no cambios a ciertas condiciones controladas (Castillero, 2019).

- Características reológicas (Esfuerzo de corte, tasa de corte y viscosidad)
- Características sensoriales (Color, olor, sabor, apariencia)

3.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 6

Operacionalización de variables

	Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
VI	Porcentaje de sustitución de la harina a base de residuos de brócoli	Porcentajes	10%, 20%, 30%, 40%	Gravimetría	(Delgado, 2020) (Dufoo <i>et al.</i> , 2020) (Rejón, 2022)
	Porcentaje de harina de trigo		100%, 90%, 80%, 70%, 60%		
VD	Características reológicas	Perfil viscoelástico de las masas	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo de corte • Taza de corte • Viscosidad 	Viscoelasticidad	(Mezger, 2014)
	Características sensoriales	Análisis sensorial	<ul style="list-style-type: none"> • Color • Olor • Sabor • Apariencia. 	Prueba afectiva (escala hedónica)	(Collaguazo, 2017)

3.4 Procedimientos

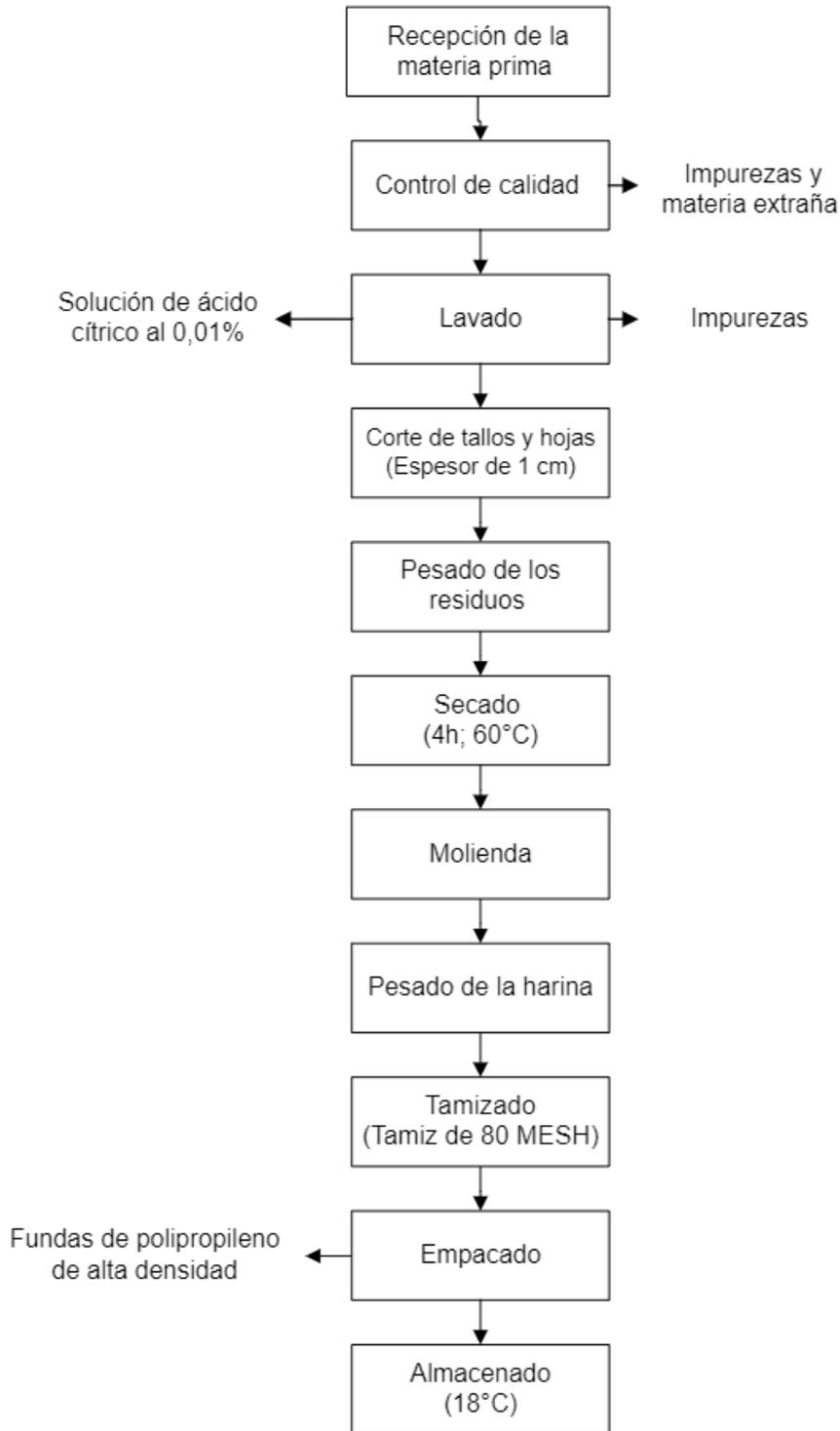
Fase 1: Elaboración de harina a partir de residuos de brócoli para utilizarla como ingrediente sustituto parcial en la elaboración de una pasta tipo fettuccini.

Para el desarrollo de la primera fase la metodología a utilizar se ha basado en la investigación desarrollada por Delgado (2020), en este caso la fase 1 describe el proceso de elaboración de la harina a base de residuos de brócoli mediante un diagrama de procesos como se muestra en la figura 6.

- Parte 1: Diagrama de procesos para la obtención de harina a partir de residuos de brócoli.

Figura 6.

Diagrama de flujo de elaboración de la harina de residuos de brócoli



Fase 2: Elaboración de la pasta alimenticia a partir de la harina estructurada parcialmente a base de residuos de brócoli.

En la segunda fase se indican los ingredientes, la formulación y los tratamientos como lo establece la tabla 7, así como también el proceso de elaboración de la pasta sustituida parcialmente con harina a base de residuos de brócoli como se indica en la figura 7.

Tabla 7

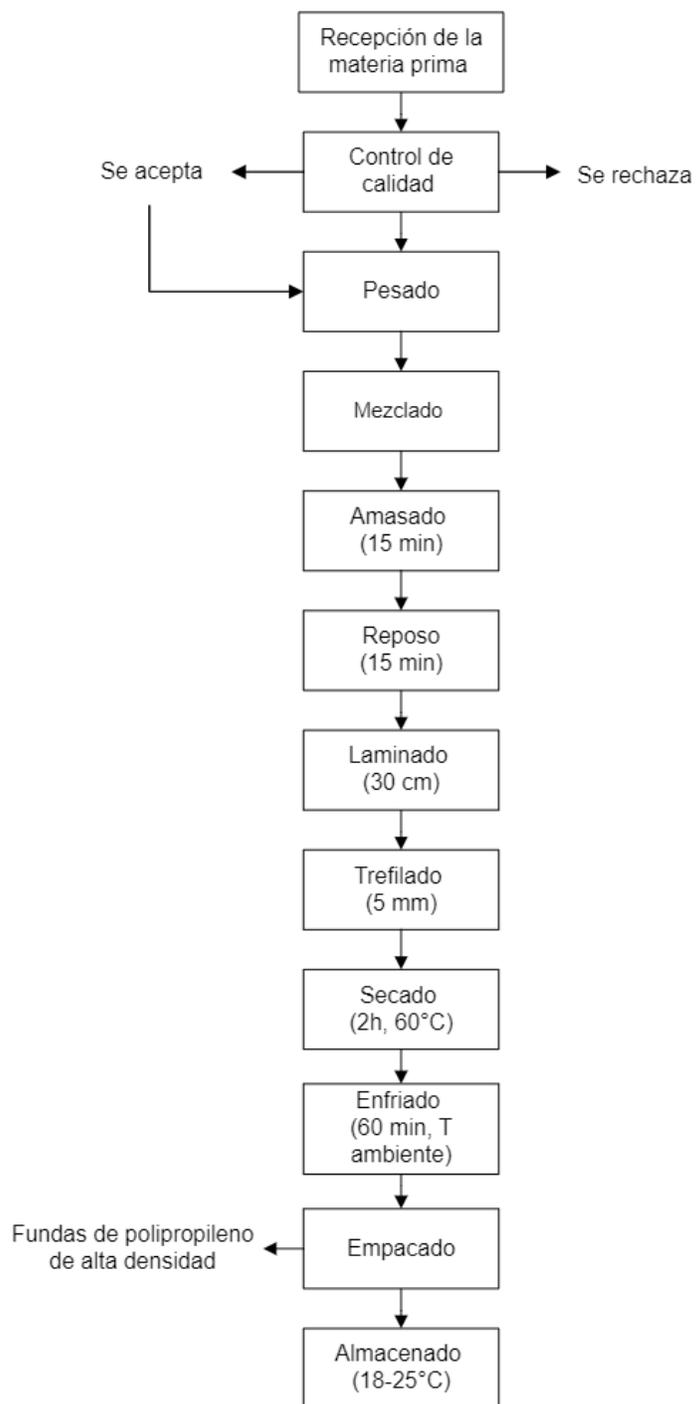
Formulación de pasta alimenticia

INGREDIENTES	FORMULACIONES EN %				
	A	B	C	D	E
Harina de trigo	62	52	42	32	22
Harina de residuos de brócoli	0	10	20	30	40
Huevos	12	12	12	12	12
Sal	2	2	2	2	2
Aceite	3	3	3	3	3
Agua	21	21	21	21	21
TOTAL	100	100	100	100	100

Fuente: Basado en la investigación de Delgado (2020)

Figura 7.

Diagrama de procesos para el desarrollo de una pasta alimenticia con sustitución de harina a base de residuos de brócoli.



Fase 3: Determinación del análisis de perfil viscoelástico de las masas de los tratamientos desarrollados de la pasta tipo fettuccini.

En el desarrollo de la tercera fase se ha desarrollado el análisis de perfil viscoelástico de las masas de pasta, esto según la metodología establecida para el reómetro Anton Para E302 por Mezger (2014).

Análisis del perfil viscoelástico.

Para el desarrollo del perfil viscoelástico de las masas sustituidas parcialmente con harina a base de residuos de brócoli se debe preparar una muestra de 100 g de cada tratamiento, esta mezcla debe ser homogénea para realizar los análisis. Posteriormente, se pesan 2 g de masa para usarse en el reómetro, a estas se las introduce en fundas plásticas hasta el momento de la prueba para que no pierdan humedad.

Para el desarrollo de los análisis se inicia con el encendido y calibrado del reómetro conectado a 25°C con platos paralelos de 50 mm de diámetro, a continuación, se coloca la muestra de masa hasta obtener una separación de plato de 1 mm y se cortan los sobrantes de esta; es recomendable cubrir la parte superior con vaselina para evitar que la parte expuesta se deshidrate. Se deja reposar la muestra durante 5 minutos para que se relaje y se inicia programando las pruebas viscoelásticas con un barrido de frecuencia de 0,1 hasta 100 rad/s.

El reómetro muestra de manera directa los valores de viscosidad aparente, esfuerzo y tasa de corte, sin embargo, es necesario conocer la definición de cada parámetro estudiado y las ecuaciones matemáticas bases de las cuales surgen los valores de dichos parámetros. Por tal razón se menciona lo siguiente:

Esfuerzo de corte

La tensión de corte es la relación entre el desplazamiento y las dimensiones originales de un objeto debido a la tensión producida, además es la cantidad de deformación perpendicular a una línea determinada en lugar paralela a ella. Esta mide cuanto difiere una deformación dada de una deformación rígida y resulta del

uso de fuerzas opuestas en una dirección paralela a la superficie a la superficie de un objeto. Este parámetro se mide con la ecuación 1:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 1})$$

F: Fuerza cortante.

A: Área.

Tasa de corte

Es la deformación resultante de la aplicación de fuerzas opuestas en una dirección paralela a una superficie o a una sección transversal plana del cuerpo. La tasa de corte o de deformación se define como la velocidad relativa dividida por la distancia entre platos. La fórmula de la tasa de deformación es la que se muestra en la ecuación 2:

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

v: velocidad de cizallamiento.

h: distancia entre los platos.

Viscosidad de cizallamiento

Se define como la medida de fricción interna de un fluido ya que es la relación entre la tensión de cizallamiento y la tasa de corte. Para su determinación se utiliza la ecuación 3:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

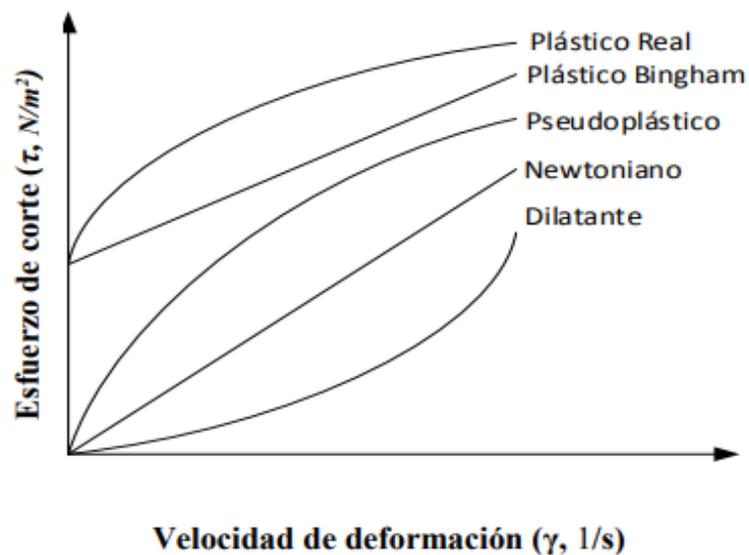
τ : esfuerzo de corte

$\dot{\gamma}$: tasa de corte

Para la identificación del tipo de fluido los datos obtenidos del reómetro serán representados de la manera que se muestra en la figura 8

Figura 8.

Curvas reológicas para la identificación del tipo de fluido



Una vez que se grafiquen los resultados se describe el comportamiento del fluido a través del coeficiente de determinación con el modelo de Ostwald de Waele como se muestra en la ecuación 4

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

τ : esfuerzo de corte

γ : velocidad de deformación

k : índice de consistencia

n : índice de comportamiento

Una vez que se han obtenido los datos del esfuerzo de corte, la velocidad de deformación o tasa de corte y la viscosidad aparente en el reómetro, se procede a hallar los valores de n y k linealizando la ecuación 4 y utilizando logaritmos para lo cual se utiliza la ecuación 5.

$$\tau = \log k + n \log \gamma \quad (\text{Ec. 5})$$

Una vez obtenido el logaritmo del esfuerzo de corte y la velocidad de deformación se realizan graficas en hojas de Excel para la identificación del tipo de fluido, para eso se aplica la ecuación 6.

$$Y = a + bx \quad (\text{Ec.6})$$

Donde a es igual a n (índice de comportamiento) y el antilogaritmo de bx es el valor de k (índice de consistencia). Por lo tanto, si el valor de n es mayor a 1 el tipo de fluido es dilatante, si es menor es de tipo pseudoplástico y si es igual a 1 es newtoniano.

Fase 4: Evaluación de las características sensoriales de los tratamientos desarrollados de la pasta sustituida parcialmente a base de residuos de brócoli.

Para la evaluación de la pasta sustituida parcialmente por harina a base residuos de brócoli se ha utilizado una prueba de comparación múltiple, en donde la técnica usada para la preparación de las muestras fue la desarrollada por (Collaguazo, 2017) en donde se cocina la pasta a una temperatura de 65°C a 68°C durante un tiempo de 7 a 10 minutos, luego se escurre las muestras y se colocan máximo 15 minutos después de su cocción para su degustación sensorial con los panelistas.

Para esto se ha empleado un panel de jueces no entrenados compuesto por 60 estudiantes de la carrera de alimentos de Universidad Politécnica Estatal del Carchi, los cuales sean consumidores habituales de este producto. La ejecución de esta prueba ha sido mediante una prueba hedónica de 5 puntos con el fin de determinar el tratamiento que presente mayor aceptación por parte del consumidor.

3.5 Análisis Estadístico

En la presente investigación se ha evaluado el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli en la calidad reológica (esfuerzo de corte, tasa de corte, viscosidad) y sensorial (color, olor, sabor, apariencia) de 5 tratamientos incluido el testigo con la finalidad de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos por quintuplicado, para esto se ha empleado la prueba de Kruskal Wallis y la prueba Post Hoc de Wilcoxon las cuales se han aplicado con el programa estadístico Rstudio versión 4.2.1.

- Prueba de Kruskal – Wallis

Esta es una prueba no paramétrica de análisis de varianza de un solo factor y determina si existe o no una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de tres o más grupos independientes, esta prueba supone que no existen ningún orden a priori de las poblaciones k de las cuales se extraen las muestras. El modelo matemático que aplica esta prueba se plantea a continuación en la ecuación 7:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{t=1}^K \frac{R_t^2}{n_j} 3(N + 1) \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

n_j : número de elementos de la muestra j .

R_j : suma de rangos de todos los elementos de la muestra j .

K : número de muestras.

n : $n_1+n_2+n_3+\dots+n_k$ número total de observaciones.

- Prueba de Wilcoxon

Se utilizó la prueba de Wilcoxon para determinar específicamente los pares de tratamientos que muestran diferencias significativas, es una alternativa de la prueba paramétrica t para muestras pareadas, ya que no necesita una distribución específica, usa el nivel ordinal de la variable dependiente y se utiliza para comparar dos mediciones relacionadas y determinar si la diferencia entre ellas se debe al azar o no. (Mata, 2019)

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental para probarse en la elaboración de la pasta tipo fettuccini sustituida de manera parcial con harina de residuos de brócoli consta de 5 tratamientos con 5 repeticiones de cada uno dando como resultado 25 unidades experimentales.

En la tabla 8 se muestran los porcentajes de harina a base de residuos de brócoli a utilizar en las formulaciones para la elaboración de una pasta tipo fettuccini en la que se utilizará un diseño experimental completamente aleatorio y en la tabla 9 la codificación de los factores.

Tabla 8

Diseño del experimento de la investigación.

Tratamiento	Porcentajes de harina a base de residuos de brócoli	Repeticiones	Tamaño de muestra
1	100% harina de trigo	5	1 kg
2	90% harina de trigo + 10% harina a base de residuos de brócoli	5	1 kg
3	80% harina de trigo + 20% harina a base de residuos de brócoli	5	1 kg
4	70% harina de trigo + 30% harina a base de residuos de brócoli	5	1 kg
5	60% harina de trigo + 40% harina a base de residuos de brócoli	5	1 kg

Tratamiento 1: testigo o blanco sin harina de residuos de brócoli.

Numero de tratamientos: 5

Numero de repeticiones: 5

Unidades experimentales: 25

Tabla 9

Codificaciones de los factores.

Combinación de harina a base de residuos de brócoli		
Factor	Niveles	Parámetro (%)
a. Harina a base de residuos de brócoli	A1	0
	A2	10
	A3	20
	A4	30
	A5	40
b. Harina de trigo	B1	100
	B2	90
	B3	80
	B4	70
	B5	60

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Fase 1: Elaboración de harina a partir de residuos de brócoli para utilizarla como ingrediente sustituto parcial en la elaboración de una pasta tipo fettuccini.

A partir de los residuos alimentarios se pueden extraer harinas, colorantes, aromatizantes, espesantes, conservantes u otro tipo de compuesto con el fin de reformular alimentos procesados Bas *et al.*, (2020). Para la elaboración de la harina a base de residuos de brócoli, se utilizaron los desechos recolectados en los puestos de venta de verduras del Mercado San Miguel de Tulcán, se consideró que los tallos y hojas se encuentren en condiciones óptimas de procesamiento; es decir, no estén en estado de putrefacción, marchitamiento o excesivo deterioro. En la tabla 10 se detallan las características que se consideran importantes al momento de la fabricación de la harina, para esto se ha realizado una tabla comparativa entre varios autores los cuales fundamentan la metodología utilizada.

Para el desarrollo del trabajo se ha establecido como fuente de materia prima a los desechos del brócoli, Dufoo *et al.* (2020) y Rejón (2022) afirman que el 70% del desperdicio generado al momento de la cosecha y comercialización de la planta corresponde a los tallos y las hojas; mientras que Saavedra *et al.* (2021), han optado por emplear los tallos y hojas del vegetal ya que han evidenciado un mayor porcentaje de antioxidantes en estas partes, por lo cual una vez que se ha obtenido la materia prima, en este caso tallos y hojas han sido debidamente desinfectadas, acondicionadas y cortadas como se muestra en la figura 9, esto con el fin de acelerar el proceso de secado para la obtención de la harina.

Tabla 10*Características principales en la obtención de harina a base de brócoli.*

Materia prima utilizada	Tipo de secador	Temperatura de secado	Tipo de molienda	Color de la harina obtenida	Referencia
Floretes y tallos	Secador de bandejas	60°C	Molino de martillos y molino eléctrico	Verde amarillento	(Delgado, 2020)
Floretes de brócoli	Secador en bandeja, secador en lecho fluidizado y liofilizador	Secado en bandeja: 70°C Secado en lecho fluidizado: 29°C Liofilizador: -48°C	Molino de martillos	Verde	(Quintero <i>et al.</i> , 2020)
Floretes, peciolo, tallos y hojas	Secador de bandejas	60, 70 y 80°C	Molino eléctrico	Verde amarillento	(Dufoo <i>et al.</i> , 2020)
Floretes	Secado de bandejas	55°C	Molino de discos de laboratorio	Amarillo	(Hegazy y Ammar, 2019)
Floretes	Secador de bandejas	50°C	Molino eléctrico	Verde	(Rodríguez <i>et al.</i> , 2021)
Floretes	Secador al vacío	50, 60, 70, 80 y 90°C	Molino de martillos	Verde	(Vega <i>et al.</i> , 2023)
Floretes y tallos	Secador de bandejas	60, 65, 70°C	Molino eléctrico	Verde amarillento	(Quishpe, 2023)
Tallos	Secador de bandejas	60 y 70°C	Molino eléctrico	Amarillo mostaza	(Rejón, 2022)
Tallos y hojas	Secador de bandejas	60°C	Molino eléctrico	Verde amarillento	Datos del estudio

Figura 9.

Preparación de la materia prima. (a) Acondicionamiento de los tallos de la planta. (b) Muestra de los desechos una vez que han sido cortados

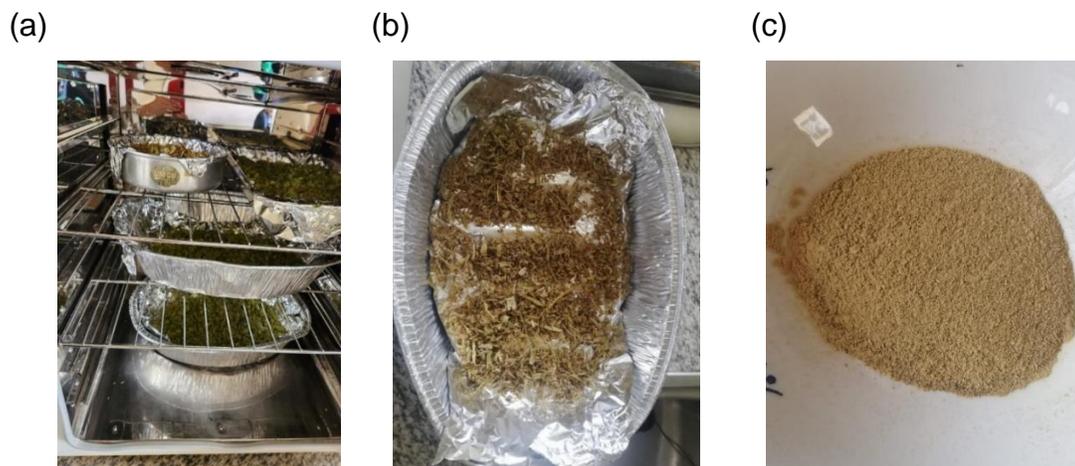


El método de secado que se ha utilizado es por medio del secador de bandejas como se muestra en la figura 10 (a), debido que Quintero *et al.* (2020) señalan que a comparación de la liofilización este método requiere menor tiempo para el secado y un menor costo en comparación a las demás técnicas, los parámetros a los que se ha sometido la muestra son a una temperatura de 60°C durante 4 horas, ya que según Vega *et al.* (2023) estas características han contribuido a un mejor potencial antioxidante del brócoli en polvo, de la misma manera, Dufoo *et al.* (2020) y Rejón (2022) han evidenciado que a estas condiciones se presenta mayor contenido de fenoles y flavonoides en la harina.

La muestra seca que se ha obtenido es de color amarillo mostaza en lo que se refiere a los tallos como se observa en la figura 10 (b) y en cuanto a las hojas presenta un color verde, el tipo de molienda a utilizar fue por medio de un molino eléctrico, debido que Rodríguez *et al.* (2021) y Delgado (2020) han evidenciado que se genera menos desperdicio al momento de obtener la harina.

Figura 10.

Proceso de secado de los residuos.



Nota: (a) Muestras de las hojas y tallos en el secador. (b) La muestra seca de los residuos de brócoli presenta un color amarillo mostaza. (c) La harina de residuos de brócoli presenta un color verde amarillento.

Finalmente, la harina obtenida a partir de los tallos y hojas del brócoli han presentado un color amarillo verdoso tal como se aprecia en la figura 10 (c), ya que en esta etapa se han mezclado las muestras secas de las diferentes partes de la planta, para esto Quishpe (2023) corrobora que luego del secado las características del color cambian de manera drástica y que en su caso se obtuvieron muestras de harina de color verde amarillento debido a la combinación de los floretes, hojas y tallos en la preparación. Cabe recalcar que la obtención de la harina a partir de residuos de brócoli por medio de una deshidratación es un proceso menos costoso con relación a la liofilización, sin embargo, esta última permite preservar de mejor manera las propiedades funcionales y nutrientes (Krupa *et al.*, 2021).

4.2 Fase 2: Elaboración de la pasta alimenticia a partir de la harina estructurada parcialmente a base de residuos de brócoli.

La harina de residuos de brócoli es un producto que se puede incorporar de manera sencilla a otros alimentos, ya que con este producto se pueden realizar formulaciones innovadoras y de alto contenido nutricional Vásquez *et al.* (2014). La

pasta es un producto de alta popularidad en el Ecuador debido a su palatabilidad, larga vida de anaquel y a sus propiedades nutricionales. Dentro de sus principales ingredientes Barrado (2022), resalta la sémola de trigo durum, sin embargo, recientemente se está empleando la sustitución parcial de este tipo de harina por alternativas a base de granos, tubérculos, vegetales y residuos agroalimentarios que confieren características de calidad interesantes en el producto, a lo que Pascual (2023) menciona que la elaboración de este tipo de productos se ha vuelto una estrategia sostenible entre el medio ambiente y la industrialización de los alimentos.

En la presente investigación se ha elaborado una pasta tipo fettuccini sustituida parcialmente con harina a base de residuos de brócoli, para lo cual la metodología empleada es en referencia al procedimiento desarrollado por Delgado (2020), así mismo, en la tabla 11 se ha tomado en consideración algunos parámetros de producción que otros autores consideran importantes durante el procesamiento de pastas con sustituciones de harinas no tradicionales.

Tabla 11

Parámetros de producción en la elaboración de pastas a partir de harinas no tradicionales.

Tipos de harina utilizada	Tratamientos y porcentaje de sustitución	Tipo de pasta	Temperatura y tiempo de secado de la pasta	Referencia
Harina de trigo (HT) y de brócoli (HB)	T1: 90%HT-10%HB T2: 80%HT-20%HB T3: 70%HT-30%HB T4: 60%HT-40%HB	Fettuccini	60°C – 2 h	(Delgado, 2020)

Harina de trigo (HT) y de bagazo de manzana (HM) y naranja (HN).	T1: 100% HT- 0% HM – 0% HN T2: 75% HT–0% HM–25% HN T3: 75% HT–25% HM–0% HN T4: 87,5%HT-0% HM–12,5%HN T5: 70% HT-15% HM- 15% HN T6: 87,5%HT-12,5%HM-0%HN T7: 83,3%HT-8,3%HM-8,3%HN	Fetuccini	60°C; 2-3 h	(Pascual, 2023)
Harina de frijol (HF) y de yuca (HY)	T1: 1HF:1HY T2: 2HF:1HY T3:3HF:1HY	Fetuccini	75°C; 1-2 h	(Reyes <i>et al.</i> , 2019)
Harina de trigo (HT), harina de cebada (HC), harina de quinua (HQ) y harina de ajonjolí (HA).	T1:30%HT-10%HC-5%HQ-5%HA T2:20%HT-20%HC-5%HQ-5%HA T3:10%HT-30%HC-5%HQ-5%HA T4:25%HT-10%HC-10%HQ-5%HA T5:15%HT-20%HC-10%HQ-5%HA T6:5%HT-30%HC-10%HQ-5%HA T7:25%HT-10%HC-5%HQ-10%HA T8:15%HT-20%HC-5%HQ-10%HA T9:5%HT-30%HC-5%HQ-10%HA T10:20%HT-10%HC-10%HQ-10%HA T11:10%HT-20%HC-10%HQ-10%HA T12:0%HT-30%HC-10%HQ-10%HA	Fetuccini	22-25°C; 76 horas	(Ramírez, 2019)
Harina de trigo (HT) y de cáscara de maracuyá (HM)	T1: 95%HT-5%HCM T2: 93%HT-7%HCM T3: 90%HT-10%HCM	Macarrones	105°C; 30 min	(Costa <i>et al.</i> , 2019)
Harina de camote (HC), de trigo, extracto	T1: 62%HC-24%HT-4%EZ T2: 45%HC-36%HT-9%EZ T3: 39%HC-44%HT-7%EZ	Fetuccini	40°C-3h	(Agua, 2020)

de zanahoria (EZ)				
Harina de mijo (HM) y de trigo (HT)	T1: 0%HM-100%HT T2: 30%HM-60%HT T3: 40%HM-50%HT T4: 50%HM-40%HT	Fideos instantán eos	70°C – 6h	(Meherunna har <i>et al.</i> , 2023)
Harina de trigo (HT) y de residuos de brócoli (HRB)	T1: 100%HT-0%HRB T2: 90%HT-10%HRB T3: 80%HT-20%HRB T4: 70%HT-30%HRB T5: 60%HT-40%HRB	Fetuccini	60°C- 2h	Datos del estudio

En base a la tabla 11 descrita anteriormente se ha evidenciado que el porcentaje de sustitución de una harina no convencional en la elaboración de una pasta no supera el 50%, ya que es de gran importancia que este producto cuente con harina de trigo debido a la presencia de gluten, el cual ayuda en la unión de los ingredientes al momento del amasado y logra que la masa tenga una consistencia firme pero elástica.

Para la elaboración de la masa de la pasta se han desarrollado 5 formulaciones en las cuales se ha utilizado 5 niveles porcentuales de sustitución de la harina no tradicional con 0, 10, 20, 30 y 40%. Por lo contrario, Reyes *et al.* (2019) no utilizaron harina de trigo en ninguna de sus formulaciones; sin embargo, tuvieron que añadir pequeñas concentraciones de goma xantana y lecitina de soya para conseguir una masa de pasta de similar calidad a la tradicional.

El tipo de pasta que se ha elegido para elaborar es el fetuccini, ya que en base a la tabla 12 aproximadamente el 70% de las investigaciones han optado por realizarla, tal es el caso de Agua (2020) y Ramírez (2019) quienes han optado por esta pasta debido a que es una de las más conocidas y preferidas por parte de los consumidores, además presenta una forma plana y alargada que le brinda versatilidad al momento de mezclarse con cualquier tipo de salsa.

Otro punto es el secado de la pasta, para lo que se ha tomado en consideración una temperatura de 60°C durante 2 horas, dado que Delgado (2020) y Pascual (2023) evidencian en sus trabajos que estos parámetros les han permitido obtener un producto con mejores características de estabilidad y preservación. En cambio Costa *et al.* (2019) y Meherunnahar *et al.* (2023) han empleado temperaturas más elevadas debido a la naturaleza de sus pastas, ya que en el primer caso los macarrones presentan una contextura más gruesa y en el segundo los fideos instantáneos deben contener un nivel de humedad mínimo debido a sus largos periodos de conservación. Por último, se ha optado por empacar el producto en fundas de polietileno con el fin de protegerlos contra la humedad y darles una larga vida útil.

4.3 Fase 3: Determinación del análisis de perfil viscoelástico de las masas de los tratamientos desarrollados de la pasta tipo fettuccini.

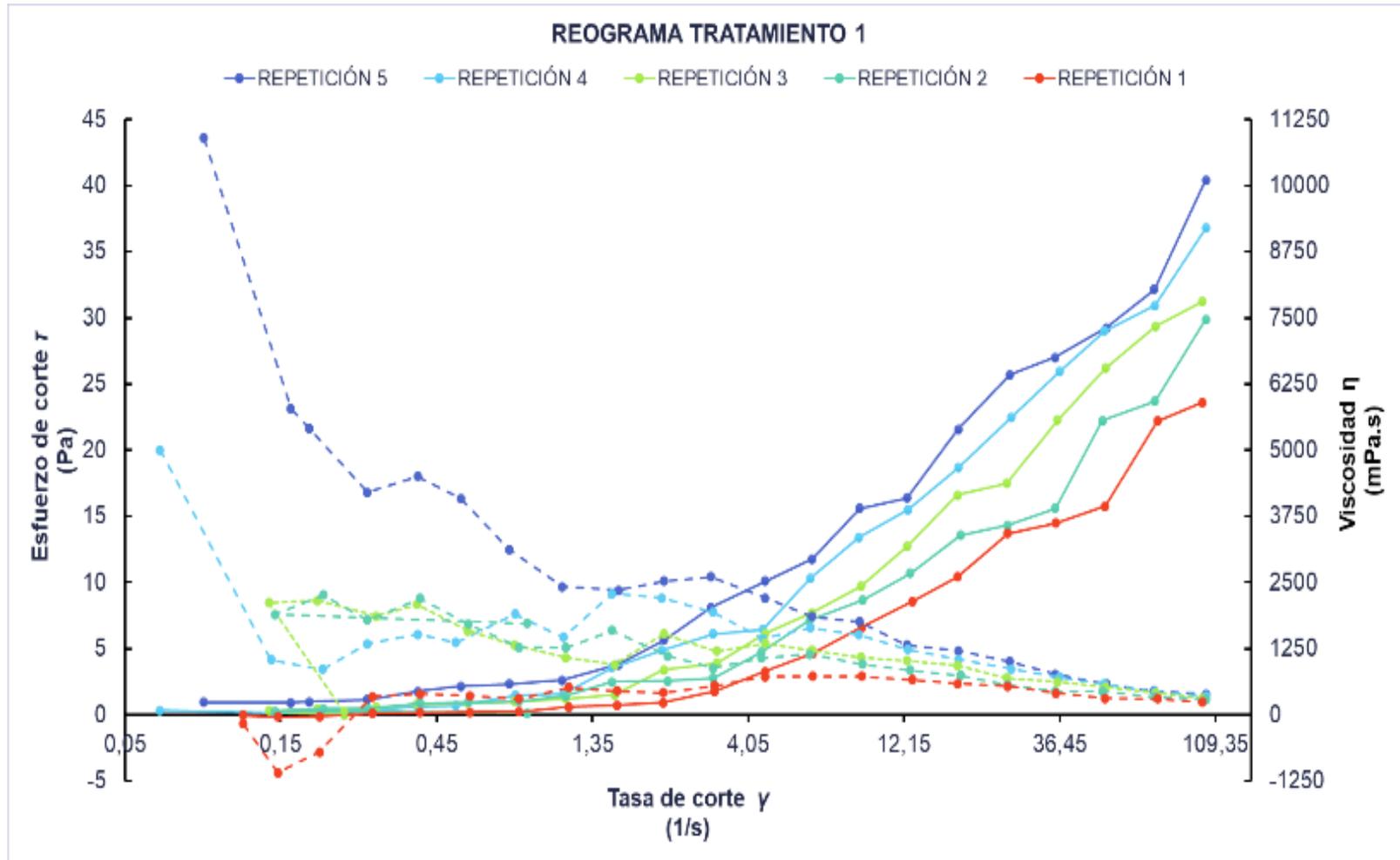
En la figura 11, se pueden observar los reogramas de todos los tratamientos de masa de pasta sustituida parcialmente con harina de residuos de brócoli, estas pruebas viscoelásticas se desarrollaron a una temperatura de 25°C, de manera visual se puede apreciar que a medida que cambia la tasa de corte existe un comportamiento no lineal en relación con el esfuerzo de corte, lo que indica que la masa es un fluido no newtoniano, el tratamiento 1 corresponde a la muestra control, es por esta razón que en la gráfica no se observan cambios bruscos, sin embargo, en los demás tratamientos se pueden identificar puntos de inflexión, de manera especial en el tratamiento 5, esto se debe a que el porcentaje de adición de la harina a base de residuos de brócoli es en un 40% y ha provocado que exista un cambio en la estructura interna de la masa de la pasta.

En el estudio de las características físicas del tamaño de partículas y consistencia de la mezcla de siete harinas desarrollado por Tapia (2022) señala que en todos los tratamientos existe una disminución de la viscosidad en relación al incremento del esfuerzo de corte, esto debido a que el rompimiento del almidón gelatinizado es superior al reordenamiento de las moléculas de almidón, ya que se produce una ruptura de los puentes de hidrógeno que se han formado en la estructura de

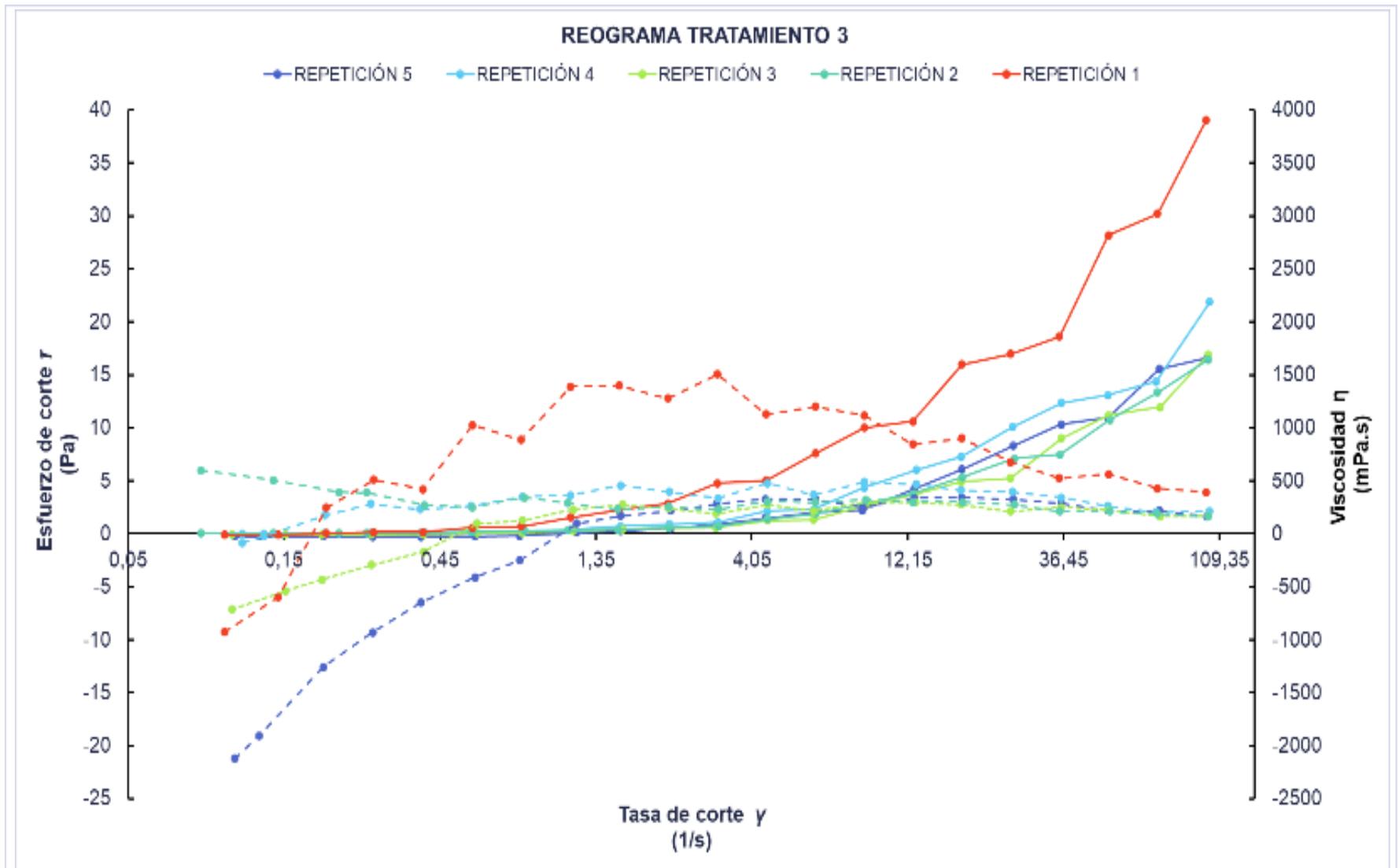
amilosa, amilopectina y agua, además han identificado que en su estudio el preparado de harina de maíz ha sido el que presenta una mayor viscosidad aparente con 195,83 mPa.s, esto se puede relacionar al alto contenido de carbohidratos con respecto a las demás harinas utilizadas.

Figura 11.

Reogramas de relación entre esfuerzo de corte, tasa de corte y viscosidad aparente
(a)

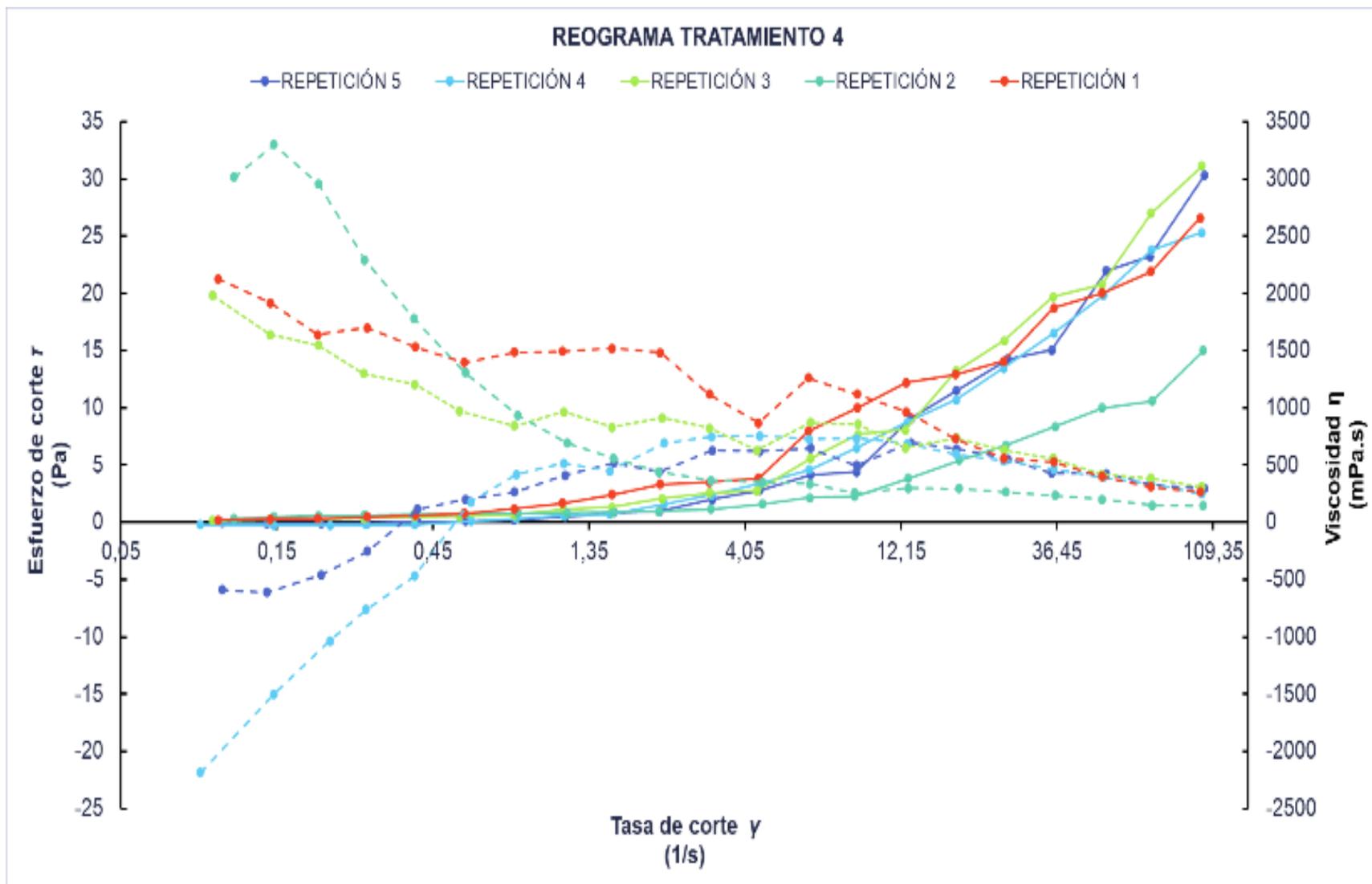


(b)



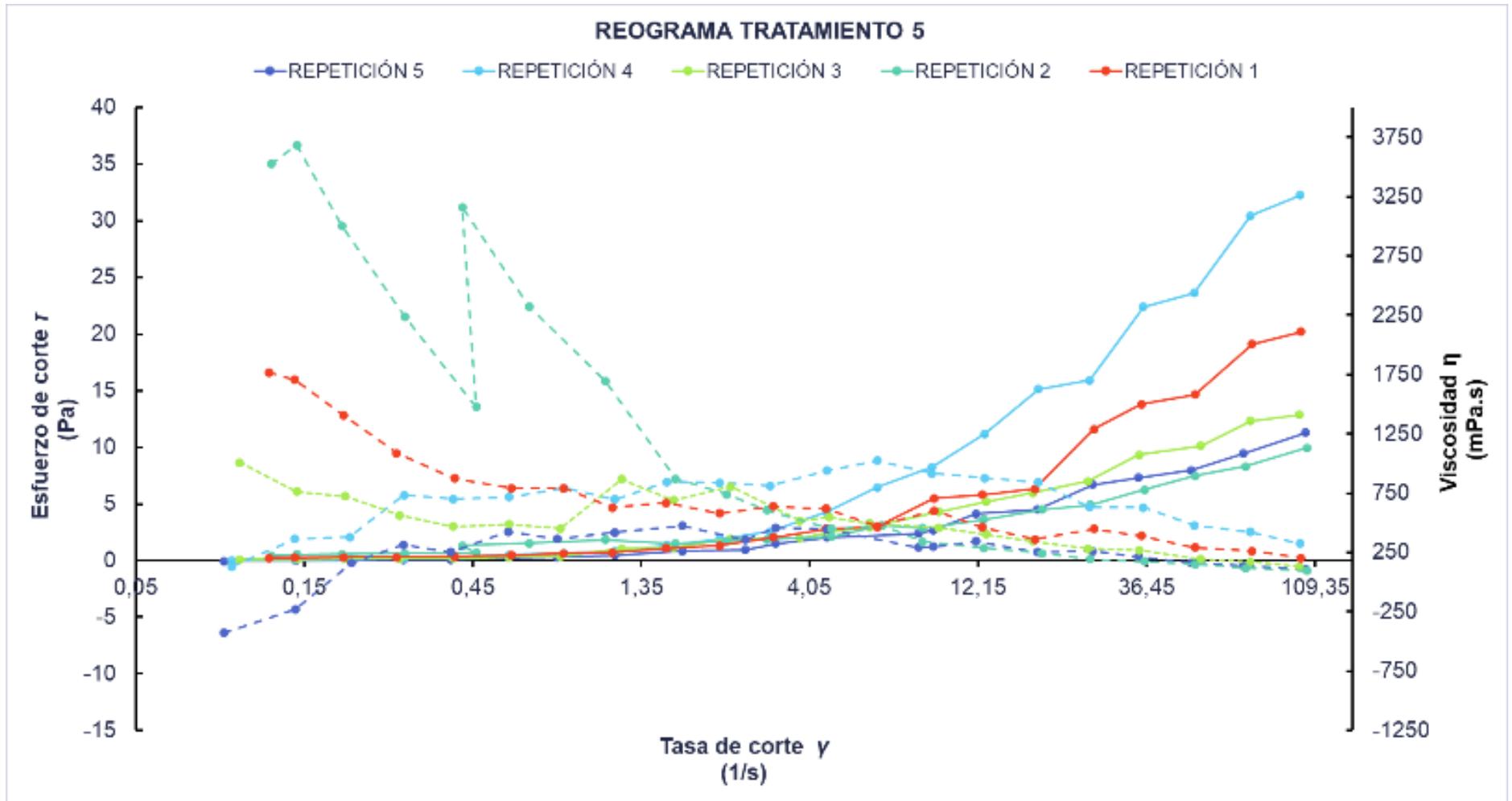
(c)

70



(d)

(e)



Nota: (a) Tratamiento 1 (100 % harina de trigo). (b) Tratamiento 2 (90 % harina de trigo + 10% harina de residuos de brócoli). (c) Tratamiento 3 (80 % harina de trigo + 20% harina de residuos de brócoli). (d) Tratamiento 4 (70 % harina de trigo + 30% harina de residuos de brócoli). (e) Tratamiento 5 (60 % harina de trigo + 40% harina de residuos de brócoli).

a) Viscosidad

En la tabla 12 se aprecia las medianas de los tratamientos con relación a la viscosidad indicando que el mejor tratamiento es el T1 ya que presenta el valor más alto (522,44 mPa.s); este resultado se debe a que en la formulación de este no se utilizó harina de residuos de brócoli, por este motivo se aprecia que a partir del T2 los valores cambian radicalmente por la sustitución parcial del tipo de harina. Además, se puede afirmar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de residuos de brócoli influyo en la viscosidad de la pasta.

Tabla 12

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Viscosidad

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	5	522,44	23,0	17,369	4	0,001639
T2	5	267,85	15,8			
T3	5	233,32	11,0			
T4	5	231,62	10,6			
T5	5	195,83	4,6			
General	25					

En la tabla 13 se muestra un valor de p mayor a 0,05 en todas las comparaciones por este motivo se afirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. En la prueba de Kruskal Wallis para viscosidad nos muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo esta una prueba general, pero al realizar un análisis más detallado con la prueba de Wilcoxon para identificar cual tratamiento es diferente al resto, establece que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, esto pasa por que la diferencia respecto a la viscosidad en el tratamiento es mínima.

Tabla 13*Prueba de Wilcoxon para Viscosidad*

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	522,44	T1-T2	0,079
T2	267,85	T1-T3	0,079
T3	233,32	T1-T4	0,079
T4	231,62	T1-T5	0,079
T5	195,83	T2-T3	0,452
		T2-T4	0,452
		T2-T5	0,095
		T3-T4	1
		T3-T5	0,278
		T4-T5	0,381

La viscosidad disminuye a medida que la tasa de corte aumenta; ya que el tratamiento 1 presenta un mayor valor en la viscosidad aparente, debido a que no contiene harina de residuos de brócoli, sin embargo, conforme aumenta el porcentaje de sustitución con la otra harina los resultados empiezan a variar debido al desordenamiento molecular que se genera en la estructura de las masas.

Delgado (2023) menciona que en suspensiones de este tipo es normal que cuando el fluido está en reposo presenta una estructura desordenada que genera contacto con los bordes y durante el cizallamiento las partículas se orientan en dirección a un flujo disminuyendo la viscosidad. De la misma manera Nawaz *et al.* (2019) mencionan que la adición de harinas no convencionales genera una mayor aparición de gránulos en la masa, lo que ocasiona que se generen cambios en la estructura de la masa de pasta, siendo la viscosidad la más afectada.

Por otro lado, Adgidzi *et al.* (2021) en su estudio sobre las propiedades reológicas y sensoriales del mijo-sésamo en papillas observaron que la relación entre la viscosidad y la velocidad de corte disminuyó de 4161 a 1,61 mPa.s con el aumento

de la velocidad de cizallamiento para todos los productos, lo que indica que el producto exhibió un comportamiento pseudoplástico que también es conocido como adelgazamiento por cizallamiento, además resaltan que la calidad reológica que presenta un alimento siempre se ve afectada por el tamaño del grano de la harina o almidón que se le vaya a agregar.

Además, Vieira *et al.* (2021) evidenciaron que la congelación de la masa de pasta disminuye ligeramente la firmeza, masticabilidad, viscosidad y cohesividad de la pasta

b) Índice de Comportamiento (n)

En la tabla 14 se aprecia las medianas de los tratamientos con relación al índice de comportamiento indicando que el mejor tratamiento es el T1 ya que presenta el valor más alto (0,36), por lo cual difiere al resto de tratamientos con el siguiente orden T4, T3, T5, T2. De la misma forma se ha identificado que las masas de las pastas presentan un comportamiento de un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico, ya que el valor del índice de comportamiento está dentro del rango ($n < 1$) porque varían desde 0,15 a 0,36.

Tabla 14

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Índice de comportamiento

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	5	0,36	20,3	11,351	4	0,0228849
T2	5	0,12	6,1			
T3	5	0,19	13,3			
T4	5	0,30	15,9			
T5	5	0,15	9,4			
General	25					

En la tabla 15 se muestra un valor de p mayor a 0,05 en todas las comparaciones por este motivo se afirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. En la prueba de Kruskal Wallis para índice de comportamiento nos muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo esta una prueba general, pero al realizar un análisis más detallado con la prueba de Wilcoxon para identificar cual tratamiento es diferente al resto, establece que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, esto pasa por que la diferencia respecto al índice de comportamiento en el tratamiento es mínima.

Tabla 15

Prueba de Wilcoxon para Índice de comportamiento

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	0,36	T1-T2	0,079
T2	0,12	T1-T3	0,905
T3	0,19	T1-T4	1
T4	0,30	T1-T5	0,444
T5	0,15	T2-T3	0,667
		T2-T4	0,143
		T2-T5	1
		T3-T4	1
		T3-T5	1
		T4-T5	1

c) Índice de consistencia (k)

En la tabla 16 se aprecia las medianas de los tratamientos con relación al índice de consistencia indicando que el mejor tratamiento es el T2 ya que presenta el valor más alto (3,30), por lo cual difiere al resto de tratamientos con el siguiente orden T4, T1, T3, T5. La muestra que presenta el mayor índice de consistencia (**k**) es el tratamiento 2 el cual tiene un 10% de sustitución de harina a base de residuos de brócoli y con el menor índice de consistencia es el tratamiento 5 con un porcentaje

de sustitución del 40%, lo que indica que a mayor porcentaje de sustitución el fluido se comporta de manera menos viscosa.

Tabla 16

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Índice de consistencia

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	5	1,45	14	16,106	4	0,00288
T2	5	3,3	21,8			
T3	5	0,60	8,1			
T4	5	1,71	16			
T5	5	0,66	5,1			
General	25					

En la tabla 17 se muestra un valor de p mayor a 0,05 en todas las comparaciones por este motivo se afirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. En la prueba de Kruskal Wallis para índice de consistencia nos muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo esta una prueba general, pero al realizar un análisis más detallado con la prueba de Wilcoxon para identificar cual tratamiento es diferente al resto, establece que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, esto pasa por que la diferencia respecto al índice de consistencia en el tratamiento es mínima.

Tabla 17*Prueba de Wilcoxon para Índice de consistencia*

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	1,45	T1-T2	0,079
T2	3,3	T1-T3	0,111
T3	0,60	T1-T4	0,476
T4	1,71	T1-T5	0,111
T5	0,66	T2-T3	1
		T2-T4	0,079
		T2-T5	0,079
		T3-T4	0,476
		T3-T5	0,667
		T4-T5	1

d) Coeficiente de determinación**Tabla 18***Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para coeficiente de determinación*

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	5	0,986	4,9	13,105	4	0,01077
T2	5	0,992	16,8			
T3	5	0,993	20,5			
T4	5	0,992	13,6			
T5	5	0,990	9,2			
General	25					

En la tabla 18 se aprecia las medianas de los tratamientos con relación al coeficiente de determinación indicando que el mejor tratamiento es el T3 ya que presenta el valor más alto (0,993), por lo cual difiere al resto de tratamientos con el siguiente orden T2, T4, T5, T1.

En la tabla 19 se muestra un valor de p mayor a 0,05 en todas las comparaciones por este motivo se afirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. En la prueba de Kruskal Wallis para el coeficiente de determinación nos muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo esta una prueba general, pero al realizar un análisis más detallado con la prueba de Wilcoxon para identificar cual tratamiento es diferente al resto, establece que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, esto pasa por que la diferencia respecto al coeficiente de determinación en el tratamiento es mínima.

Tabla 19

Prueba de Wilcoxon para coeficiente de determinación

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	0,986	T1-T2	0,25
T2	0,992	T1-T3	0,12
T3	0,993	T1-T4	0,57
T4	0,992	T1-T5	0,75
T5	0,990	T2-T3	1
		T2-T4	1
		T2-T5	0,39
		T3-T4	0,83
		T3-T5	0,12
		T4-T5	1

Por otro lado, todas las muestras obedecen al modelo de Ostwald de Waele con un valor superior al 99% del coeficiente de determinación en la mayoría de los casos, a excepción del tratamiento 1 con un 0,986% respectivamente de coeficiente de determinación.

En el trabajo desarrollado por Soriano (2019), sobre el comportamiento viscoelástico de la fibra de caqui en la masa de magdalenas se ha demostrado que durante el ensayo estacionario se presentó un comportamiento pseudoplástico, ya que la viscosidad disminuyó a medida que la velocidad de cizallamiento ha aumentado, de la misma manera constataron con el índice de comportamiento de flujo, ya que todos los valores de n fueron menores a 1 y se evidenció una mayor complejidad en la estructura de la masa con la incorporación de la fibra de caqui en función del porcentaje de sustitución.

4.4 Fase 4: Evaluación de las características sensoriales de los tratamientos desarrollados de la pasta sustituida parcialmente a base de residuos de brócoli.

En la evaluación de las características sensoriales de los cinco tratamientos de pasta tipo fettuccini elaboradas con una sustitución parcial de harina de residuos de brócoli, se tomaron en cuenta parámetros como color, olor, sabor y apariencia del producto, para esto en las siguientes tablas se presentan los resultados del análisis sensorial.

a) Color

Tabla 20

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Color

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	60	4	212,55	44,998	4	3,98E-09
T2	60	3	146,80			
T3	60	2	122,33			
T4	60	3	130,45			
T5	60	3	140,37			
General	300					

En la tabla 20 se observa que los valores de la mediana y el rango promedio del tratamiento 1 o muestra base son los más elevados debido a que la pasta en su composición no presenta harina a base de residuos de brócoli, sin embargo, los valores del tratamiento 2 son los que le prosiguen presentando un rango promedio de 146,80 y una mediana de 3 que se ubica en el rango de no me gusta ni me disgusta en cuanto al color. Además, el valor de p indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y que al menos uno es diferente.

Tabla 21

Prueba de Wilcoxon para Color

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	4	T1-T2	1,4E-05
T2	3	T1-T3	2,1E-08
T3	2	T1-T4	1,2E-06
T4	3	T1-T5	1,8E-04
T5	3	T2-T3	0,401
		T2-T4	0,972
		T2-T5	1
		T3-T4	1
		T3-T5	1
		T4-T5	1

En la tabla 21 se puede observar que las comparaciones realizadas mediante la prueba de Wilcoxon que indican diferencias estadísticamente significativas por ser menores a 0,05 son T1-T2, T1-T3, T1-T4, T1-T5 y T2-T3.

El color es un parámetro fundamental que determina la elección de los consumidores sobre un determinado producto (López & Posada, 2020). En cuanto a la pasta tipo fettuccini se obtiene que el tratamiento 1 presenta diferencias significativas con el resto de los tratamientos, esto debido a que la adición de la harina de residuos de brócoli provoca una coloración verdosa en la pasta que

dependiendo del porcentaje de sustitución esta tonalidad es más fuerte, es así como los consumidores prefirieron el color de la pasta que no tenía sustitución en relación con los demás. A la vez, Quiroz *et al.* (2019) mencionaron en su estudio que la adición de harina de hojas de brócoli, coliflor y espinaca provocó un oscurecimiento en los productos ya que durante el proceso de cocción se pueden perder los pigmentos de las hojas.

b) Olor

Tabla 22

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Olor

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	60	3	176,40	14,87	4	0,00497
T2	60	3	167,59			
T3	60	3	136,41			
T4	60	3	127,45			
T5	60	3	144,65			
General	300					

En la tabla 22 se observa que los valores de la mediana y el rango promedio del tratamiento 1 o muestra base son los más elevados debido a que la pasta en su composición no presenta harina a base de residuos de brócoli, sin embargo, los valores del tratamiento 2 son los que le prosiguen presentando un rango promedio de 167,59 y una mediana de 3 que se ubica en el rango de no me gusta ni me disgusta en cuanto al olor. Además, el valor de p indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y que al menos uno es diferente.

Tabla 23*Prueba de Wilcoxon para Olor*

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	3	T1-T2	1
T2	3	T1-T3	0,046
T3	3	T1-T4	0,031
T4	3	T1-T5	0,245
T5	3	T2-T3	0,207
		T2-T4	0,071
		T2-T5	0,694
		T3-T4	1
		T3-T5	1
		T4-T5	1

En la tabla 23 se puede observar que las comparaciones realizadas mediante la prueba de Wilcoxon que indican diferencias estadísticamente significativas por ser menores a 0,05 son T1-T3 y T1-T4.

El olor está directamente relacionado con el aroma de un producto y a su vez los dos parámetros juegan un papel fundamental en el sabor, no obstante, es posible añadir aromas a un alimento con el fin de resaltar las características sensoriales (Burgos *et al.*, 2019). En la presente investigación las comparaciones T1-T3 y T1-T4 presentan diferencias estadísticamente significativas con relación a los demás tratamientos. El característico olor del brócoli deshidratado ha hecho que los consumidores opten por los primeros tratamientos.

c) Sabor

En la tabla 24 se observa que los valores de la mediana y el rango promedio del tratamiento 1 o muestra base son los más elevados debido a que la pasta en su composición no presenta harina a base de residuos de brócoli, sin embargo, los valores del tratamiento 2 son los que le prosiguen presentando un rango promedio de 189,508 y una mediana de 3 que se ubica en el rango de no me gusta ni me disgusta en cuanto al sabor. Además, el valor de p indica que existen diferencias

estadísticamente significativas entre los tratamientos y que al menos uno es diferente.

Tabla 24

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Sabor

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	60	3	189,508	34,19	4	6,793E-07
T2	60	3	176,783			
T3	60	3	138,517			
T4	60	2	112,583			
T5	60	3	134,833			
General	300					

Tabla 25

Prueba de Wilcoxon para Sabor

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	3	T1-T2	0,855573
T2	3	T1-T3	0,00278
T3	3	T1-T4	1,7E-03
T4	2	T1-T5	0,00281
T5	3	T2-T3	0,03977
		T2-T4	0,00061
		T2-T5	0,03936
		T3-T4	0,21678
		T3-T5	0,85573
		T4-T5	0,38694

En la tabla 25 se puede observar que las comparaciones realizadas mediante la prueba de Wilcoxon que indican diferencias estadísticamente significativas por ser menores a 0,05 son T1-T3, T1-T4, T1-T5, T2-T3, T2-T4 y T2-T5.

El sabor es la sensación que producen los alimentos u otra sustancia en el gusto (Adgidzi *et al.*, 2021). La adición de harina a partir de los residuos de brócoli ha ocasionado que el sabor de la pasta cambie conforme su porcentaje de sustitución, es así como en los dos primeros tratamientos no existieron diferencias estadísticamente significativas. Wójtowicz *et al.* (2020) mencionan en su estudio que el tratamiento que los consumidores calificaron con un mayor valor en cuanto a sus atributos sensoriales de sabor fue el elaborado solamente con harina de trigo blanco, ya que la harina no convencional de espelta que ellos utilizaron en su fideo ocasionó una puntuación menor a 5 en el análisis sensorial.

d) Apariencia

Tabla 26

Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal Wallis para Apariencia

Tratamientos	Repeticiones	Mediana	Rango promedio	Chi cuadrado	Valor de F	Valor de P
T1	60	4	198,867	30,636	4	3,633E-06
T2	60	3	154,058			
T3	60	3	126,525			
T4	60	2	126,617			
T5	60	3	146,433			
General	300					

En la tabla 26 se observa que los valores de la mediana y el rango promedio del tratamiento 1 o muestra base son los más elevados debido a que la pasta en su composición no presenta harina a base de residuos de brócoli, sin embargo, los valores del tratamiento 2 son los que le prosiguen presentando un rango promedio

de 154,058 y una mediana de 3 que se ubica en el rango de no me gusta ni me disgusta en cuanto al apariencia. Además, el valor de p indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y que al menos uno es diferente.

En la tabla 27 se puede observar que las comparaciones realizadas mediante la prueba de Wilcoxon que indican diferencias estadísticamente significativas por ser menores a 0,05 son T1-T3, T1-T4 y T1-T5.

Tabla 27

Prueba de Wilcoxon para Apariencia

Tratamientos	Mediana	Muestra	Valor de P
T1	4	T1-T2	0,079
T2	3	T1-T3	1,3E-05
T3	3	T1-T4	5,9E-05
T4	2	T1-T5	0,0079
T5	3	T2-T3	0,2774
		T2-T4	0,2774
		T2-T5	1
		T3-T4	1
		T3-T5	0,8128
		T4-T5	0,8128

Al momento de elegir un alimento la apariencia es un parámetro importante que en muchos casos supera a las características nutritivas del producto, por esta razón al momento de elaborar un nuevo producto se debe tener mucho cuidado en el aspecto (Agua, 2020). La adición de harina de residuos de brócoli fue un factor ponderante al momento de la elaboración de la pasta. Devi *et al.* (2022) mencionan que la adición de hojas secas de brócoli a los fideos redujo el contenido de grasa y carbohidratos de la pasta, de la misma forma se observaron cambios en la apariencia por la cantidad de fibra que esta harina aporta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La fibra presente en los residuos de brócoli permitió obtener una harina fina, suave al tacto y de color amarillo verdoso, ideal para ser utilizada como ingrediente sustituto de en la elaboración de pastas u otro tipo de alimentos.

La adición de residuos de brócoli provocó un colapso estructural de las moléculas debido a la hidrodinámica de las fuerzas generadas, ya que cuando al incrementar el porcentaje de sustitución de la harina estructurada la masa de la pasta se vuelve más quebradiza y menos flexible en el amasado.

Los tratamientos tuvieron un comportamiento viscoelástico de tipo pseudoplástico, ya que los valores de la tasa de corte aumentaban a medida que se incrementaba el esfuerzo de corte y disminuía la viscosidad, haciendo que a mayor porcentaje de sustitución de harina de residuos de brócoli las masas de las pastas se vayan desintegrando.

La evaluación sensorial indica que el mejor tratamiento es el T2 ya que presentó una mayor preferencia por parte de los consumidores, debido a que presentaba un color entre verde y amarillo, un olor suave, un sabor a pasta normal con toques de brócoli y una apariencia definida de pasta.

5.2 Recomendaciones

Los residuos de brócoli contienen gran cantidad de fibra y presentan una corteza dura después del secado, por tal motivo se recomienda mejorar los procesos de molienda y tamizaje de los desechos ya que de esto depende la suavidad y finura que la harina presente al tacto.

Determinar el costo beneficio que se obtiene al elaborar la harina a partir de residuos de brócoli para evaluar la factibilidad al sustituirla parcialmente en un producto.

Determinar la cantidad de sulforafano que la harina de residuos de brócoli aporta a la formulación del producto para observar si es un alimento funcional.

Estudiar la vida útil de la pasta sustituida parcialmente con harina de residuos de brócoli observando su comportamiento bajo distintos valores de temperatura con el propósito de determinar el valor adecuado para su conservación.

Realizar el proceso de secado de la pasta sustituida con harina de residuos de brócoli en estufa, controlando la humedad relativa, la disposición de la pasta, la temperatura y el tiempo de enfriamiento con el fin de alargar la vida útil del producto.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Fernández, B., & Núñez, E. (2018). *Alimentos de la región de Murcia: Brócoli*.
https://www.ucam.edu/sites/default/files/catedras/agro-santander/informe_brocoli_web.pdf
- Adgidzi, E., Ani, J., & Amove, J. (2021). Rheological and sensory property of millet sesame and moringa blend porridges. *Trends in Science & Technology Journal*, 6, 01-08.
<https://www.ftstjournal.com/uploads/docs/61%20Article%201.pdf>
- Agua, K. (2020). *Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y extracto de zanahoria* [Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUA%20VERA%20KATHERINE%20ABIGAIL.pdf>
- Aguilar, M., Welti, J., & Jacobo, D. (2019). Combined effect of ultrasound treatment and exogenous phytohormones on the accumulation of bioactive compounds in broccoli florets. *Ultrasonics Sonochemistry*, 50, 289-301.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.031>
- Ainsa, A., Honrado, A., Marquina, P., Roncalés, P., Beltrán, J., & Calanche, J. (2021). Innovative development of pasta with the addition of fish by products from two species. *Foods*, 10(8), 1889.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10081889>
- Arozarena, I. (2021). *Tipos de productos: clasificación y diferencias de «residuo»*.
<https://recircular.net/blog/tipo-de-producto-clasificacion-residuo-subproducto-excesodeproduccion-materialdestock#:~:text=Residuo%3A%20Es%20todo%20el%20material,no%20llega%20a%20ser%20residuo.>
- Arribas, C., Cabellos, B., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. (2020). Cooking effect on the bioactive compounds, texture, and color properties of cold extruded rice bean based pasta supplemented with whole carob fruit. *Foods*, 9(4), 415. <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/4/415>
- Constitución de la Republica del Ecuador, (2008).
- Avendaño, C., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1029-1037.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000601029#:~:text=Los%20insectos%20son%20alternativas%20saludables,en%20los%20Reglamentos%20de%20Alimentos.

- Barrado, V. (2022). *Pasta: Variedades, características y usos*. <https://www.micasarevista.com/recetas-trucos-cocina/a34109684/pasta-variedades-nombres-recetas/>
- Bas, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2020). Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/su12041284>
- Bas, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2022). Impact of Disruption and Drying Conditions on Physicochemical, Functional and Antioxidant Properties of Powdered Ingredients Obtained from Brassica Vegetable By-Products. *Foods*, 11(22), 3663. <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/22/3663>
- Belahcen, L., Cassan, D., Canaguier, E., Robin, M., Chiffolleau, Y., Samson, M., & Jard, G. (2022). Physicochemical and sensorial characterization of artisanal pasta from the Occitanie region in France. *Foods*, 11(20), 3208. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11203208>
- Bento, J., Bassinello, P., Morais, D., Souza, M., Bataus, L., Carvalho, R., Caliari, M., & Júnior, M. (2021). Pre-gelatinized flours of black and carioca bean by products: Development of gluten free instant pasta and baked snacks. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100383>
- Boff, J. M., Strasburg, V. J., Ferrari, G. T., de Oliveira Schmidt, H., Manfroi, V., & Ruffo De Oliveira, V. (2022). *Chemical, Technological, and Sensory Quality of Pasta and Bakery Products Chemical, Technological, and Sensory Quality of Pasta and Bakery Products Made with the Addition of Grape Pomace Flour*. <https://doi.org/10.3390/foods11233812>
- Boff, J., Strasburg, V., Ferrari, G., Oliveira, H., Manfroi, V., & Ruffo, V. (2022). Chemical, Technological, and Sensory Quality of Pasta and Bakery Products Chemical, Technological, and Sensory Quality of Pasta and Bakery Products Made with the Addition of Grape Pomace Flour. *Foods*, 11(23), 3812. <https://doi.org/10.3390/foods11233812>
- Borja, M., Lozano, J., Borrás, I., Pedreño, M., & Sabater, A. (2020). Revalorization of broccoli by products for cosmetic uses using supercritical fluid extraction. *Antioxidants*, 9(12), 1195. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox9121195>
- Burgos, V., López, E., Goldner, M., & Castillo, V. (2019). Physicochemical characterization and consumer response to new Andean ingredients based fresh pasta: Gnocchi. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, 100142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100142>

- Cai, Y., Wang, J., McAuley, C., Augustin, M., & Terefe, N. (2019). Fermentation for enhancing the bioconversion of glucoraphanin into sulforaphane and improve the functional attributes of broccoli puree. *Journal of Functional Foods*, 61, 103461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103461>
- Carpentieri, S., Larrea, D., Donsì, F., & Ferrari, G. (2022). Functionalization of pasta through the incorporation of bioactive compounds from agri food by products: Fundamentals, opportunities, and drawbacks. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 4965. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.011>
- Carrasco, D., Ayala, D., Álvarez, L., & Miranda, M. (2020). Sostenibilidad medio ambiental en el procesamiento de frutas deshidratadas ecuatorianas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(35), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss35.2020pp1-15>
- Carvajal, L. (2021). Pastas alimenticias libres de gluten a base de arroz, una revisión. *Investigación Joven*, 8(1), 1-6. <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/10942>
- Cassinelli, M., Huatuco, D., Revollar, R., Sánchez, D., & Silva, L. (2019). *Forty Nuggets Kids*. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/9406>
- Castillejo, N., Martínez, G., Artés, F., & Artés, F. (2019). Revalorización de subproducto del brócoli para elaborar un pesto a base de kale. *Proceedings of the 7th Workshop on agri-food*, 18. <http://hdl.handle.net/10317/11101>
- Castillero, O. (2019, julio 9). *Variable dependiente e independiente: qué son, con ejemplos*. Psicología y mente. <https://www.ejemplos.co/variables-dependientes-e-independientes/#:~:text=las%20variables%20dependientes.-,Por%20ejemplo%2C%20en%20un%20estudio%20sobre%20la%20propiedad%20de%20los,se%20observa%20en%20los%20materiales.>
- Castillo, Ó., Iriondo, A., & Gómez, J. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario*, 1. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/253463/1/nuevatendealimen.pdf>
- Catota, W. R. J. (2020). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli con dos abonos orgánicos*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6924>
- Ceccanti, C., Finimundy, T., Melgar, B., Pereira, C., Ferreira, I., & Barros, L. (2022). Sequential steps of the incorporation of bioactive plant extracts from wild Italian *Plantago coronopus* L. and *Cichorium intybus* L. leaves in fresh egg pasta. *Food Chemistry*, 384, 132462. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132462>

- Cerón, T. (2021). *En la BUAP crean harinas con residuos orgánicos para preparar alimentos con valor agregado*. <https://www.cua.uam.mx/news/miscelanea/en-la-buap-crean-harinas-con-residuos-organicos-para-preparar-alimentos-con-valor-agregado#:~:text=Jan%202021%2F%20Miscelanea-,En%20la%20BUAP%20crean%20harinas%20con%20residuos,preparar%20alimentos%20con%20valor%20agregado&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Organizaci%C3%B3n,consumo%20humano%20producidos%20al%20a%C3%B1o>.
- Chacaliaza, J., Fernández, P., Huamaní, C., León, J., & Melly, L. (2020). *Brócoli liofilizado enriquecido con yacón en polvo como suplemento alimenticio – Metfitlife*. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/11416>
- Chan, P., Meza, S., Manfre, D., Venturini, A., Yoshida, C., Schmiele, M., & Sinnecker, P. (2022). Production of gluten-free pasta from black rice by-products: physicochemical, nutritional and sensory attributes. *Research, Society and Development*, 11(11), e539111134057-e539111134057. <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.34057>
- Chetrariu, A., & Dabija, A. (2021). Quality characteristics of spelt pasta enriched with spent grain. *Agronomy*, 11(9), 1824. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11091824>
- Coba, G. (2020). *El brócoli gana protagonismo en la exportación no petrolera del país*. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/brocoli-espacio-canasta-exportaciones/>
- Collaguazo, N. (2017). *Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de trigo y almidón nativo de fruta pan*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11442>
- Córdova, C., Vivanco, J. P., Quintero, J., & Mahn, A. (2020). Effect of drum-drying conditions on the content of bioactive compounds of broccoli pulp. *Foods*, 9(9), 1224.
- Costa, A., Moreno, D., Periago, P., García, C., & Domínguez, R. (2022). A New Food Ingredient Rich in Bioaccessible (Poly) Phenols (and Glucosinolates) Obtained from Stabilized Broccoli Stalks. *Foods*, 11(12), 1734. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11121734>
- Costa, B., Liz, F., Ferreira, J., Santos, R., González, T., & Balbi, M. (2019). Uso da farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa deg.Família Passifloraceae) na formulação de macarrão caseiro. *Visão Acadêmica*, 19(4). <https://doi.org/10.5380/acd.v19i4.65496>
- Delgado, D. (2020). *Elaboración de pasta alimenticia con sustitución parcial de harina de brócoli (Brassica oleraceae var. italica)*. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6504/1/ELABORACI%C3%93N%](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6504/1/ELABORACI%C3%93N%20)

20DE%20PASTA%20ALIMENTICIA%20CON%20SUSTITUCI%C3%93N%20PARCIAL%20DE%20HARINA%20DE%20BR%C3%93COLI%20%28Brassica%20oleraceae%20var.%20italica%29.pdf

- Delgado, R. (2023). *Comportamiento Reológico y Viscoelástico de Almidones Nativos Extraídos de Tres Variedades de Quinoa (Chenopodium Quinoa)*. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/397>
- Devi, M., Soekopitojo, S., Putri, A., Pratikto, H., Wibawa, A., & Hamid, M. (2022). The addition of dried broccoli (*Brassica oleracea* L.) leaves can improve the nutrition of noodles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1116(1), 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1116/1/012024>
- Dufoo, M., Vazquez, M., Ramirez, E., Vazquez, D., Rivera, D., & Mercado, E. (2020). Nutritional, nutraceutical and functional properties of flours obtained from broccoli waste material dried at different temperatures. *Acta Horticulturae*, 1292, 137-144. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1292.18>
- Duque, P. I. V., & Murillo, A. Á. (2021). Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 33(3), 181-201.
- Duque, P., & Murillo, A. (2021). Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 33(3), 181-201. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/857>
- FAO. (2013). *Toolkit : reducing the food wastage footprint*. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/341ec759-3d25-5e8d-b864-f9763a22f450/#:~:text=The%20aim%20of%20the%20Toolkit,pledges%20favoring%20food%20wastage%20reduction.>
- FAO. (2021, octubre). *Marco Estratégico para 2022-2031*. <https://www.fao.org/strategic-framework/es#:~:text=El%20Marco%20estrat%C3%A9gico%20de%20la%20FAO%20para%202022%2D2031%20busca,sin%20dejar%20a%20nadie%20atr%C3%A1s.>
- Fransoi, M. S. (2019). Agronegocio del brócoli y semiproletarización. Corolarios del vínculo laboral en una comuna indígena de la Sierra Central de Ecuador. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 4(8). <https://doi.org/ark:/s25251635/qs1peh/ty>
- Fransoi, M. S. (2020). *La dinámica del territorio del agronegocio del brócoli en un área indígena de la sierra central del Ecuador*. <http://hdl.handle.net/10469/17407>
- García, A., & Pacheco, E. (2017). *Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914078020>

- Gottau, G. (2017). *Pasta de harina de legumbres: estas son sus propiedades y beneficios*. Vitonica. <https://www.vitonica.com/alimentos/pasta-de-harina-de-legumbres-estas-son-sus-propiedades-y-beneficios>
- Guamán, M. (2022). *Uso de subproductos, nueva tendencia en la producción de alimentos*. Sustentabilidad. <https://noticias.utpl.edu.ec/uso-de-subproductos-nueva-tendencia-en-la-produccion-de-alimentos#:~:text=Hoy%2C%20en%20la%20industria%20alimentaria,sabor%2C%20m%C3%A1s%20conocidos%20como%20subproductos.>
- Guerrero, G., & Tacuri, A. (2020). *Análisis del proceso de exportación de brócoli congelado hacia el mercado alemán en el período 2015-2019* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54820>
- Hegazy, A., & Ammar, M. (2019). Utilization of cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis) stem flour in improving Balady bread quality. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, 44(1), 112-118. <https://doi.org/10.21608/entreabierto.2019.59703>
- Ho, I., Peterson, A., Madden, J., Huang, E., Amin, S., & Lammert, A. (2022). Product Development and Evaluation of Cricket (*Acheta domesticus*) Powder Replacement in Sausage, Pasta, and Brownies. *Foods*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/foods11193128>
- Holguín, B., & Alvarado, A. (2017). Behavior of the production of wheat flour in Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.html>
- Ibarruri, J. (2019). *Valoración de subproductos de la industria alimentaria mediante fermentación sólida y sumergida con *Rhizopus* sp.* <https://addi.ehu.es/handle/10810/33223>
- INECOL. (2021). *Brassica oleracea var. italica*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/735-brocoli>
- Ke, Y., Shyu, Y., & Wu, S. (2021). Evaluating the anti-inflammatory and antioxidant effects of broccoli treated with high hydrostatic pressure in cell models. *Foods*, 10(1), 167. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10010167>
- Krupa, U., Drabińska, N., Bączek, N., Šimková, K., Starowicz, M., & Jeliński, T. (2021). Application of broccoli leaf powder in gluten-free bread: An innovative approach to improve its bioactive potential and technological quality. *Foods*, 10(4), 819. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10040819>
- le Gall, J. (2009). El brócoli en Ecuador: la fiebre del oro verde. *Anuario americanista europeo*, 6-7, 261-288.

- Leng, R. (2019). *¿Podemos alimentar al mundo entero y garantizar que nadie pase hambre?*
- Lomia, F. (2022). *30 Tipos de pasta y las salsas para maridar*. Alimentación. <https://medicoplus.com/nutricion/tipos-pasta>
- López, N., & Posada, N. (2020). Optimización de la formulación de tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada empleando el método de diseño de mezclas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://www.scielo.br/j/bjft/a/d4jLfcVw8dtGJQfZDrp357R/?lang=es>
- Lozano, N. (2019). *La dinámica de las exportaciones no tradicionales agrícolas en el Ecuador, periodo 2014 - 2018*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46052>
- Mahn, A., & Castillo, A. (2021). Potential of sulforaphane as a natural immune system enhancer: A review. *Molecules*, 26(3), 752. <https://doi.org/10.3390/molecules26030752>
- Mata, L. (2019). *El enfoque cuantitativo de investigación*. Investigalia.
- Mazataud, E. (2020). El sulforafano, los secretos del principal principio activo del brócoli. *Medicina Naturista*, 14, 1576-3080. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7512766>
- Meherunnahar, M., Ahmed, T., Chowdhury, R., Miah, M., Sridhar, K., Inbaraj, B., Hoque, M., & Sharma, M. (2023). Development of Novel Foxtail Millet-Based Nutri-Rich Instant Noodles: Chemical and Quality Characteristics. *Foods*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/foods12040819>
- Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2020). Functional ingredients from agri food waste: Effect of inclusion thereof on phenolic compound content and bioaccessibility in bakery products. *Antioxidants*, 9(12), 1216. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox9121216>
- Mezger, T. (2014). *The Rheology Handbook* (4.^a ed.).
- Morales, E. (2020). *¿Cuál es la manera correcta de comer brócoli? Mejor con Salud*. <https://mejorconsalud.as.com/la-manera-correcta-comer-brocoli-aprovechar-nutrientes/>
- Moreto, M. (2015). *48 000 toneladas de harina consume el país*. Revista Lider. <https://www.revistalideres.ec/lideres/consumo-harina-ecuador-toneladas-molinos.html>
- Murillo, J. (2019). *Métodos de Investigación de Tipo Experimental*. 1-33.
- Musaurieta, S. (2021). Innovación y desarrollo de nuevos productos. Caso Alaska Mousse D'Onofrio. *Gestión en el tercer milenio*, 24(47), 3-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/gtm.v24i47.20574>

- Nawaz, A., Xiong, Z., Li, Q., Xiong, H., Liu, J., Chen, L., Wang, P., Walayat, N., Irshad, S., & Regenstein, J. (2019). Effect of wheat flour replacement with potato powder on dough rheology, physiochemical and microstructural properties of instant noodles. *Journal of food processing and preservation*, 43(7), e13995. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.13995>
- Nechaev, A., Tsyganova, T., Butova, S., Nikolaeva, J., Tarasova, V., & Smirnov, D. (2021). Development of a new generation instant pasta based on gluten-free raw materials and dietary fiber. *Earth and Environmental Science*, 640(2), 022006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022006>
- Novelli, D. (2018). Alimentos: el consumo responsable trastoca paradigmas. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 44(1), 4-9. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142018000100002
- Oliveira, B., Contini, L., Garcia, V., Cilli, L., Chagas, E., Andreo, M., Vanin, F., Carvalho, R., Sinnecker, P., & Venturini, A. (2022). Valorization of grape by-products as functional and nutritional ingredients for healthy pasta development. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), e17245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.17245>
- ONU. (2020). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Oña, X., Viteri, O., Cadillo, J., & Buenaño, X. (2022). Caracterización de los residuos sólidos urbanos y desperdicios de alimentos del Distrito Metropolitano de Quito. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5, 2022. <https://doi.org/10.46380/rias.v5.e230>
- Panza, O., Conte, A., & Delnobile, M. (2022). Recycling of fig peels to enhance the quality of handmade pasta. *LWT*, 168, 113872. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113872>
- Pascual, G. (2023). *Producción de fideos tipo Fetuccini con inclusión de residuos de naranjas y manzanas como estrategia para alcanzar una agricultura sustentable*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5807>
- Pino, M. (2021). *Harinas no convencionales: El ingrediente saludable que impulsa investigadores de INIA*. Biblioteca INIA. <https://www.inia.cl/2021/07/15/harinas-no-convencionales-el-ingrediente-saludable-que-impulsa-investigadores-de-inia/>
- Preciado, A., Ruiz, J., Villegas, M., Domínguez, A., & González, G. (2017). Aprovechamiento y revalorización de subproductos de la industria alimentaria. *Revista Iberoamericana de tecnología Postcosecha*, 23(2), 92. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/>

- Quintero, J., Román, D., Salazar, J. L., & Mahn, A. (2020a). Economic assessment of a small-scale plant for production of sulforaphane-rich broccoli flour in Chile. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(3), 544-552.
- Quintero, J., Román, D., Salazar, J., & Mahn, A. (2020b). Economic assessment of a small-scale plant for production of sulforaphane-rich broccoli flour in Chile. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(3), 544-552. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bbb.2097>
- Quiroz, M., Juárez, A., Díaz, E., Mendoza, J., & Ozuna, C. (2019). Incorporación de Hojas Externas de Brócoli y Coliflor en Pasta Fresca Verde: Parámetros Físicos y Compuestos Bioactivos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 23. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/1/4.pdf>
- Quishpe, C. (2023). *Diseño de una proceso agroindustrial pata la obtención de sopas deshidratadas a partir de brócoli*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18800>
- Ramírez, L., Villarruel, A., Villagrán, Z., & Anaya, L. (2021). Residuos alimenticios: fuente de componentes bioactivos para la elaboración de alimentos funcionales. *Ciencia en Salud*, 16(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/acs.v0i16.108>
- Ramírez, M. (2019). *Enriquecimiento del fideo con la incorporación de la harina de quinua, harina de cebada y ajonjolí*. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3887>
- Rejón, S. (2022). Efecto de las condiciones de procesado sobre la cinética de secado y las propiedades antioxidantes de tallos de brócoli. *Universitat Politècnica de València*, 1. <http://hdl.handle.net/10251/188210>
- Reyes, D., Figueroa, L., Vicuña, M., & Molina, C. (2019). Pasta funcional tipo fettuccini a base de harina compuesta de frijol y yuca libre de gluten. *Congreso Internacional CUCCAL 12*, 6, 154. https://www.ri.unam.mx/contenidos?c=wRrqAM&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0
- Rivas, M., Benito, M., Martín, A., Córdoba, M., Ruíz, S., & Casquete, R. (2022). Improve the functional properties of dietary fibre isolated from broccoli by-products by using different technologies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103075. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103075>
- Rivas, M., Benito, M., Ruíz, S., Martín, A., Córdoba, M., Merchán, A., & Casquete, R. (2021). Improving the Viability and Metabolism of Intestinal Probiotic Bacteria Using Fibre Obtained from Vegetable By-Products. *Foods*, 10(9), 2113. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10092113>

- Rodriguez, K., Santiesteban, N., Cerón, T., & Maldonado, J. (2021). Making “gluten free” cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) flour to make tortillas with linaza (*Linum usitatissimum*) and chía (*Salvia hispánica*). *Journal of Natural & Agricultural Sciences/Revista de Ciencias Naturales & Agropecuarias*, 8(23). <https://doi.org/10.35429/JNAS.2021.23.8.14.21>
- Rodríguez, S., & Raghavan, V. (2022). Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Broccoli (*Brassica oleracea*) Stems, Leaves, and Florets: Optimization, Characterization, and Comparison with Maceration Extraction. *Recent Progress in Nutrition*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.21926/rpn.2202011>
- Rojo, M., Bonilla, D., & Masaquiza, C. (2018). El desarrollo de nuevos productos y su impacto en la producción: caso de estudio BH Consultores. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 134-142. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100134
- Romano, A., Ferranti, P., Gallo, V., & Masi, P. (2021). New ingredients and alternatives to durum wheat semolina for a high quality dried pasta. *Current Opinion in Food Science*, 41, 249-259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.07.005>
- Roy, M., Juneja, L., Isobe, S., & Tsushida, T. (2009). Steam processed broccoli (*Brassica oleracea*) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems. *Food Chemistry*, 114(1), 263-269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.050>
- Ruiz, L. (2021). *Obtención de compuestos bioactivos por fermentación en estado sólido a partir de subproductos de frutas procesadas*. <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/59>
- Saavedra, M., Leyva, C., Toxqui, A., & Espinosa, V. (2021). Physicochemical properties and antioxidant activity of spray-dry broccoli (*Brassica oleracea* var *Italica*) stalk and floret juice powders. *Molecules*, 26(7). <https://doi.org/10.3390/molecules26071973>
- Sakurai, Y., Rodriguez, A., Pires, M., & Silva, L. (2019). Quality of pasta made of cassava, peach palm and golden linseed flours. *Food Science and Technology*, 40, 228-234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.09119>
- Salas, J., Aznar, A., Conesa, E., Conesa, A., & Aguayo, E. (2022). Functional food obtained from fermentation of broccoli by-products (stalk): Metagenomics profile and glucosinolate and phenolic compounds characterization by LC-ESI-QqQ-MS/MS. *LWT*, 169, 113915. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113915>

- Salvador, R. (2020). *Recuperación de Quercetina, Oleuroteína y otros compuestos fenólicos presentes en residuos agroalimentarios mediante un proceso combinado*. <http://hdl.handle.net/10259/5610>
- Sánchez, R., Garde, T., Rodríguez, M., Elez, P., & Martín, O. (2020). High-intensity pulsed electric fields or thermal treatment of broccoli juice: the effects of processing on minerals and free amino acids. *European Food Research and Technology*, 246(3), 539-548. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.04.004>
- Sandoval, C., & Ruiz, E. (2018). Eco-Innovación en Ingeniería de Alimentos Sostenible aplicando técnicas Inteligentes de Eficiencia Energética–EcoSVeg. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 22(87), 13. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/download/186/246>
- Sandström, V. (2022). *Reciclaje de subproductos del sistema alimentario en alimentos para ganado y acuicultura*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/reciclaje-de-subproductos-del-sistema-alimentario-en-alimentos-para-ganado-y-acuicultura/>
- Santillan, J. (2021). *Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el centro experimental Dr. Jacobo Bucaram Ortiz* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38302/1/040%20Agronom%20C3%ADa%20-%20Villacis%20Yacelga%20Kevin%20Geovanny.pdf>
- Plan de creación de oportunidades 2021-2025, (2021).
- Serna Barrera, M. A. (2021). *Estudio de la fermentación como pretratamiento para la mejora de las propiedades antioxidantes de polvos de tallo de brócoli*.
- Serna, M. (2021). *Estudio de la fermentación como pretratamiento para la mejora de las propiedades antioxidantes de polvos de tallo de brócoli*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/171396/Serna%20-%20ESTUDIO%20DE%20LA%20FERMENTACION%20COMO%20PRETRATAMIENTO%20PARA%20LA%20MEJORA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20ANTIOXID....pdf?sequence=1>
- Shi, M., Hlaing, M., Ying, D., Ye, J., Sanguansri, L., & Augustin, M. (2019). New food ingredients from broccoli by-products: physical, chemical and technological properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1423-1432. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijfs.14111>
- Siddiqui, S., Mahmud, C., Abdi, G., Wanich, U., Farooqi, M., Settapramote, N., Khan, S., & Wani, S. (2022). New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges. *Journal of Food Biochemistry*, 46(9), e14185. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14185>

- Soares, P., Almendra, R., Benítez, N., Fernández, T., Lozano, M., Valera, D., & Navarrete, E. (2020). Sistemas alimentarios sostenibles para una alimentación saludable. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(2), 87-89. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.24.2.1058>
- Soriano, A. (2019). *Estudio de potencialidad de la fibra de caqui como ingrediente funcional en magdalenas* [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/128030/Soriano%20-%20Estudio%20de%20la%20potencialidad%20de%20la%20fibra%20de%20caqui%20como%20ingrediente%20funcional%20en%20magdalenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sosa, S. R. A. (2020). *El brócoli como fuente generadora de ingresos sostenibles en la provincia de Cotopaxi, periodo 2015-2019*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50629>
- Steinvorth, A. (2014). Residuos de alimentos: ¿problema u oportunidad? *Recursos de Conocimiento Para La Gestión Municipal*, 2(2), 1-4. http://municipal.cegesti.org/articulos/articulo_02_191114.pdf
- Tapia, Y. (2022). *Características físicas de tamaño de partículas y consistencia de la mezcla de siete harinas (ulpada)* [UNAMBA]. <https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1261>
- Vallejo, J. (2022). *Valorización y aprovechamiento de subproductos*. Orizont. <https://www.orizont.es/valorizacion-y-aprovechamiento-de-subproductos/>
- Vanduchova, A., Anzenbacher, P., & Anzenbacherova, E. (2019). Isothiocyanate from broccoli, sulforaphane, and its properties. *Journal of medicinal food*, 22(2), 121-126. <https://doi.org/10.1089/jmf.2018.0024>
- Vargas, P., Díaz, A., Manríquez, A., Martínez, F., Cruz, A., Arenas, C., & Molina, C. (2022). Evaluación de la producción de azúcares fermentables usando residuos de hojas de brócoli. *Jóvenes en la Ciencia*, 16. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3521>
- Vásquez, C., Robles, M., & Rivera, K. (2018). El brócoli: Su importancia, propiedades funcionales y biodisponibilidad. *revista frontera biotecnológica*, 1. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol09/pdf/vol-09-1.pdf>
- Vásquez, S., Verdú, F., Islas, S., Barat, A., & Grau, J. (2016). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. 17(2), 307-317. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041018>

- Vázquez, A., Gallegos, A., Bernal, H., López, M., & Méndez, A. (2019). Physicochemical, Nutritional and sensory properties of deep fat-fried fortified tortilla chips with broccoli (*Brassica oleracea* L. convar. *italica* Plenck) flour. *Journal of Food and Nutrition Research*, 53(4), 313-323. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84912067474&partnerID=40&md5=33f9e898a4c86b9144fdcf4655a832f7>
- Vázquez, C., Mejía, B., & Reyna, M. (2020). Impacto de las tecnologías de procesamiento del brócoli sobre compuestos fitoquímicos relevantes en salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Vega, A., Uribe, E., Pasten, A., Camus, J., Gomez, L. S., Mejias, N., Vidal, R., Grunenwald, F., Aguilera, L., & Valenzuela, G. (2023). Comprehensive Evaluation of the Bioactive Composition and Neuroprotective and Antimicrobial Properties of Vacuum-Dried Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Powder and Its Antioxidants. *Molecules*, 28(2), 766. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28020766>
- Vieira, A., Silva, A., Albuquerque, A., Almeida, R., Rodrigues, T., Silva, L., Duarte, M., Cavalcanti, M., & Rocha, A. (2021). Effects of long-term frozen storage on the quality and acceptance of gluten-free cassava pasta. *Heliyon*, 7(8), e07844. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07844>
- Villamil, R., Robelto, G., Mendoza, M., Guzmán, M., Cortés, L., Méndez, C., & Giha, V. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1018-1028. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601018>
- Wójtowicz, A., Oniszczuk, A., Kasprzak, K., Olech, M., Mitrus, M., & Oniszczuk, T. (2020). Chemical composition and selected quality characteristics of new types of precooked wheat and spelt pasta products. *Food chemistry*, 309, 125673. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125673>
- WWF. (2022). *Lucha contra el cambio climático evitando el desperdicio de alimentos*. Descubre WWF. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/lucha-contra-el-cambio-climatico-evitando-el-desperdicio-de-alimentos>
- Yagishita, Y., Fahey, J., Dinkova, A., & Kensler, T. (2019). Broccoli or sulforaphane: is it the source or dose that matters? *Molecules*, 24(19), 3593. <https://doi.org/10.3390/molecules24193593>

ANEXOS

Anexo A

Aval del Abstract del TDT por parte del CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Dayana Lucia Narváez Moreno

Fecha de recepción del abstract: 23 de noviembre de 2023

Fecha de entrega del informe: 23 de noviembre de 2023

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET

NAME: Dayana Lucia Narváz Moreno

DATE: 23 de noviembre de 2023

TOPIC: "Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (brassica oleracea) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo fetuccini"

MARKS AWARDED

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo B

Elaboración de harina a base de residuos de brócoli



Anexo C

Elaboración de pasta tipo fettuccini.



Anexo D

Análisis del perfil viscoelástico en el reómetro Anton Para E302.



Anexo E

Geometría Plato Paralelo pp50 para análisis de suspensiones gruesas.



Anexo F

Reogramas de los tratamientos y sus repeticiones.

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

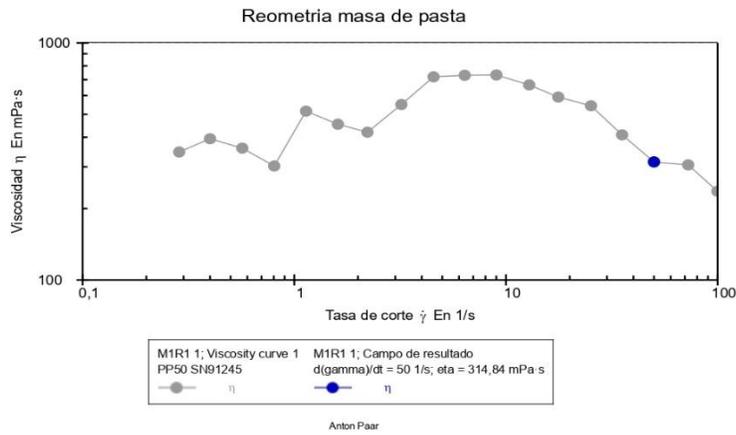
M1R1 1
212f77d0-308d-4a3c-8941-696f25f9101e
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:22:01
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 1
Batch No.:
Description: REP 1

Result Data

Viscosity | 1st point: -168 mPa·s
Viscosity | last point: 236,7 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 314,84 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:27:32

Signature of operator: _____ Name: _____ Date: _____
Signature of approver: _____ Name: _____ Date: _____

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M1R2
bbb4fb70-4e90-44da-afad-a22b7b4e876a
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:28:13
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

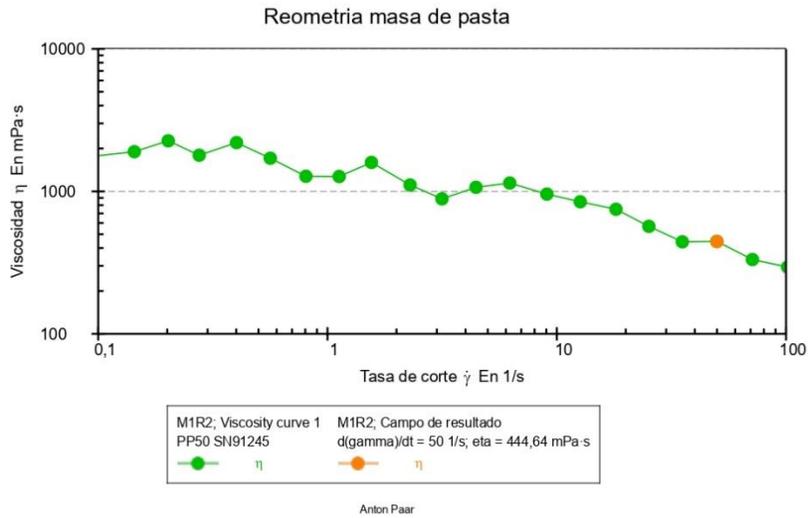
Sample | Info

Sample name: REP 2
Batch No.:
Description: REP 2

Result Data

Viscosity | 1st point: 1729 mPa·s
Viscosity | last point: 294,2 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 444,64 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:32:44

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M1R3
6aee5432-d11d-4a66-9ad2-3e60e34a9510
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:33:39
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

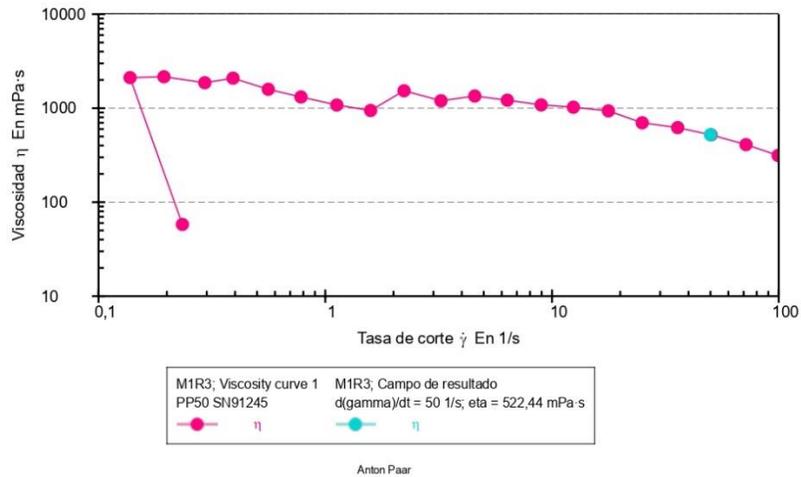
Sample name: REP 3
Batch No.:
Description: REP 3

Result Data

Viscosity | 1st point: 57,96 mPa·s
Viscosity | last point: 314 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 522,44 \text{ mPa}\cdot\text{s}$

Reometría masa de pasta



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:38:37

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M1R4
544cb809-889f-4012-9901-6d4142c829ed
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:39:04
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

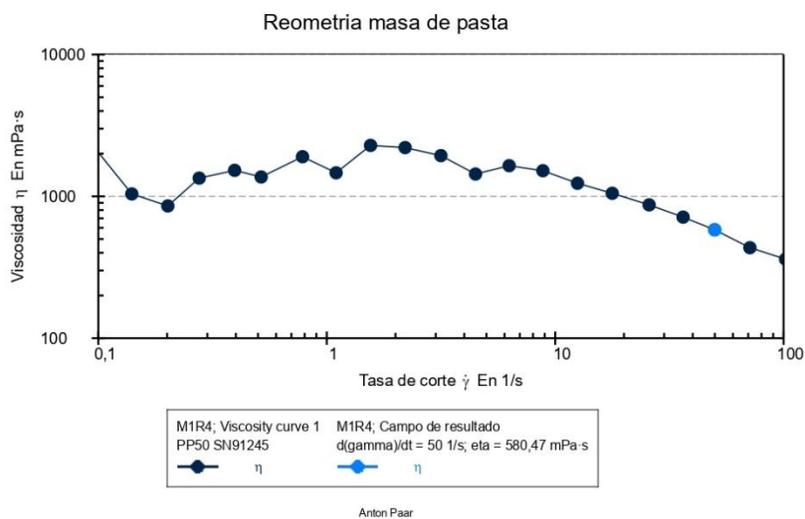
Sample | Info

Sample name: REP 4
Batch No.:
Description: REP 4

Result Data

Viscosity | 1st point: 5001 mPa·s
Viscosity | last point: 360,7 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 580,47 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:43:23

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

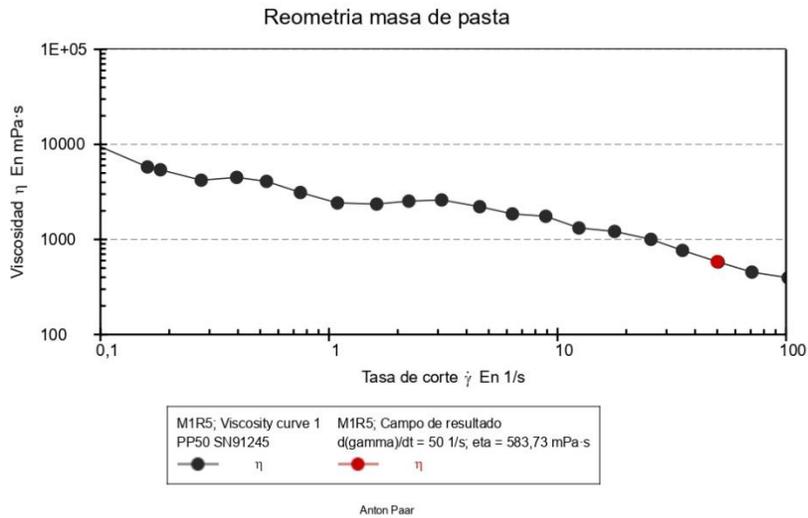
M1R5
4e22ab1e-7a22-44b9-b114-214e4cc4ec50
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:43:53
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 5
Batch No.:
Description: REP 5

Result Data

Viscosity | 1st point: 1,089E+04 mPa·s
Viscosity | last point: 396 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 583,73 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:48:06

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M2R1
6b04f35f-c042-408c-ba21-ebd69949afe0
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:49:41
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

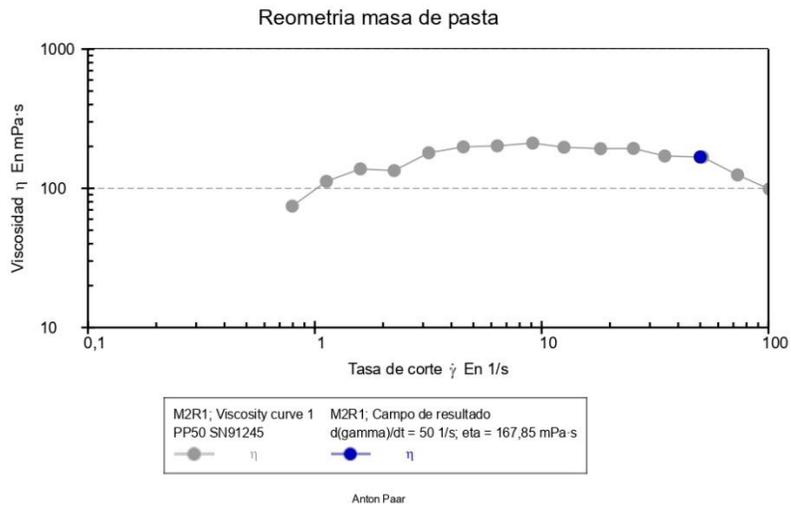
Sample | Info

Sample name: REP 1
Batch No.:
Description: REP 1

Result Data

Viscosity | 1st point: -519,8 mPa·s
Viscosity | last point: 98,89 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 167,85 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:54:53

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M2R2
6532cb2d-6fcd-4e41-943f-5fe646032d0a
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 0:55:19
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

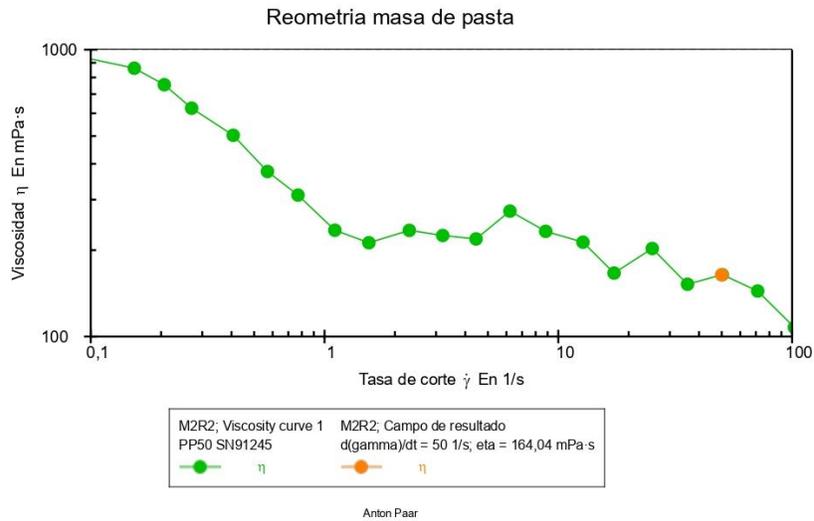
Sample | Info

Sample name: REP 2
Batch No.:
Description: REP 2

Result Data

Viscosity | 1st point: 977,9 mPa·s
Viscosity | last point: 107,6 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 164,04 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 0:59:49

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

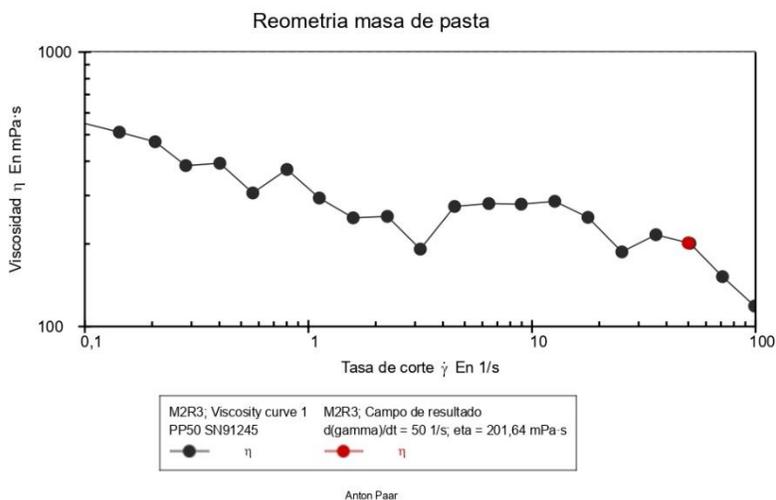
M2R3
0faaf6c6-9b51-4192-b3c4-67a1275af508
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 23:45:02
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 3
Batch No.:
Description: REP 3

Result Data

Viscosity | 1st point: 580,8 mPa·s
Viscosity | last point: 118,7 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 201,64 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 23:50:26

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M2R4
b222ee6f-d1ed-4734-919d-c0c01c44a38f
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 6/6/2023 23:51:49
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

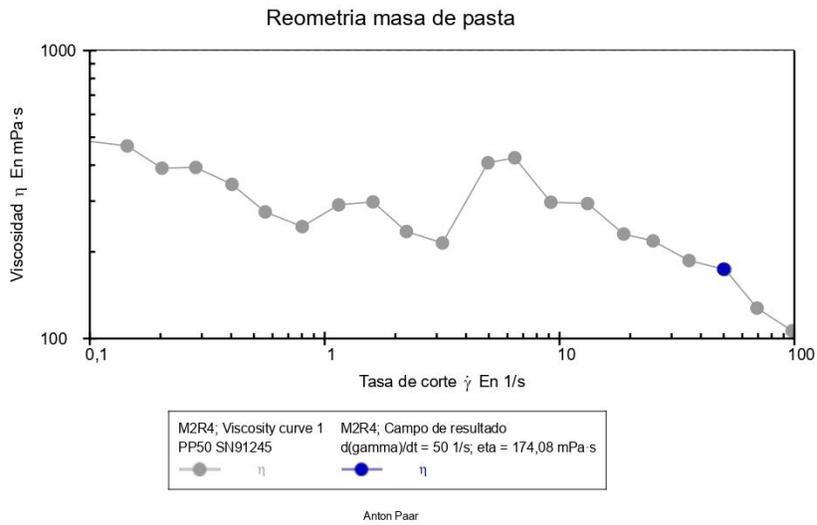
Sample | Info

Sample name: REP 4
Batch No.:
Description: REP 4

Result Data

Viscosity | 1st point: 486,9 mPa·s
Viscosity | last point: 106,3 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 174,08 \text{ mPa·s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 6/6/2023 23:58:28

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M2R5
15a57d95-4f1c-4bd2-9f24-3b012da2dc9b
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:00:25
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

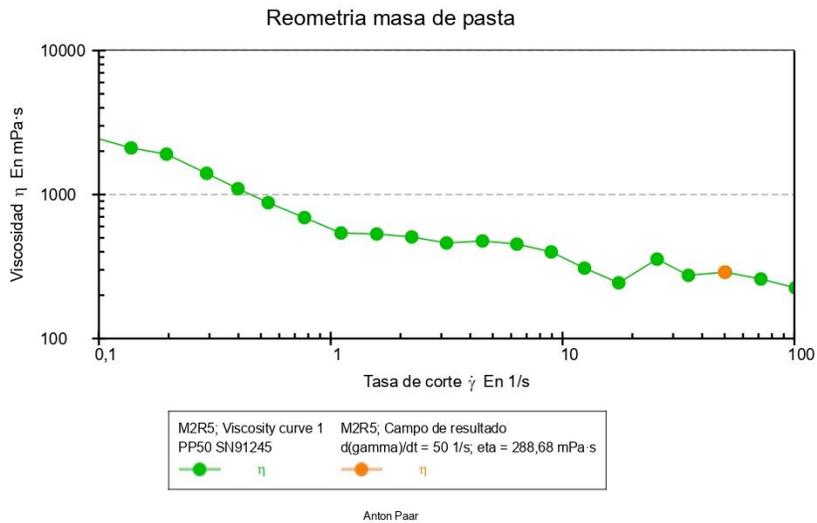
Sample | Info

Sample name: REP 5
Batch No.:
Description: REP 5

Result Data

Viscosity | 1st point: 2818 mPa·s
Viscosity | last point: 225 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 288,68 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:04:17

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

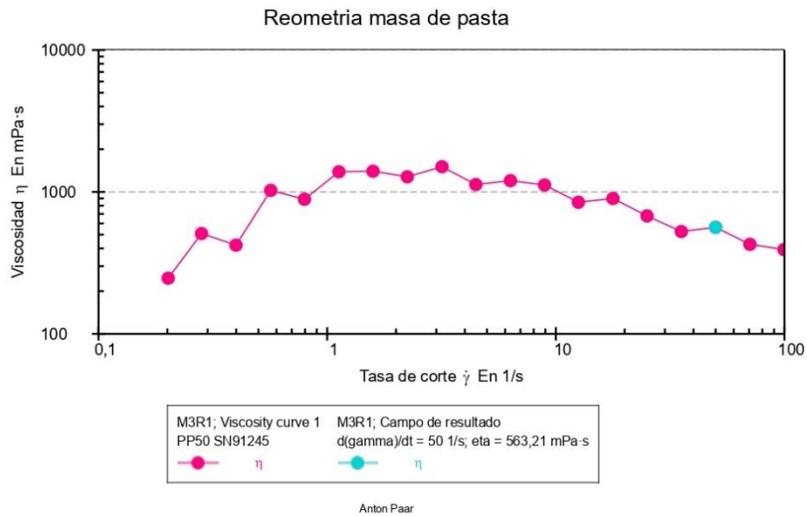
M3R1
81bb50fc-b3ee-443f-a0be-9c2a82baf273
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:06:08
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 1
Batch No.:
Description: REP 1

Result Data

Viscosity | 1st point: -927 mPa·s
Viscosity | last point: 392,3 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 563,21 \text{ mPa·s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:11:36

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M3R2
3c620860-6566-45cf-a4f0-770635abfd71
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:13:15
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

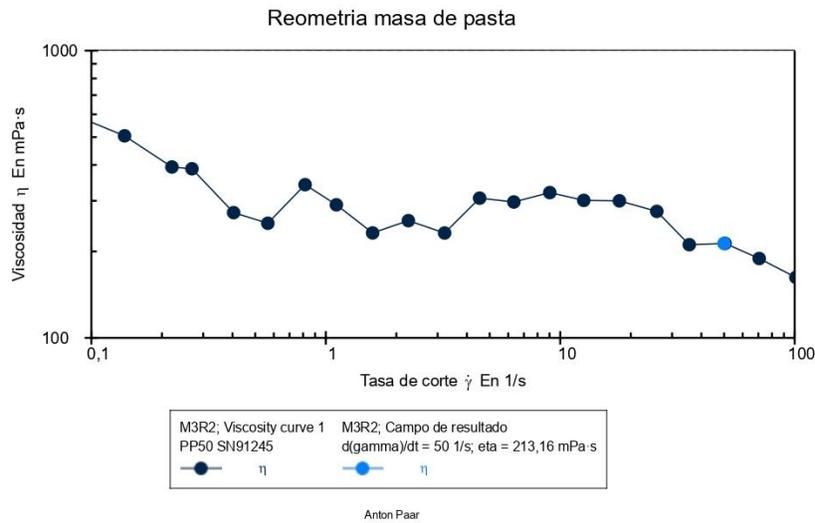
Sample | Info

Sample name: REP 2
Batch No.:
Description: REP 2

Result Data

Viscosity | 1st point: 598,2 mPa·s
Viscosity | last point: 162,4 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 213,16 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:17:56

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

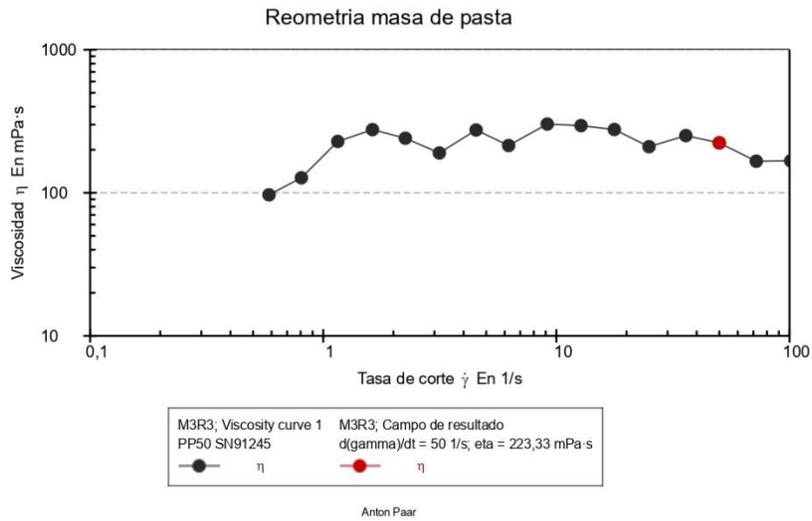
M3R3
facc5a5-04e3-42e4-8f2a-471453f661b6
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:19:35
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 3
Batch No.:
Description: REP 3

Result Data

Viscosity | 1st point: -713,8 mPa·s
Viscosity | last point: 167,3 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 223,33 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:25:41

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M3R4
00a09536-d933-4631-aaaa-6513ca368832
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:27:23
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

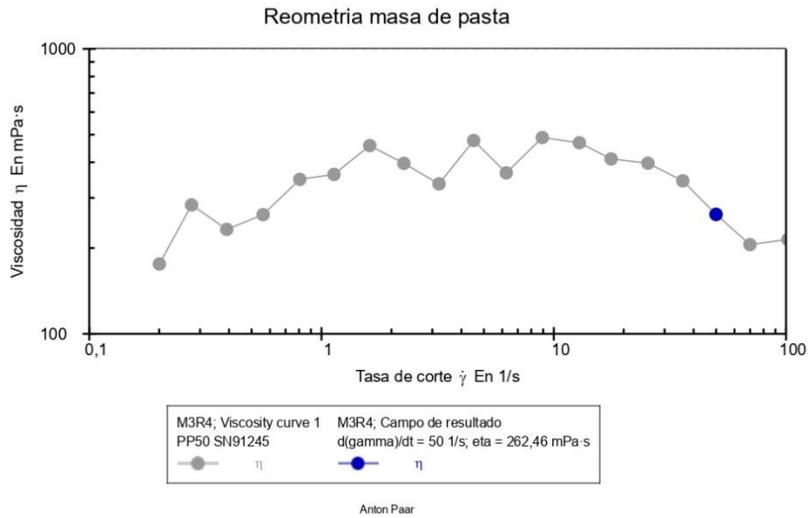
Sample | Info

Sample name: REP 4
Batch No.:
Description: REP 4

Result Data

Viscosity | 1st point: -83,28 mPa·s
Viscosity | last point: 214,5 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 262,46 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:32:46

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

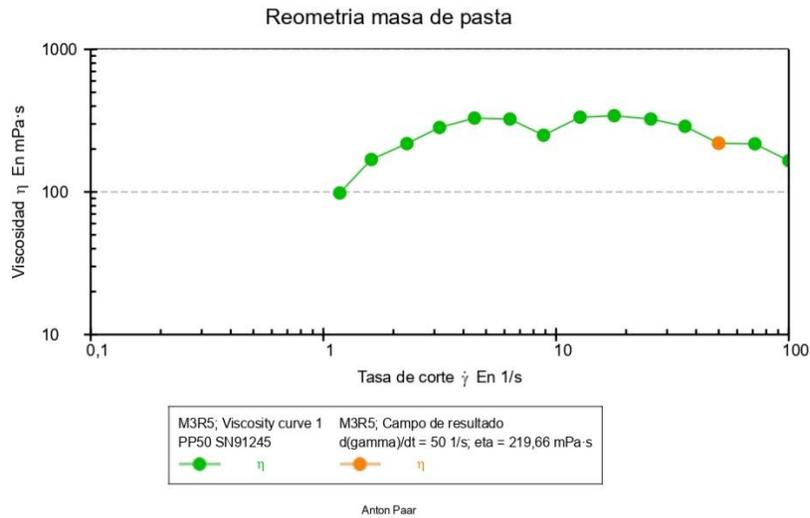
M3R5
97c7443a-0023-4103-b3fd-4e4d28613cf
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:35:02
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 5
Batch No.:
Description: REP 5

Result Data

Viscosity | 1st point: -2120 mPa·s
Viscosity | last point: 165,6 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 219,66 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:40:02

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

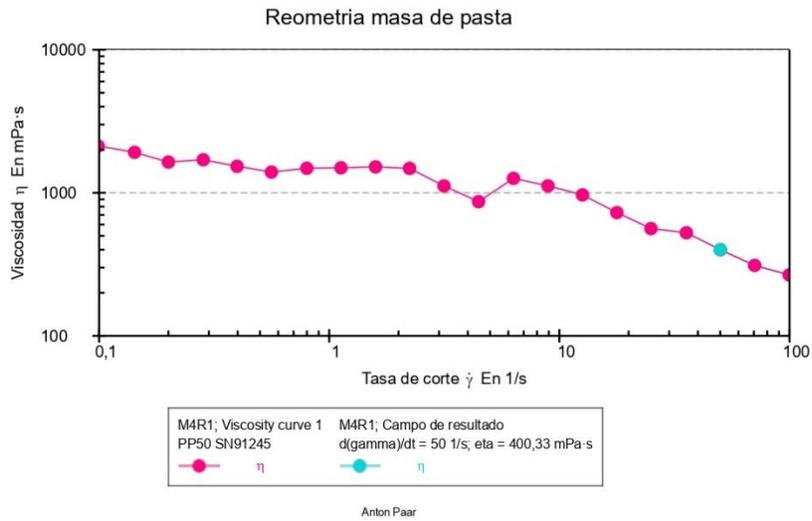
M4R1
adae6071-ab1f-44b5-bf62-6631f71f67f1
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:41:46
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 1
Batch No.:
Description: REP 1

Result Data

Viscosity | 1st point: 2128 mPa·s
Viscosity | last point: 266,5 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 400,33 \text{ mPa·s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:45:59

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M4R2
cf0835fb-8b35-4453-a900-6e154f56157f
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:47:19
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

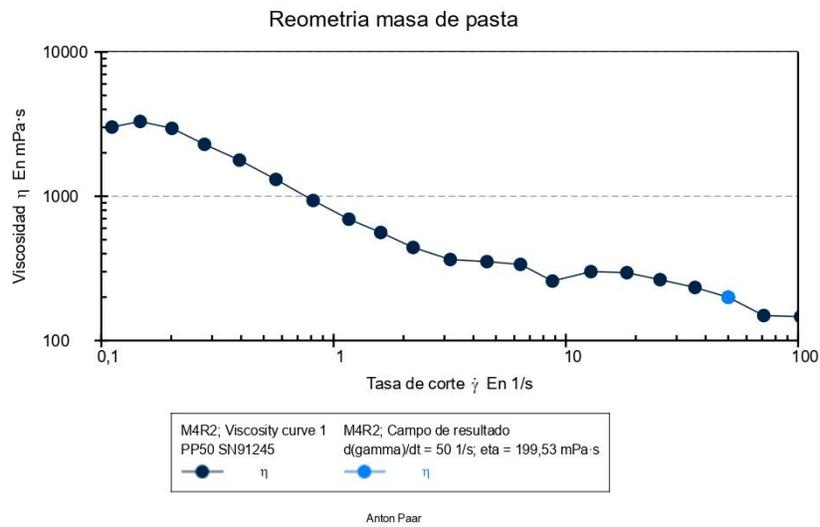
Sample | Info

Sample name: REP 2
Batch No.:
Description: REP 2

Result Data

Viscosity | 1st point: 3016 mPa·s
Viscosity | last point: 146,4 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 199,53 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:52:12

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M4R3
dbb34aac-5d42-408a-b61e-c68f1b44f5ad
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 0:53:56
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

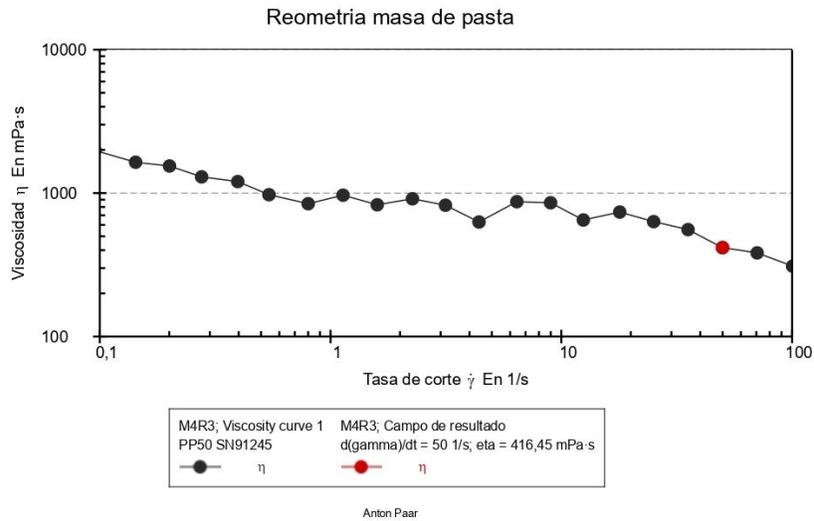
Sample | Info

Sample name: REP 3
Batch No.:
Description: REP 3

Result Data

Viscosity | 1st point: 1981 mPa·s
Viscosity | last point: 309,5 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 416,45 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 0:58:11

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

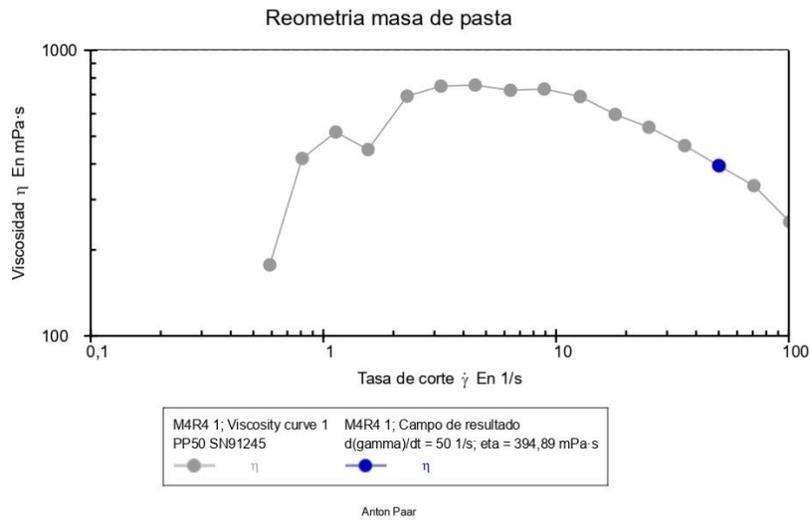
M4R4 1
418895a5-0f7b-42ff-9426-d3ca7b9afc9
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:00:07
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 4
Batch No.:
Description: REP 4

Result Data

Viscosity | 1st point: -2186 mPa·s
Viscosity | last point: 251 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 394,89 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:05:22

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M4R5
b36b7bfc-28d2-477b-90cf-29794f20e5cc
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:06:40
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

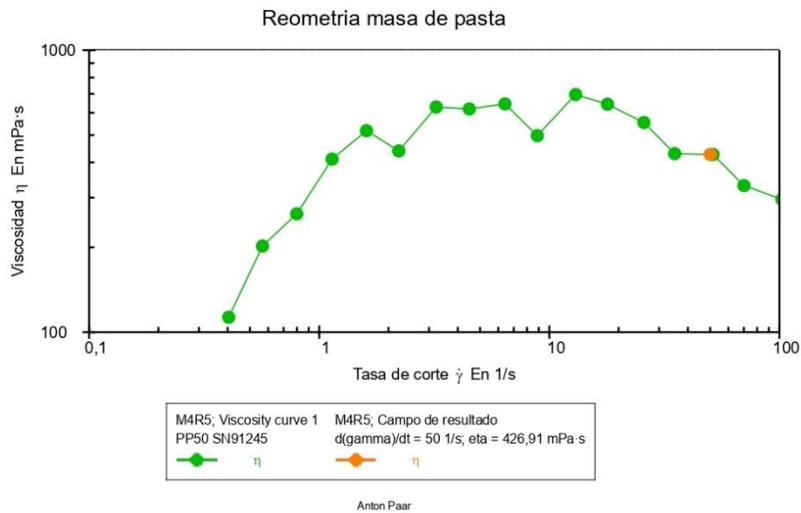
Sample | Info

Sample name: REP 5
Batch No.:
Description: REP 5

Result Data

Viscosity | 1st point: -590,6 mPa·s
Viscosity | last point: 295,7 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 426,91 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:11:17

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

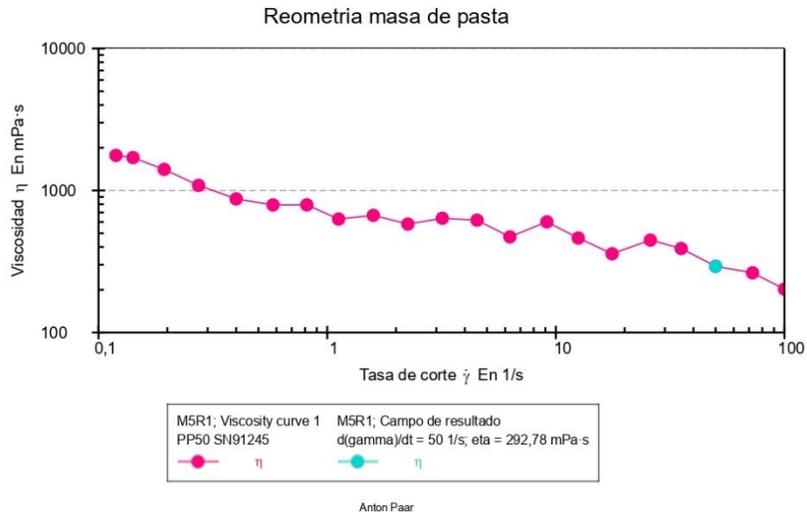
M5R1
ea031097-d91f-4179-ba2c-accd7f4c13fd
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:13:39
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 1
Batch No.:
Description: REP 1

Result Data

Viscosity | 1st point: 1766 mPa·s
Viscosity | last point: 202,2 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 292,78 \text{ mPa·s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:17:39

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M5R2
cc84cd21-f4a2-440a-8e98-658a410f4cf1
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:18:59
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

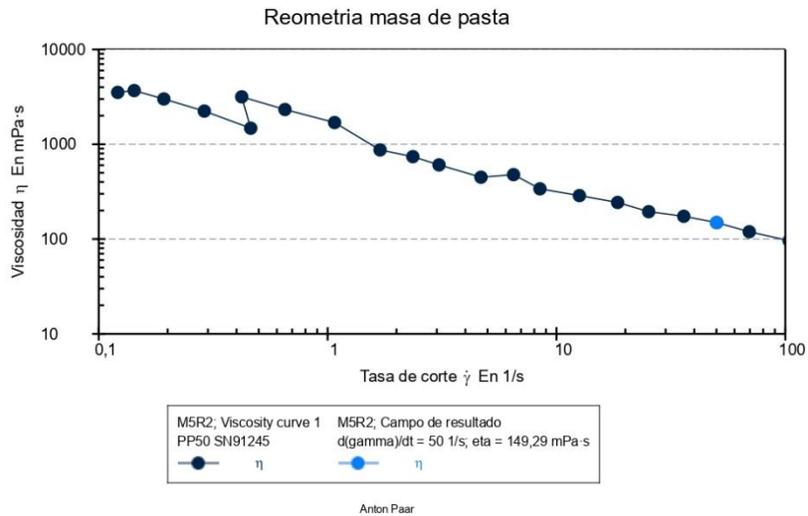
Sample | Info

Sample name: REP 2
Batch No.:
Description: REP 2

Result Data

Viscosity | 1st point: 3523 mPa·s
Viscosity | last point: 95,96 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 149,29 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:24:12

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

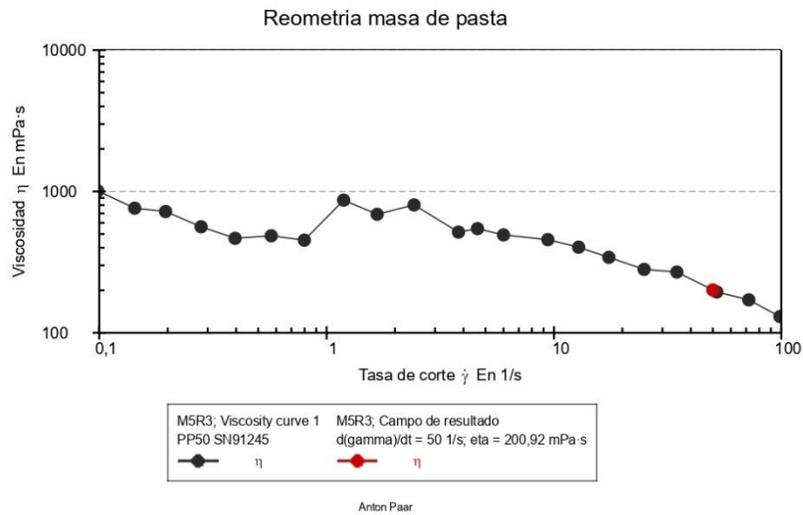
M5R3
86eb7a44-15b3-4d8d-90fc-c9d16756fdb2
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:25:42
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 3
Batch No.:
Description: REP 3

Result Data

Viscosity | 1st point: 1009 mPa·s
Viscosity | last point: 130,3 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 200,92 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:31:10

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

M5R4
8e17864b-eb0f-46a1-ab2d-b014d669ba51
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:32:39
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

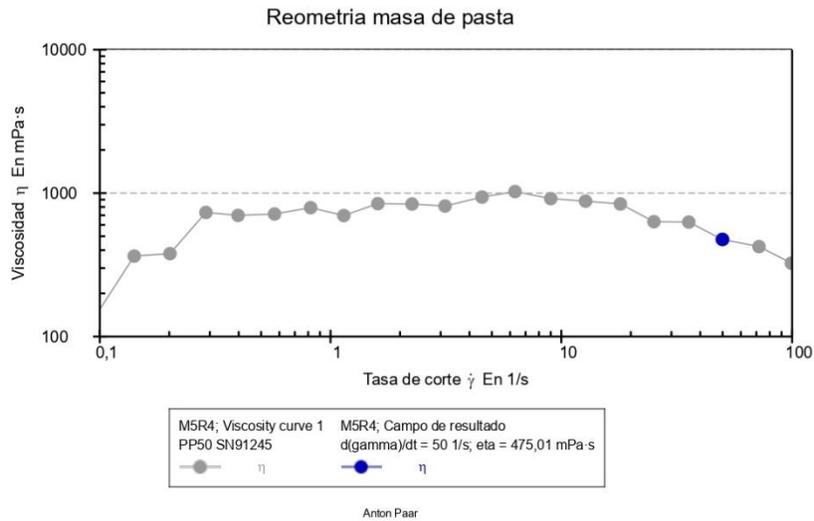
Sample | Info

Sample name: REP 4
Batch No.:
Description: REP 4

Result Data

Viscosity | 1st point: 131,3 mPa·s
Viscosity | last point: 324,8 mPa·s

Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 475,01 \text{ mPa}\cdot\text{s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:37:25

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Company:
Street:
City:

QM Report

Test | Info

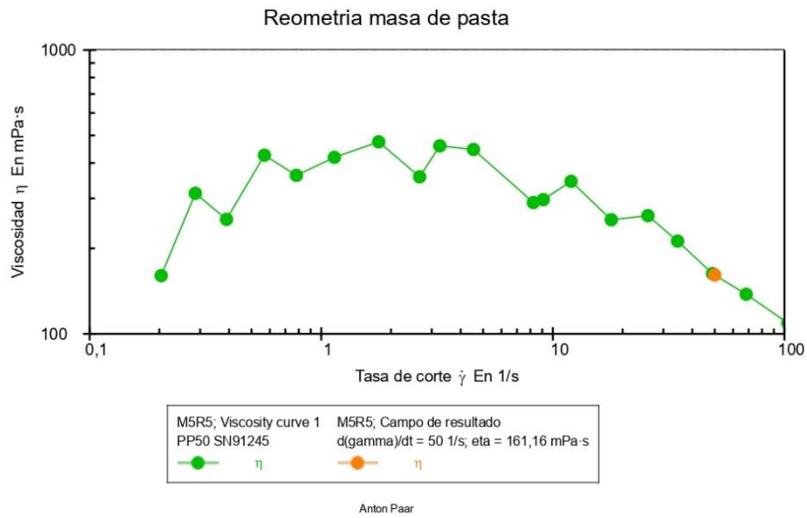
M5R5
37c218b8-ca0f-4203-8f7a-902b2484415d
Test created by operator: MCR302e
Test creation date: 7/6/2023 1:38:45
Origin of project: * Viscosity curve
4d1a6792-96cb-459c-991b-e4afbca77db1
Rheometer: MCR 302e SN83994166
Measuring System: PP50 SN91245

Sample | Info

Sample name: REP 5
Batch No.:
Description: REP 5

Result Data

Viscosity | 1st point: -427,9 mPa·s
Viscosity | last point: 109,1 mPa·s
Regression:
Interpolation: $d(\gamma)/dt = 50 \text{ 1/s}$; $\eta = 161,16 \text{ mPa·s}$



Measurement success state: OK
Project approval status: El proyecto se creó desde una plantilla no aprobada
Timestamp of printout: 7/6/2023 1:44:58

Signature of operator: _____ Name: Date:
Signature of approver: _____ Name: Date:

Anexo G

Análisis sensorial de las muestras.



Anexo H

Hoja de cata del análisis sensorial



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CENTRO DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nota: Los datos recopilados de esta evaluación sensorial serán utilizados para fines académicos del proyecto de titulación denominado “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina a base de residuos de brócoli (*Brassica oleracea*) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de una pasta tipo fettuccini”

Prueba de aceptabilidad

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Género: _____ **Edad:** _____

INSTRUCCIONES

A continuación, se presentan 5 muestras de pasta tipo fettuccini. Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha y califique los atributos (color, olor, sabor, apariencia y aceptabilidad) de cada muestra de acuerdo con la escala.

Coloque la valoración que mas le parezca sabiendo que:

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Código	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO			
	Color	Olor	Sabor	Apariencia
347				
456				
567				
659				
762				

Comentarios:

.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!