



FACULTADE DE CIENCIAS

MÁSTER en ENXEÑARÍA de PROCESADO de ALIMENTOS

Ayla Leiva López

**VALORIZACIÓN DA PROTEÍNA PLASMÁTICA A TRAVÉS DA
OBTENCIÓN DE NOVOS INGREDIENTES FUNCIONAIS CON
ALTO VALOR ENGADIDO**

Traballo Fin de Máster

Xuño 2024

ÍNDICE

Resumen	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. La Sangre Animal: Fuente de la Proteína Plasmática.....	6
2.2. La Proteína Plasmática Animal	7
2.2.1. Proceso de Obtención	7
2.2.2. Composición Química y Nutricional.....	9
2.2.3. Características Microbiológicas	11
2.2.4. Características Fisicoquímicas.....	12
2.3. Propiedades Funcionales de las Proteínas y el Plasma.....	14
2.3.1. Propiedad Gelificante.....	16
2.3.2. Propiedad Emulsificante	17
2.3.3. Propiedad Espumante	19
2.3.4. Tamaño de Partícula.....	21
2.4. Microparticulación	23
2.4.1. Principio del Tratamiento Térmico	25
2.4.2. Principio del Tratamiento Mecánico: Homogenización	25
2.5. Importancia de la Valorización del Plasma como Ingrediente Funcional	28
2.6. Reglamento sobre el Plasma Animal en Alimentos de Consumo Humano	30
2.7. Aplicaciones Actuales y de Revalorización del Plasma	30
3. OBJETIVOS.....	32
Objetivo principal	32
Objetivos Secundarios.....	32
4. METODOLOGÍA	33
4.1. Materia Prima	34
4.2. Formulaciones	35
4.3. Equipo.....	35
4.4. Rehidratación de la Proteína Plasmática	36
4.5. Metodología de Etapa 1. Ensayos Preliminares.....	36
4.5.1. Metodología de Etapa 1. A. Ensayos de Calentamiento	36
4.5.2. Metodología de Etapa 1.B. Pruebas de Calentamiento y Homogeneización	37
4.5.3. Metodología Etapa 1. C. Ensayos de Calentamiento por Tiempos	38
4.6. Metodología de Etapa 2. Pruebas de Microparticulación y Caracterización	38

4.6.1.	Proceso de Microparticulación	38
4.6.2.	Caracterización	38
4.6.3.	Diseño Experimental y Análisis de Datos	43
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
5.1.	Resultados de Etapa 1. Ensayos Preliminares	45
5.1.1.	Resultados de Etapa 1.A. Ensayos de Calentamiento	45
5.1.2.	Resultados de Etapa 1.B. Ensayos de Calentamiento y Homogeneización	47
5.1.3.	Resultados de Etapa 1. C. Ensayos de Calentamiento con Tiempo	50
5.2.	Resultados de Etapa 2. Pruebas de Microparticulación y Caracterización	51
5.2.1.	Resultados de Experimentos 1 y 2	53
5.2.2.	Resultados de Proteína Nativa vs. Microparticulada	69
6.	CONCLUSIONES	72
7.	BIBLIOGRAFÍA	74
8.	ANEXOS	81
8.1.	Figuras	81
8.2.	Fichas técnicas	84
8.3.	Tablas.....	91
8.4.	Gráficos.....	102

Resumen

La proteína plasmática procede de la sangre obtenida del matadero de animales, que pasa a través de un proceso de separación de la fracción celular y de concentración y resulta en un producto en polvo, constituido principalmente de proteínas albúmina, globulinas, fibrinógeno y aminoácidos esenciales. Debido a esta composición, tiene un alto potencial nutricional y funcional-tecnológico, para la aplicación en alimentos de consumo humano. Actualmente, el plasma incluído en la sangre, es el residuo más contaminante de la industria cárnica y el tratamiento para poder procesarla, ya sea para su aprovechamiento (limitado) o para desecharla, implica un coste económico y un riesgo ambiental importante. Por lo cual, el propósito de este trabajo es estudiar la posibilidad de valorizar la proteína plasmática a través de la microparticulación para la obtención de un nuevo ingrediente a nivel de las propiedades funcionales, que pueda aportar, además del beneficio nutricional, tecnológica y organoléptica de los productos cárnicos. El estudio se dividió en 3 etapas: una preliminar de pruebas exploratorias, otra de microparticulación y otra de caracterización desarrolladas en el laboratorio de la empresa de desarrollo e innovación FoodTec Consulting S.L. Mediante las pruebas preliminares fue posible confirmar la hipótesis inicial sobre la afirmación de que es posible obtener cambios físicos en la proteína de plasma a través de la técnica de microparticulación aplicada, tal como el cambio de la textura en forma rehidratada, de fluido a gel, en que la homogeneización juega un papel fundamental. Así mismo fue posible definir la frontera de las temperaturas y tiempos de tratamiento, a los que se podía efectuar pruebas de caracterización. Posteriormente, en las pruebas de los tratamientos de microparticulación, se determinó la medida en que afectan el tiempo y la temperatura, sobre las propiedades de caracterización evaluadas: Capacidad y estabilidad emulsificante, capacidad y estabilidad espumante y tamaño de partícula, en una serie de tratamientos en dos experimentos factoriales con dos factores a dos niveles.

1. INTRODUCCIÓN

La proteína plasmática procede de la sangre obtenida del matadero de animales, que a través de procesos de separación de la fracción celular y concentración, se convierte en un producto comercial, de alto valor nutricional, de aplicación en alimentos de consumo humano y animal. Actualmente, la sangre de mataderos es el residuo más contaminante de la industria cárnica y el tratamiento para poder procesarla, para su aprovechamiento (limitado y mayoritariamente en alimentación animal) o su desecho, implica un coste económico y un riesgo ambiental importantes. Por ende, en este trabajo se propuso aplicar un método para obtener a partir del plasma, un ingrediente innovador en cuanto a funcionalidad optimizada, es decir, con propiedades que permitan ampliar las posibilidades de aplicación actual del plasma, que mejoren simultáneamente la calidad nutricional, tecnológica y organoléptica, de productos cárnicos u otros y por lo tanto, adquiera un alto valor añadido como materia prima. Mediante el valor añadido, se busca recuperar parte de la inversión requerida en procesar la sangre y reducir la obtención de desechos biológicos provenientes de la industria cárnica. Además, al lograr obtener una nueva forma de aprovechar la funcionalidad de la proteína de plasma, podría ser más ofertada y mejor valorada a nivel de sectores de la industria alimentaria diferentes a la cárnica o de alimentación animal, en las que actualmente se centra su aprovechamiento, así como proteínas del huevo o la leche, aportando mejores propiedades funcionales y nutricionales, que estas en distintos alimentos.

Para colaborar a dicha finalidad, se estudió la proteína plasmática y su modificación a través de un protocolo diseñado de microparticulación, factible de reproducir a nivel de laboratorio y escalarlo a nivel industrial, que consiste en un proceso de tratamiento térmico y homogeneización controlados, y del cual, no se registran antecedentes de aplicación en plasma. El plasma obtenido y el nativo, se caracterizaron en tres de las propiedades funcionales de mayor reelevancia para medir el potencial industrial de proteínas, tales como: la espumante, la emulsificante y el tamaño de partícula, para así evaluar el posibles aporte de la microparticulación al plasma y la utilidad de darle continuidad a este estudio, con prospección a mejorar el valor actual del plasma.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La Sangre Animal: Fuente de la Proteína Plasmática

La sangre es un tipo de tejido conectivo constante en los organismos animales, cuya composición química cambia en función de aspectos como el animal, la raza, edad, alimentación, estado fisiológico entre otros. Sin embargo, la composición media de la sangre en general es de 80% agua, 18% proteínas, 2% carbohidratos, 1% sales minerales y menos de 1% lípidos (ver Tabla 1). Esta composición se encuentra distribuida en dos fracciones: el plasma y el paquete celular o globular. En el caso de la sangre bovina, el plasma representa del total un 60 a un 65%, con un contenido de <8% de proteínas y el paquete celular de un 35 a 40%, con un <29% de proteínas (Almendrales y Bustos, 2013).

La mayor variedad de proteínas de la sangre se encuentra en el plasma, las cuales se muestran en la Tabla 3, excepto la hemoglobina la cual se encuentra dentro del paquete celular (Compuesto por eritrocitos, leucocitos y plaquetas) (Rodríguez et al., 2011).

Cabe destacar que la hemoglobina posee relevancia en la alimentación por su alto valor biológico, su buena palatabilidad y capacidad de absorción de agua y es posible obtenerla como subproducto de la extracción del plasma, en un polvo rojizo oscuro, motivo entre otros, que delimita su uso (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f.).

Tabla 1. Composición básica de la sangre bovina y porcina
(Almendrales y Bustos, 2013; Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, s.f.).

Componente	Bovina	Porcina
Agua (%)	80-85	81
Proteínas (%)	15-18	18
Lípidos (%)	0,15	1
Carbohidratos (%)	0,1	Trazas
Sales minerales (%)	1	*
Otras sustancias (%)	0,55	*
Materia seca (%)	15-20	*
*No especificado.		

2.2. La Proteína Plasmática Animal

La proteína plasmática también llamada plasma sanguíneo, procede de la sangre obtenida del proceso de matadero, de una sola o más especies de animales ganaderas combinadas, tal como el plasma porcino, el cual es el objeto de estudio en este trabajo o una mezcla de plasma bovino y porcino. El plasma se puede apreciar como un líquido claro, de color amarillento y ligeramente viscoso, así como también en forma de un polvo de color crema a amarillento al ser desecado (Solá-Oriol, 2019).

2.2.1. Proceso de Obtención

El proceso de obtención del plasma consiste principalmente en la adición de anticoagulante a la sangre, recién obtenida del animal y generalmente una centrifugación posterior para la separación de la fracción celular de la sangre (Solá-Oriol, 2019).

El proceso inicia con la recolección de la sangre posterior a la reciente matanza del animal en condiciones asépticas y la inmediata adición de sales anticoagulantes, como, por ejemplo: citrato trisódico, tripolifosfato sódico, oxalato de amonio, fosfato de sodio para impedir la formación de redes de fibrina que provocan la tendencia natural de coagulación de la sangre. El anticoagulante añadido, puede influir en la composición mineral del producto final, si no se remueven por la ultrafiltración posterior, por ejemplo. Independientemente de si la sangre es procesada in-situ o transportada a otras instalaciones de procesamiento, se recomienda mantenerla durante su procesamiento en frío de 3 a 5°C para salvaguardar su estabilidad, ya que, por su alto valor nutricional, es susceptible al crecimiento bacteriano, aunque también se suele tratar a temperatura ambiente. Por ello, en sistemas de sacrificio en cadena y altamente tecnificados, la sangre se suele recolectar por un aspirador de vacío que la almacena a tanques refrigerados.

Luego, para remover cualquier material extraño o pelo del animal, la sangre pasa por un filtro de malla de 200 a 500 μm . En seguida, la sangre se bombea hacia el proceso de separación de la fracción del plasma respecto a la fracción celular, para el cual se conocen diferentes métodos, tales como a través de la centrifugación de alta velocidad,

la ósmosis inversa y la nano o ultrafiltración. Con cada proceso de separación se obtiene una calidad del plasma final diferente, la cual está determinada por la concentración final de proteína y sales.

Generalmente, se realiza la separación por centrifugación, con la cual, se separa por un lado la fracción de plasma (de 60 a 70% del total de la sangre) y por otro, la fracción celular (de 30 a 40% del total de la sangre) y es probable obtener un rendimiento del 52 al 60% de proteínas sólo en el plasma (Barragan, 2013).

En el caso de la separación por ósmosis inversa, el plasma resulta con un contenido de proteínas alrededor del 70% y una concentración de sales de más del 15%, mientras que, la ultrafiltración permite una mayor concentración proteica de alrededor del 78% y una reducción de cenizas entre el 5 a 6% (Solá-Oriol, 2019).

La mejor separación se logra cuando los efectos de cizalla se mantienen al mínimo y no hay contacto de la sangre cruda con aire o agua (Alfa Laval, 2018).

Posterior a la separación de la fracción celular, el plasma pasa a un tanque de almacenamiento intermedio donde se enfría de 3 a 4°C, para prolongar la vida útil de las proteínas presentes. A continuación, el plasma pasa por una unidad de ultrafiltración, la cual dispone de una membrana espiral para el fraccionamiento y concentración adicional. Esta etapa normalmente se realiza a una temperatura entre 25 a 45°C, rango en el cual el rendimiento suele ser mayor, pero más favorable para el crecimiento bacteriano. En esta etapa, se remueven las sales en un 90% junto con el agua, concentrando las proteínas de un 7% a un 25%, dependiendo de la calidad de la sangre. Finalmente, el plasma concentrado líquido puede almacenarse en refrigeración o congelación en donde la vida útil es limitada.

También, para su comercialización, puede someterse a congelación por un congelador de escamas o a un secado por aspersión o spray para obtener un producto final en polvo. Este último, consiste en la inyección del plasma a una campana de secado, donde se somete al contacto con aire caliente de 190°C a 220°C por fracciones de segundo, lo cual no compromete la calidad final de la proteína (Gatnau, Mateos y Lázaro, 1995). El secado permite que el plasma no se apelmace, que sus proteínas conserven sus características bromatológicas, una calidad microbiológica óptima, sean totalmente

solubles y puedan ser mejor acondicionadas su utilización en la preparación de alimentos para el consumo humano o animal (Alfa Laval, 2018).

2.2.2. Composición Química y Nutricional

En la sangre bovina, el plasma representa el 55% del volumen de la sangre y 1/3 del total de la fracción proteica de la sangre (Duarte et al., 1999).

El plasma contiene los siguientes solutos orgánicos: proteínas, glucosa, aminoácidos, enzimas, hormonas, ácidos grasos y vitaminas hidro y liposolubles y solutos inorgánicos: sodio, calcio, potasio, magnesio, cloruros, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y fosfatos (León, 2021).

Las proteínas constituyen la mayor parte de los solutos, tal como se muestra en la Tabla 2, la composición del plasma extraído de la sangre bovina en estado fluido y en estado desecado.

Tabla 2. Composición química básica del plasma íntegro y desecado bovino. (Álvarez, 2012).

Componentes	% En Plasma Fluido	% En Plasma Desecado
Agua	90-91	2,5-7,0
Sólidos Totales	8-9	96-97,5
Proteínas	6-8	70-96
Grasas	0,1-1	0-1,5
Carbohidratos	<1	-
Sales	1,5	<2

En el plasma porcino deshidratado se pueden encontrar cantidades de los siguientes nutrientes: 2.2% sodio, 0.3% potasio, 1.3% fósforo, 0.15% calcio, 0.03% magnesio, 1.1.% cloruros y 99ppm hierro (León, 2021).

El componente de proteínas del plasma equivale a un conjunto de 3 diferentes proteínas: albúminas y globulinas, en mayor proporción y fibrinógenos en menor proporción, tal como se observa en la Tabla 3 (Álvarez, 2012).

Tabla 3. Porcentaje de las Proteínas Contenidas en Plasma Porcino (Álvarez, 2012).

Proteína	% En Plasma
Fracción albúmina	42
Proalbúmina	0,3
Albúmina	41
Fracción globulina	56
α -Globulina	14
β -Globulina	11
γ -Globulina	31
Fibrinógeno	2

El porcentaje de proteína contenido en el plasma (70 a 80 g/L) equivale a más del doble que en otros alimentos como la leche (35g/L) por ejemplo. Dicha proteína, se considera de alto valor biológico, ya que contiene aminoácidos altamente digeribles esenciales y no esenciales, algunos en mayor cantidad que los contenidos en el huevo, la leche y la soya (Gatnau et al., 1995). Por ejemplo, en la albúmina de plasma porcino se encuentran: fenilalanina (5%), histidina (4.91%), isoleucina (1.56%), leucina (6.83%), lisina (5%), metionina (0.49%), treonina (4.83%), triptófano (0.43%) y valina (3.01%) (Ramos-Clamont y Vázquez, 2013). En la Tabla 4, se muestran valores de los aminoácidos contenidos en el plasma bovino y el huevo.

Tabla 4. Porcentaje de aminoácidos contenidos en Plasma Porcino y Huevo (Hernández y Mendoza, 2009).

Aminoácido	% En Plasma	% En Huevo
Lisina	9.09	7.03
Histidina	5.71	2.27
Acido Aspártico	5.10	4.74
Ácido Glutámico	4.23	3.15
Prolina	8.02	5.46
Alanina	8.62	6.61
Metionina	12.51	8.56
Leucina	7.47	5.82

También, las proteínas del plasma presentan un valor de más del 90% de digestibilidad y una relación de eficiencia proteica (PER, por sus siglas en inglés) de 2.8, la cual es más alta que la de cacahuete, soya y caseína (Ramos-Clamont y Vázquez, 2013).

Por otro lado, se ha demostrado que el plasma porcino deshidratado aplicado en la alimentación de animales como pavos o lechones ha ayudado en: la mejora del crecimiento, la normalización de la microbiota y función intestinal, la respuesta inflamatoria e inmunitaria (Meza, 2023).

2.2.3. Características Microbiológicas

A pesar de que la sangre animal y por consiguiente el plasma porcino crudo constituye un excelente caldo de cultivo para el crecimiento de microorganismos tales como los clasificados en aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales, o ciertos patógenos y toxinas, estos no comprometen la seguridad del plasma si se aseguran las buenas prácticas de fabricación y tratamientos térmicos. Estos últimos, a los cuales se someten durante el proceso de obtención como materia prima y cocción posterior como ingredientes, alcanzan temperaturas altas (mayores a 70°C) a las que la mayoría de microorganismos patógenos son altamente sensibles, como para que no se presenten en a un nivel de riesgo para el consumo humano o animal (Julio, Montero y Acevedo, 2015).

En ciertos estudios, tal como se menciona en Ramos-Clamont y Vázquez, (2013) se considera que, para utilizar el plasma como ingrediente alimentario, se debe garantizar un recuento de aerobios mesófilos <1000 UFC/g y ausencia de patógenos como *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.*

En el caso de la industria porcina, son de alta relevancia el control de ciertos virus para los cuales, la Asociación Europea de Proteínas Animales (EAPA) y la Asociación de Productores de Productos de Sangre Secada por Atomización de Norteamérica (NASDBPP), quienes representan más del 65% de los productores a nivel mundial, han implementado procedimientos comunes de directrices de la OMS (Revista Ganadería, 2019). Estas directrices se resumen en 3 enfoques:

- I) La materia prima para fabricar hemoderivados proviene exclusivamente de mataderos comerciales y animales sanos y aprobados para el sacrificio para consumo humano, bajo inspección oficial. Esto evita que se recolecte sangre con enfermedades reportadas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) como la peste porcina africana (PPA), la peste porcina clásica (PPC) o la fiebre aftosa.
- II) Realizar regularmente analíticas que incluyen microbiología patógena y características fisicoquímicas que garanticen la seguridad y calidad de las reservas de plasma.
- III) Inactividad o eliminación viral en base a cuatro o más logaritmos, incluyendo en el proceso de producción, una operación que inactive virus sin envoltura y dos operaciones que inactiven virus con envoltura. Por ejemplo, la Directiva de la UE 2002/99 aplicada a hemoderivados de consumo humano, incluye el tratamiento térmico de secado por atomización o spray drying, en el que una partícula debe alcanzar como mínimo, más de 80°C. Entre las enfermedades virales que son de interés desactivar a través de tratamientos térmicos u otras operaciones, se pueden mencionar por sus siglas: PRRSV, PRV, PEDV, SVDV Y ASFV.

2.2.4. Características Fisicoquímicas

El plasma presenta las siguientes características fisicoquímicas que se enlistan a continuación:

- Textura y apariencia: Fluido líquido coloidal, translúcido, textura arenosa y sabor salado (Hernández y Mendoza 2009).
- Color: Puede ir desde el rosa, el naranja, el amarillo hasta el crema, cuya intensidad varía de acuerdo con la presencia de pigmentos biliares como la bilirrubina, los carotenos y otros pigmentos (Almendrales y Bustos, 2013).
- Sabor: se caracteriza por ser salado (Hernández y Mendoza 2009).
- Higroscopicidad: En polvo es naturalmente higroscópico. Cuanto mayor el contenido de minerales, mayor la higroscopicidad (Almendrales y Bustos, 2013).

- Densidad: Es de 1.03 kg/dm³ y una viscosidad 1.5 veces más que el agua.
- pH: Es de 7.4 (Isaga et al., 2010).
- Punto isoeléctrico (PI): Es de 5.0 (Hernández y Mendoza 2009). En sus fracciones proteicas, la albúmina tiene un PI de 4.7, globulinas 4.9-5.3 y fibrinógeno 5.3 (Álvarez, 2012).
- Punto de congelación: entre -0.5°C y -0.6°C (Hernández y Mendoza 2009).
- Humedad: En polvo deshidratado, es del 8% (Meza, 2023).
- Solubilidad: En forma de polvo deshidratado, presenta una solubilidad desde el 88% a amplio rango de pH salado (Meza, 2023). La solubilidad es una propiedad que influye en la aplicabilidad de la proteína de plasma, ya que a medida que la proteína se acerca a su punto isoeléctrico, disminuye su solubilidad considerablemente, es decir, que su adición se facilita en alimentos con pH mayores a 6 o básicos (Ramos-Clamont, et al., 2013).

2.3. Propiedades Funcionales de las Proteínas y el Plasma

Las propiedades funcionales de las proteínas se entienden como cualquier propiedad no nutricional que influye en la utilidad tecnológica de un ingrediente o un alimento y son las propiedades fisicoquímicas relevantes para la preparación, procesamiento, almacenamiento o consumo, ya que modifican el comportamiento físico y las características sensoriales, con lo cual pueden mejorar o predeterminar la aplicabilidad y la calidad de alimentos o ingredientes (Rodríguez et al., 2011).

El uso de las proteínas como ingredientes dependen en gran parte de sus propiedades funcionales y estas a su vez, de la concentración y la composición de ellas mismas, así como de las condiciones a las que se exponen durante su procesado, como los tratamientos térmicos y las interacciones con sustancias que componen el alimento al que se aplica, tales como otras proteínas, aceite, agua, sales o hidratos de carbono (Rodríguez et al., 2011). En la Tabla 5, se resumen los tipos de interacción, las propiedades funcionales, los factores que las afectan, los conceptos asociados y ejemplos de matrices alimentarias de inclusión en que pueden presentarse.

Tabla 5. Resumen de la clasificación de las propiedades funcionales de las proteínas por tipo de interacción (Ibáñez, 2013; Álvarez, 2012; y Barragan, 2013).

Interacción	Propiedad Funcional	Factores Asociados	Conceptos Relacionados	Matrices Alimentarias
Proteína-Agua	Solubilidad Hidratación	Estructura, pH, temperatura y fuerza iónica	Hinchado, retención de agua, adhesión, dispersabilidad, succulencia, viscosidad, jugosidad.	Galletas, bizcochos, embutidos, bebidas, sopas.
	Gelificación	Estructura, Disociación/agregación, coagulación, temperatura, pH y tiempo.	Fuerza, elasticidad, firmeza, estabilidad.	Pasteles. Rellenos.
Proteína-Proteína	Gelificación	Coagulación, formación de películas y precipitación.	Texturización, elasticidad, adhesividad, dureza.	Fibras, queso, pastas, rellenos de pastelería.
Propiedades Superficiales	Emulsión	Hidrofobicidad, viscosidad, solubilidad y temperatura	Capacidad de sedimentación, estabilidad, retención de agua y lípidos, retención de sabores.	Mayonesa, aderezos, sopas, embutidos.
	Espumante	Viscosidad, tipos de biopelículas y desnaturalización	Capacidad y estabilidad espumante.	Pastelería, crema batida, helados, postres.

Estas propiedades no se atribuyen a interacciones independientes, por ejemplo, la gelificación, la viscosidad y la solubilidad, pueden variar por interacciones proteína y proteína, así como de proteína y agua.

La propiedad de hidratación es muy importante en la utilización de concentrados de proteína en polvo que deben ser rehidratados y es necesaria para las propiedades espumantes y emulsificantes. Es importante también, evitar las variaciones de pH, debido a que alteran las fuerzas de atracción y repulsión entre proteínas, así como la capacidad de estas para asociarse con el agua (Del Hoyo, 2012).

Las proteínas del plasma deshidratado pueden presentar una solubilidad de entre el 90 a un 100% a pH entre 3 a 9. En general, la solubilidad de las proteínas aumenta al elevar la temperatura de 0°C hasta 40 a 50 °C, a pH y fuerza iónica constantes. Temperaturas superiores a la mencionada, provocan movimiento de las moléculas, capaz de romper los enlaces que estabilizan las estructuras terciarias y secundarias, provocando la desnaturalización. Consecuentemente, se forman agregados y disminuye la solubilidad, a un nivel inferior a la de la proteína natural. Sin embargo, la capacidad de fijación o absorción de agua de una proteína desnaturalizada puede mantenerse o incluso aumentarse (Del Hoyo, 2012).

La presencia de albúminas y globulinas, le confieren al plasma la capacidad de retención de agua, la cual es importante para evitar deshidratación durante la cocción de alimentos (Barragan, 2013).

Por otro lado, el plasma tiene propiedad antioxidante por la presencia de aminoácidos como la cisteína y la metionina que contienen grupos –SH, los cuales tienen la capacidad de bloquear la acción de los radicales libres al ceder iones de hidrógeno H⁺ (Almendrales y Bustos, 2013).

Las propiedades funcionales que deben ser evaluadas para determinar el uso potencial de los ingredientes proteicos en los alimentos y son de alta relevancia en la industria alimentaria, son la solubilidad, la capacidad y estabilidad de emulsión y la capacidad y estabilidad espumante (Ramos-Clamont, et al., 2013).

A continuación, se describirán las propiedades funcionales que se evaluaron en el presente trabajo.

2.3.1. Propiedad Gelificante

Un gel es un sistema semisólido que se forma por la suspensión de partículas inorgánicas pequeñas o moléculas orgánicas grandes en un líquido entrelazadas. En el plasma al tener como componente mayoritario el agua, el gel tiene propiedades de líquido, pero mantiene su forma sólida porque sus moléculas entrecruzadas forman una red que atrapa el agua (Ibáñez, 2013). Este gel es producto de la dispersión agregada de la proteína nativa, la cual sucede en 2 etapas mediadas por desnaturalización de la misma proteína por efecto del calor: primero una disociación y segundo, una agregación de las moléculas proteicas (Figura 1).

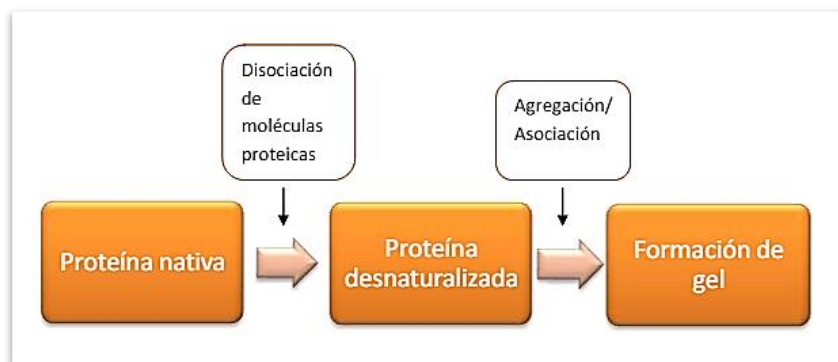


Figura 1. Esquema de etapas en que sucede la gelificación del plasma (Ibáñez, 2013).

Una estructura completamente ordenada del gel se obtiene cuando la velocidad del proceso de agregación es menor que la del proceso de disociación y cuando las concentraciones de proteína son altas relativamente. El grado de desnaturalización necesario para que se dé la agregación, depende de la naturaleza de la proteína (Ibáñez, 2013).

La propiedad de gelificación del plasma se debe en gran parte a la albúmina presente, la cual forma una red tridimensional atrapando el agua cuando se desnaturaliza por calor, a una temperatura normalmente entre 67 y 73 °C, a un pH entre 5,8 y 6,8, perdiendo su estructura nativa y reacomodándose en nuevas formaciones. Al calentarse el plasma forma un gel y si se lleva a ebullición por unos minutos, tiende a solidificarse como lo hace la clara de huevo. Con el aumento de la temperatura (De 75 a 95°C), el volumen y la resistencia del gel aumentan lenta y linealmente. También la

resistencia del gel se incrementa con el aumento de la concentración de sales y de pH (Almendrales y Bustos, 2013).

La albúmina tiene la capacidad de formar un gel irreversible a diferencia de la gelatina. Esto se debe a que la estructura tridimensional que se forma luego que la albúmina se desnaturaliza por calor, se estabiliza por uniones disulfuro, que son enlaces covalentes. Por lo tanto, la energía que se necesitaría para romperlos destruiría también los enlaces peptídicos que son también covalentes (Fennema, 2000).

2.3.2. Propiedad Emulsificante

Una emulsión es una dispersión de dos líquidos no miscibles o parcialmente miscibles, en el que uno se encuentra disperso sobre el otro, que es la fase continua dispersante, lo que se observa en forma de glóbulos tal como se muestra en la Figura 2.

Las emulsiones del tipo agua en aceite o aceite en agua, son las que mayoritariamente se presentan en alimentos. Agua en este caso, se refiere a las soluciones acuosas en general que son líquidos polares hidrófilo. Aceite, se refiere a los líquidos hidrófobos, tales como el aceite vegetal o grasa animal fundida (Álvarez, 2012).

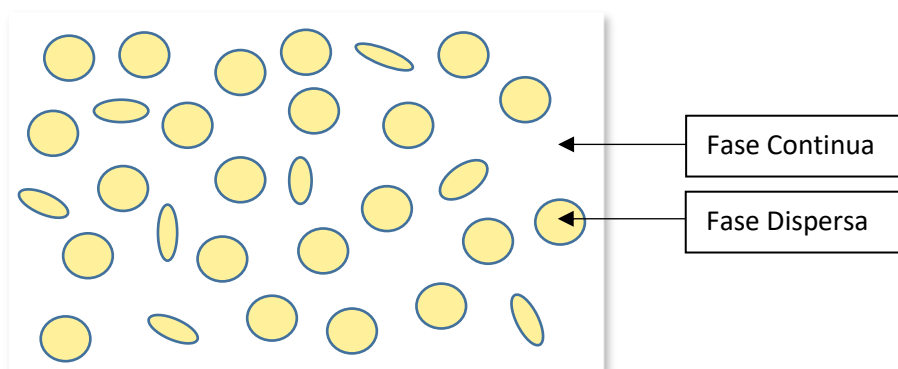


Figura 2. Diagrama básico de una emulsión (Fuente propia).

Las emulsiones más comunes no son estables en el tiempo y tienden a coalescer, es decir, los glóbulos de la fase dispersa se unen y forman glóbulos de mayor tamaño, lo cual resulta en una separación de las dos fases: la acuosa y la de aceite. Por este motivo, es que se adicionan agentes emulsificantes que estabilizan la emulsión en un tiempo

definido. Estos pueden ser: minerales electrolitos, moléculas tensoactivas anfipolares y polisacáridos disueltos en la fase continua (Álvarez, 2012).

Además, las propiedades de una emulsión pueden verse afectadas generalmente por distintos factores que son importantes conocer, tales como:

- Temperatura, pH, fuerza iónica.
- Concentración, solubilidad, punto isoeléctrico y naturaleza de las proteínas.
- Características del aceite, tales como: punto de fusión, velocidad de adición del aceite y volumen.
- Concentración de surfactantes de bajo peso molecular y de azúcares.
- Exposición al oxígeno.
- Diseño del equipo de homogenización y parámetros de trabajo (fuerza, presión, temperatura, entre otros) (Álvarez, 2012).

Las proteínas naturalmente suelen ser agentes emulsificantes en alimentos y actuar como agentes surfactantes, produciendo películas que rodean los glóbulos (de aceite, que disminuyen la tensión en la interfase entre el agua y el aceite líquidos (Reyes, 2022).

La capacidad emulsificante, emulsionante o emulgente, se define como la máxima cantidad de aceite emulsionado en condiciones específicas, por una cantidad definida de proteína que cubre el área interfacial. La estabilidad de la emulsión se mide, por ejemplo, posterior a un calentamiento y centrifugación a baja velocidad o posterior a una decantación por un lapso largo de tiempo (desde minutos hasta horas) antes de que ocurra la inversión de fases (Aguilar y Vélez, 2013). Sobre la capacidad emulsionante de una proteína influyen las características estructurales y químicas, el contenido de los aminoácidos, el grado de hidrólisis, el peso molecular, las regiones hidrofóbicas y las condiciones prevalecientes en el medio tales como: temperatura, la fuerza iónica y el pH (Aguilar y Vélez, 2013). Cuando estas alcanzan su punto isoeléctrico (a pH bajo), la capacidad emulsionante disminuye.

Las proteínas insolubles contribuyen mínimamente a la estabilización de una emulsión, debido a que no interaccionan con la interfase y las proteínas solubles, por lo contrario, impulsan la estabilización de emulsiones (Álvarez, 2012).

En el caso del plasma, la albúmina y la globulina tienen una alta capacidad emulsionante, pero la fracción de albúmina es el mayor agente responsable de estabilizar la emulsión, por sus regiones hidrofílicas e hidrofóbicas que interaccionan con el agua y el aceite respectivamente (Ramos-Clamont, et al., 2013).

2.3.3. Propiedad Espumante

La espuma es un sistema coloidal bifásico formado por el gas (el aire) disperso en una fase continua líquida (agua) o semisólida que contiene a las proteínas. La espuma en forma de burbujas de aire se crea en la interfase, capa entre dichas burbujas y el volumen de la fase continua, por efecto de la fuerza mecánica (agitación o batido) (Del Hoyo, 2012). Las espumas en alimentos se generan por agitación o batido, cuyo método (incluyendo velocidad), afecta las características de la espuma obtenida (Aguilar y Vélez, 2013).

Para que la interfase se mantenga sin que ocurra la coalescencia de las burbujas de gas, se requiere de agentes tensioactivos o surfactantes, que disminuyan la tensión superficial de la interfase y formen una capa protectora elástica entre las burbujas de gas atrapadas (Del Hoyo, 2012).

Sobre la formación de la espuma intervienen factores como:

- La solubilidad: las proteínas solubles propician la capacidad para la formación de espuma y las insolubles, pueden tener un efecto de estabilización de la espuma, probablemente al aumentar la viscosidad superficial.
- La mayor presencia de proteínas: por ejemplo, a un 10% de concentración de proteínas, el volumen de la espuma estable puede aumentar más que el volumen de la fase líquida.
- La presencia de sales: incluso a baja concentración, pueden alterar la capacidad espumante al influir en su solubilidad, viscosidad, agregación y desdoblamiento de las proteínas. Los iones producto de la disociación de la sal que se disuelve en la matriz acuosa, impiden la formación de enlaces moleculares y así la conformación de la red proteica, lo cual afecta la capacidad de formar espuma.

- La presencia de azúcares: estos pueden mejorar la estabilidad de la espuma al aumentarle la viscosidad, aunque reducen la expansión de la espuma.
- La presencia de lípidos: bajas concentraciones de lípidos, incluso menores a 0,1%, pueden afectar significativamente la propiedad espumante de las proteínas. Los lípidos polares y tensoactivos impiden la formación de las películas proteicas absorbidas en la interfaz agua y aire.
- Tiempo e intensidad de la agitación: con estos se deben producir el desdoblamiento y la absorción adecuada de la proteína, lo suficiente para obtener una espuma basta apreciable, pero no demasiado para no disminuir el crecimiento y la estabilidad de la espuma (Del Hoyo, 2012).

Respecto a las proteínas, la capacidad para formar y estabilizar la espuma depende adicionalmente de factores tales como: el tipo de proteína, el grado de desnaturalización, la presencia y ausencia de iones de calcio, el pH, la temperatura, los métodos de agitación y los carbohidratos y lípidos (Aguilar y Vélez, 2013).

La capacidad espumante se refiere al volumen de espuma que puede formar una sustancia soluble y surfactante y la estabilidad espumante es el volumen en el tiempo antes de que se rompa la espuma (Aguilar y Vélez, 2013).

La capacidad espumante de la albúmina del plasma es tan buena como la del huevo, siendo mayor al aumentar la concentración de la proteína. Por ejemplo, según estudios de la capacidad espumante del plasma, tales como se menciona en Ramos-Clamont, et al., (2013), se ha observado que a concentraciones de proteína de albúmina de plasma porcino del 2 a 6% y de huevo a misma concentración, ambos presentaron una estabilidad espumante entre el 20 y el 25%. Al elevar los porcentajes de ambas proteínas de un 8 a 10%, la estabilidad aumentó en 40%. Sin embargo, menciona también que la proteína de plasma no presentó la misma estabilidad que la albúmina de plasma por sí sola, probablemente por la presencia de globulinas que pueden tener un papel desestabilizante de la espuma. La Figura 3 muestra en orden respectivo de izquierda a derecha, la espuma generada por: la clara de huevo, el plasma porcino y la albúmina de plasma porcino.



Figura 3. Muestras de espuma generada por clara de huevo, plasma porcino y albúmina de plasma porcino (Ramos-Clamont, et al., 2013)

2.3.4. Tamaño de Partícula

Esta es una propiedad que se asocia a la funcionalidad tecnológica y nutricional de las proteínas, ya que su tamaño puede predeterminar dependiendo del tipo de proteína, una correlación positiva o negativa en cuanto a su digestibilidad como en la capacidad de aportar propiedades funcionales en un alimento, tales como: la capacidad de hinchado, capacidad de retención y captación de agua, capacidad y estabilidad emulsificante, capacidad y estabilidad espumante, entre otras (Gutiérrez, 2015). En la Tabla 6, se enlistan tamaños de partícula obtenidos del análisis de distintas proteínas conocidas y empleadas en alimentos, dados por el parámetro D [4,3] que se corresponde con la media de la distribución de los tamaños de las partículas de cada proteína.

Tabla 6. Tamaños de partícula de distintas proteínas alimentarias (Gutiérrez, 2015).

Proteína	Tamaño de Partícula (μm)
Texturizado de soja	1270
Texturizado de trigo	563
Cárnica de cerdo	294
Arroz	130
Guisante	127
Aislado de soja	101
Clara de huevo	67.9
Aislado de leche	54.2
Aislado de suero	16.8
Gluten hidrolizado	9.39

Uno de los métodos comunes para medir tamaño de partículas en un volumen de muestra dado, es el equipo de difracción Mastersizer de Malvern Instruments (Ver Figura 6 en Anexo 7.1.). Este equipo permite analizar la distribución de tamaños de partícula de muestras, con un rango de medida entre 0,02 y 2000 μm (20 nm y 2mm) y dispone dos fuentes de luz láser: una roja, mediante un láser helio neón y una azul mediante una fuente de láser de estado sólido (Universidad Autónoma de Madrid, s.f.).

El principio de medida se fundamenta en el modelo de dispersión de la luz por partículas de Mie, junto a la teoría de difracción láser de Fresnel y Fraunhofer. La técnica consiste en evaluar la difracción de la luz, específicamente la intensidad de la luz dispersada en función del ángulo, cuando un haz de láser incide sobre un conjunto de partículas dispersas en una muestra y crea un patrón de dispersión de luz específico, de acuerdo con la forma, tamaño y propiedades ópticas de las mismas. La información de la intensidad de la dispersión angular se traduce en los datos para calcular el modelo de la distribución de los tamaños de las partículas, que definen el patrón de dispersión experimental, empleando la teoría de Mie. La técnica se encuentra establecida y aceptada, tal como lo respalda la norma ISO13320:2020 (ISO, 2020).

Para entender mejor los resultados de tamaño de partícula, se debe tomar en cuenta 3 aspectos:

- La distribución del tamaño de partículas toma en cuenta el volumen de la muestra: La dispersión del láser determina el porcentaje de volumen total que tiene un tamaño de partícula dentro de un intervalo de tamaños específico.
- El resultado se expresa en términos del volumen de esferas equivalentes: lo cual se refiere a que para cualquier forma que tenga la partícula, la tecnología de difracción de láser, calcula el tamaño, tomando el volumen de una esfera igual que el de la partícula.
- La distribución de tamaño se obtiene de una distribución fundamental: La distribución analizada, está expresada en un conjunto de clases de tamaños adaptados para coincidir con la geometría del detector y la configuración óptica considerada, aportando la más alta resolución. De esta forma, los cálculos de la distribución se hacen a partir de la suma de las medidas de cada banda de tamaños. Es decir, para calcular este, se toma el diámetro que representa cada banda de

tamaños, considerado la media geométrica de los límites de cada banda de tamaño (Coto, 2014).

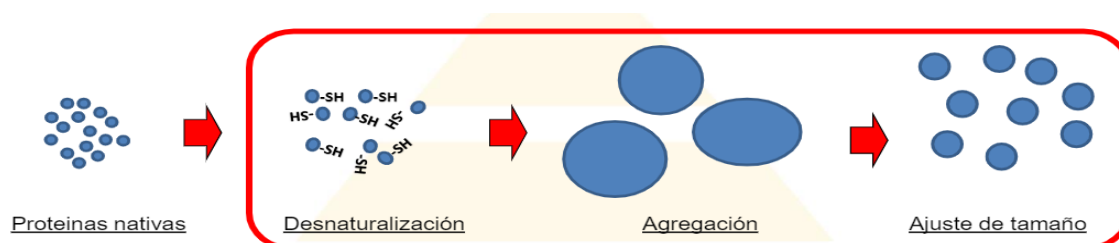
2.4. Microparticulación

Al no haber referencias sobre la microparticulación aplicada al plasma de sangre animal, se utilizó como base teórica y práctica, la información disponible sobre la microparticulación del suero de leche y concentrados de proteína láctea.

La microparticulación es el proceso que consiste en someter las proteínas a un tratamiento térmico y mecánico (Homogenización), a través de los cuales se da la desnaturalización, la agregación y la modificación del tamaño final del diámetro de partículas, que puede ser hasta diámetros entre 0,1 y 10 μm (Coto, 2014). En la Figura 4, se muestra de forma básica, los cambios que ocurren en las proteínas (nativas) en el proceso de microparticulación.

Las proteínas nativas son las que presentan su conformación funcional plegada y de mayor estabilidad, cuya conformación contribuyen a estabilizar las interacciones no covalentes (hidrofóbicas, puentes de hidrógeno y electrostáticas) y los puentes disulfuro. La conformación de mayor estabilidad es la que permite la formación del número más alto de puentes de hidrógeno dentro de la proteína. También se les denomina proteínas nativas a las proteínas aisladas de su fuente de origen (Palazolo, 2006). En el presente trabajo, se identifican además como nativas, las proteínas a partir de las cuales se obtuvieron las proteínas modificadas por microparticulación.

Figura 4. Cambios en las proteínas por el proceso de microparticulación (Pérez, s.f.).



Según sea el tamaño de partícula adquirido en la microparticulación, la proteína adquiere una textura que a nivel sensorial se percibe en boca de forma distinta, tal como se describe en la Tabla 7. Por ejemplo, un tamaño entre 0,1 y 3 μm , confiere cremosidad

a la proteína y a su vez al alimento en el que se encuentre integrada la misma proteína, así como la aportarían los glóbulos grasos de la leche (Coto, 2014). Esto se debe a que las partículas microscópicas adquieren una forma que facilita que giren sobre sí mismas y en el paladar no se perciba la textura de partículas o arenosa. Además, la proteína adquiere modificaciones en sus propiedades fisicoquímicas, que permiten su aplicación en la preparación de variedad de alimentos, como sustitutos parciales o totales de otros ingredientes (como las grasas, por ejemplo), con lo cual podrían aportar mejoras a nivel de contenido y calidad nutricional y a nivel organoléptico.

Entre muchas mejoras nutricionales, las micropartículas de proteína se podrían digerir y absorber mejor que las grasas, con un aporte energético menor, puesto que este se reduce a medida que en el proceso de la microparticulación las proteínas atrapan agua, obteniendo un valor calórico entre 1,3 y 4 kcal/g (Pagano, 2010).

Tabla 7. Sensación en boca que adquieren las partículas de proteína según su tamaño (Sánchez, 2014).

Tamaño de Partícula (μm)	Sensación
<0,1	Acuosa
0,1 a 3	Creмоса
>5	Calcárea
>10	Arenosa

2.4.1. Principio del Tratamiento Térmico

El proceso de microparticulación empieza por el tratamiento térmico, en el cual se somete un concentrado líquido de proteínas, a una temperatura elevada específica por cierto tiempo, que causa la desnaturalización, la consecuente modificación de la estructura y la exposición de grupos hidrofóbicos. Estos permiten que las proteínas interactúen entre sí y formen una red de agregados irreversibles. Dicha desnaturalización a su vez genera cambios en sus propiedades fisicoquímicas que afectan la solubilidad, la capacidad de: emulsión, gelificante, espumante, retención de agua, entre otras, que definen la funcionalidad de la proteína (Sánchez, 2014).

2.4.2. Principio del Tratamiento Mecánico: Homogenización

Posterior al tratamiento térmico, el concentrado de proteína al tratamiento mecánico mediante un equipo homogeneizador con el cual, por acción de la fuerza de cizalla, se rompen los enlaces formados en la red proteica obtenida tras el tratamiento térmico y se forman nuevos agregados de menor tamaño, con lo cual se disminuye la tendencia de que las proteínas se vuelvan a agregar o su coalescencia.

La función de la homogenización es forzar la muestra fluida a través de un orificio a alta velocidad para desintegrar los agregados proteicos por efecto de la turbulencia y la cavitación y obtener partículas de menor tamaño (Sánchez, 2014).

El equipo de homogenización consta de una tolva de alimentación por la cual se introduce el producto fluido. A continuación, en esta, el pistón de la bomba presuriza el producto. Esta presión proviene de una contrapresión por la distancia entre el émbolo y el asiento. El pistón o los pistones son accionados por un motor eléctrico de alta potencia, por medio de una transmisión cigüeñal y biela, que convierten el movimiento de rotación, en movimientos alternados de los pistones. Estos pistones se mueven dentro de cilindros en un bloque de alta presión. El homogeneizador está construido de metales y materiales altamente resistentes, disponen de uno o más manómetros de alta capacidad para la medición de las presiones de homogenización y pueden ser de una o

dos fases siendo este último, más eficiente en cuanto al volumen microparticulado que se obtiene (Sánchez, 2014).

En la Figura 5, se ilustra cómo atraviesan las partículas por el pistón y se vuelven más pequeñas, mientras que en las figuras 6 y 7, se muestra un ejemplo del interior y los componentes del homogeneizador que se emplea generalmente para productos lácteos.

El homogeneizador se emplea generalmente para romper los glóbulos de grasa en muchos más de menor diámetro, en gran variedad de productos y a grandes volúmenes en la industria láctea, por lo cual es más común contar con estos. Sin embargo, para la microparticulación también existen los microfluidizadores, que son equipos que someten los fluidos a altas presiones (capacidad de más de 2700 bar), a través de un sistema de micro canales dispuestos de una serie de geometrías o conductos con determinado radio. El principio de funcionamiento de un microfluidizador, es el esfuerzo cortante que actúa sobre las corrientes de los fluidos cuando circulan a alta velocidad. La ventaja que tienen sobre los homogeneizadores es que requieren menor volumen de muestra, actúan a presiones más altas a través de conductos con determinada geometría, lo cual permite obtener micropartículas con tamaño y forma más uniformes que el homogeneizador (Coto, 2014).

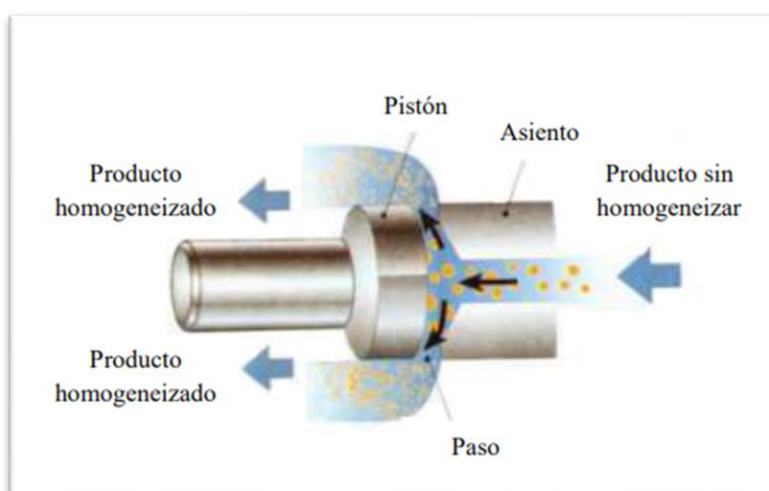


Figura 5. Proceso de Homogenización (Sánchez, 2014).

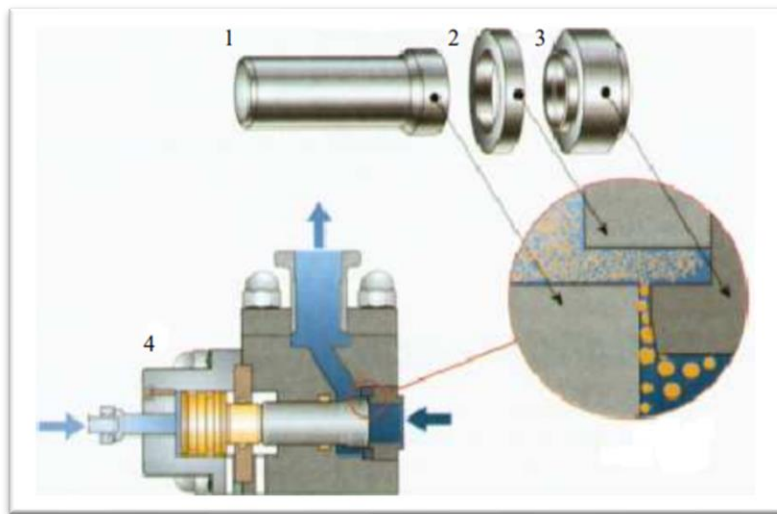


Figura 6. Componentes del dispositivo de Homogenizador:

1. Pistón. 2. Anillo de impacto. 3. Asiento. 4. Acuador Hidráulico. (Coto, 2014).

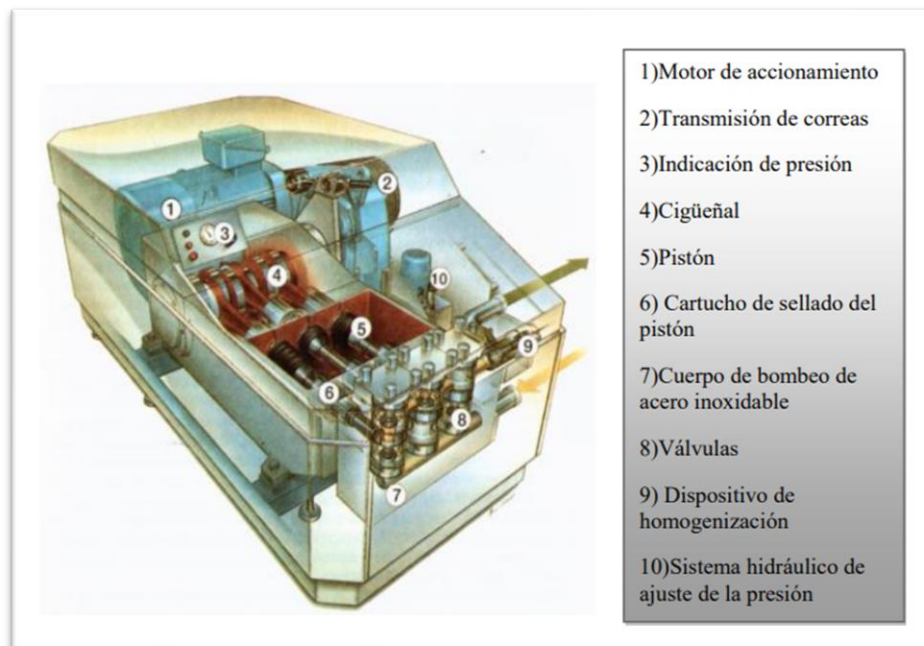


Figura 7. Ejemplo de la estructura Interna General del Homogenizador (Coto, 2014).

Por otro lado, también existen equipos comerciales para la microparticulación (industrial) de productos como el suero de leche, tales como el APV Leancream y el Tetra Pak Micropart (Coto, 2014).

2.5. Importancia de la Valorización del Plasma como Ingrediente Funcional

La Unión Europea en la Directiva 2008/98/CE propuso para la gestión de los residuos, una jerarquía que tiene como base la reducción de la producción de residuos y a estos darles el mejor uso posible. La industria alimentaria busca cada vez más, alinearse a esta directriz revalorizando los residuos que genera, con fines de disminuir el impacto ambiental, reducir el desperdicio alimentario y, por otro lado, compensar los costes asociados a la producción de los productos que generan los mismos residuos. La industria cárnica, genera en el sacrificio de animales un volumen importante de residuos, dentro de los cuales puede haber subproductos de gran valor, que se desaprovechan tales como la sangre e implícitamente, el plasma (Álvarez, 2012).

La industria cárnica de España está entre los primeros sectores industriales del país, representando el 20% del sector alimentario. En el año 2020, según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación MAPA, se sacrificaron 56.1 millones de porcinos, 9.5 millones de ovinos y 2.4 millones de vacunos (Díaz, 2021). Galicia, la cual está entre los primeros puestos de comunidades autónomas en el sacrificio bovino, reportó en enero 2020, unos 30,311 bovinos sacrificados (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2022). De estos, el contenido de sangre es de 10 a 12 L en bovino, 0.75 a 1 L en ovino y 3 L en porcino (Veall, 1993), la mitad del volumen del desangrado permanece en la carne y los órganos y la otra mitad, se puede recuperar, pero, por ejemplo, tan solo de un 15 a un 20% de la sangre obtenida del sacrificio se destina a la producción de productos alimentarios como la morcilla (Álvarez, 2012).

Según el Reglamento (CE) 1774/2002, la sangre se clasifica como un residuo de tipo 3 o no peligroso para el consumo humano. Sin embargo, es uno de los residuos más problemáticos debido a su alto volumen producido, alta capacidad contaminante y a su elevado DQO: 1 litro de sangre requiere aproximadamente 400 mil miligramos de O₂ para su degradación completa, incluyendo los porcentajes de sólidos que contiene (18 a 20%), convirtiéndola en una amenaza para el ambiente importante si se tira al drenaje sin tratamiento previo. El tratamiento adecuado para su desecho es costoso y requiere gran cantidad de agua. Alternativamente, la sangre se envía a digestores junto a los

demás subproductos orgánicos para su depuración, donde en conjunto se tratan homogéneamente, pero del que se obtienen productos finales de poco o ningún valor agregado (Álvarez, 2012).

Uno de los limitantes para su aprovechamiento como ingrediente o producto, ha sido la falta de las instalaciones y técnicas para recolectarla y manipularla adecuadamente como lo requiere, al ser altamente susceptible a la contaminación microbiológica, además, características como el color intenso rojo oscuro, el olor y sabor característico y metálico, condicionan su uso (Álvarez, 2012). A pesar de que hoy en día surgen cada vez más tecnologías emergentes de obtención, tratamiento o conservación de la sangre y sus fracciones proteicas, que podrían solucionar dichas características sensoriales indeseables, aún se sigue sin explotar las posibilidades de su valorización, pese a su gran valor biológico, ser libre de alérgenos y su funcionalidad tecnológica con alcance de aplicación más allá de los alimentos cárnicos o de nutrición animal, para uso como compuesto bioactivo, emulsificante, espumante, texturizante, etc.

Por otro lado, el informe de Perspectivas Agrícolas 2021 a 2030 de la OECD y FAO (2021), en el que se evalúan las perspectivas de la alimentación y la agricultura hasta el 2030 a escala mundial, indica un aumento esperado en el consumo de alimentos altos en proteína en todo el mundo, creciendo en los países en vías de desarrollo y estabilizándose en los países desarrollados. De forma paralela, hay un continuo crecimiento demográfico mundial y con este, cambios en las dietas que cada vez se asemejan más e incorporan cada vez más fuentes de proteína. Es decir, la demanda de producción animal y alimentos para animales está siendo cada vez mayor, sin excluir la demanda de fuentes vegetales de proteína, cuya producción en Europa es insuficiente para cubrir la demanda actual. Consecuentemente, la producción de estas fuentes de proteína contribuye en distinta medida, al impacto al medio ambiente que actualmente ya se percibe en mayor: deforestación, pérdida de biodiversidad, emisión de gases de efecto invernadero, eutrofización de aguas y degradación de suelos. Por lo tanto, la realidad actual no da cabida a permitir más el desperdicio de fuentes importantes de proteína como la sangre o el plasma. El crear alternativas que puedan potenciar el uso y el valor del plasma, puede suponer una fuente de recuperación de ingresos para el sector, ser partícipe de una economía circular y con ello, una mejora de la imagen del

mismo sector al obtener beneficio en favor del medio ambiente y de la nutrición humana.

2.6. Reglamento sobre el Plasma Animal en Alimentos de Consumo Humano

En la Unión Europea el consumo de sangre bovina y porcina se encuentra regulado por el Reglamento (CE) N° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, la cual establece normas específicas de higiene para los alimentos de origen animal. Este reglamento es el único de carácter obligatorio que contempla el plasma porcino o bovino para el consumo humano e incluye las disposiciones detalladas sobre la recolección, el procesamiento y la comercialización de productos derivados de la sangre de estos animales, con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud de los consumidores.

2.7. Aplicaciones Actuales y de Revalorización del Plasma

Quizás en esta sección, surja el cuestionamiento del porqué no es suficiente el revalorizar la sangre en la que el aprovechamiento de plasma está implícito. En la actualidad, la sangre y el plasma (de forma integrada en la sangre o como aislados) tienen muchas aplicaciones (resumidas en la Figura 8), dirigidas a diferentes sectores industriales que otorgan el carácter circular a los mataderos, tales como: farmacéutica, biotecnológica, química, agrícola, alimentación animal y alimentaria. Dentro de ésta última, la sangre y el plasma se emplean como aditivos texturizantes, colorantes o estabilizadores de emulsiones en: quesos, helados, embutidos, pasteles, galletas, entre otros. No obstante, es importante destacar que la funcionalidad del plasma supera a la sangre, en cuanto a las propiedades como las que se evalúan en el presente trabajo, no siendo éstas las únicas y en cuanto al alcance en los alimentos que permiten su inclusión (Ramos-Clamont, et al., 2013).

Otra alternativa distinta e indirecta que contribuye a la revalorización del plasma es a través de la optimización del proceso de extracción y transformación de este a partir de la sangre cruda, en un ingrediente o producto terminado con mejoras en las

características que las que se obtienen por vía de los procesos consolidados internacionalmente. Un ejemplo, es la idea patentada en Lugo creada por investigadores de la Universidad Santiago de Compostela, que consiste en un dispositivo que, aunque lo que extrae es la sangre y no el plasma como tal, consigue transformarla a través de un secado a baja temperatura, en harina sin ningún deterioro proteico de sus componentes, revalorizando indirectamente el plasma, lo cual los mismos autores destacan. Además, el dispositivo utiliza energía procedente de los propios efluentes generados por la industria cárnica. Esta harina indicaba un costo entre 500 y 1300 euros por tonelada y era adecuada para aplicaciones en alimentos u otros muy distintos a estos como cosméticos, reactivos, filtros antigás, extintores, emulsiones asfálticas y antídotos (Campo Galego, 2016).

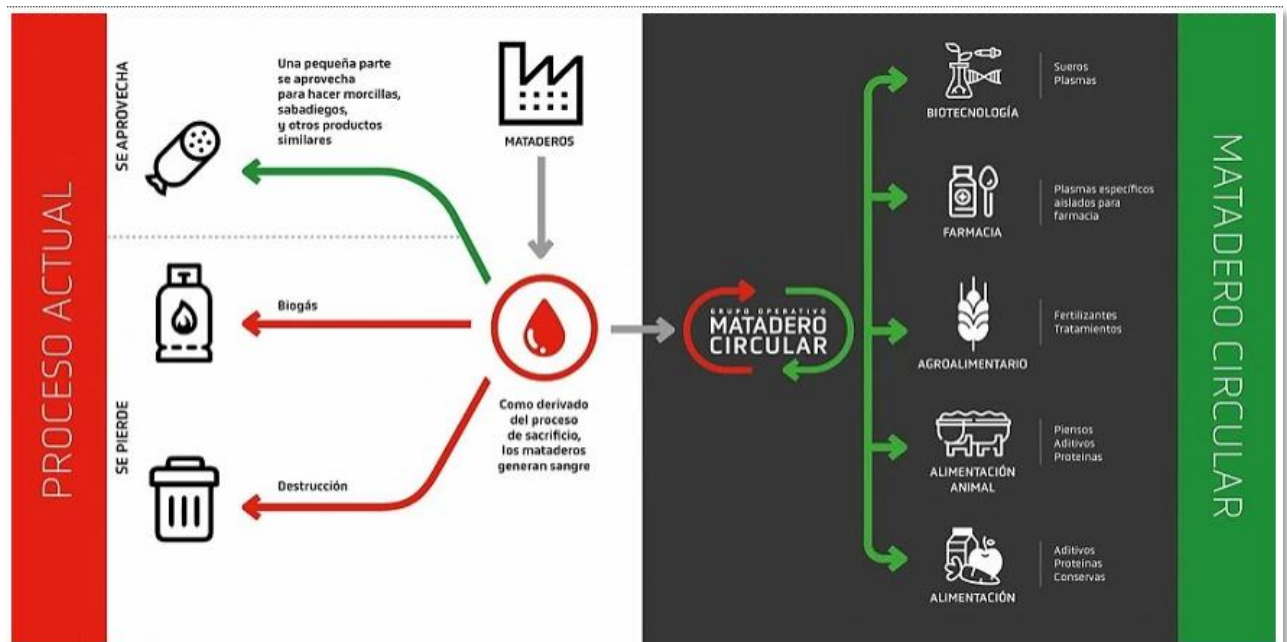


Figura 8. Uso que se le da a la sangre y al plasma, dentro o a parte de la sangre
(Interempresas, 2021)

3. OBJETIVOS

Objetivo principal

Estudiar la proteína plasmática a través de la microparticulación para obtener un nuevo ingrediente funcional que permita mejorar la calidad nutricional, tecnológica y organoléptica de los productos cárnicos.

Objetivos Secundarios

- ❖ Obtener un protocolo de microparticulación de la proteína plasmática, así como de la caracterización de distintas propiedades funcionales a nivel de laboratorio.
- ❖ Definir el porcentaje de proteína plasmática de trabajo, con el cual se obtienen mayores cambios al aplicar la microparticulación.
- ❖ Determinar cómo afecta el efecto de la cizalla, la temperatura y el tiempo de los tratamientos de microparticulación, sobre la textura y las propiedades funcionales del preparado de proteína plasmática.
- ❖ Comparar las propiedades funcionales obtenidas de la proteína plasmática nativa y la microparticulada por diferentes tratamientos.

4. METODOLOGÍA

En general, el trabajo experimental constó de 2 etapas. Primero, la etapa preliminar, la cual comprendió de diferentes subetapas que se mencionan a continuación:

Etapas 1.A. Ensayos de Calentamiento.

Etapas 1.B. Ensayos de Calentamiento y Homogeneización.

Etapas 1.C. Ensayos de Calentamiento por tiempos.

En ellas, se conocieron las características de la muestra de proteína de plasma a diferente porcentaje de concentración, al ser calentada a diferentes tiempos y temperaturas, permitiendo delimitar así la frontera de parámetros de tratamientos térmicos junto con los de homogeneización de la microparticulación, sobre la cual el plasma se desnaturalizaba y adquiría consistencia de menor a mayor grado de gel o fluido. En esta primera etapa, también se definieron los protocolos para el proceso de hidratación del plasma, el proceso de microparticulación y los análisis de caracterización de las propiedades funcionales: emulgentes, espumantes y el tamaño de partícula.

Luego, en la segunda etapa de experimentación, empleando como base lo aprendido en la etapa preliminar, se realizaron los tratamientos de microparticulación a la proteína del plasma con el porcentaje de concentración elegido y este se caracterizó en las propiedades funcionales mencionadas.

El trabajo de ambas etapas, con excepción al análisis del tamaño de partícula se llevó a cabo en el laboratorio de la empresa FoodTec R&D&I Consulting, gracias al equipo, material, asistencia y la asesoría facilitada por la misma empresa.

A continuación, se detallan los materiales y la metodología aplicada en las etapas primera (Preliminar) y segunda (Microparticulación y caracterización).

4.1. Materia Prima

- Agua de red pública
- Proteína de plasma porcino en polvo (Ver figura 9).

Especificaciones de la muestra de proteína de plasma:

- Marca AProPork, del proveedor Essentia Protein Solutions.
- Secada por atomización o spray dry.
- Apariencia de polvo fino color crema.
- Vida útil de 18 meses
- Contenido nutricional: 318kcal/100g, 2.33g/100g de grasas totales, 2g/100g de carbohidratos, 74.9g/100g de proteína y 11.9g/100g de sal.
- La información técnica de proveedor completa de la muestra, se puede consultar en la Ficha Técnica 1, Anexo 8.2.



Figura 9. Muestra de proteína de plasma en polvo suministrada por el proveedor.

4.2. Formulaciones

En la etapa de ensayos preliminares, en ocasiones diferentes que se describirán más adelante, se trabajaron muestras compuestas por agua y proteína de plasma a porcentajes de concentración finales de proteína de: **3%, 5% y 10%**. Y, en la etapa de pruebas de microparticulación y caracterización, sólo se trabajó al **10%**.

El cálculo del porcentaje de concentración final de proteína en cada preparación se realizó en base a un 75% de concentración de proteína de la muestra en polvo basado en el 74.9%, indicado en la ficha técnica de la muestra. De esta forma, se obtuvieron las fórmulas (expresadas en porcentajes) para cada concentración, que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 8. Porcentajes de agua y proteína de plasma en polvo para preparar cada muestra de 3, 5 y 10 % de proteína final.

Materia Prima	% Final Proteína en Muestras		
	3%	5%	10%
Proteína de plasma en polvo (%)	4	6.67	13.33
Agua (%)	95	93.33	86.67
Total	100	100	100

4.3. Equipo

El equipo utilizado en diferentes etapas fue el siguiente:

- Microondas
- Balanza de precisión
- Procesador de alimentos Mambo Kitchen Robot 9590 (Ver Figura 1, Anexo 8.1)
- Termómetro digital (Ver Figura 2, Anexo 8.1)
- Phmetro
- Homogeneizador FBF Homolab 2.20 (Ver Ficha Técnica, Anexo 8.2).

4.4. Rehidratación de la Proteína Plasmática

Primero se pesaron las cantidades de proteína y agua según la formulación anteriormente mencionada y se mezclaron en el procesador de alimentos a velocidad No. 3, a 37°C, añadiendo la proteína lentamente para disolverla por completo. Al observar la mezcla sin grumos, se agitó a velocidad No. 3, a 37°C por 35 minutos para una adecuada rehidratación. A partir de este proceso, el preparado de proteína estaba listo para el ensayo de microparticulación correspondiente.

Este mismo tratamiento de rehidratación se aplicó en todas las pruebas de la etapa 1 y 2, siempre igual y fue el único tratamiento aplicado a la proteína plasmática nativa, es decir, sin microparticular.

4.5. Metodología de Etapa 1. Ensayos Preliminares

En total se realizaron una serie de 10 ensayos diferentes preliminares en los cuales se obtuvieron resultados que fueron clave, para desarrollar la metodología de las pruebas experimentales de microparticulación y las de caracterización. A continuación, se describen los materiales y métodos de manera resumida, de los ensayos preliminares.

4.5.1. Metodología de Etapa 1. A. Ensayos de Calentamiento

El objetivo de estas pruebas fue conocer los cambios físicos que se obtienen al someter a temperaturas específicas de calentamiento, las preparaciones con 3, 5 y 10% de proteína de plasma.

Primero se realizó una prueba de calentamiento en el microondas. Para ello, se comenzó con una prueba previa de calentamiento en microondas (a potencia definida) de muestras de agua a temperatura ambiente, hasta observar ebullición, para obtener una curva de referencia del tiempo que demora una muestra líquida (que contiene agua) en alcanzar una temperatura específica para de esta manera, tener una idea aproximada sobre el tiempo que las muestras de las preparaciones de plasma podían tardar en alcanzar temperaturas específicas, al ser calentadas en el microondas (a misma potencia del microondas).

Luego, cada muestra de proteína preparada a temperatura ambiente se calentó en el microondas, por los tiempos correlacionados en que el agua indicaba calentamientos inferiores a su ebullición. De cada muestra que se calentó, se anotó tiempo de calentamiento, temperatura alcanzada final y cambios observados a nivel de textura, apariencia, color u otro. Dependiendo de los cambios que adquiría una determinada muestra, se calentaba una nueva muestra por mayor o menor tiempo (segundos) para intentar obtener diferentes cambios relacionados a distintas temperaturas finales.

Las temperaturas se midieron justo antes e inmediatamente después del calentamiento en microondas. Después de cada calentamiento, las muestras se enfriaron, se almacenaron en refrigeración y se revisaron visualmente después de 1 día y a temperatura ambiente.

Posteriormente, se realizaron pruebas de calentamiento de los preparados de proteína al 5 y 10% en el equipo procesador de alimentos, con la finalidad de conocer mejor y comprobar las temperaturas a las cuales, ocurrían los cambios físicos observados en las pruebas en microondas. Las muestras de preparado al 5 y 10% se elaboraron según el protocolo explicado en el apartado de Material y Métodos 4.2.4. Las temperaturas de calentamiento programadas en el procesador se eligieron en función de los cambios más relevantes obtenidos en la etapa 1.A. Las muestras se calentaron en el procesador a diferentes temperaturas determinadas, se enfriaron y se almacenaron en frío y al día siguiente se observaron los resultados.

4.5.2. Metodología de Etapa 1.B. Pruebas de Calentamiento y Homogeneización

El objetivo de estas pruebas fue determinar los cambios en los preparados de proteína de plasma al 5 y 10% posterior al calentamiento a temperaturas distintas (En que se registraron cambios importantes según pruebas previas) y posterior a la homogeneización a 300 bar, por 2 pases.

4.5.3. Metodología Etapa 1. C. Ensayos de Calentamiento por Tiempos

El objetivo de esta etapa fue determinar los cambios que el preparado al 10% de proteína obtenía al someterlo a diferentes tiempos y temperaturas de calentamiento y homogeneización. Es decir, en esta etapa a diferencia de la etapa 1.B. se debían observar los cambios ocurridos posterior al calentamiento con tiempo y luego de homogeneizar cada muestra. Para ello, una vez alcanzadas las temperaturas de interés, se mantenía calentando la muestra en el procesador de alimentos, por el tiempo correspondiente, monitoreando este y la temperatura constantemente.

El protocolo de calentamiento y de homogeneización, fue el mismo que pasó a ser el de la microparticulación y se describen en el punto 4.6.1, a continuación.

4.6. Metodología de Etapa 2. Pruebas de Microparticulación y Caracterización

4.6.1. Proceso de Microparticulación

Una vez rehidratado el preparado de proteína, en seguida se calentó a la temperatura y por el tiempo correspondientes de ensayo, con agitación constante (No. 3). La temperatura se monitoreó durante todo el tiempo del calentamiento y una vez alcanzados los minutos correspondientes al tratamiento térmico, se pasó el preparado al homogeneizador, donde se homogeneizó a 300bar por 2 pases continuos. Al salir del homogeneizador, el preparado se recolectó en un envase y se colocó de inmediato en un baño de agua fría, en donde se mantuvo hasta que la temperatura de la muestra descendiera por debajo de 30°C.

4.6.2. Caracterización

Los análisis de caracterización se aplicaron tanto al preparado de proteína obtenido después de cada tratamiento de la microparticulación, como al preparado de proteína nativa de referencia (sólo rehidratado).

4.6.2.1. *Propiedades Espumantes*

Materias Primas

- Agua de red pública.
- Preparado de proteína (microparticulado o rehidratado según aplicara).

Equipo

- Balanza de precisión
- Procesador de alimentos Mambo Kitchen Robot 9595
- Termómetro digital
- Probetas transparentes de graduación de 500 mL y tolerancia de 5.0 mL.

Proceso

La capacidad espumante Foam capacity (FC por sus siglas en inglés) y la estabilidad de la espuma o Foam Stability (FS por sus siglas en inglés) se determinaron de acuerdo con el método aplicado por Alu'datt et al. (2012), con modificaciones.

Para ello, se pesaron el agua y el preparado de proteína en relación 1:1, para obtener una muestra compuesta por el 50% de cada uno y se mezclaron en el procesador de alimentos por 1 minuto a velocidad No. 3, a temperatura ambiente y seguidamente, se agitó la mezcla a velocidad máxima por 3 minutos. Inmediatamente, la muestra con espuma se trasvasó a las probetas, lentamente y recogiendo la mayor parte posible de los restos adheridos para asegurar introducir la espuma en su mayor totalidad. Una vez trasvasada la muestra a las probetas, se dejó reposar sin moverla por 60 minutos a temperatura ambiente (Esta se midió al inicio del reposo).

Para obtener la capacidad de la espuma (FC), se midió el volumen (mL) de la muestra compuesta por líquido y espuma una vez dentro de las probetas y se expresó como el resultado de la ecuación No.1.

Para obtener la estabilidad de la espuma (FS), se midió el volumen (mL) de la muestra a los 30 minutos y a los 60 minutos desde que se colocaron en reposo en las probetas y se expresó como el resultado de la ecuación No. 2.

$$\% \text{ FC} = \frac{V_d - V_a}{V_a} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ FS} = \frac{V_t - V_a}{V_d - V_a} * 100 \quad (2)$$

Donde:

%FC: Porcentaje de la capacidad espumante.

%FS: Porcentaje de estabilidad espumante.

Vd: Volumen (mL) de la muestra con espuma, después de agitación y a partir de que se coloca en reposo en las probetas.

Va: volumen (mL) de la muestra antes de la agitación.

Vt: volumen (mL) de la muestra pasado el tiempo respectivo de reposo (Vt30 a los 30 minutos y Vt60 a los 60 minutos) en las probetas.

4.6.2.2. *Propiedades Emulsificantes*

Materias Primas

- Agua de red pública.
- Preparado de proteína (microparticulado o rehidratado según aplicara).
- Aceite de girasol comercial.

Equipo

- Balanza de precisión
- Termómetro digital
- Procesador de alimentos Mambo Kitchen Robot 9595
- Pipeta de cristal de graduación de 10 mL y tolerancia de 1.0 mL.
- Tubos de ensayo de cristal de 10mL de capacidad
- Gradilla para tubos de ensayo
- Regla 15 cm con graduación de 0.5 mm

Proceso

La capacidad emulsificante o emulsifying capacity (EC por sus siglas en inglés) y la estabilidad emulsificante o emulsifying stability (ES por sus siglas en inglés), se determinaron utilizando el método con modificaciones descrito por Pedroche et al. (2004).

Primero se pesaron las materias primas en las cantidades según los siguientes porcentajes: 50% de preparado de proteína, 45% de agua y 5% de aceite de girasol. Después, el agua junto al preparado de proteína, se mezclaron en el procesador de alimentos, con agitación a velocidad No.3, a temperatura ambiente. Seguidamente, el aceite se adicionó a la mezcla anterior en agitación, confirmando añadirlo en la totalidad del peso, lentamente para asegurar su incorporación y la emulsión. Al añadir todo el aceite, se cambió la agitación a capacidad media de velocidad y se dejó agitar por 10 segundos. Posteriormente, la mezcla se homogeneizó a 300 bar, por 2 pases continuos. Una vez homogeneizada la mezcla de muestra, utilizando una pipeta, se llenaron de la misma, 10 tubos de ensayo, con alícuotas de 10 mL en cada uno, sin provocar la formación de burbujas en la superficie que más tarde pudieran alterar las mediciones. Y por último se colocaron en gradilla, donde se mantuvieron en reposo, en posición fija, por distintos lapsos de tiempo: 0, 30 y 60 minutos a temperatura ambiente y 1, 2 y 3 días en refrigeración.

Se llenaron hasta 10 tubos de ensayo por muestra (de referencia o tratada), con el fin de contar con suficientes para revisar, manipular y analizarlos a los lapsos de tiempo en reposo correspondientes. A dichos tiempos, se verificaban si los tubos presentaban una línea divisoria (la interfase) entre las 2 fases: la emulsificada, identificable por el color crema y la remanente de la emulsión, distinguida a simple vista como una franja muy definida de color blanco.

Para obtener la capacidad emulsificante (EC), se midió la altura total del contenido de muestra del tubo y la altura de la fase emulsionada de la muestra y luego se calculó mediante la ecuación No. 3.

Para la estabilidad emulsionante (EE), se midió: la altura de la fase remanente después del lapso en que la línea divisoria de fases fuera claramente visible y la altura de la fase emulsionada original y se calculó a través de la ecuación No.4.

$$\% \text{ EC} = \frac{h_e}{h_t} * 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ EE} = \frac{h_r}{h_e} * 100 \quad (4)$$

Donde:

%EC: Porcentaje de la capacidad emulsificante.

%EE: Porcentaje de la estabilidad emulsificante.

he: altura (mm) de la fase emulsificada de la muestra al colocarla en el tubo.

ht: altura (mm) total del contenido de la muestra al colocarla en el tubo.

hr: altura (mm) de la emulsión remanente al momento de medición.

4.6.2.3. *Tamaño de Partícula*

El análisis de tamaño de partícula de cada muestra microparticulada y no microparticulada fue realizado por el personal del laboratorio del Aula de Productos Lácteos APLTA de la Universidad de Santiago de Compostela. Para ello, en cada ensayo de microparticulación se extrajo una muestra de 100mL, la cual se envasó y almacenó en refrigeración por al menos 3 días, hasta el día de recepción de muestras por el laboratorio.

El equipo utilizado fue el difractómetro láser Malvern Mastersizer 2000 (Ver Figura 3, Anexo 8.1; las muestras se trabajaron en condiciones de temperatura ambiente y dispersas en agua destilada y las mediciones se efectuaron por triplicado. Los resultados se analizaron a través del software propio del equipo Malvern Application

6.01, a partir del cual se obtuvieron los siguientes parámetros, que fueron los que se recibieron en los informes.

- El diámetro (μm) medio de la distribución de las partículas expresado como $D_{[4,3]}$ (Este parámetro se utilizó para analizar los resultados estadísticos).
- El tamaño de partículas (μm) por debajo del que se encuentra el 10% de la distribución expresado como $d_{[0,1]}$ o Dv_{10} .
- El tamaño de partículas (μm) tanto por debajo como encima, del que se encuentra el 50% de la distribución (corresponde a la mediana) expresado como $d_{[0,5]}$ o Dv_{50} .
- El tamaño de partículas (μm) por debajo del que se encuentra el 90% de la distribución expresado como $d_{[0,9]}$ o Dv_{90} .

4.6.3. Diseño Experimental y Análisis de Datos

Las primeras pruebas para ajustar el proceso y definir el marco metodológico experimental no se realizaron de acuerdo con ningún diseño. Para la parte experimental, como es usual en el diseño de nuevos productos y procesos, se realizó una serie de dos experimentos factoriales con dos factores a dos niveles, con $2^2 = 4$ tratamientos cada uno. Aunque en este tipo de experimentos no suelen hacerse repeticiones se prefirió hacer dos, con lo que el número de pruebas realizadas en cada experimento fue $2^3 = 8$. De esta manera fue posible probar la significación de los efectos mediante análisis de la varianza. Esto es mucho más potente que las pruebas de ajuste a la normal de la magnitud de los efectos que suelen realizarse en los experimentos a dos niveles.

Las repeticiones se organizaron en un experimento de dos bloques completos al azar y se analizó usando el modelo lineal de tres factores (el bloque y dos factores de proceso) siguiente:

$$y = m + r \cdot R + a \cdot A + b \cdot B + ab \cdot AB + \text{error}$$

donde m representa la media general del ensayo, R el bloque, A la temperatura y B el tiempo. El coeficiente r da cuenta del efecto del bloque, a y b los efectos principales de la temperatura y el tiempo y ab la interacción entre temperatura y tiempo.

El modelo fue sometido a análisis de regresión y de la varianza. Se realizaron gráficos de la distribución acumulada de los efectos en papel probabilístico normal y diagramas de Pareto para visualizar las diferencias entre los efectos y las interacciones.

Como el bloque no mostró efectos significativos se pudo completar la visualización combinando los 16 resultados obtenidos en superficies de respuesta que también se analizó mediante análisis de regresión y varianza...

Los resultados fueron analizados usando Minitab ((Minitab Statistical Software, 2024).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de Etapa 1. Ensayos Preliminares

5.1.1. Resultados de Etapa 1.A. Ensayos de Calentamiento

En el Gráfico 1, Anexo 8.4, se muestra la relación obtenida de incrementos de temperaturas por tiempos de calentamiento de muestras de agua en microondas. Este gráfico funcionó de referencia, para programar los tiempos de calentamiento en el microondas y así obtener los incrementos de temperatura aproximados esperados en las muestras de preparado de proteína, con el fin de ir registrando los cambios al calentar a diferentes temperaturas.

Estos ensayos en microondas fueron las primeras observaciones sobre cómo la proteína de plasma preparada a distinta concentración (3, 5 y 10%), respondía a diferentes temperaturas de calentamiento. Dichas observaciones se registraron en la Tabla 1 en Anexo 8.3. Los cambios principales fueron los siguientes:

- ✓ En el preparado a 3% de proteína no se notaron cambios a simple vista. Mientras que a concentración del 5%, se observó formación mínima de gel a partir de 75,5°C y al 10%, a partir de 55,8°C.
- ✓ A medida que aumentó la temperatura en el caso de las muestras al 5% y al 10%, el color viró desde un marrón-naranja claro y traslúcido, pasando por marrón oscuro traslúcido, hasta un marrón-beige opaco y turbio, tal como se observa en la Figura 10 de izquierda a derecha, en muestras al 5%.
- ✓ Ciertas muestras se mantenían fluidas o semifluidas y a medida que enfriaban, iban aumentando la viscosidad y formación de gel, de una textura más blanda a más dura, hasta adquirir forma rugosa, tal como se observa en la Figura 10, de izquierda a derecha, en muestras al 10%.
- ✓ En los 3 casos de concentración de proteína, las muestras desprendían un olor característico cuando fueron calentadas, lo cual podría ser un atributo sensorial importante de considerar.

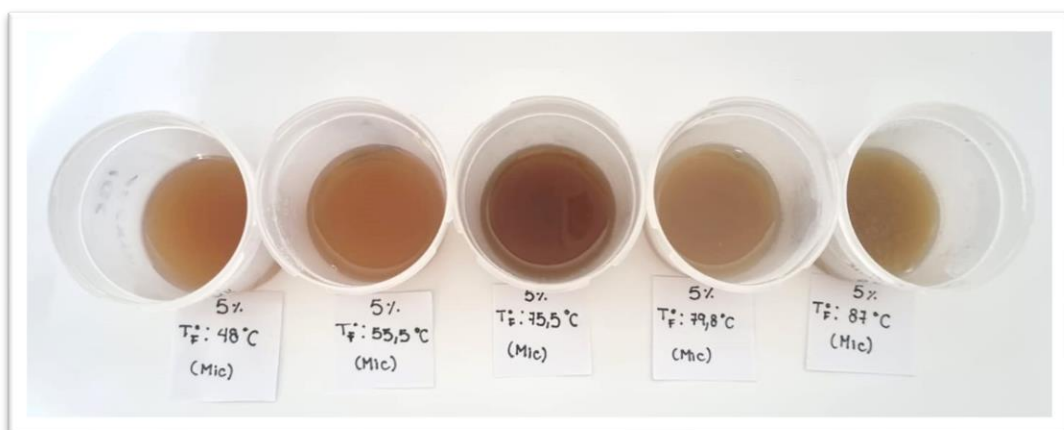


Figura 10. Muestras al 5% ordenadas de menor a mayor temperatura de calentamiento, donde se observa el cambio de color.

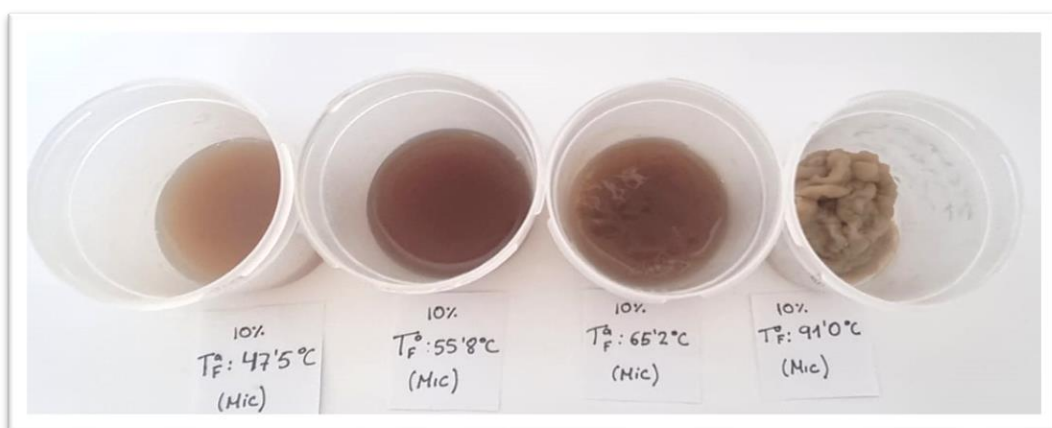


Figura 11. Muestras al 10% obtenidas, ordenadas de menor a mayor temperatura de calentamiento y de menor a mayor viscosidad y formación de gel.

A partir de las observaciones, fue posible determinar que se debía trabajar con porcentajes de proteína mayores al 3% para poder observar cambios más notorios en la textura por efecto del calentamiento. Por ende, después se realizaron pruebas de calentamiento en el procesador de alimentos, sólo con preparaciones de 5 y 10% de proteína. Los resultados obtenidos, se encuentran incluidos en la Tabla 2, Anexo 8.3.

Se determinó que la temperatura a partir de la cual se aproximaba la conversión de líquido a gel en el preparado del 5% y del 10%, era respectivamente de 80°C y de 65,4°C. De tal forma que, la muestra al 5% de plasma presentó formación mínima de gel a partir de temperatura entre 75 y 80°C y un gel totalmente estable y sólido a 81,7.

Mientras que, la muestra al 10% de plasma presentó formación mínima de gel (líquido viscoso) a partir de 60,9°C, hasta un gel completamente estable, duro y sólido, que no fluye, a partir de 70,2°C.

5.1.2. Resultados de Etapa 1.B. Ensayos de Calentamiento y Homogeneización

Empleando como referencia lo determinado anteriormente, en el procesador de alimentos, se calentaron las preparaciones de proteína a 5 y 10%, a temperaturas en el rango de obtención de formación de gel, para luego someterlas al proceso de homogeneización. La homogeneización se aplicó a presión de 300 bar, por 2 pases. Esta presión y número de pases corresponden al rango de los parámetros estándares de proceso en un equipo homogeneizador a nivel industrial. Los resultados obtenidos, se muestran en la Tabla 3, Anexo 8.3.

Como principal resultado, posterior al calentamiento en el rango de temperaturas comprendidas hasta 86°C, en el caso de las muestras al 5% de proteína y hasta los 66°C, en el caso de las muestras al 10%, se observó cómo mediante la homogeneización era posible convertir un gel de textura dura, en un fluido totalmente líquido o con cierta viscosidad, poniendo en evidencia el posible efecto de la microparticulación y cómo afecta a la propiedad funcional de gelificación.

Como ejemplo de este cambio importante, en las siguientes figuras 12, 13, 14 y 15, se observan algunas de las fotografías de la comparación de las texturas obtenidas sin y con homogeneización. En ellas se observa cómo con el aumento de la temperatura, el preparado de plasma va adquiriendo textura de un gel más consistente, que, a través de la homogeneización, se revierte en forma de fluido o cambia a un gel de cierta apariencia.

En el caso de las temperaturas de calentamiento, a las que se formaba un gel muy consistente (figuras 14 y 15), con la homogeneización, el gel adquirió características de apariencia tales como:

- ✓ Textura poco o nada grumosa,
- ✓ Superficie lisa, comparable a la de gelatina comercial
- ✓ Corte más limpio y de mayor geometría

- ✓ Color un poco más claro, mayor transparencia y brillo.

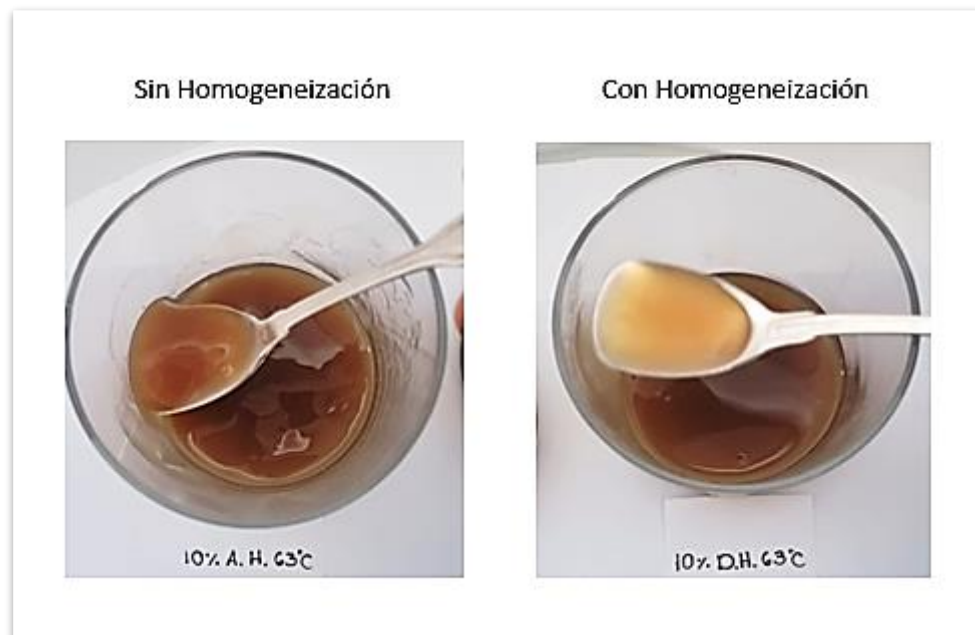


Figura 12. Comparación de fotografías de cambios obtenidos sin y con homogeneización, posterior al calentamiento a 63°C, al 10% de proteína.

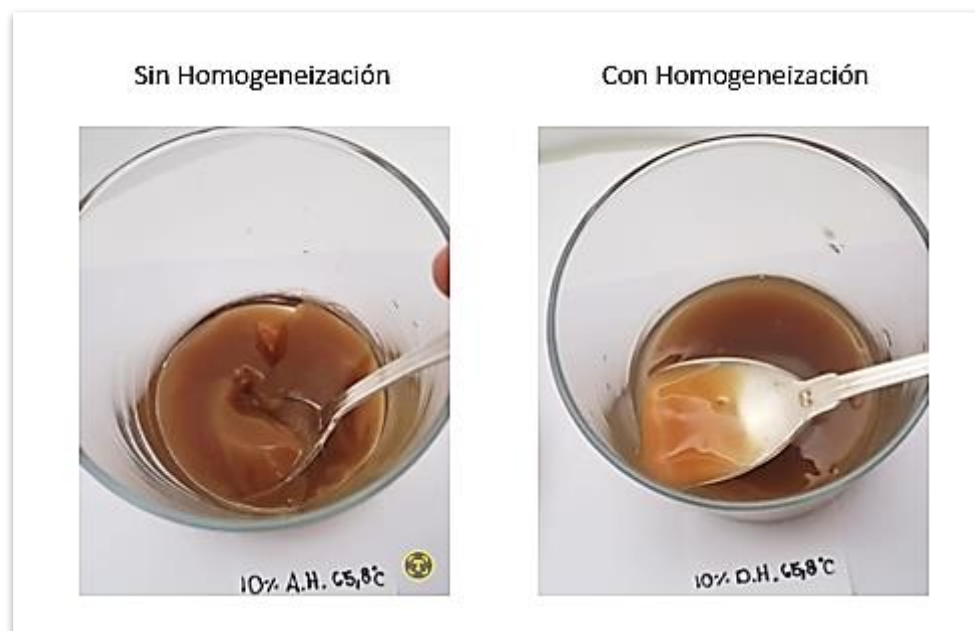


Figura 13. Comparación de fotografías de cambios obtenidos sin y con homogeneización, posterior al calentamiento a 65.8°C, al 10% de proteína.

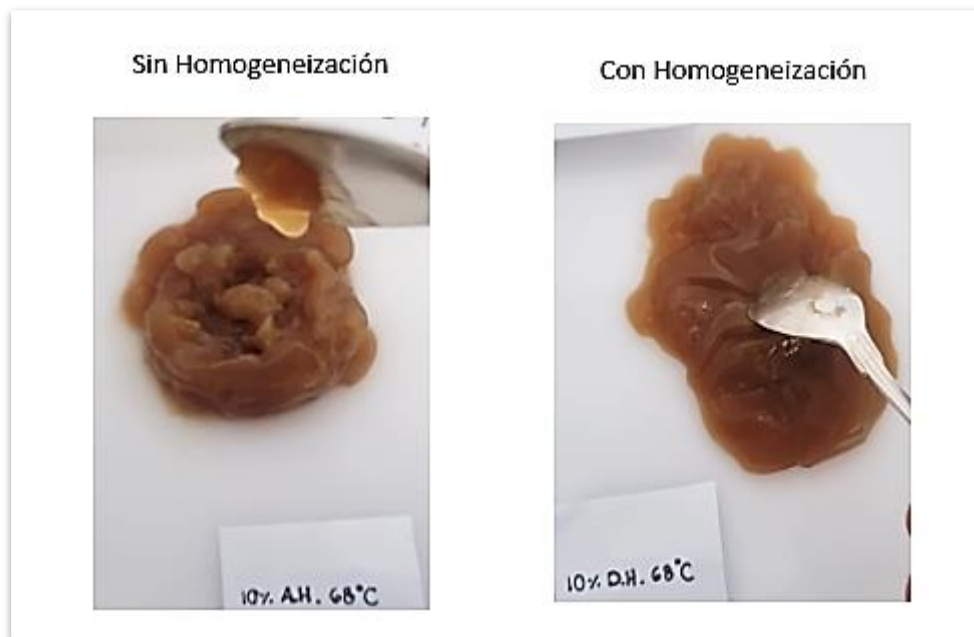


Figura 14. Comparación de fotografías de los cambios obtenidos sin y con homogeneización, posterior al calentamiento a 68°C, al 10% de proteína.

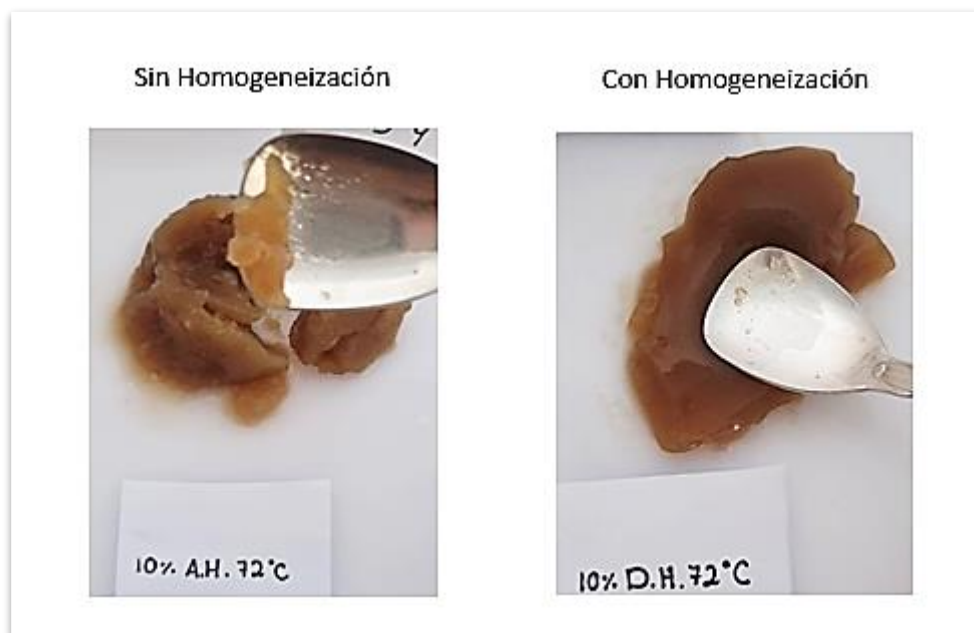


Figura 15. Comparación de fotografías de los cambios obtenidos sin y con homogeneización, posterior al calentamiento a 72°C, al 10% de proteína.

5.1.3. Resultados de Etapa 1. C. Ensayos de Calentamiento con Tiempo

A partir de esta etapa, se eligió trabajar con sólo la preparación de proteína al 10%, ya que con este se obtuvieron los cambios a temperaturas más altas y, se esperaba observar cambios más notorios cuando se realizaran las pruebas de caracterización.

Los tiempos de ensayo por temperatura de calentamiento, fueron de 0, 3, 6 y 9 minutos, los adecuados para su aplicación industrial.

Con el calentamiento de 60°C por los tiempos mencionados anteriormente, la proteína se obtuvo fluida previa y posteriormente a la homogeneización.

Con el calentamiento a 63°C por hasta 3 minutos, la proteína obtuvo textura de gel fluido previamente a la homogeneización y textura fluida posterior a la homogeneización.

A 66°C, a medida que aumentaba el tiempo de calentamiento por 0, 3, 6 y 9 minutos, la proteína adquirió textura cada vez mayor de gel consistente y duro. Con homogeneización, la proteína calentada por 0 minutos tenía viscosidad, pero fluía, no así, la que se calentó por 3, 6 y 9 minutos.

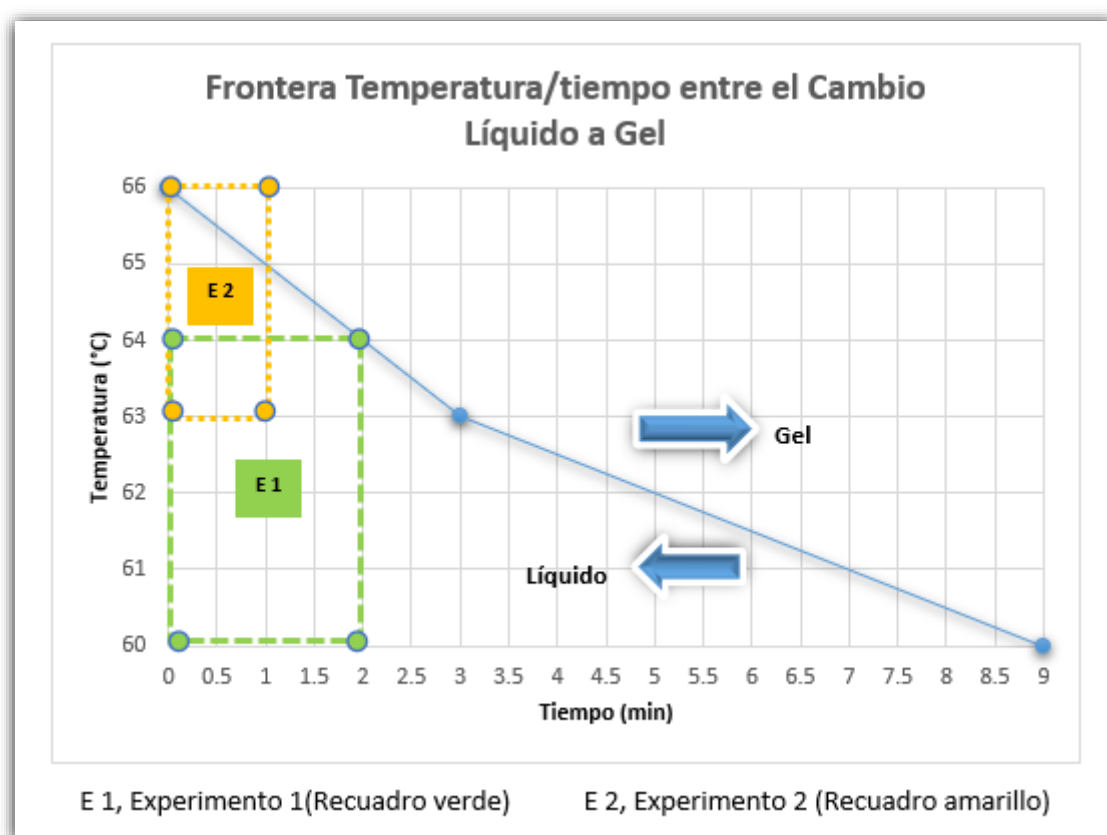
Entonces, al calentar a 66°C por más de 0 minutos (3 minutos) la proteína quedaba con textura de un gel consistente posterior a la homogeneización. Por lo tanto, se estableció 66°C a 0 minutos como la temperatura y tiempo límites de frontera para el calentamiento de la microparticulación.

Por consiguiente, a partir de esta etapa, ya se conocía la frontera de las temperaturas y los tiempos (a los parámetros establecidos de homogeneización), con los que se obtenía la proteína fluida (Ver Gráfico 1), que permitía ser caracterizada adecuadamente con los procedimientos descritos.

5.2. Resultados de Etapa 2. Pruebas de Microparticulación y Caracterización

El Gráfico 1, representa la frontera de conversión de la proteína de plasma al 10% de estado fluido a gel y los experimentos trabajados con base en el diseño experimental propuesto.

Gráfico 1. Frontera de tiempos y temperaturas entre el cambio de estado líquido a gel.



Tal como se muestra en el Gráfico 1, el primer experimento (E1) abarcó el área más amplia por debajo de la línea de la frontera, es decir, la temperatura mínima y máxima, al tiempo 0 y el máximo. Mientras que el segundo experimento (E2), abarca la temperatura intermedia y la máxima temperatura, al tiempo 0 y el mínimo posible por encima de la frontera conocida. Los vértices representan los diferentes tratamientos de tiempo y temperatura trabajados de cada experimento. Con sus respectivas repeticiones, en total, se obtuvieron 16 tratamientos (Ver tabla 10), cuyo orden de realización fue aleatorio y en días o momentos de un mismo día distintos.

Tabla 10. Temperaturas y tiempos trabajados en experimentos 1 y 2.

Experimento	Tratamiento	Repetición	Temperatura (C°)	tiempo (min)
1	1	1	60	0
	2	1	60	2
	3	1	64	0
	4	1	64	2
	5	2	60	0
	6	2	60	2
	7	2	64	0
	8	2	64	2
2	1	1	63	0
	2	1	63	1
	3	1	66	0
	4	1	66	1
	5	2	63	0
	6	2	63	1
	7	2	66	0
	8	2	66	1

A continuación, se describen los resultados de los análisis de las propiedades funcionales realizados en el experimento 1, el experimento 2 y la proteína nativa.

Los resultados obtenidos por cada propiedad funcional en cada tratamiento incluyendo la proteína nativa, se encuentran incluidos en Anexos 8.3, tablas 5, 6 y 7.

El conjunto de datos utilizados para el análisis estadístico a través de Minitab, se encuentran en Anexos 8.3, Tabla 4.

La descripción de resultados se centra en los factores e interacciones que indicaron efectos significativos en los análisis estadísticos efectuados en Minitab.

5.2.1. Resultados de Experimentos 1 y 2

Resultados sobre Propiedades Espumantes

En todos los tratamientos experimentales, con el procedimiento para generar la espuma que se adaptó, las muestras incrementaron su volumen inicialmente líquido, a un equivalente de más de la mitad en espuma, mostrando una buena capacidad para formar espuma. Con el procesador de alimentos, esta se observó en forma de burbujas muy pequeñas, que resistían la compactación (Al empujarlas con una cuchara para adicionar los residuos a la probeta) y se mantenían. En la siguiente Figura 16, se muestra una transición de la medida de la suma del volumen líquido y espuma, de una de las muestras microparticuladas los 0, 30 y 60 minutos de reposo en probeta. A los 60 minutos, la espuma se había reducido casi por completo en la mayoría de los casos.

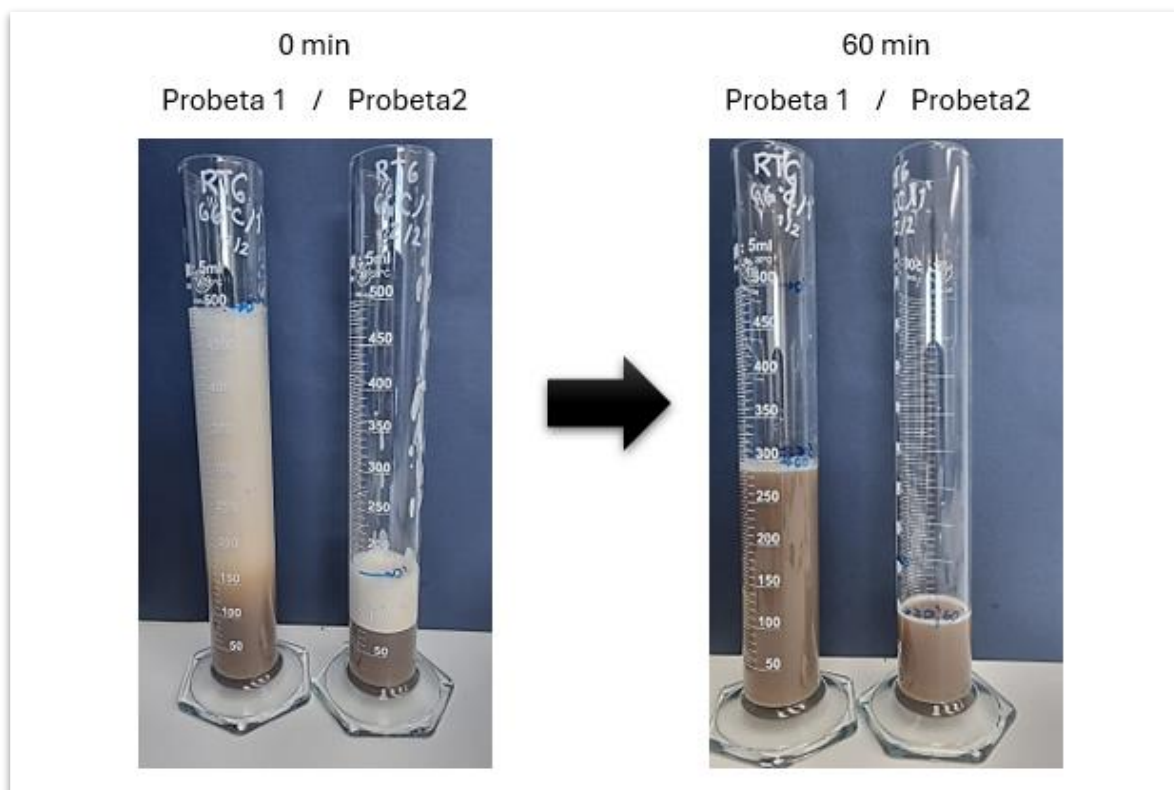


Figura 16. Transición del volumen de una de las muestras microparticuladas en el análisis de la capacidad y estabilidad de la propiedad espumante.

En el experimento 1, el análisis de la **capacidad espumante** presentó resultados significativos como efecto principal.

En la Tabla 11, se observó el modelo de regresión utilizado, el cual explica un 88.22% de varianza de los datos, indicando que el ajuste es bueno. A la vez, se observaron efectos significativos de la temperatura para la capacidad espumante (%FC) la cual obtuvo un valor p de 0,008 ($p \leq 0.05$). Esta significación se observa en el diagrama de Pareto (Ver Gráfico 2) y se traduce en una desviación de la distribución de los efectos con respecto a la normal, como muestra, la representación de su distribución acumulada en el gráfico normal (Ver Gráfico 3).

Tabla 11. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for %FC (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	72.625	1.179	61.59		0.000
Te	-11.750	-5.875	1.179	-4.98	0.008
ti	4.250	2.125	1.179	1.80	0.146
Te*ti	3.250	1.625	1.179	1.38	0.240

R-Sq = 88.22%

Analysis of Variance for %FC (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	312.25	312.25	156.12	14.03	0.016
Te	1	276.13	276.13	276.13	24.82	0.008
ti	1	36.12	36.12	36.12	3.25	0.146
2-Way Interactions	1	21.13	21.13	21.13	1.90	0.240
Te*ti	1	21.13	21.13	21.13	1.90	0.240
Residual Error	4	44.50	44.50	11.12		
Pure Error	4	44.50	44.50	11.13		
Total	7	377.87				

Gráfico 2. Gráfico de Pareto para la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 1.

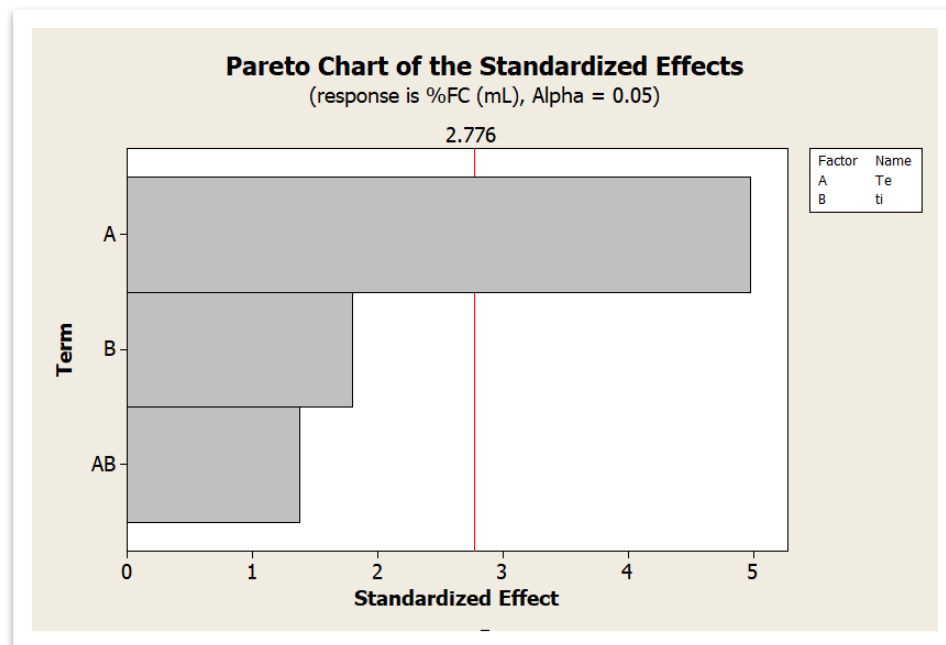


Gráfico 3. Gráfico normal para la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 1.

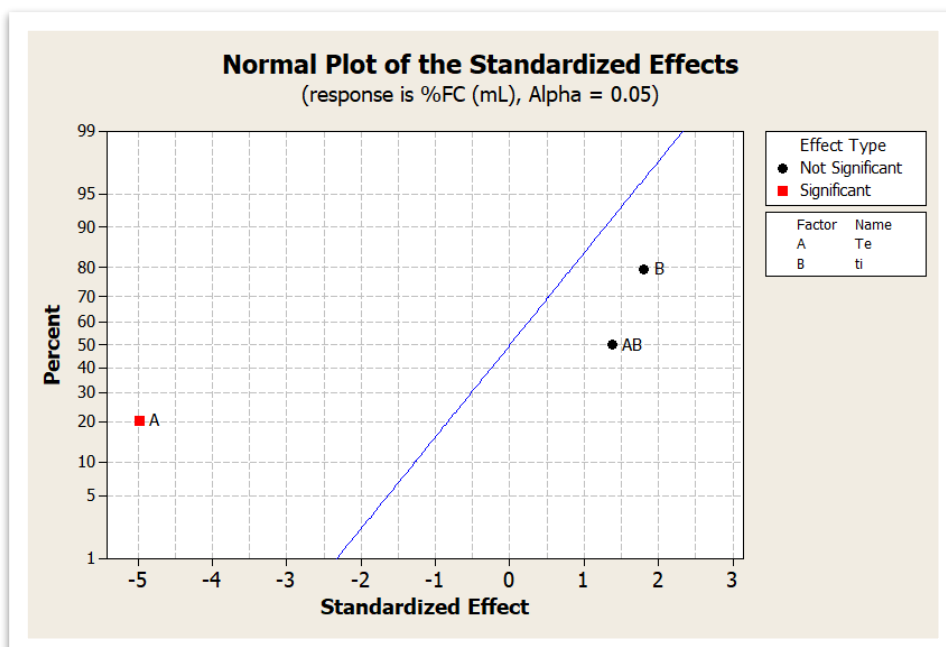


Gráfico 4. Diagrama de Efectos Principales para la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 1.

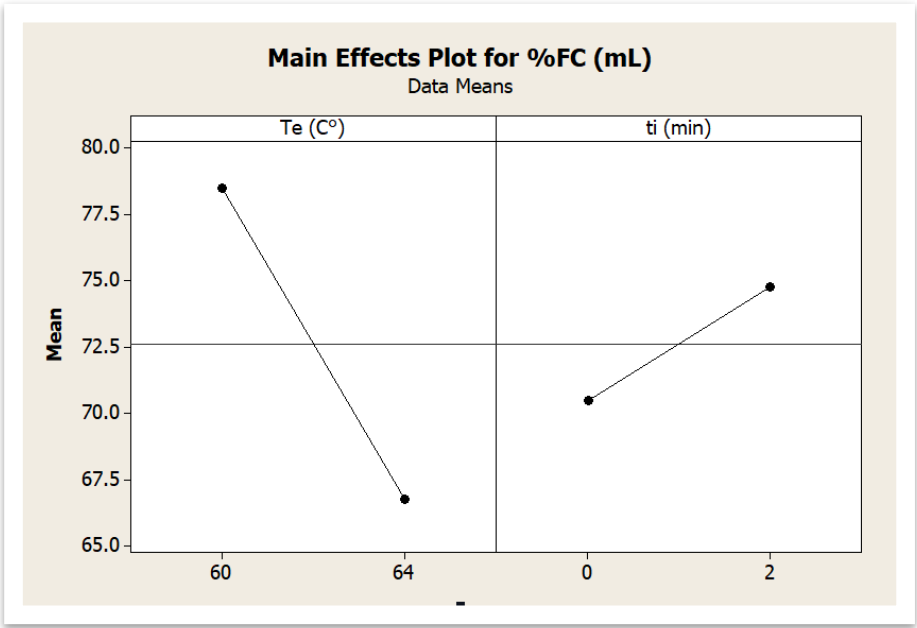
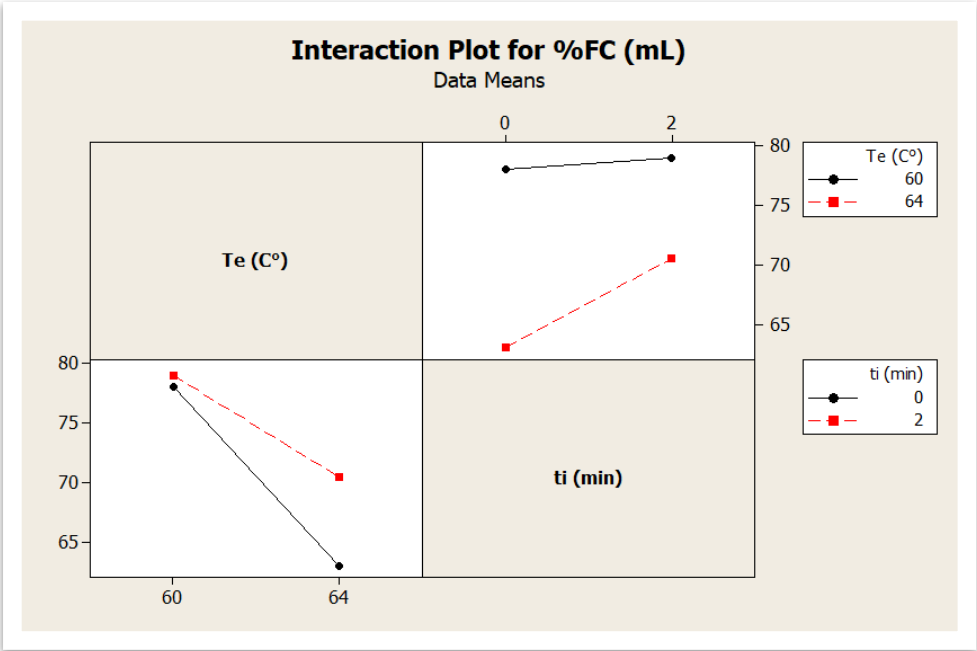


Gráfico 5. Diagrama de Interacciones para la capacidad espumante (%FC) en el Experimento 1.



El Gráfico 4 muestra que la temperatura tiene una pendiente mayor y una línea más extensa que el tiempo en la capacidad de espuma medida (%FC), lo cual confirma tener un efecto principal significativo y mayor que el tiempo.

Los diagramas de interacción en el Gráfico 5, muestran que los efectos de la temperatura varían poco con los 2 tiempos estudiados en la capacidad espumante (%FC), lo cual ocurre similar para los efectos de la temperatura, donde se muestran las líneas casi paralelas entre ellas. Esto concuerda con que la interacción de ambos factores combinados no fue significativa en los análisis de varianza.

Resultados sobre Propiedades Emulsionantes

En general, con el método adaptado, las muestras mostraron cualitativamente, una muy buena capacidad de la emulsión hasta pasado un día después (Ver Figura 17). Es decir, desde que se colocaba la emulsión de proteína con aceite en los tubos de ensayo en reposo, visualmente, las muestras no mostraban una separación en la superficie, correspondiente a la interfase, hasta el segundo y tercer día, cuando se tomaban medidas, tal como se muestra en la Figura 18. Es por ello, que la capacidad de emulsión se omitió entre los análisis, midiendo solamente la estabilidad al día 2 y 3.



Figura 17. Muestra sin separación de fases después del primer día.

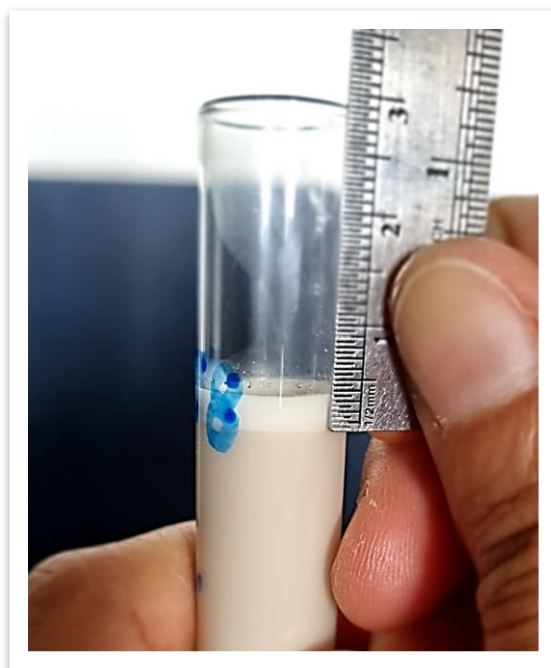


Figura 18. Muestra que indica separación de fases después del primer día.

La separación de fases se consideraba hasta cuando en la superficie de la muestra en el tubo de ensayo se notaba claramente definida, la franja de color blanco, correspondiente a la fase oleosa, remanente de la emulsión, cuya altura fue posible medir siempre con la regla calibrada. Esto se probó primero durante los ensayos de las pruebas de análisis en la etapa preliminar y se comprobó una vez más al realizar los experimentos.

En el experimento 1, **la estabilidad emulsionante a los 2 días (%EE 2D)** presentó resultados significativos.

El modelo de regresión utilizado explica un 77.10% de varianza de los datos en la Estabilidad Emulsionante a los 2 días, indicando que el ajuste es bueno (Ver tabla 13). Y, nuevamente, se observaron efectos significativos de la temperatura, indicados por un valor p de 0.042 ($p \leq 0.05$). Esto mismo, se refleja en el diagrama de Pareto en el Gráfico 6 y se traduce en una desviación de la distribución de los efectos con respecto a la normal, como muestra, la representación de su distribución acumulada en el Gráfico 7.

Tabla 13. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D), en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for %EE 2D (cm) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		96.2250	0.1531	628.54	0.000
Te	0.9000	0.4500	0.1531	2.94	0.042
ti	-0.4500	-0.2250	0.1531	-1.47	0.216
Te*ti	0.5000	0.2500	0.1531	1.63	0.178

R-Sq = 77.10%

Analysis of Variance for %EE 2D (cm) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	2.0250	2.0250	1.0125	5.40	0.073
Te	1	1.6200	1.6200	1.6200	8.64	0.042
ti	1	0.4050	0.4050	0.4050	2.16	0.216
2-Way Interactions	1	0.5000	0.5000	0.5000	2.67	0.178
Te*ti	1	0.5000	0.5000	0.5000	2.67	0.178
Residual Error	4	0.7500	0.7500	0.1875		
Pure Error	4	0.7500	0.7500	0.1875		
Total	7	3.2750				

Gráfico 6. Gráfico de Pareto para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 1.

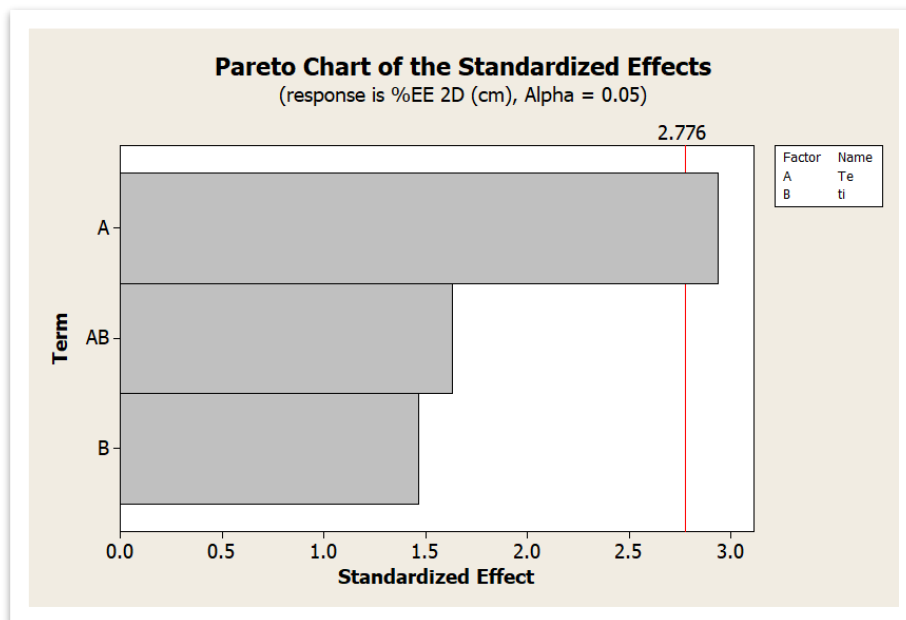


Gráfico 7. Gráfico normal para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 1.

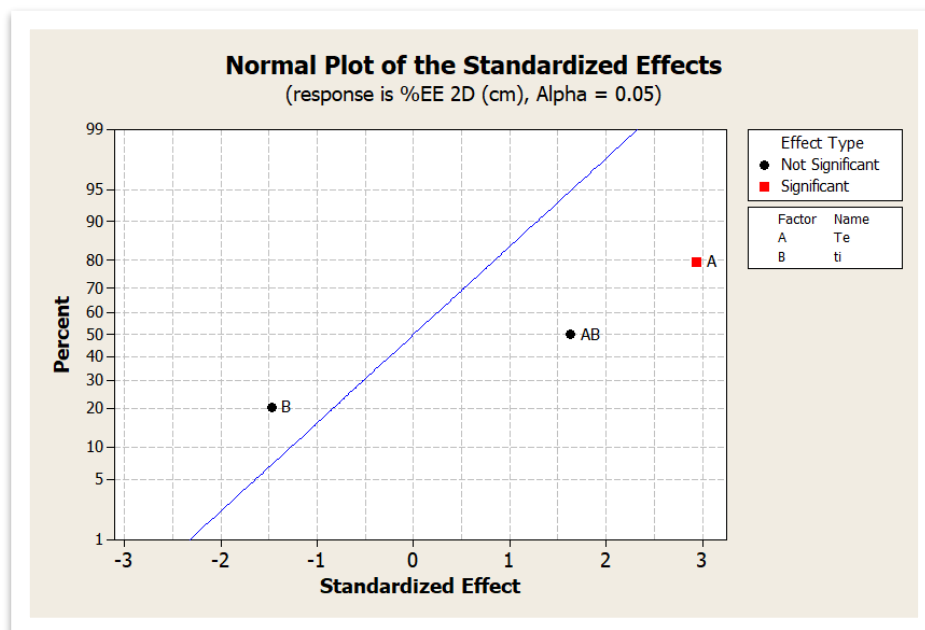


Gráfico 8. Diagrama de Efectos Principales para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 1.

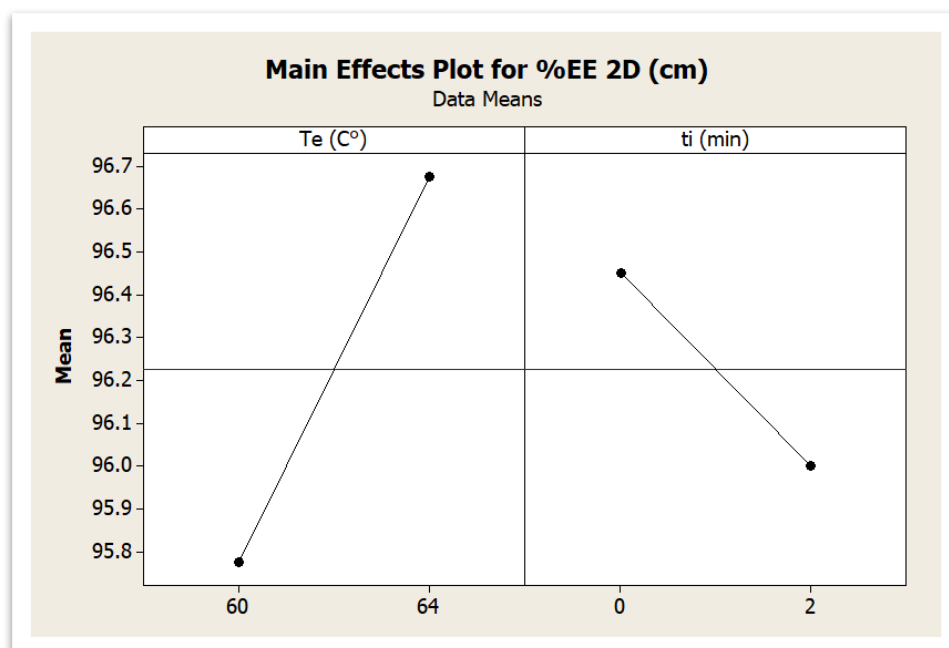
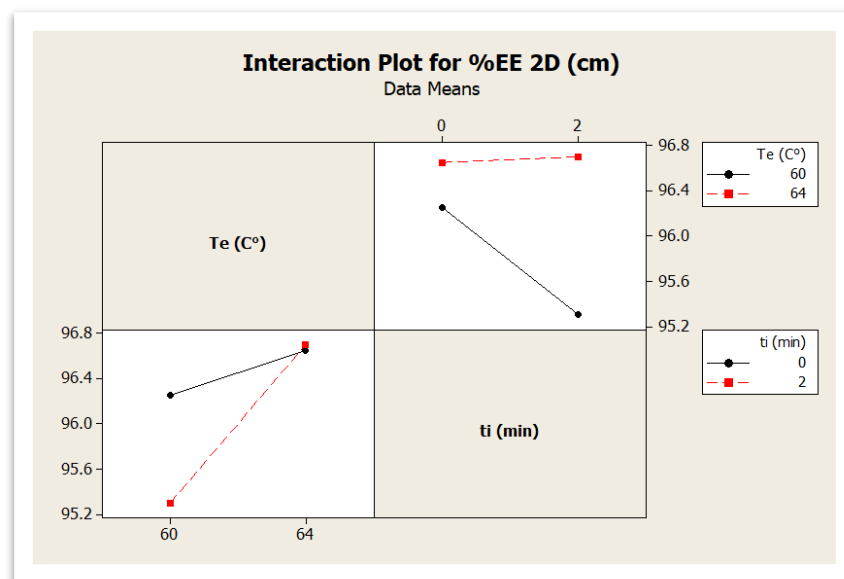


Gráfico 9. Diagrama de Interacciones para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 1



En el Gráfico 8, se observa cómo sobre los efectos principales para la estabilidad emulsionante a 2 días, de nuevo el efecto principal lo representa la temperatura, y en el Gráfico 9, se demuestra la interacción sinérgica que tiene la temperatura con el tiempo.

En el experimento 1, la **estabilidad emulsionante a los 3 días (%EE 3D)** presentó resultados casi significativos.

Según la Tabla 14, el modelo de regresión utilizado explica un 74.46% de varianza de los datos en la Estabilidad Emulsionante a los 3 días (%EE 3D), indicando que el ajuste es bueno.

En este caso, los efectos de la temperatura fueron casi significativos, indicado por un valor p de 0.051 ($p \leq 0.05$), tal como se representa en el Gráfico 10 de Pareto, y como se muestra en el Gráfico 11, la desviación de la distribución de los efectos con respecto a la normal, de la cual, el factor temperatura se encuentra más lejos que los otros 2 términos o factores.

Tabla 14. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D), en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for %EE 3D (cm) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		95.5500	0.1723	554.55	0.000
Te	0.9500	0.4750	0.1723	2.76	0.051
ti	-0.3500	-0.1750	0.1723	-1.02	0.367
Te*ti	0.6000	0.3000	0.1723	1.74	0.157

R-Sq = 74.46%

Analysis of Variance for %EE 3D (cm) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	2.05000	2.05000	1.0250	4.32	0.100
Te	1	1.80500	1.80500	1.8050	7.60	0.051
ti	1	0.24500	0.24500	0.2450	1.03	0.367
2-Way Interactions	1	0.72000	0.72000	0.7200	3.03	0.157
Te*ti	1	0.72000	0.72000	0.7200	3.03	0.157
Residual Error	4	0.95000	0.95000	0.2375		
Pure Error	4	0.95000	0.95000	0.2375		
Total	7	3.72000				

Gráfico 10. Gráfico de Pareto para la Estabilidad de Emulsión a 3 Días (%EE 3D) en el Experimento 1.

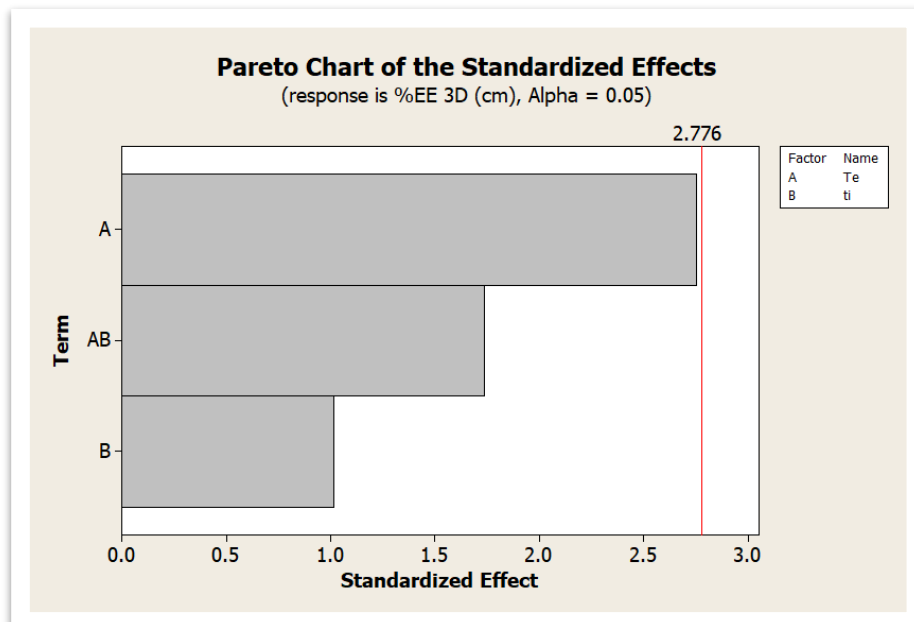
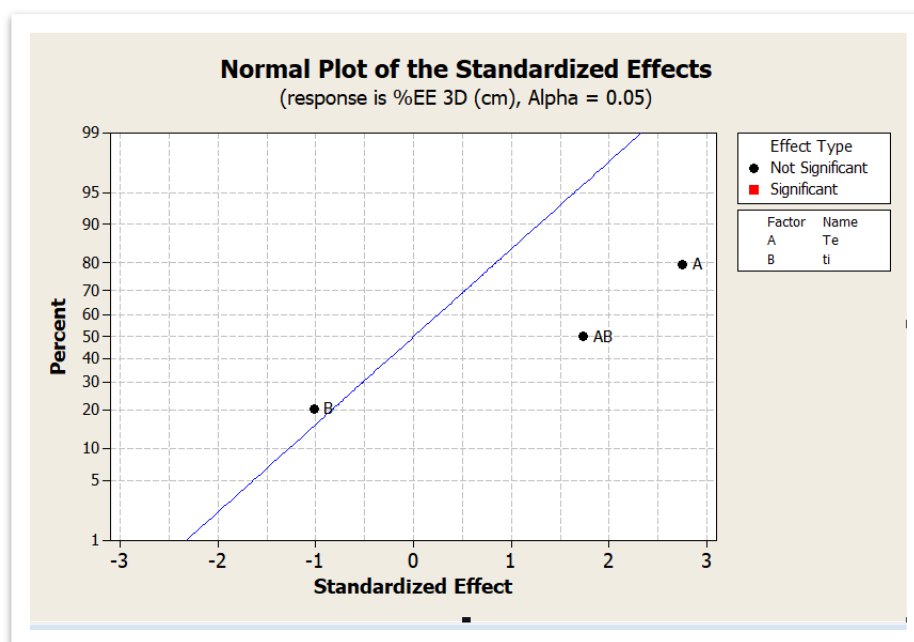


Gráfico 11. Gráfico Normal para la Estabilidad de Emulsión a 3 Días (%EE 3D) en el Experimento 1.



Sin embargo, se encuentra representada la temperatura, al igual que en los casos anteriores, como la interacción principal, con una pendiente más alta que la primera (Gráfico 12) y una interacción sinérgica con el tiempo (Gráfico 13).

Gráfico 12. Diagrama de Efectos Principales para la Estabilidad de Emulsión a 3 Días (%EE 3D) en el Experimento 1.

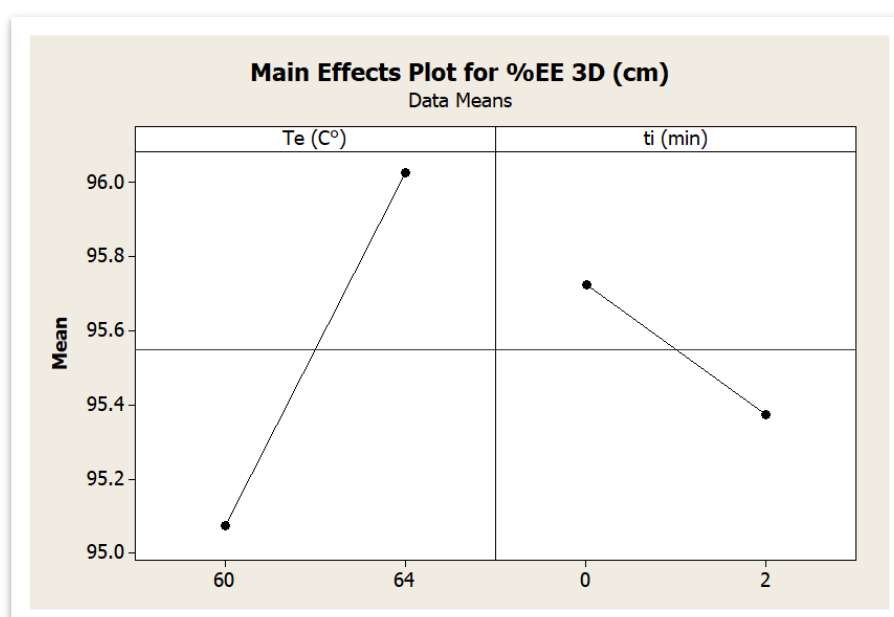
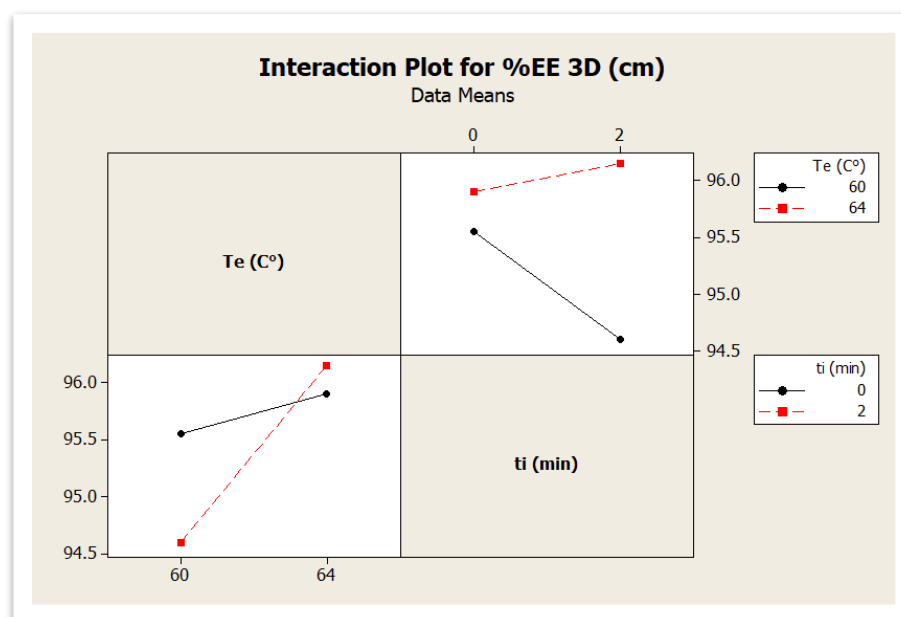


Gráfico 13. Diagrama de Interacción para la Estabilidad de Emulsión a 3 Días (%EE 3D) en el Experimento 1.



En cuanto a las demás propiedades funcionales del experimento 1, como en todas las del experimento 2, no se obtuvieron resultados estadísticos con efecto significativo. En la sección 8.3 de Anexos, se incluyeron las tablas de resultados de los análisis de la varianza y regresión y en la sección 8.4 de Anexos, los gráficos de ajuste a la normal, Pareto, efectos principales e interacción, correspondientes a dichos resultados.

Lo anterior pudo deberse a muchos motivos, tales como, que la muestra de observaciones realizadas por tratamiento, no fueron suficientes, excluyendo otras posibles variables desconocidas, inintencionadas, que pudieron influir en los resultados. Así mismo, puede ser la falta de un factor, que afectara en mayor medida la variabilidad de las observaciones en este experimento, tal como lo podía ser la presión de homogeneización, cuya alta capacidad para modificar el tamaño de partícula de los agregados de las partículas del plasma, quedó demostrado.

Visualización de Resultados a Través de las Superficies de Respuesta

Para visualizar el patrón de variación de las variables estudiadas se realizó un análisis de regresión de las superficies de respuesta completado con un análisis de la varianza realizado para un diseño completamente aleatorizado.

A continuación, se muestran los resultados de los para los factores de proceso que mostraron efectos significativos.

Tabla 15. Coeficiente de Regresión y análisis de la varianza estimado para la Capacidad Espumante (%FC).

Estimated Regression Coefficients for %FC (mL)						
Term	Coef	SE Coef	T	P		
Constant	71,3493	1,602	44,540	0,000		
Te (C°)	-5,1785	2,193	-2,362	0,036*		
ti (min)	0,8076	1,864	0,433	0,673		
Te (C°)*ti (min)	-0,5229	2,530	-0,207	0,840		
R-Sq = 35,68%						
Analysis of Variance for %FC (mL)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	237,342	237,342	79,114	2,22	0,139
Linear	2	235,818	232,786	116,393	3,26	0,074
Te (C°)	1	227,505	198,854	198,854	5,58	0,036*
ti (min)	1	8,313	6,693	6,693	0,19	0,673
Interaction	1	1,523	1,523	1,523	0,04	0,840
Te (C°)*ti (min)	1	1,523	1,523	1,523	0,04	0,840
Residual Error	12	427,893	427,893	35,658		
Lack-of-Fit	4	152,893	152,893	38,223	1,11	0,414
Pure Error	8	275,000	275,000	34,375		
Total	15	665,234				
Estimated Regression Coefficients for %FC (mL) using data in uncoded units						
Term	Coef					
Constant	168,309					
Te (C°)	-1,55186					
ti (min)	11,7889					
Te (C°)*ti (min)	-0,174306					

En este caso el coeficiente de regresión es menor y la significación del efecto de la temperatura en el análisis de la varianza baja ($p = 0,036^*$) no es significativa para el modelo completo (0,074).

Gráfico 14. Superficie de Respuesta de la temperatura y tiempo para Capacidad Espumante (%FC).

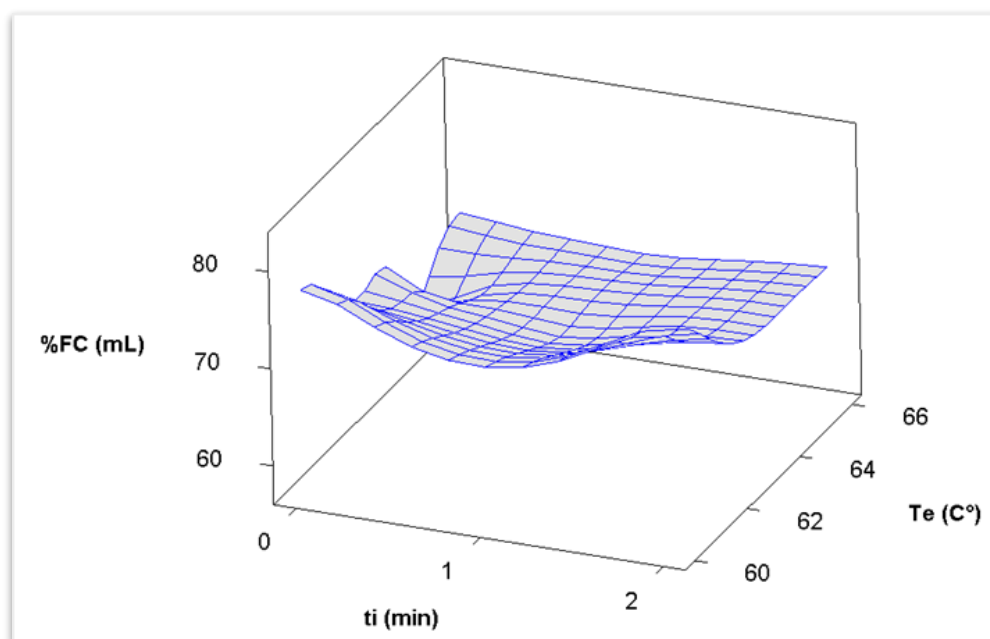


Tabla 16. Coeficiente de Regresión y análisis de la varianza estimado para la estabilidad de emulsión a 2 días (%EE 2D).

Estimated Regression Coefficients for %EE 2D (cm)

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	96,6334	0,1527	633,034	0,000
Te (C°)	0,8878	0,2090	4,248	0,001***
ti (min)	-0,0283	0,1776	-0,159	0,876
Te (C°)*ti (min)	0,3747	0,2411	1,554	0,146

R-Sq = 61,98%

Analysis of Variance for %EE 2D (cm)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	6,3348	6,33480	2,11160	6,52	0,007***
Linear	2	5,5526	6,24956	3,12478	9,65	0,003***
Te (C°)	1	5,4806	5,84407	5,84407	18,05	0,001***
ti (min)	1	0,0719	0,00819	0,00819	0,03	0,876
Interaction	1	0,7822	0,78224	0,78224	2,42	0,146
Te (C°)*ti (min)	1	0,7822	0,78224	0,78224	2,42	0,146
Residual Error	12	3,8855	3,88555	0,32380		
Lack-of-Fit	4	1,0609	1,06088	0,26522	0,75	0,584
Pure Error	8	2,8247	2,82467	0,35308		
Total	15	10,2203				

Estimated Regression Coefficients for %EE 2D (cm) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	85,8880
Te (C°)	0,171011
ti (min)	-7,89754
Te (C°)*ti (min)	0,124909

El coeficiente de regresión fue alto (61.98%), lo que indicó que el modelo describe bien los resultados. Esto se correspondió con los resultados del análisis de la varianza observados.

Gráfico 15. Superficie de Respuesta de la temperatura y tiempo para la Estabilidad de Emulsión a 2 Días (%EE 2D) en el Experimento 1.

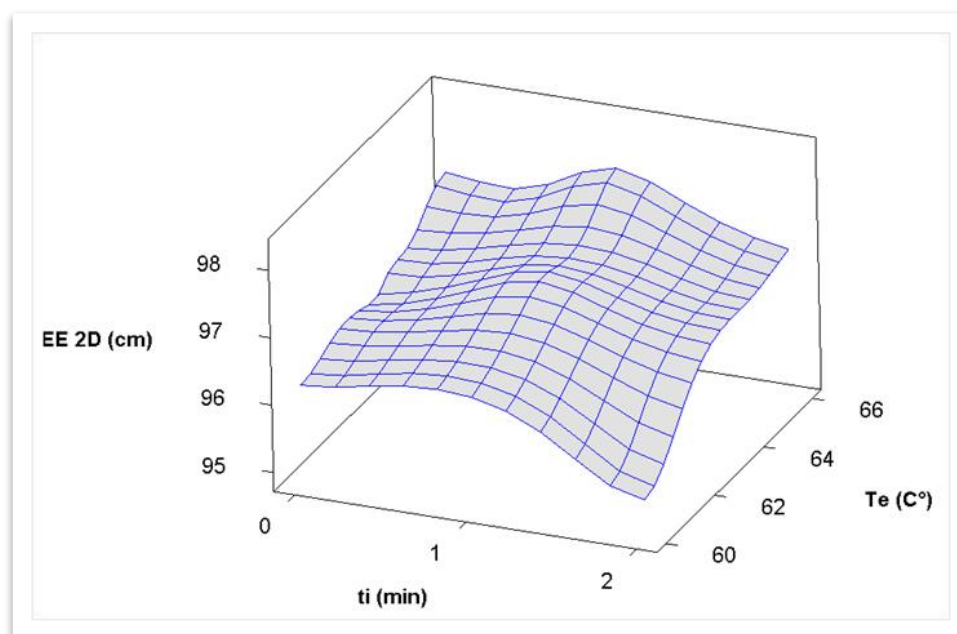


Tabla 17. Coeficiente de Regresión y análisis de la varianza estimado para la estabilidad de emulsión a 3 días (%EE 3D).

Estimated Regression Coefficients for %EE 3D (cm)

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	96,1173	0,1878	511,804	0,000
Te (C°)	0,9388	0,2571	3,652	0,003***
ti (min)	0,0023	0,2185	0,011	0,992
Te (C°)*ti (min)	0,4710	0,2966	1,588	0,138

R-Sq = 54,65

Analysis of Variance for %EE 3D (cm)

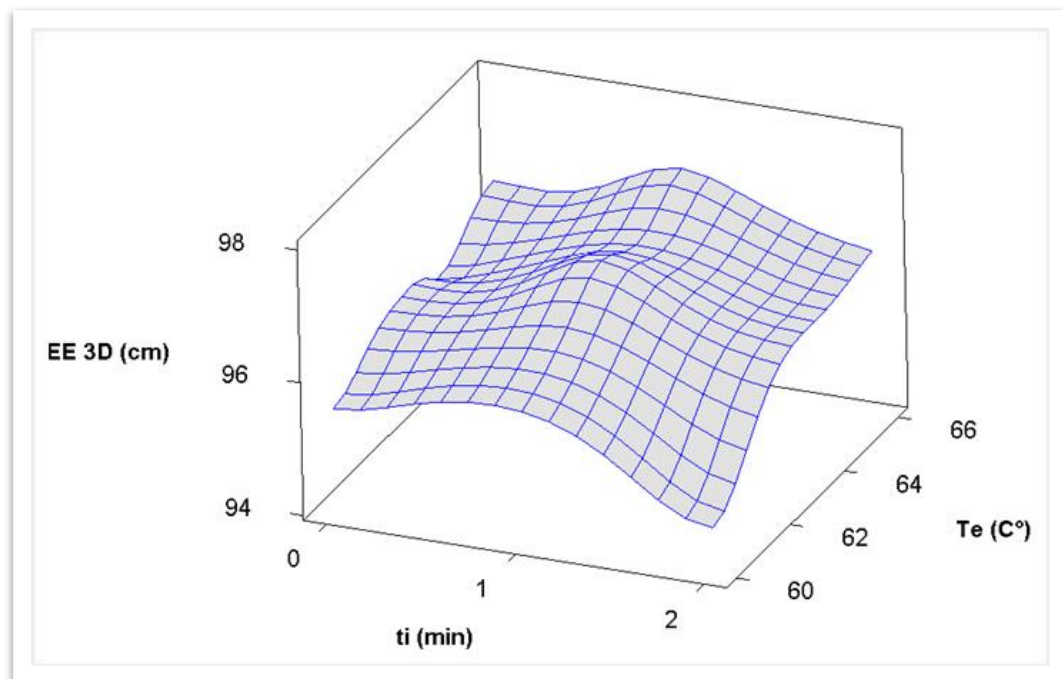
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	7,0876	7,08755	2,36252	4,82	0,020**
Linear	2	5,8516	6,85740	3,42870	7,00	0,010**
Te (C°)	1	5,8059	6,53516	6,53516	13,33	0,003***
ti (min)	1	0,0456	0,00005	0,00005	0,00	0,992
Interaction	1	1,2360	1,23600	1,23600	2,52	0,138
Te (C°)*ti (min)	1	1,2360	1,23600	1,23600	2,52	0,138
Residual Error	12	5,8809	5,88095	0,49008		
Lack-of-Fit	4	2,2270	2,22703	0,55676	1,22	0,375

Pure Error	8	3,6539	3,65391	0,45674
Total	15	12,9685		

Estimated Regression Coefficients for %EE 3D (cm) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	86,2922
Te (C°)	0,155916
ti (min)	-9,88943
Te (C°)*ti (min)	0,157012

Gráfico 16. Superficie de Respuesta de la temperatura y tiempo para la Estabilidad de Emulsión a 3 Días (%EE 3D) en el Experimento 1.



La temperatura en los 3 casos, correspondió al factor principal significativo, sin embargo, las superficies de respuesta, no mostraron una clara concentración de la interacción, por lo tanto, es difícil suponer que en esas propiedades hay una combinación de tiempos y temperaturas, determinante de los resultados.

En las restantes variables los efectos de los factores fueron no significativos y por lo tanto no se incluyeron.

5.2.2. Resultados de Proteína Nativa vs. Microparticulada

A continuación, se compararon la media de los resultados obtenidos del conjunto de los experimento 1 y 2 de proteína microparticulada, frente a los de la proteína nativa. La proteína microparticulada a través del proceso de disociación y agregación causada por la microparticulación a los tratamientos térmicos efectuados y una homogeneización de 300 bar por 2 pases, disminuyó efectivamente su tamaño de partícula hasta alrededor de un 32%, tal como se observa en el Gráfico 14, proporcionándole modificaciones a nivel de sus propiedades funcionales, de forma favorable en las propiedades emulsificantes, tal como se observa en el Gráfico 15 y 16 y de forma desfavorable relativamente, tal como se observa en el Gráfico 17, 18 y 19.

Gráfico 17. Tamaño de partícula obtenido en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.

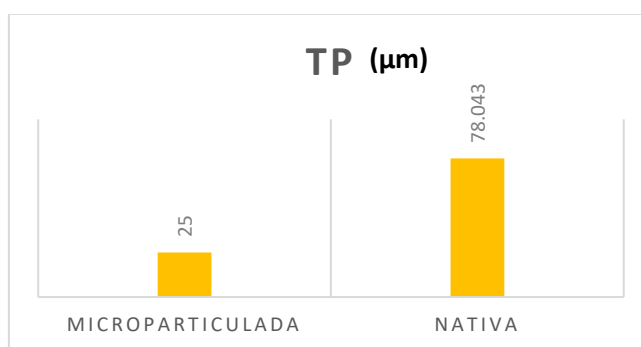


Gráfico 18. Estabilidad de emulsión al los 2 días obtenida en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.

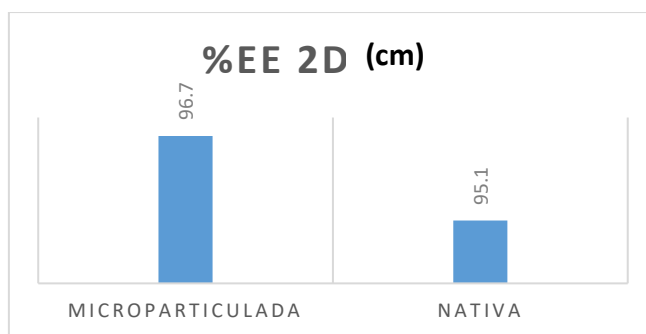


Gráfico 19. Estabilidad de emulsión a 3 días obtenida en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.

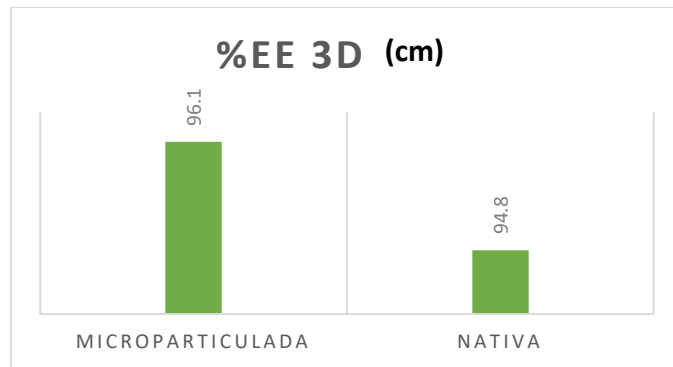


Gráfico 20. Capacidad espumante obtenida en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.

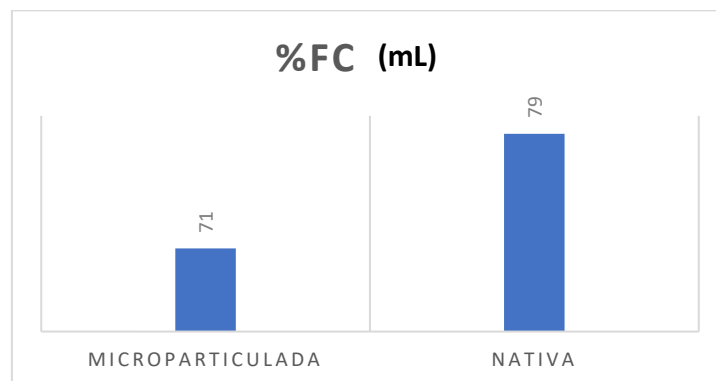


Gráfico 21. Estabilidad espumante a 30 minutos, obtenida en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.

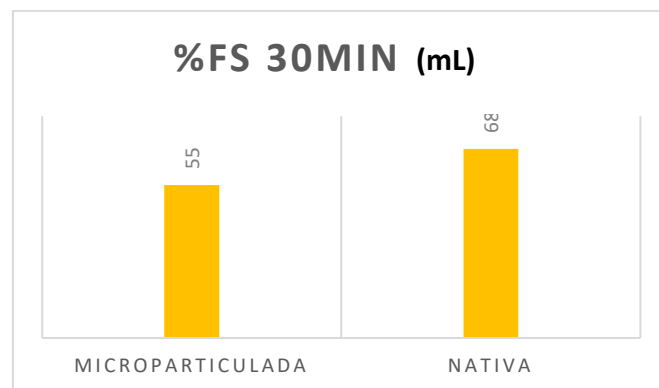
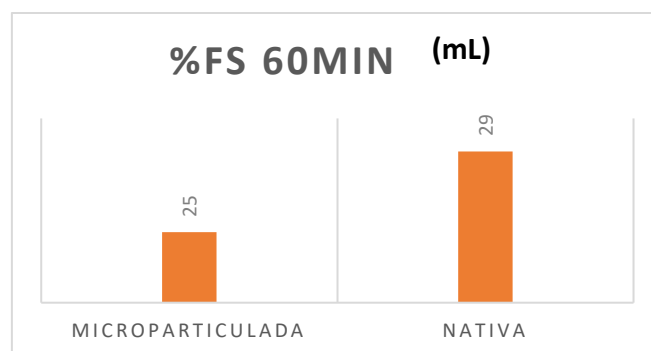


Gráfico 22. Estabilidad espumante a 60 minutos, obtenida en la media de los experimentos con la proteína microparticulada y la nativa.



6. CONCLUSIONES

El estudiar la proteína plasmática y a la vez, la técnica de microparticulación para su modificación, resultó ser una propuesta altamente interesante, ya que su potencial como ingrediente para la mejora de productos cárnicos, lo respalda no sólo el presente estudio, en el que se comprobó tan sólo una parte de su funcionalidad, si no también muchos más estudios e iniciativas empresariales, que se encontraron en la revisión bibliográfica. Es por ello, que se recomienda darle continuidad a este estudio, en el que se puedan evaluar más tratamientos y factores, que puedan ser clave, para mejorar las propiedades de alto valor del plasma.

Los protocolos de microparticulación puestos en práctica, fueron efectivos, prácticos y especialmente fiables, para obtener resultados determinantes del funcionamiento de la microparticulación y así como los de caracterización, se caracterizaron por su buena reproducibilidad a nivel de laboratorio, como de pequeña industria, por lo que pueden seguir aprovechándose y ser muy útiles en la continuidad del estudio de la proteína de plasma u otros similares.

El 10% de proteína plasmática, comparado a los porcentajes menores probados tal como 3 y 5 %, presentó mayor evidencia en los cambios físicos que la proteína plasmática adquiere al someterla al tratamiento térmico y homogeneización.

Los factores de presión de homogeneización, temperatura y tiempo, sobre la proteína plasmática rehidratada, de forma independiente así como en tratamientos combinados, modifican las características reológicas del

gel, las cuales por defecto, son determinantes de las propiedades funcionales relacionadas al tamaño de partícula.

Las propiedades funcionales obtenidas de la proteína nativa y microparticulada, presentaron diferencias que son necesarias de evaluar, mediante la aplicación de las mismas proteínas, sobre matrices alimentarias, en las que realmente, se puedan percibir cambios a nivel funcional.

Es altamente necesario, ampliar los tratamientos, los factores y niveles de estudio, para llegar a obtener cambios determinantes en las propiedades funcionales, que generen evidencia suficiente para comparar de manera específica, el potencial de la proteína microparticulada frente a la nativa.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Raymundo, V., & Vélez-Ruiz, J. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25-34. Recuperado el 20 de enero, 2024 de [\(PDF\) Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo \(Cicer arietinum L.\) \(researchgate.net\)](#)
- Alfa Laval, (2018). Premium Blood Proteins. Recuperado el 20 de diciembre, 2023 de [premium-blood-proteins.pdf \(alfalaval.com\)](#)
- Almendrales, D., & Bustos, I., (2013). Evaluación del efecto tecnológico de la incorporación de plasma bovino como emulsificante/estabilizante en un helado de crema. Recuperado el 12 de noviembre de 2024 https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/234
- Álvarez, C. (2012). Transformaciones de proteínas de sangre. Propiedades funcionales de materias primas y productos. Recuperado el 11 de diciembre, 2023 de [Transformaciones de proteínas de sangre. Propiedades funcionales de materias primas y productos | Documentos - Universidade de Vigo \(uvigo.gal\)](#)
- Barragan, P. (2013). Estudio del plasma sanguíneo bovino para fermentación sumergida y sistemas alimentarios. Universidad de Caldas. Propuesta de Tesis Doctoral. Recuperado el 15 de enero, 2023 de [pedro-barragc3a1n.pdf \(wordpress.com\)](#)
- Campo Galego, (2016). Patentan en Lugo un dispositivo para revalorizar la sangre de los mataderos. Recuperado el 02 de mayo de 2024 de <https://www.campogalego.es/patentan-en-lugo-un-dispositivo-para-revalorizar-la-sangre-de-los-mataderos/>
- Coto, A. (2014). Microparticulación de proteínas a partir de concentrados proteicos: WPC-60. Recuperado el 20 de diciembre, 2023 de [Microparticulación de proteínas a partir de concentrados proteicos: WPC-60 \(uniovi.es\)](#)
- Del Hoyo, M. (2012). *Valorización de sangre de mataderos mediante el desarrollo de nuevos materiales y productos*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo.

Recuperado el 20 de enero, 2024 de [Valoración de sangre de mataderos mediante el desarrollo de nuevos materiales y productos \(uniovi.es\)](#)

Díaz, R. (2021). El Negocio de la Carne: 910 millones de animales sacrificados en España en 2020. Recuperado el 20 de abril, 2024 de [https://verdeyazul.diarioinformacion.com/el-negocio-de-la-carne-910-millones-de-animales-sacrificados-en-espana-en-2020.html](#)

Donnelly, E., Delaney, R. & Hurley, N. (1978). Studies on slaughter animal blood plasma: I. Composition of bovine and porcine plasma. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 31-38. Recuperado el 21 de diciembre, 2023 de [Studies on Slaughter Animal Blood Plasma: I. Composition of Bovine and Porcine Plasma on JSTOR](#)

Duarte, R. T., Carvalho Simões, M. C., & Sgarbieri, V. C. (1999). Bovine blood components: fractionation, composition, and nutritive value. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1), 231-236. Recuperado el 15 de enero, 2024 de [No Job Name \(acs.org\)](#)

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (s.f.). Hemoglobina. Recuperado el 15 de enero, 2024 de [https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/hemoglobina](#)

Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos, Segunda edición, España, Editorial Acribia, página 153.

Furlán, L., Rinaldoni, A., Padilla, A., & Campderrós, M (s.f.). Análisis comparativo de propiedades funcionales de concentrados proteicos obtenidos por ultrafiltración. Recuperado el 8 de diciembre, 2023 de [https://fcai.uncuyo.edu.ar/upload/03atc-furlan-unsl.pdf](#)

Gatnau, R., Mateos, G., & Lázaro, R. (1995). Utilización de proteínas plasmáticas de origen porcino en dietas para lechones. XI Curso de Especialización FEDNA, 11, 170-187. Recuperado el 10 de diciembre, 2023 de [https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Mateos/publication/28180454_Utilizacion_de_proteinas_plasmaticas_de_orige](#)

[n porcino en dietas para lechones/links/02e7e52b4a7cc14af0000000/Utiliza
cion-de-proteinas-plasmaticas-de-origen-porcino-en-dietas-para-lechones.pdf](https://www.researchgate.net/publication/353111111/links/02e7e52b4a7cc14af0000000/Utilizacion-de-proteinas-plasmaticas-de-origen-porcino-en-dietas-para-lechones.pdf)

Gutiérrez de la Fuente, Á. L. (2015). Caracterización de distintas proteínas de uso alimentario. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Valladolid. España. Recuperado el 20 de abril, 2024 de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14905/TFM-L257.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, A., & Mendoza, S. (2009). Aprovechamiento del plasma sanguíneo líquido de bovino, como sustituto parcial de clara de huevo y huevo completo en la elaboración de ponqué y galleta. Recuperado el 20 de diciembre, 2023 de [Aprovechamiento del plasma sanguíneo líquido de bovino, como sustituto parcial de clara de huevo y huevo completo en la elaboración de ponqué y galleta \(lasalle.edu.co\)](http://lasalle.edu.co)

Ibáñez, A. (2013). *Síntesis y caracterización de geles plasmáticos con aplicaciones en biomedicina dermatológica* (Disertación doctoral, Trabajo de Fin de Máster en Biotecnología Alimentaria, Universidad de Oviedo, España). Recuperado el 15 de enero, 2024, de [TFM Aida Ibanez Antuna.pdf \(uniovi.es\)](#)

Interempresas (2021). *Gestión de la sangre de animales de matadero para obtener plasmas y sueros*. Recuperado el 22 de abril, 2024 de <https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/350916-Gestion-de-la-sangre-de-animales-del-matadero-para-obtener-plasmas-y-sueros.html>

Isaza, J., Londoño, L., Restrepo, D., Cortes, M., & Suárez, H. (2010). Producción y propiedades funcionales de plasma bovino hidratado en embutido tipo salchichón. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), 199-206. Recuperado el 15 de enero, 2024 de [Redalyc.Producción y propiedades funcionales de plasma bovino hidratado en embutido tipo salchichón](#)

ISO,2020. Particle size analysis – Laser diffraction methods. Committee ISO. (ISO Standard No. 13320:2020)

- Julio, L., Montero, P., & Acevedo, D. (2015). Calidad y aceptabilidad de chorizos formulados con plasma sanguíneo bovino y pasta de ajonjolí. *Información tecnológica*, 26(3), 25-32. Recuperado el 2 de abril, 2024 de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642015000300005&script=sci_arttext
- León, M. (2021). Efecto del plasma sanguíneo congelado como estabilizador de la emulsión en embutidos. Recuperado el 20 de marzo, 2024 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15535/1/27T00488.pdf>
- Meza, C. (2023). Efecto de la suplementación de plasma porcino sobre el desempeño productivo en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde desafiados con *Salmonella Typhimurium*. Recuperado el 30 de abril, 2024 de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/b3734f33-7704-49ea-98c6-3076c2cc1d92/content>
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación MAPA, 2022. Boletín Mensual de Estadística. Recuperado el 30 de abril, 2024 de https://www.mapa.gob.es/va/estadistica/temas/publicaciones/bme-2022-03-marzo_tcm39-616077.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (s.f.). Pork Blood. Recuperado el 15 de enero, 2024 de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/sangre_tcm30-102928.pdf
- Minitab Statistical Software. 2024. <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/>
- OECD/FAO (2021), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>
- Pagano, T., & Fernández, E. (2010). Lípidos: aspectos tecnológicos y abordaje nutricional en la salud y en la enfermedad. *Centro de Posgrado Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de la Republica*. Recuperado el 20 de diciembre, 2023 de [Colibri: Lípidos : aspectos tecnológicos y abordaje nutricional en la salud y en la enfermedad \(udelar.edu.uy\)](http://Colibri.Lípidos : aspectos tecnológicos y abordaje nutricional en la salud y en la enfermedad (udelar.edu.uy))

- Palazolo, G. (2006). *Formación y estabilidad de emulsiones O/W preparadas con proteínas nativas y desnaturalizadas de soja*. (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado el 22 de febrero, 2024 de: [Formación y estabilidad de emulsiones o/w preparadas con proteínas nativas y desnaturalizadas de soja \(unlp.edu.ar\)](https://unlp.edu.ar)
- Pedroche, J., Yust, M. M., Lqari, H., Girón-Calle, J., Alaiz, M., Vioque, J., & Millán, F. (2004). Brassica carinata protein isolates: chemical composition, protein characterization and improvement of functional properties by protein hydrolysis. *Food chemistry*, 88(3), 337-346. Recuperado el 29 de abril de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814604001189?via%3Dihub>
- Pérez, A. (s.f.). Microparticulación de proteínas de suero: obtención de MWP y aplicación en productos lácteos. Aula de Productos Lácteos y Tecnologías Alimentarias. Universidad Santiago de Compostela. Recuperado el 20 de febrero de [MICROPARTICULACIÓN DE PROTEINAS DE SUERO: OBTENCIÓN DE MWP APLICACIÓN EN PRODUCTOS LÁCTEOS - PDF Descargar libre \(docplayer.es\)](https://www.docplayer.es/10000000-MICROPARTICULACION-DE-PROTEINAS-DE-SUERO-OBTENCION-DE-MWP-APLICACION-EN-PRODUCTOS-LACTEOS-PDF-Descargar-libre-docplayer.es)
- Ramos-Clamont, G. y Vázquez, L. (2013). Proteínas de la Sangre Animal: Obtención Industrial, Valor Nutritivo y Funcionalidad. En, J. Ramírez, R. Uresti, M. Aldana y M. Flavia. *Avances de Ciencia y Tecnología Alimentaria en México*. (1° ed., pp. 321-352). Plaza y Valdés. Recuperado el 30 de abril, 2014 de https://www.researchgate.net/profile/Rocio-Uresti/publication/270050418_AVANCES_EN_CIENCIA_Y_TECNOLOGIA_ALIMENTARIA_EN_MEXICO/links/5d166345458515c11c00874b/AVANCES-EN-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA-ALIMENTARIA-EN-MEXICO.pdf#page=289
- Ramos-Clamont, G., Fernández, S., Cueto, M., y Vázquez, L. (2013). Obtención, Valoración y Utilización de Albúmina Porcina en Productos de Panadería. En, J. Ramírez, R. Uresti, M. Aldana y M. Flavia. *Avances de Ciencia y Tecnología Alimentaria en México*. (1° ed., pp. 321-352). Plaza y Valdés. Recuperado el 30 de abril, 2024 de https://www.researchgate.net/profile/Rocio-Uresti/publication/270050418_AVANCES_EN_CIENCIA_Y_TECNOLOGIA_ALIMENTARIA_EN_MEXICO/links/5d166345458515c11c00874b/AVANCES-EN-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA-ALIMENTARIA-EN-MEXICO.pdf#page=289

[NTARIA EN MEXICO/links/5d166345458515c11c00874b/AVANCES-EN-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA-ALIMENTARIA-EN-MEXICO.pdf#page=289](https://www.repositorio.cepal.org/publicaciones/5d166345458515c11c00874b/AVANCES-EN-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA-ALIMENTARIA-EN-MEXICO.pdf#page=289)

Revista Ganadería. (2019). Plasma Porcino: ¿Por qué es un ingrediente seguro? Recuperado el 14 de abril, 2024 de [https://archivo.revistaganaderia.com/plasma-porcino/porcino/plasma-porcino-por-que-es-un-ingrediente-seguro_11399_161_14245_0_1_in.html#lightbox\[11399\]/1/](https://archivo.revistaganaderia.com/plasma-porcino/porcino/plasma-porcino-por-que-es-un-ingrediente-seguro_11399_161_14245_0_1_in.html#lightbox[11399]/1/)

Reglamento (CE) 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L139/55, de 30 de abril de 2004. <https://www.boe.es/doue/2004/139/L00055-00205.pdf>

Reyes Granda, D. A. (2022). *Determinación de la capacidad emulsionante de proteína extraída de la arveja (Pisum sativum L.) para su aprovechamiento y valorización en la industria alimentaria*. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Recuperado el 20 de abril, 2024 de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23674>

Rodríguez, L., Pérez, A., & Campderrós, M. (2011). Plasma bovino tecnológicamente mejorado para aplicaciones alimenticias. *La Alimentación Latinoamericana*, 93, 44-48. Recuperado el 10 de diciembre, 2023 de [Plasmabovino.pdf \(publitec.com.ar\)](https://publitec.com.ar/Plasmabovino.pdf)

Sánchez, L. (2014). Microparticulación de proteínas a partir de concentrados proteicos: WPC 35. Recuperado el 20 de diciembre, 2023 de [Microparticulación de proteínas a partir de concentrados proteicos: WPC 35 \(uniovi.es\)](https://www.uniovi.es/microparticulacion-de-proteinas-a-partir-de-concentrados-proteicos-wpc-35)

Solá-Oriol, D. (2019). Ficha Técnica: Plasma Animal. Recuperado el 22 de diciembre, 2023 de [Plasma animal - Artículos - 3tres3, la página del Cerdo](https://www.3tres3.es/plasma-animal-articulos)

Universidad Autónoma de Madrid (s.f.). Unidad de Análisis Elemental. Equipo de Medida de Distribución de Tamaños de Partículas Mastersizer-2000, Malvern. Recuperado el 28 de febrero, 2014 de [Equipo de medida de Distribución de Tamaños de Partícula MASTERSIZER-2000, Malvern \(uam.es\)](https://www.uam.es/equipo-de-medida-de-distribucion-de-tamanos-de-particula-mastersizer-2000-malvern)

Veall, F. (1993). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo* (Vol. 97). Food & Agriculture Org. Recuperado el 19 de abril, 2024 de <https://www.fao.org/4/T0566s/T0566S00.htm#TOC>

Yu, J., Ahmedna, M., & Goktepe, I. (2007). Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food chemistry*, 103(1), 121-129. Recuperado el 31 de enero, 2014 de <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=18578474>

8. ANEXOS

8.1. Figuras

Figura 1. Procesador de alimentos Mambo Kitchen Robot utilizado para las pruebas de microparticulación y caracterización.



Figura 2. Termómetro utilizado para el monitoreo de temperatura durante el calentamiento y tratamiento térmico.



Figura 3. Difractómetro analizador de tamaño de partícula Malvern Mastersizer 2000 (Universidad Autónoma de Madrid, s.f.).



Figura 4. Extracto de primer informe de análisis de tamaño de partícula realizado por el Aula de Productos Lácteos APLTA de la Universidad de Santiago de Compostela.



3 RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestran los tamaños obtenidos de las muestras analizadas:

Muestra	D(4,3)	d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)
1-T1. 60°C/0min. F.E: 13/05	25,996	7,334	21,655	50,974
2-T2. 60°C/2min. F.E: 14/05	29,742	8,110	24,575	58,874
3-T3. 64°C/0min. F.E: 14/05	26,726	7,442	22,028	52,775
4-T4. 64°C/2min. F.E: 14/05	25,404	6,970	20,917	50,580
5-T0. 66°C/0min. F.E: 14/05	25,528	6,923	20,844	51,139
6-RT1. 60°C/0min. F.E: 15/05	29,253	8,279	24,400	57,292
7-RT3. 64°C/0min. F.E: 15/05	27,706	7,524	22,465	55,190
8-RT4. 64°C/2min. F.E: 15/05	26,396	7,070	21,380	52,840
9-RT2. 60°C/2min. F.E: 15/05	27,332	7,712	22,559	53,811
10-T.5. 60°C/5min. F.E: 15/05	27,013	7,607	22,366	53,240
11-T.6. 66°C/1min. F.E: 15/05	27,478	7,341	22,333	55,090
12-Muestra Referencia	78,063	23,299	68,812	145,748
13-T7-63°C/1min/300bar F.E. 21/05	25,458	6,735	20,594	51,347
14-T8-63°C/0min/300bar F.E.21/05	26,863	6,272	19,136	50,165

Tabla 1.-Tamaño de partícula en μm .



Página 4 de 4

Figura 5. Extracto de segundo informe de análisis de tamaño de partícula realizado por el Aula de Productos Lácteos APLTA de la Universidad de Santiago de Compostela.

3 RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestran los tamaños obtenidos de las muestras analizadas:

Muestra	D(4,3)	d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)
RT0 66°C/0min/300bar	19,815	5,983	15,755	38,581
RT6 66°C/1min/300bar	18,472	5,478	15,136	36,069
RT8 63°C/0min/300bar	19,350	6,007	15,515	37,785
RT7 63°C/1min/300bar	18,448	5,760	14,977	35,828

Tabla 1.-Tamaño de partícula en μm .

8.2. Fichas técnicas

Ficha técnica 1. Muestra de proteína plasmática porcina utilizada (página 1 de 5).



Ficha Técnica

AProPork™

Descripción	AProPork™ es plasma porcino secado por atomización.	
Ingredientes	Plasma porcino / Proteína de cerdo.	
Área de aplicación	AProPork™ es una proteína de alta funcionalidad con elevada capacidad de retención de agua y unas propiedades emulsificantes excelentes. Forma geles termo-elásticos de alta fuerza. Se recomienda su uso en productos cárnicos procesados frescos o cocidos, reformados, inyectados o emulsionados. Es ideal para productos esterilizados.	
Origen materia prima	UE - cerdo	
Fabricado en	España	
Apariencia	Apariencia Tamaño partícula Color Sabor Olor	Polvo fluido ≤ 1,5 mm Beige crema Característico Característico
Análisis garantizado	Proteína (*) Humedad Cenizas a _w	≥ 70,00 % ≤ 9,00 % ≤ 17,00 % < 0,35
(*) AOAC Método Oficial 990.03 Método de Combustión (Leco)		
Microbiología	TPC Enterobacteriaceae Clostridium sulfito reductores Salmonella	≤ 500.000 ufc/g ≤ 100 ufc/g ≤ 100 ufc/g Negativo en 25 g
Envase	Descripción Regulación SKU (código producto) Peso unitario	Saco con doble capa exterior de papel y bolsa interior de PE azul. El envase es APTO para el contacto directo con alimentos de acuerdo con los reglamentos UE: Reglamento (CE) No 1935/2004, Reglamento (CE) No 2023/2006, Reglamento (UE) No 10/2011. 49430 20 kg

RESPONSABILIDAD: Esta información se ofrece para su consideración en la intervención de que se trata y, sin embargo, no se hace ninguna garantía expresa o implícita, y no se debe violar la libertad respecto a la responsabilidad de partes, marcas registradas u otras limitaciones. Los datos expresados como análisis típicos son solamente valores promedios y no deben ser considerados como garantías expresas o implícitas, ni como condiciones de venta. Todos los datos instrumentales se basan en resultados típicos de muestras de referencia y son solo promedios, y dicha información no debe considerarse como garantía o condición de venta. Además, reconocemos que el cliente de especies puede estar legítimamente prohibido o ser fuertemente aconsejado, renunciando a la responsabilidad con respecto a dietas o quejas basadas en la contaminación entre especies en el producto final de consumo, así como en cuestiones de etiquetado, incluido, entre otros, el uso indebido de las producciones por parte del usuario. Además, es responsabilidad del usuario realizar pruebas para garantizar que los productos funcionarán en el proceso real y que el uso de los productos es correcto y de acuerdo con la legislación vigente.

Actualizado: 23/06/2023 - Rev. 20 | Sustituye: 29/07/2022 - Rev. 19 | Doc: SC_03_H_EC_003

Essentia Protein Solutions
APC Europe S.L.U.
Pol. Ind. Congost | Av. San Julián, 246-258
08403 Granollers | Spain
Tel. +34.93.8615287
contact.es@essentiaproteins.com
www.essentiaproteins.com

Ficha técnica 1. Muestra de proteína plasmática porcina utilizada (página 2 de 5).

Ficha Técnica

AProPork™



	Condiciones almacenaje	Almacenar el producto en un lugar fresco y seco (temperatura inferior a 25 °C y humedad relativa por debajo del 65 %). Se recomienda la rotación de stock.
	Vida útil	18 meses
	Peso pallet	900 kg (45 sacos)

Declaraciones		Legislación El producto ha sido fabricado de acuerdo con los Reglamentos de la UE aplicables en vigor. Consumo El producto es apto para el consumo humano según el Reglamento (CE) No 852/2004 y el Reglamento (CE) No 853/2004. OMG El producto está libre de Organismos Modificados Genéticamente (OMG) de acuerdo con la Directiva 2001/18/EC, entonces no está bajo el Reglamento (CE) No 1829/2003 y el Reglamento (CE) No 1830/2003 sobre Organismos Modificados Genéticamente. Radiación El producto no ha sido tratado con radiaciones ionizantes. Gluten El producto no contiene cereales que contengan gluten, a saber: trigo (como espelta y trigo Khorasan), centeno, cebada, avena o sus variedades híbridas, y productos derivados. En la instalación no se manipula ni almacena ningún producto que contenga gluten. Contaminantes El producto cumple con los Reglamentos Europeos vigentes que establecen los límites máximos de residuos de sustancias indeseables tales como, Reglamento (EU) 2023/915 para determinados contaminantes en los alimentos, Reglamento (CE) No 396/2005 sobre límites máximos de residuos de plaguicidas, así como el Reglamento (UE) No 37/2010 sobre sustancias farmacológicamente activas en alimentos de origen animal.
----------------------	--	--

RESPONSABILIDAD: Esta información se ofrece para su consideración en la conciencia de que es exacta y fiable; sin embargo, no se hace ninguna garantía expresa o implícita, y no se debe inferir la libertad respecto a la responsabilidad de gobiernos, marcas registradas u otras limitaciones. Los datos expresados como análisis típicos son solamente valores promediados y no deben ser considerados como garantía expresa o implícita, ni como condiciones de venta. Todos los datos enmendados se basan en resultados típicos de muestras de referencia y son solo promedios, y dicha información no debe considerarse como garantía o condición de venta. Además, reconocemos que el uso de estóndares puede estar legalmente prohibido o ser técnicamente incorrecto. Renunciamos a la responsabilidad con respecto a dispositivos o tiempos basados en la conformidad entre especificaciones en el producto final de consumo, así como en cuestiones de etiquetado. Incluido, entre otros, el uso indebido de los productos por parte del usuario. Además, la responsabilidad del usuario realizar pruebas para garantizar que los productos funcionarán en el proceso real y que el uso de los productos es correcto y de acuerdo con la legislación vigente.

Actualizado: 23/06/2023 - Rev. 20 | Sustituye: 26/07/2022 - Rev. 19 | Doc: SC_02_H_EC_060

Essentia Protein Solutions
APC Europe S.L.U.
Pol. Ind. Congost | Av. San Julián, 246-258
08403 Granollers | Spain
Tel. +34 93.8615287
contact.es@essentiaproteins.com
www.essentiaproteins.com

Ficha técnica 1. Muestra de proteína plasmática porcina utilizada (página 3 de 5).

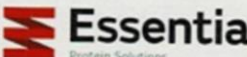
Ficha Técnica

AProPork™

Condiciones almacenaje	Almacenar el producto en un lugar fresco y seco (temperatura inferior a 25 °C y humedad relativa por debajo del 65 %). Se recomienda la rotación de stock.
Vida útil	18 meses
Peso pallet	900 kg (45 sacos)

Declaraciones

Legislación	El producto ha sido fabricado de acuerdo con los Reglamentos de la UE aplicables en vigor.
Consumo	El producto es apto para el consumo humano según el Reglamento (CE) No 852/2004 y el Reglamento (CE) No 853/2004.
OMG	El producto está libre de Organismos Modificados Genéticamente (OMG) de acuerdo con la Directiva 2001/18/EC, entonces no está bajo el Reglamento (CE) No 1829/2003 y el Reglamento (CE) No 1830/2003 sobre Organismos Modificados Genéticamente.
Radiación	El producto no ha sido tratado con radiaciones ionizantes.
Gluten	El producto no contiene cereales que contengan gluten, a saber: trigo (como espelta y trigo Khorasan), centeno, cebada, avena o sus variedades híbridas, y productos derivados. En la instalación no se manipula ni almacena ningún producto que contenga gluten.
Contaminantes	El producto cumple con los Reglamentos Europeos vigentes que establecen los límites máximos de residuos de sustancias indeseables tales como, Reglamento (EU) 2023/915 para determinados contaminantes en los alimentos, Reglamento (CE) No 396/2005 sobre límites máximos de residuos de plaguicidas, así como el Reglamento (UE) No 37/2010 sobre sustancias farmacológicamente activas en alimentos de origen animal.



RESPONSABILIDAD: Esta información se ofrece para su consideración en la elección de que es exacta y fiable; sin embargo, no se hace ninguna garantía expresa o implícita, y no se debe inferir la libertad respecto a la responsabilidad de patentes, marcas registradas u otras limitaciones. Los datos expresados como análisis tipo son solamente valores, promedios y no deben ser considerados como garantía, expresos o implícitos, ni como condiciones de venta. Todos los datos enumerados se basan en resultados típicos de ensayos de referencia y son solo promedios, y dicha información no debe considerarse como garantía o condición de venta. Además, reconocemos que el cruce de especies puede estar legalmente prohibido o ser éticamente incorrecto. Nos reservamos la responsabilidad con respecto a disputas o quejas basadas en la contaminación entre especies en el producto final de consumo, así como en cuestiones de etiquetado, incluido, entre otros, el uso indebido de los productos por parte del usuario. Además, es responsabilidad del usuario realizar pruebas para garantizar que los productos funcionarán en el proceso real y que el uso de los productos es correcto y de acuerdo con la legislación vigente.

Actualizado: 23/06/2023 - Rev. 20 | Sustituye: 29/07/2022 - Rev. 19 | Doc: SC_03_H_EC_000

Essentia Protein Solutions
 APC Europe S.L.U.
 Pol. Ind. Congost | Av. San Julián, 246-258
 08403 Granollers | Spain
 Tel. +34 93 8615287
contact.es@essentiaproteins.com
www.essentiaproteins.com

Ficha técnica 1. Muestra de proteína plasmática porcina utilizada (página 4 de 5).



Ficha Técnica

AProPork™

Declaración nutricional (por 100 g de producto)	Energía	1.334 / 318	(kJ / kcal)
	Grasas de las cuales	2,33	(g)
	Saturadas	1,50	(g)
	Monoinsaturadas	0,75	(g)
	Polinsaturadas	0,08	(g)
	Carbohidratos de los cuales	2,00	(g)
	Azúcares	< 1,00	(g)
	Fibra	0,00	(g)
	Proteína	74,90	(g)
	Sal	11,90	(g)
Minerales (por 100 g de producto)	Calcio	108	(mg)
	Fósforo	1.530	(mg)
	Sodio	4.750	(mg)
	Potasio	651	(mg)
	Magnesio	24	(mg)
	Cloruro	2.550	(mg)
	Hierro	4	(mg)
Metales pesados	Arsénico (As)	< 2,00	(ppm)
	Cadmio (Cd)	< 0,05	(ppm)
	Plomo (Pb)	< 0,10	(ppm)
	Mercurio (Hg)	< 0,10	(ppm)
Alérgenos	No	Sí	
Cereales que contienen gluten, en concreto: trigo (como espelta y trigo Khorasan), centeno, cebada, avena o sus cepas híbridadas, y productos derivados	X		
Crustáceos y productos derivados	X		
Huevos y productos derivados	X		
Pescado y productos derivados	X		
Cacahuete y productos derivados	X		
Soja y productos derivados	X		
Leche y productos derivados (incl. lactosa)	X		
Frutos secos y productos derivados	X		
Apio y productos derivados	X		
Mostaza y productos derivados	X		
Semillas de sésamo y productos derivados	X		
Dióxido de azufre y sulfitos a > 10 mg/kg o > 10 mg/l, declarado como SO ₂	X		
Altramuces y productos derivados	X		
Moluscos y productos derivados	X		

RESPONSABILIDAD: Esta información se ofrece para su consideración en la decisión de que es exacta y fiable; sin embargo, no se hace ninguna garantía expresa o implícita, y no se debe inferir la libertad respecto a la responsabilidad de terceros, marcas registradas u otras limitaciones. Los datos expresados como análisis típico son solamente valores promedios y no deben ser considerados como garantías expresas o implícitas, ni como condiciones de venta. Todos los datos suministrados se basan en resultados típicos de muestras de referencia y son solo promedios, y dicha información no debe considerarse como garantía o condición de venta. Además, reconocemos que el cruce de especies puede estar legalmente prohibido o ser éticamente inapropiado. Reservamos a la responsabilidad con respecto a dietas o quejas basadas en la contaminación entre especies en el producto final de consumo, así como en cuestiones de etiquetado, incluido, entre otros, el uso indebido de los productos por parte del usuario. Además, la responsabilidad del usuario recae en probar para garantizar que los productos funcionarán en el proceso final y que el uso de los productos es correcto y de acuerdo con la legislación vigente.

Actualizado: 23/05/2023 - Rev. 20 | Sustituye: 25/07/2022 - Rev. 19 | Doc: SC_03_M_02_008

Essentia Protein Solutions
APC Europe S.L.U.
Pol. Ind. Congost | Av. San Julián, 246-258
08403 Granollers | Spain
Tél. +34.93.8615287
contact.es@essentia.proteins.com
www.essentia.proteins.com

Ficha técnica 1. Muestra de proteína plasmática porcina utilizada (página 5 de 5).



Ficha Técnica

AProPork™

	No	Sí
Lista Alba		
Proteína láctea	X	
Lactosa	X	
Huevos y derivados	X	
Proteína de soja	X	
Aceite de soja	X	
Gluten	X	
Trigo	X	
Centeno	X	
Vacuno	X	
Cerdo		X
Pollo	X	
Pescado	X	
Crustáceos	X	
Maíz	X	
Cacao	X	
Levadura	X	
Leguminosas con o sin vaina	X	
Frutos secos	X	
Aceite de frutos secos	X	
Cacahuete	X	
Aceite de cacahuete	X	
Sésamo	X	
Aceite de sésamo	X	
Glutamato	X	
Sulfitos (E220 - E227)	X	
Benzoatos y para-benzoatos (E210 - E219)	X	
Colorantes AZO	X	
Tartrazina (E102)	X	
Canela	X	
Vainilla	X	
<i>Umbelliferae</i> (plantas umbelíferas)	X	
Apio	X	
Rape	X	
Altramuces	X	
Mostaza/semillas de mostaza	X	
Cilantro	X	
Otros	X	

	No	Sí
Apto para		
Certificado Kosher	X	
Vegano	X	
Certificado Halal	X	
Orgánico	X	

RESPONSABILIDAD: Esta información se ofrece para su consideración en la elección de que es exacta y fiable; sin embargo, no se hace ninguna garantía expresa o implícita, y no se debe inferir la libertad respecto a la responsabilidad de patentes, marcas registradas u otras limitaciones. Los datos expresados como análisis típicos son solamente valores promedios y no deben ser considerados como garantías, expresos o implícitos, ni como condiciones de venta. Todos los datos expresados se basan en resultados típicos de muestras de referencia y son solo promedios, y dicha información no debe considerarse como garantía o condición de venta. Además, reconocemos que el cruce de especies puede estar legalmente prohibido o ser éticamente incorrecto. Renunciamos a la responsabilidad con respecto a disputas o quejas basadas en la contaminación entre especies en el producto final de consumo, así como en cuestiones de etiquetado. Incluido, entre otros, el uso indebido de los productos por parte del usuario. Además, es responsabilidad del usuario realizar pruebas para garantizar que los productos funcionarán en el proceso real y que el uso de los productos es correcto y de acuerdo con la legislación vigente.

Actualizado: 23/06/2023 - Rev. 20 | Sustituye: 26/07/2022 - Rev. 19 | Doc: SC_03_M_EC_008

Essentia Protein Solutions
 APC Europe S.L.U.
 Pol. Ind. Congost | Av. San Julián, 246-258
 08403 Granollers | Spain
 Tel. +34 93 8615287
 contact.es@essentiaproteins.com
 www.essentiaproteins.com



HOMOLAB2.20 (1.800 bar) | HOMOLAB2.50 (600 bar)



Homolab2.20

- 20 l/h (50 Hz), 24 l/h (60 Hz)
- Doble etapa
- 1ª etapa hasta **1.800 bar** (150 Mpa)
- 2ª etapa hasta **150 bar** (15 Mpa)
- Bomba de 2 pistones

Homolab2.50

- 50 l/h (50 Hz), 58 l/h (60 Hz)
- Doble etapa
- 1ª etapa hasta **600 bar** (60 Mpa)
- 2ª etapa hasta **150 bar** (15 Mpa)
- Bomba de 2 pistones



Cabeza de compresión y válvula de homogeneización

- Cabeza de compresión fabricada con un bloque de acero inoxidable de alta calidad.
- Bolas de cerámica para las válvulas de aspiración e impulsión.
- Asientos de válvulas intercambiables fabricados en carburo de tungsteno alimentario.
- Válvula de seguridad de muelle pre-ajustado.
- Manómetro digital.
- Depósito presurizado de alimentación, indicada para trabajar con productos de hasta 2.000 cPs de viscosidad.
- Válvulas de homogeneización fabricadas en carburo de tungsteno alimentario.
- Segunda etapa preparada para trabajar hasta 150 bar (15MPa).

Cuerpo de la bomba, transmisión y estructura

- Cuerpo de la bomba fabricado en acero inoxidable de alta calidad y resistencia.
- Cigüeñal de una sola pieza, nitrurado y comprobado por ultrasonidos.
- Transmisión con reducción mecánica de primera marca.
- Motor eléctrico de primera marca.
- Lubricación por baño y salpicadura.
- Estructura totalmente de acero inoxidable y paneles desmontables con acabado satinado.
- Panel de control con selector de mando.
- Cuadro eléctrico conforme a normativa IEC interno con arranque directo.

FBF ITALIA S.r.l.
Via Are, 2 - 43038 Sala Baganza (Parma) - Italy
info@fbfitalia.it

www.fbfitalia.it

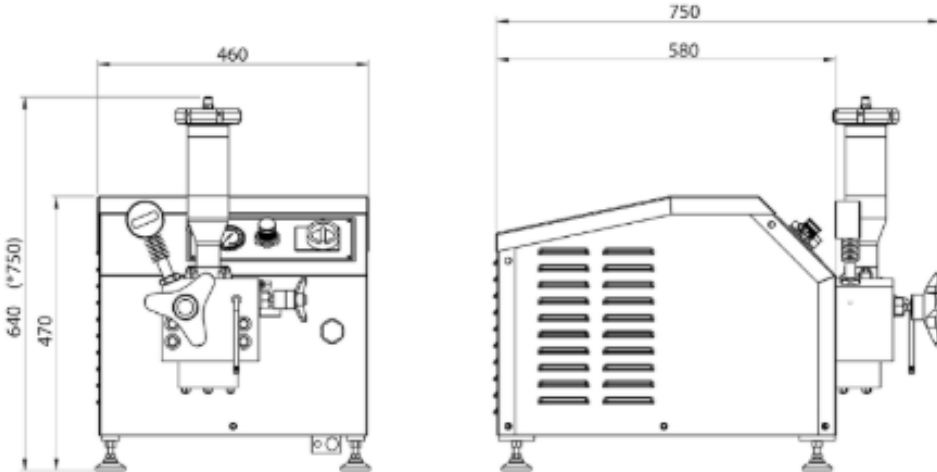
 Versión en español



Ficha Técnica 2. Homogeneizador utilizado (Página 2 de 2).







(* Depósito de 1,6 l)

Los homogeneizadores **Homolab2.20** y **Homolab2.50** son máquinas de laboratorio de fácil instalación, no precisa de servicios auxiliares para refrigeración de los pistones, y simple manejo, regulación de la presión mediante volantes manuales. La decisión de dotar de dos pistones a este equipo es para nosotros fundamental para resultados válidos su traslado a equipos industriales más grandes.

La máquina se sirve completa con dos etapas de homogeneización y depósito presurizable (con capacidad de 0,8 ó 1,6 litros). El único elemento opcional es el depósito con camisa de calentamiento. (Con agua suministrada por el cliente).

Características y prestaciones		
Modelo	Homolab2.20 (1.800 bar)	Homolab2.50 (600 bar)
Caudal (50/60 Hz)	20/24 l/h	50/58 l/h
Presión máxima (1ª y 2ª etapa)	1.800/150 bar	600/150 bar
Dimensiones máximas	≤ 0,2 mm	≤ 0,5 mm
Volumen depósito	0,8/1,6 l	0,8/1,6 l
Motor eléctrico	1,5 kW, 6P., 3F.	1,5 kW, 6P., 3F.
Peso neto	110 kg	115 kg

Diagrama de FBF Italia

Versión en español



8.3. Tablas

Tabla 1. Resultados del estado de la textura de preparaciones de plasma al 3, 5 y 10%, por los distintos calentamientos en microondas.

% Proteína	Tiempo calentamiento (s)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Estado al enfriar	Estado al día siguiente
3%	90	25,3	86 (llegó a ebullición).	Líquida.	Líquida.
	67	23,5	95.1 (llegó a ebullición).	Líquida.	Líquida.
5%	35	28,2	55,5	Líquida y mayor viscosidad	Líquida y mayor viscosidad
	45	27,4	48,0* (*): Demora en medición.	Líquida y mayor viscosidad.	Líquida y mayor viscosidad.
	60	27,5	75,5	Líquida, mayor viscosidad y parte de gel en superficie.	Líquida, mayor viscosidad y parte de gel en superficie.
	60	27,2	79,8	Líquida, mayor viscosidad y parte de gel en superficie.	Gel estable en todo el volumen. Fluye.
	75	26,5	87,0	Líquida, mucho mayor viscosidad y parte de gel en superficie.	Gel en todo el volumen más sólido y estable que no fluye.
10%	20	30,1	47,5	Líquida, viscosa.	Líquida, viscosa.
	35	30,0	55,8	Gelificó un poco en superficie, gel fluido.	Gelificó parcialmente. Gel fluido.
	45	31,1	65,2	Mitad líquido viscoso y mitad gel.	Gel suave estable.
	105	31,2	91,0	Coaguló totalmente.	Gel muy fuerte estable.

Tabla 2. Resultados de los cambios en la textura obtenida del calentamiento en el procesador de alimentos de las preparaciones al 5 y 10% proteína.

Preparado	Temperatura (°C)	Estado de textura
5%	65	L
	70	LV
	75	LV
	80	LG
	81,7	G
	82,3	G
	82	G
10%	44,3	L
	50,3	L
	58,4	L
	60,9	LV
	65,4	LG
	70,2	G
	72,6	G

L, Líquido LV, Líquido viscoso o gel líquido LG, Líquido con formación parcial de gel G, gel

Tabla 3. Resultados de la textura obtenida previa y posterior a la homogeneización posterior al de preparados al 5 y 10% proteína.

% Proteína	Temperatura (°C)	Homogeneización	
		Textura previa	Textura Posterior
5%	75	L	L
	80	G	L
	83	G	L
	86	G	L
10%	63	LG	L
	66	G	LG
	68	G	G
	72	G	G
	75,5	G	G

L, Líquido LG, Líquido parcialmente gel G, Gel

Tabla 4. Conjunto de datos utilizados para el análisis estadístico a través de Minitab.

Exp	Obs	R	Te	Te (C°)	ti	ti (min)	Ale	Orden	%EE 2D (mm)	%EE 3D(mm)	%FC (mL)	%FS 30min (mL)	%FS 60min (mL)	TP (µm)
1	1	1	-1	60	-1	0	0.877892	1	96.3	95.6	78	81	0	26.00
	2	1	-1	60	1	2	0.193144	2	95.7	95.0	83	82	11	29.74
	3	1	1	64	-1	0	0.451361	3	96.2	95.4	63	68	10	26.73
	4	1	1	64	1	2	0.331243	4	96.8	96.4	68	52	17	25.40
	5	2	-1	60	-1	0	0.716439	2	96.2	95.5	78	76	52	29.25
	6	2	-1	60	1	2	0.947656	1	94.9	94.2	75	63	22	27.33
	7	2	1	64	-1	0	0.245977	4	97.1	96.4	63	88	48	27.71
	8	2	1	64	1	2	0.161223	3	96.6	95.9	73	88	67	26.40
2	1	1	-1	63	-1	0	0.511453	4	97.2	97.0	73	31	7	26.86
	2	1	-1	63	1	1	0.136299	3	97.1	97.0	79	87	68	25.46
	3	1	1	66	-1	0	0.372611	1	97.2	96.9	70	71	34	25.53
	4	1	1	66	1	1	0.20871	2	97.1	96.4	70	82	64	27.48
	5	2	-1	63	-1	0	0.834701	1	95.6	95.4	71	0	0	19.35
	6	2	-1	63	1	1	0.742286	3	97.2	97.0	58	7	0	18.45
	7	2	1	66	-1	0	0.719806	2	97.2	96.2	69	2	0	19.82
	8	2	1	66	1	1	0.717068	4	98.3	97.9	66	6	2	18.47

Nota: Exp: Número de experimento. Obs: Número de observación. R: Número de repetición. Te: Número de identificación de temperaturas. Te (C°): Temperatura en °C. ti: Número de identificación de tiempos. ti(min): tiempo en minutos. Orden: Orden asignado a los tratamientos. %EE 2D(mm): Porcentaje de Estabilidad de Emulsión media a 2 días en mm. %EE 3D(mm): Porcentaje de Estabilidad de Emulsión media a 3 días en mm. %FC (mL): Porcentaje de capacidad espumante en mL. %FC 30 min (mL): Porcentaje de capacidad espumante en mL a 30 min. %FC 60 min (mL): Porcentaje de capacidad espumante a 60 min. TP (µm): Tamaño de partícula- Diámetro medio de la distribución en volumen en µm.

Tabla 5. Resultados de los análisis de propiedades espumantes.

Resultados Propiedades Espumantes: Capacidad Espumante (FC) y Estabilidad Espumante (FS).								
Código	Experimento	Tratamiento	Volumen inicial a 0 min (mL)	Volumen a 30 min (mL)	Volumen a 60 min (mL)	Capacidad Espumante (%FC)	Estabilidad Espumante a 30min (% FS)	Estabilidad Espumante a 60min (% FS)
T1	Grupo 1	60°C/0min/300bar	710	650	400	78	81	0
T2		60°C/2min/300bar	730	670	435	83	82	11
T3		64°C/0min/300bar	650	570	425	63	68	10
T4		64°C/2min/300bar	670	540	445	68	52	17
RT1	Repetición Grupo 1	60°C/0min/300bar	710	635	560	78	76	52
RT2		60°C/2min/300bar	700	590	465	75	63	22
RT3		64°C/0min/300bar	650	620	520	63	88	48
RT4		64°C/2min/300bar	690	655	595	73	88	67
T8	Grupo 2	63°C/0min/300bar	690	490	420	73	31	7
T7		63°C/1min/300bar	715	675	615	79	87	68
T0		66°C/0min/300bar	680	600	495	70	71	34
T6		66°C/1min/300bar	680	630	580	70	82	64
RT8	Repetición Grupo 2	63°C/0min/300bar	685	400	400	71	0	0
RT7		63°C/1min/300bar	630	415	400	58	7	0
RT0		66°C/0min/300bar	675	405	400	69	2	0
RT6		66°C/1min/300bar	665	415	405	66	6	2
MB	-	(Rehidratación)	715	615	490	79	68	29

MB, Muestra blanco, representada por la proteína nativa.

Tabla 6. Resultados de los análisis de propiedades emulsificantes.

Resultados Propiedades Emulsificantes: Capacidad de Emulsión (CE) y Estabilidad de Emulsión (EE).								
Código	Experimento	Tratamiento	Altura Fase Separada Media a 2 Días (mm)	Altura de la Emulsión Remanente a 2 Días (mm)	Estabilidad Emulsión Remanente a 2 Días (%EE)	Altura Fase Separada Media a 3 Días (mm)	Altura de la Emulsión Remanente a 3 Días (mm)	Estabilidad Emulsión Remanente a 3 Días (%EE)
T1	Grupo 1	60°C/0min/300bar	2.7	69.3	96.3	3.2	68.8	95.6
T2		60°C/2min/300bar	3.1	68.9	95.7	3.6	68.4	95.0
T3		64°C/0min/300bar	2.8	69.3	96.2	3.3	68.7	95.4
T4		64°C/2min/300bar	2.3	69.7	96.8	2.6	69.4	96.4
RT1	Repetición Grupo 1	60°C/0min/300bar	2.8	69.3	96.2	3.3	68.8	95.5
RT2		60°C/2min/300bar	3.7	68.3	94.9	4.2	67.8	94.2
RT3		64°C/0min/300bar	2.1	69.9	97.1	2.6	69.4	96.4
RT4		64°C/2min/300bar	2.4	69.6	96.6	2.9	69.1	95.9
T8	Grupo 2	63°C/0min/300bar	2.0	70.0	97.2	2.2	69.8	97.0
T7		63°C/1min/300bar	2.1	69.9	97.1	2.2	69.8	97.0
T0		66°C/0min/300bar	2.0	70.0	97.2	2.3	69.8	96.9
T6		66°C/1min/300bar	2.1	69.9	97.1	2.6	69.4	96.4
RT8	Repetición Grupo 2	63°C/0min/300bar	3.2	68.8	95.6	3.3	68.7	95.4
RT7		63°C/1min/300bar	2.0	70.0	97.2	2.2	69.8	97.0
RT0		66°C/0min/300bar	2.0	70.0	97.2	2.8	69.3	96.2
RT6		66°C/1min/300bar	1.3	70.8	98.3	1.5	70.5	97.9
MB	-	(Rehidratación)	3.5	68.5	95.1	3.8	68.3	94.8

MB, Muestra blanco, representada por la proteína nativa.

Tabla 7. Resultados de Análisis de Tamaño de Partícula

Resultados de Análisis de Tamaño de Partícula			
Código	Experimento	Tratamiento	Tamaño de Partícula diámetro medio (µm) D[4,3]
T1	Grupo 1	60°C/0min/300bar	25.996
T2		60°C/2min/300bar	29.742
T3		64°C/0min/300bar	26.726
T4		64°C/2min/300bar	25.404
RT1	Repetición Grupo 1	60°C/0min/300bar	29.253
RT2		60°C/2min/300bar	27.332
RT3		64°C/0min/300bar	27.706
RT4		64°C/2min/300bar	26.396
T8	Grupo 2	63°C/0min/300bar	26.863
T7		63°C/1min/300bar	25.458
T0		66°C/0min/300bar	25.528
T6		66°C/1min/300bar	27.478
RT8	Repetición Grupo 2	63°C/0min/300bar	19.350
RT7		63°C/1min/300bar	18.448
RT0		66°C/0min/300bar	19.815
RT6		66°C/1min/300bar	18.472
MB	-	(Rehidratación)	78.043

MB, Muestra blanco, representada por la proteína nativa.

Tabla 12. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Espumante (%FS 30min) en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for %FS 30min (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		74.750	5.704	13.11	0.000
Te	-1.500	-0.750	5.704	-0.13	0.902
ti	-7.000	-3.500	5.704	-0.61	0.573
Te*ti	-1.000	-0.500	5.704	-0.09	0.934

S = 16.1323 PRESS = 4164
R-Sq = 9.12% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %FS 30min (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	102.50	102.50	51.250	0.20	0.829
Te	1	4.50	4.50	4.500	0.02	0.902
ti	1	98.00	98.00	98.000	0.38	0.573
2-Way Interactions	1	2.00	2.00	2.000	0.01	0.934
Te*ti	1	2.00	2.00	2.000	0.01	0.934
Residual Error	4	1041.00	1041.00	260.250		
Pure Error	4	1041.00	1041.00	260.250		
Total	7	1145.50				

Tabla 13. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Espumante (%FS 60min) en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for %FS 60min (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		28.3750	10.28	2.76	0.051
Te	14.2500	7.1250	10.28	0.69	0.527
ti	1.7500	0.8750	10.28	0.09	0.936
Te*ti	11.2500	5.6250	10.28	0.55	0.613

S = 29.0882 PRESS = 13538
R-Sq = 16.43% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %FS 60min (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	412.25	412.25	206.125	0.24	0.795
Te	1	406.13	406.13	406.125	0.48	0.527
ti	1	6.13	6.13	6.125	0.01	0.936
2-Way Interactions	1	253.13	253.13	253.125	0.30	0.613
Te*ti	1	253.13	253.13	253.125	0.30	0.613
Residual Error	4	3384.50	3384.50	846.125		
Pure Error	4	3384.50	3384.50	846.125		
Total	7	4049.88				

Tabla 14. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 1.

Estimated Effects and Coefficients for TP (μm) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		27.3200	0.5352	51.05	0.000
Te	-1.5200	-0.7600	0.5352	-1.42	0.229
ti	-0.2050	-0.1025	0.5352	-0.19	0.857
Te*ti	-1.1150	-0.5575	0.5352	-1.04	0.356

S = 1.51373 PRESS = 36.662
R-Sq = 43.97% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 1.94%

Analysis of Variance for TP (μm) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	4.7048	4.70485	2.35242	1.03	0.437
Te	1	4.6208	4.62080	4.62080	2.02	0.229
ti	1	0.0841	0.08405	0.08405	0.04	0.857
2-Way Interactions	1	2.4864	2.48645	2.48645	1.09	0.356
Te*ti	1	2.4864	2.48645	2.48645	1.09	0.356
Residual Error	4	9.1655	9.16550	2.29137		
Pure Error	4	9.1655	9.16550	2.29137		
Total	7	16.3568				

Tabla 15. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 2.

Estimated Effects and Coefficients for %FC (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		69.500	2.687	25.87	0.000
Te	-1.500	-0.750	2.687	-0.28	0.794
ti	-2.500	-1.250	2.687	-0.47	0.666
Te*ti	1.000	0.500	2.687	0.19	0.861

S = 7.59934 PRESS = 924
R-Sq = 7.60% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %FC (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	17.000	17.000	8.500	0.15	0.868
Te	1	4.500	4.500	4.500	0.08	0.794
ti	1	12.500	12.500	12.500	0.22	0.666
2-Way Interactions	1	2.000	2.000	2.000	0.03	0.861
Te*ti	1	2.000	2.000	2.000	0.03	0.861
Residual Error	4	231.000	231.000	57.750		
Pure Error	4	231.000	231.000	57.750		
Total	7	250.000				

Tabla 16. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Capacidad Espumante a los 30 minutos (%FS 30min) en el Experimento 2.

Estimated Effects and Coefficients for %FS 30min (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		35.750	16.72	2.14	0.099
Te	9.000	4.500	16.72	0.27	0.801
ti	19.500	9.750	16.72	0.58	0.591
Te*ti	-12.000	-6.000	16.72	-0.36	0.738

S = 47.2996 PRESS = 35796
R-Sq = 11.91% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %FS 30min (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	922.5	922.5	461.2	0.21	0.822
Te	1	162.0	162.0	162.0	0.07	0.801
ti	1	760.5	760.5	760.5	0.34	0.591
2-Way Interactions	1	288.0	288.0	288.0	0.13	0.738
Te*ti	1	288.0	288.0	288.0	0.13	0.738
Residual Error	4	8949.0	8949.0	2237.2		
Pure Error	4	8949.0	8949.0	2237.3		
Total	7	10159.5				

Tabla 17. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Capacidad Espumante a los 60 minutos (%FS 60min) en el Experimento 2

Estimated Effects and Coefficients for %FS 60min (mL) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		21.875	12.29	1.78	0.150
Te	6.250	3.125	12.29	0.25	0.812
ti	23.250	11.625	12.29	0.95	0.398
Te*ti	-7.250	-3.625	12.29	-0.29	0.783

S = 34.7725 PRESS = 19346
R-Sq = 20.72% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %FS 60min (mL) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	1159.25	1159.25	579.62	0.48	0.651
Te	1	78.13	78.13	78.13	0.06	0.812
ti	1	1081.12	1081.12	1081.12	0.89	0.398
2-Way Interactions	1	105.12	105.12	105.12	0.09	0.783
Te*ti	1	105.12	105.12	105.12	0.09	0.783
Residual Error	4	4836.50	4836.50	1209.12		
Pure Error	4	4836.50	4836.50	1209.13		
Total	7	6100.87				

Tabla 18. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 2

Estimated Effects and Coefficients for %EE 2D (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		97.1125	0.2503	387.97	0.000
Te	0.6750	0.3375	0.2503	1.35	0.249
ti	0.6250	0.3125	0.2503	1.25	0.280
Te*ti	-0.1250	-0.0625	0.2503	-0.25	0.815

S = 0.707990 PRESS = 8.02
R-Sq = 46.23% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 5.90%

Analysis of Variance for %EE 2D (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	1.69250	1.69250	0.84625	1.69	0.294
Te	1	0.91125	0.91125	0.91125	1.82	0.249
ti	1	0.78125	0.78125	0.78125	1.56	0.280
2-Way Interactions	1	0.03125	0.03125	0.03125	0.06	0.815
Te*ti	1	0.03125	0.03125	0.03125	0.06	0.815
Residual Error	4	2.00500	2.00500	0.50125		
Pure Error	4	2.00500	2.00500	0.50125		
Total	7	3.72875				

Tabla 19. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para la Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D) en el Experimento 2.

Estimated Effects and Coefficients for %EE 3D (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		96.7250	0.2878	336.12	0.000
Te	0.2500	0.1250	0.2878	0.43	0.686
ti	0.7000	0.3500	0.2878	1.22	0.291
Te*ti	-0.1000	-0.0500	0.2878	-0.17	0.871

S = 0.813941 PRESS = 10.6
R-Sq = 29.80% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %EE 3D (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	1.10500	1.10500	0.55250	0.83	0.498
Te	1	0.12500	0.12500	0.12500	0.19	0.686
ti	1	0.98000	0.98000	0.98000	1.48	0.291
2-Way Interactions	1	0.02000	0.02000	0.02000	0.03	0.871
Te*ti	1	0.02000	0.02000	0.02000	0.03	0.871
Residual Error	4	2.65000	2.65000	0.66250		
Pure Error	4	2.65000	2.65000	0.66250		
Total	7	3.77500				

Tabla 20. Resultados de los análisis de la varianza y regresión para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 2.

Estimated Effects and Coefficients for TP (μm) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		22.6775	1.851	12.25	0.000
Te	0.2950	0.1475	1.851	0.08	0.940
ti	-0.4250	-0.2125	1.851	-0.11	0.914
Te*ti	0.7250	0.3625	1.851	0.20	0.854

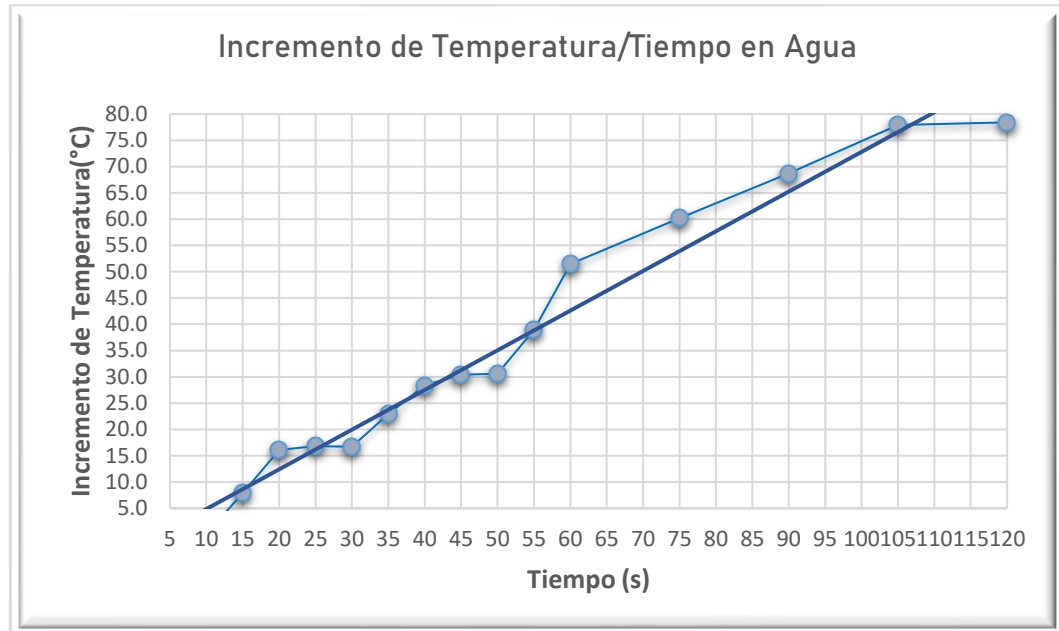
S = 5.23599 PRESS = 438.649
R-Sq = 1.43% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for TP (μm) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0.535	0.535	0.2677	0.01	0.990
Te	1	0.174	0.174	0.1741	0.01	0.940
ti	1	0.361	0.361	0.3613	0.01	0.914
2-Way Interactions	1	1.051	1.051	1.0512	0.04	0.854
Te*ti	1	1.051	1.051	1.0512	0.04	0.854
Residual Error	4	109.662	109.662	27.4155		
Pure Error	4	109.662	109.662	27.4156		
Total	7	111.249				

8.4. Gráficos

Gráfico 1. Relación del incremento de temperatura y el tiempo de calentamiento en microondas del agua, para utilizarlo como referencia para el calentamiento del plasma.



9.

Gráfico 2. Gráfico normal para la Estabilidad Espumante (%FS 30min) en el Experimento

1.

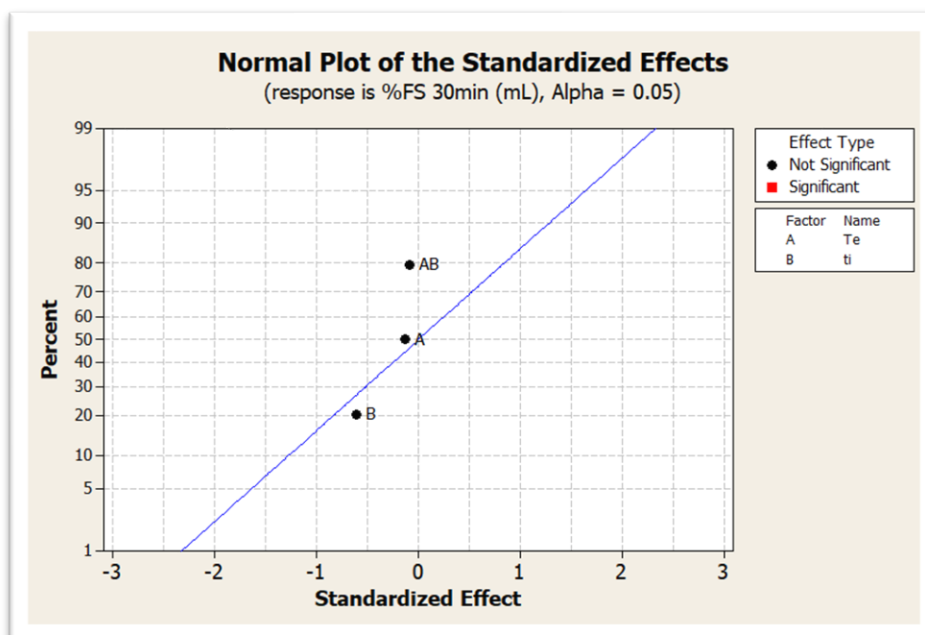


Gráfico 3. Gráfico de Pareto para la Estabilidad Espumante (%FS 30min) en el Experimento 1.

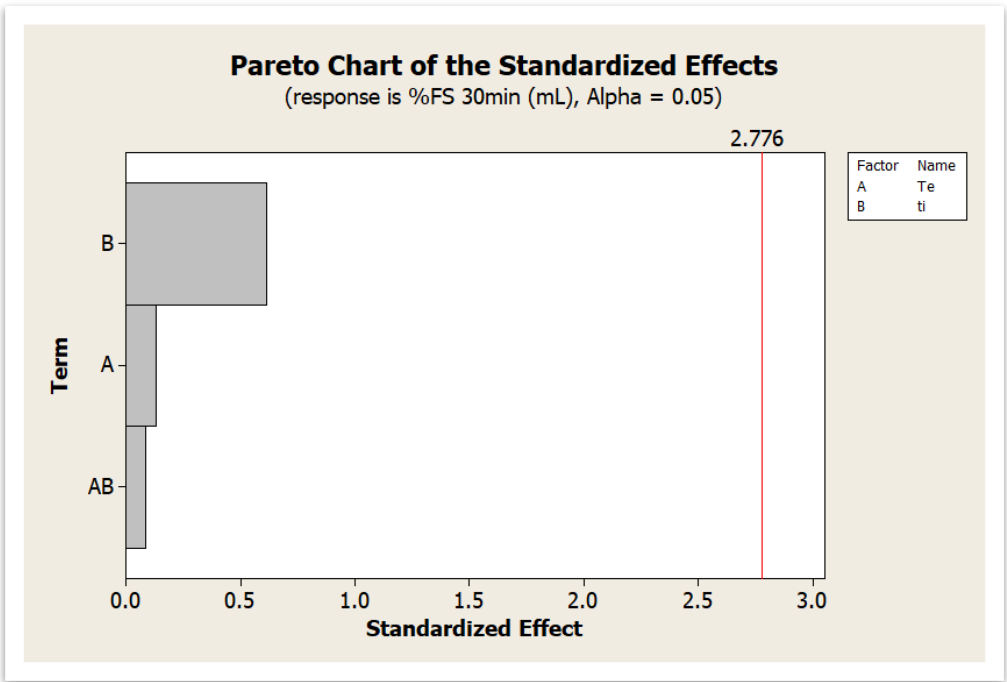


Gráfico 4. Diagrama de Efectos Principales para la Estabilidad Espumante (%FS 30min) en el Experimento 1.

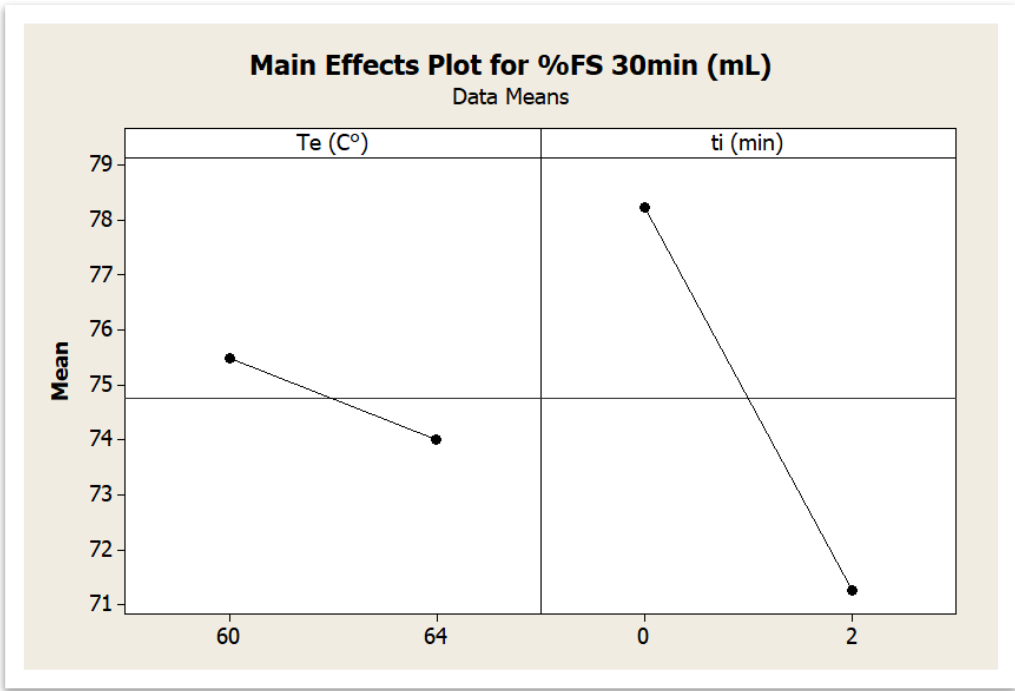


Gráfico 5. Gráfico de Interacciones para la Estabilidad Espumante (%FS 30 min) en el Experimento 1.

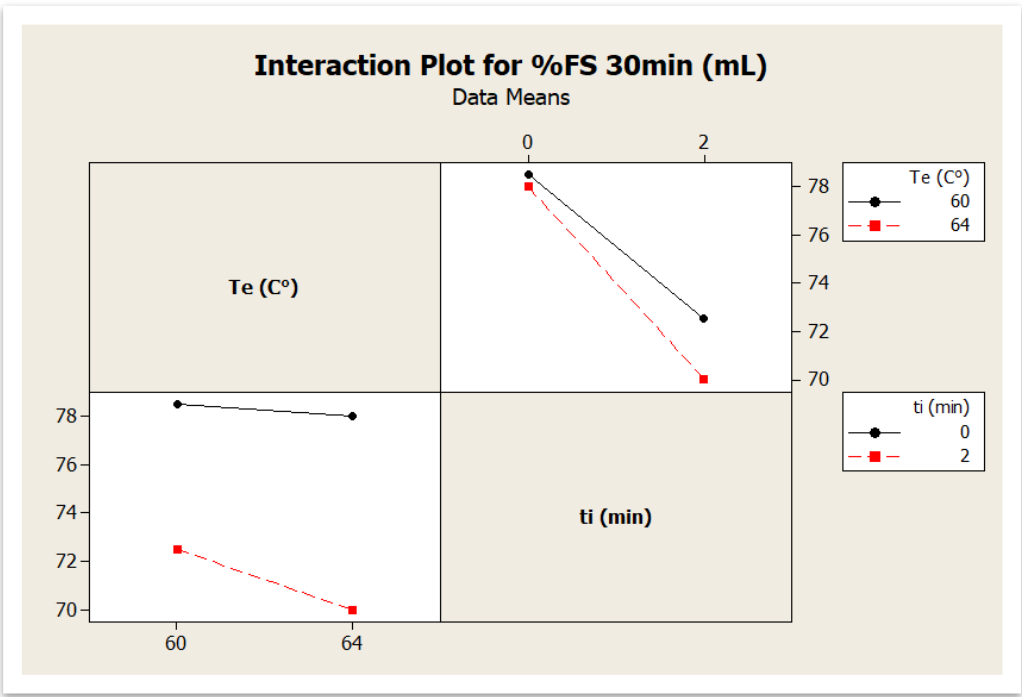


Gráfico 6. Gráfico normal para la Estabilidad Espumante (%FS 60min) en el Experimento 1.

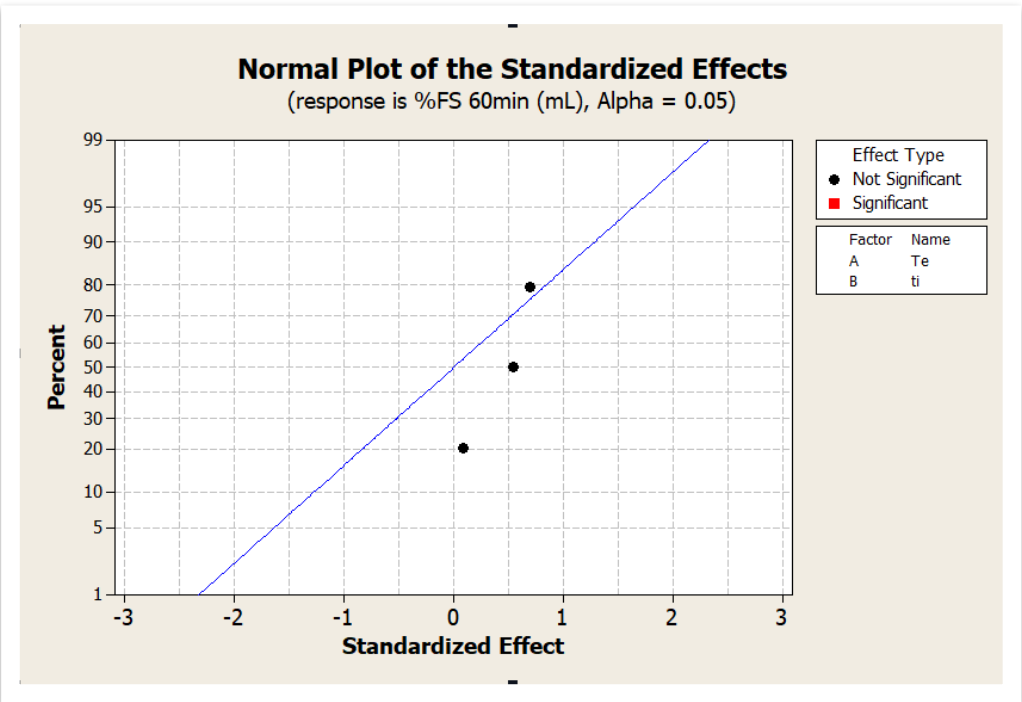


Gráfico 7. Gráfico de Pareto para la Estabilidad Espumante (%FS 60min) en el Experimento 1.

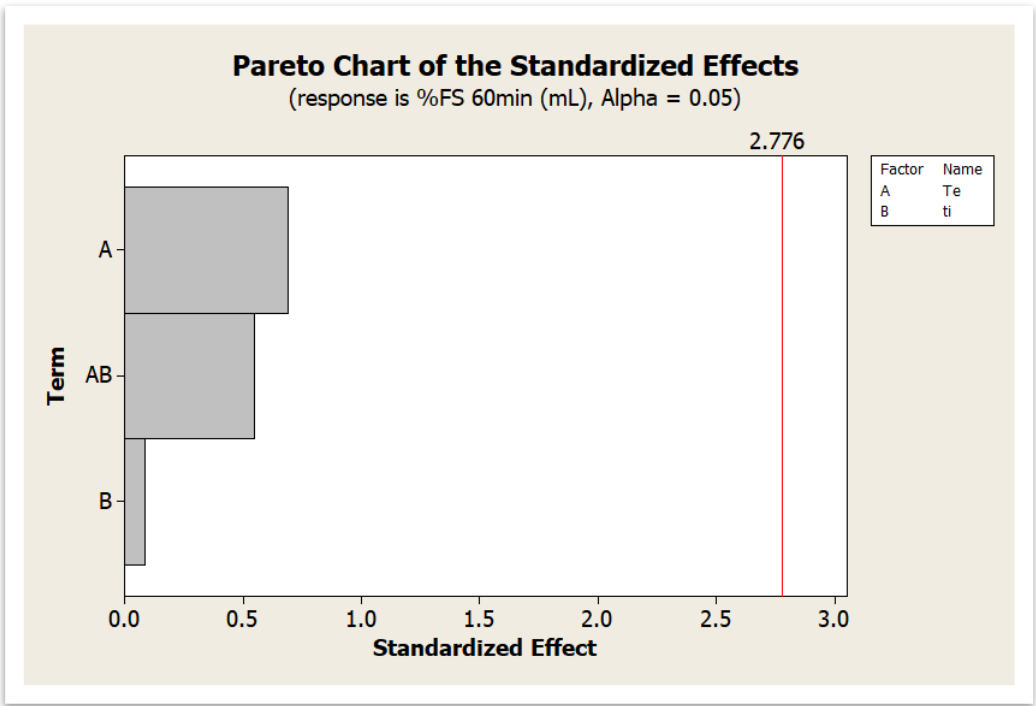


Gráfico 8. Gráfico de Efectos Principales para la Estabilidad Espumante (%FS 60 min) en el Experimento 1.

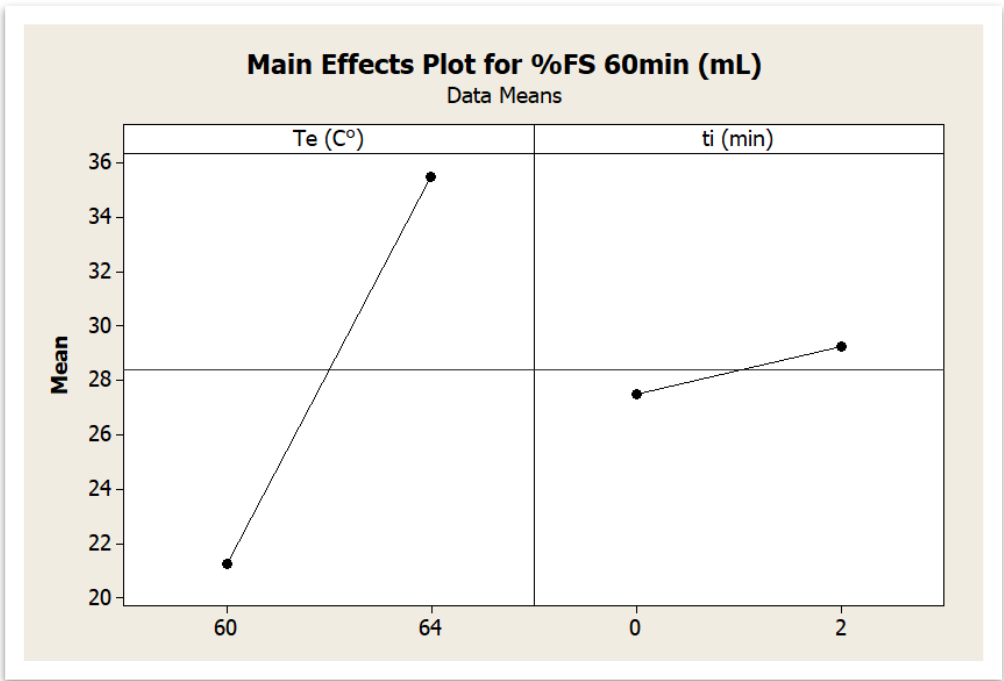


Gráfico 9. Gráfico de Interacciones para la Estabilidad Espumante (%FS 60 min) en el Experimento 1.

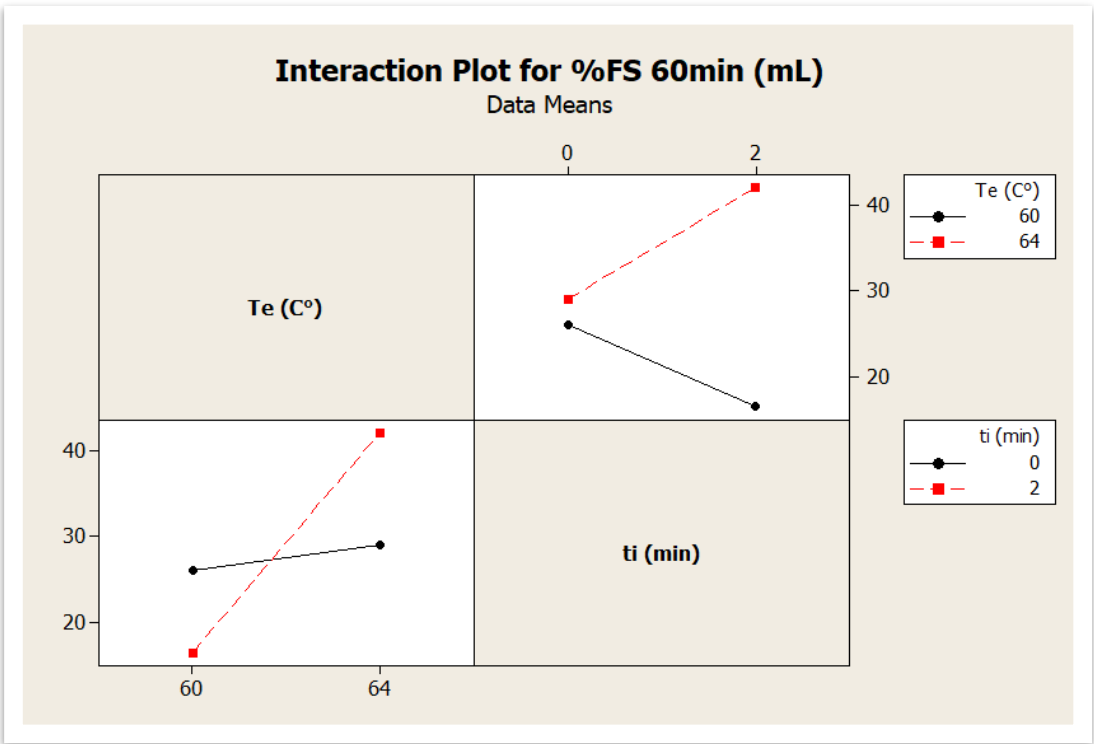


Gráfico 10. Gráfico normal para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 1.

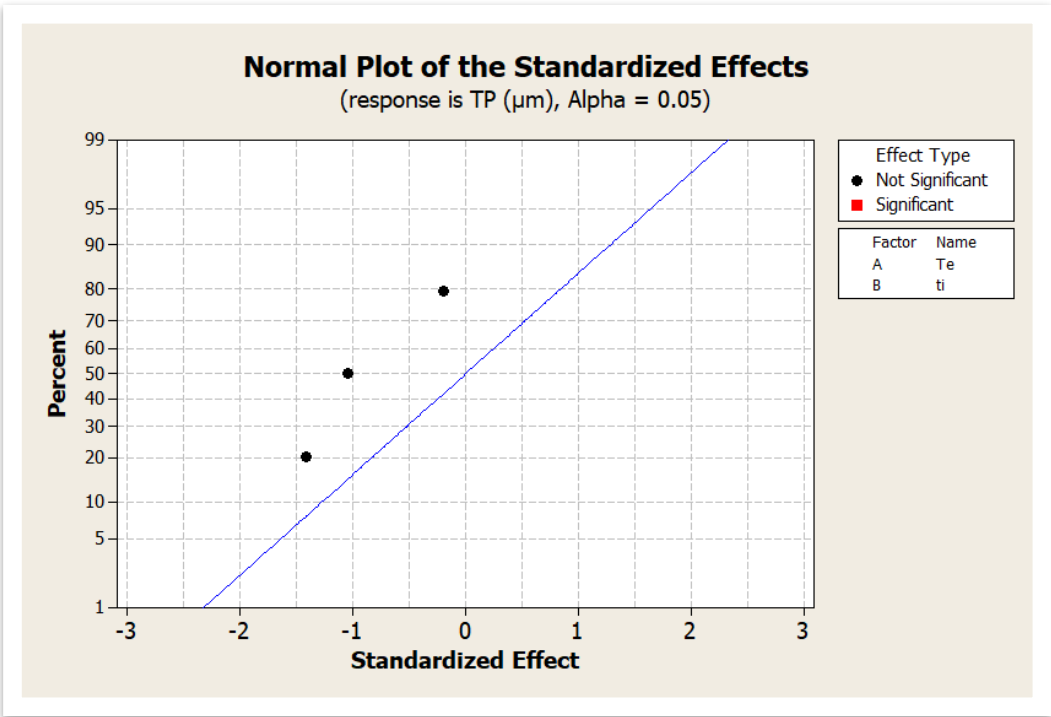


Gráfico 11. Gráfico de Pareto para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 1.

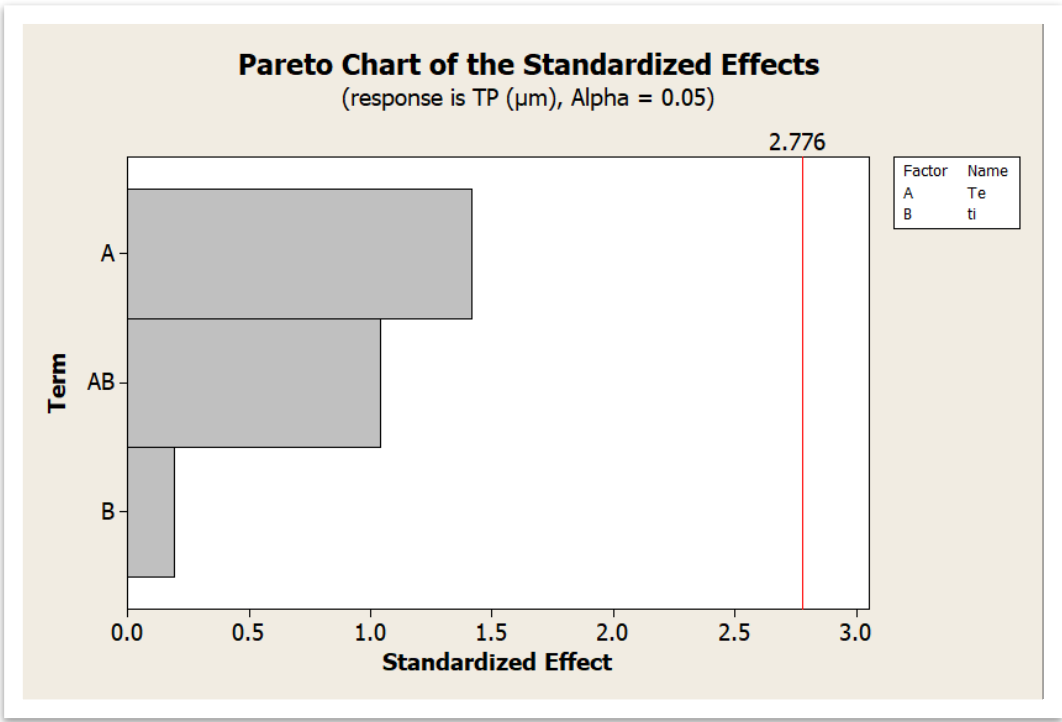


Gráfico 12. Gráfico de Efectos Principales para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 1.

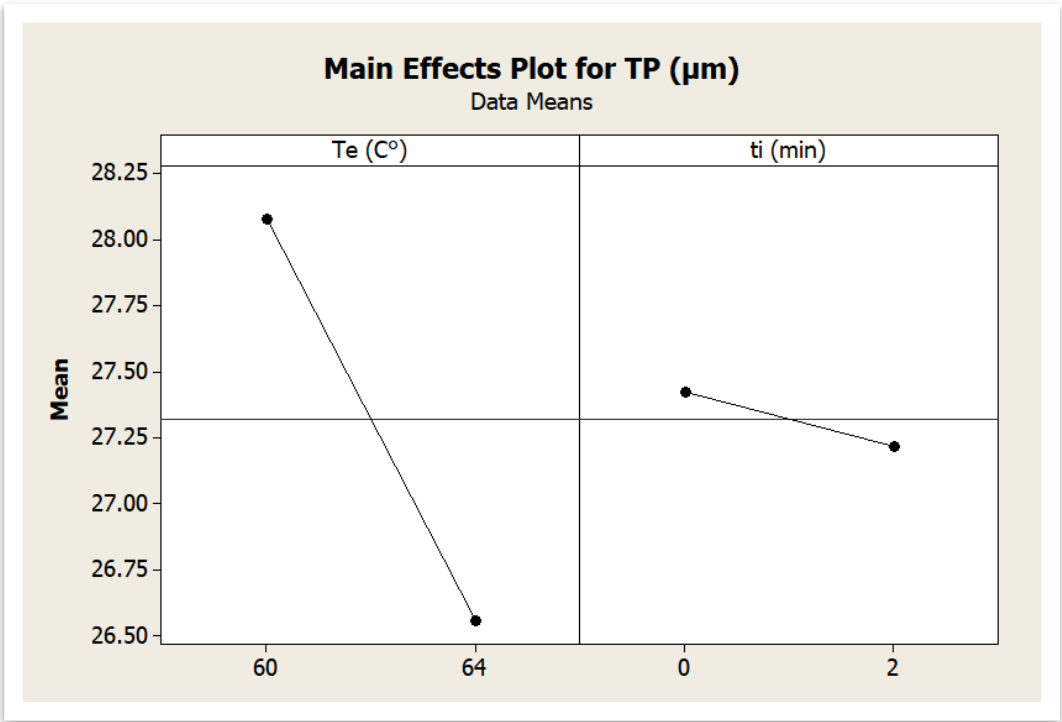


Gráfico 13. Gráfico de Interacciones para el Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 1.

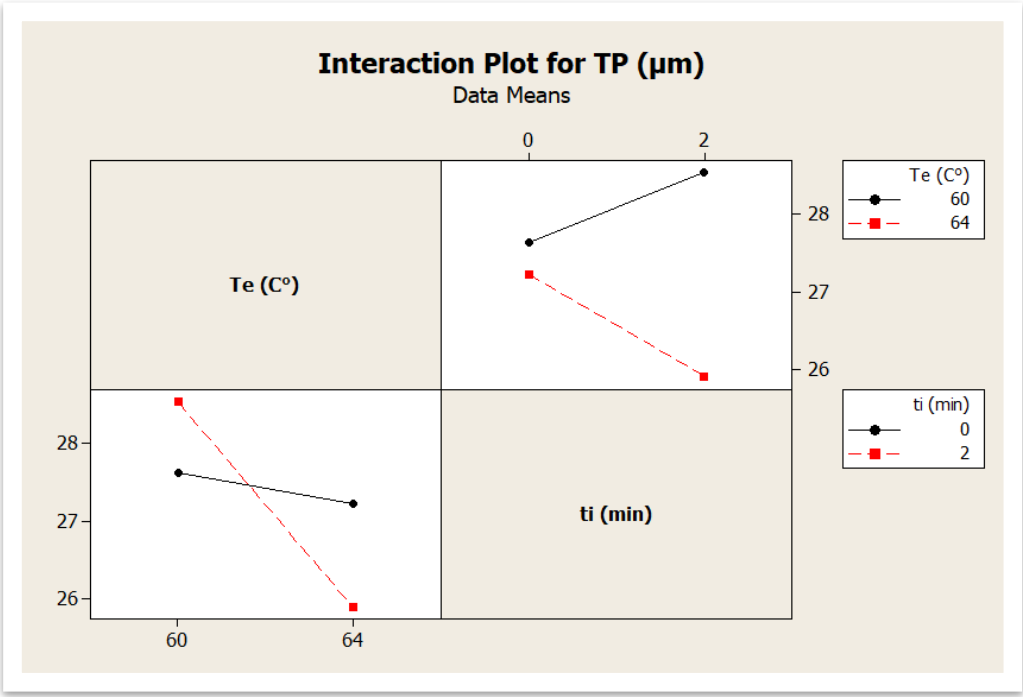


Gráfico 14. Gráfico Normal de la Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 2.

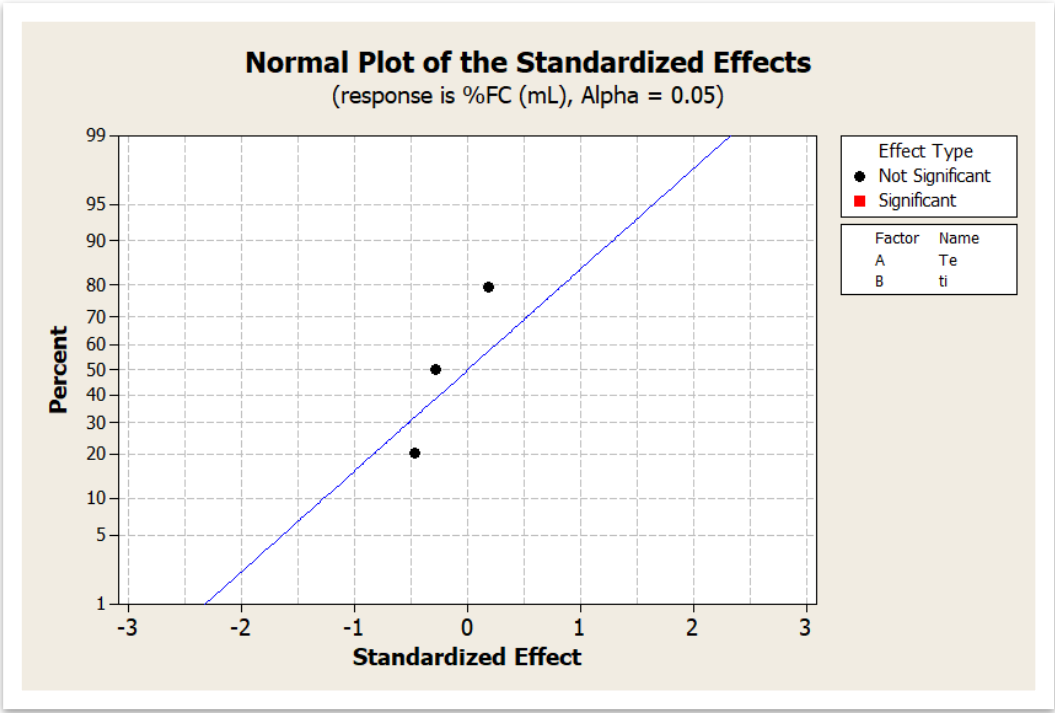


Gráfico 15. Gráfico de Pareto para Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 2.

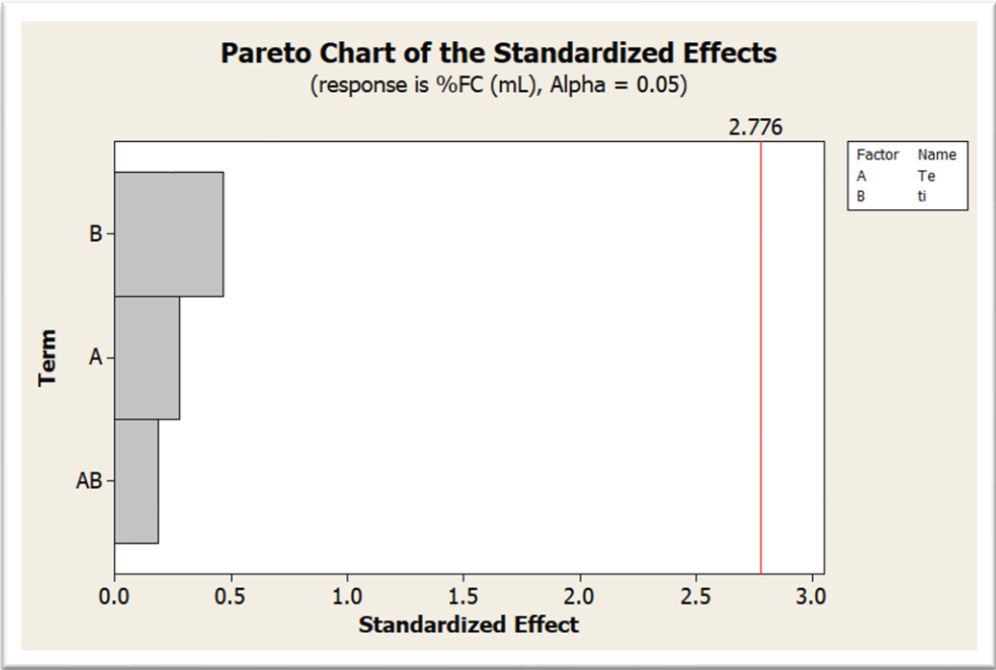


Gráfico 16. Diagrama de Efectos Principales para Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 2.

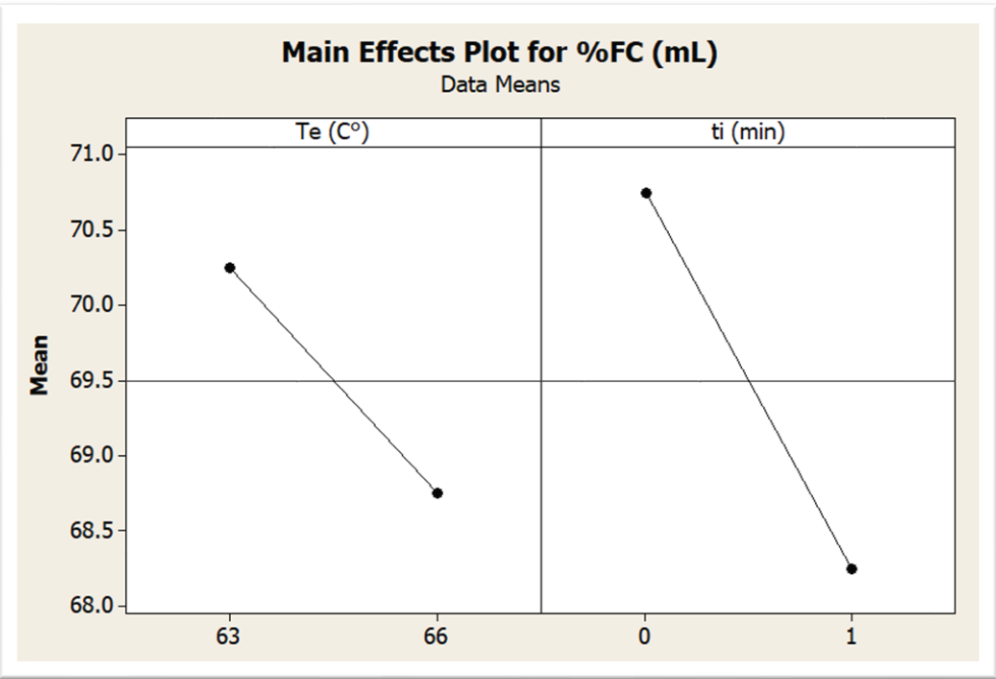


Gráfico 17. Diagrama de Interacción para Capacidad Espumante (%FC) en el Experimento 2.

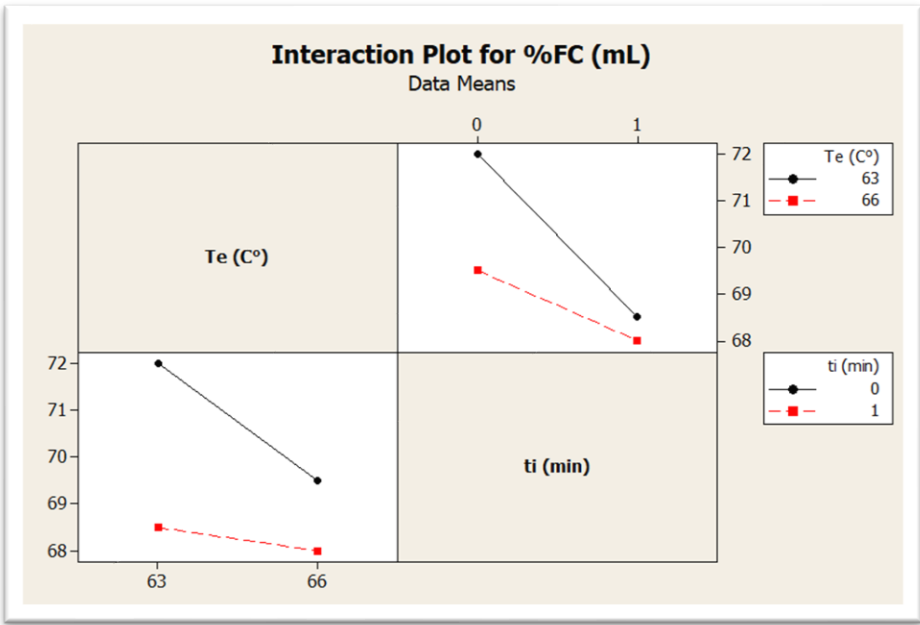


Gráfico 18. Gráfico Normal de Estabilidad Espumante a 30 min (%FS 30min) en el Experimento 2.

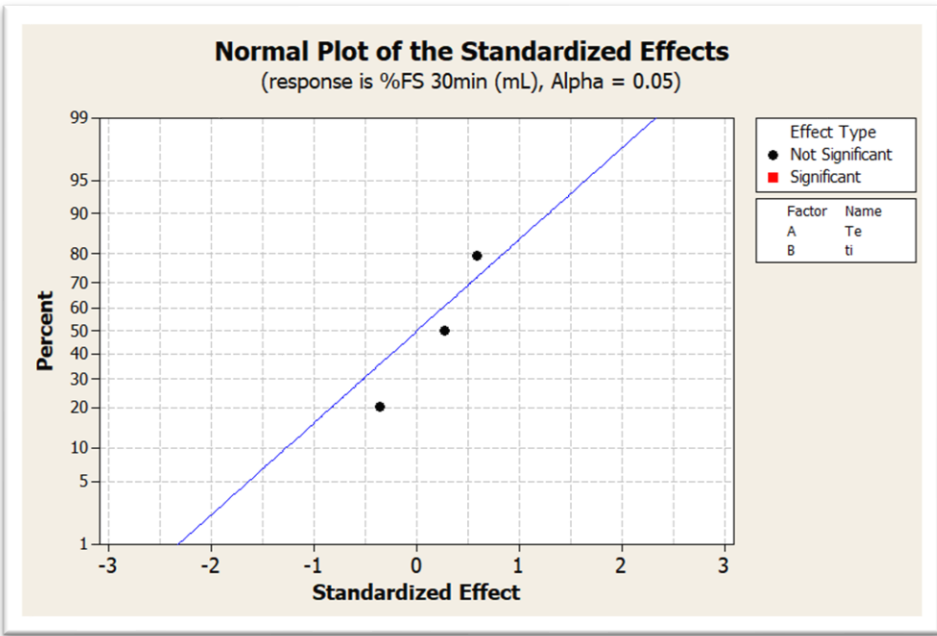


Gráfico 19. Gráfico de Pareto de Estabilidad Espumante a 30 min (%FS 30min) en el Experimento 2.

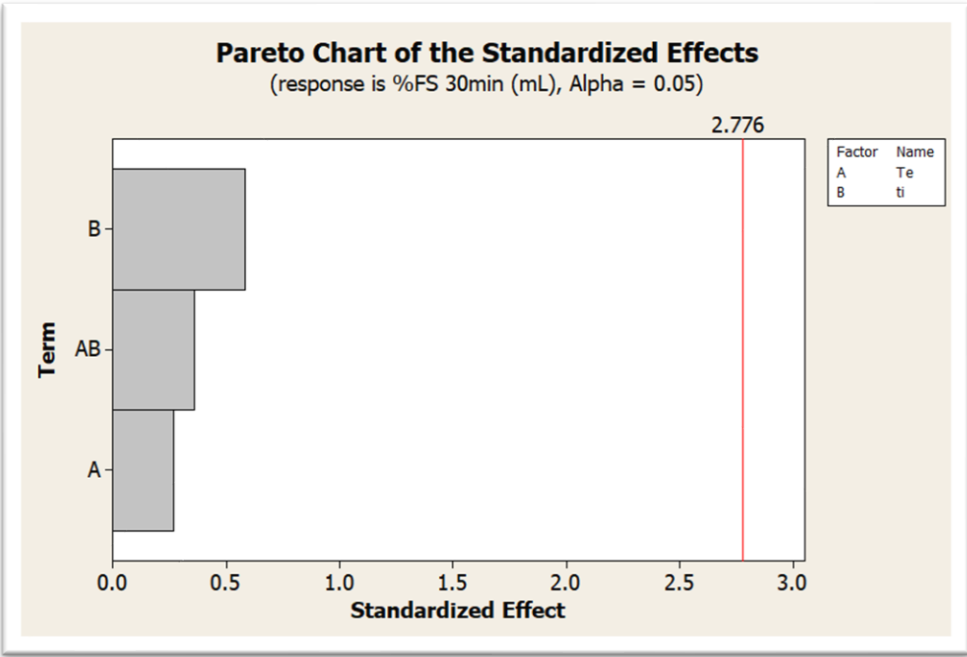


Gráfico 20. Diagrama de Efectos Principales de Estabilidad Espumante a 30 min (%FS 30min) en el Experimento 2.

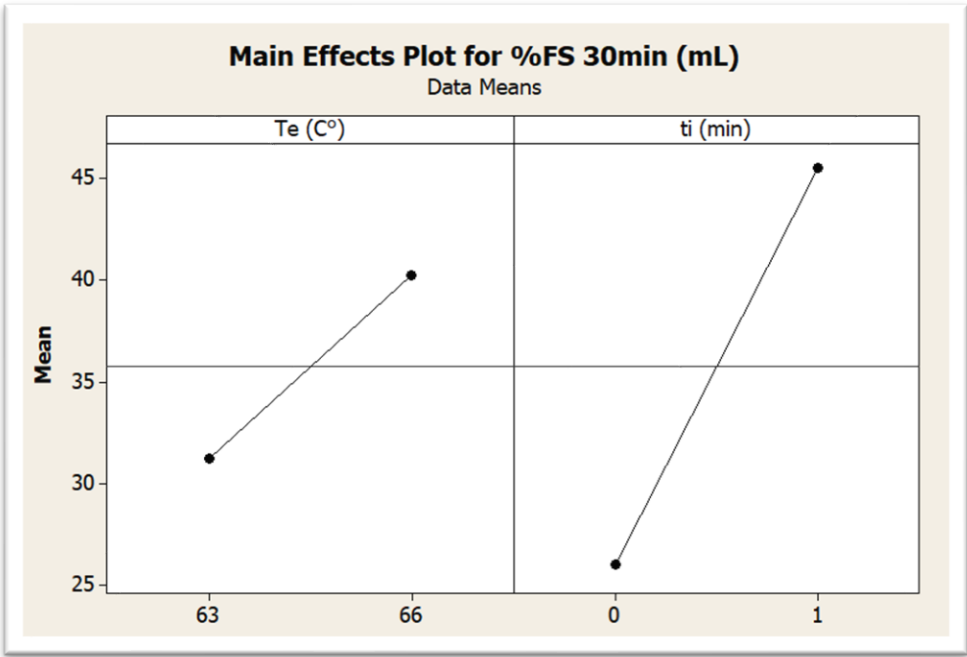


Gráfico 21. Diagrama de Interacción de Estabilidad Espumante a 30 min (%FS 30min) en el Experimento 2.

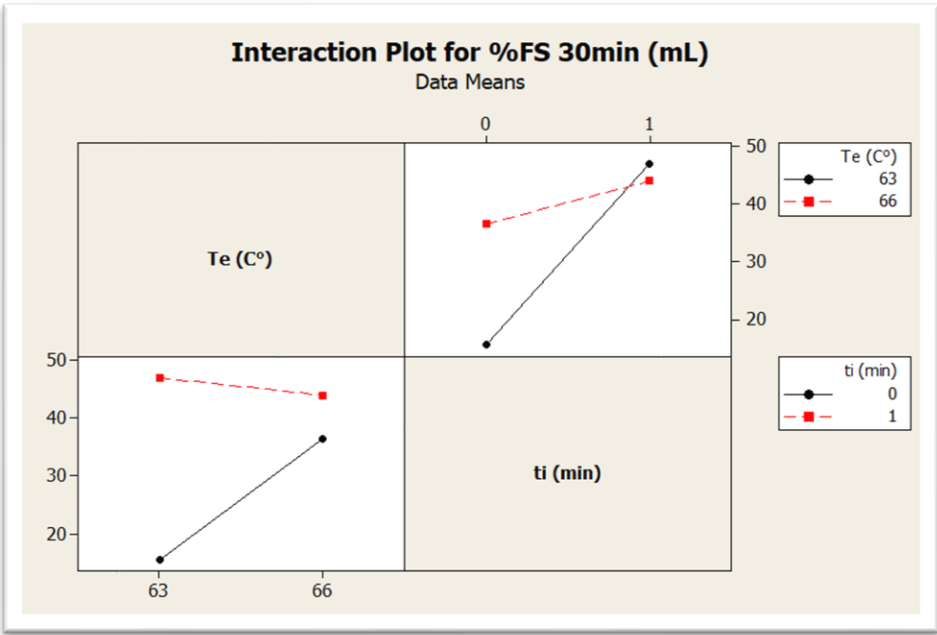


Gráfico 22. Gráfico normal de Estabilidad Espumante a 60 min (%FS 60min) en el Experimento 2.

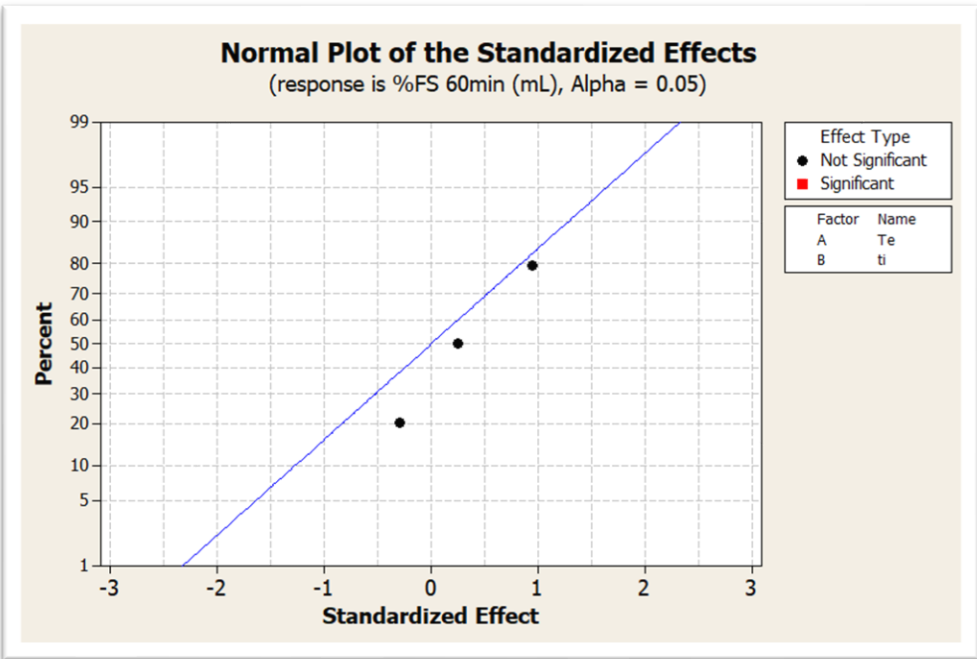


Gráfico 23. Gráfico de Pareto de Estabilidad Espumante a 60 min (%FS 60min) en el Experimento 2.

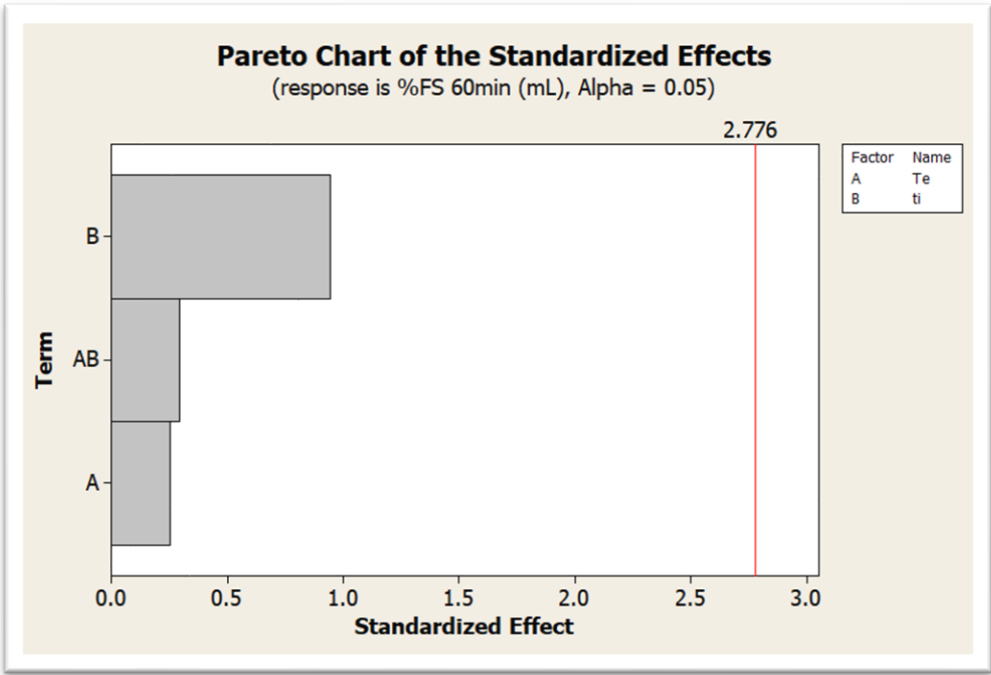


Gráfico 24. Diagrama de Efectos Principales de Estabilidad Espumante a 60 min (%FS 60min) en el Experimento 2.

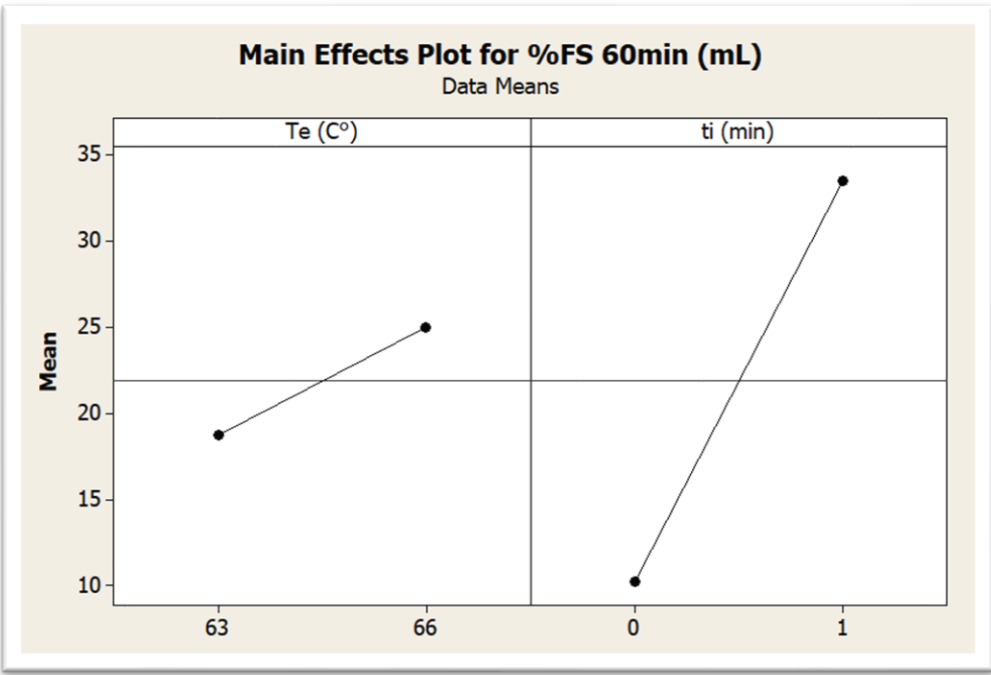


Gráfico 25. Diagrama de Interacciones de Estabilidad Espumante a 60 min (%FS 60min) en el Experimento 2.

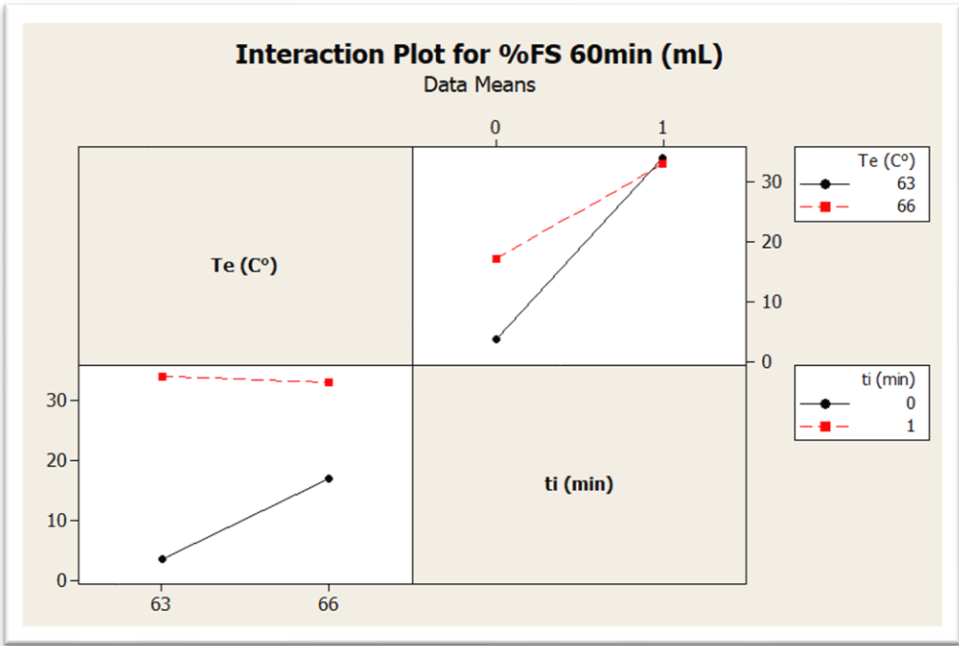


Gráfico 26. Gráfico Normal de Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 2.

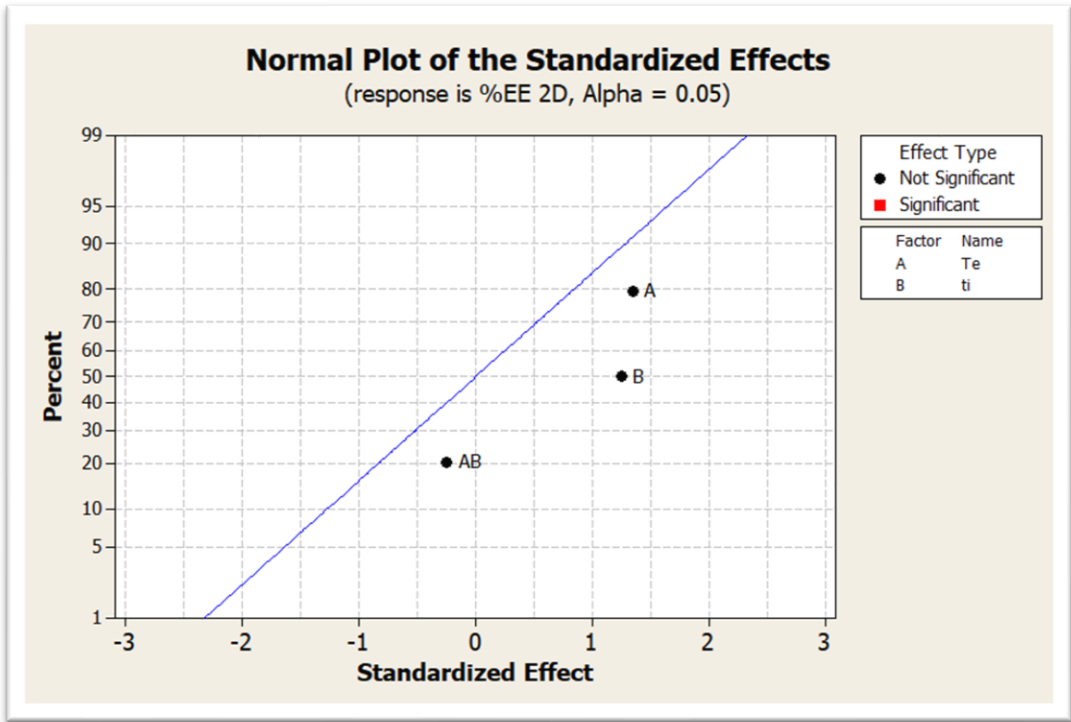


Gráfico 27. Gráfico de Pareto de Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 2.

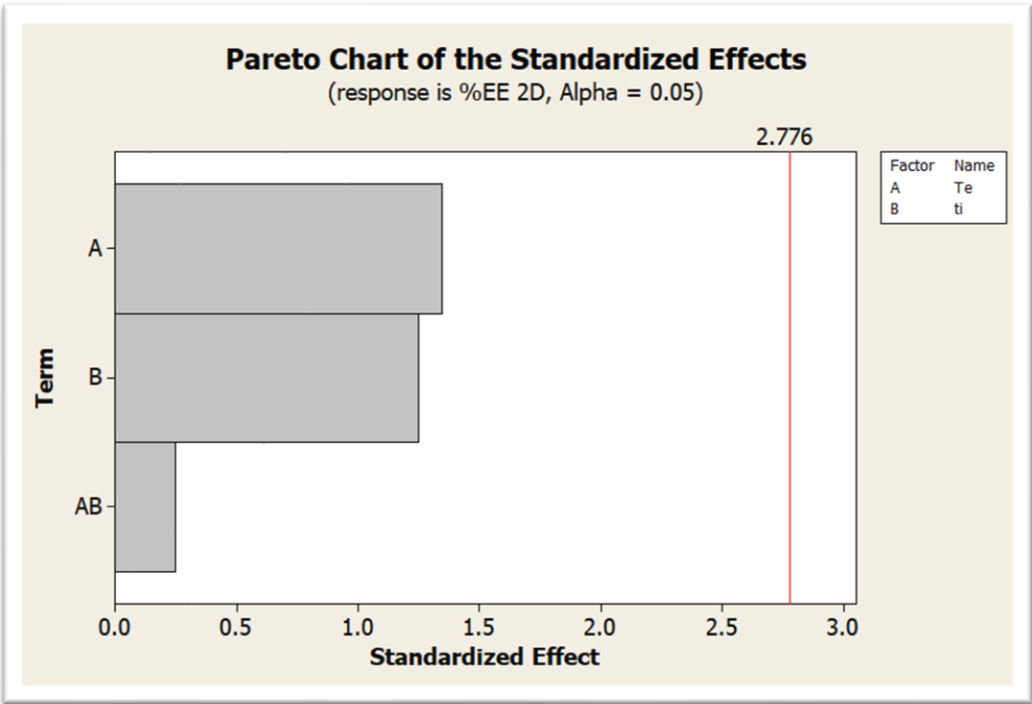


Gráfico 28. Diagrama de Efectos Principales de Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 2.

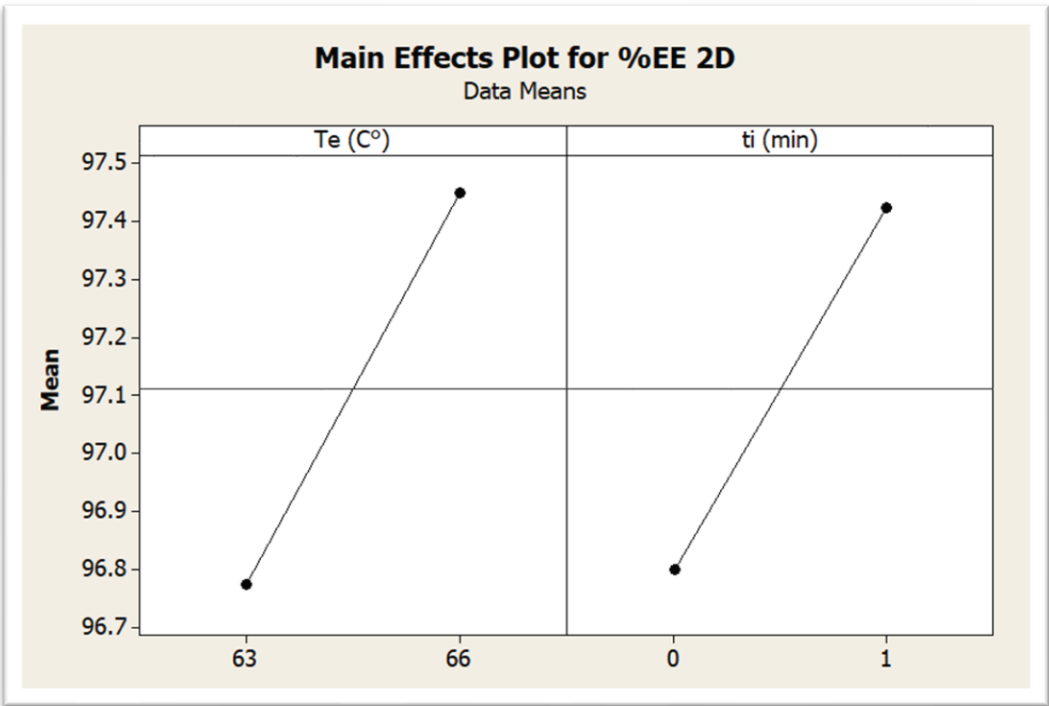


Gráfico 29. Diagrama de Interacciones de Estabilidad Emulsionante a 2 días (%EE 2D) en el Experimento 2.

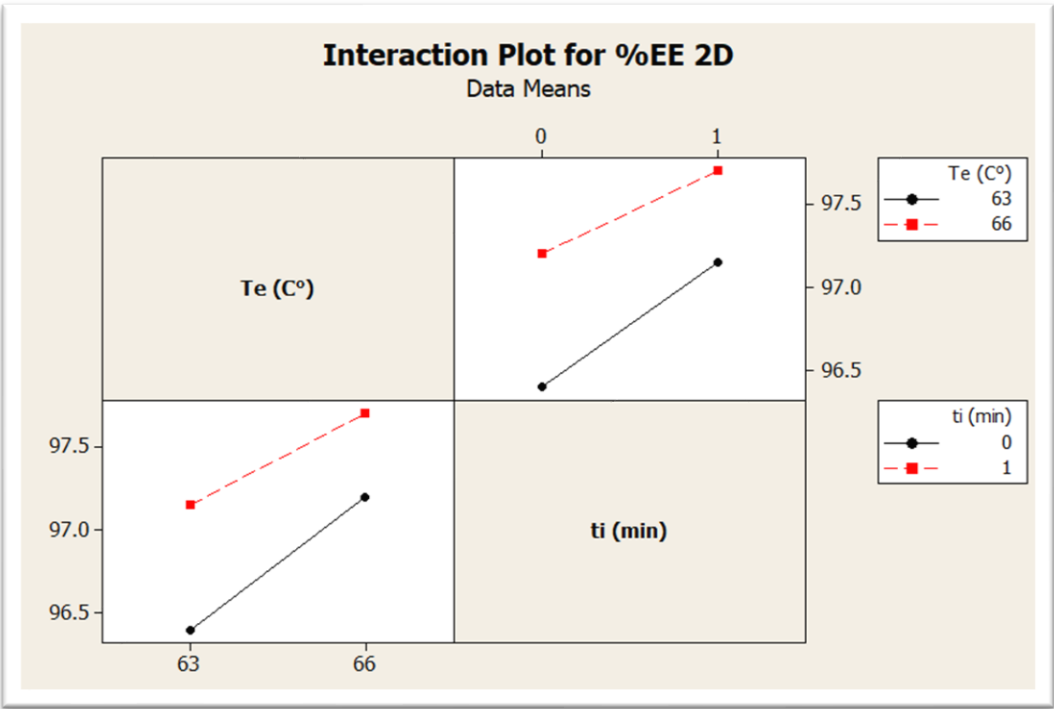


Gráfico 30. Gráfico Normal de Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D) en el Experimento 2.

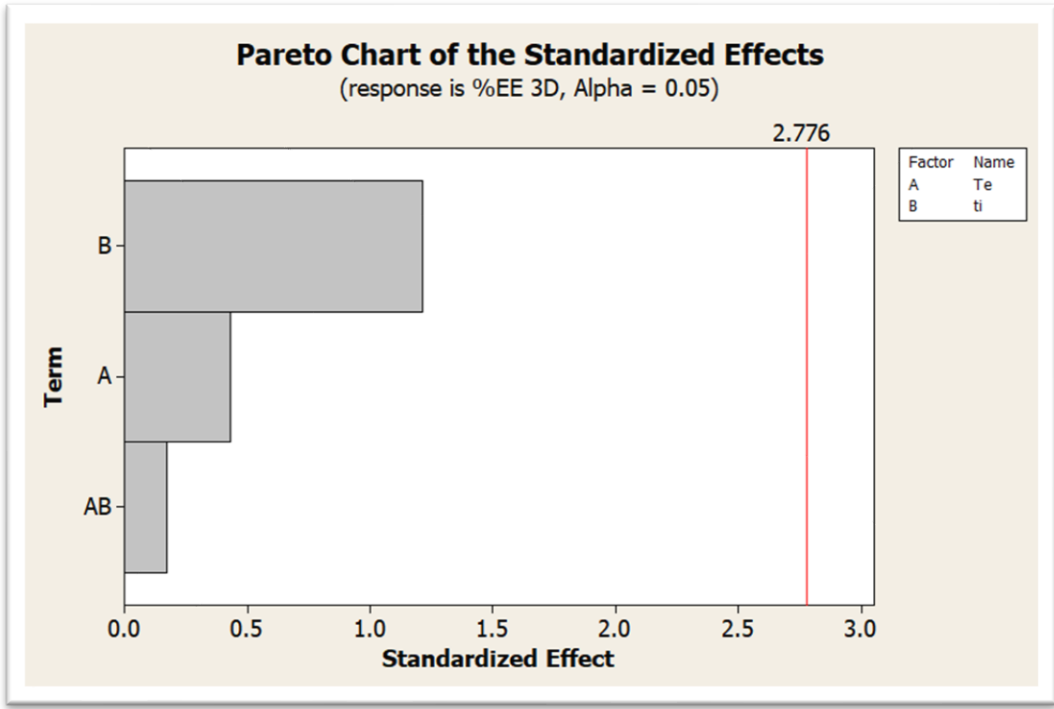


Gráfico 30. Gráfico de Pareto de Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D) en el Experimento 2.

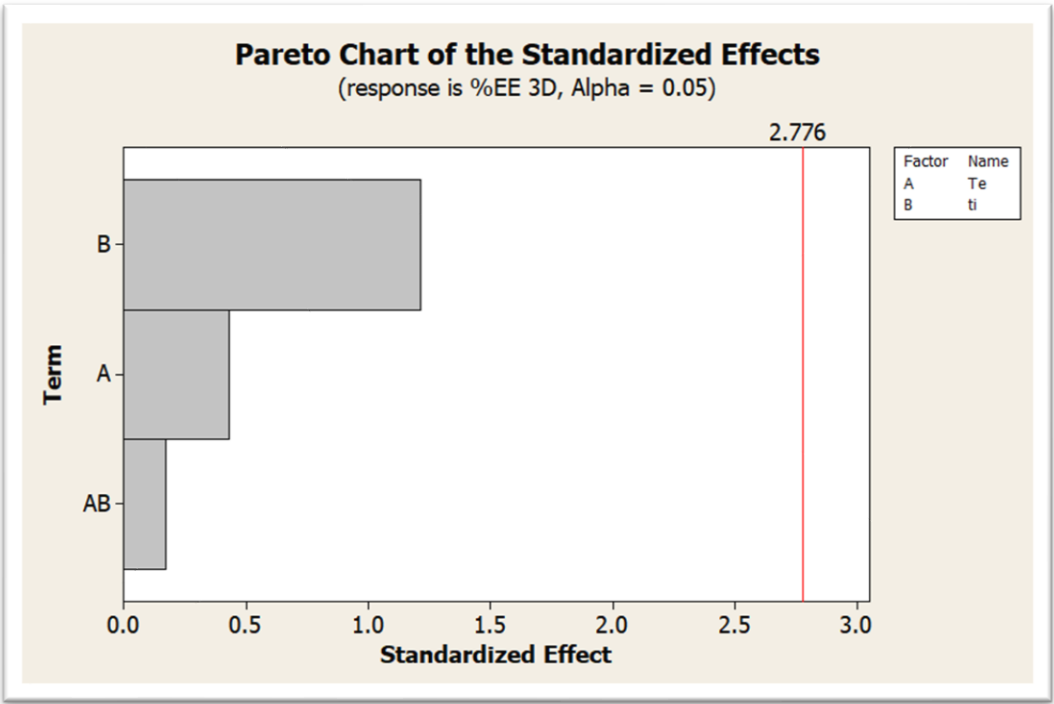


Gráfico 31. Diagrama de Efectos Principales de Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D) en el Experimento 2.

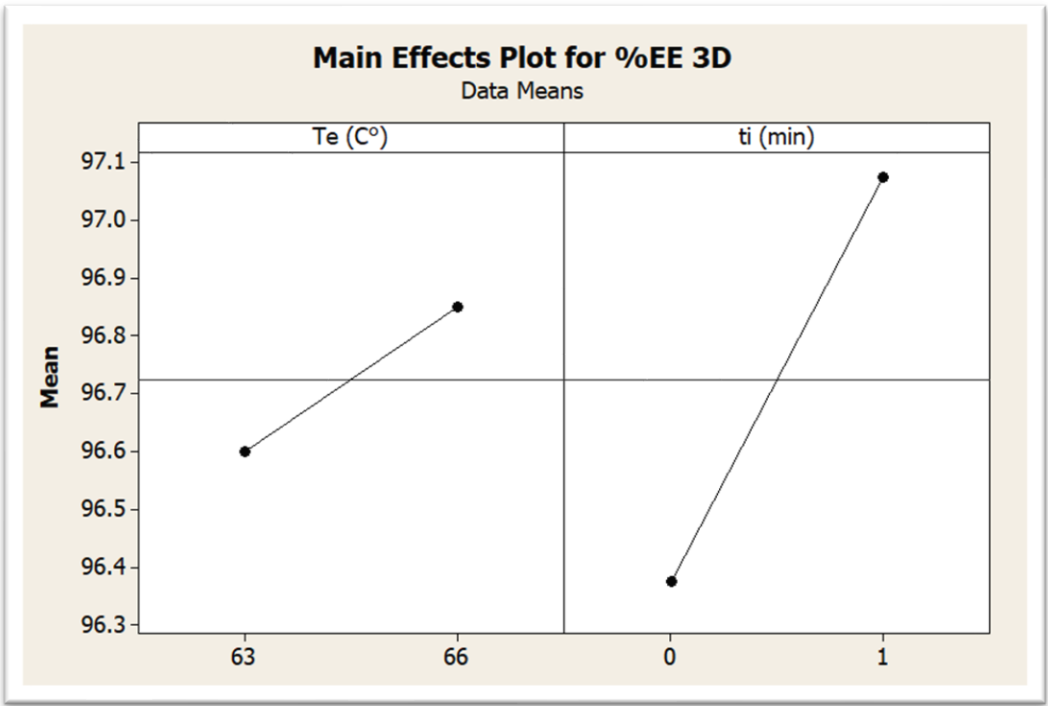


Gráfico 32. Diagrama de Interacciones de Estabilidad Emulsionante a 3 días (%EE 3D) en el Experimento 2.

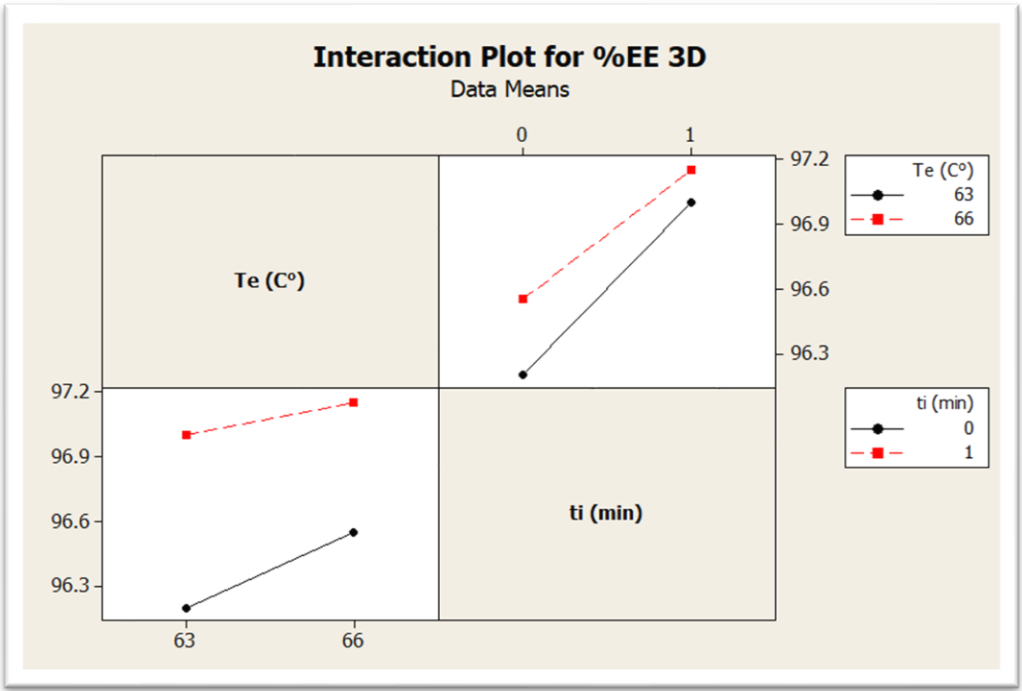


Gráfico 33. Gráfico Normal del Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 2.

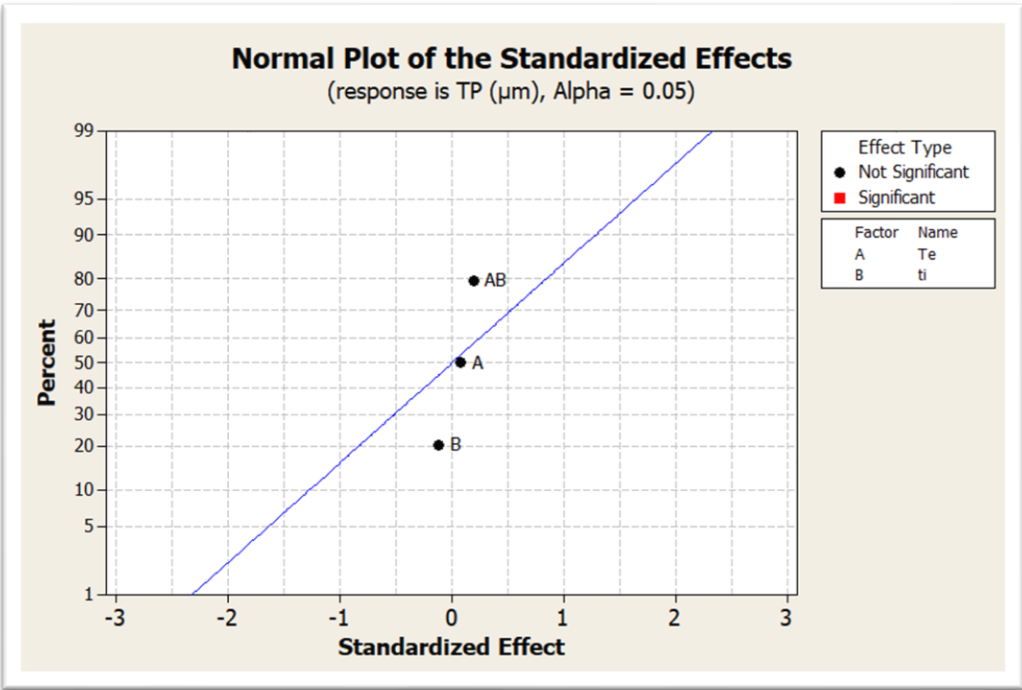


Gráfico 34. Gráfico Pareto del Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 2.

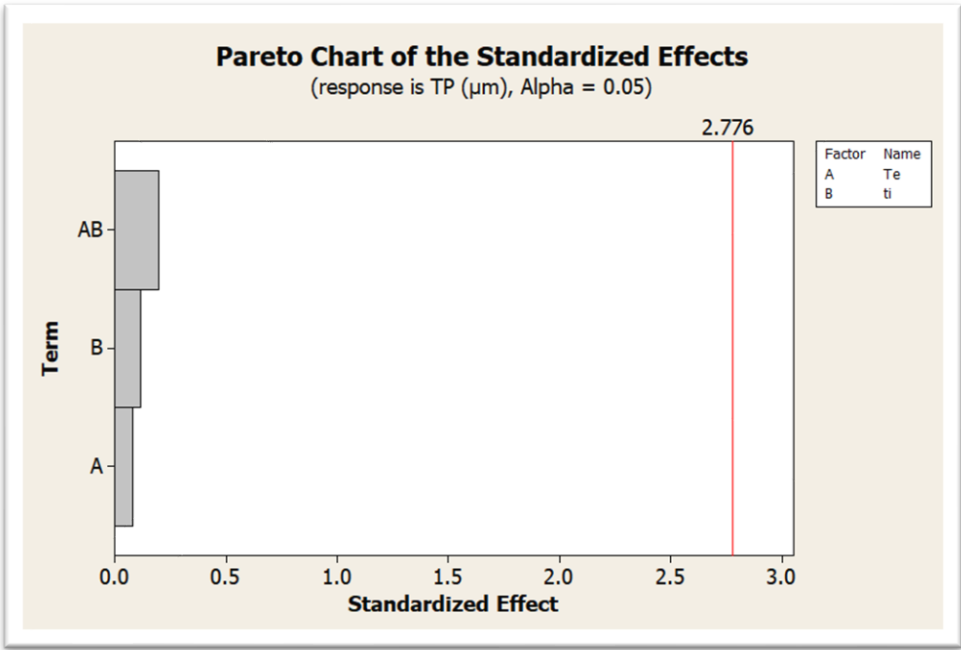


Gráfico 35. Diagrama de Efectos principales del Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 2.

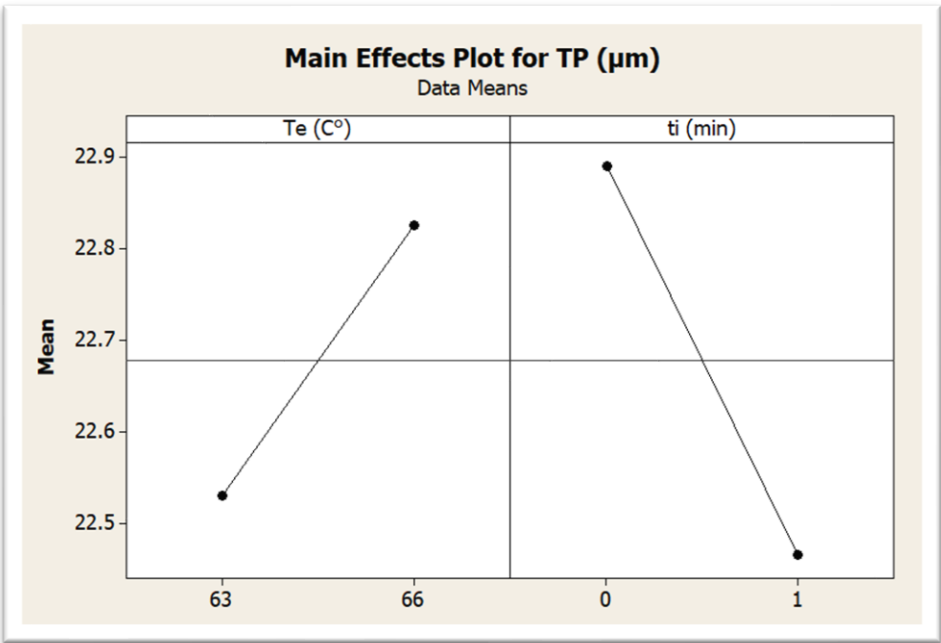


Gráfico 36. Diagrama de interacción del Tamaño de Partícula (TP μm) en el Experimento 2.

