

**Influencia de los tensoactivos en las variables de secado y en las características de alimentos
para mascotas.**

Jhon Never Castaño Muñoz

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Especialización De Procesos De Alimentos Y Biomateriales
Cartago
2019**

Influencia de los tensoactivos en las variables de secado y en las características de alimentos para mascotas.

Jhon Never Castaño Muñoz

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Especialista En
Procesos De Alimentos Y Biomateriales**

Director

Campo Elías Riaño Luna

Ing. Químico

Ph.D. Ead-TI, MSc

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización De Procesos De Alimentos Y Biomateriales

Cartago

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Cartago, Valle del Cauca, abril de 2020.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Jhon Never Castaño Muñoz

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la sabiduría y el tesón para culminar este nuevo logro de mi vida profesional.

A mis padres por el amor, apoyo, y por ser el motor que me mueve hacia adelante.

Jhon Never Castaño Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres y al recuerdo de mi hermana, por ser faros de motivación y brindarme la fortaleza de seguir adelante.

Al director de proyecto Campo Elías Riaño Luna, por su apoyo y conocimientos para la llevar a cabo este gran proceso de desarrollo del proyecto.

Jhon Never Castaño Muñoz

Índice

INTRODUCCIÓN.....	22
1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.	23
2. JUSTIFICACIÓN.....	25
3. OBJETIVOS.....	27
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	27
CAPÍTULO I.....	28
4. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....	28
4.1. ALIMENTOS SECOS PARA MASCOTAS.	28
4.1.1. Los alimentos secos están disponibles como:	28
4.1.1.1. Productos extruidos.....	28
4.1.1.2. Kibbles.....	29
4.1.1.3. Alimento en pellets.....	29
4.1.2. Principales ventajas de los alimentos secos para perros.....	29
4.1.3. Desventajas del alimento seco para perros.	29
4.2. FABRICACIÓN DE ALIMENTOS SECOS PARA PERROS.....	30
4.2.1. Visión general.....	30
4.2.2. Selección de ingredientes y abastecimiento.....	30
4.2.3. Pesaje y preparación de ingredientes.....	30
4.2.4. Cocción y extrusión.....	31
4.2.5. Secado.....	32
4.3 HISTORIA DEL SECADO DE ALIMENTOS.....	33

4.3.1	Aplicaciones comunes.	34
4.3.2	Secado por deshidratación o túnel.	35
4.3.3	Secado de cinta transportadora.....	37
4.3.4	Eficiencia de secado.	38
4.4	TENSOACTIVOS.	41
4.4.1	Tensoactivos en la industria alimentaria.	43
4.4.2	Tensoactivos en la industria de alimentos extruidos.	45
4.5	VIDA ÚTIL.....	47
4.5.1	Actividad de agua (A_w).....	48
4.5.2	Revestimiento, engrasado y saborizado.	50
CAPITULO II		52
5	DISEÑO METODOLOGICO	52
5.1	UBICACIÓN.	52
5.2	MATERIALES.....	52
5.2.1	Tratamientos experimentales.	52
5.2.2	Análisis fisicoquímico.	55
5.2.3	Principales variables por medir.	55
5.3	MÉTODOS.	56
5.3.1	Proceso de producción de croquetas para perros.	56
5.3.1.1	Almacenamiento y recibo de materias primas.....	56
5.3.1.2	Traslado a dosificación.	57
5.3.1.3	Primera molienda.	58
5.3.1.4	Mezclado.	58

5.3.1.5	Segunda molienda.....	59
5.3.1.6	Acondicionado de la mezcla.....	59
5.3.1.7	Extrusión.....	60
5.3.1.8	Secado.....	61
5.3.1.9	Engrasado y saborizado.....	62
5.3.1.10	Enfriamiento.....	62
5.3.1.11	Almacenamiento a granel.....	63
5.3.1.12	Empacado y almacenado.....	64
5.3.2	Los tratamientos.....	64
5.3.3	Tamaño de la población.....	65
5.3.4	Tamaño de la muestra.....	65
5.4	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE SECADO DEL ALIMENTO.....	69
5.4.1	Método.....	69
5.5	DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO.....	69
5.5.1	Materiales.....	70
5.5.2	Método.....	70
5.6	GENERACIÓN DE HONGOS Y CAMBIOS FÍSICOS EN EL PRODUCTO.	73
5.6.1	Materiales.....	73
5.6.2	Método.....	74
	CAPITULO III.....	76
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76
6.1	HUMEDADES, ACTIVIDAD DE AGUA Y VARIABLES DE SECADO.	76
6.2	VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO.....	87

6.3 GENERACIÓN DE HONGOS.....	95
CAPITULO IV	110
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA.....	112

Índice de tablas

Tabla 1. Composición física del alimento para perros, tipo croquetas.....	52
Tabla 2. Composición nutricional del alimento.....	53
Tabla 3. Composición química del Fylax®.....	54
Tabla 4. Tratamientos aplicados en el alimento.....	64
Tabla 5. Resultados muestra piloto.	67
Tabla 6. Disposición de los bultos de los tratamientos E ₁ en las canecas 1-6.	74
Tabla 7. Disposición de los bultos de los tratamientos E ₃ en las canecas 7-12.	74
Tabla 8. Resultados muestras de control E ₁ :.....	76
Tabla 9. Resultados muestras tratamiento E ₂ :.....	77
Tabla 10. Resultados muestras tratamiento E ₃ :.....	78
Tabla 11. Resumen de los tratamientos.	79
Tabla 12. Condiciones durante la producción de cada uno de los tratamientos.	80
Tabla 13. Humedad y actividad del agua tratamiento E ₁	80
Tabla 14. Humedad y actividad del agua tratamiento E ₂	81
Tabla 15. Humedad y actividad del agua tratamiento E ₃	82
Tabla 16. Condiciones ambientales de temperatura y humedad para cada una de las muestras de la prueba de stress acelerado.	87
Tabla 17. Resultados prueba de stress acelerado.	89

Tabla 18. Datos comparativos de presencia de hongos en muestras de mezcladora Vs producto terminado.	92
Tabla 19. Humedades promedio a la entrada y a la salida.....	94
Tabla 20. Análisis muestras iniciales tratamiento E ₁	95
Tabla 21. Análisis muestras iniciales tratamiento E ₃	96
Tabla 22. Tratamientos para verificación de crecimiento fúngico.....	97
Tabla 23. Variables fisicoquímicas de los tratamientos.	106
Tabla 24. Recuento de hongos, parte superior del bulto.	107

Índice de gráficas

Gráfica 1. Humedad promedio por tratamiento.....	84
Gráfica 2. Actividad del agua promedio por tratamiento.....	85
Gráfica 3. Eficiencia de extrusión por tratamiento.....	86
Gráfica 4. Condiciones ambientales para cada muestra de la prueba de stress acelerado.	89
Gráfica 5. Resultados prueba de stress acelerado para la humedad.....	90
Gráfica 6. Actividad del agua prueba de stress acelerado.....	91
Gráfica 7. Comparativo de presencia de hongos Mezcladora vs Producto final en grupo Ensayo Fylax®.....	93
Gráfica 8. Humedades promedio entrada y salida del secador.....	94
Gráfica 9. Análisis de humedad en muestras iniciales.....	96
Gráfica 10. Análisis de actividad acuosa en muestras iniciales.....	97
Gráfica 11. Recuento de hongos en la parte superior a los 10 días.....	107
Gráfica 12. Recuento de hongos en la parte superior a los 20 días.....	108
Gráfica 13. Recuento de hongos en la parte superior a los 30 días.....	109

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama esquemático de un secador de túnel típico utilizado en el secado comercial de ciruelas	36
Figura 2. Diagrama esquemático de un solo secador de cinta transportadora.....	38
Figura 3. Contenido de humedad en función del tiempo de secado	40
Figura 4. Estructura y clasificación de los tensoactivos.....	42
Figura 5. Índice para la elección de tensoactivos	43
Figura 6. Disminución en el consumo de energía durante el estudio de realizado por Van der Heijden	46
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción de alimentos secos para perros	51
Figura 8. Almacenamiento de materias primas.	57
Figura 9. Tolvas de dosificación.....	57
Figura 10. Primera molienda, 2 molinos en paralelo	58
Figura 11. Mezcladora de ingredientes.	58
Figura 12. Segunda molienda, 1 solo molino.	59
Figura 13. Bomba de dosificación del aditivo tensoactivo Fylax®.....	60
Figura 14. Entrada de aditivo tensoactivo a la tubería de agua del acondicionador.	60
Figura 15. Extruder Wenger.	61
Figura 16. Secador de mallas.....	61
Figura 17. Sistema de engrasado y saborizado.....	62

Figura 18. Torre de enfriamiento.....	63
Figura 19. Tolvas de almacenamiento a granel.	63
Figura 20. Máquinas de empaçado.....	64
Figura 21. Muestras molidas del producto terminado durante la prueba de stress acelerado.	71
Figura 22. Muestras molidas de producto en mezcladora sin tensoactivo.	71
Figura 23. Muestras con presencias de mohos.	72
Figura 24. Disposición general de los bultos dentro de las canecas con arena húmeda.	98
Figura 25. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E ₁ S ₁	98
Figura 26. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E ₁ S ₂	99
Figura 27. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E ₃ S ₁	99
Figura 28. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E ₃ S ₂	100
Figura 29. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E ₁ S ₁	101
Figura 30. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E ₁ S ₂	101
Figura 31. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E ₃ S ₁	102
Figura 32. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E ₃ S ₂	102
Figura 33. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E ₁ S ₁	103
Figura 34. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E ₁ S ₂	104
Figura 35. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E ₃ S ₁	104
Figura 36. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E ₃ S ₂	105

Lista de símbolos y abreviaciones

A_w: Actividad acuosa.

Fig.: Figura.

E₁: Tratamiento 1 o de control, sin tensoactivo.

E₂: Tratamiento 2, con adición de 1,66 Kg/ ton de tensoactivo.

E₃: Tratamiento 3, con adición de 3 Kg/ton de tensoactivo.

Hum: Humedad.

Inf: Inferior.

Sup; Superior.

Temp: Temperatura.

Trat: Tratamiento.

®: Marca registrada.

Glosario

Costo-beneficio: Estudio realizado en todo proyecto con el fin de analizar el impacto económico que se tendrá de modo redituable, en ganancias o beneficios dentro de un ambiente económico, social o ambiental.

Energía térmica: Energía obtenida de la quema de carbón, gas, petróleo u otro combustible mediante una caldera, la cual calienta el agua a temperaturas de ebullición, obteniendo el vapor a utilizar en el proceso de extrusión y de secado.

Extrusión: Proceso industrial que consiste en darle cocción a una mezcla homogénea de harinas, por lo general de granos y de carnes, con el fin de desdoblar los almidones y gelatinizarlos, para luego pasarlos por una matriz y darles formas tamañas adecuados para su consumo.

Muestras ciegas: En el análisis químico, una muestra ciega es una muestra seleccionada cuya composición es desconocida, excepto para la persona que la presenta, utilizado para probar la validez de la medición de proceso.

Secador: Equipo de procesamiento alimenticio de deshidratación, que consiste en unas mallas por donde entra el alimento extruido a humedades de hasta 28%, junto con aire caliente y seco a 120°C -140°C, y sale el alimento con humedades de 8%. Se utiliza en gran medida los secadores con radiadores a vapor para calentar el aire.

Tensoactivos: Aditivo utilizado en la industria alimentaria como emulsificante. Entre las propiedades que tienen los tensoactivos es romper la tensión superficial del agua con el fin de que esta se absorba más fácilmente en el alimento.

Resumen

El secado es una de las operaciones unitarias importantes en el procesamiento de alimentos para perros, pero costosa, por los grandes requerimientos de energía que se necesitan, para elevar la temperatura y para el funcionamiento de los equipos involucrados en el proceso de extrusión de estos alimentos. La inclusión de un aditivo que ayude a mejorar la eficiencia de secado traería grandes beneficios económicos para el este sector manufacturero. Los objetivos del presente estudio fueron establecer la influencia de los tensoactivos en la operación de secado de alimentos para perros, tanto en las variables de secado como en la vida útil del alimento.

Para comprobar lo anterior se determinó la actividad del agua, la humedad el color del producto terminado y evaluó la viabilidad del aditivo desde el punto de costo beneficio en el proceso de fabricación. Durante este estudio se planteó el uso de un aditivo tensoactivo, el cual, mejoró la penetración del agua en la mezcla generando mayor humectación, cocción más rápida, mayor rendimiento de los equipos de secado y de extrusión, menor tiempo de retención y temperatura de secado y por ende menor tiempo de procesamiento. Los resultados de la influencia del tensoactivo fueron satisfactorios, obteniendo una disminución en la cantidad de humedad de hasta del 39,3% del tratamiento con mayor inclusión con respecto al alimento regular sin tensoactivo. No se reportaron cambios organolépticos y nutricionales del alimento. Se obtuvo también una mejora en la operación de los equipos llegando de hasta el 10% en la mejora de la eficiencia con el mismo consumo energético. Durante las pruebas de generación de hongos se evidencio que el alimento con tensoactivo tenía una vida útil más larga incluso hasta 3 veces más tiempo antes de presentar hongos en condiciones ambientales de humedad extrema, durante la prueba de stress acelerado el tratamiento con mayor inclusión de aditivo tensoactivo fue el que más larga duración obtuvo llegando hasta los 50 días en cada una de las muestras, mientras que las muestras de control la mayoría estuvieron por debajo de los 20 días y en la de menos adición una de las muestras estuvo en 18 días, se obtuvo un mejor comportamiento con las muestras de máxima adición.

Los ensayos fueron satisfactorios, dando excelentes resultados en la disminución de la humedad, la actividad del agua y en la disminución en el consumo de energía utilizada en la fabricación del alimento parros. Con una inversión \$13400 por tonelada se obtendrían rendimientos del 10% en la fabricación del alimento, para perros con los mismos costos de energía, esta inversión equivaldría a aumentar en una tonelada/hora más la eficiencia de la línea de extrusión obteniendo ganancias de \$260.000 por tonelada con una inversión de solo \$ 13.400.

Palabras clave: Actividad del agua, extrusión de alimentos, alimentos deshidratados para mascotas, tensoactivos.

Summary

Drying is one of the important unit operations in the processing of dog food, but it is expensive, due to the large energy requirements that are needed to raise the temperature and to operate the equipment involved in the extrusion process of these foods. . The inclusion of an additive that helps improve drying efficiency would bring great economic benefits for this manufacturing sector. The objectives of the present study were to establish the influence of surfactants on the drying operation of dog food, both on drying variables and on the shelf life of the food.

To verify the above, the activity of the water was determined, the humidity, the color of the finished product and the viability of the additive was evaluated from the point of cost benefit in the manufacturing process. During this study, the use of a surfactant additive was proposed, which improved the penetration of water into the mixture, generating greater humidification, faster cooking, higher performance of drying and extrusion equipment, shorter retention time and drying temperature, and therefore, less processing time. The results of the influence of the surfactant were satisfactory, obtaining a decrease in the amount of humidity of up to 39.3% of the treatment with greater inclusion compared to regular food without surfactant. No organoleptic and nutritional changes of the food were reported. An improvement in the operation of the equipment was also obtained, reaching up to 10% in improving efficiency with the same energy consumption. During the fungus generation tests, it was shown that the food with surfactant had a longer shelf life even up to 3 times longer before presenting fungi in extremely humid environmental conditions, during the accelerated stress test the treatment with greater inclusion of additive Surfactant was the one with the longest duration, reaching up to 50 days in each of the samples, while the control samples were mostly below 20 days and in the least added one, one of the samples was in 18 days. Better performance was obtained with the maximum addition samples.

The tests were satisfactory, giving excellent results in decreasing humidity, water activity, and decreasing energy consumption used in the manufacture of dog food. With an investment of \$ 13400 per ton, yields of 10% would be obtained in the manufacture of dog food with the same

energy costs, this investment would be equivalent to increasing the efficiency of the extrusion line by one ton / hour, obtaining profits of \$ 260,000 per ton. with an investment of only \$ 13400.

Keywords: Water activity, food extrusion, dehydrated pet food, surfactants.

INTRODUCCIÓN

En los alimentos para mascotas, las materias primas entran al proceso de extrusión con una humedad del 12%, un factor determinante para la industria alimenticia es la humedad en el producto terminado, este factor de humedad es determinante para la viabilidad del alimento, debido a que 8.5% en la mayoría de los casos es la óptima para su almacenamiento, por lo tanto, se pierde 3.5% del agua contenida en el alimento.

El proceso de secado es un proceso álgido en la industria de alimentos deshidratados para mascotas, debido a que este es el proceso que más costos le genera a la industria por su consumo de energía térmica través de la generación de vapor y la energía eléctrica al disponer de equipos secadores de grandes proporciones (Mujumdar, 2012, p. 2). El alimento sale del proceso de cocción a humedades de entre el 26%-28% y se debe generar la energía suficiente para que el alimento sea entregado con 8.5% de humedad residual.

Los tensoactivos para el sector de los alimentos son cada vez más utilizados para el mejoramiento de los procesos productivos dentro de la industria alimentaria, así como también para el aseguramiento de la calidad del alimento a durante el almacenamiento, logrando aumentar su vida útil.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente estudio es determinar la influencia de los tensoactivos en la operación de secado de alimento para perros.

1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.

La demanda del mercado de los alimentos extruidos para mascotas crece a tasas del 15 % anual en Colombia (Enrique Núñez, 2015), mientras que la capacidad de producción del sector se ha mantenido igual, con algunos cambios y mejoras en los procesos se han logrado incrementar las eficiencias de producción en hasta un 8%, sin embargo, el secado es la etapa crítica del proceso, el cual está trabajando al máximo de su capacidad convirtiéndolo en un cuello de botella para la línea de producción. En este momento la línea de producción está supeditada a la eficiencia de secado, la cual ya está al 100% de capacidad real.

Buscando siempre la mejor rentabilidad en sus productos se ha encontrado que uno de los procesos productivos en la elaboración de alimentos extruidos que más impacta en el costo del producto es el secado, es este el proceso más susceptible de pérdida de peso de producto en forma de agua, proceso en el cual intervienen variables como temperatura de secado, tiempo de retención del secador, circulación del aire, espesor de la cama de secado y capacidad máxima de secado del equipo, entre otras variables (Geankoplis, 2003; Sup Chung & Chang, 2014)

La empresa para la cual se propone el estudio actualmente cuenta con una línea de extrusión en el proceso de secado, el cual consta de un secador horizontal, de capacidad máxima real de 10 ton/hora, y un consumo máximo de 8800 lb/hora de vapor, el alimento entra a 26% de humedad aproximadamente y después del proceso de secado alcanza la humedad de 8.5%, parámetro máximo de humedad para que el alimento sea aprobado para salir al mercado, si la humedad es mayor entonces es rechazado, la capacidad de secado ya está al máximo de eficiencia pero aun así los demás procesos cuentan con suficiente capacidad incluso para llegar en extrusión a 11 ton/hora o más, pero es este proceso de secado el que se convierte en un cuello de botella pues al aumentar su carga de trabajo el alimento aumenta su humedad por encima del parámetro permitido de 8.5%, lo cual es una limitante de eficiencia. Los tensoactivos están involucrados en la fabricación de muchos alimentos hoy en día, el tensoactivo a utilizar en esta investigación fue el Fylax®, el cual es una mezcla sinérgica de ácidos orgánicos y tensoactivos. Se produce utilizando una tecnología de producción que crea propionatos activados que se mantienen en

micelas. Los ácidos orgánicos activados eliminan eficazmente los mohos para garantizar el valor nutritivo y prolongar la vida útil del alimento. En los alimentos extruidos, el líquido de Fylax® Forte HC puede mezclarse directamente con el producto durante la extrusión y antes del secado. Los tensoactivos asegurarán una buena dispersión de los ácidos orgánicos a través del aceite.

Los tensoactivos utilizados en la industria de extrusión de alimentos secos para perros se utilizan para romper la tensión superficial del agua en el proceso de cocción en donde se agrega agua y vapor a la mezcla de ingredientes, esto hace que el agua se disipe y se extienda en más área de la mezcla generando mayor rapidez en la cocción, además de esto atrapa el agua libre de la mezcla y la libera con más rapidez durante el secado (Trouw nutrition, 2005).

El tensoactivo Fylax® es una mezcla sinérgica de ácidos orgánicos y surfactantes. Los ácidos orgánicos eliminan eficazmente los mohos garantizando el valor nutritivo y prolongando la vida útil de los alimentos compuestos para animales y alimentos para mascotas. Los tensoactivos actúan para optimizar la distribución de la humedad dentro del alimento y mejorando la liberación de la humedad durante el proceso de secado (Trouw nutrition, 2005).

Por lo anterior surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la incidencia del tensoactivo Fylax® en los de alimentos extruidos para perros?

2. JUSTIFICACIÓN.

Durante el proceso de secado el consumo de energía como las pérdidas por baja humedad son altas, por lo que este es el proceso de mayor cuidado en el procesamiento de alimentos para perros ya que representa las ganancias o pérdidas para la empresa. El producto intermedio ingresa al secador con 26% de humedad y esta se debe bajar al 8.5%, con tiempos de residencia en el secador de 0.66 horas. Es muy importante para las empresas del sector poder aumentar su capacidad de secado pues en eso reside el aumento de la producción total de la línea de producción. Los aditivos han sido propuestos como una alternativa para evitar lo anterior e incrementar la eficiencia del proceso como lo proponen Kralova & Sjöblom (2009). (Kralova & Sjöblom, 2009).

Un novedoso aditivo tensoactivo podría ser una solución eficaz para el mejoramiento de la eficiencia en el proceso de secado. Las pruebas realizadas anteriormente por el proveedor CARVAL indican un aumento en el peor de los casos de 1 ton/hora en la eficiencia de la línea de extrusión, lo cual se traduciría en más ganancias para la compañía, además de otras ventajas como el aumento de la vida útil del alimento. El costo del aditivo tensoactivo en polvo es de \$ 5.000 por kilogramo y el líquido tensoactivo es de \$ 4.200 por kilogramo, la sugerencia técnica es de agregar 1 Kg./ton del aditivo en polvo y 2 Kg./ton en su forma líquida, para un costo total de adición de \$ 13.400 por tonelada, si tenemos en cuenta que el costo por tonelada es de \$ 1'300.000 de los cuales el 80% corresponden a la materias primas que son costos fijos, el costo variable sería de \$ 260.000 por tonelada, el restante 20%; decimos entonces que al tener los mismos costos variables; al aumentar en una tonelada obtendríamos ganancias de \$260.000 por tonelada concernientes a costos variables, con una inversión de solo \$ 13.400 por tonelada. Al lograrse una eficiencia de 11 ton/ hora la compañía estaría disminuyendo el costo de secado en casi un 10%, logrando además de esto según el proveedor un aumento de la humedad de hasta 9% sin riesgos de daños en su vida útil, si hablamos de 0.5% en el incremento de la humedad máxima estamos también hablando de un incremento de 0.5% de la cantidad de producto terminado. (Xu, Nikolov, Wasan, Gonsalves, & Borkwankar, 1998).

La mejora de la eficiencia de secado es necesaria para el aumento del producto terminado total de la línea de producción y a su vez el incremento en el rendimiento de la empresa, se espera que al aplicar este aditivo se incremente la eficiencia de toda la línea de extrusión en un 10%.

El uso de tensoactivos en la industria de alimentos se menciona en diversos estudios realizados donde uno de los aspectos más importantes de los sistemas de polímero-tensoactivo es su capacidad para controlar la estabilidad y la reología en una amplia gama de composiciones. Las formulaciones basadas en emulsiones biocompatibles, biodegradables y/o no tóxicas tienen un gran potencial para aplicaciones en los alimentos (Kralova & Sjöblom, 2009). La combinación de características particulares como las actividades emulsionantes, anti adhesivas y antimicrobianas presentadas por los biotensoactivos sugiere una aplicación potencial como ingredientes o aditivos de uso múltiple (Kralova & Sjöblom, 2009).

3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de un aditivo tensoactivo en el proceso de fabricación de alimentos extruidos destinados para perros.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realizar la caracterización fisicoquímica, humedad y actividad de agua del alimento para perros adicionado con tensoactivo seleccionado a diferentes concentraciones.
- Determinar los cambios en las variables de calidad en los procesos de secado y extrusión, durante la elaboración de alimento para perros adicionado con tensoactivo.
- Establecer el comportamiento en la vida útil y del crecimiento fúngico del alimento para perros adicionado con tensoactivo en ambientes húmedos.

CAPÍTULO I

4. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.

Dentro del marco conceptual y teórico encontramos la caracterización tanto del alimento seco extruido para mascotas y el proceso de elaboración desde el recibo de materias primas hasta su empaque.

4.1. ALIMENTOS SECOS PARA MASCOTAS.

Los alimentos extruidos para mascotas son alimentos balanceados que pueden ser elaborados a partir de granos de los cuales se obtiene el almidón suficiente para lograr una gelatinización y consistencia necesaria en el proceso de extrusión para la palatabilidad y mejor tratamiento del alimento. El alimento seco extruido puede variar entre 3-11% de humedad (Rubio-Caroca & García De Los Ríos-Álvarez, 2017), en el caso de muchas empresas del sector está estipulado como máximo parámetro de humedad el 8.5% como política de calidad (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2018, 2020).

4.1.1. Los alimentos secos están disponibles como:

4.1.1.1. Productos extruidos.

Son los alimentos con más representación en el mercado de alimentos para perros con un 83.23% (Arboleda Villa & Restrepo Pérez, 2017). Los alimentos para mascotas de tipo seco generalmente tienen los niveles más altos de proteína de origen vegetal, son relativamente bajos en grasa y tienen la densidad calórica más baja en base a materia seca (Girginov, 2007). Ejemplos de estos alimentos son: Purina, Ringo, Italcan.

4.1.1.2. Kibbles.

Son alimentos utilizados principalmente por entrenadores de perros, se utilizan como recompensa, pero no tienen las características organolépticas que cumplan con dieta balanceada (Girginov, 2007), por ejemplo, raciones de galletas Ken'L, Triumph.

4.1.1.3. Alimento en pellets.

Estos son alimentos que se producen muy poco, tienen muchas desventajas con respecto a los alimentos extruidos como la baja digestibilidad al no tener una buena cocción el almidón no se alcanza a gelatinizar y la poca palatabilidad del alimento no lo hace atractivo, aunque el previo es atractivo por ser más barato que el extruido (Girginov, 2007).

4.1.2. Principales ventajas de los alimentos secos para perros.

- Son menos costosos.
- Pueden ser alimentados por libre elección.
- Su efecto abrasivo reduce la acumulación de sarro dental, promoviendo encías y dientes más sanos (Girginov, 2007).

4.1.3. Desventajas del alimento seco para perros.

- Son menos sabrosos que las formas suaves y húmedas o enlatadas para la mayoría de los perros.
- Otra desventaja de los alimentos secos es que solo se pueden usar ingredientes secos en su formulación. El secado fuerte puede reducir el contenido de nutrientes y la digestibilidad de algunos ingredientes.
- Son más bajos en contenido de ácidos grasos esenciales debido a la pequeña cantidad y el tipo de grasa (sebo de res) que se utiliza con frecuencia en su fabricación (Girginov, 2007).

4.2. FABRICACIÓN DE ALIMENTOS SECOS PARA PERROS.

4.2.1. Visión general.

Los alimentos secos para perros se elaboran mezclando ingredientes secos y húmedos para formar una masa. En el proceso de extrusión, la masa se calienta bajo presión y luego se empuja a través de una máquina troqueladora que corta las croquetas. El tamaño y la forma de las croquetas varían según la especificación del producto. Las croquetas se secan, se enfrían y se revisten por pulverización. Algunos alimentos secos también pueden producirse por medios distintos a la extrusión, como hornear.

4.2.2. Selección de ingredientes y abastecimiento.

Muchos de los ingredientes utilizados en la fabricación de alimentos para mascotas se describen como derivados o subproductos de animales (o pescado). Estos ingredientes son las partes del excedente animal que satisfacen los requisitos de la industria alimentaria humana. En los alimentos secos para mascotas, los derivados animales se usan comúnmente en forma de comida (como por ejemplo la harina de pollo, subproductos de aves de corral) donde la carne y los derivados animales se cocinan, la grasa se elimina y el material restante se seca para crear una comida seca. Los subproductos se pueden utilizar en forma fresca o congelada. Muchos de los otros ingredientes, como los cereales, los cereales y las verduras que se usan en los alimentos secos para mascotas vienen en forma seca y se muelen o se muelen antes de mezclarlos. También es probable que una receta incluya aceites y grasas, vitaminas y minerales. Se requiere para asegurar que el producto entrega todos los nutrientes esenciales.

4.2.3. Pesaje y preparación de ingredientes.

Los ingredientes se seleccionan cuidadosamente de acuerdo con la receta específica del fabricante de alimentos para mascotas, formulada para brindar una nutrición completa y

equilibrada para perros y gatos. Los ingredientes secos se muelen y se tamizan cuando es necesario y luego se mezclan.

4.2.4. Cocción y extrusión.

La mezcla seca se combina con ingredientes húmedos, agua y vapor en un pre-acondicionador, que hidrata las harinas, crea una masa y comienza el proceso de cocción. La masa luego ingresa a una máquina conocida como extrusora, que cocina la masa bajo presión. La masa sale de la extrusora bajo presión a través de una placa troqueladora, creando cintas de formas preespecificadas que luego se cortan en el tamaño preespecificado utilizando un cortador rotativo (Pacheco et al., 2018).

Después de la extrusión y el corte, las croquetas se secan al aire en un horno para eliminar la humedad y luego se enfrían. Reducir el contenido de humedad es un paso importante para mantener la frescura y evitar el deterioro de los alimentos (Cheng & Hansen, 2016).

Cuando se hornea, la masa se extiende y se corta en formas, luego se hornea en un horno (similar a las galletas o galletas).

La cocción por extrusión es una operación de procesamiento termo-mecánico para materiales agrícolas. Dentro de la extrusora, pueden ocurrir varios procesos, que incluyen flujo de fluidos, transferencia de calor, mezcla, corte, reducción del tamaño de partículas y fusión (Cheng & Hansen, 2016). La operación de extrusión se considera generalmente como un proceso de alta temperatura y corto tiempo, en el que los materiales se exponen a altas temperaturas en poco tiempo. Una gran variedad de productos, como cereales para el desayuno, pan plano, bocadillos y piensos acuáticos, pueden procesarse mediante un método de extrusión. En los últimos años, para mantener un crecimiento sostenible en la industria de alimentos acuáticos, los investigadores están investigando diferentes materias primas alternativas y sus métodos de procesamiento para reemplazar parcialmente la harina de pescado en el desarrollo de alimentos acuáticos (Cheng & Hansen, 2016).

En el proceso de extrusión, muchos parámetros, por ejemplo, los ingredientes de la receta, el contenido de humedad, la velocidad del tornillo y las temperaturas del barril, tienen un impacto en las calidades del producto de extrusión, como la expansión del extruido, la dureza, la durabilidad, la solubilidad en agua, la forma del sedimento, la absorción y el aspecto del aceite (Cheng & Hansen, 2016). Para controlar de manera óptima el proceso de operación y mejorar la eficiencia de la producción, es importante establecer una relación o modelo cuantitativo para los parámetros de extrusión y las calidades del producto a través de principios matemáticos y físicos (Cheng & Hansen, 2016).

4.2.5. Secado.

El secado (o deshidratación) es una de las operaciones unitarias importantes en la fabricación de alimentos, dirigida principalmente a la conservación de los alimentos al reducir la cantidad de humedad en la matriz alimentaria a niveles que ralentizarán / inhibirán las actividades microbianas y enzimáticas y la calidad del producto asociada al deterioro (H. T. Sabarez, 2015). Implica la eliminación de agua de una materia prima húmeda o producto en proceso al inducir cambios de fase de agua de sólido o líquido a una fase de vapor mediante la aplicación de calor (excepto en el caso de deshidratación osmótica durante la cual el agua es eliminada sin un cambio en la fase por la difusión de agua líquida de alimentos sólidos a una solución osmótica a través de una diferencia de presión osmótica). El secado es, en la mayoría de los casos, un proceso que consume mucha energía, lo que generalmente conduce a alteraciones pronunciadas en los atributos de calidad del producto debido a la exposición a largos tiempos de secado a altas temperaturas. El proceso de secado de los materiales alimenticios es extremadamente complejo, e involucra mecanismos transitorios acoplados de procesos de transferencia de calor, masa y momento acompañados por transformaciones físicas, químicas y de cambio de fase (H. T. Sabarez, 2012, 2014).

En el secado de alimentos, un desafío importante es eliminar el agua del material de la manera más eficiente, con una mejor calidad del producto, un impacto mínimo en el medio ambiente y con los costos operativos y de capital más bajos del proceso. Los problemas de secado

son diversos, ya que son diversos los materiales alimenticios con propiedades fisicoquímicas muy diversas deben secarse a diferentes escalas de producción y con especificaciones de calidad de producto muy diferentes (Mujundar & Zhonghua, 2007).

El aumento de la competencia actual debido a la globalización, junto con la creciente demanda de los consumidores por productos de mejor calidad, junto con la necesidad de procesos ecológicos y sostenibles para mantener la competitividad con un impacto mínimo en el medio ambiente, continuará buscando innovaciones en el proceso de secado. Esto impulsará aún más los esfuerzos para mejorar el rendimiento de las tecnologías de secado existentes y el desarrollo de nuevos conceptos de secado.

4.3 HISTORIA DEL SECADO DE ALIMENTOS.

La conservación de los materiales alimenticios mediante el secado se ha llevado a cabo desde la historia temprana registrada de la civilización humana. La historia del secado de alimentos es larga y se remonta hasta 20000 AC (Hayashi, 1989). La evidencia muestra que Oriente Medio y las culturas orientales secaron activamente los alimentos a partir del 12000 AC bajo el sol caliente. Durante la edad mesolítica (alrededor del 10 000 AC), los peces fueron capturados y secados por personas en Solvieux, en el sur de Francia. En el antiguo Egipto (alrededor del 2800 AC), frutas y nueces (por ejemplo, manzanas, uvas, albaricoques, higos y almendras) se secaron al sol. Durante la Edad Media (AD 630 a AD 1630) (Hayashi, 1989), el ejército mongol produjo leche en polvo secada al sol, mientras que las hojas y frutos de cacao se secaron al sol en México y Perú.

A finales de la década de 1700, los franceses desarrollaron con éxito una unidad de deshidratación para deshidratar frutas y verduras a una temperatura controlada. El equipo francés cortó las frutas y verduras, luego las secó al aire caliente (40 ° C), las presionó y luego las selló en papel de aluminio (H. Sabarez, 2016). Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XX cuando el secado mecánico finalmente comenzó a reemplazar al secado natural al sol. Fue particularmente al final de la Segunda Guerra Mundial que el secado mecánico desde entonces ha

despegado a gran velocidad. Los primeros métodos de secado, como la bandeja de camión y el secado del tambor, se mejoraron pronto (H. Sabarez, 2016). Esto fue seguido por el desarrollo de nuevos métodos (en ese momento), incluyendo secado por aspersión, secado en lecho fluidizado, secado al vacío y secado por congelación. Un esfuerzo significativo continúa hasta nuestros días para mejorar estos métodos de secado. Además, constantemente surgen nuevos desafíos a medida que aparecen nuevos requisitos de secado para nuevos productos (H. Sabarez, 2016). Esto continúa impulsando esfuerzos adicionales para desarrollar nuevas, innovadoras y novedosas técnicas de secado.

4.3.1 Aplicaciones comunes.

Hoy en día, el secado se emplea en diversos sectores industriales (por ejemplo, papel, madera, alimentos, agricultura, gestión de residuos, etc.) utilizando diferentes técnicas. En lo que respecta a los sectores industriales, la alimentación y la agricultura siguen siendo los sectores más dominantes con respecto a la importancia crítica del secado para estas industrias (S V Jangam & Thorat, 2010). Numerosos productos alimenticios se conservan rutinariamente mediante el secado, que incluye granos, productos marinos, productos cárnicos, productos lácteos, así como frutas y verduras (Sachin V Jangam, 2011). Hay muchos métodos diferentes para secar los materiales alimenticios, cada uno con sus propias ventajas y desventajas para aplicaciones particulares. Un gran número de secadora. Los diseños reportados en la literatura se deben a las diferencias en los atributos físicos del producto, los modos de entrada de calor, las temperaturas y presiones de operación, las especificaciones de calidad del producto seco, etc.

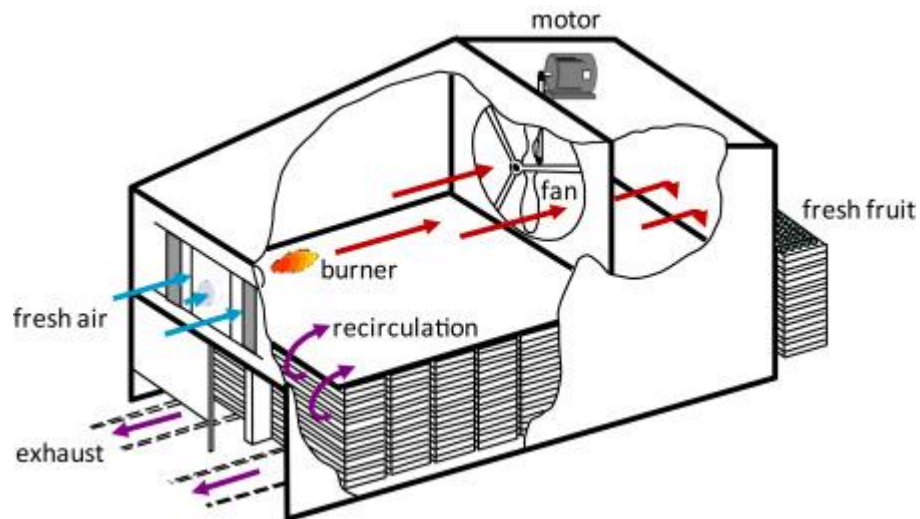
La mayoría de los secadores utilizados en la industria alimentaria son de tipo convectivo, es decir, el aire caliente se utiliza tanto para suministrar calor para la evaporación del agua como para eliminar la humedad evaporada del producto, estos son los más utilizados para secar alimentos para perros (H. Sabarez, 2016). Este es, con mucho, el método de secado más común usado a escala industrial porque es simple y fácil de operar, además de los costos de capital relativamente bajos (por el momento), aunque es pobre en eficiencia energética (H. Sabarez, 2016). Otro tipo de secadores implica suministrar calor al material de secado a través del contacto

con sólidos metálicos / no metálicos calentados (vibración molecular) o fluidos de papelería (principalmente por colisión molecular) por conducción (por ejemplo, secadores de tambor) (H. Sabarez, 2016). Los secadores también se clasifican de acuerdo con la energía radiante suministrada en varias formas de ondas electromagnéticas, categorizadas según la región del espectro electromagnético (por ejemplo, radiofrecuencia (RF), infrarrojo (IR), microondas (MW)) (H. Sabarez, 2016). En las aplicaciones de secado de alimentos, los principales tipos de radiación aplicada son IR, MW y RF, todos los cuales emplean mecanismos de calentamiento muy diferentes. Estos se pueden usar solos o como tecnologías combinadas (por ejemplo, combinaciones de MW y aplicación de vacío, MW e IR, entre otras) (Bansal & Chung, 2007a; Sachin V Jangam, 2011; H. T. Sabarez, 2015).

4.3.2 Secado por deshidratación o túnel.

La deshidratación en túnel es el método más utilizado en la deshidratación industrial de frutas y verduras. Este método de secado se ha utilizado comercialmente en Australia y otras partes del mundo para el secado de frutas (principalmente ciruelas, albaricoques, uvas y tomates) (Unadi, Fuller, & Macmillan, 1996). El secador del túnel consiste básicamente en un túnel (como cámara de secado) que contiene bandejas de producto que se colocan en carros móviles (también denominados camiones) que se mueven a lo largo del túnel, un ventilador para hacer circular el aire caliente y una unidad de calefacción para precalentar el aire antes de que salga por el producto alimenticio y luego se ventile hacia el escape (Figura 1). El aire circulado se calienta directamente, generalmente por un quemador de gas, y el aire calentado es forzado dentro del túnel por un ventilador. En el secado en túnel, las materias primas se cargan en los carros de las bandejas y estos carros se introducen en el túnel de secado en un extremo a intervalos regulares de forma continua y el producto seco se descarga en el otro extremo del túnel.

Figura 1. Diagrama esquemático de un secador de túnel típico utilizado en el secado comercial de ciruelas



Fuente: H. T. Sabarez, (2010). *Improving Prune Dehydration Cost Efficiency*.

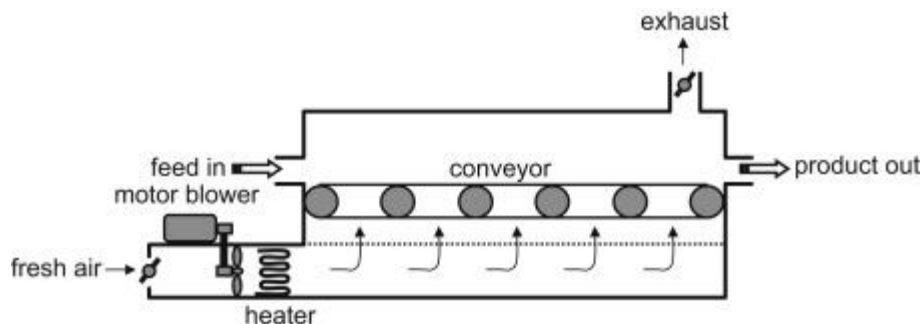
Los secadores de túnel funcionan en diversas configuraciones, como contraflujo, flujo paralelo y flujo mixto. Las condiciones de secado en estos diversos arreglos de túneles son diferentes (H. T. Sabarez, 2015). En una configuración a contracorriente, el aire de secado se introduce en un extremo del túnel mientras que los carros de materiales alimenticios entran por el otro extremo, y cada uno se mueve en direcciones opuestas (H. Sabarez, 2016). Esta configuración se caracteriza por tener las condiciones más propicias para un calentamiento intenso al final del ciclo cuando los productos están casi secos y el calentamiento suave o suave en las etapas iniciales. El funcionamiento del túnel de flujo paralelo es opuesto al de contraflujo. Los carros de alimentos y aire de secado entran por el mismo extremo del túnel y avanzan a través del túnel en la misma dirección (H. Sabarez, 2016). Esta configuración se caracteriza por un calentamiento intenso en las primeras etapas en las que el material a secar todavía está muy húmedo, seguido de un secado lento a medida que el producto se acerca al fin del enfriador. En la configuración de flujo mixto, el aire se mueve en la misma dirección que el producto en algunas ubicaciones de la secadora, y luego se mueve en la dirección opuesta con el producto en otras ubicaciones. Esta configuración es básicamente una combinación de configuraciones de flujo paralelo y contraflujo (H. Sabarez, 2016). La selección de la configuración del túnel depende de

la sensibilidad del producto a altas temperaturas en diferentes contenidos de humedad.

4.3.3 Secado de cinta transportadora.

Los secadores de cinta transportadora a menudo se usan para aplicaciones de secado industrial grandes como el secador de alimentos secos para perros. Este tipo de secador se opera de forma continua y se puede usar para secar muchos tipos de productos alimenticios, incluidas piezas de frutas y vegetales (Bansal & Chung, 2007b). Consiste en una unidad de calentamiento, un ventilador para ventilación, una cámara de secado y una cinta transportadora (Figura 2). El producto se coloca en un transportador y se mueve continuamente a través de la cámara de secado a la velocidad del transportador desde la entrada de alimentación hasta la salida del producto del secador. El tiempo de secado deseado se logra regulando la velocidad del transportador (H. Sabarez, 2016). Si se requiere un tiempo de secado más largo, se usa un secador de cinta transportadora de varias etapas, que consiste en una serie de cintas transportadoras apiladas horizontal o verticalmente (una encima de la otra). La disposición vertical permite que la longitud del secador sea más corta, pero aumenta la altura del secador a medida que se agregan transportadores adicionales. En la deshidratación del transportador de múltiples etapas (vertical), el producto se mueve hacia adelante y hacia atrás dentro del secador (H. Sabarez, 2016). El movimiento del aire de secado en un transportador secador también puede ser en una configuración de corriente alterna, contracorriente o flujo mixto (Tang & Yang, 2004). El secador puede constar de varias secciones en serie para cada etapa, en las que la temperatura, la velocidad y dirección del aire y la velocidad del transportador se pueden controlar para cada sección para maximizar la velocidad de secado y optimizar la eficiencia energética. Los secadores de transportadores generalmente proporcionan un mayor rendimiento y una calidad del producto más consistente, pero requieren una mayor inversión en comparación con los secadores de túneles (H. Sabarez, 2016).

Figura 2. Diagrama esquemático de un solo secador de cinta transportadora



Fuente: Bansal & Chung, (2007). *Tomato dehydration. En Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications.*

4.3.4 Eficiencia de secado.

El secado es una operación compleja que implica la transferencia transitoria de calor y masa junto con varios procesos de velocidad, como las transformaciones físicas o químicas, que, a su vez, pueden provocar cambios en la calidad del producto, así como los mecanismos de transferencia de calor y masa (Mujumdar, 2012, p. 2). Los cambios físicos que pueden ocurrir incluyen: contracción, hinchazón, cristalización, transiciones de vidrio. En algunos casos, pueden producirse reacciones químicas o bioquímicas deseables o indeseables que conducen a cambios en el color, la textura, el olor u otras propiedades del producto sólido. En la fabricación de catalizadores, por ejemplo, las condiciones de secado pueden producir importantes diferencias en la actividad del catalizador al cambiar la superficie interna (Mujumdar, 2012, p. 3).

El secado se produce al efectuar la vaporización del líquido al suministrar calor a la materia prima húmeda. El calor puede suministrarse por convección (secadores directos), por conducción (secadores de contacto o indirectos), por radiación o volumétricamente al colocar el material húmedo en un campo electromagnético de microondas o de radiofrecuencia. Más del 85 % de los secadores industriales son del tipo convectivo con aire caliente o gases de combustión directa como medio de secado (Mujumdar, 2012, p. 3). Más del 99% de las aplicaciones implican la eliminación de agua (Mujumdar, 2012, p. 3). Todos los modos, excepto el dieléctrico (microondas y radiofrecuencia) suministran calor en los límites del objeto de secado, de modo

que el calor debe difundirse en el sólido principalmente por conducción. El líquido debe viajar hasta el límite del material antes de que sea transportado por el gas portador (o por aplicación de vacío para secadores no convectivos) (Mujumdar, 2012, p. 3).

El transporte de humedad dentro del sólido puede ocurrir por uno o más de los siguientes mecanismos de transferencia de masa:

- Difusión del líquido, si el sólido húmedo está a una temperatura por debajo del punto de ebullición del líquido (Mujumdar, 2012, p. 3).
- Difusión de vapor, si el líquido se vaporiza dentro del material (Mujumdar, 2012, p. 3).
- Difusión de Knudsen, si el secado tiene lugar a temperaturas y presiones muy bajas, por ejemplo, en el secado por congelación (Mujumdar, 2012, p. 3).
- Difusión superficial (posible, aunque no probada (Mujumdar, 2012, p. 3).)
- Diferencias de presión hidrostática, cuando las tasas de vaporización interna exceden la tasa de transporte de vapor a través del sólido a los alrededores (Mujumdar, 2012, p. 3).
- Combinaciones de los mecanismos anteriores (Mujumdar, 2012, p. 3).

Dado que la estructura física del sólido de secado está sujeta a cambios durante el secado, los mecanismos de transferencia de humedad también pueden cambiar con el tiempo de secado transcurrido (Mujumdar, 2012, p. 3).

El contenido en humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos, y se expresa como (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2005, p. 587):

$$Y_t = \frac{w_T - w'_S}{w'_S}$$

Donde;

w_T : Es el peso del material en un tiempo determinado.

w'_S : El peso de los sólidos secos.

Y_t : Humedad expresada como peso de agua/peso de solido seco.

Tenemos también la velocidad de secado expresada como R (Geankoplis, 2003):

$$R = -\frac{w'_S}{A} \frac{dY}{dt}$$

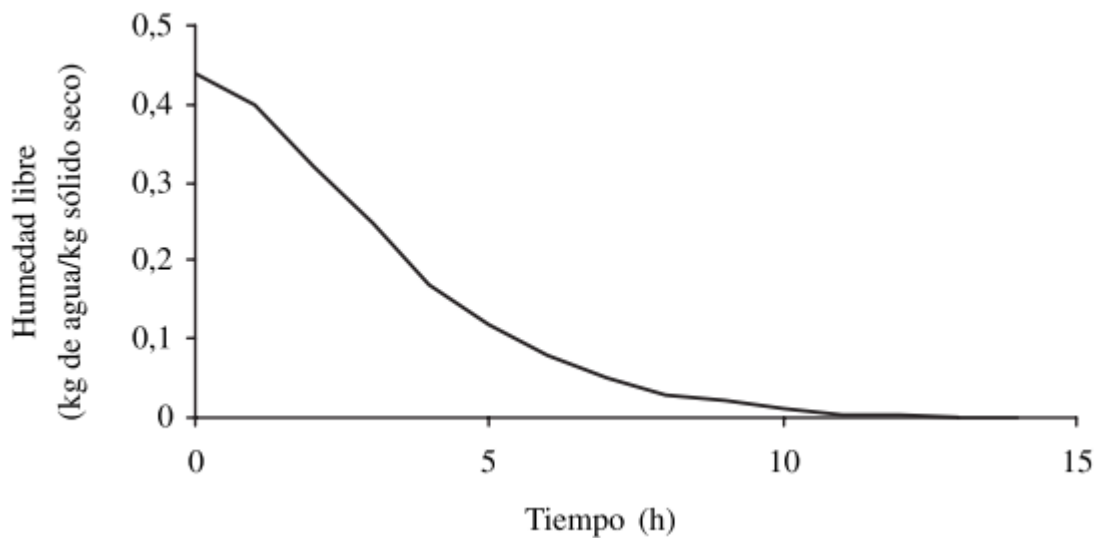
Donde;

w'_S : Caudal de sólido seco.

A: Área de la superficie que se está secando.

Podemos obtener una eficiencia de secado cuando hablamos de uniformidad de secado y de tiempo mínimo necesario para retirar la mayor cantidad posible de humedad libre (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2005, p. 588).

Figura 3. Contenido de humedad en función del tiempo de secado

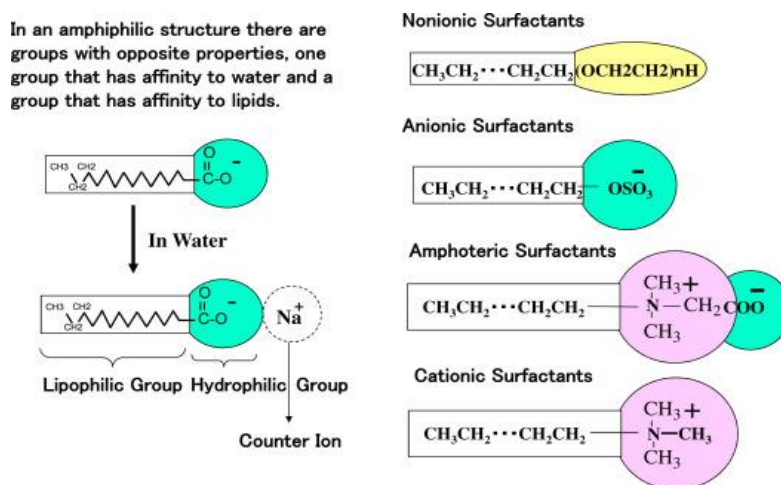


Fuente: Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*

4.4 TENSOACTIVOS.

Los tensoactivos se clasifican en tensoactivos iónicos y tensoactivos no iónicos. Los tensoactivos iónicos se subclasifican en tensoactivos aniónicos, donde el grupo hidrofílico se disocia en aniones en soluciones acuosas, los tensoactivos catiónicos que se disocian en cationes y los tensoactivos anfóteros que se disocian en aniones y cationes a menudo dependiendo del pH (Sakamoto, Lochhead, Maibach, Yamashita, & Nakama, 2017). Los tensoactivos no iónicos son tensoactivos que no se disocian en iones en soluciones acuosas, y se subclasifican según el tipo de su grupo hidrofílico (Fig. 3). los Grupos hidrofílicos comunes de tensoactivos iónicos son carboxilato ($-\text{COO}^-$), sulfato ($-\text{OSO}_3^-$), sulfonato (SO_3^-), carboxibetaína ($-\text{NR}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$), sulfobetaína ($-\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{C}_3\text{H}_6\text{SO}_3^-$), y amonio cuaternario ($-\text{R}_4\text{N}^+$). Como ejemplo, una molécula de jabón tiene una cadena de hidrocarburo como su grupo funcional lipófilo que tiene afinidad por los lípidos (el grupo lipófilo) y un anión carboxilato como su grupo funcional que tiene afinidad por el agua (el grupo hidrófilo) (Sakamoto et al., 2017). En una solución acuosa, el anión carboxilato forma una estructura con contra-iones como Na^+ , K^+ o Mg^{2+} (Fig. 3). El grupo hidrófilo de los tensoactivos no iónicos suele ser un grupo polioxietileno, pero también, (Sakamoto et al., 2017) hay tensoactivos no iónicos con grupos glicerilo o grupos de sorbitol, y también se utilizan tensoactivos no iónicos con estos diferentes grupos hidrófilos, dependiendo de la aplicación.

Figura 4. Estructura y clasificación de los tensoactivos

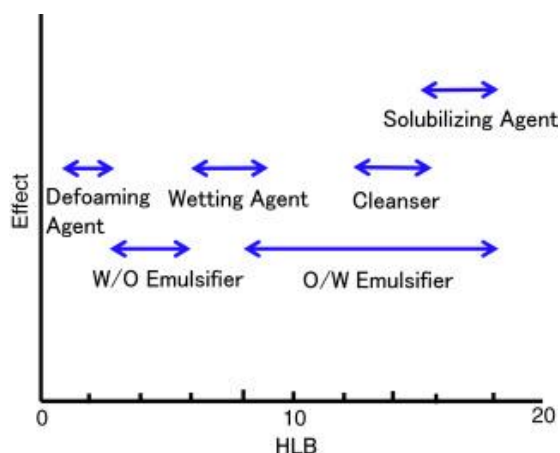


Fuente: Sakamoto et al., (2017). *Surfactants. Cosmetic Science and Technology*.

Los tensoactivos también se clasifican según su solubilidad, como los tensoactivos hidrófilos que son solubles en agua o los tensoactivos hidrófobos (lipófilos) que son solubles en lípidos (Sakamoto et al., 2017). Los tensoactivos iónicos son generalmente tensoactivos hidrófilos, pero los tensoactivos no iónicos pueden ser hidrófilos o lipófilos, dependiendo del equilibrio del grupo hidrófilo y el grupo lipófilo. En otras palabras, la solubilidad de los tensoactivos no iónicos depende del equilibrio entre la capacidad del grupo hidrofílico de atraer agua y la capacidad del grupo lipofílico de atraer aceite (Sakamoto et al., 2017). El equilibrio hidrofílico-lipofílico (HLB) es un indicador que cuantifica este equilibrio relativo. HLB fue propuesto por primera vez por Griffin (Lowenthal, 1968) y actualmente se han informado varias fórmulas para calcular HLB. Dado que HLB indica las características de los tensoactivos no iónicos, se usa comúnmente como un indicador para elegir un tensoactivo para aplicaciones específicas, como emulsionantes o limpiadores (Fig. 4). Sin embargo, dado que HLB es simplemente un indicador basado en la experiencia, puede usarse como referencia para elegir un tensoactivo para una aplicación, pero esto no es suficiente en el desarrollo de la formulación y eso puede llevar a muchos desafíos (Sakamoto et al., 2017). Conocer las características de los tensoactivos de manera eficiente y rápida es vital en el desarrollo de la formulación. Además del HLB, hay dos indicadores que

muestran subjetivamente estas características: el punto de nube para tensoactivos no iónicos y el punto de Krafft para tensoactivos iónicos (Sakamoto et al., 2017).

Figura 5. Índice para la elección de tensoactivos



Fuente: Sakamoto et al., (2017). *Surfactants. Cosmetic Science and Technology*.

4.4.1 Tensoactivos en la industria alimentaria.

Los tensoactivos se han utilizado en la industria alimentaria durante muchos siglos. Los tensoactivos naturales tales como la lecitina de la yema de huevo y varias proteínas de la leche se utilizan para la preparación de muchos productos alimenticios como la mayonesa, las cremas para ensaladas, los aderezos, los postres, etc. Luego, se introdujeron los lípidos polares como monoglicéridos como emulsionantes para los productos alimenticios (Xu et al., 1998). Más recientemente, se han usado tensoactivos sintéticos tales como ésteres de sorbitán y sus etoxilatos y ésteres de sacarosa en emulsiones alimentarias. Por lo tanto, la comprensión de la formación, las estructuras y las propiedades de las emulsiones es esencial para la creación y estabilización de estructuras en los alimentos. Además de los productos que se acaban de mencionar, la leche entera y la crema son emulsiones, como mantequilla, margarina, productos para untar, mayonesa y aderezos, cremas para café, licores de crema, algunas bebidas de frutas e ingredientes para batir (Larsson, Friberg, & Sjoblom, 2004). Muchos alimentos son sistemas coloidales, que contienen

partículas y gotas de varios tipos. Las partículas pueden permanecer como unidades individuales, pero en la mayoría de los casos, la agregación tiene lugar para formar estructuras tridimensionales, denominadas "geles". Estas estructuras de agregación pueden formarse por partículas o por asociación de polímeros y / o tensoactivos y están en el concepto más general determinado por las magnitudes relativas de fuerzas atractivas (fuerzas de van der Waals) y fuerzas repulsivas. Este último, puede ser electrostático de las interfaces cargadas o estérico de los polímeros adsorbidos o de las vesículas en la fase continua, dependiendo de las composiciones de las formulaciones de los alimentos. Los tensoactivos adsorbidos son la causa de las fuerzas repulsivas. Los tensoactivos iónicos actúan principalmente a través de la repulsión electrostática; Los tensoactivos con un grupo polar polimérico producen repulsión estérica, que puede reforzarse con efectos electrostáticos si el grupo polar también está cargado. La interacción entre el tensoactivo y la molécula de polímero juega un papel importante en todos los sistemas. La interacción entre proteínas e hidrocoloides es muy importante, especialmente vital; lleva a la comprensión de las propiedades interfaciales y la reología masiva del sistema (Tadros, 2005).

Hay tres tipos principales de emulsión que son importantes en los alimentos. En emulsiones de aceite en agua (o/w), las gotas de aceite se suspenden en una fase acuosa continua. Estos son los tipos de emulsión más versátiles, que existen en muchas formas (mayonesa, licor de crema, cremas, ingredientes para batir, mezclas de helados) y sus propiedades se controlan tanto los tensoactivos utilizados como los componentes presentes en la fase acuosa. Otro tipo es la emulsión de agua en aceite (w/o), que se tipifica por la mantequilla, las margarinas y los productos para untar a base de grasa en general. La estabilidad de estas emulsiones depende más de las propiedades de la grasa o del aceite y también del tensoactivo utilizado en la fase acuosa. El tercero de los tipos de emulsión es agua en aceite en agua (w/o/w), (Tadros, Dederen, & Talman, 1995) que es, en efecto, una emulsión o/w cuyas gotitas contienen partículas de agua (es decir, son w/o emulsión). Para una mejor descripción, podemos dividir las emulsiones de alimentos en tres grupos (Holland & Rubingh, 1992). La primera clase (cremas para café, licores de crema) solo requiere ser estable frente a la crema y la coalescencia durante su vida útil. La segunda clase de emulsiones (Holland & Rubingh, 1992) contiene aquellas que pueden usarse como ingredientes que participan en la formación de estructuras de productos más complejos, es

decir, otros componentes de los alimentos (proteínas, polisacáridos) forman una matriz en la que los glóbulos de grasa están atrapados o con los que interactúan (yogures, quesos procesados). En la tercera clase de emulsión, se requiere que las gotitas creen nuevas estructuras durante el procesamiento, como en los productos de helado o batidos, donde la emulsión se desestabilice y además interactúe como un medio para crear estructura en los productos.

Los tensoactivos son sustancias que crean grupos moleculares autoensamblados llamados micelas en una solución (fase de agua o aceite) y se adsorben a la interfaz entre una solución y una fase diferente (gases / sólidos). Para mostrar estas dos propiedades físicas, un tensoactivo debe tener una estructura química con dos grupos funcionales diferentes con afinidad diferente dentro de la misma molécula. Por lo general, las moléculas de las sustancias llamadas tensoactivos tienen una cadena de alquilo con 8 a 22 carbonos (Kralova & Sjöblom, 2009). Esta cadena se denomina grupo hidrofóbico, que no muestra afinidad por el agua (se les llama grupos hidrofóbicos, ya que los tensoactivos se usan a menudo en sistemas de agua, pero cuando se usan en sistemas de lípidos se les llama grupos lipofílicos) (Kralova & Sjöblom, 2009). Las moléculas del tensoactivo también tienen un grupo funcional llamado grupo hidrófilo que tiene afinidad con el agua. Este tipo de estructura con dos funciones opuestas se denomina estructura anfifílica (Kralova & Sjöblom, 2009).

4.4.2 Tensoactivos en la industria de alimentos extruidos.

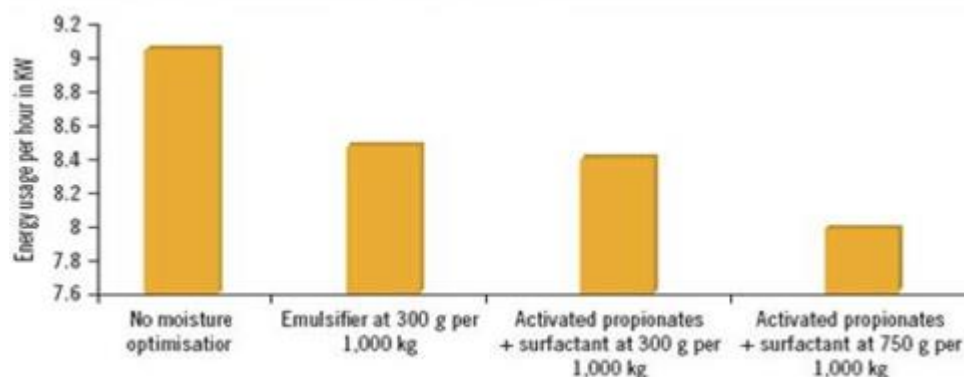
Los tensoactivos utilizados en la industria de extrusión de alimentos secos para perros se utilizan para romper la tensión superficial del agua en el proceso de cocción en donde se agrega agua y vapor a la mezcla de ingredientes, esto hace que el agua se disipe y se extienda en más área de la mezcla generando mayor rapidez en la cocción, además de esto atrapa el agua libre de la mezcla y la libera con más rapidez durante el secado (Trouw nutrition, 2005). Además de generar otros beneficios como la durabilidad en almacenamiento de los alimentos al prologar su vida útil y también de mejorar las condiciones de producción en los procesos de extrusión y/o peletizado en plantas de alimentos balanceados (Van der Heijden & de Haan, 2010)(Selko, 2019). En los procesos de molienda y enfriamiento de las plantas de alimentos para perros una de las

metas también es preservar la mayor cantidad posible de agua en el alimento mientras no se afecte la vida útil del este debido la generación de microorganismos por el agua retenida (Van der Heijden & de Haan, 2010).

El tensoactivo a utilizar en esta investigación es el Fylax®, el cual es una mezcla sinérgica de ácidos orgánicos y tensoactivos. Se produce utilizando una tecnología de producción que crea propionatos activados que se mantienen en micelas. Los ácidos orgánicos activados eliminan eficazmente los mohos para garantizar el valor nutritivo y prolongar la vida útil del alimento. En los alimentos extruidos, el líquido de Fylax® Forte HC puede mezclarse directamente con el producto durante la extrusión y antes del secado. Los tensoactivos asegurarán una buena dispersión de los ácidos orgánicos a través del aceite.

Según estudios realizados en Holanda (Van der Heijden & de Haan, 2010), mostraron que el uso de propionatos activados en combinación con tensoactivos reducen el consumo energético necesario para la producción de estos alimentos balanceados para animales, llegando a reducir entre el 7-12% el consumo de energía, dependiendo de la dosis, lo cual hace que el proceso sea más eficiente (Figura 6).

Figura 6. Disminución en el consumo de energía durante el estudio de realizado por Van der Heijden



Fuente: Van der Heijden & de Haan, (2010). En *AllAboutFeed: Optimising moisture while maintaining feed quality*.

El efecto de algunos tensoactivos, por ejemplo, como el oleato de etilo en las tasas de secado de almidones y uvas sin semillas se investigó en un secador de aire de planta piloto (Saravacos, Marousis, & Raouzeos, 1988). La incorporación de oleato de etilo en las pastas no calentadas de almidón con alto contenido de amilosa aumentó significativamente la velocidad de secado durante la etapa inicial del secado, pero tuvo poco efecto sobre las velocidades de secado de las pastas granulares de almidón con alto contenido de amilopectina y los almidones gelatinizados (Saravacos et al., 1988). La inmersión de las uvas en emulsiones alcalinas de oleato de etilo aumentó significativamente la velocidad de secado durante todo el período de secado.

Los tensoactivos puede actuar como agente humectante, aumentando la velocidad de evaporación del agua de las superficies porosas en las primeras etapas de secado (Saravacos et al., 1988). La aceleración del secado en alimentos puede deberse a la acción de los disolventes del oleato de etilo sobre la superficie del alimento (Rao, Rizvi, Datta, & Ahmed, 2014; Saravacos et al., 1988).

4.5 VIDA ÚTIL.

Según el estudio realizado por van der Heijden & de Haan (Van der Heijden & de Haan, 2010) la combinación de propionatos activados y tensoactivos a 750 g por tonelada de alimento dio como resultado un aumento sustancial de la vida útil de almacenamiento de los pellets (Van der Heijden & de Haan, 2010). Para determinar la viabilidad económica del control de humedad para las fábricas de alimentos, el rendimiento de la inversión se calculó utilizando el costo-beneficio. El costo y los beneficios por tonelada de alimento se calcularon utilizando precios comerciales para productos probados, alimentos para cerdos y costo de la electricidad. La relación costo-beneficio indica el ahorro en euros por cada euro invertido en la optimización de la humedad. Como la vida útil es difícil de cuantificar en costo o beneficio, se otorga una calificación (Van der Heijden & de Haan, 2010). Una combinación de ácidos orgánicos con propionatos activados que forman micelas y tensoactivos seleccionados junto con la adición de agua en el proceso de extrusión es un método eficaz para optimizar los niveles de humedad del alimento. Mejorar la eficiencia de producción y garantizar la calidad del pellet. Las propiedades

de inhibición de moho de esa tecnología eliminaron el efecto negativo en la vida útil que es común para las estrategias de agregar solo agua o agregar agua y emulsionantes. Las tasas de inclusión relativamente bajas permiten beneficios económicos significativos para la fábrica de alimentos, al tiempo que mantienen la vida útil de este. Esto lo convierte en un enfoque interesante para países y productos alimenticios para los cuales la optimización económica es muy importante. Cuando se dosifica en niveles que son comunes para los inhibidores de moho, se pueden lograr aún más beneficios, ya que las tasas de retención de agua son mucho más altas y la vida útil puede aumentar significativamente. Esto lo hace especialmente interesante para los fabricantes de alimentos especiales y alimentos para mascotas, que normalmente buscan una vida útil prolongada.

4.5.1 Actividad de agua (A_w).

El alimento para mascotas y otros alimentos para animales deben ser nutricionalmente seguros y estables a una vida útil específica. Al igual que la comida humana, los componentes de la dieta de mascotas son susceptibles al deterioro microbiano, químico, físico y de insectos. La actividad del agua (A_w) es una herramienta muy práctica para desarrollar y producir alimentos para mascotas nutritivos, seguros y estables porque es fundamental para el crecimiento microbiano, la textura, el sabor, la reactividad química (como el pardeamiento o la oxidación de lípidos) o la actividad enzimática (Beuchat, 1983).

La actividad del agua se basa en la termodinámica y se define como la presión de vapor del agua sobre una muestra dividida por la presión de vapor del agua pura a una temperatura dada. Los valores de actividad del agua representan una escala que varía de 0 a 1 (Carter & Fontana, 2008). Las bacterias, los mohos y las levaduras requieren agua para su crecimiento y cada microorganismo tiene una actividad de agua mínima por debajo de la cual no crece. Se necesita una actividad de agua inferior a 0,85 en los alimentos para evitar la atención reguladora (Başer & Yalçın, 2017). A este valor, se considera que un alimento no es peligroso porque no hay suficiente agua disponible para apoyar el crecimiento de patógenos. El alimento seco para mascotas y las golosinas duras generalmente están en el rango de A_w de 0,40-0,45 (Timmons,

2006). A este bajo nivel de agua disponible ($<0,6 A_w$), la estabilidad microbiana no es un problema. Los alimentos enlatados, sin embargo, suelen ser más altos que $0,85 A_w$ y deben acidificarse. Aunque las actividades acuáticas inferiores a $0,85$ no se consideran peligrosas desde el punto de vista del crecimiento de bacterias patógenas, pero el crecimiento de levaduras y mohos puede causar deterioro y deterioro físico. Los alimentos blandos para mascotas y las croquetas normalmente caen en este rango intermedio de $0,60$ a $0,85 A_w$ y es necesario un procesamiento complementario como la pasteurización, el control del pH o la adición de conservantes para proteger estos alimentos (Timmons, 2006).

La estabilidad física es extremadamente dependiente de la actividad del agua. Los alimentos secos llegarán a un equilibrio final con su entorno. Si la humedad relativa del ambiente es mayor que la actividad del agua del producto, el producto tomará agua hasta que alcance el equilibrio con el ambiente. Si esta actividad de agua agregada está por encima del límite crítico para el alimento, comenzará a apelmazarse, lo cual es inaceptable para el consumidor. Se debe determinar un límite crítico de actividad de agua para cada producto nuevo. Esto se puede establecer creando una isoterma de absorción de agua. Se crea una isoterma a una temperatura establecida al examinar las lecturas de la actividad del agua frente a las lecturas de humedad de un producto (Başer & Yalçın, 2017). Desde la isoterma, se puede establecer el nivel de humedad del agua que el producto alcanzará a una humedad relativa específica a una temperatura establecida. Si se nota el nivel de humedad asociado con el límite crítico (cambio de las características físicas) de un producto, se pueden establecer las condiciones de almacenamiento/empaque. Un producto con un límite crítico por encima de las condiciones de almacenamiento realistas no necesitará un embalaje especial. Los productos con un límite crítico más bajo pueden necesitar recipientes herméticos (Timmons, 2006).

Los insectos son otro problema potencial durante el almacenamiento de alimentos para mascotas, que en algunos casos pueden controlarse mediante la actividad del agua (Başer & Yalçın, 2017). Los ácaros se encuentran comúnmente en algunos ingredientes alimentarios y tienen la capacidad de sobrevivir a través de algunos pasos de procesamiento. Los ácaros pueden estar activos a 5 °C por encima de $0.65 A_w$, a 25 °C por encima de $0.63 A_w$ y a 40 °C por encima

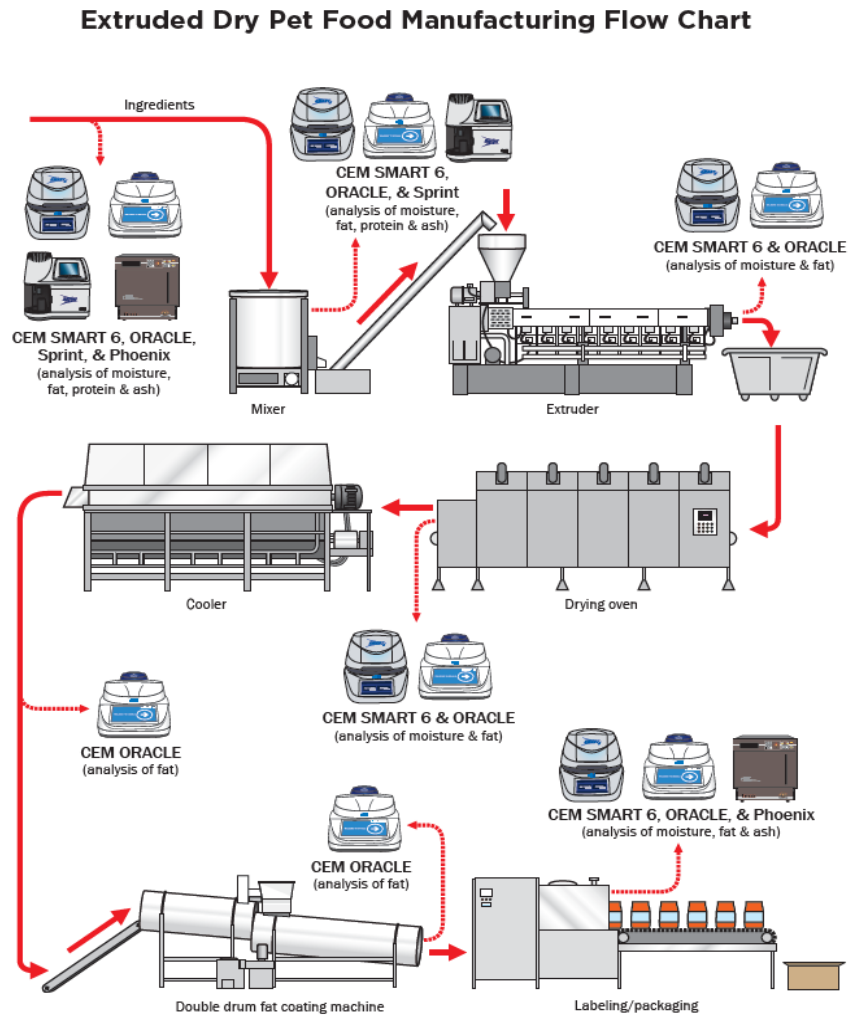
de 0.60 A_w (Başer & Yalçın, 2017). Los alimentos secos y los alimentos para mascotas, que están muy por debajo de 0.60 A_w , deben permanecer libres de ácaros (Decagon, 2003). La mayoría de los alimentos para mascotas consisten en alimentos secos y el 95% de los alimentos secos son alimentos extruidos para mascotas (Başer & Yalçın, 2017). La calidad de los alimentos extruidos y granulados se ve afectada por algunos factores relacionados con su producción. Sin embargo, los estudios para determinar la actividad del agua y el índice de durabilidad de los alimentos para mascotas son limitados y no hay ningún estudio sobre este tema en Colombia.

4.5.2 Revestimiento, engrasado y saborizado.

Después de secar y enfriar, las croquetas a menudo entran en un tambor giratorio donde se recubren uniformemente con una mezcla de sabores para mejorar el sabor y conservantes para evitar el deterioro durante la vida útil de los alimentos. Los sabores u otros recubrimientos también se pueden rociar sobre los alimentos horneados cuando salen del secador (McEllhiney & Association., 1994).

Los potenciadores de la palatabilidad aplicados como un revestimiento superior son esenciales para garantizar que las mascotas se sientan atraídas y disfruten de los alimentos secos. Para maximizar el atractivo de las comidas, las croquetas recubiertas con palatantes como sebos y saborizantes deben ser lo más accesibles posible para el olfato y las papilas gustativas altamente sensibles del perro (Giroto, 2017).

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción de alimentos secos para perros



Fuente: CEM, (2017). *Dry Pet Food Production Process*.

CAPITULO II

5 DISEÑO METODOLOGICO

5.1 UBICACIÓN.

El proyecto se desarrolló en la planta industrial de alimentos para mascotas situada en el municipio de Cartago, Valle del Cauca y en las instalaciones de la empresa CARVAL, proveedora del aditivo tensoactivo Fylax®, situada en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca.

5.2 MATERIALES.

5.2.1 Tratamientos experimentales.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se utilizó alimento seco para perros, tipo croquetas, en la tabla 1 se describen los ingredientes que componen el alimento en cuestión.

Tabla 1. Composición física del alimento para perros, tipo croquetas.

Ingredientes	Cantidad Kg.	% de humedad de la MP.	% Humedad-Inclusión	% Almidón
Maíz	209,89	14,28%	3,00%	13,01%
Torta de soya	200	9,22%	1,84%	0,10%
Harina de arroz	150	8,61%	1,29%	10,77%
Harina de trigo de tercera	100	9,55%	0,96%	2,30%
Harina de carne y Hueso (A)	87,3	3,68%	0,32%	
Sebo (A)	50	0,26%	0,01%	0,00%
Salvado de trigo	50	11,85%	0,59%	0,19%
Otros concentrados	40	11,00%	0,44%	1,20%
Forraje de maíz	30,78	0,00%	0,00%	
Harina de carne y Hueso (B)	30,05	4,24%	0,13%	
Preparados forrajeros	29,22	6,97%	0,20%	0,01%
Melaza	5	0,00%	0,00%	

Sal	5	2,07%	0,01%
Premezcla	5	5,00%	0,03%
Saborizante	5	5,00%	0,03%
Preservantes	2,5	5,00%	0,01%
Antioxidantes	0,25	1,00%	0,00%
Total	1000	Total	8,86% 27,58%

Nota: Estos valores pueden variar un poco al momento de los ensayos.

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

La actividad del agua es medida directamente con equipos de medición y en promedio este alimento está en 0,7, es un producto seco de 8.5% de humedad. Los parámetros de proteína y grasa son mínimos, con una desviación de -1%, por lo que siempre deben estar por encima o al menos 1% por debajo de los valores descritos en la tabla 2, los parámetros de fibra y cenizas son valores máximos permitidos, por lo que nunca deben estar por encima de los valores descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Composición nutricional del alimento

Componente	%
Proteína	24,0%
Grasa	7,0%
Fibra	5,0%
Cenizas	10,0%
Humedad	8,5%
Carbohidratos	45,5%
Total	100,0%

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019)

El tipo de envase en el polietileno para paqueteo (1 Kg.; 2 Kg.) y BOPP laminado para sacos (20 Kg., 30 Kg.). El tiempo de vida útil del alimento es de 1 año después de producido.

Para la formulación de los tratamientos experimentales, fue utilizado tensoactivo líquido Fylax® Forte HC y en polvo Fylax® Forte HC ambos suministrados por la empresa CARVAL

S.A (representantes en Colombia de Trow Nutrition-Selko).

Fylax® Forte es una combinación única de ácidos orgánicos activados y tensoactivos que eliminan los hongos. Los propionatos activados incrementan la porosidad de las membranas y paredes celulares los hongos. Los ácidos de Fylax® están parcialmente tamponizados con sales de amonio, reduciendo su evaporación y manteniendo activas sus propiedades en el alimento (Selko, 2019).

La composición del tensoactivo se describe a continuación:

Tabla 3. Composición química del Fylax®.

	Especificaciones técnicas
Nombre del producto	Fylax®- líquido-sólido
Componentes principales	Ácido Sórbico E 200
	Ácido Fórmico E 236
	Ácido Acético E 260
	Ácido Láctico E 270
	Ácido Propiónico E 280
	Propionato de Amonio E 284
	Ácido L-ascórbico E 300
	Ácido Cítrico E 330
	Mono y Diglicéridos de ácidos grasos comestibles E 471
	1, 2 Propandiol E 490
Condiciones físicas	Líquido, ligeramente viscoso
Densidad	± 1,053 a 1,083 Kg./L (líquido) ± 0,60 a 0,65 Kg./L (sólido)
Color	Amarillo claro
Olor	Acido
Valor pH	5,9 a 6,5
Clasificación	Irritante

Fuente: (Trouw nutrition, 2005)

5.2.2 Análisis fisicoquímico.

Para los análisis de humedad y actividad de agua del alimento seco con y sin adición del tensoactivo, fueron utilizados balanza de humedades Metler y medidor de actividad del agua A_w , Aqualab, respectivamente.

Para determinar la composición nutricional del alimento seco adicionado y sin adición de tensoactivo, fue utilizado el equipo NIR marca Perten.

Se cuenta con un extruder Wenger de 12 ton/hora con los siguientes parámetros de producción:

- Humedad promedio: 7,73%
- A_w promedio: 0,66
- Temperatura 120 °C

La prueba se produjo en un extruder Wenger con 40 toneladas de producción, para cada tratamiento, esto permitirá estabilizar el equipo y revisar la temperatura de secado. Se recomienda la posibilidad de apagar un ventilador para controlar la circulación de aire caliente sin modificar las temperaturas. Se determinó vía análisis nivel de humedad, actividad de agua y vida de anaquel (A_w - value), se tomaron muestras a la salida del secador para recolectarlas y posteriormente se pasarón por los equipos de medición del laboratorio de la planta de producción donde se realizaran los ensayos.

5.2.3 Principales variables por medir.

- Humedades de entrada y salida.
- Actividad acuosa A_w .
- Intensidad de la corriente_ Amperaje promedio del extruder
- Carga (ton/h) del extruder

- Temperaturas de entrada materias primas y salida_ secado
- Tiempo de retención del secador

5.3 MÉTODOS.

La presente investigación se desarrolló mediante investigación cuantitativa, durante la cual se recopilaron y evaluaron los resultados de las variables que intervienen en el proceso antes y después de la aplicación del aditivo tensoactivo en el alimento seco para mascotas, estos datos se procesaron de manera estadística para definir su media y varianza.

El tipo de estudio aplicado en la presente investigación es experimental, se requirieron de dos tratamientos; uno experimental y uno de control. Se realizó en la planta industrial de alimentos para mascotas.

5.3.1 Proceso de producción de croquetas para perros.

A continuación, se describen cada una de las etapas de elaboración del alimento, tipo croquetas, utilizado en este estudio.

5.3.1.1 Almacenamiento y recibo de materias primas.

Cada uno de los ingredientes se recibe y se pesa en básculas y luego son transportados hacia silos de almacenamientos, algunos ingredientes o materias primas llegan bultos o bolsones, los cuales son almacenados en las bodegas bajo techo como se observa en la figura 8.

Figura 8. Almacenamiento de materias primas.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.2 Traslado a dosificación.

Se transportan los ingredientes a las tolvas de dosificación en donde esperan para ser pesadas según las cantidades previamente formuladas por el departamento de nutrición, los ingredientes se pesan en básculas conformando un *batch* o unidad de lotificación, en la figura 9 se observan las tolvas de dosificación a donde se trasladan las materias primas.

Figura 9. Tolvas de dosificación



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.3 Primera molienda.

Se muelen los ingredientes entre 2 molinos dispuestos de manera paralela, con cribas de 25 mm de diámetro con el fin de romper los ingredientes que vienen en granos enteros como el maíz, ver figura 10.

Figura 10. Primera molienda, 2 molinos en paralelo



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.4 Mezclado.

Cada lote o *batch* llega completo a la mezcladora la cual homogeniza la mezcla aproximadamente 3 minutos. En este proceso se agregó el Fylax® en presentación de polvo, con el fin de que quede bien mezclado con el alimento molido, ver figura 11.

Figura 11. Mezcladora de ingredientes.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.5 Segunda molienda.

Se muelen los ingredientes en un molino de martillos con cribas o mallas de 0,8 mm para alcanzar una granulometría inferior o igual a los 500 micrones o 0,5 mm. Este proceso se realiza para lograr una gelatinización óptima de los almidones en el acondicionamiento, ver figura 12.

Figura 12. Segunda molienda, 1 solo molino.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.6 Acondicionado de la mezcla.

Después se transporta al extruder, ahí en un acondicionador de doble eje se homogeniza de nuevo y se le agrega vapor seco a 120 Psi y agua el tiempo suficiente para asegurar la gelatinización de los almidones, aproximadamente 90 segundos. Justo en la entrada del acondicionador se agrega el tensoactivo Fylax® en líquido para obtener una mezcla homogénea con la harina, ver figura 13 y 14.

Figura 13. Bomba de dosificación del aditivo tensoactivo Fylax®.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

Figura 14. Entrada de aditivo tensoactivo a la tubería de agua del acondicionador.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.7 Extrusión.

Del acondicionador cae al extruder en donde se le aplica energía mecánica y pasa al final por una matriz con las figuras necesarias, en este caso círculos de 7 mm de diámetro y un cortador a 1800 RPM le da la distancia adecuada a cada grano de producto, ver figura 15.

Figura 15. Extruder Wenger.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.8 Secado.

Después de esta extrusión el producto sale con humedad de hasta 26%, por lo que luego este producto pasa a un secador de bandas para bajar la humedad hasta 8,5%, en la figura 16 se observa la vista lateral del secador de mallas.

Figura 16. Secador de mallas.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.9 Engrasado y saborizado.

Se le agregan los sebos, antioxidantes, saborizantes y se homogeniza para otorgarle una mejor apariencia, en la figura 17 se observa el homogenizador del sistema de engrase.

Figura 17. Sistema de engrasado y saborizado



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.10 Enfriamiento.

Después del engrasado pasa a enfriarse en una torre y así bajarle la temperatura al producto hasta la temperatura ambiente, ver figura 18.

Figura 18.Torre de enfriamiento.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.11 Almacenamiento a granel.

Se lleva hasta los silos de almacenamiento de producto terminado para ser almacenados antes de empacarse, ver figura 19.

Figura 19. Tolvas de almacenamiento a granel.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.1.12 Empacado y almacenado.

Se transporta el producto hasta las máquinas de empacado (paqueteo y ensacado), donde se empacan en las diferentes presentaciones de peso y se entregan estibadas al almacén de producto terminado ya listos para la distribución, en la figura 20 se observa el sistema de ensacado en bultos de 30 Kg.

Figura 20. Máquinas de empacado.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019).

5.3.2 Los tratamientos.

En total tenemos 3 tratamientos; E₁ (control), E₂ y E₃, a diferentes concentraciones de tensoactivo. Esto se puede ver en la tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos aplicados en el alimento

Tratamiento	Adición
E ₁	Sin aditivo tensoactivo (control).
E ₂	Con 0,66 Kg/ton líquido y 1 Kg/ton polvo
E ₃	Con 2 Kg/ton líquido y 1 Kg/ton polvo.

Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Esta caracterización de los tratamientos fue propuesta por la gerencia de investigación y desarrollo junto con la gerencia de calidad total y la empresa Throw nutrition en cabeza de la Doctora Arlette Irina Soria Flores, los cuales determinaron la pertinencia de los ensayos puesto que ya habían antecedentes (Soria Flores, 2019)

5.3.3 Tamaño de la población.

La población para los tratamientos fue de 40 toneladas que duraron entre 3,5 horas de producción para cada uno de los tratamientos, esto debido a que el equipo trabaja a una alta eficiencia de producción (10 ton/h). se realizó de esta manera para lograr darle una continuidad al proceso de extrusión y alcanzar la estabilidad necesaria para medir las variables a tener en cuenta. La muestra piloto se tomó de la producción normal.

5.3.4 Tamaño de la muestra.

El proceso de fabricación de alimentos para perros acepta un promedio de humedad del 8% con una tolerancia de $\pm 0.5\%$, se tomaron 25 muestras del alimento para perros, se obtuvieron los siguientes resultados, (ver tabla 5) $\bar{x} = 7,96$ y $s = 0.3329$

Por lo que la estimación del error estándar es (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012, p. 26):

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,3329}{5} = 0,0666 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Como $n \leq 45$, obtenemos el valor $t_{\alpha/2}$ de la tabla de distribución t, $t_{\alpha/2} = 2.064$.
Calculamos el intervalo de confianza:

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 7,96 \pm 2,064(0,0666) = 7,96 \pm 0,14 \quad \text{Ecuación 2.}$$

Se puede afirmar entonces que con una confianza de 95%, la media de la humedad se

encuentra en el intervalo [7,82; 8,10], al valor 0,14 se le conoce como error de estimación E (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012, p. 26).

Calculamos entonces el tamaño de muestra en donde el error máximo sea nuestro error de estimación E :

$$N = \frac{t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)}^2 S^2}{E^2} \quad \text{Ecuación 3.}$$
$$N = \frac{2,064^2 * 0,3329^2}{0,14^2} = 24,09 \approx 25$$

Donde:

\bar{x} : Es la media obtenida de las muestras piloto.

s : Es la desviación estándar de las muestras piloto.

t : Es el estadístico de la distribución t de student con n-1 grados de libertad.

n : Es el tamaño de la muestra piloto.

E : Error de estimación.

N : Es el tamaño de la muestra definitiva.

Ahora para la A_w se obtuvieron los siguientes resultados, (ver tabla 5) $\bar{x} = 0,588$ y $s = 0,0206$. Por lo que la estimación del error estándar es (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012, p. 26):

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,0206}{5} = 0,0041 \quad \text{Ecuación 4.}$$

Como $n \leq 45$, obtenemos el valor $t_{\alpha/2}$ de la tabla de distribución t, $t_{\alpha/2} = 2.064$.
Calculamos el intervalo de confianza:

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,59 \pm 2,064(0,0041) = 0,588 \pm 0,00851 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Se puede afirmar entonces que con una confianza de 95%, la media de la humedad se encuentra en el intervalo [0,5965; 0,5795], al valor 0,00851 es el error de estimación E (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012, p. 26).

Calculamos entonces el tamaño de muestra en donde el error máximo sea nuestro error de estimación E :

$$= \frac{t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)}^2 S^2}{E^2} \quad \text{Ecuación 6.}$$

$$n = \frac{2,064^2 * 0,0206^2}{0,00851^2} = 24,96 \approx 25$$

Se tomó una muestra piloto de tamaño 25, $n=25$, de la producción normal del producto para inferir luego el tamaño de muestras de cada tratamiento, debido a que se desconoce la media poblacional y la desviación estándar poblacional. Adicional la población es demasiado grande y el número de muestras es relativamente pequeño, utilizamos la distribución t de student con un error de 0,05 y un nivel de confianza del 95% con las fórmulas (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012, pp. 26; 91) esto con el fin de determinar la variabilidad de la población mediante el estadístico y obtener la cantidad mínima de muestras en las que el estudio obtiene un error máximo del 5%.

Los resultados de humedad y actividad acuosa de la muestra piloto se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados muestra piloto.

Muestra #	Producto	% Humedad	Aw
1	R.CROQ	7,60	0,57
2	R.CROQ	7,70	0,64
3	R.CROQ	8,20	0,62
4	R.CROQ	8,40	0,60

5	R.CROQ	8,50	0,60
6	R.CROQ	7,60	0,58
7	R.CROQ	7,50	0,57
8	R.CROQ	8,20	0,57
9	R.CROQ	7,80	0,57
10	R.CROQ	7,90	0,57
11	R.CROQ	7,90	0,63
12	R.CROQ	8,50	0,58
13	R.CROQ	7,70	0,58
14	R.CROQ	8,20	0,62
15	R.CROQ	7,80	0,60
16	R.CROQ	7,90	0,58
17	R.CROQ	8,50	0,59
18	R.CROQ	7,70	0,58
19	R.CROQ	7,50	0,58
20	R.CROQ	8,00	0,57
21	R.CROQ	7,70	0,58
22	R.CROQ	8,30	0,58
23	R.CROQ	7,80	0,57
24	R.CROQ	7,70	0,60
25	R.CROQ	8,40	0,57
<hr/>			
	Promedio	7,96	0,5880
	Desviación	0,3329	0,0206
	CV (%)	4,18	3,51
<hr/>			

Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

5.4 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE SECADO DEL ALIMENTO.

5.4.1 Método.

Para la realización de los ensayos en producción, se parametrizaron los siguientes tratamientos E₁, E₂ y E₃ con el departamento de investigación y desarrollo de la planta de alimentos para mascotas. cada uno de estos tratamientos tiene diferentes concentraciones de tensoactivo que se pueden observar en la tabla 4.

Se realizó seguimiento constante durante las 3,5 horas que duro cada una de las producciones de estos tratamientos en la línea de extrusión. Se tomaron 25 mediciones tanto de humedad como de actividad de agua verificando el comportamiento de estas dos variables en cada uno de los tratamientos aplicados al alimento. Para los análisis de humedad y actividad de agua del alimento seco con y sin adición del tensoactivo, fueron utilizados, balanza humedades Metler y Medidor de actividad del agua A_w, Aqualab, respectivamente.

Para determinar la composición nutricional del alimento seco adicionado y sin adición de tensoactivo, fue utilizado el equipo NIR marca Perten.

5.5 DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO.

La segunda parte de la investigación se centró en evaluar la vida útil del alimento con la adición del tensoactivo versus el alimento de control o sin tensoactivo, para esto se realizaron las pruebas de stress acelerado en el laboratorio de la empresa CARVAL.

La vida útil de un alimento indica el tiempo que transcurre desde su elaboración hasta su deterioro y factores como la temperatura, la luz o el oxígeno, pueden hacer variar esta cifra. Entre los factores que pueden afectar la duración de la vida útil de un alimento se encuentran el tipo de materia prima, la formulación del producto, el proceso aplicado, las condiciones sanitarias del proceso, envasado, almacenamiento y distribución y las prácticas de los consumidores.

Para determinar el deterioro de un alimento existen indicadores de que la vida útil de un producto ha llegado a su fin. Entre estos pueden hallarse los siguientes: elevado número de microorganismos, oxidación de grasas y aceites, migración de humedad, pérdida de vitaminas y nutrientes, cambios de textura debidos a actividades enzimáticas, degradación de proteínas, pérdida de sabor y color, disminución o aumento de la viscosidad (Carrillo & Reyes, 2007).

Mediante la prueba de estrés acelerado se determinó el tiempo de conservación de la muestra hasta la aparición de mohos.

5.5.1 Materiales.

La prueba de estrés acelerado se realizó de la siguiente manera:

- Bascula gramera
- Beaker 600 mL
- Copa 60 mL.
- Incubadora.
- Vinipel

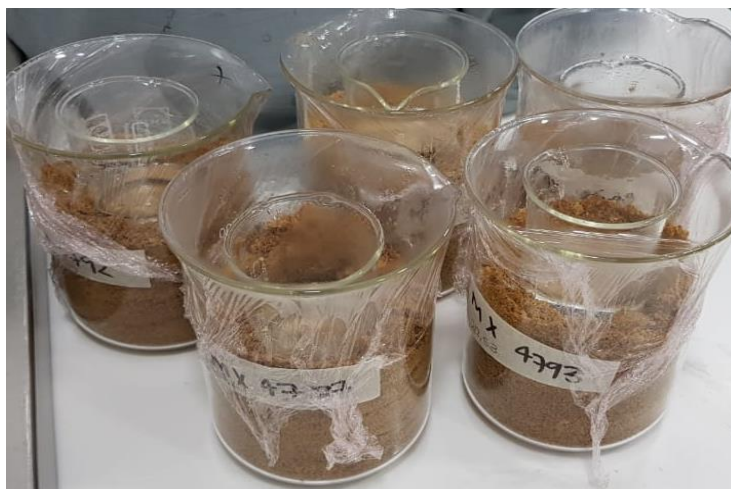
5.5.2 Método.

Se tomaron muestras de 250 gr. De cada uno de los 3 tratamientos: de control, A y B, se molieron en molinillo, se colocó cada muestra en un beaker de 600 mL, se generó una atmosfera húmeda dentro del beaker con una copa de 60 mL, al 65% de humedad, se tapó e incubó a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 50 días se observaron la aparición de mohos y se retiró la muestra cuando esto ocurrió, se taparon las muestras con vinipel. El objetivo de esta prueba fue determinar el tiempo de conservación de la muestra hasta la aparición de mohos

Se realizó monitoreo diario de humedad y temperatura, mediante un DataLogger y se verificó el crecimiento de microorganismos de forma visual.

Se realizó además medición en días de la aparición de hongos en el alimento al salir de la mezcladora solo con el aditivo en polvo y la aparición de hongos al final del proceso de elaboración con la totalidad de la dosis, tanto en polvo como líquido. Se verifico la humedad a la entrada y salida del secador en los 3 tratamientos para la verificación del comportamiento del secador en cada uno de ellos

Figura 21. Muestras molidas del producto terminado durante la prueba de stress acelerado.



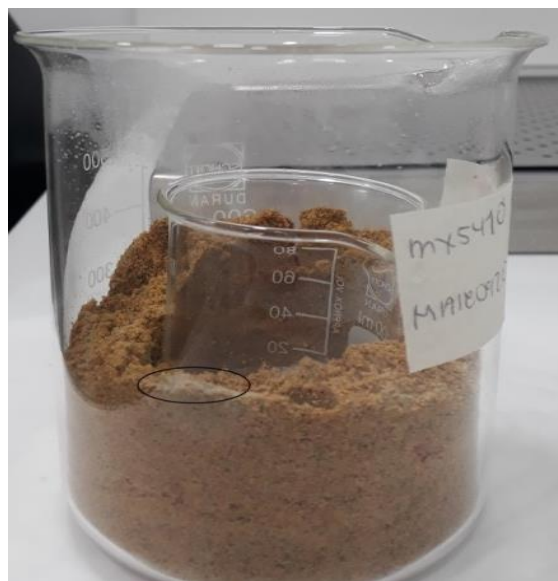
Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Figura 22. Muestras molidas de producto en mezcladora sin tensoactivo.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Figura 23. Muestras con presencias de mohos.





Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

5.6 GENERACIÓN DE HONGOS Y CAMBIOS FÍSICOS EN EL PRODUCTO.

Por recomendación de CARVAL y con las respectivas instrucciones del área de calidad total e investigación y desarrollo de la planta de alimentos para mascotas, se realizó dentro de la planta de producción, siguiente diseño experimental para la generación de hongos y revisión de cambios físicos en el alimento. Esto con el fin de someter a una prueba extrema de humedad el alimento con el máximo de inclusión de tensoactivo y el producto regular de la compañía sin tensoactivo y dar una posible solución a una de las quejas más recurrentes de los clientes: la generación de hongos en el alimento.

5.6.1 Materiales.

Se toman 12 canecas las cuales se van a dividir en 2 grupos: 6 canecas para evaluar el producto sin aditivo tensoactivo Fylax® y otras 6 canecas para evaluar el aditivo tensoactivo Fylax®. A cada una de las 12 canecas se le agregó 20 kg. Arena, luego se les agrego agua hasta la saturación, pero sin evidenciar encharcamiento.

Debido a las necesidades de la empresa se decidió en conjunto con el área de calidad evaluar el tratamiento E₁ y el tratamiento E₃ para establecer la disminución máxima del crecimiento

fúngico que podría llegar a tener el tensoactivo aplicado en el alimento para perros, en un ambiente de extrema humedad. Se empacaron 6 bultos en empaque BOPP como normalmente de empaca para la venta en presentación de 30 Kg. Tanto para el tratamiento de control E₁ como para el tratamiento adicionado con tensoactivo E₃.

5.6.2 Método.

Cada uno de los bultos tiene 2 extremos cada uno con un tipo de sellado diferente, un extremo tiene un dobladillo realizado en la empresa al momento de empacar y el otro extremo tiene un termosellado que viene directamente del proveedor del empaque.

Se colocaron 2 bultos en presentación de 30 kg por caneca de la siguiente manera:

Tabla 6. Disposición de los bultos de los tratamientos E₁ en las canecas 1-6.

Caneca #	Bulto sin tensoactivo	Bulto sin tensoactivo
1	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
2	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
3	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
4	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
5	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
6	Dobladillo abajo	Termosellado abajo

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Tabla 7. Disposición de los bultos de los tratamientos E₃ en las canecas 7-12.

Caneca #	Bulto con tensoactivo	Bulto con tensoactivo
7	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
8	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
9	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
10	Dobladillo abajo	Termosellado abajo

11	Dobladillo abajo	Termosellado abajo
12	Dobladillo abajo	Termosellado abajo

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

De acuerdo con el tiempo con que fue marcado el bulto se debe retiró de la caneca y se realizó análisis de humedad, Aw, pH, recuento de Hongos y Temperatura, tanto a la parte superior como a la inferior de cada bulto y las características organolépticas de cada bulto (empaque y producto).

Estas canecas se ubicaron en el Centro de Acopio de la planta de alimento para mascotas, se almacenaron bajo techo (sombra).

En total fueron 2 tratamientos para ensayo en cada tratamiento:

S₁: Saco con el sesgo del proveedor en contacto con la superficie húmeda

S₂: Saco con la costura de producción en contacto con la superficie húmeda

Para el recuento de hongos se procedió a preparar un homogenizado a partir de 10 g de la muestra de cada alimento, adicionándole 90 mL de agua peptona al 1%, de esta dilución se tomó 1 mL y se puso en placas de Petri estériles, a estas se les agregó 15 mL de Agar YGC. Las placas de Petri se incubaron por 5 días a temperatura ambiente. Después del periodo de incubación se realizó el recuento de las placas que tenían entre 10 a 100 colonias, estos resultados se expresan en UFC (ICONTEC, 2009).

CAPITULO III

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

6.1 HUMEDADES, ACTIVIDAD DE AGUA Y VARIABLES DE SECADO.

Los datos obtenidos durante la producción de los 3 tratamientos fueron los siguientes:

Tabla 8. Resultados muestras de control E₁:

Muestra	Proteína %	Ceniza %	Grasa %	Fibra %	Almidón %
E101	24,21	6,93	13,77	3,66	31,60
E102	23,39	6,76	12,54	3,56	32,35
E103	23,97	7,34	12,99	3,94	32,30
E104	24,23	7,25	12,96	4,04	32,17
E105	23,61	7,10	13,00	3,94	32,26
E106	23,49	7,12	13,30	3,56	31,63
E107	23,80	6,83	13,51	3,69	31,94
E108	24,17	6,92	13,32	3,98	31,76
E109	23,69	7,35	13,01	4,00	32,55
E110	24,14	7,28	13,50	3,66	31,80
E111	24,25	7,39	12,45	3,97	32,03
E112	23,37	7,30	13,20	4,14	32,27
E113	23,46	7,55	13,04	3,72	31,62
E114	23,38	7,49	12,32	3,94	31,63
E115	24,17	7,53	13,00	4,17	31,73
E116	24,29	7,19	12,83	4,19	31,46
E117	23,37	6,86	12,03	4,17	31,42
E118	23,52	7,13	12,60	3,98	31,59
E119	24,28	7,37	13,32	3,72	32,17

E120	24,17	7,38	12,26	3,92	31,70
E121	24,29	7,44	13,02	3,94	31,68
E122	23,69	7,29	12,25	4,03	31,68
E123	23,80	7,41	12,68	4,04	31,40
E124	24,14	7,20	12,23	4,08	32,02
E125	24,01	7,33	12,02	3,72	31,91
Promedio	23,88	7,23	12,85	3,91	31,87
Desviación	0,35	0,22	0,49	0,19	0,32
CV (%)	1,46	3,09	3,80	4,94	1,01

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Tabla 9. Resultados muestras tratamiento E₂:

Muestra	Proteína %	Ceniza %	Grasa %	Fibra %	Almidón %
E201	23,85	7,92	14,65	3,48	29,07
E202	23,00	7,44	14,37	3,24	31,39
E203	23,41	7,47	15,25	3,73	29,49
E204	23,23	7,46	14,81	3,52	30,00
E205	23,18	7,53	14,59	3,43	29,85
E206	23,89	7,72	14,73	3,47	29,23
E207	23,52	7,94	15,30	3,50	29,15
E208	23,06	7,46	15,16	3,67	29,60
E209	23,43	7,87	15,10	3,41	30,05
E210	23,63	7,53	14,98	3,49	29,57
E211	23,64	7,13	13,60	3,96	29,32
E212	23,96	7,07	14,22	3,79	29,54
E213	23,47	7,30	13,64	4,04	30,01
E214	23,99	7,12	13,52	3,71	29,78
E215	24,19	7,39	13,71	3,75	29,44
E216	24,24	7,43	14,27	4,16	29,72

E217	24,26	7,41	13,58	3,75	29,49
E218	23,39	7,25	13,44	3,93	29,39
E219	24,56	7,46	13,88	4,12	29,79
E220	24,33	7,36	14,14	3,96	29,19
E221	24,44	7,30	13,79	4,06	29,39
E222	23,49	7,45	14,06	3,94	29,46
E223	24,36	7,17	14,34	3,86	29,83
E224	24,02	7,35	13,90	4,11	30,08
E225	24,24	7,05	14,17	3,97	30,20
Promedio	23,79	7,42	14,29	3,76	29,68
Desviación	0,46	0,24	0,59	0,26	0,47
CV (%)	1,95	3,26	4,10	6,97	1,60

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Tabla 10. Resultados muestras tratamiento E₃:

Muestra	Proteína %	Ceniza %	Grasa %	Fibra %	Almidón %
E301	24,04	7,57	13,30	3,68	31,16
E302	23,02	7,31	13,04	4,26	32,67
E303	23,07	7,70	13,30	4,15	31,45
E304	23,45	7,66	14,03	3,79	31,18
E305	23,67	7,74	14,01	4,10	32,01
E306	23,23	8,04	13,57	3,72	31,22
E307	24,01	7,35	13,06	3,83	31,59
E308	23,58	7,70	13,52	3,72	32,06
E309	23,30	7,86	13,29	3,78	31,17
E310	23,82	7,66	13,08	4,13	31,59
E311	23,74	7,36	13,91	3,98	31,60
E312	23,37	7,03	14,14	4,18	30,82
E313	23,76	7,38	13,94	4,09	31,57

E314	24,27	7,36	13,80	3,85	31,59
E315	23,46	7,55	14,17	4,16	31,53
E316	23,77	7,50	14,13	3,90	30,73
E317	23,80	7,57	13,54	4,17	30,70
E318	24,40	7,50	13,27	4,03	31,01
E319	23,35	7,14	13,62	4,06	31,59
E320	24,28	7,37	14,19	3,95	31,36
E321	24,51	7,42	13,90	4,09	31,37
E322	23,54	7,52	13,27	3,97	30,52
E323	24,28	7,17	13,32	4,05	30,83
E324	23,83	7,27	13,65	4,02	31,67
E325	23,36	7,01	14,19	4,01	31,07
Promedio	23,72	7,47	13,65	3,99	31,36
Desviación	0,42	0,25	0,39	0,16	0,48
CV (%)	1,75	3,33	2,87	4,10	1,53

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Tabla 11. Resumen de los tratamientos.

Muestra	Proteína %	Ceniza %	Grasa %	Fibra %	Almidón %
E1	23,88 ± 0,35	7,23 ± 0,22	12,85 ± 0,49	3,91 ± 0,19	31,87 ± 0,32
E2	23,79 ± 0,46	7,42 ± 0,24	14,29 ± 0,59	3,76 ± 0,26	29,68 ± 0,47
E3	23,72 ± 0,42	7,47 ± 0,25	13,65 ± 0,39	3,99 ± 0,16	31,36 ± 0,48

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Se tomaron 10 muestras por tratamiento cuando el proceso de extrusión se estabilizo, se realizaron las respectivas mediciones por el equipo NIR del laboratorio de planta de alimentos para mascotas . El equipo NIR mide los parámetros de proteína, grasa, ceniza, fibra, almidón y humedad, para todos estos parámetros el equipo esta estandarizado, se observa poca desviación en los datos de cada uno de los tratamientos, encontramos muy poca variabilidad de los resultados entre cada una de las muestras, cada una de las anteriores muestras cumplen con la

composición exigida en el registro ICA 6369 para las croquetas, (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2018, 2020), ver tabla 2. Se concluye entonces que el tratamiento con el aditivo tensoactivo no afecta la composición nutricional del alimento.

Tabla 12. Condiciones durante la producción de cada uno de los tratamientos.

Condiciones Producción				
Parámetro	E ₁	E ₂	E ₃	Unidad
Velocidad alimentadora	10000	10500	11000	Kg/hora
Densidad aparente alimentador seco(harina)	543	545	550	Kg/m ³
Vapor HIP	9,2	9,2	9,2	%
Agua HIP	14,3	14,3	14,3	%
Vapor extrusor	2	2	2	%
Velocidad cuchilla	1100	1200	1310	RPM
BPV Abierta	40	40	40	%
Velocidad tornillo alimentador	55	55	55	RPM
Carga Motor	55	55	56	%
SME	18	18	18	KW/hr/ton
Densidad producto	0,4347	0,4321	0,4295	gr/cm ³
Humedad promedio	7,90	6,89	6,07	%
Actividad del agua promedio	0,64	0,56	0,47	

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

En las tablas 13-15 se desglosan los datos tanto de la humedad como de la actividad del agua.

Tabla 13. Humedad y actividad del agua tratamiento E₁.

Muestra	Humedad	Actividad del agua
E101	7,56	0,60
E102	7,60	0,60
E103	8,10	0,64
E104	8,60	0,68
E105	8,82	0,71
E106	6,80	0,54
E107	7,68	0,60
E108	8,50	0,67

E109	7,96	0,62
E110	7,40	0,57
E111	7,53	0,62
E112	7,73	0,64
E113	8,45	0,70
E114	7,86	0,65
E115	7,82	0,64
E116	7,68	0,63
E117	8,45	0,70
E118	7,76	0,64
E119	7,61	0,63
E120	8,39	0,69
E121	7,58	0,62
E122	7,92	0,65
E123	8,04	0,66
E124	7,69	0,63
E125	7,91	0,65
Promedio	7,90	0,64
Desviación	0,447	0,040
CV (%)	5,66	6,28

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Tabla 14. Humedad y actividad del agua tratamiento E₂.

Muestra	Humedad	Actividad del agua
E201	6,45	0,51
E202	6,91	0,55
E203	7,50	0,60
E204	6,52	0,52
E205	7,25	0,58

E206	7,30	0,58
E207	7,21	0,57
E208	6,79	0,54
E209	6,45	0,52
E210	7,60	0,60
E211	6,41	0,53
E212	7,50	0,62
E213	6,63	0,55
E214	6,44	0,53
E215	7,01	0,58
E216	6,91	0,57
E217	7,30	0,60
E218	6,77	0,56
E219	6,59	0,54
E220	6,53	0,54
E221	7,33	0,60
E222	6,44	0,53
E223	6,63	0,55
E224	6,67	0,55
E225	7,19	0,59
Promedio	6,89	0,56
Desviación	0,393	0,030
CV (%)	5,70	5,44

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

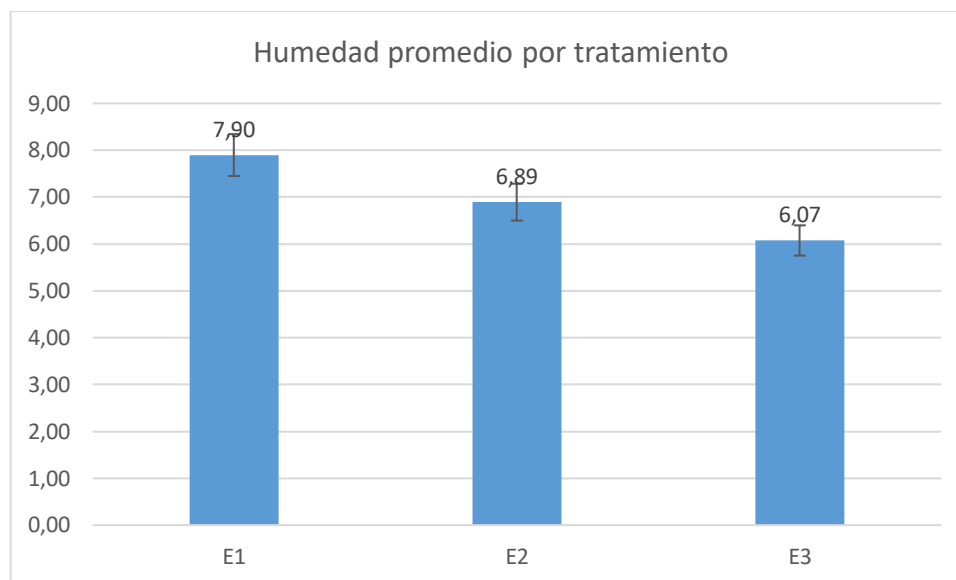
Tabla 15. Humedad y actividad del agua tratamiento E₃.

Muestra	Humedad	Actividad del agua
E301	6,27	0,45
E302	5,88	0,42
E303	6,35	0,45

E304	5,89	0,42
E305	6,08	0,43
E306	6,38	0,46
E307	6,65	0,46
E308	6,11	0,44
E309	6,01	0,43
E310	5,40	0,36
E311	5,80	0,48
E312	5,86	0,48
E313	6,25	0,51
E314	5,86	0,48
E315	6,16	0,51
E316	5,71	0,47
E317	6,21	0,51
E318	6,59	0,54
E319	5,76	0,47
E320	6,50	0,54
E321	5,61	0,46
E322	5,96	0,49
E323	5,86	0,48
E324	6,15	0,51
E325	6,57	0,54
Promedio	6,07	0,47
Desviación	0,323	0,043
CV (%)	5,31	9,20

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Gráfica 1. Humedad promedio por tratamiento.



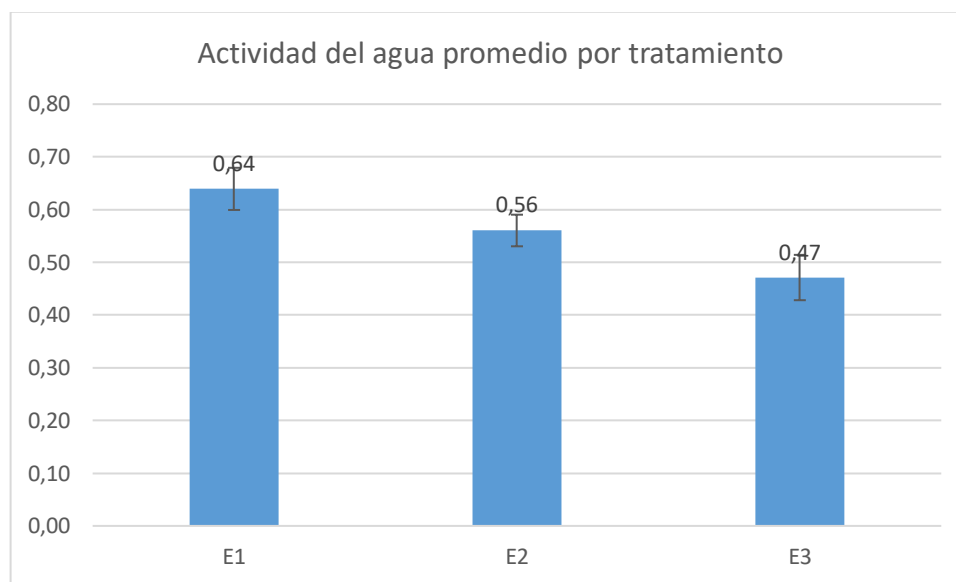
Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

En el tratamiento E₃ observamos el menor coeficiente de variación de los 3 tratamientos por lo que podemos decir que es el tratamiento con menor variación relativa los datos (Angel Gutierrez, 2010), lo que nos lleva a pensar que la muestra es más homogénea y menos variable de los tres tratamientos, también no indica que la humedad tiende a centrarse más en valor ya que el secado es más homogéneo lo que mejora la estandarización del proceso de secado. Como se puede apreciar en las tablas 11-13 y Gráfica 1, la humedad se reduce en 1,82% entre el tratamiento E₁ y el tratamiento E₃, mientras que entre el tratamiento de control E₁ y el tratamiento E₂ se obtuvo una reducción de 1,0% en la humedad. El tratamiento E₃ con 3 Kg./ton de tensoactivo total tuvo una disminución de la humedad del 23% con respecto al tratamiento E₁ que no tenía tensoactivo, este resultado en igualdad de condiciones de secado y operación.

La presencia del tensoactivo en el alimento genera un cambio en la tensión superficial del agua, mejorando la adsorción del líquido en el sólido (Sakamoto et al., 2017), esto mejora la uniformidad del agua dentro de la croqueta y la posterior expulsión del agua libre durante el secado. Tian et al., 2014, encontraron en este estudio una mejora en la adsorción de humedad del alimento tratado en ese estudio, al agregar tensoactivos a la preparación de la leche en polvo

antes del secado. El comportamiento humectante mostró que casi no se ve afectado durante todo el proceso de secado, desde la inclusión inicial del tensoactivo hasta la etapa final de secado, encontrando una mejor distribución de la humedad dentro del alimento.

Gráfica 2. Actividad del agua promedio por tratamiento.



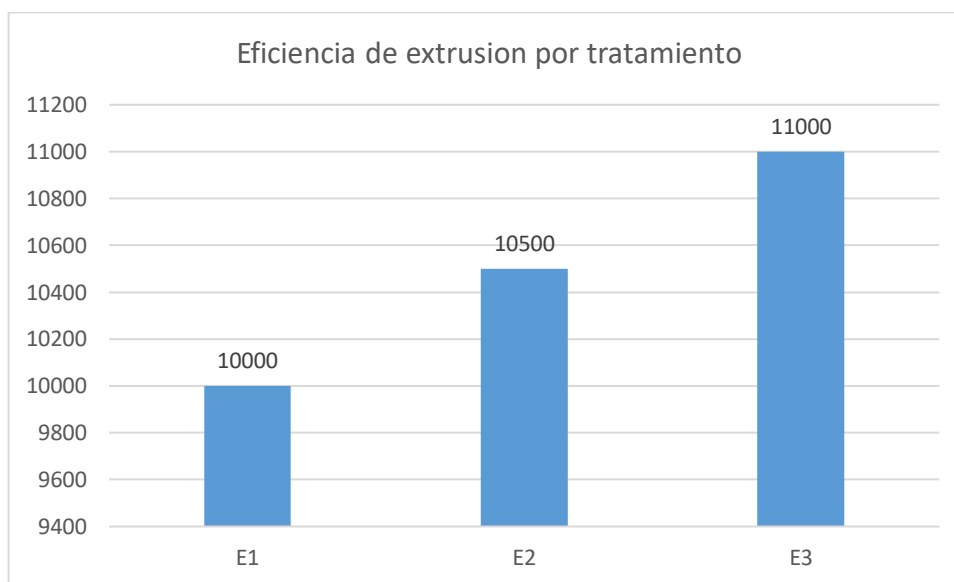
Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Se observa en la gráfica 2 un decrecimiento en la actividad del agua de 0,08 puntos entre el tratamiento E₁ y el E₂ y de 0,17 puntos entre el tratamiento E₁ y el E₃. Tenemos entonces una reducción de la actividad del agua del 26,3% entre el tratamiento E₁, sin tensoactivo y el tratamiento E₃ con 3 Kg./ton del tensoactivo. Mejorando en gran medida la vida útil del alimento. En estudios anteriores se demuestra como el uso de tensoactivos inhibe el crecimiento de hongos como las levaduras del género *candida* (Mylek, Grillo, Morcelle, & Fait, 2018), revelando una acción fungicida de los tensoactivos empleados es ese estudio.

Resultados de estudios anteriores nos ratifica la gran utilidad de los tensoactivos para mejorar tanto el secado como disminuir la actividad del agua en los alimentos, aumentando la vida útil de los alimentos (Debeaufort & Voilley, 2007; Jayasundera, Adhikari, Adhikari, & Aldred, 2011). Y algunos estudios realizados en México y Países Bajos sobre la utilización de tensoactivos en

alimentos para perros (Soria Flores, 2019), en el que se observaron resultados relevantes con tan solo una adición de 1,5 Kg./ton en alimento extruido para peces se lograron aumentos del 1,1% en la retención de humedad, con una vida útil de hasta 2,6 veces la del alimento sin tensoactivo traduciéndose esto en un beneficio económico de 60000 euros al año. El presente estudio es el tercero en implementar surfactante en el alimento para perros y además es el primero en publicar estos ensayos.

Gráfica 3. Eficiencia de extrusión por tratamiento.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

En la gráfica 3 vemos como la eficiencia de extrusión aumenta con respecto al aumento de inclusión de Fylax® en el alimento. Observamos un incremento de 500 Kg./h entre los tratamientos E₁ y E₂, además tenemos un aumento entre el tratamiento E₁ y el E₃ de 1000 Kg/hora. Con temperaturas de secado promedios prácticamente iguales, se obtuvieron mejores resultados en el secado del alimento, reduciendo la humedad y la actividad del agua y aumentando en un 10% la eficiencia de extrusión y sin aumento en la carga de trabajo del motor del equipo, podemos concluir que aún se tiene una oportunidad de mejora, ya que las variables de extrusión y de humedad del alimento están por debajo de lo que permiten los equipos, se puede pensar en aumentar aún más la eficiencia de la línea de extrusión, ya que a 11000 kg/hora la

humedad y la actividad del agua disminuyeron y la carga de trabajo y temperatura del secador se mantuvieron estables, podríamos pensar en secar más en esas condiciones.

Como en investigaciones anteriores se hace referencia (Sharma, 2014), el efecto lubricante del aditivo tensoactivo hace que el alimento pase más suavemente por el cañón del extruder generando una disminución en el consumo de energía y en nuestro caso un aumento de la eficiencia del equipo extrusor (Soria Flores, 2019).

6.2 VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO.

Para este ensayo las muestras fueron enviadas al laboratorio de la empresa CARVAL donde se hicieron los tratamientos, luego se enviaron los resultados a la planta de producción para el debido análisis.

Las condiciones ambientales para desarrollar la prueba de stress acelerado se midieron y se recopilaron en la tabla 16.

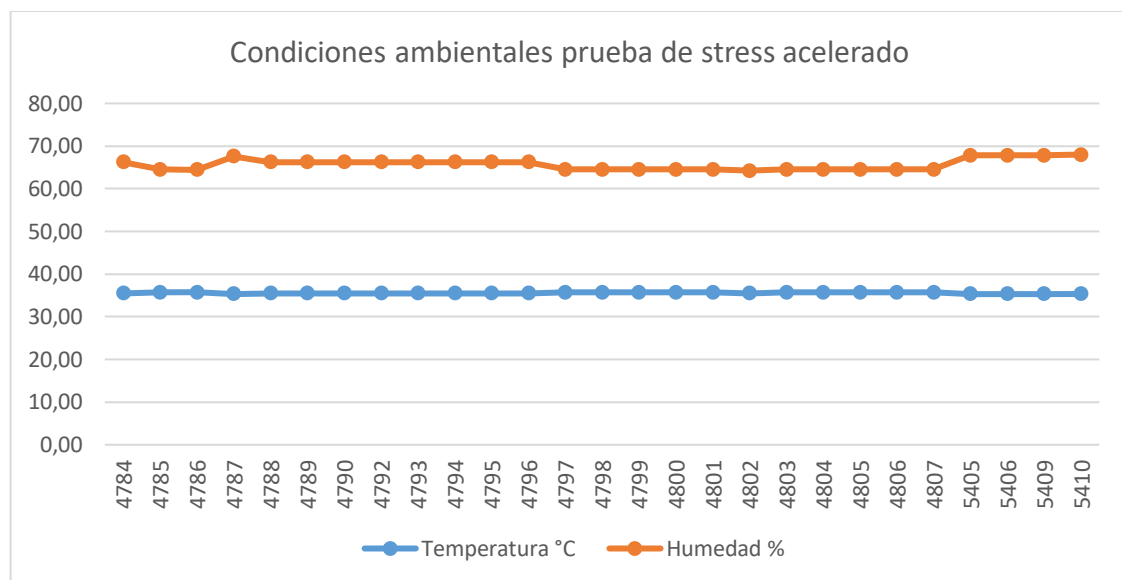
Tabla 16. Condiciones ambientales de temperatura y humedad para cada una de las muestras de la prueba de stress acelerado.

ID Muestra	Temperatura °C	Humedad %
4784	35,52	66,21
4785	35,73	64,48
4786	35,72	64,46
4787	35,36	67,60
4788	35,52	66,21
4789	35,52	66,21
4790	35,52	66,21
4792	35,52	66,21
4793	35,52	66,21

4794	35,52	66,21
4795	35,52	66,21
4796	35,52	66,21
4797	35,73	64,48
4798	35,73	64,48
4799	35,73	64,48
4800	35,73	64,48
4801	35,73	64,48
4802	35,51	64,25
4803	35,73	64,48
4804	35,73	64,48
4805	35,73	64,48
4806	35,73	64,48
4807	35,73	64,48
5405	35,37	67,80
5406	35,37	67,80
5409	35,37	67,80
5410	35,33	68,00
Promedio	35,58	65,66
Desviación	0,15	1,31
CV (%)	0,41	1,99

Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Gráfica 4. Condiciones ambientales para cada muestra de la prueba de stress acelerado.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Como se observar en la gráfica 4., las condiciones ambientales de la prueba de stress no tuvieron mucha variabilidad, tanto en la humedad del ambiente como en la temperatura utilizadas.

Después de los 50 días durante los cuales se hizo la prueba de stress acelerado se obtuvieron los siguientes resultados. En conjunto con CARVAL y el área de investigación y desarrollo de la empresa, se optó por 4 muestras en el tratamiento 3 para corroborar mucho mejor el efecto de la inhibición fúngica debido a la mayor adición del tensoactivo.

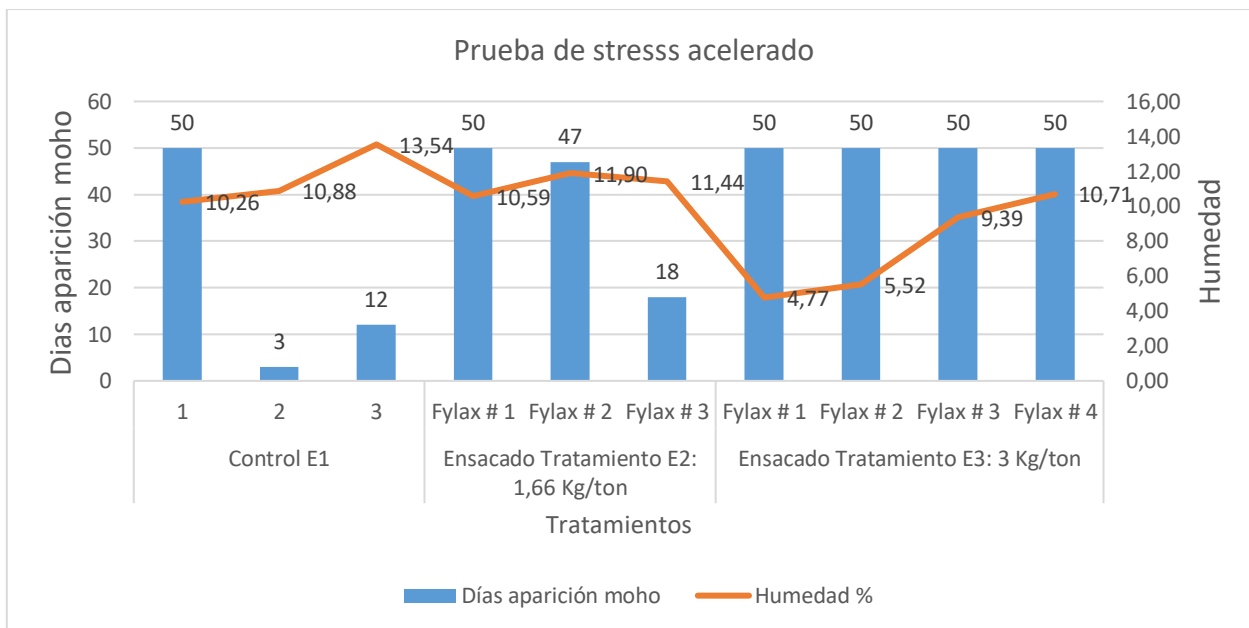
Tabla 17. Resultados prueba de stress acelerado.

Tratamiento	Muestra	Días aparición moho	Humedad %	A_w
Control E ₁	1	50	10,26	0,6879
	2	3	10,88	0,6892
	3	12	13,54	0,7606
Ensamado Tratamiento E ₂ : 1,66 Kg/ton	Fylax® # 1	50	10,59	0,6888
	Fylax® # 2	47	11,90	0,7335
	Fylax® # 3	18	11,44	0,6973
	Fylax® # 1	50	4,77	0,4410

Ensayado	Fylax® # 2	50	5,52	0,4586
Tratamiento E ₃ : 3	Fylax® # 3	50	9,39	0,5504
Kg/ton	Fylax® # 4	50	10,71	0,7005

Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Gráfica 5. Resultados prueba de stress acelerado para la humedad.



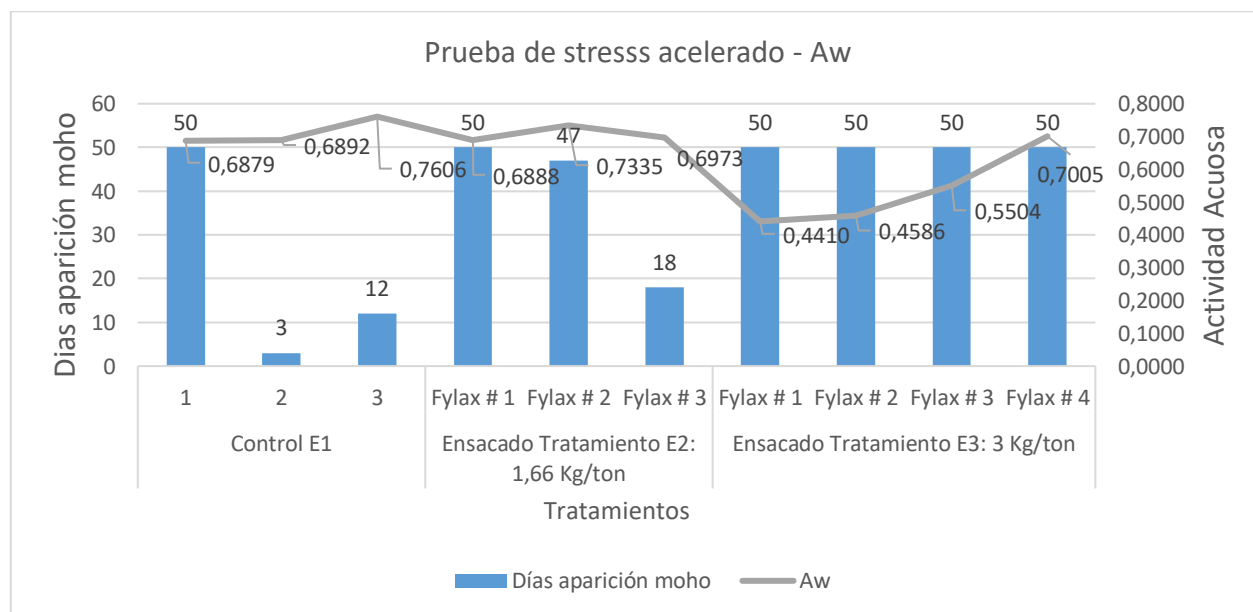
Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Podemos analizar que solo una de las 3 muestras de control, E₁ alcanzó los 50 días sin presentar hongos, de las muestras E₂ una alcanzó los 50 días otra llegó a 47 días y la última muestra llegó hasta los 18 días sin presentar hongos. De las muestras del tratamiento E₃ todas las 4 muestras pasaron los 50 días sin presentación de hongos en el alimento,. Se tuvieron humedades incluso por encima de 11% que no generaron hongos en la prueba de stress para el tratamiento E₃. En estudios anteriores Tian et al., 2014, encontraron una mejora en la adsorción de humedad del alimento tratado en ese estudio, al agregar tensioactivos a la preparación de la leche en polvo antes del secado, en el caso de este estudio se observa un incremento en la humedad en el tratamiento E₃ sin presentar crecimiento de hongos y llegando hasta los 50 días máximos de la prueba en cada una de las muestras.

Cuando la adición del tensoactivo fue mayor en cada una de las muestras los días sin presentar hongos fueron acercándose al máximo de 50, con menos adición varias de las muestras presentan generación de hongos en mucho menos tiempo sin poder alcanzar la meta de la prueba de stress acelerado (Soria Flores, 2019). Cabe agregar que uno de los efectos del tensoactivo es el de homogenizar la humedad en el alimento, en las muestras de centro vemos una generación de hongos muy dispereja que nos lleva a pensar en la poca uniformidad de la humedad, mientras que en las muestras con tensoactivo y sobre todo en la de mayor inclusión las muestras se comportaron sin presentar hongos con una mejor distribución de la humedad en el alimento y al efecto antifúngico que tiene el tensoactivo, que prolonga el tiempo en que aparecieron los hongos en la prueba de stress acelerado (Gaysinsky, Davidson, Bruce, & Weiss, 2005)(Mylek et al., 2018).

Observamos en las muestras del tratamiento E₃ que a pesar de algunas tener humedades por encima de 9 no presentaron hongos a lo largo de la prueba. El efecto antifúngico del tensoactivo hace que el alimento tenga una vida útil mayor a la que normalmente tiene, teniendo un gran potencial de aplicación durante el proceso de producción de alimentos para perros.

Gráfica 6. Actividad del agua prueba de stress acelerado.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Se observa en a grafica 6 que después de los 50 días solo una muestra del tratamiento E₃ supero la actividad acuosa de 0,7, en general se observa en la curva de actividad acuosa que el tratamiento E₃ tuvo menos actividad del agua al terminar los 50 días de la prueba. El tratamiento E₃ fue el de mejor comportamiento con respecto a la Aw, aun teniendo muestras con actividad acuosa de 0,7 no se presentó crecimiento fúngico, esto nos lleva a pensar en un potencial incremento tanto de la humedad como de la Aw del producto terminado con el fin de aumentar el peso total del producto al final del proceso y por ende aumentar los beneficios económicos para la compañía. Sería conveniente en próximos estudios revisar la máxima humedad a la que el producto pueda pasar satisfactoriamente la prueba de stress acelerado.

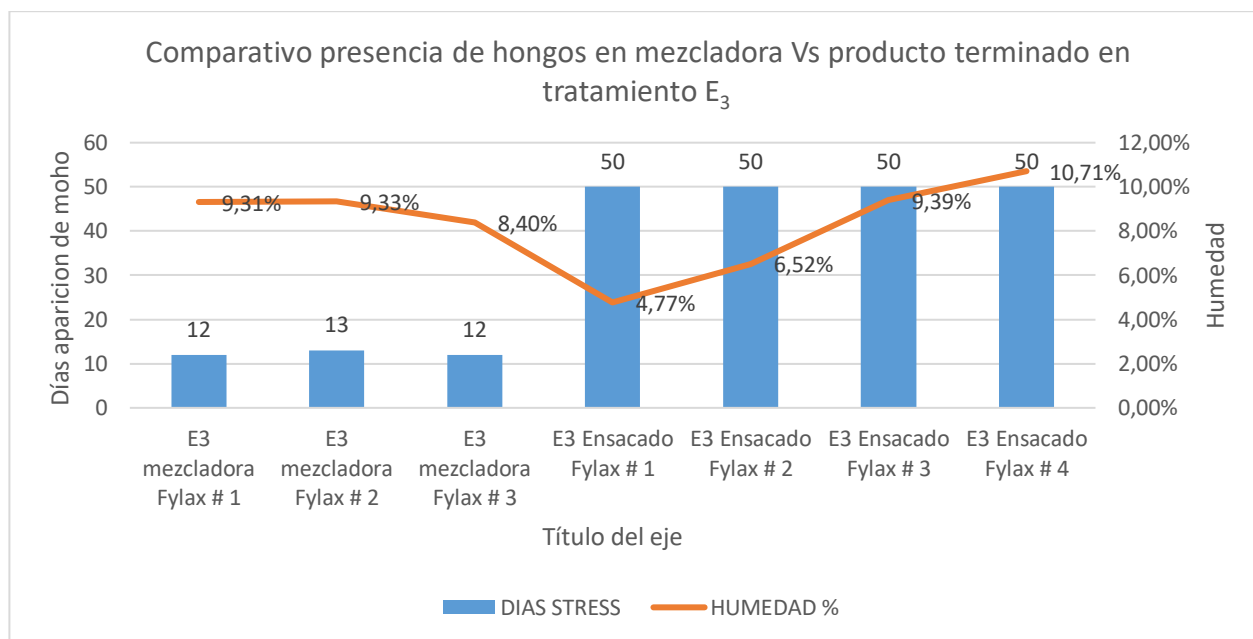
Se realiza también la prueba de stress acelerado a las muestras obtenidas de la mezcladora (producto en proceso), estas muestras de la mezcladora son muestras con únicamente el aditivo en polvo mientras que las muestra en ensacado tienen tanto el aditivo en polvo como líquido, se compararon con las muestras ya ensacadas o empacadas obteniendo los siguientes resultados (ver tabla 18):

Tabla 18. Datos comparativos de presencia de hongos en muestras de mezcladora Vs producto terminado.

Tratamiento	Días stress	Humedad %
E ₃ mezcladora Fylax® # 1	12	9,31%
E ₃ mezcladora Fylax® # 2	13	9,33%
E ₃ mezcladora Fylax® # 3	12	8,40%
E ₃ Ensacado Fylax® # 1	50	4,77%
E ₃ Ensacado Fylax® # 2	50	6,52%
E ₃ Ensacado Fylax® # 3	50	9,39%
E ₃ Ensacado Fylax® # 4	50	10,71%

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Gráfica 7. Comparativo de presencia de hongos Mezcladora vs Producto final en grupo Ensayo Fylax®.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas – CARVAL (2019).

Esta prueba se realizó con el fin de comparar el comportamiento fúngico entre las muestras del mismo tratamiento E₃, con solo el aditivo en polvo (1 Kg./ton) Vs el producto ya terminado con el tensoactivo tanto en polvo como líquido (1Kg./ton + 2 Kg./ton). Se observa en la gráfica 7 que las muestras con solo Fylax® en polvo presentaron hongos a los 12 y 13 días máximo, muestras que el producto terminado, con el total de la dosis, alcanzó con el éxito pasar la prueba de stress acelerado, incluso como se observa en las muestras 3 y 4 con humedades superiores a las muestras de la mezcladora. el tensoactivo funcionó mejor como inhibidor fúngico en concentraciones de 3 Kg./ton

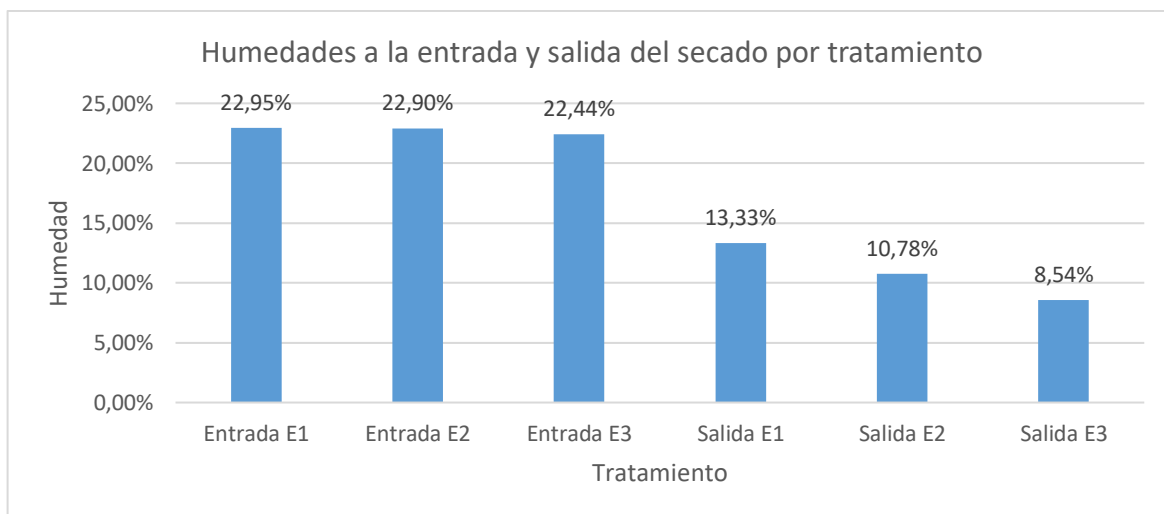
Se realizan igualmente las pruebas de verificación de humedad a las muestras a la entrada y a la salida del secador en los 3 tratamientos con igualdad de condiciones de secado para verificar la mejora en la eficiencia de secado, ver tabla 19.

Tabla 19. Humedades promedio a la entrada y a la salida.

Muestra	Humedad
Entrada E ₁	22,95%
Entrada E ₂	22,90%
Entrada E ₃	22,44%
Salida E ₁	13,33%
Salida E ₂	10,78%
Salida E ₃	8,54%

Fuente: Autor.

Gráfica 8. Humedades promedio entrada y salida del secador.



Fuente: CARVAL (2019) – Autor.

Como observamos en la Gráfica 8, a la entrada del secador las humedades son muy parecidas en cada uno de los tratamientos, mientras que a la salida del secador se obtiene una reducción inversamente proporcional al aumento de la inclusión del aditivo, entre más aditivo incluye, menos humedad contiene al salir del secador. El secador aumenta su eficiencia de secado mientras más alta es la concentración del tensoactivo en el alimento. Se observa una disminución de 19,12% entre el tratamiento E₁ y E₂, una disminución del 20,7% entre E₂ y E₃ y una disminución máxima entre E₁ y E₃ del 39,3% en el parámetro de humedad, lo que nos indica una mejora

sustancial a la inclusión del tensoactivo durante el proceso de secado.

6.3 GENERACIÓN DE HONGOS.

Este ensayo se realizó por instrucción de la gerencia de calidad total con el fin de evaluar el efecto antifúngico del tensoactivo a su mayor concentración, E₃, en un ambiente extremadamente húmedo, simulando así el ambiente en el que los consumidores regularmente almacenan el alimento, se comparó este tratamiento con el producto regular que se produce en la planta y así evidenciar la reducción en el crecimiento de hongos.

Por instrucción de la gerencia total de calidad se realizan análisis iniciales del producto empacado en cada uno de los bultos para determinar las mediciones de los parámetros iniciales.

En la tabla 20 y 21 se observan los datos obtenidos.

Tabla 20. Análisis muestras iniciales tratamiento E₁.

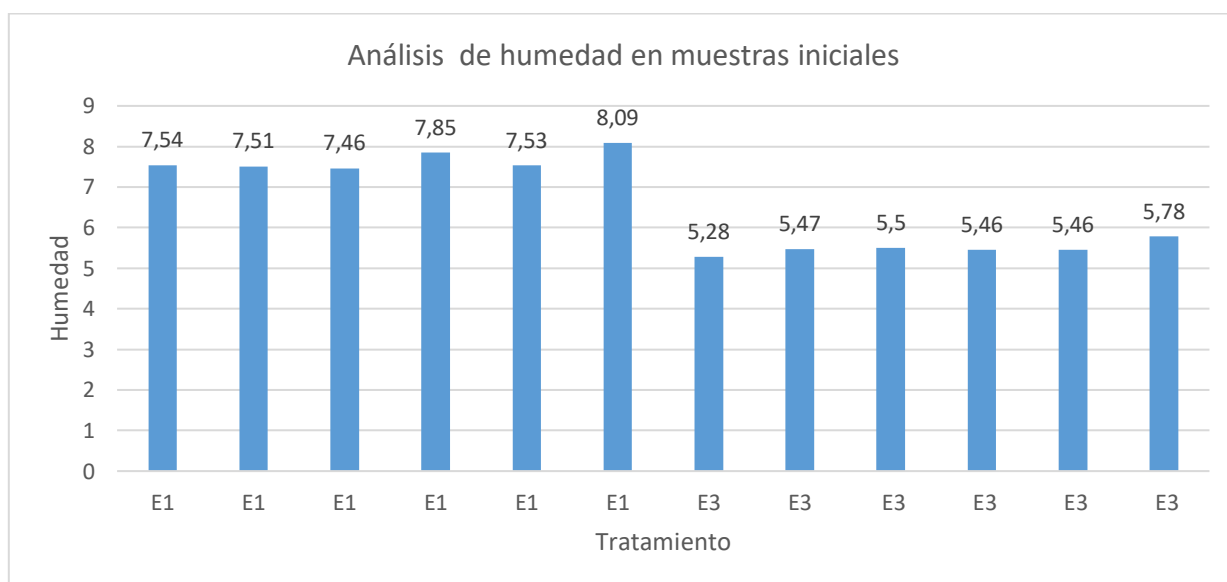
No. Muestra	Lote	Tratamiento	% Humedad	Aw	pH	Rto hongos	Características Organolépticas
Bulto 1		E ₁	7,54	0,45	6,004	10	Olor característico a sebo
Bulto 2		E ₁	7,51	0,49	6,016	10	Olor característico a sebo
Bulto 3	23125337	E ₁	7,46	0,44	6,066	10	Olor característico a sebo
Bulto 4		E ₁	7,85	0,46	5,995	10	Olor característico a sebo
Bulto 5		E ₁	7,53	0,46	5,998	10	Olor característico a sebo
Bulto 6		E ₁	8,09	0,43	6,004	10	Olor característico a sebo
Promedio			7,66	0,46	6,01		
Desviación			0,25	0,02	0,03		
CV (%)			3,27	4,56	0,44		

Tabla 21. Análisis muestras iniciales tratamiento E₃.

No. Muestra	Lote	Tratamiento	% Humedad	Aw	pH	Rto hongos	Características Organolépticas
Bulto 1	23125362	E ₃	5,28	0,37	6,029	10	Olor característico a sebo
Bulto 2		E ₃	5,47	0,37	6,024	10	Olor característico a sebo
Bulto 3		E ₃	5,5	0,36	6,198	10	Olor característico a sebo
Bulto 4		E ₃	5,46	0,38	6,043	10	Olor característico a sebo
Bulto 5		E ₃	5,46	0,38	5,993	10	Olor característico a sebo
Bulto 6		E ₃	5,78	0,40	6,046	10	Olor característico a sebo
Promedio			5,49	0,38	6,06		
Desviación			0,16	0,01	0,07		
CV (%)			2,94	3,63	1,19		

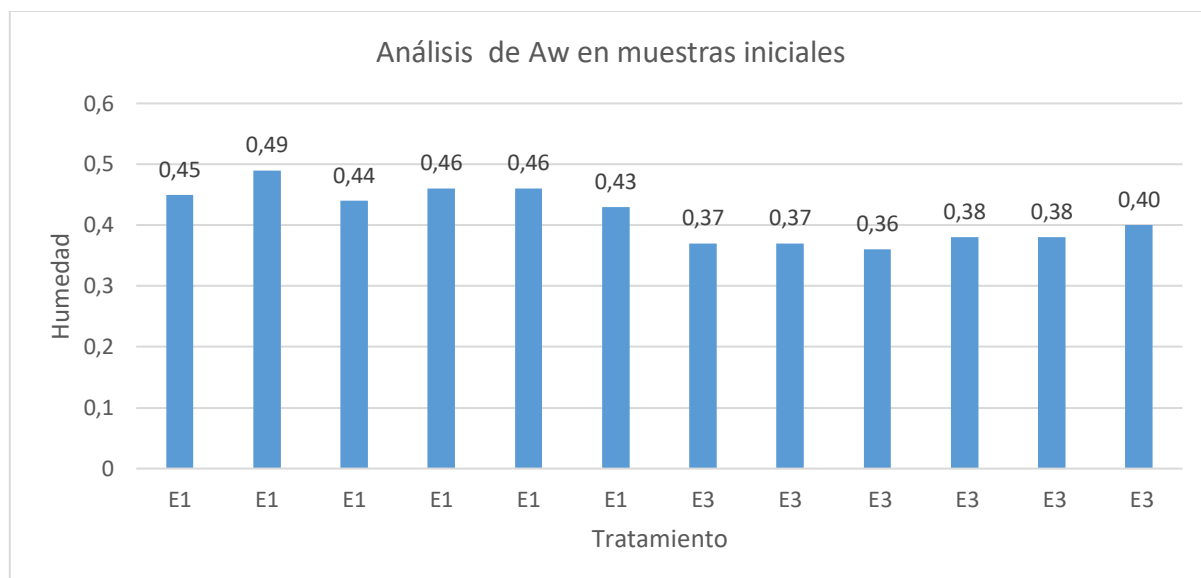
Fuente: Autor.

Gráfica 9. Análisis de humedad en muestras iniciales.



Fuente: Autor.

Gráfica 10. Análisis de actividad acuosa en muestras iniciales.



Fuente: Autor.

Se observa una disminución promedio de la humedad de 2.17% de humedad y de 0.08 en la actividad acuosa. En estudios anteriores estos resultados ya se habían analizado debido al efecto del tensoactivo en la liberación del agua libre durante el secado (Laughlin, 1994; Nitschke & Costa, 2007; Satpute, Zinjarde, & Banat, 2018).

Al finalizar los primeros 10, 20 y 30 días se abren de 4 bultos por ambos extremos así:

Tabla 22. Tratamientos para verificación de crecimiento fúngico.

Tratamiento	Descripción
E ₁ S ₁	Termosellado en contacto con la superficie húmeda
E ₁ S ₂	Dobladillo en contacto con la superficie húmeda
E ₃ S ₁	Termosellado en contacto con la superficie húmeda
E ₃ S ₂	Dobladillo en contacto con la superficie húmeda

Fuente: Autor.

Figura 24. Disposición general de los bultos dentro de las canecas con arena húmeda.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

En la figura 24 se observa el primer bulto el cual la costura de producción estuvo en contacto con la arena.

Figura 25. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E₁ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 26. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E₁ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 27. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E₃ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 28. Bulto abierto a los primeros 10 días, tratamiento E₃ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

A los primeros 10 días se observa proliferación de hongos en los bultos que la costura de producción tiene contacto con la superficie húmeda, tanto en el alimento tratado con Fylax® como en el alimento de control, ver figuras 26 y 28. En los bultos que se colocaron con el sesgo del proveedor en contacto con la superficie húmeda no se notó crecimiento de hongos, ver figuras 25 y 27.

Después de 20 días se vuelven a abrir 4 bultos de alimento para verificación de condiciones (ver figura 29):

Figura 29. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E₁ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 30. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E₁ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 31. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E₃ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 32. Bulto abierto a los primeros 20 días, tratamiento E₃ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

A los 20 días se observa una gran proliferación de hongos en el bulto de control E₁ S₂ (ver figura 30) que tenía la costura de producción en contacto con la superficie húmeda, el otro bulto del tratamiento E₃ S₂ (ver figura 32) muestra un pequeño punto de proliferación de hongos. En los bultos de los tratamientos E₃ S₁ y E₃ S₂ (ver figuras 29 y 31), que se colocaron con el sesgo del proveedor en contacto con la superficie húmeda no se notó crecimiento de hongos.

Nuevamente, a los 30 días, se vuelven a abrir 4 bultos de alimento para verificación de condiciones:

Figura 33. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E₁ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 34. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E₁ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 35. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E₃ S₁.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

Figura 36. Bulto abierto a los primeros 30 días, tratamiento E₃ S₂.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

A los 30 días, en la figura 34, se observa una gran proliferación de hongos en el bulto de control E₁ S₂ que tenía el dobladillo en contacto con la superficie húmeda, el otro bulto del tratamiento E₁ S₃, figura 35, no muestra proliferación de hongos. En los bultos de los tratamientos con Fylax®, en la figura 36 correspondiente al tratamiento E₃ S₂, se notó crecimiento de hongos en los 2 primeros intervalos de tiempo, aunque las muestra a 30 días no se evidencio crecimiento de hongos.

En general al evaluar el comportamiento termosellado versus el dobladillo realizado en producción observamos que ningún bulto con el termosellado sobre la superficie húmeda presenta crecimiento fúngico. Cuando el alimento sin tratar está en contacto con la humedad, se genera una gran cantidad de hongos desde los primeros 10 días, mientras que las muestras tratadas generaron muy pocos hongos. Tadros (2005), explica muy bien la interacción entre los tensoactivos y los compuestos alimenticios reduciendo la adhesión superficial de los hongos en el alimento además mejorando tanto las propiedades reológicas de los alimentos como el efecto antimicrobiano (Tadros, 2005)

Después de la apertura de los bultos se realizó la medición de las condiciones del alimento que se muestran en la tabla 23. Este comportamiento se observó y evaluó debido al interés de la empresa por verificar cuál de las formas de sellar el bulto es la que más beneficia a la calidad del alimento. Para el desarrollo de esta investigación nos enfocaremos en la parte superior de los bultos la cual no estuvo expuesta directamente a la humedad.

Tabla 23. Variables fisicoquímicas de los tratamientos.

Tratamiento	Hum Sup.	Hum Inf.	Aw Sup.	Aw Inf.	pH Sup.	pH Inf.	Temp Sup. °C	Temp Inf. °C
E ₁ S ₁	7,74	7,01	0,44	0,46	6,006	6,116	26,10	25,70
E ₁ S ₂	7,39	7,75	0,44	0,49	6,200	6,046	26,40	26,00
E ₃ S ₁	5,19	5,13	0,36	0,36	6,088	6,166	26,20	26,00
E ₃ S ₂	4,97	5,50	0,35	0,39	6,179	6,064	25,90	26,20
E ₁ S ₁	7,34	7,80	0,46	0,46	5,977	6,002	27,20	25,40
E ₁ S ₂	7,42	15,16	0,47	0,57	5,995	6,136	25,70	28,40
E ₃ S ₁	4,93	5,00	0,43	0,45	6,021	5,995	27,50	25,00
E ₃ S ₂	4,83	6,18	0,43	0,44	6,086	6,006	26,70	25,30
E ₁ S ₁	6,92	7,05	0,55	0,46	5,869	5,805	28,80	25,80
E ₁ S ₂	6,88	9,05	0,55	0,63	5,865	5,973	29,00	26,50
E ₃ S ₁	4,94	4,29	0,46	0,39	5,948	6,081	25,10	27,60
E ₃ S ₂	4,95	4,84	0,45	0,40	6,082	6,051	26,60	26,00
Promedio	6,13	7,06	0,45	0,46	6,026	6,037	26,77	26,16
Desviación	1,23	2,93	0,06	0,08	0,106	0,094	1,19	0,97
CV (%)	20,09	41,47	13,37	16,87	1,77	1,56	4,43	3,70

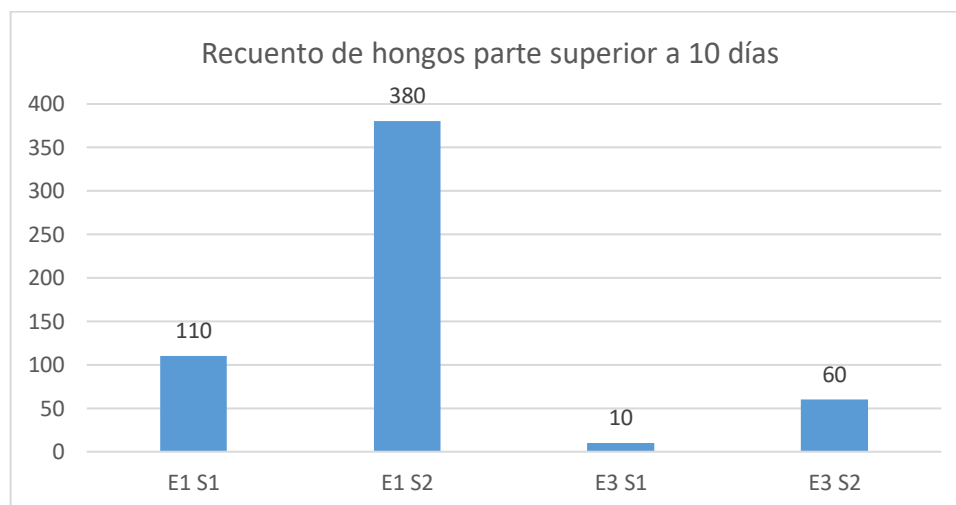
Fuente: Autor.

Tabla 24. Recuento de hongos, parte superior del bulto.

Día	Tratamiento	Recuento Hongos superior
10	E ₁ S ₁	110
	E ₁ S ₂	380
	E ₃ S ₁	10
	E ₃ S ₂	60
20	E ₁ S ₁	80
	E ₁ S ₂	120
	E ₃ S ₁	70
	E ₃ S ₂	50
30	E ₁ S ₁	100
	E ₁ S ₂	840
	E ₃ S ₁	40
	E ₃ S ₂	70

Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019) – Autor.

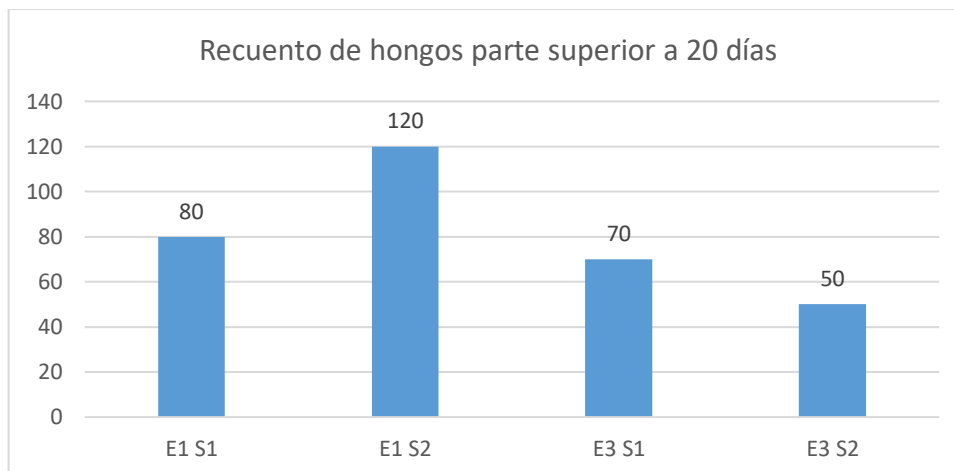
Gráfica 11. Recuento de hongos en la parte superior a los 10 días.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019). – AUTOR.

Se observa a los 10 primeros días que las muestras no tratadas tienen mayor conteo de hongos que las muestras tratadas, casi al doble. El tratamiento E₁ S₂ tiene el mayor crecimiento fúngico mientras que los tratamientos con inclusión de tensoactivo, E₃ S₁ y E₃ S₂, se mantienen como los tratamientos con menor crecimiento fúngico.

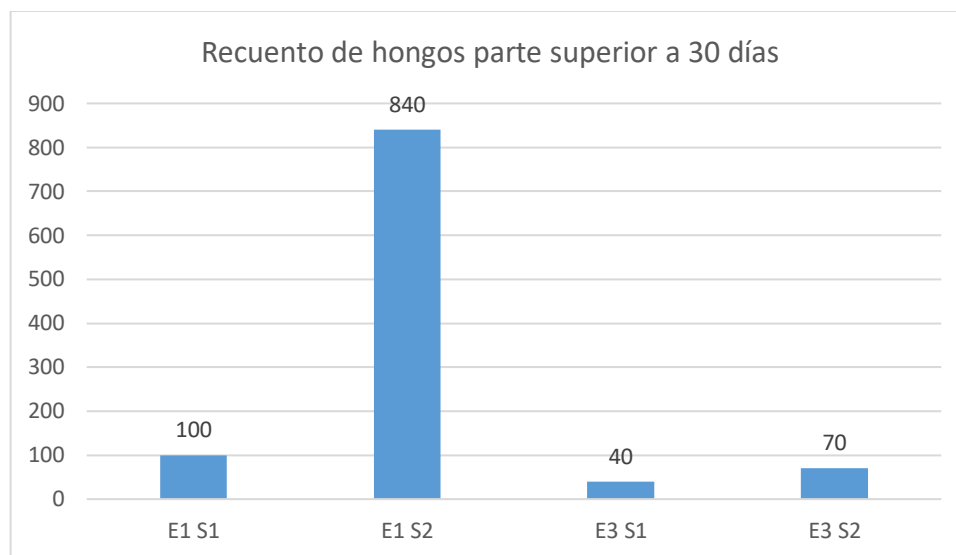
Gráfica 12. Recuento de hongos en la parte superior a los 20 días.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019). – AUTOR.

A los 20 días se siguen observando la misma tendencia, el alimento tratado con el tensoactivo Fylax® tiene menos crecimiento de hongos que el alimento no tratado. El tratamiento E₁ S₂ sigue siendo el tratamiento con mayor crecimiento fúngico mientras que los tratamientos E₃ S₁ y E₃ S₂, con tensoactivo, se mantienen como los tratamientos con menor crecimiento fúngico.

Gráfica 13. Recuento de hongos en la parte superior a los 30 días.



Fuente: Planta de alimentos para mascotas (2019). – Autor.

A los 30 días de ensayo se evidencia que el tratamiento E₁ S₂ sigue aumentando su crecimiento fúngico mientras que los tratamientos con inclusión de tensoactivo, E₃ S₁ y E₃ S₂, se mantienen sus crecimientos fúngicos bajos con respecto a los que no tienen adición del tensoactivo.

Durante los intervalos de tiempo se nota que las muestras tratadas con Fylax® tienen un menor recuento de hongos con respecto a las muestras de control. Durante los 30 días que duro el ensayo las muestras sin tensoactivo registraron cantidades muy altas de crecimiento fúngico a comparación de las muestras tratadas con tensoactivo que tuvieron recuentos bajos y baja o nula evidencia física de hongos dentro de los bultos, esto nos confirma el efecto antifúngico que proporciona n este caso el tensoactivo del aditivo Fylax®.

Vamos una mejora notable en la inhibición de hongos durante la aplicación del aditivo tensoactivo (Falk, 2019; Wieczorek, Gwiazdowska, Michocka, Kwaśniewska, & Kluczyńska, 2014), lo cual nos orienta lo suficiente sobre las ventajas sobre la aplicabilidad de aditivos tensoactivo en la producción de alimentos para perros.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Se sometió a estudio el efecto del tensoactivo del aditivo Fylax® el cual impacto principalmente en la humedad y la actividad del agua, con los resultados obtenidos se determinó que el incremento en la adición del tensoactivo en el alimento ocasiono una reducción de la humedad y de la actividad acuosa en cada uno de los tratamientos con tensoactivo, teniendo mayores beneficios en el tratamiento de mayor adición. Agregado a esto no se encontraron diferencias nutricionales entre los tratamientos, por lo que el tensoactivo no afecto estos parámetros.

La eficiencia en la producción del alimento obtuvo una mejora interesante, donde el efecto del tensoactivo ayudó a incrementarla en condiciones estándar de producción, reduciendo los consumos de energía utilizada en el secado. Se determinó este incremento en la eficiencia de la línea de extrusión, valorando el efecto de la inclusión del aditivo tensoactivo sobre la carga de trabajo en el proceso de extrusión. A condiciones de mayor eficiencia se mantiene la carga de trabajo del equipo de extrusión, generando el mismo consumo de energía eléctrica del motor del extruder y energía térmica del secador para el tratamiento con tensoactivo.

Se evidenció disminución en el crecimiento fúngico en las pruebas del tratamiento E₃, mientras que se observó un crecimiento de hongos previa a la finalización del ensayo en muestras de los tratamientos E₁ y E₂. Las pruebas de stress acelerado y el recuento de hongos en bultos cosidos arrojan resultados satisfactorios que nos hacen concluir que la inclusión del aditivo tensoactivo aumenta la vida útil del alimento retrasando su oxidación y generación de hongos.

En términos generales el tensoactivo adicionado en alimentos para perros tuvo un efecto antifúngico y adicional a esto mejoró la eficiencia de los procesos de secado y de extrusión de la línea de fabricación.

RECOMENDACIONES

Se expone la posibilidad de realizar el estudio de vida útil acelerado mediante el software Galeno que hace la predicción de acuerdo con el modelo matemático que generen los resultados, para pronosticar más efectivamente el tiempo de vida de anaquel del producto terminado.

Se sugiere realizar tirajes más largos de producción con el aditivo Fylax® para obtener la estabilización adecuada de los parámetros de planta requeridos por calidad (humedad final) y sacarle el mejor provecho desde el punto de vista productivo. (Control de número de ventiladores, tiempo y velocidad de secado).

Se propone evaluar una dosis de 1,5 kg de Fylax® en el acondicionador extruder para evaluar su efecto antifúngico y lograr la dosis que mejor se ajuste a los requerimientos de vida útil de producto terminado.

BIBLIOGRAFÍA

- Angel Gutierrez, J. C. (2010). La variación y su significado. *Revista Universidad EAFIT*.
- Arboleda Villa, M. P., & Restrepo Pérez, C. (2017). *Estudio de la oferta y la demanda de productos de mascotas relacionados con la alimentación y los accesorios en la ciudad de Medellín para determinar oportunidades de innovación y desarrollo de nuevos productos*. EAFIT. Recuperado de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12723/MariaPaulina_ArboledaVilla_Camilo_RestrepoPerez_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Bansal, P. K., & Chung, K. Y. (2007a). Food Drying Equipment and Design. En *Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications Science and Technology* (pp. 359–402).
- Bansal, P. K., & Chung, K. Y. (2007b). Tomato dehydration. En *Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications* (pp. 603–628). Pennsylvania: DESTech Publications, Inc.
- Başer, Ö., & Yalçın, S. (2017). *Determination of some quality characteristics in pet foods **. *Ankara Üniv Vet Fak Derg* (Vol. 64). Recuperado de <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/11/2125/21985.pdf>
- Beuchat, L. R. (1983). *Influence of Water Activity on Growth, Metabolic Activities and Survival of Yeasts and Molds*. *Journal of Food Protection* (Vol. 46). Recuperado de <https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-46.2.135>
- Carrillo, M., & Reyes, A. (2007). Vida Útil De Los Alimentos. Factores que influyen la vida útil de los alimentos. Parámetros que indican el final de la vida útil. *Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias.*, 2(Número 3).
- Carter, B., & Fontana, A. (2008). *Water activity: The key to pet food quality and safety*. Hodkins. Recuperado de http://manuals.decagon.com/Application Notes/13504_Water Activity the Key to Pet Food_Print.pdf
- CEM. (2017). Dry Pet Food Production Process. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://cem.com/es/dry-pet-food-production-process>
- Cheng, H., & Hansen, J. H. (2016). Extrudate expansion model in a twin-screw extrusion cooking

- process considering melt rheological property. *Food and Bioprocess Technology*, 9(4), 604–611. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1655-0>
- Debeaufort, F., & Voilley, A. (2007). Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *International Journal of Food Science & Technology*, 30(2), 183–190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb01370.x>
- Decagon. (2003). *Water activity and pet foods*. *Water Activity News*. Recuperado de <https://issuu.com/decaweb/docs/awnews03>
- Enrique Núñez, G. (2015, junio 15). Con las mascotas la economía no se ve a gatas. *Diario LA ECONOMÍA.COM*. Recuperado de diariolaeconomia.com/fabricas-e-inversiones/item/862-con-las-mascotas-la-economia-no-se-ve-a-gatas.html
- Falk, N. A. (2019). Surfactants as Antimicrobials: A Brief Overview of Microbial Interfacial Chemistry and Surfactant Antimicrobial Activity. *Journal of Surfactants and Detergents*, jsde.12293. <https://doi.org/10.1002/jsde.12293>
- Gaysinsky, S., Davidson, P. M., Bruce, B. D., & Weiss, J. (2005). *Stability and Antimicrobial Efficiency of Eugenol Encapsulated in Surfactant Micelles as Affected by Temperature and pH*. *Journal of Food Protection* (Vol. 68).
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Processes and Unit Operations* (4th ed.). Upper Saddle River NJ: Prentice-Hall. Recuperado de <http://appliedchem.unideb.hu/Muvtan/Transport Processes and Unit Operations, Third Edition.pdf>
- Gerginov, D. (2007). Evaluation and use of dog foods, 5(3), 51–55.
- Giroto, P.-M. (2017). Kibble coating: back to basics: Diana Pet Food. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <https://www.diana-petfood.com/publications/kibble-coating-back-to-basics/>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. (Tercera, Ed.) (Pablo E. R). México D.F.: Mc Graw Hill. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2053/book.aspx?i=375&pg=>
- Hayashi, H. (1989). Drying Technologies of Foods -Their History and Future. *Drying Technology*, 7(2), 315–369. <https://doi.org/10.1080/07373938908916590>
- Holland, P. M., & Rubingh, D. N. (1992). *Mixed Surfactant Systems*. (2nd edition, Ed.).
- Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de

<https://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2538/lib/unadsp/reader.action?docID=3176272&query>
=

- ICONTEC. Norma Técnica NTC Colombiana 4092 – Microbiología de alimentos y productos para alimentación animal. requisitos generales y directrices para análisis microbiológicos. (2009). Colombia.
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Productos con registro ICA a septiembre 2018 (2018).
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Resolución No. 061252 - 03-FEB-2020 (2020). Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/f7b59ff6-7bfc-477a-8110-40a14b80bd4e/2020R61252.aspx>
- Jangam, S V, & Thorat, B. N. (2010). *R&D Needs, Challenges and Opportunities for Innovation in Drying Technology*.
- Jangam, Sachin V. (2011). An Overview of Recent Developments and Some R&D Challenges Related to Drying of Foods. *Drying Technology*, 29(12), 1343–1357.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2011.594378>
- Jayasundera, M., Adhikari, B., Adhikari, R., & Aldred, P. (2011). The effect of protein types and low molecular weight surfactants on spray drying of sugar-rich foods. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.021>
- Kralova, I., & Sjöblom, J. (2009). Surfactants Used in Food Industry: A Review. *Journal of Dispersion Science and Technology - J DISPER SCI TECH*, 30, 1363–1383.
<https://doi.org/10.1080/01932690902735561>
- Larsson, K., Friberg, S. E., & Sjöblom, J. (2004). *Food Emulsions* (4a ed.). New York.
- Laughlin, R. G. (1994). *The Aqueous Phase Behavior of Surfactants*. (null, Ed.) (Vol. null).
- Lowenthal, W. (1968). Multiregressional Analysis of the Griffin HLB Numbers for Polyoxyethylene Polyoxypropylene Surfactants. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 57(3), 514–515. <https://doi.org/10.1002/JPS.2600570333>
- McEllhiney, R. R., & Association., A. F. I. (1994). *Feed manufacturing technology IV*. Arlington (Va.): American Feed Industry Association.
- Mujumdar, A. S. (2012). *Industrial Transfer processes*. Department of Mechanical Engineering National University of Singapore. Recuperado de http://www.arunmujumdar.com/file/Publications/books/ME5202_2011_Mujumdar.pdf

- Mujundar, A. S., & Zhonghua, W. U. (2007). Thermal Drying Technologies: New Developments and Future R&D Potencial. *Proceedings of the 5th Asia-Pacific Drying Conference, the (In 2 Volumes)*, (1), 1. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=128366038&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Mylek, S., Grillo, P., Morcelle, S., & Fait, E. M. (2018). Actividad antifúngica y antiadhesiva de tensioactivos derivados de arginina frente a levaduras del género *Candida*. *Universidad Nacional de Cuyo*, 15.
- Nitschke, M., & Costa, S. G. V. A. O. (2007). Biosurfactants in food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 18(5), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.002>
- Pacheco, P. D. G., Putarov, T. C., Baller, M. A., Peres, F. M., Loureiro, B. A., & Carciofi, A. C. (2018). Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. *Animal Feed Science and Technology*, 243(June), 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.003>
- Rao, M. A., Rizvi, S. S. H., Datta, A. K., & Ahmed, J. (2014). *Engineering Properties of Foods, Fourth Edition*. Taylor and Francis. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/258210263_Engineering_Properties_of_Foods_Fourth_Edition
- Rubio-Caroca, C., & García De Los Ríos-Álvarez, M. (2017). Artículo de revisión. *Rev ALAD*, 7(2), 155–163. [https://doi.org/10.1016/S1405-8871\(16\)30026-8](https://doi.org/10.1016/S1405-8871(16)30026-8)
- Sabarez, H. (2016). *Drying of Food Materials. Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03416-8>
- Sabarez, H. T. (2010). *Improving Prune Dehydration Cost Efficiency*. Sydney.
- Sabarez, H. T. (2012). Computational modelling of the transport phenomena occurring during convective drying of prunes. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 279–288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.021>
- Sabarez, H. T. (2014). Mathematical Modeling of the Coupled Transport Phenomena and Color Development: Finish Drying of Trellis-Dried Sultanas. *Drying Technology*, 32(5), 578–589. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.846366>
- Sabarez, H. T. (2015). 4 - Modelling of drying processes for food materials. En S. Bakalis, K.

- Knoerzer, & P. J. B. T.-M. F. P. O. Fryer (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 95–127). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-284-6.00004-0>
- Sakamoto, K., Lochhead, R. Y., Maibach, H. I., Yamashita, Y., & Nakama, Y. (2017). Surfactants. *Cosmetic Science and Technology*, 231–244. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802005-0.00015-X>
- Saravacos, G. D., Marousis, S. N., & Raouzeos, G. S. (1988). Effect of ethyl oleate on the rate of air-drying of foods. *Journal of Food Engineering*, 7(4), 263–270.
[https://doi.org/10.1016/0260-8774\(88\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0260-8774(88)90008-8)
- Satpute, S. K., Zinjarde, S. S., & Banat, I. M. (2018). Recent updates on biosurfactant/s in Food industry, 38.
- Selko. (2019). Fylax® Forte. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de
<https://www.trouwnutrition.es/Products/Catalogue/Fylax®-forte/9215>
- Sharma, R. (2014). Surfactants: Basics and Versatility in Food Industries. *PharmaTutor*, 2(3), 17–29. Recuperado de <http://www.pharmatutor.org/magazines/articles/march-2014/surfactants-basics-versatility-food-industries>
- Soria Flores, A. I. (2019). Alternativa para preservar la vida de anaquel del alimento de mascotas: El caso de Fylax® – Trouw Nutrition Latam. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://trouwnutritionlatam.com/2019/04/10/alternativa-para-preservar-la-vida-de-anaquel-del-alimento-de-mascotas-el-caso-de-Fylax®/>
- Sup Chung, D., & Chang, D. I. (2014). *Principles of Food Dehydration. Journal of Food Protection* (Vol. 45). Recuperado de <https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-45.5.475>
- Tadros, T. (2005). Surfactants in the Food Industry. En *Applied Surfactants, Principles and Application* (pp. 595–629). <https://doi.org/doi:10.1002/3527604812.ch15>
- Tadros, T., Dederen, C., & Talman, M. C. (1995). *Cosmetic Toiletries*, 75–86.
- Tang, J., & Yang, T. (2004). Dehydrated vegetables: principles and systems. En *Handbook of Vegetable Preservation and Processing* (p. 595). New York.
- Tian, Y., Fu, N., Wu, W. D., Zhu, D., Huang, J., Yun, S., & Chen, X. D. (2014). Effects of Co-spray Drying of Surfactants with High Solids Milk on Milk Powder Wettability. *Food and*

- Bioprocess Technology*, 7(11), 3121–3135. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1323-9>
- Timmons, R. . (2006). Water activity as a tool for predicting and controlling the stability of pet foods. En L. Tucker (Ed.), *Recent Advances in Pet Nutrition* (pp. 161–168). Thrumpton [U.K.]: Nottingham University Press. Recuperado de <https://trove.nla.gov.au/work/25409984?q&versionId=46560538>
- Trouw nutrition. (2005). *Fylax® Forte HC - líquido Poderoso Control de hongos mediante propionatos activados*.
- Unadi, A., Fuller, R. J., & Macmillan, R. H. (1996). A review of tomato drying in Australia. En University of Southern Queensland (Ed.), *Proceedings of the Conference on Engineering in Agriculture and Food Processing*. Toowomba, Queensland, Australia.
- Van der Heijden, M. v, & de Haan, D. (2010). AllAboutFeed: Optimising moisture while maintaining feed quality. Recuperado el 24 de marzo de 2019, de <https://www.allaboutfeed.net/Processing/Cooling--Drying/2010/10/Optimising-moisture-while-maintaining-feed-quality-AAF011514W/>
- Wieczorek, D., Gwiazdowska, D., Michocka, K., Kwaśniewska, D., & Kluczyńska, K. (2014). Antibacterial activity of selected surfactants. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2(39), 142–149.
- Xu, W., Nikolov, A., Wasan, D. T., Gonsalves, A., & Borkwankar, R. P. (1998). Fat Particle Structure and Stability of Food Emulsions. *Journal of Food Science*, 63(2), 183–188. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15705.x>