

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



“Funcionalidad de empaques biodegradables a base de hongos
Ecovative para alimentos”

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Astrid Pamela Ortega Rodas
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los
Alimentos

Guatemala,
2019

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería




“Funcionalidad de empaques biodegradables a base de hongos
Ecovative para alimentos”


Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Astrid Pamela Ortega Rodas
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los
Alimentos

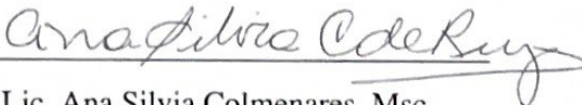
Guatemala,
2019

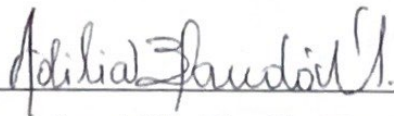
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Nancy Linde, Msc

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Nancy Linde, Msc

(f) 
Lic. Ana Silvia Colmenares, Msc.

(f) 
Ing. Adilia Blandón, Msc.

Fecha de aprobación: Guatemala , 5 de diciembre del 2019

PREFACIO

Dedico este trabajo de graduación a Dios, le doy gracias por haberme dado la oportunidad de recibir una educación prestigiosa, acompañarme en cada etapa de mi vida, rodearme de gente especial, permitirme amar todo lo que hago y demostrarme su Amor con todas las bendiciones que he recibido.

Agradezco:

A mis papás, Carlos y Carla, gracias por su apoyo incondicional, los sacrificios hechos para que pudiera tener la mejor educación posible, estar pendientes todo el tiempo de que no me faltara nada y motivarme a ser la mejor versión de mí cada día.

A mi novio José Barillas, por estar a mi lado siempre, ayudarme en todo lo que fuera posible, exigirme para siempre dar la milla extra, creer en mí y animarme en cada momento que fuera necesario.

A mi amiga María José Castillo, por ayudarme a crecer como persona y profesionalmente, prestarle atención a mis ideas, estar siempre dispuesta a ayudarme y su apoyo en cada parte del trayecto de esta tesis desde que inició como una idea.

A la Ing. Nancy Linde, quien fue mi asesora durante el trayecto de tesis, por orientarme para realizar este trabajo de la mejor manera posible, compartirme su conocimiento y aconsejarme siempre que fuera necesario.

A Eben Bayer, CEO de Ecovative, por estar siempre dispuesto a brindarme todo el apoyo necesario para que este proyecto fuera factible, confiar en mí desde un inicio y el material donado para realizar esta tesis.

A todos mis amigos, técnicos de laboratorio y profesores que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera y el desarrollo de esta tesis, por sus aportes significativos en mi persona como profesional, estar siempre dispuestos a ayudarme y compartir sus conocimientos.

CONTENIDO

PREFACIO	III
CONTENIDO	IV
LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. Generales	2
B. Específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. ANTECEDENTES	4
V. MARCO TEÓRICO	7
A. Empaques	7
1. Categorías	7
2. Materiales	8
3. Funciones en la industria de alimentos	9
4. Degradación	10
5. Empaques amigables con el ambiente	12
B. Poliestireno	13
C. Material a base de hongos	13
1. Ecovative	14
2. Materiales	14
3. Uso en la industria	16
4. Degradación	17
VI. METODOLOGÍA	18
A. Fabricación de moldes	18
1. Fase de diseño	18
2. Fase de impresión	18
B. Fabricación de empaques	18

1.	Fase de activación del micelio de hongo	18
2.	Fase de moldeado.....	18
3.	Fase de desactivación.....	18
C.	Evaluación del empaque	19
1.	Determinación de dimensiones	19
2.	Determinación de peso.....	19
3.	Prueba de flotación	19
4.	Prueba de rotura	19
5.	Prueba de combustión	19
6.	Resistencia a agua y grasas	19
7.	Gramaje.....	19
8.	Permeabilidad al vapor de agua	19
9.	Firmeza	20
10.	Determinación de capacidad aislante.....	20
11.	Análisis microbiológico	20
D.	Evaluación de funcionalidad para alimentos	20
1.	Frutas	20
2.	Huevos	22
E.	Evaluación de aceptación del mercado.....	23
1.	Grupo Focal	23
F.	Análisis de costos	23
1.	Obtención del costo	23
2.	Comparación con productos similares	23
G.	Análisis de resultados	23
1.	ANOVA	23
VII.	RESULTADOS	24
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
IX.	CONCLUSIONES.....	39
X.	RECOMENDACIONES	41
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
XII.	ANEXOS	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1 Resultados de pruebas visuales de material de empaque a base de micelio de hongos	24
Cuadro No. 2 Rotura de material EMH	24
Cuadro No. 3 Resistencia de agua y aceite a material EMH	24
Cuadro No. 4 Parámetros físico-químicos de material EMH	24
Cuadro No. 5 Capacidad aislante de material EMH	25
Cuadro No. 6 Fresas: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	25
Cuadro No. 7 Fresas: Comparación de senescencia a lo largo de su vida útil en ambos empaques	25
Cuadro No. 8 Moras: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	25
Cuadro No. 9 Moras: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	26
Cuadro No. 10 Tomates: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques	26
Cuadro No. 11 Tomates: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques	26
Cuadro No. 12 Manzanas: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	26
Cuadro No. 13 Manzanas: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	27
Cuadro No. 14 Humedad de bandejas EMH luego de utilizarlas como empaque	27
Cuadro No. 15 Huevos: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	27
Cuadro No. 16 Huevos EN: Características visuales al inicio y final de su vida útil	27
Cuadro No. 17 Huevos EMH: Características visuales al inicio y final de su vida útil	28
Cuadro No. 18 Análisis de <i>Salmonella sp.</i> a material EMH a 35°C por 2 días	28
Cuadro No. 19 Análisis <i>Mohos y Levaduras</i> en productos evaluados y empaque	28
Cuadro No. 20 Respuestas a preguntas generales sobre empaques de grupos focales	29
Cuadro No. 21 Respuestas a preguntas sobre EMH a grupos focales	30
Cuadro No. 22 Costo de bandeja y empaque de huevos de EMH	31
Cuadro No. 23 Prueba de flotación de material EMH	49
Cuadro No. 24 Prueba de rotura de material EMH.....	49
Cuadro No. 25 Prueba de combustión de material EMH	50
Cuadro No. 26 Prueba de resistencia a aceites y grasas de material EMH.....	51
Cuadro No. 27 Prueba de permeabilidad al vapor de agua de material EMH	52
Cuadro No. 28 Evaluación de firmeza de material EMH	52
Cuadro No. 29 Evaluación de gramaje de material EMH para un grosor promedio de 5.6 mm	52

Cuadro No. 30	Húmedad de material EMH	53
Cuadro No. 31	Evaluación de capacidad aislante de material EMH: Temperatura fría	53
Cuadro No. 32	Evaluación de capacidad aislante de material EMH: Temperatura caliente	54
Cuadro No. 33	Fresas EN: Distancia entre dos colores por HunterLab	54
Cuadro No. 34	Fresas EN: parámetros fisico-químicos	55
Cuadro No. 35	Fresas EN: senescencia	55
Cuadro No. 36	Fresas EMH: distancia entre dos colores por HunterLab.....	56
Cuadro No. 37	Fresas EMH: parámetros fisico-químicos	57
Cuadro No. 38	Fresas EMH: senescencia.....	57
Cuadro No. 39	Imágenes de fresas a lo largo de su vida útil en ambos empaques.....	58
Cuadro No. 40	Moras EN: distancia entre dos colores por HunterLab	59
Cuadro No. 41	Moras EN: parámetros fisico-químicos	60
Cuadro No. 42	Moras EN: madurez	60
Cuadro No. 43	Moras EMH: distancia entre dos colores por HunterLab.....	61
Cuadro No. 44	Moras EMH: parámetros fisico-químicos	62
Cuadro No. 45	Moras EMH: madurez	62
Cuadro No. 46	Imágenes de moras a lo largo de su vida útil en ambos empaques	63
Cuadro No. 47	Tomate EN: distancia entre dos colores por HunterLab	64
Cuadro No. 48	Tomate EN: parámetros fisico-químicos	64
Cuadro No. 49	Tomate EN: madurez	65
Cuadro No. 50	Tomate EMH: distancia entre dos colores por HunterLab.....	65
Cuadro No. 51	Tomate EMH: parámetros fisico-químicos	66
Cuadro No. 52	Tomate EMH: madurez.....	66
Cuadro No. 53	Imágenes de tomates a lo largo de su vida útil en ambos empaques	67
Cuadro No. 54	Manzanas EN: distancia entre dos colores por HunterLab	68
Cuadro No. 55	Manzanas EN: parámetros físico-químicos	69
Cuadro No. 56	Manzana EN: madurez	69
Cuadro No. 57	Manzanas EN: Distancia entre dos colores por HunterLab	70
Cuadro No. 58	Manzanas EMH: parámetros físico-químicos	71
Cuadro No. 59	Manzana EMH: madurez	71
Cuadro No. 60	Imágenes de manzanas a lo largo de su vida útil en ambos empaques	72
Cuadro No. 61	Mediciones humedad de bandejas EMH luego de utilizarlas como empaque	73
Cuadro No. 62	Huevos EN: parámetros de calidad	73

Cuadro No. 63 Huevos EMH: parámetros de calidad	74
Cuadro No. 64 Comparación características visuales de huevo en ambos empaques	75
Cuadro No. 65 Imágenes de huevos a lo largo de su vida útil en ambos empaques	76
Cuadro No. 66 Resumen de datos de fresas: distancia entre dos colores	77
Cuadro No. 67 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de fresas	77
Cuadro No. 68 Resumen de datos de fresas: Grados Brix	77
Cuadro No. 69 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de fresas	77
Cuadro No. 70 Resumen de datos de fresas: pH.....	77
Cuadro No. 71 Análisis de varianza de un factor para pH de fresas	78
Cuadro No. 72 Resumen de datos de fresas: firmeza	78
Cuadro No. 73 Análisis de varianza de un factor para firmeza de fresas	78
Cuadro No. 74 Resumen de datos de mora: distancia entre todos colores	78
Cuadro No. 75 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de moras.....	78
Cuadro No. 76 Resumen de datos de mora: Grados Brix	79
Cuadro No. 77 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de moras	79
Cuadro No. 78 Resumen de datos de mora: pH.....	79
Cuadro No. 79 Análisis de varianza de un factor para pH de moras	79
Cuadro No. 80 Resumen de datos de mora: firmeza	79
Cuadro No. 81 Análisis de varianza de un factor para firmeza de moras.....	80
Cuadro No. 82 Resumen de datos de tomate: distancia entre dos colores.....	80
Cuadro No. 83 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de tomates	80
Cuadro No. 84 Resumen de datos de tomate: Grados Brix	80
Cuadro No. 85 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de tomates.....	80
Cuadro No. 86 Resumen de datos de tomate: pH	81
Cuadro No. 87 Análisis de varianza de un factor para pH de tomates	81
Cuadro No. 88 Resumen de datos de tomate: firmeza	81
Cuadro No. 89 Análisis de varianza de un factor para firmeza de tomates	81
Cuadro No. 90 Resumen de datos de manzana: distancia entre dos colores	81
Cuadro No. 91 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de manzanas.....	82
Cuadro No. 92 Resumen de datos de manzana: Grados Brix	82
Cuadro No. 93 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de manzanas	82
Cuadro No. 94 Resumen de datos de manzana: pH.....	82
Cuadro No. 95 Análisis de varianza de un factor para pH de manzanas	82

Cuadro No. 96 Resumen de datos de manzana: firmeza (parte externa)	83
Cuadro No. 97 Análisis de varianza de un factor para firmeza (parte externa) de manzanas	83
Cuadro No. 98 Resumen de datos de manzana: firmeza (parte interna).....	83
Cuadro No. 99 Análisis de varianza de un factor para firmeza (parte interna) de manzanas	83
Cuadro No. 100 Resumen de datos de huevos: cámara de aire	83
Cuadro No. 101 Análisis de varianza de un factor para cámara de aire de huevos	84
Cuadro No. 102 Resumen de datos de huevos: peso	84
Cuadro No. 103 Análisis de varianza de un factor para peso de huevos	84
Cuadro No. 104 Resumen de datos de huevos: Grados Haugh	84
Cuadro No. 105 Análisis de varianza de un factor para Grados Haugh de huevos	84
Cuadro No. 106 Resumen de datos de huevos: Índice de yema	85
Cuadro No. 107 Análisis de varianza de un factor para Índice de yema de huevos	85
Cuadro No. 108 Imágenes de análisis microbiológico de <i>Salmonella sp.</i> a material EMH	86
Cuadro No. 109 Análisis de <i>Mohos</i> y <i>Levaduras</i> en EMH.....	86
Cuadro No. 110 Imágenes de análisis microbiológico de <i>Mohos</i> y <i>levaduras a material</i> EMH.....	87
Cuadro No. 111 Análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en tomates en ambos empaques	87
Cuadro No. 112 Imágenes de análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en tomates en ambos empaques	88
Cuadro No. 113 Análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en manzanas en ambos empaques.....	88
Cuadro No. 114 Imágenes de análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en manzanas en ambos empaques.....	89
Cuadro No. 115 Análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en fresas en ambos empaques	89
Cuadro No. 116 Imágenes de análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en fresas en ambos empaques	90
Cuadro No. 117 Análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en moras en ambos empaques.....	90
Cuadro No. 118 Imágenes de análisis de <i>Mohos</i> y <i>levaduras</i> en moras en ambos empaques.....	91
Cuadro No. 119 Materiales necesarios para activar el micelio de hongo	91
Cuadro No. 120 Comparación de precios de bandejas similares en el mercado	92
Cuadro No. 121 Comparación de precios de empaques similares de 15 huevos en el mercado	93

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Uso de Empaques	7
Figura No. 2 Material GIY Mushroom Ecovative (biruta de madera y micelio de hongo deshidratado)	46
Figura No. 3 Material GIY Mushroom con agua y harina de trigo	46
Figura No. 4 Material GIY Mushroom con agua y harina 7 días después	47
Figura No. 5 Material GIY Mushroom creciendo en molde de bandeja	47
Figura No. 6 Bandeja de material GIY Mushroom luego de desmoldar	48
Figura No. 7 Bandeja de material GIY Mushroom luego de tratamiento térmico (<250°F)	48
Figura No. 8 Prueba de flotación	49
Figura No. 9 Prueba de rotura de material (Cuchillo)	50
Figura No. 10 Prueba de combustión.....	50
Figura No. 11 Prueba de resistencia a los aceites	51
Figura No. 12 Prueba de resistencia al agua	51
Figura No. 13 Prueba de permeabilidad al vapor de agua	52
Figura No. 14 Guía Grupo Focal 1: Personas 35+ años que realizan compras en su casa	93
Figura No. 15 Guía Grupo Focal 2: Personas 18-25 años que tendrán el poder adquisitivo en el futuro	94

RESUMEN

La industria del empaque es indispensable para el transporte, protección y venta de productos alimenticios. Desde el siglo pasado, el plástico se ha presentado como la mejor alternativa de material de empaque debido su facilidad de producción, versatilidad y bajo costo. Sin embargo, desde su producción hasta su desecho representa una de las principales causas de contaminación del aire, suelo y agua, afectando así al calentamiento global, fauna y flora, y la salud humana.

A partir de esto, se han generado nuevos materiales de empaques en base a fuentes naturales renovables, empaques reutilizables, reciclables, plásticos verdes y biodegradables. Ecovative, ha desarrollado un material que consiste en la unión de desechos agrícolas con micelio de hongo. Se ha utilizado para fabricar empaques de dispositivos electrónicos, lámparas, ropa, zapatos y otros productos por su variedad de propiedades similares al plástico. Por lo que en este trabajo de graduación se determinó la funcionalidad del material biodegradable a base de hongos Ecovative, como empaque para alimentos, al evaluar sus barreras físicas y microbiológicas. Asimismo, se comparó la vida útil de alimentos en su empaque tradicional (EN) y en el empaque a base de micelio de hongo (EMH). Por último, se analizó la aceptación del mercado ante el empaque biodegradable para ser utilizado en alimentos.

Se determinó que el material es impermeable al agua y al vapor de la misma, por lo que flota en ella. La combustión ocurre de manera inmediata dando lugar a un material carbonizado. Es fácilmente rasgable, sin embargo cortarlo con tijera resulta sumamente difícil. Posee una firmeza de 3.52 kg/cm^2 , un gramaje de 984 g/m^2 y una humedad promedio de 7.02% . Es aislante de temperaturas bajas, cercanas a cero pero no altas temperaturas. Por otro lado, al evaluar *Salmonella sp.* y *Mohos* y *Levaduras*, se llegó a la conclusión de que el material es microbiológicamente inocuo.

Los productos frescos empacados no presentaron diferencia significativa a lo largo de su vida útil al ser comparados entre su empaque tradicional y el empaque a base de micelio de hongo, en parámetros como mohos y levaduras, distancia entre dos colores, grados Brix, pH, firmeza y madurez. De igual forma, los huevos no presentaron diferencias significativas a lo largo de su vida útil en cuanto a cámara de aire, peso, grados Haugh, índice de yema y flotación al ser comparados en ambos empaques.

Además el empaque biodegradable a base de micelio de hongos es aceptado por adultos y jóvenes universitarios. Por lo que se puede concluir que el empaque biodegradable a base de micelio de hongos es funcional como empaque de alimentos.

I. INTRODUCCIÓN

La industria del empaque nació debido a la necesidad de transportar productos sin dañarlos, pero actualmente las razones para usar un empaque varían desde preservar el producto por más tiempo, informar al consumidor hasta ser una herramienta clave para el mercadeo del producto. El consumidor, usualmente, compra un producto que posiblemente llama su atención por el empaque, luego lo transporta en ese empaque, lo almacena en su mismo empaque pues conserva el producto a lo largo de su vida útil, pero el momento de desecharlo no considera cuál será su destino final. Los empaques tienen una gran función, pero luego de cumplida se convierten en un desecho que contamina el ambiente. Después de la II Guerra Mundial, el plástico logró posicionarse como la mejor opción para empaques por su versatilidad y bajo costo. Desde 1970, se considera que los empaques son una de las grandes causas de la contaminación ambiental, por ser difícilmente reciclados o biodegradables.

En la actualidad, el poliestireno se utiliza como empaque de frutas, verduras, carnes, quesos, y otros productos, sin embargo, tarda más de 500 años en degradarse representando una de las fuentes de contaminación más dañinas para el ambiente y la salud de las personas. La empresa Ecovative, ha desarrollado un material que utiliza los micelios de hongo para unir diferentes materias orgánicas y crear un material similar al poliestireno. Por lo tanto, este trabajo de graduación evaluó la funcionalidad del material a base de hongos, Grow-it-yourself (GIY) de Ecovative como empaque para alimentos. Se evaluó la inocuidad microbiológica, si representaba una barrera protectora para alimentos, los tipos de alimentos en donde es funcional y su aceptabilidad en el mercado. Esto con el objetivo de desarrollar alternativas viables en la industria del empaque, que puedan reemplazar los materiales actuales que contaminan en gran medida, causando un alto impacto negativo en la biodiversidad.

Para esto fue necesario crear moldes de PLA por medio de impresión 3D, en donde se dejó crecer el material GIY con harina de trigo. El crecimiento se detuvo por medio de un tratamiento térmico al hornear el empaque por encima de 250°F. Una vez los empaques listos, se evaluaron características como: flotación, rotura, combustión, capacidad aislante, dimensiones, peso, absorción de superficial de agua y permeabilidad al vapor de agua. De la misma manera, se hizo una comparación de las propiedades de las frutas, verduras y huevos a lo largo de su vida útil, en su empaque tradicional (EN) y en el empaque a base de micelio de hongos a estudiar (EMH). Por otro lado, se realizó un análisis microbiológico para confirmar la inocuidad del material, al analizar *Salmonella sp.* Por último, se realizaron pruebas de aceptación de mercado del empaque en grupos focales con el fin de estudiar la viabilidad de sustituir los empaques tradicionales por los estudiados.

II. OBJETIVOS

A. Generales

Determinar la funcionalidad del material biodegradable a base de hongos de Ecovative, como empaque para alimentos.

B. Específicos

1. Evaluar las barreras que ofrece el material biodegradable.
2. Identificar si el material biodegradable es funcional como empaque en frutas y huevos.
3. Analizar microbiológicamente si el material biodegradable es inocuo en el uso para alimentos.
4. Evaluar la aceptabilidad del mercado ante el uso de un empaque biodegradable a base de hongos para alimentos.

III. JUSTIFICACIÓN

La industria del empaque ha crecido enormemente debido que otras industrias demandan su servicio. Sin embargo, tiene fuertes impactos ambientales por el uso de recursos no renovables, gases producidos por su degradación y desecho en agua y suelos. En la industria de alimentos es indispensable el uso de empaques, debido que representan una barrera protectora para los alimentos.

El material más utilizado en la industria del empaque es el plástico, debido que puede ser moldeado fácilmente, se trabaja en diferentes tamaños, colores y texturas. Este produce volátiles que contaminantes para el ambiente y los alimentos que empaacan. Existen diferentes tipos de plásticos, como: polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo y poliestireno. El último, es de los más dañinos al ambiente y a la salud. Este material no es reciclable, tarda hasta 1000 años en descomponerse, emite gases tóxicos a la atmosfera durante su producción y es un posible cancerígeno humano. Es de los más usados para empaque de frutas, verduras, huevos y comidas para llevar debido su firmeza y propiedades aislantes.

Actualmente, el consumidor se ha concientizado con respecto a la contaminación debido a sus notorios efectos en el aire, agua, suelo, flora y fauna, los cuales intensifican el calentamiento global dando lugar a una serie de fenómenos naturales extremos. Por lo que, el consumidor, demanda el uso de empaques amigables con el medio ambiente. Por lo que la industria debe enfocarse en el desarrollo de empaques a base de materiales renovables, reciclables, biodegradables, fabricados a partir de procesos limpios.

La empresa conocida como Ecovative, ha desarrollado un material biodegradable a base de hongos y materia orgánica. Este material se utiliza en diferentes áreas de la industria, en textiles, calzado, empaques de computadoras, masetas, etc. A pesar de esto, no se ha explorado su uso como empaque para alimentos. Por lo que, este trabajo de graduación buscó evaluar la funcionalidad del material a base de hongos conocido como *Grow-It-Yourself Mushroom (GYI)*, como empaque para alimentos.

A partir de esto, se determinó que el material realmente representa una barrera protectora para los alimentos debido que su firmeza y apariencia es similar a la del poliestireno. Se espera que la industria de alimentos lo adopte como empaque, principalmente para frutas, verduras, huevos, comida rápida y platos desechables para reemplazar el uso de empaques contaminantes.

IV. ANTECEDENTES

El 60% de la pérdida de biodiversidad del mundo se debe a la industria de alimentos, al igual que el 24% de las emisiones de gases de efecto invernadero. La deforestación, la contaminación de suelos y agua, los gases emitidos por calderas son algunas de las causas que han provocado dicha contaminación (EFEverde, 2016). Las emisiones de metano debido a la ganadería es el principal contaminante que produce la industria de alimentos, seguido por la cadena de envasado. El impacto ambiental de la industria de empaque resulta en la disminución de recursos naturales no renovables, contaminación del agua, aire y suelo, saturando los sistemas de desechos de sólidos (Careaga, 1993).

Una de las maneras de contaminación que más llama la atención, son los desechos sólidos debido a empaques por el daño que causa en animales y en la salud humana. Desechos de empaques como vidrio, botellas de plástico, latas, envolturas de plástico son los causantes de incidentes en el medio acuático. Se cree que 8 millones de toneladas de plástico se desechan en los océanos anualmente. Para el año 2014, el 32% de la producción global de plástico fue desechada en el mar (Equipo LS, 2017). Según las Naciones Unidas (2015), en 1 milla cuadrada de océano se encuentran 46 mil pedazos plástico flotante, alrededor de 1 millones de aves marinas y 100 mil mamíferos acuáticos mueren debido a la ingesta de desechos plásticos que son nocivos para ellos. El agua también es contaminada por diferentes químicos, por sólidos volátiles suspendidos, sólidos totales, pigmentos, emisiones del proceso de producción y drenajes. Además, se genera una contaminación termal debido al agua de refrigeración que se descarga en los mares y ríos. El menciona GESAMP (2015), la *“contaminación química y los desechos sólidos se observan desde los polos hasta el trópico, desde las playas hasta las profundidades”*.

Dentro de las principales causas de la contaminación del aire es el proceso de manufactura del empaque debido a emisiones como cloruro de vinilo, CFC y hexano, que generan incendios accidentalmente o se incineran por ser desechos. La descomposición de madera y papel genera dióxido de carbono y metano, al igual que la producción de vidrio y acero (Pongrácz, 2007). La contaminación por desechos sólidos empieza desde el proceso de extracción y proceso de las materias primas para empaques. Aunque existan empaques que son reciclables, algún día terminarán como desecho o serán incinerados.

Hasta el 2015, se han generado 6.300 millones de toneladas de residuos plástico, de esto el 9% es reciclado, 12% es incinerado y el 79% es acumulado en vertederos o entornos naturales. Se cree que para el 2050, existirán 12 millones de toneladas de basura plástica en el ambiente. La mayoría de los empaques tienen cualidades resistentes, sin embargo, esto define su tiempo para degradarse. Por ejemplo, vaso de polietileno tarda 50 años en degradarse, una lata de aluminio 200 años y una botella de plástico 450 años. (BBC Mundo, 2017). Los residuos más frecuentes encontrados pertenecen a empaques de empresas como Coca-Cola, Pepsi-Co y Nestlé. Mientras que el tipo de residuos que más se encuentra tiende a ser poliestireno, el cual no es reciclable, seguido por PET (García A. , 2018).

La contaminación debido a empaques no solo daña el medio ambiente y la salud de los animales, sino la salud de las personas también se ve afectada. La contaminación afecta alrededor de 100 millones de personas, aproximadamente 3 millones de niños menores a 5 años mueren por enfermedades relacionadas a la contaminación ambiental (Griffin, 2017). Más del 90% de la población contienen trazas de Bisfenol A (BPA) en su cuerpo, el cual es un químico industrial tóxico que se utiliza para endurecer plástico. Esta sustancia, aumenta el riesgo al cáncer al igual que enfermedades crónicas (García S. , 2016). Debido a la alta contaminación del agua, no puede ser consumida a menos que pase por un proceso de filtración y potabilización, por ende, esto afecta la seguridad alimentaria de la población intensificando los índices de desnutrición del mundo (Pérez, 2017).

Este tema ha causado preocupación en muchos, no solo los expertos se han dado cuenta de las consecuencias que ha provocado el uso de empaques difíciles de degradar o de materiales no reciclables. Actualmente, tanto el consumidor como empresarios se han concientizado y percatado del grave problema que el uso de empaques significa. Por lo mismo, ahora el consumidor exige envases biodegradables, bioplásticos y ecodiseños, a pesar de que esto supone un valor agregado en los productos (Cáceres, 2016).

Existen nuevos materiales que hacen de los empaques ser amigables con el medio ambiente. El desarrollo de estos busca encontrar alternativas para disminuir y frenar la contaminación, así como también satisfacer las necesidades de los consumidores. Como ya se había mencionado, los bioplásticos consisten en envases fabricados a partir de recursos renovables (maíz, trigo, hierbas, bacterias), a pesar de esto no todos suelen ser biodegradables. Los envases biodegradables son polímeros que se degradan por la acción de microorganismos, bacterias y algas. Los compostables se degradan por microorganismos y no deben contener residuos de metales pesados o toxinas. Los oxo-biodegradables son de origen fósil, se puede oxidar y degradar a partir de un catalizador como bacterias y hongos. Los plásticos verdes contienen materias primas provenientes de recursos renovables, de donde obtienen etileno. Actualmente, el “*packaging ecológico*” es un tema innovador que incluso están adoptando empresas grandes como Dell, Procter&Gamble, Macy’s, entre otros.

Recientemente se ha desarrollado un material con características similares a las del plástico. Sin embargo, es amigable con el medio ambiente. El material fue desarrollado por la empresa Ecovative, y esta hecho a base de hongos y materia orgánica (Rodríguez, 2014). El material consiste en una red de filamentos, conocidos como micelios que unen los desechos agrícolas que se degradan debido a las enzimas que segrega el hongo. Actualmente existen dos materiales con diferentes propiedades conocidos como MycoFlex y MycoComposite. El primero, consiste en una estructura de micelio con características similares a las del plástico, es fuerte, elástico, soporta altas temperaturas, aislante, hidrofílico y biológico. Mientras que MycoComposite es muy similar, pero también crece en cualquier molde, es resistente a llamas y biodegradable. Por otro lado, ellos venden el material conocido como *Grow-It-Yourself Mushroom (GYI)* que

posee características muy similares y es mucho más económico. Este material es la base que contiene hongos y se mezcla con cualquier tipo de harina obtenida a partir de residuos agrícolas para desarrollar el material a base de hongos, el cual puede tomar diferentes formas y tamaños

V. MARCO TEÓRICO

A. Empaques

Según Koojiman (2000), el 69% de empaques son utilizados para alimentos y bebidas (Figura 1). La principal función del empaque para alimentos es la protección y preservación, combinando diferentes técnicas para aumentar la vida útil disminuyendo la carga microbiana y creando las condiciones necesarias para el alimento. Algunos empaques contienen atmósferas modificadas, eliminación de oxígeno, indicadores inteligentes, entre otros (Pongrácz, 2007).

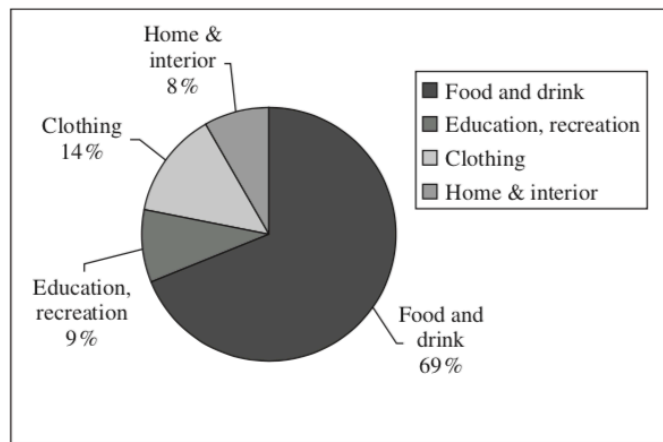


Figura No. 1 Uso de Empaques

1. Categorías

Los empaques pueden clasificarse en tres categorías principales: primario, secundario y terciario. Empaque primario, es el que se encuentra en contacto directamente con el producto y lo protege. Si este se modifica o daña, puede afectar el producto. Por ejemplo, botella para contener agua. Empaque secundario o colectivo, es el que contiene uno o más envases primarios proporcionando protección para su distribución. Este puede ser separado del producto y no causara un daño significativo al mismo. Por ejemplo: film de plástico alrededor de latas con soda. Empaque terciario o de transporte, es el que agrupa los empaques primarios o secundarios en un solo empaque para protegerlo a lo largo del proceso de transporte y distribución. Esta diseñado para soportar la manipulación durante el proceso. Por ejemplo: cajas de plástico o cartón (ANFABRA, 2015).

2. Materiales

Actualmente, se utiliza una gran cantidad de materiales para empaque y envasado, dependiendo de las propiedades del alimento. Entre los principales se encuentran: papel, cartón, metal, vidrio, plásticos y compuestos (Pongrácz, 2007).

a. Papel y cartón

Material a base celulosa, lo cual lo hace ligero, permeable ante gases y vapor de agua. Las cajas de cartón son muy utilizadas en la industria debido que son efectivas y versátiles, además que proveen protección ante contaminantes y daños mecánicos. A partir de este material se hace bolsas que son fácilmente imprimibles donde se guardan materias secas como azúcar, sal, harinas, especias, entre otros. Suelen ser reciclados y pueden ser biodegradados bajo el proceso correcto. Sin embargo, normalmente los incineran (Kaczmarek, 2003).

b. Metal

Las formas de metal más utilizadas son el acero y el aluminio. Ambos representan una alta barrera a los gases y vapor de agua, resiste a altas y bajas temperaturas. Normalmente es utilizado para fabricar latas para gaseosas y alimentos ácidos/acidificados que son enlatados como salmueras. El material es costoso y puede reciclarse, pero a un alto precio energético (Kaczmarek, 2003).

c. Vidrio

Se puede desarrollar el empaque según el tamaño, forma y espesor deseado. El envase de vidrio suele ser inerte, higiénico, no afecta el sabor de alimentos y bebidas. Este no permite el traspaso de oxígeno o gas dentro del envase, por lo que preserva el producto. Es utilizado para envasar bebidas y licores, al igual que para mermeladas y salsas. A pesar de que es reciclable representa una fuente de contaminación al ambiente pues no se degrada (Enfasis Packaging , 2009).

d. Plásticos

Los plásticos son materiales poliméricos macromoleculares. La mayoría utilizados para empaque son termoplásticos con polímeros orgánicos o semi orgánicos. Los polímeros más comunes son: polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno tereftalato (PET) (Pongrácz, 2007). Tienen cientos de aplicaciones, dentro de las cuales se encuentran:

Polietileno de alta densidad (HDPE): envase de leche, bolsas, envoltura industrial.

- Polietileno de baja densidad (LDPE): films, bolsas para agricultura.
- Poliestireno (PS): bandejas y aislantes
- Polietileno tereftalato (PET): botellas de bebidas

-
Sin embargo, el plástico representa un impacto negativo en el medio ambiente debido a su contenido de petróleo y que no puede ser degradado fácilmente (Pongrácz, 2007)

e. Compuestos

Se combinan diferentes materiales para aumentar la protección que proporciona el empaque. Por ejemplo, se unen dos capas de cartón y aluminio, o plásticos. La mayoría de las veces se realiza con fines tecnológicos o económicos debido sus ventajas. Esto se realiza por medio de revestimiento, laminado y coextrusión. Algunos de los materiales compuestos más comunes son (Pongrácz, 2007) :

- Laminados

Es la unión de una hoja de aluminio a papel o plástico para mejorar las propiedades de barrera. Esto permite que sea sellado por medio de calor. Este empaque es una alternativa económica, flexible y se usa como empaque de muchos *snacks* y alimentos listos de fácil preparación o listos para el consumo (Marsh, 2007).

- Papel y plástico
- Celofán (Múltiples plásticos)
- Plástico – Plástico

3. Funciones en la industria de alimentos

El principal objetivo el uso de empaques es la protección del producto. Sin embargo, ahora el empaque provee información el producto y es lo primero que usan las industrias para captar la atención del consumidor.

a. Protección y preservación

La vida acelerada del consumidor demanda productos prácticos, por lo que se necesitan alimentos empacados para resguardar su calidad. El empaque tiene la función de proteger el contenido del producto ante alteraciones debidas a agentes externos, así como que conserve sus características el mayor tiempo posible. El empaque representa una barrera por la resistencia a la absorción, difusión o desorción de gas, humedad, luz, sabor o aroma (Hernández, 2012). Por otro lado, también proporciona una protección biológica, pues representa una barrera ante los microorganismos patógenos y agentes deteriorantes, insectos, roedores y otros animales que puedan contaminar el producto. Provee una protección física, en donde evita el daño mecánico del producto debido a golpes o vibraciones (Marsh, 2007).

b. Distribución y trazabilidad

El transporte del producto hacia el lugar de venta o distribución es un factor clave que el empaque permite llevar acabo protegiendo el producto. El empaque debe ser el óptimo para que el producto se pueda maniobrar fácilmente, debe ser un material que provea amortiguación. Del mismo modo debe ocupar poco espacio para un uso eficiente del mismo. El empaque proporcionará que el producto mantenga sus características a lo largo de la cadena de suministros hasta llegar al consumidor (Velásquez, 2018).

La trazabilidad del producto significa seguir cada una de las etapas de producción, proceso y distribución del producto. El empaque correctamente identificado permite rastrear todo el proceso que ha llevado el producto desde las materias hasta el producto terminado. Para esto es necesario que la empresa incorpore códigos únicos para etiquetar el empaque antes de su distribución (Codex Alimentarius Commission , 2004).

c. Desechos de alimentos

El empaque proporciona una mayor vida útil al producto debido que prolonga sus características en buen estado, aumentando su tiempo de vida para ser consumido. El correcto empaque, mantiene en óptimas condiciones el producto durante su distribución, almacenaje y consumo evitando que sea desechado por su deterioro antes de su fecha de caducidad (Marsh, 2007).

d. Marketing e Información

El empaque es la “cara” del producto, es la primera experiencia del consumidor con el producto. Los empaques son un medio para transmitir todo aquello que la empresa desea que el consumidor conozca. La legislación establece que los empaques deben incluir por obligación la descripción del producto, contenido neto, ingredientes que lo componen e información nutricional del mismo y fecha de caducidad. La información debe ser clara y concisa, además de honesta para no engañar al consumidor. Por otro lado, las empresas buscan diferenciarse de la competencia al resaltar sus ventajas, por ejemplo, los sellos de producto orgánico, natural, amigable con el medio ambiente, avalado por entidades de salud, entre otros. De la misma manera, destacan las propiedades que provee a la salud y otras características que posee el producto, así como sus recomendaciones de consumo o métodos de preparación. Todo esto lo plasman mediante un diseño que capte la atención del consumidor (Marsh, 2007).

e. Conveniencia

Es necesario que el empaque proporcione diferentes características que hagan el producto fácil de manejar y desechar. Actualmente, los empaques tienen un rol muy importante es ser lo más simple posible para que el producto sea fácil de preparar o este listo para consumir. Incluso existen empaques aptos para horno y microondas. El diseño debe ser fácil de abrir y aun así ser hermético para evitar contacto del producto con el medio ambiente (Marsh, 2007).

4. Degradación

El manejo adecuado de los desechos es indispensable para preservar los recursos naturales y la salud de la población. Sin embargo, no contamos con los procesos necesarios ni los verteros o rellenos sanitarios adecuados para el tratamiento de los desechos sólidos. Por lo que se deben de tomar otras acciones para detener la contaminación causada por los empaques. Una de las primeras soluciones es evitar el uso de materiales que de seguro significaran un desecho luego de haber cumplido su función, el reciclaje es otra de

las alternativas, seguido por el compostaje. Por otro lado, no todos los materiales pueden ser reciclados o reusados, por lo que no existen otra alternativa que la incineración para evitar que ocupen espacio como desecho sólido, pero contaminan el aire.

a. Prevención de residuos

Consiste en utilizar lo menos posible empaques que seguramente serán desechados o diseñar los empaques para ser reusados. El uso de pajillas, tapas de vasos desechables o bolsas puede ser sustituido por otras alternativas o simplemente se puede reducir pues no es indispensable. El reutilizar contenedores de vidrio, por ejemplo, botellas de vino, envases de bebidas o mermeladas, es posible luego de un correcto lavado (Marsh, 2007).

b. Reciclaje

El reciclaje consiste en reprocessar un material para crear un producto, en este caso empaque, diferente al original. El proceso de reciclaje consiste en coleccionar, clasificar, procesar, fabricar y vender el nuevo material reciclado. Es una industria rentable, sin embargo, es necesario tener un mercado que lo pague. Materiales como metal, vidrio, papel y cartón son reciclables, pero se necesitan fondos para cubrir los costos de reproceso. A pesar de esto, los materiales reciclados no pueden ser utilizados en alimentos pues existe la posibilidad que contengan toxinas que afecten la salud del consumidor (American Plastics Council, 2004).

c. Compostaje

El EPA, lo considera una forma de reciclaje. Esto conlleva un proceso de degradación aeróbica o biológico controlado. Consiste en proveer suficiente humedad a una pila de materia orgánica para lograr su descomposición aeróbica por medio de microorganismos. El material degradado, similar a la tierra, suele ser utilizado como fertilizante para disminuir el uso de los fertilizantes químicos (Marsh, 2007).

d. Combustión/Incineración

La combustión es una alternativa amigable con el medio ambiente media vez se realice en las instalaciones diseñadas con filtros para gases de combustión. Incluso, esto puede producir calor o generar electricidad para uso en industrias o comunidades. Sin embargo, son muy pocos países los que poseen incineradores adecuados y en el resto del mundo se incineran los desechos el aire libre causando la contaminación del aire con gases tóxicos para la salud (Marsh, 2007).

e. Vertederos

En los vertederos se obtienen muchos materiales que pueden ser reciclados o incinerados. Estos son manejados por el gobierno según las regulaciones del estado. Estos deben ser diseñados a manera que los

residuos estén aislados con respecto al resto el medio ambiente para evitar que pueda contaminarlo, o el agua. Un vertedero apropiado, colecta gases como metano, para usar como fuente de energía (Marsh, 2007).

f. Degradación anaerobia

Los microorganismos rompen lentamente los desechos sólidos en dióxido de carbono, metano y amoníaco. Este método se puede realizar de forma más rápida al inocular la masa de desechos y proveer humedad (Marsh, 2007).

g. Polímeros biodegradables

Los materiales biodegradables se derivan de residuos de la agricultura, animales marinos y fuentes microbiológicas. Estos materiales se rompen y producen dióxido de carbono, agua y compost, los cuales son amigables con el medio ambiente (Marsh, 2007).

5. Empaques amigables con el ambiente

Los empaques de alimentos deben cumplir una serie de condiciones en cuanto a legislación, seguridad y funcionalidad. Ya que las personas han participado activamente y han demandado el uso de materiales menos dañinos con el medio ambiente, se han desarrollado diferentes empaques para evitar los impactos negativos que han generado estos al ser desechados con el paso del tiempo

a. Bioplásticos: Biopolímeros

Los biopolímeros están hechos de celulosa y almidones, uno de los ejemplos más comunes es el celofán. Los polímeros a base de almidón se deshacen y de forma al ser expuestos a humedad. Algunos de los polímeros a base de almidón son: amilosa, almidón hidroxilpropilado, dextrina, polihidroxialcanoato (PHA), polihidroxibutato (PHB), entre otros. Las películas de biopolímeros también pueden ser a base de quitosano, que se deriva de la quitina de los crustáceos e insectos (Marsh, 2007).

Existen polímeros sintéticos que pueden ser degradables parcialmente al unirlos con biopolímeros, añadiendo otros compuestos biodegradables como los almidones o compuestos bioactivos. Los biocomponentes degradan los polímeros en componentes más pequeños, mientras que los componentes bioactivos logran descomponer el plástico (Marsh, 2007).

b. Geles biodegradables

En alimentos, los geles se utilizan para prevenir la contaminación microbiana, mantener la calidad y sus propiedades. Estos se fabrican a base de almidón (Barret, 2002).

c. Películas biodegradables

Las películas biodegradables se desarrollaron con el fin de reemplazar los films de polietileno que se utilizan para embalaje. Estos pueden tener diferentes funciones como inhibir la migración de humedad, gases y aromas. Así como mejorar la manipulación del producto (Krochta, 1997). Algunas se obtienen a partir de plantas o fuentes animales (suero de leche, colágeno o gelatina). Es importante que el diseño de estas concuerde con las características de un film como permeabilidad. Comparado con los film normales, existen films con propiedades inhibitoras de microorganismos como E.Coli (Ivankovic, 2017).

d. Bolsas biodegradables

Su fabricación se basa en materiales como dextrosa de maíz, las bolsas son flexibles, resistentes a daño mecánico, a altas temperaturas y humedad. Luego de haber cumplido su función, estas bolsas se desechan en la tierra o en compost para ser degradadas en agua y dióxido de carbono semanas después (Ivankovic, 2017).

B. Poliestireno

Como se mencionó anteriormente, el poliestireno es uno de los materiales que más se utilizan en la industria de alimentos, sin embargo, es uno de los que causa una mayor contaminación al medio ambiente. El poliestireno se considera un termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del estireno. La forma expandida del poliestireno es utilizada como aislante térmico, puede ser moldeado fácilmente por lo que se desarrollan piezas personalizadas a partir de él. Este material es reciclable, sin embargo, normalmente no se recicla por el uso que se le da (ECOPLAS, 2011).

Frutas y verduras son almacenadas en cajas o bandejas de poliestireno con el objetivo de retener sus propiedades y características durante el transporte debido que el material no absorbe la humedad por lo que presenta una resistencia al agua y no provee capilaridad. De la misma manera, es permeable ante el vapor del agua a diferentes presiones. Por otro lado, soluciones alcalinas y saladas no afectan al poliestireno, sin embargo, se desconoce si otras sustancias producen un cambio. La irradiación UV produce un ligero cambio de color superficialmente pero no afecta otras características físicas (Industry Alliance, 2019).

Debido que es un plástico muy versátil se utiliza en diferentes alimentos como empaque dentro de los cuales se incluye frutas, verduras, huevos, carnes, entre otros. De la misma manera se utiliza para vasos aislantes para bebidas calientes o platos desechables para transporte de comida rápida (FDA, 2018).

C. Material a base de hongos

Normalmente, los hongos se consideran como un ingrediente comestible que aporta buen sabor a los platillos. Sin embargo, hace unos años se han dado cuenta que el micelio funciona como pegamento a la que

se le puede dar diferentes usos. El micelio, es una red celular de filamentos conocidos como hifas que compone a los hongos, es muy flexible, pues crece en diferentes moldes rápidamente uniendo materiales más densos, cuando ha llegado a la forma y tamaño deseados, solamente se deshidrata para detener el crecimiento.

1. Ecovative

Eben Bayer y Gavin McIntyre se inspiraron al observar hongos creciendo en pequeños pedazos de madera y se dieron cuenta que el micelio unía los diferentes pedazos. Así fue como se dieron cuenta que el micelio actúa como una goma natural y fundaron Ecovative. Esta empresa produce materiales a base de hongos y diferentes residuos agrícolas, siendo de bajo costo y que pueden adaptar cualquier forma deseada. Bayer mencionaba “Estamos usando hongos para crear una clase nueva de materiales que se asemeja al plástico, pero esta fabricado a partir de residuos de cultivos y es totalmente compostables cuando acaba su vida” (Ellen Macarthur Foundation, 2017).

Actualmente, Ecovative cuenta con un grupo diverso de ingenieros, biólogos, artistas y diseñadores que se dedican a desarrollar materiales de alto rendimiento amigables con el medio ambiente. Su misión es “enseñar, inspirar y apoyar a que las personas quieran crear productos con biomateriales”. Sus instalaciones se encuentran en Green Island, Nueva York, en donde investigan, desarrollan y producen los materiales basados en micelio (Ecovative Design, 2018).

Ecovative se cree capaz de competir con las industrias billonarias de empaque, pues son una empresa sostenible que ha ganado numerosos premios por ser pioneros en diferentes tecnologías. A pesar de todos sus éxitos, Ecovative ha pasado por muchos retos debido que han logrado sus productos a base de prueba y error, incluso mencionaba Bayer, que los primeros dos años de la empresa sufrieron grandes pérdidas (Gunther, 2013).

La empresa considera que ayuda a los pequeños agricultores al comprar sus residuos, lo cual les genera un ingreso adicional. De la misma manera, la empresa tiene un impacto positivo en el medio ambiente pues todos los materiales son reciclables y biodegradables, que luego sirven como abono al degradarse (Gunther, 2013).

2. Materiales

Los hongos son versátiles en cualquier ámbito. Los materiales están hechos a partir de el hongo que desarrolla los micelios al ser cultivado en un medio de residuos agrícolas que conforman una biomasa. Estos residuos contienen los nutrientes necesarios para ser el sustrato que la cepa de este hongo necesita para crecer. Conforme el micelio crece, secreta enzimas que descomponen los residuos dando lugar a un material perfectamente estructurado con propiedades muy similares a las de poliestireno (Greener Design, 2010).

El micelio que ellos utilizan pertenece a una sepa confidencial y modificado biotecnológicamente. El micelio es capaz de formar macro estructuras y por su proceso de biofabricación pueden controlar diferentes características como porosidad, firmeza, resistencia, resiliencia, orientación de la fibra, entre otros. Ecovative, tiene como objetivo que sus materiales sean biodegradables luego del ciclo de vida del producto creado a diferencia de los materiales a base de plástico que tardan cientos de años en degradarse.

Los materiales son altamente bioeficientes, el micelio tarda de 5 a 7 días en crecer y luego de esto se realiza una deshidratación por medio de tratamientos térmicos para detener el crecimiento e inactivar el hongo. Este material al ser deshidratado no forma esporas ni presenta alérgenos. Debido que es un material de mínimo procesamiento, reduce en gran medida los costos de operación por lo que representa una alternativa rentable para las empresas (Ellen Macarthur Foundation, 2017). Las características del material dependen del residuo agrícola utilizado, puede que le den más o menos rigidez, moldeabilidad, densidad, entre otros (Greener Design, 2010). Cuenta con diferentes materiales, que poseen diferentes aplicaciones, los cuales se describen a continuación:

a. Atlas

Es uno de los últimos desarrollos de Ecovative y consiste en un alimento con un tejido parecido al de la carne, pero es de hongos. Incluso permite crear los cortes de la carne. Es una opción para los veganos (Ecovative Design, 2018).

b. MycoFlex

Es uno de los materiales que consisten en 100% micelio puro, este presenta diferentes características. Es resistente a tensarse, resiste temperaturas más altas que el punto de fusión del plástico, es aislante, elástico, permeable ante humedad y biodegradable. Este micelio crece en 9 días (Ecovative Design, 2018).

c. MycoComposite

Es el micelio que mezclan junto con residuos agrícolas, de igual forma es biodegradable en su totalidad. Crece en 9 días al igual que MycoFlex, crece en cualquier molde dando lugar a cualquier forma y tamaño, es resistente a llamas, aislante e hidrofílico. Posee una certificación C2C Gold, la cual asegura que el producto no causa daños a la salud, es reusable, utiliza energías renovables, entre otras características que lo hacen un producto amigable con el ambiente (Ecovative Design, 2018).

d. Grow-It-Yourself Mushroom

Ecovative fabrica una mezcla que contiene micelio a la que únicamente se le agrega harina de cualquier residuo agrícola para que pueda ser preparada por cualquier persona, desde grandes compañías hasta en casa. Esta mezcla, es el micelio utilizado para producir MycoComposite. Únicamente necesita ser hidratado para

activar el micelio, agregarle la harina para que absorba los nutrientes y empiece a expandir sus hifas al convertir la glucosa y oxígeno en dióxido de carbono, agua y ATP. Depende de la harina del residuo utilizado, la calidad de nutrientes que absorberá el micelio haciendo las hifas más fuertes (Ecovative, 2018).

3. Uso en la industria

Los biomateriales tienen diferentes aplicaciones en la industria, dentro de las cuales se encuentran zapatos, accesorios, textiles, belleza y empaque. Gracias a esto, Ecovative ha creado alianzas con diferentes empresas como: Felder-Felder, Bolt Threads, Fashion for Good, Plant the Future, Seed Health, Keap, CNC, Krown, Danielle Trofe, Gryphon, Dell, Rich Brilliant Willing, Merck Forest, entre otras (Ecovative Design, 2018).

a. Calzado

Se utiliza en la suela de tenis debido que sus espumas dan lugar a un alto rendimiento y buen soporte. De igual forma se utiliza en botas como aislante térmico (Ecovative Design, 2018).

b. Accesorios

Existen guantes forrados con espuma de micelio que los hace livianos y aislantes para trabajar a altas temperaturas. Se ha incorporado MycoFlex a las correas de las mochilas para un mejor soporte y mayor comodidad (Ecovative Design, 2018).

c. Textiles

La alternativa de textiles a base de hongos ha llamado la admiración a los consumidores, esto promueve a dejar de utilizar pieles de animales (Ecovative Design, 2018).

d. Belleza

Se han desarrollado diferentes instrumentos utilizados en la industria de la belleza, los cuales sustituyen a los regulares que son desechables pues son una alternativa biodegradable, biológica, libre de maltrato a animales. Una espuma hecha a base de MycoFlex para aplicar maquillaje puede ser compostada luego de su uso (Ecovative Design, 2018).

e. Empaque

Debido su firmeza similar a la del poliestireno, se han creado empaques a partir de MycoComposite como empaques para computadoras, veladoras, lámparas, medicinas y botellas de licor (Ecovative Design, 2018).

4. Degradación

Este material puede ser utilizado para distintos propósitos. Una vez ha cumplido su función y ya no es útil puede romperse en trozos y mezclarse con tierra para ser utilizado como abono. De esta manera el agua, la humedad y los microorganismos naturales del suelo hacen todo el trabajo para degradarlo y aprovecharlo como abono para el crecimiento de plantas (Ecovative, 2018).

VI. METODOLOGÍA

A. Fabricación de moldes

1. Fase de diseño

Se diseñaron dos tipos de moldes: bandeja simple y bandeja para empacar huevos. Los moldes fueron diseñados por medio del software Inventor para obtener un archivo .stl.

2. Fase de impresión

Se utilizó la tecnología de impresión 3D para fabricar los moldes diseñados previamente. El equipo utilizado fue la impresora Ultimaker 3 configurada por medio del software Ultimaker Cura. En cuanto a la configuración, se utilizó una altura de capa de 0.2 mm, densidad de relleno del 10%, triángulos como patrón de relleno, velocidad de impresión y de pared 80 mm/s y 45 mm/s respectivamente. La velocidad se incrementó hasta 140% en 5% cada 30 minutos. Se utilizó soporte para ambos moldes.

B. Fabricación de empaques

Se utilizó el kit Grow-it-yourself Mushroom (GIY) marca Ecovative, el cual consiste en micelio de hongo. El siguiente método se realizó para todos los empaques fabricados:

1. Fase de activación del micelio de hongo

Para activar el micelio de hongo deshidratado fue necesario añadir un sustrato y humedad, por lo tanto, se añadió harina de trigo y agua según las especificaciones de la etiqueta del kit GIY. Seguido a esto, se agitó vigorosamente la mezcla y se dejó reposar por 7 días a temperatura ambiente dentro de su bolsa, la cual contiene un filtro que tiene como objetivo permitir el intercambio de gases.

2. Fase de moldeado

Al séptimo día, el micelio tenía una apariencia blanca similar al algodón, este se deshizo y se añadió nuevamente la misma cantidad de sustrato agitando vigorosamente. Se colocó en el molde sanitizado previamente, se cubrió con un film con agujeros separados por 3 cm aproximadamente, dejándolo reposar por 7 días adicionales.

3. Fase de desactivación

Cuidadosamente se removió el objeto del molde para no dañarlo y se ventiló por 1 día. Luego se aplicó tratamiento térmico en un horno de convección a 250°F por 40 minutos.

C. Evaluación del empaque

1. Determinación de dimensiones

Se midió con regla y vernier digital las diferentes caras del empaque. Las cuales eran similares a las bandejas de poliestireno existentes y a los cartones de huevos, respectivamente.

2. Determinación de peso

Se pesó el empaque con una balanza OHAUS PA3102.

3. Prueba de flotación

Se sumergió un trozo de 5x5 cm del material en un beaker de 600ml con agua. Este se evaluó a los 5, 10, 15, 30, 60 y 180 minutos verificando si el material se flotaba o no. Se realizó en triplicado.

4. Prueba de rotura

Para evaluar la rotura del empaque, se rasgó el producto manualmente y se evaluó su facilidad para ser rasgado. Luego se evaluó utilizando un cuchillo y por último una tijera. Se realizó en triplicado.

5. Prueba de combustión

Se prendió fuego a un trozo de 5x5cm del material. Se evaluaron diferentes características del proceso de combustión como: color de la llama, presencia de humo, color del humo y olor. Se realizó en triplicado.

6. Resistencia a agua y grasas

En un cuadrado de 5x5 cm, se colocaron 5 gotas de agua a 35°C en el centro. Con el cronómetro se tomó el tiempo hasta notar una diferencia de color y el momento en que permeara. Se utilizó como tiempo límite 15 minutos. Se realizó lo mismo para grasas utilizando aceite de girasol a 35°C. Se realizó en triplicado.

7. Gramaje

Se pesó en una balanza METTLER TOLEDO ME204 un trozo de 5x5cm del material para determinar su peso por metro cuadrado. Se realizó en triplicado.

8. Permeabilidad al vapor de agua

Se colocaron 60 ml de agua en un beaker de 80 ml. Se calienta agua a temperatura de ebullición y sobre el beaker se colocó el material a modo de sellarlo. Se tomó por 10 minutos hasta que se notara un cambio de color o apariencia. Se realizó en triplicado.

9. Firmeza

Se evaluó la firmeza utilizando un penetrómetro.

10. Determinación de capacidad aislante

En una caja fabricada por el material se introdujo un termómetro, se agregó agua a 0°C y se evaluó la temperatura de la misma cada cierto tiempo por 2 horas. Se realizó el mismo procedimiento con agua a 80°C.

11. Análisis microbiológico

Salmonella sp.

Se evaluó *Salmonella sp.* por el método convencional. Se licuaron 25g de muestra junto con 225 ml de caldo lactosado. Esto se incubó por 24 ± 2 horas a 35 ± 0.2 °C. Transcurrido el tiempo se inoculó 1 ml de la muestra en 10 ml de caldo Tetrionato y 0.1 ml de la muestra en caldo Rappaport Vassiliadis. Se incubaron por 24 ± 2 horas a 35 ± 0.2 °C y 40 ± 0.2 °C respectivamente. Con un asa de siembra de 3 mm, se inocularon en placas con los agares selectivos Agar XLD (Xilosa-Lisina-Dexocicolato), Agar Bismuto Sulfito y Agar Hektoen. Las placas invertidas se incubaron por 48 ± 2 horas a 35 ± 0.2 °C. Al finalizar, se evaluó si existía desarrollo de microorganismos en los agares. Se utilizó un control para comparar.

Mohos y Levaduras

El recuento se *mohos y levaduras* se hizo según la norma *ISO 794 Directiva general para el recuento de levaduras y mohos*. Se pesaron 25g del material del empaque y se licuó con 225 ml de agua peptonada. No fue necesario realizar diluciones. Luego se transfirió 0.1 ml a 3 cajas Petri conteniendo el agar DRBC, y se distribuyeron con una espátula Drigalsky esteril. Seguido a esto, se incubó la muestra a 25°C por 5 días. Al finalizar se hizo el recuento correspondiente. Se realizó en triplicado

D. Evaluación de funcionalidad para alimentos

Se evaluó el comportamiento de los productos por medio de pruebas paralelas utilizando el empaque a base de micelio de hongo (EMH) y el empaque tradicional del producto (EP). Los resultados se compararon para determinar si el EMH provoca algún tipo de cambio en la vida útil del producto. Las evaluaciones se realizaron cada 48 horas a lo largo de la vida útil del producto. La cantidad de evaluaciones depende del alimento estudiado.

1. Frutas

Los alimentos analizados fueron: manzana, tomate, fresas y moras.

a. Acidez titulable

Se utilizó el método oficial de la *AOAC 942.15 Acidez Titulable en Productos de Fruta*. El cual consistió en preparar la muestra pesando 20 g en un vaso de precipitado de 250 ml con 100 ml de agua desionizada. Se agregó un agitador magnético. Se tituló con NaOH utilizando una bureta de 25 ml mientras se agitaba la muestra hasta llegar a un pH de 8.1. Luego se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de acidez en la muestra:

$$\% \text{ Acidez } \left(\frac{\text{g ácido cítrico}}{100\text{ml}} \right) = \frac{V * C(mx) * f * 100}{C(\text{NaOH}) * m}$$

donde,

V = volumen de gasto de solución de NaOH estandarizada

C (mx) = concentración de solución de NaOH estandarizada

C (NaOH) = concentración ideal de la solución de NaOH

m = masa de la muestra (g)

f = factor de conversión de equivalencia de 1 ml de NaOH 0.1 M

Ácido Cítrico Anhidro (0.064)

Ácido Málico (0.067)

b. Madurez

Se midieron los grados Brix con un refractómetro marca HANNA instruments modelo H196801. Luego se utilizó la siguiente fórmula para obtener el Índice de Madurez del alimento:

$$\text{Índice de Madurez} = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\% \text{ Ácidez}}$$

c. pH

Para medir el pH, se utilizó un potenciómetro marca HANNA instruments modelo Checker Plus

d. Color

Se evaluó el color de la cáscara y pulpa del alimento por medio de un colorímetro HunterLab MiniSan EZ. En la escala de HunterLab, *L* representa la luminosidad de negro a blanco, *a* de rojo a verde y *b* es el gradiente azul. Se analizaron los datos por medio de la distancia entre dos colores (ΔE), el de referencia y la muestra.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

e. Firmeza

Para evaluar la firmeza del alimento se utilizó un penetrómetro marca QASupplies modelo FT 327, debido que la dureza de la pulpa se relaciona directamente con el grado de maduración del producto.

f. *Mohos y levaduras*

El recuento de *mohos y levaduras* se hizo según la norma *ISO 794 Directiva general para el recuento de levaduras y mohos*. Se pesó una fruta entera (en el caso de fresas y moras, se pesaron 25g) y se lavó con 100 ml de agua peptonada. No fue necesario realizar diluciones. Luego se transfirió 0.1 ml 3 cajas Petri conteniendo el agar DRBC, y se distribuyeron con una espátula Drigalsky esteril. Seguido a esto, se incubó la muestra a 25°C por 5 días. Al finalizar se hizo el recuento correspondiente.

2. Huevos

a. Frescura

Utilizando una lámpara y un vernier fue posible tomar las mediciones sobre la cámara de aire a lo largo de la vida útil para analizar su crecimiento conforme pasó el tiempo, lo cual está directamente relacionado con la frescura.

b. Color

Se evaluó el color de la cáscara del huevo de manera visual, analizando el color, presencia de manchas o venas.

c. Grados Haugh

Para obtener los Grados Haugh, se midió la altura del albumen con un vernier y el peso del huevo utilizando la balanza OHAUS PA3102. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener el resultado:

$$HU = 100 * \log(H - 1.7P^{0.37} + 7.57)$$

donde,

H = altura (mm)

P = peso (g)

d. Índice de yema

Se obtiene en base a la relación de la altura y el diámetro de la yema, calculándolo de la siguiente forma:

$$YI = \text{Altura yema} / \text{Diámetro yema}$$

e. Ensayo de flotación

Se colocó el huevo en un beaker con 400 ml de solución salina al 10%. Luego de 1 minuto, se observó si el huevo flotaba, en qué dirección flotaba o si se hundía.

E. Evaluación de aceptación del mercado

1. Grupo Focal

Se realizaron 2 grupos focales con el objetivo de conocer la aceptación del mercado ante el empaque propuesto. El primer grupo focal estaba integrado por personas adultas mayores a 35 años, que realizan las compras del hogar pues son quienes tienen el poder adquisitivo. El segundo grupo focal estaba compuesto por jóvenes estudiantes de 18 a 25 años, quienes tendrán el poder adquisitivo en el futuro. Cada uno de los grupos focales constó de 10 personas. Las guías utilizadas para ambos grupos focales se encuentran adjuntas en Anexos.

F. Análisis de costos

1. Obtención del costo

Para obtener los costos de la bandeja, se utilizó el costo por libra de material seco en una producción a nivel industrial, el costo del agua y harina de trigo utilizados. Según esto se calculó la cantidad de bandejas y empaques de huevos que se obtienen a partir de 1 lb de material seco. Al final, se obtuvo el costo promedio por bandeja y empaque de huevos.

2. Comparación con productos similares

Para comparar el costo de la bandeja y empaque de huevos de EMH con productos similares, se investigó el costo al por mayor de bandejas de tamaño similar de poliestireno expandido y de diferentes materiales biodegradables como fécula de maíz, y de cartones de huevos y empaques plásticos de huevos.

G. Análisis de resultados

1. ANOVA

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor con el objetivo de comparar diversos parámetros de los productos alimenticios empacados en EN y EMH a lo largo de su vida útil, así poder determinar si existe o no una diferencia significativa al utilizar el empaque de poliestireno y el empaque a base de micelio de hongo, utilizando 0.05 como nivel de significancia.

VII. RESULTADOS

Cuadro No. 1 Resultados de pruebas visuales de material de empaque a base de micelio de hongos

Prueba	Resultado
Prueba de flotación	Flota
Prueba de combustión	Ocurre inmediatamente. Humo blanco, el material queda carbonizado. El olor es similar a madera quemada
Permeabilidad al vapor de agua	No permeó el material ni absorbió el vapor de agua por 10 minutos. El agua se condensó en las paredes del beaker

+ Ver Figura No. 8, Figura No. 10, Figura No. 13, Cuadro No. 23, Cuadro No. 25 y Cuadro No. 27 de Anexos

Cuadro No. 2 Rotura de material EMH

Método	Descripción
Rasgado	Se rasga fácilmente con las manos
Cuchillo	Se corta conforme se aplica fuerza y movimiento
Tijera	Difícilmente se corta

+ Ver Figura No. 9 y Cuadro No. 24 en Anexos

Cuadro No. 3 Resistencia de agua y aceite a material EMH

Compuesto	Cambio de Color	Absorción	Permeabilidad	Cambio de Textura
Aceite	Inmediatamente	Sí	No	No
Agua	3 min	No	No	Levemente

+ Ver Cuadro No. 26 en Anexos

Cuadro No. 4 Parámetros físico-químicos de material EMH

Parámetro	Resultado
Firmeza (kg/cm ²)	3.52
Gramaje (g/m ²)	984
Humedad (%)	7.02

+ Ver Cuadro No. 28, Cuadro No. 29 y Cuadro No. 30 en Anexos

Cuadro No. 5 Capacidad aislante de material EMH

Temperatura inicial del agua (°C)	Cambio de temperatura (°C)	Características	Aislante
-2.2	3.8	No existen cambios en el empaque	Sí
75.5	50.4	El empaque se torna blando, agua permea empaque pues deja húmedo el lugar donde se había colocado	No

+ Ver Cuadro No. 31 y Cuadro No. 32 en Anexos

Cuadro No. 6 Fresas: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Parámetro	Resultado
Distancia entre dos colores	No existe diferencia significativa
Grados Brix	No existe diferencia significativa
pH	Sí existe diferencia significativa
Firmeza	No existe diferencia significativa

+ Ver del Cuadro No. 33 al Cuadro No. 39 y del Cuadro No. 67 al Cuadro No. 73 en Anexos

Cuadro No. 7 Fresas: Comparación de senescencia a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Senescencia	EN	EMH
Inicial (g ácido cítrico/ g fruta)	10.92	10.92
Final (g ácido cítrico/ g fruta)	8.37	8.46

+ Ver Cuadro No. 35 y Cuadro No. 38 en Anexos

Cuadro No. 8 Moras: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Parámetro	Resultado
Distancia entre dos colores	No existe diferencia significativa
Grados Brix	No existe diferencia significativa
pH	No existe diferencia significativa
Firmeza	No existe diferencia significativa

+ Ver Cuadro No. 81 del Cuadro No. 40 al Cuadro No. 46 y del Cuadro No. 74 al Cuadro No. 81

Cuadro No. 9 Moras: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Madurez	EN	EMH
Inicial (g ácido cítrico/ g fruta)	18.25	18.25
Final (g ácido cítrico/ g fruta)	11.18	13.03

+ Ver Cuadro No. 42 y Cuadro No. 45 en Anexos

Cuadro No. 10 Tomates: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Parámetro	Resultado
Distancia entre dos colores	No existe diferencia significativa
Grados Brix	No existe diferencia significativa
pH	No existe diferencia significativa
Firmeza	No existe diferencia significativa

+ Ver del Cuadro No. 47 al Cuadro No. 53 y del Cuadro No. 82 al Cuadro No. 89 en Anexos

Cuadro No. 11 Tomates: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Madurez	EN	EMH
Inicial (g ácido cítrico/ g fruta)	5.65	5.65
Final (g ácido cítrico/ g fruta)	4.58	4.74

+ Ver Cuadro No. 49 y Cuadro No. 52 en Anexos

Cuadro No. 12 Manzanas: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Parámetro	Resultado
Distancia entre dos colores	No existe diferencia significativa
Grados Brix	No existe diferencia significativa
pH	No existe diferencia significativa
Firmeza (parte interna)	No existe diferencia significativa
Firmeza (parte externa)	No existe diferencia significativa

+ Ver del Cuadro No. 54 al Cuadro No. 60 y del Cuadro No. 90 al Cuadro No. 99

Cuadro No. 13 Manzanas: Comparación de madurez a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Madurez	EN	EMH
Inicial (g ácido málico/ g fruta)	2.52	2.52
Final (g ácido málico/ g fruta)	2.51	2.35

+ Ver Cuadro No. 56 y Cuadro No. 59 en Anexos

Cuadro No. 14 Humedad de bandejas EMH luego de utilizarlas como empaque

Muestra	Humedad (%)
Fresas	15.4
Moras	18.3
Tomate	13.8
Manzana	11.7

+ Ver Cuadro No. 61 en Anexos

Cuadro No. 15 Huevos: Comparación de parámetros a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Parámetro	Resultado
Cámara de aire	No existe diferencia significativa
Peso	No existe diferencia significativa
Grados Haugh	No existe diferencia significativa
Índice de Yema	No existe diferencia significativa

+ Ver del Cuadro No. 62 al Cuadro No. 63 y del Cuadro No. 100 al Cuadro No. 107

Cuadro No. 16 Huevos EN: Características visuales al inicio y final de su vida útil

Parámetro	Inicio	Final
Cascara	Cáscara lisa, blanca, sin manchas.	Cáscara blanca, pero con pequeños poros grises y líneas tipo rajaduras internas
Flotación	Durante los primeros 7 días todos los huevos analizados se hundieron.	El 33% de los huevos flotó a lo largo del periodo de estudio

+ Ver Cuadro No. 64 y Cuadro No. 65 en Anexos

Cuadro No. 17 Huevos EMH: Características visuales al inicio.y final de su vida útil

Parámetro	Inicio	Final
Cáscara	Cáscara lisa, blanca, sin manchas.	Cáscara blanca, pero con pequeños poros grises y líneas tipo rajaduras internas
Flotación	Durante los primeros 9 días todos los huevos analizados se hundieron.	El 22% de los huevos flotó a lo largo del periodo de estudio

+ Ver Cuadro No. 64 y Cuadro No. 65 en Anexos

Cuadro No. 18 Análisis de *Salmonella sp.* a material EMH a 35°C por 2 días

Agar	Caldo TT	Caldo RV
Agar BS	Negativo en 25g	Negativo en 25g
Agar Hektoen	Negativo en 25g	Negativo en 25g
Agar XLD	Negativo en 25g	Negativo en 25g

+ Ver Cuadro No. 108 en Anexos

Cuadro No. 19 Análisis *Mohos y Levaduras* en productos evaluados y empaque

Producto	EN (a 25°C por 5 días)	EMH (a 25°C por 5 días)
Fresas	> 300 UFC / 25 g	> 300 UFC / 25 g
Moras	> 300 UFC / 25 g	> 300 UFC / 25 g
Tomates	15 UFC / 100 g	8 UFC / 100 g
Manzanas	23 UFC / 100 g	33 UFC / 100g
Empaque	N/A	21 UFC / 25 g

+ Ver del Cuadro No. 109 al Cuadro No. 118 en Anexos

Cuadro No. 20 Respuestas a preguntas generales sobre empaques de grupos focales

Pregunta	Adultos (Grupo Focal 2)	Jóvenes (Grupo Focal 1)
¿Han comprado productos en bandeja de duroport?	Sí	Sí Bastantes
¿Han oído hablar de empaques biodegradables	Sí	Sí Más o menos
¿Han visto y/o utilizados empaques biodegradables?	Si, en restaurantes y cumpleaños	Sí No que yo sepa
¿Han comprado empaques biodegradables?	Sí Utilizando papel o cartón como empaques para no usar plástico	Sí Alternativas como pajillas de metal o bambú
¿Por qué motivos compraría empaques biodegradables?	Cuidar el medio ambiente Dejar un planeta limpio para futuras generaciones Se acumulan y luego se desechan	Para no contaminar más Ayudar al ambiente Porque es indispensable
¿Pagaría más por empaques biodegradables?	Sí Se puede ahorrar al utilizar recipientes no desechables, pero si no hay otra opción, si pagaría más.	Sí, con tal de no causar más daño Depende del costo del producto, si es muy bajo y el empaque aumenta mucho el precio entonces no
¿Cuándo compran una bandeja qué atributos observan? ¿Por qué compran algo en bandeja?	Limpieza Ver el producto Práctico No hay otra opción	Que se vea el alimento Que no esté rota Porque probablemente el alimento será de mejor calidad

+ Ver

Figura No. 14 y Figura No. 15 en Anexos

Cuadro No. 21 Respuestas a preguntas sobre EMH a grupos focales

Pregunta	Adultos (Grupo Focal 1)	Jóvenes (Grupo Focal 2)
¿Qué piensa de la bandeja?	Se parece bastante a las bandejas de duroport Es una buena opción para sustituir el duroport La de los huevos se ve muy bien	Se ve muy parecido al duroport Tiene olor a madera Parece "de la granja" le da un "look" muy natural
¿Le agrada su apariencia o no?	No me gusta que se sienta débil Me gusta, se ve ecológico Me gusta el olor y color Lo compraría de seguro	Me gusta, pero me preocupa el olor El de los huevos es el que más me gusta Llama bastante la atención Mejoraría la superficie para que sea más lisa
¿Qué piensa de la bandeja como empaque de alimentos?	Se adapta muy bien a las verduras, frutas y huevos	Queda muy bien con esos alimentos (pepinos, fresas, huevos, chiles)
¿Llamaría su atención ver productos en un empaque como este?	Sí, definitivamente	Sí, es algo nuevo y se ve amigable con el ambiente
¿Compraría productos en esta bandeja por Q 1 más de lo normal?	Sí, definitivamente	Sí, el costo está muy bien
¿Qué productos le gustaría ver en empaques como este?	Frutas, verduras Carnes Quesos	Tomates Quesos
Recomendaciones	Hacer más gruesa la bandeja para que no se sienta blanda Especificar con una etiqueta que el hongo ya no va a crecer Cubrir con un film biodegradable Utilizar algo más en vez de madera	Colocar publicidad para aclarar que es biodegradable y que el hongo no va a crecer más Utilizar desechos en vez de madera como cáscara de coco Hacer vasos, bandejas para llevar alimentos, bolsas Hacerlo más grueso para que no se sienta frágil

+ Ver
Figura No. 14 y Figura No. 15 en Anexos

Cuadro No. 22 Costo de bandeja y empaque de huevos de EMH

Empaque	Costo Unitario (Q)
Bandeja (216 x 165 x 5.6 mm)	0.32
Empaque de huevos (15 huevos)	0.74

+ Ver del Cálculo No. 1, Cálculo No. 2, Cuadro No. 120 y Cuadro No. 121 en Anexos

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo de graduación era determinar la funcionalidad del material biodegradable a base de hongos de Ecovative, como empaque para alimentos, por medio de la evaluación de las barreras que ofrece el material biodegradable, los alimentos en los que es funcional como empaque, su inocuidad microbiológica y la aceptación del mercado ante el uso de un empaque para alimentos. El material biodegradable utilizado conocido como Grow It Yourself Mushroom de Ecovative, consiste en una mezcla de micelio de hongo deshidratado y cáñamo industrial como sustrato (Ecovative, 2019), el cual se nutrió con harina de trigo e hidrató con agua potable para que crecieran tomando la forma del molde en el que se encuentra, luego se aplicó un tratamiento térmico a altas temperaturas para detener su crecimiento e inactivar definitivamente el hongo. Es importante mencionar que la activación del micelio, elaboración de los empaques y los análisis se realizaron bajo las mismas condiciones y los siguientes resultados dependen estrechamente del sustrato y la harina utilizada para activar el micelio.

Para evaluar las barreras que ofrece el material biodegradable se llevaron a cabo una serie de pruebas dentro de las cuales se analizaba la flotación, combustión, resistencia a aceites y agua, rotura, capacidad aislante, entre otras. El material fue sumergido en agua y se evaluó por 2 días, dando como resultado que el material flota lo cual está directamente relacionado con la baja densidad del material, siendo esta de 110kg/m^3 (Ecovative, 2019). Esta característica es una gran ventaja pues provoca que el material sea ligero. La densidad del material dependerá del sustrato utilizado pues este constituye hasta un 95% de la mezcla. Como se describe en el Cuadro No. 1, al realizar la prueba de combustión esta inició de manera inmediata, produciendo humo blanco, material carbonizado y olor característico de madera quemada. La rápida combustión sucede por el origen orgánico del sustrato, compuesto en su mayoría por celulosa dando lugar a que sea un material combustible (Peraza, 2001).

En cuanto a la permeabilidad ante el vapor de agua, se obtuvo como resultado que el material no permeó ni absorbió el vapor de agua a lo largo de la evaluación, la cual se realizó por un periodo de 10 minutos. El agua evaporada se condensó en las paredes del beaker utilizado y en la superficie del material en contacto con el vapor. Cabe mencionar que esta fue una prueba de laboratorio realizada de la manera que se mencionó anteriormente. Sin embargo, para obtener resultados más específicos se recomienda hacer un estudio de permeabilidad con diferentes soluciones. De la misma manera, al realizar la prueba de resistencia de agua, el material cambió levemente su color luego de 3 minutos (Anexos) pero no absorbió el agua ni permeó el material. Únicamente, la textura de la superficie en contacto se tornó ligeramente blanda. Por otro lado, la prueba de resistencia a aceites se realizó utilizando aceite de girasol, el cual provocó un cambio inmediato de color al entrar en contacto con el material, sin embargo, ni de textura ni permeó el material al otro lado. Cabe mencionar que la prueba se realizó por 15 minutos, por lo que estos resultados son dentro del tiempo estudiado.

A partir de la prueba de rotura, se observó que al rasgar el material con las manos este se rompe fácilmente. Cuando se corta con cuchillo se debe aplicar una mayor fuerza y movimiento para poder generar fricción, por ende, cortar el material. Por otro lado, cortar el material con tijeras resulta sumamente difícil, más que todo por el grosor del material el cual es de 5600 μm y la composición del sustrato. Otra de las pruebas realizadas, se basó en la capacidad aislante del material, lo cual depende de la capacidad del material para conducir el calor (Shawyer, 2005). Para esto se realizaron dos pruebas con una especie de caja pequeña que se elaboró con el material biodegradable. La primera prueba fue evaluar el cambio de temperatura del agua que inicialmente se encontraba a -2.2°C , luego de 4 horas el cambio de temperatura fue únicamente de 3.8°C subiendo su temperatura a 1.6°C . En el empaque no se observaron cambios de color ni textura. Mientras que la segunda prueba, evaluó el cambio de temperatura de agua inicialmente a 75.5°C , que después de 4 horas bajó a 25.1°C , dando como resultado un cambio de 50.4°C . En este caso, la textura del empaque pasó a ser levemente blanda y elástica, una pequeña cantidad de agua permeó dejando húmedo el lugar donde estaba colocada la caja del material biodegradable que se utilizó para la prueba. Cabe mencionar que la caja no estaba sellada herméticamente, lo cual pudo representar una fuente de error pues el calor podía escapar. En base a estas dos pruebas, se puede deducir que el material representa un buen aislante térmico para bajas temperaturas, pero no para temperaturas altas.

Como se muestra en el Cuadro No. 4, se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos del material EMH. La firmeza fue de 3.52 kg/cm^2 , indicando que no es un material rígido como el vidrio o metal, sino sutilmente blando y elástico similar al poliestireno expandido, pues este posee una firmeza de 2.58 kg/cm^2 . En cuanto al gramaje, se evaluaron trozos de $5 \times 5 \text{ cm}$ con el mismo grosor que se realizaron las bandejas siendo este de 984 g/m^2 , por lo que el material es ligero. Este grosor no podía ser muy delgado debido que no se contaba con una prensa o un equipo especial para compactar el material al momento del moldeado, por lo que se realizaba manualmente colocando peso encima, por lo que el grosor y por ende el gramaje pueden disminuir o aumentar, con un proceso estandarizado con equipos adecuados para la elaboración de las bandejas. La humedad del material fue de 7.02% , lo cual es una humedad relativamente baja y depende directamente del tratamiento térmico realizado, el cual se realizó a 250°F por 40 minutos para eliminar el agua y asegurar que el hongo no va a crecer. Por otro lado, la humedad del poliestireno es de 1.8% , lo cual es una desventaja porque la humedad del producto afecta rápidamente su madurez.

Como ya se mencionó en la Metodología se evaluó el comportamiento de diferentes productos a lo largo de su vida útil empacados en su empaque tradicional (EN) y en el empaque de micelio de hongos (EMH) paralelamente para determinar si el empaque estudiado es funcional en esos productos o similares. A los productos frescos fresas, moras, tomates y manzanas, se les evaluó distancia entre dos colores por medio de HunterLab, pH, firmeza, grados Brix y madurez/senescencia. Por otro lado, se evaluaron huevos, a los cuales se analizó su cámara de aire, color, grados Haugh, índice de yema y flotación. Para determinar si existía o no

una diferencia significativa en los resultados comparando su vida útil entre ambos empaques, se realizó análisis de varianza de un factor (ANOVA).

En el Cuadro No. 6, se evidencia que las fresas no presentaron diferencias significativas con respecto a la distancia entre dos colores, grados Brix y firmeza durante su vida útil de 12 días a temperaturas de refrigeración ($< 5^{\circ}\text{C}$). Sin embargo, si presentan diferencia en cuanto a pH debido que $P(0.041) < \alpha(0.05)$. En el Cuadro No. 34 y Cuadro No. 37 (Anexos), se muestran los datos de pH, siendo el promedio de pH para EN 3.49 con una desviación estándar de 0.28 mientras que el pH para EMH es de 3.31 con una desviación estándar de 0.15. Ambos pH se encuentran dentro de un rango aceptable, sin embargo, el pH está relacionado con la madurez/senescencia de la fruta, conforme la madurez/senescencia disminuye el pH tiende a aumentar (McGuire, 2017). Por lo que, se podría decir que las fresas en EMH presentaban levemente una mayor senescencia que las fresas en EN. Esto se pudo comprobar con el índice de madurez/senescencia, que se obtuvo a partir de la relación de los grados Brix y la acidez titulable a lo largo del periodo de estudio. La acidez titulable se relaciona directamente con el ácido que se encuentre en mayor cantidad dependiendo del tipo de fruta (Gergoff, 2016), en el caso de la fresa: ácido cítrico. Ambos iniciaron con una senescencia promedio de 10.92 g ácido cítrico / g fruta, terminando su vida útil con 8.37 g ácido cítrico / g fruta para la fresa en EN y 8.46 g ácido cítrico / g fruta para la fresa en EMH (Cuadro No. 7). A pesar de que la diferencia es pequeña, la fresa en EN presenta una mayor senescencia debido que contiene una menor cantidad de ácido cítrico, lo cual ocurre debido a diversas reacciones metabólicas y enzimáticas propias de la degradación de la fruta. A partir de esto, se puede deducir que las fresas en EMH se conservaron de mejor forma que las fresas en EN.

La comparación a lo largo de la vida útil de las moras en EN y EMH, 12 días a temperaturas de refrigeración ($< 5^{\circ}\text{C}$), no presentó diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados (Cuadro No. 8). Con relación, a la comparación del índice de madurez, presentaron una madurez inicial de 18.25 g ácido cítrico / g fruta. Al cabo de su vida útil, las moras en EN presentaron 11.18 g ácido cítrico / g fruta mientras que las moras en EMH 13.03 g ácido cítrico / g fruta. Como se explicó con las fresas, las diferentes reacciones de maduración provocan la disminución del ácido cítrico. Evidentemente, las moras conservadas en EN maduraron de una manera más rápida que las moras en EMH.

Los tomates se evaluaron por 7 días a temperatura ambiente (25°C). Como se muestra en el Cuadro No. 10, no presentaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados que ya se han mencionado anteriormente. El índice de maduración inicial fue de 5.65 g ácido cítrico / g fruta, los tomates en EN presentaron un índice de maduración final de 4.58 g ácido cítrico / g fruta, mientras que los tomates en EMH 4.74 g ácido cítrico / g fruta (Cuadro No. 11). Ya que los tomates en EMH conservaron un mayor contenido de ácido cítrico, su maduración fue más lenta indicando que su conservación ha sido mejor en el empaque biodegradable en comparación con el empaque usual.

Por 15 días a temperatura de refrigeración ($< 5^{\circ}\text{C}$), se evaluaron las manzanas. En el Cuadro No. 12 se demuestra que no existe diferencia significativa entre ninguno de los parámetros evaluados. Incluso en la manzana se evaluó la firmeza interna y la firmeza externa, las cuales tampoco presentaron diferencia significativa. En cuanto a su maduración, el índice inicial fue de 2.52 g ácido málico / g fruta. El índice final para las manzanas en EN fue de 2.51 g ácido málico / g fruta, lo cual apenas cambió en comparación a la inicial, mientras que el índice de maduración de las manzanas en EMH disminuyó a 2.35 g ácido málico / g fruta. A pesar de esto, los valores no son excesivamente diferentes, pues no repercutió en los demás parámetros evaluados pues no presentaron diferencia significativa.

Tanto las fresas como moras y tomates presentaron levemente un mejor índice de madurez/senescencia en EMH que en EN. Una de las principales causas puede ser que el empaque biodegradable absorbe humedad del producto y del ambiente. Esto se evidenció al analizar la humedad de las bandejas luego de que terminaba la vida útil de los productos. En el Cuadro No. 14, se puede observar que la bandeja de las moras presenta un 18.3% de humedad siendo este el más alto, seguido por las fresas y luego el tomate. Si se compara este resultado con la humedad promedio del material antes de ser utilizado, la cual se mencionó anteriormente, se puede notar que prácticamente se duplicó. Al absorber cierta cantidad de humedad no permite que esta interaccione con el producto, retrasando así su madurez/senescencia, por ende, su proceso de deterioro. Por otro lado, se puede observar que las bandejas de manzana absorbieron una menor cantidad de humedad, claramente, provocando que esta afectara el producto estimulando su madurez. A pesar de que el empaque biodegradable absorbe cierta cantidad de humedad, este se torna ligeramente flexible pero no cambia significativamente su firmeza ni apariencia, por lo que no representa un problema para el producto que empaca.

Al analizar los diferentes parámetros de calidad de los huevos durante 18 días a temperatura ambiente (25°C), se obtuvo como resultado que no existe diferencia significativa en la vida útil de los huevos empacados en EN y EMH (Cuadro No. 15). Con relación a sus características visuales, los huevos de ambos empaques poseían una cáscara lisa, blanca sin manchas al inicio. Sin embargo, luego de los 18 días la cáscara de la mayoría de los huevos en ambos empaques presentaba poros (pequeñas manchas grises) y venas, las cuales parecían rajaduras internas. Al realizar la prueba de flotación, durante los primeros 7 días de haber iniciado las evaluaciones, los huevos en EN se hundía, lo cual significa que se encontraban frescos. Luego de esto, al realizar las pruebas, algunos huevos flotaban. Al finalizar la prueba, el 33% de los huevos evaluados flotó, demostrando que perdían su frescura pues existía una mayor cantidad de aire interna. Por otro lado, los huevos en EMH se hundieron en su totalidad los primeros 9 días, resultando que el 22% de los huevos evaluados flotó a lo largo de su vida útil. Aunque la diferencia entre el porcentaje de huevos que flotó no es grande, se puede decir que los huevos en EMH se mantuvieron frescos por mayor tiempo.

Como parte de los objetivos se buscaba evaluar si el EMH era inocuo microbiológicamente, para lo cual se realizaron los análisis de *Salmonella sp.* y *Mohos y levaduras* al empaque biodegradable. Para el análisis de *Salmonella sp.* se inoculó en 2 caldos y se sembró en 3 agares diferentes como se menciona en la metodología. Los resultados fueron negativos en 25 g de muestra a 35°C por 2 días para Caldo TT en Agar BS, Hektoen y XLD y para Caldo RV en Agar BS, Hektoen y XLD (Cuadro No. 18) como se muestra en las imágenes de las cajas Petri en el Cuadro No. 110 (Anexos). Por otro lado, el análisis de *Mohos y Levaduras* presentó un promedio de 21 UFC/ 25 g a 25°C por 5 días, lo cual es un valor relativamente bajo y se atribuye a microorganismos que captó del ambiente en el que se encontraba almacenado.

Para evaluar si el material del EMH atribuía microorganismos a los productos que contiene, se compararon *Mohos y levaduras* a 25°C por 5 días en la superficie de las frutas al finalizar su vida útil. Los análisis microbiológicos se realizaron al final de la vida útil del producto, por lo que se esperaba que existiera moho pero que las unidades formadoras de colonias fueran similares entre los productos empacados en EN y EMH para deducir que el empaque estudiado no fuera el que provocara el moho. Como se muestra en el Cuadro No. 19, las fresas y moras presentaron > 300 UFC / 25g. Para ambos empaques fue el mismo resultado, por lo cual se infiere que no es consecuencia del empaque sino del producto en si. Por la alta actividad de agua de productos como las fresas y moras, *Botritis* o moho gris es uno de los desórdenes patológicos que afecta rápidamente a estas frutas a pesar de ser almacenado a bajas temperaturas (Mitcham, 1996). Por otro lado, los tomates en EN presentaron 15 UFC / 100 g mientras que los tomates en EMH 8 UFC/ 100g. A pesar de que la diferencia no es alta, se cree que la cantidad de UFC es menor para los tomates en EMH debido que el material absorbe la humedad, como se había mencionado anteriormente. Para las manzanas se obtuvo que las empacadas en EN presentaron 23 UFC/100g mientras que las que se encontraban en EMH presentaron 33 UFC/100g. Dicho ya, el empaque biodegradable de manzanas no absorbió tanta humedad por lo que esta afecta el desarrollo microbiológico. Las diferencias fueron pequeñas por lo que se puede asumir que el empaque biodegradable no provoca la proliferación de microorganismos en los productos estudiados. Además, en Anexos se pueden ver las imágenes de las cajas Petri y claramente se nota que el moho que se encontraba en el EMH no es el mismo tipo de moho que presentan las frutas contenidas en ese empaque.

Para analizar si el empaque biodegradable de micelio de hongo es competitivo con los empaques en el mercado actual, se calculó el costo como se muestra en Anexos. Para esto fue necesario conocer el costo del material Grow Yourself Mushroom a nivel industrial. A partir de esto se obtuvo que el costo de producir una bandeja de 216 x 165 x 5.6 mm es de Q 0.32. Como se muestra en el Cuadro No. 120 (Anexos), se investigaron precios de productos similares de poliestireno expandido y biodegradables. El costo es competitivo con los demás productos del mercado, debido que las bandejas de poliestireno expandido tienen un costo menor, sin embargo, las biodegradables tienen un costo mucho mayor, esto sería una ventaja al introducir el empaque de micelio al mercado. En cuanto al costo de un empaque de 15 huevos, este es de Q

0.74, y como se muestra en el Cuadro No. 121, el costo es solo Q0.02 mayor al de un cartón de 15 huevos, mientras que es la mitad del costo de un empaque plástico de 15 huevos. Siendo de igual forma competitivo con los empaques actuales en el mercado.

Uno de los objetivos de este trabajo de graduación era evaluar la aceptación del mercado ante el empaque a base de micelio de hongo, por lo tanto, se realizaron 2 grupos focales. El primero estaba integrado por adultos trabajadores de la Universidad del Valle de Guatemala que normalmente realizan las compras en su casa y el segundo estaba integrado por jóvenes estudiantes de diversas carreras de la Universidad del Valle de Guatemala que no son quienes realizan las compras de la casa, pero lo harán probablemente en el futuro.

Las preguntas realizadas se encuentran en Anexos (

Figura No. 14 y Figura No. 15). Se inició con unas preguntas generales sobre productos similares, en donde ambos grupos respondieron que han comprado “*bastantes*” productos en bandejas de duroport, si han oído hablar de los empaques biodegradables, la mayoría mencionó que los ha utilizado e incluso que los han comprado. Algunos mencionaron que prefieren no utilizar empaques, pero muchas veces es “*indispensable*” y que prefieren que sean biodegradables, aunque tengan que pagar más con el objetivo de “*no contaminar más*”, “*ayudar al ambiente*” y “*dejar un planeta limpio para las demás generaciones*”. Al mostrarles la bandeja por sí sola y diferentes productos empacados en las bandejas (fresas, chiles morrón, pepinos y huevos), ambos grupos concordaron en algunas respuestas como que parecía “*duroport*” (poliestireno expandido), que se ve “*ecológico*” por el color y acabados, el empaque de huevos les pareció el mejor pues da una apariencia “*muy natural*” y que “*parece de la granja*” pero también comentaron que “*queda muy bien*” para frutas y verduras. Los jóvenes, por su parte mencionaron que les preocupaba el “*olor a madera*” pues, aunque no se trasmite a los alimentos las personas no saben eso al comprarlo, mientras que los adultos mencionaron que el olor le da un toque “*natural*”. Los adultos no dudaron en decir que “*lo comprarían de seguro*” y los jóvenes mencionaron que es “*algo nuevo y amigable con el medio ambiente, así que lo comprarían*”.

Algunas de las recomendaciones que dieron fue elaborar las bandejas más gruesas para los productos que sean más pesados, como los pepinos, no se sientan frágiles. Esto se podría mejorar añadiendo más material biodegradable al molde para obtener una bandeja más gruesa por ende más resistente. Otra de las preocupaciones que expresaron fue acerca del hongo, si este seguía creciendo y si podía afectar el producto, al explicarles que el hongo ya no estaba activo y que no afectaba el producto, recomendaron adjuntar una pequeña etiqueta o sello al empaque en donde se aclare esto e incluso se coloque las instrucciones para desechar el material, con el tiempo estimado de degradación, pues muchos productos ahora se denominan biodegradables cuando en realidad no lo son. En este caso las frutas y verduras se cubrieron con un film de plástico, por lo que las personas recomendaron hacerlo con un film biodegradable para que todo el producto sea amigable con el ambiente. Tanto jóvenes como adultos sugirieron que el sustrato sean desechos que se obtienen en la región, mencionaron la cáscara de coco. Los integrantes de los grupos focales mencionaron

que les gustaría ver productos como carnes, quesos y demás verduras y frutas en este tipo de empaques. Una última recomendación fue realizar todos los empaques que sean posibles con este material para poder sustituir el “*duropori*” (poliestireno expandido), el cual es uno de los tipos de plástico que más contaminan.

IX. CONCLUSIONES

Se determinó que el empaque biodegradable a base de micelio de hongo con sustrato de cáñamo industrial, utilizando harina de trigo para nutrirlo, es funcional en huevos y en productos frescos como fresas, moras, manzanas y tomates, además de que es aceptado por el consumidor.

Se observó que el material biodegradable flota en agua, la combustión ocurre de manera inmediata generando humo blanco y carbonizando el material, y es permeable al vapor de agua.

Se evaluó que el rasgar el material biodegradable con las manos lo rompe fácilmente, el cortarlo con cuchillo requiere más fuerza para que la fricción logre cortarlo y cortarlo con tijera es difícil.

A partir de la prueba de resistencia de agua y aceites, el material presentó resistencia al agua, sin embargo, no es resistente al aceite pues cambia de color y lo absorbe inmediatamente.

El material biodegradable de los empaques a base de micelio de hongo posee una firmeza de 3.52 kg/cm², un gramaje de 984 g/m² y una humedad de 7.02%.

Al analizar a capacidad aislante del empaque a base de micelio de hongo se obtuvo que este posee una buena capacidad aislante para bajas temperaturas, sin embargo, no para altas temperaturas.

Al comparar los diferentes resultados en cuanto a *mohos* y *levaduras*, la distancia entre dos colores, grados brix, pH, firmeza y madurez a lo largo de la vida útil de fresas, moras, manzanas y tomates en el empaque a base de micelio de hongo y su empaque tradicional de poliestireno, no existe diferencia significativa o perjudicial para los productos, así que se puede concluir que los empaques estudiados son funcionales para estos alimentos.

Por medio de la comparación de la cámara de aire, peso, grados Haugh, índice de yema, flotación y aspectos visuales de huevos en el empaque a base de micelio de hongo y su empaque tradicional de plástico a lo largo de su vida útil, se determinó que no existe diferencia significativa para los huevos, por lo que el empaque si es funcional para los mismos.

Se analizó microbiológicamente el material biodegradable de los empaques, presentando 21 UFC por 25 g de muestra a 25°C por 5 días, siendo un valor relativamente bajo. Por otro lado, no presentó el microorganismo patógeno *Salmonella sp.* por lo que es inerte y no afecta la seguridad de los alimentos.

Se determinó que el costo por bandeja a base de micelio de hongo es de Q 0.32, siendo así, competitivo con los productos de poliestireno expandido y biodegradables del mercado actual. Pues existe una diferencia promedio de Q 0.11 con bandejas de poliestireno expandido y una diferencia promedio de Q 1.73 con bandejas de materiales biodegradables. Mientras que el costo por empaque biodegradable de 15 huevos es de Q 0.74, siendo Q 0.02 mayor que el costo de un empaque de cartón y Q 0.69 menor que el costo de un empaque plástico.

Al realizar el estudio de mercado por medio de dos grupos focales, jóvenes y adultos, se puede concluir que ambas generaciones aceptan el empaque a base de micelio de hongos principalmente por su aspecto “natural” y “ecológico”.

X. RECOMENDACIONES

Al momento de imprimir en 3D, se recomienda tener especial cuidado en la velocidad de impresión, cantidad de material, condiciones del material y calibración del equipo.

Se recomienda utilizar materiales de desecho agrícola como sustrato, dentro de los posibles materiales a utilizar podrían ser cáscara de coco, bagazo de caña, residuos del cultivo de maíz, cáscara de cacao, entre otros. Si se llegara a utilizar otro sustrato, se debe realizar nuevamente el estudio para conocer las características que aporta el mismo al empaque.

Para lograr una mejor apariencia y realizar un proceso industrial, se recomienda disminuir el tamaño de partículas del Grow-it-Yourself Mushroom por medio de refinadores, formarlo con equipos distribuyendolo en moldes o grandes planchas, utilizar una prensa como equipo para compactarlo y sierras para emparejar los bordes.

Se aconseja hacer un estudio de permeabilidad con diferentes soluciones y métodos, utilizando equipos específicos para medir permeabilidad.

Se sugiere evaluar la funcionalidad del empaque para productos cárnicos y quesos.

Para realizar un análisis más exacto de la maduración de las frutas en el empaque se recomienda utilizar un medidor de etileno como equipo.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- American Plastics Council. (2004). *National post-consumer plastic recycling report*. Arlington: American Plastics Council.
- ANFABRA. (2015). *¿Qué diferencia hay entre un envase primario, secundario o terciario?*. <http://www.cibr.es/medio-ambiente-envases-preguntas-frecuentes-tipos-de-envases> [Consultado el 5 de febrero del 2019]
- BBC Mundo. (2017). *5 gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901> [Consultado el 30 de enero del 2019]
- Cáceres, S. (2016). *Tendencias y retos de la Industria del empaque*. <https://revistadelogistica.com/actualidad/tendencias-y-retos-de-la-industria-del-empaque/> [Consultado el 3 de febrero del 2019]
- Careaga, J. (1993). *Manejo y reciclaje de los residuos en empaques y embalajes*. México: SEDESOL. 155 págs
- Codex Alimentarius Commission . (2004). *Report of the 20th session of the Codex committee on general principles*. Paris: Joint FAO/WHO food standards programme.
- ECOPLAS. (2011). *Poliestireno: Características y ventajas respecto al medio ambiente*. CIT. 16 págs
- Ecovative Design. (2018). *Applications*. <https://ecovatedesign.com/technicalwear> [Consultado el 21 de febrero del 2019]
- Ecovative Design. (2018). *Team*. <https://ecovatedesign.com/team> [Consultado el 21 de febrero del 2019]
- Ecovative. (2018). *Ecovative Mycelium Material*. <https://grow.bio/collections/shop/products/grow-it-yourself-material> [Consultado el 22 de febrero del 2019]

- Ecovative. (2019). *Mycelium Materials*. <https://grow.bio/> [Consultado el 25 de febrero del 2019]
- EFEverde. (2016). *La producción de alimentos causa el 60% de la pérdida de biodiversidad*.
<https://www.efeverde.com/noticias/producir-alimentos-causa-60-perdida-biodiversidad-unea2/> [Consultado el 15 de enero del 2019]
- Ellen Macarthur Foundation. (2017). *Growing alternatives to petroleum-based packaging*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/growing-alternatives-to-petroleum-based-packaging> [Consultado el 17 de febrero del 2019]
- Enfasis Packaging . (2009). *Ventajas del Envase de vidrio*.
<http://www.packaging.enfasis.com/articulos/12978-ventajas-del-envase-vidrio> [Consultado el 6 de febrero del 2019]
- Equipo LS. (2017). *Las impactantes cifras de la contaminación plástica en nuestros océanos* .
<https://laderasur.com/articulo/las-impactantes-cifras-de-la-contaminacion-plastica-en-nuestros-oceanos/> [Consultado el 16 de enero del 2019]
- FDA. (2018). *Polystyrene*. <https://www.chemicalsafetyfacts.org/polystyrene/> [Consultado el 14 de febrero del 2019]
- García, A. (2018). *¿Quién está detrás de la contaminación por plásticos?* .
<https://es.greenpeace.org/es/noticias/quien-esta-detras-de-la-contaminacion-por-plasticos/>
[Consultado el 30 de enero del 2019]
- García, E y Barret, D. (2002). *Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables*. California: Science, Technology and Market. 33 págs.
- García, S. (2016). *¿Qué es el BPA?*. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/que-es-el-bpa> [Consultado el 3 de febrero del 2019]

- Gergoff, G. (2016). *Maduración e Índices de Cosecha*.
<http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/321/course/section/261/%C3%ADndices%20de%20madurez%202016-%20modif%2011-3.pdf> [Consultado el 11 de septiembre del 2019]
- Greener Design. (2010). *Mushroom-Based Packaging Uses 98% Less Energy than Styrofoam*.
<https://www.greenbiz.com/news/2010/08/10/mushroom-based-packaging-98-percent-less-energy-styrofoam> [Consultado el 3 de marzo del 2019]
- Griffin, A. (2017). *Pollution is killing millions of people a year and the world is reaching 'crisis point', experts warn*. <https://www.independent.co.uk/environment/pollution-air-clean-water-vehicles-diesel-car-tax-lancet-report-deaths-fatal-disease-a8009751.html> [Consultado el 3 de febrero del 2019]
- Gunther, M. (2013). *Can mushrooms replace plastic?*. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/mushrooms-new-plastic-ecovative> [Consultado el 10 de marzo del 2019]
- Hernández, C. (2012). *Tecnología innovadora en empaques especializado para alimentos*.
<http://www.plastico.com/temas/Tecnologia-innovadora-en-empaque-especializado-para-alimentos+3086786> [Consultado el 10 de febrero del 2019]
- Industry Alliance. (2019). *Properties, Performance and Design Fundamentals of Expanded Polystyrene Packaging*. <https://www.epsindustry.org/sites/default/files/Properties%2C%20Performance%20and%20Design%20Fundamentals%20of%20Expanded%20Polystyrene%20Packaging.pdf>[Consultado el 13 de febrero del 2019]
- Ivankovic, A. (2017). *Biodegradable packaging in the food industry*. *Journal of Food Safety and Food Quality*. 68(2): 23-52.
- Kaczmarek, H. (2003). *Materiales para el envasado de alimentos*.
[http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/950B6ED17881D76EC1256F250063FAD0/\\$FILE/Article%20Materials%20_NCU_%20Spanish%20.pdf?OpenElement](http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/950B6ED17881D76EC1256F250063FAD0/$FILE/Article%20Materials%20_NCU_%20Spanish%20.pdf?OpenElement) [Consultado el 6 de febrero del 2019]

- Kooijman, J. (2000). *Environmental Impact of Packaging: Performance in the Household*. Londres: INCPEN.
- Krochta, J. (1997). *Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities*. Institute of Food Technologists, 51(2): 61-74.
- Marsh, K. (2007). *Food Packaging - Roles, Materials and Environmental Issues*. Journal of Food Science. 72(3):39-55.
- McGuire, G. (2017). *Química de la Fruta*.
https://www.hannachile.com/sites/default/files/blog/archivos/2017/03/hints_quimica_en_la_fruta.pdf [Consultado el 10 de septiembre del 2019]
- Mitcham, E. (1996). *Fruit Produce Facts* .
http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=58&ds=798 [Consultado el 11 de septiembre del 2019]
- Peraza, F. (2001). *Protección Preventiva de la Madera. España: AITIM*. 25 págs.
- Pérez, C. (2017). *El 95% del agua se desperdicia en Guatemala debido a la contaminación ambiental*. Prensa Libre. 7 de agosto.
- Pongrácz, E. (2007). Chapter 9: The Environmental Impacts of Packaging. *Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. págs. 237 – 278.
- Rodríguez, H. (2014). *Hongos y desechos agrícolas en la construcción: Ecovative Design* .
<http://www.mimbrea.com/hongos-y-desechos-agricolas-en-la-construccion-ecovative-design/>
[Consultado el 5 de febrero del 2019]
- Shawyer, M. (2005). *El uso de hielo en pequeñas embarcaciones de pesca*. Roma: FAO. 123 págs.
- Velásquez, J. (2018). *Importancia del empaque y embalaje de exportación*.
<http://www.packaging.enfasis.com/articulos/64578-importancia-del-empaque-y-embalaje-exportacion> [Consultado el 12 de febrero del 2019]

XII. ANEXOS

Figura No. 2 Material GIY Mushroom Ecovative (biruta de madera y micelio de hongo deshidratado)

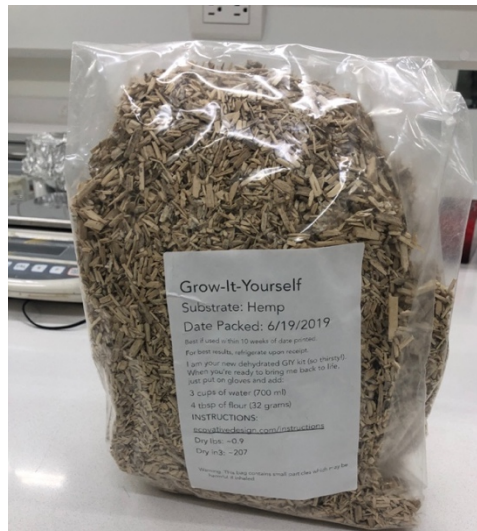


Figura No. 3 Material GIY Mushroom con agua y harina de trigo



Figura No. 4 Material GIY Mushroom con agua y harina 7 días después

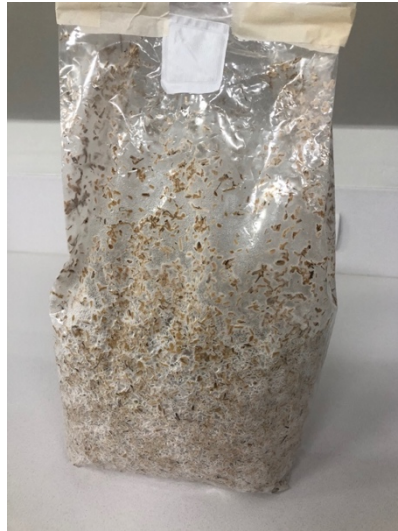


Figura No. 5 Material GIY Mushroom creciendo en molde de bandeja



Figura No. 6 Bandeja de material GIY Mushroom luego de desmoldar



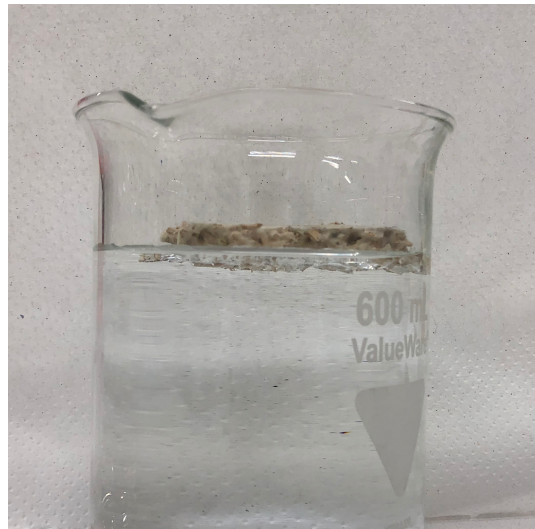
Figura No. 7 Bandeja de material GIY Mushroom luego de tratamiento térmico (<250°F)



Cuadro No. 23 Prueba de flotación de material EMH

Muestra	Tiempo						
	Minutos						Días
	0	5	10	15	30	120	2
1	flota	flota	flota	flota	flota	flota	flota
2	flota	flota	flota	flota	flota	flota	flota
3	flota	flota	flota	flota	flota	flota	flota
4	flota	flota	flota	flota	flota	flota	flota
5	flota	flota	flota	flota	flota	flota	flota

Figura No. 8 Prueba de flotación



Cuadro No. 24 Prueba de rotura de material EMH

Muestra	Rasgado	Cuchillo	Tijera
1	+++	++	+
2	+++	++	+
3	+++	++	+
4	+++	++	+
5	+++	++	+

Figura No. 9 Prueba de rotura de material (Cuchillo)



Cuadro No. 25 Prueba de combustión de material EMH

Ocurre	Características
Inmediatamente	El humo es blanco, el material se torna negro, carbonizado. El olor es a madera quemada

Figura No. 10 Prueba de combustión



Cuadro No. 26 Prueba de resistencia a aceites y grasas de material EMH

Compuesto	Cambio de color	Absorbe	Permeabilidad	Cambia textura
Aceite	Inmediatamente	Sí	No	No
Agua	3 minutos	No	No	Levemente

Figura No. 11 Prueba de resistencia a los aceites



Figura No. 12 Prueba de resistencia al agua



Cuadro No. 27 Prueba de permeabilidad al vapor de agua de material EMH

Trozo de material		Agua (ml)	Descripción
Grosor (mm)	Ancho (mm)		
10.2	55	60	No traspasó el material ni absorbió vapor de agua por 10 min, el agua se condensó a los lados del beaker

Figura No. 13 Prueba de permeabilidad al vapor de agua



Cuadro No. 28 Evaluación de firmeza de material EMH

Muestra	Firmeza ($\pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$)
1	3.7
2	3.3
3	3.2
4	3.5
5	3.9

Cuadro No. 29 Evaluación de gramaje de material EMH para un grosor promedio de 5.6 mm

Muestra	Gramaje ($\pm 0.01 \text{ g/25 cm}^2$)	Gramaje (g/m^2)
1	2.39	956
2	2.44	976
3	2.55	1020

Cuadro No. 30 Húmedad de material EMH

Muestra	Humedad (± 0.1 %)
1	8.9
2	5.2
3	7.3
4	6.0
5	7.7

Cuadro No. 31 Evaluación de capacidad aislante de material EMH: Temperatura fría

Tiempo	Temperatura	Características
0	-2.2	No existen cambios en el empaque
5	-0.5	
10	-0.2	
15	0.3	
30	0.5	
60	0.7	
120	0.9	
180	1.3	
240	1.6	

Cuadro No. 32 Evaluación de capacidad aislante de material EMH: Temperatura caliente

Tiempo	Temperatura	Características
0	75.5	El empaque se torna blanco, agua permea empaque pues deja húmedo el lugar donde se había colocado
5	62.4	
10	56.2	
15	53.2	
30	45.6	
60	34.1	
120	27.3	
180	25.3	
240	25.1	

Cuadro No. 33 Fresas EN: Distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
24/07/19	32.57	28.70	15.93	2.21
	34.43	29.81	19.78	2.21
26/07/19	29.51	25.26	17.55	5.65
	30.22	29.86	18.33	3.37
29/07/19	29.93	29.54	21.67	5.23
	30.31	31.76	23.57	7.01
31/07/19	31.34	24.97	13.50	6.48
	26.07	22.67	9.27	13.13
2/08/19	25.24	27.93	13.72	9.33
	28.37	27.17	17.37	5.56
5/08/19	19.69	25.83	21.41	14.67
	16.44	32.13	28.33	20.22
7/08/19	22.30	35.50	28.86	16.90
	16.97	34.62	24.31	18.54

Cuadro No. 34 Fresas EN: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$)
24/07/19	8.2	3.07	2.1
	7.8	3.02	2.3
26/07/19	8.1	3.85	1.4
	8.1	4.06	1.8
29/07/19	7.5	3.65	1.5
	7.4	3.60	2.0
31/07/19	7.3	3.30	1.7
	7.2	3.26	0.8
2/08/19	7.3	3.60	2.0
	7.7	3.48	1.6
5/08/19	6.3	3.41	1.9
	6.7	3.50	1.8
7/08/19	7.2	3.45	0.9
	7.3	3.71	0.6

Cuadro No. 35 Fresas EN: senescencia

	masa (g)	NaOH (ml)	Senescencia (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.26	8.90	10.83
	5.00	8.60	11.01
Final	5.70	7.30	8.20
	5.02	6.70	8.54

Cuadro No. 36 Fresas EMH: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
24/07/19	32.57	28.70	15.93	2.21
	34.43	29.81	19.78	2.21
26/07/19	31.12	34.18	22.12	6.94
	32.98	29.96	19.28	1.67
29/07/19	30.73	32.90	25.43	8.85
	26.18	27.53	15.99	7.75
31/07/19	34.47	36.14	24.83	9.85
	29.05	31.32	25.30	8.92
2/08/19	30.05	28.56	21.44	5.02
	31.67	36.32	27.57	12.15
5/08/19	19.03	42.73	32.82	24.80
	24.76	43.41	42.62	29.83
7/08/19	23.52	40.93	40.59	27.44
	20.65	34.55	30.37	18.70















Cuadro No. 37 Fresas EMH: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$)
24/07/19	8.2	3.07	2.1
	7.8	3.02	2.3
26/07/19	7.2	3.22	2.2
	7.2	3.35	2.4
29/07/19	9.3	3.48	2.0
	9.2	3.47	2.1
31/07/19	7.7	3.22	1.6
	7.5	3.23	2.0
2/08/19	7.6	3.32	1.9
	7.3	3.31	2.0
5/08/19	5.6	3.41	1.7
	7.4	3.48	2.3
7/08/19	7.7	3.44	1.0
	7.9	3.37	1.3

Cuadro No. 38 Fresas EMH: senescencia

	masa (g)	NaOH (ml)	Senescencia (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.26	8.90	10.83
	5.00	8.60	11.01
Final	5.20	7.10	8.74
	5.08	6.50	8.19

Cuadro No. 39 Imágenes de fresas a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
24/07/2019		
26/07/2019		
29/07/2019		
31/07/2019		
02/08/2019		
05/08/2019		
07/08/2019		

Cuadro No. 40 Moras EN: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
24/07/19	20.42	4.11	3.27	1.74
	17.37	3.47	1.74	1.74
26/07/19	16.64	9.50	2.73	6.14
	16.30	7.18	2.03	4.30
29/07/19	20.67	13.53	6.24	10.58
	23.08	2.73	1.07	4.55
31/07/19	26.78	5.52	1.95	8.09
	16.68	8.51	2.83	5.22
2/08/19	18.84	4.64	1.83	1.09
	21.86	4.08	1.88	3.04
5/08/19	23.38	3.37	2.22	4.51
	23.83	2.77	2.15	5.05
7/08/19	15.56	5.14	2.69	3.60
	20.81	4.44	-0.82	3.89

Cuadro No. 41 Moras EN: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$)
24/07/19	8.8	2.42	2.2
	8.7	2.50	1.9
26/07/19	9.9	2.80	1.5
	9.5	2.77	1.4
29/07/19	8.1	2.89	1.0
	7.9	2.92	1.3
31/07/19	8.2	3.03	1.0
	8.2	3.00	0.6
2/08/19	7.7	2.65	0.8
	7.8	2.80	1.2
5/08/19	8.6	3.00	0.5
	8.2	3.40	0.6
7/08/19	7.1	2.99	0.6
	6.4	2.92	0.7

Cuadro No. 42 Moras EN: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.06	14.17	17.92
	5.21	15.13	18.59
Final	5.03	9.1	11.58
	5.16	8.7	10.79

Cuadro No. 43 Moras EMH: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
24/07/19	20.42	4.11	3.27	1.74
	17.37	3.47	1.74	1.74
26/07/19	13.75	5.39	0.29	5.83
	15.39	2.42	0.35	4.34
29/07/19	17.78	11.20	3.27	7.53
	15.42	9.05	3.01	6.32
31/07/19	20.71	3.15	1.25	2.30
	24.83	1.19	0.89	6.68
2/08/19	17.64	7.29	2.54	3.72
	22.89	3.73	1.58	4.10
5/08/19	13.30	3.02	2.75	5.65
	20.56	7.19	4.33	4.20
7/08/19	23.03	0.70	1.22	5.32
	25.45	2.73	-1.58	7.80















Cuadro No. 44 Moras EMH: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$)
24/07/19	8.8	2.42	2.2
	8.7	2.50	1.9
26/07/19	8.7	2.71	1.3
	8.8	2.69	1.4
29/07/19	9.0	3.77	1.0
	8.9	3.70	1.5
31/07/19	8.7	2.81	1.1
	8.5	2.84	1.0
2/08/19	8.7	2.66	0.9
	8.5	2.63	1.2
5/08/19	9.0	2.88	0.5
	8.4	2.87	0.7
7/08/19	6.1	2.85	0.5
	6.3	2.92	1.0

Cuadro No. 45 Moras EMH: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.06	14.17	17.92
	5.21	15.13	18.59
Final	5.4	10.7	12.68
	5.17	10.8	13.37

Cuadro No. 46 Imágenes de moras a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
24/07/2019		
26/07/2019		
29/07/2019		
31/07/2019		
02/08/2019		
05/08/2019		
07/08/2019		

Cuadro No. 47 Tomate EN: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
12/08/19	46.13	34.04	35.93	3.49
	47.64	35.39	42.60	3.49
14/08/19	38.44	37.72	44.17	10.22
	39.76	37.59	44.28	9.18
16/08/19	47.41	30.65	28.78	11.26
	47.33	31.80	28.38	11.28
19/08/19	43.47	37.12	49.35	10.92
	42.18	36.94	44.48	7.37

Cuadro No. 48 Tomate EN: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$)
12/08/19	4.4	4.39	2.8
	4.2	4.52	2.7
14/08/19	4.1	4.48	2.1
	4	4.42	2.3
16/08/19	4.2	4.00	2.6
	4.2	3.97	2.5
19/08/19	4.7	4.14	1.2
	4.9	4.10	1.3

Cuadro No. 49 Tomate EN: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.25	4.3	5.24
	5.39	5.1	6.06
Final	5.07	3.9	4.92
	5.28	3.5	4.24

Cuadro No. 50 Tomate EMH: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
12/08/19	46.13	34.04	35.93	3.49
	47.64	35.39	42.60	3.49
14/08/19	45.06	34.95	47.53	8.47
	44.48	37.01	41.33	3.91
16/08/19	45.83	35.35	41.85	2.86
	43.06	36.75	41.12	4.72
19/08/19	43.84	36.03	38.67	3.37
	42.27	37.47	43.57	6.89









Cuadro No. 51 Tomate EMH: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$)
12/08/19	4.4	4.39	2.8
	4.2	4.52	2.7
14/08/19	4.5	4.41	1.9
	4.3	4.43	2.1
16/08/19	4.4	4.44	2.4
	4.8	4.37	1.5
19/08/19	4.9	4.37	1.4
	4.6	4.41	1.5

Cuadro No. 52 Tomate EMH: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.25	4.3	5.24
	5.39	5.1	6.06
Final	5.28	3.5	4.24
	5.13	4.2	5.24

Cuadro No. 53 Imágenes de tomates a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
12/08/2019		
14/08/2019		
16/08/2019		
10/08/2019		

Cuadro No. 54 Manzanas EN: distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
2/08/19	85.32	0.02	29.93	3.11
	79.84	0.48	32.82	3.11
6/08/19	84.80	-1.32	31.24	2.72
	84.73	-1.37	29.65	3.20
9/08/19	83.37	0.03	32.51	1.40
	81.07	1.03	34.89	3.90
12/08/19	81.42	1.34	35.31	4.24
	81.25	1.19	36.01	4.91
14/08/19	84.78	1.83	34.03	3.79
	83.43	2.22	32.42	2.39
16/08/19	84.61	1.99	33.79	3.60
	85.18	1.96	33.10	3.56
19/08/19	84.22	-0.13	29.63	2.42
	84.56	-0.68	31.15	2.20

Cuadro No. 55 Manzanas EN: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1\text{kg/cm}^2$) externa	Firmeza ($\pm 0.1\text{kg/cm}^2$) interna
2/08/19	13.5	4.37	6.9	3.7
	12.7	4.50	5.7	3.5
6/08/19	9.6	4.42	3.4	2.9
	10.5	4.37	3.0	2.7
9/08/19	11.2	4.38	3.4	2.6
	9.9	4.40	3.0	2.8
12/08/19	13.5	3.85	3.2	2.6
	12.8	3.95	3.4	2.7
14/08/19	12.0	4.00	4.1	3.3
	13.4	4.09	4.4	3.5
16/08/19	12.1	4.23	4.0	3.5
	11.8	4.28	4.2	3.5
19/08/19	12.9	4.01	4.7	3.4
	13.1	3.99	3.8	3.5

Cuadro No. 56 Manzana EN: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.13	1.8	2.35
	5.23	2.1	2.69
Final	5.08	2	2.64
	5.05	1.8	2.39

Cuadro No. 57 Manzanas EN: Distancia entre dos colores por HunterLab

Fecha	L	a	b	ΔE
2/08/19	85.32	0.02	29.93	3.11
	79.84	0.48	32.82	3.11
6/08/19	84.16	0.31	34.29	3.32
	84.29	0.22	33.92	3.07
9/08/19	84.95	-0.64	26.21	5.75
	84.74	-0.25	26.66	5.21
12/08/19	83.22	1.70	24.72	6.84
	83.92	1.39	25.46	6.17
14/08/19	84.89	0.64	34.18	3.65
	85.49	0.34	30.74	2.98
16/08/19	85.36	1.33	33.02	3.41
	83.70	0.93	33.53	2.52
19/08/19	85.40	1.21	28.74	3.98
	84.47	1.41	29.28	3.05

















Cuadro No. 58 Manzanas EMH: parámetros físico-químicos

Fecha	Grados Brix ($\pm 0.1^\circ$)	pH (± 0.05)	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$) externa	Firmeza ($\pm 0.1 \text{kg/cm}^2$) interna
2/08/19	13.5	4.37	6.9	3.7
	12.7	4.50	5.7	3.5
6/08/19	10.4	4.32	4.5	2.6
	11.9	4.50	4.4	2.4
9/08/19	12.6	3.92	4.0	3.0
	12.8	3.87	4.1	2.7
12/08/19	12.8	3.82	3.7	2.7
	13.1	3.93	3.9	2.8
14/08/19	13.9	3.94	3.4	3.4
	13.8	3.92	4.5	3.0
16/08/19	12.0	3.79	4.0	4.4
	11.3	3.85	4.2	3.8
19/08/19	13.0	3.77	4.7	3.4
	13.1	3.73	4.2	3.6

Cuadro No. 59 Manzana EMH: madurez

	masa (g)	NaOH (ml)	Madurez (g ácido cítrico/g fruta)
Inicial	5.13	1.8	2.35
	5.23	2.1	2.69
Final	5.05	1.7	2.26
	5.19	1.9	2.45

Cuadro No. 60 Imágenes de manzanas a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
02/08/2019		
05/08/2019		
07/08/2019		
09/08/2019		
12/08/2019		
14/08/2019		
16/08/2019		
19/08/2019		

Cuadro No. 61 Mediciones humedad de bandejas EMH luego de utilizarlas como empaque

Muestra	Humedad 1(±0.1 %)	Humedad 2 (±0.1 %)
Fresas	16.1	14.8
Moras	19.1	17.5
Tomate	13.5	14.1
Manzana	13.2	10.2

Cuadro No. 62 Huevos EN: parámetros de calidad

Fecha	Cámara de aire (±0.05mm)	Albumen (±0.005mm)	Peso (±0.05g)	Grados Haugh (uH)	Diametro yema (±0.05mm)	Alto yema (±0.05mm)	Índice de yema (YI)	Flotación
12/08/19	15.00	5.00	65.96	65.91	46.90	17.10	36.46	Hunde
	23.40	6.50	67.78	77.67	43.50	17.50	40.23	Hunde
14/08/19	14.80	6.30	65.89	76.82	45.40	16.20	35.68	Hunde
	20.00	7.00	66.30	81.60	44.70	18.50	41.39	Hunde
16/08/19	19.00	5.50	69.33	69.12	47.00	16.30	34.68	Hunde
	20.10	7.20	66.61	82.81	46.00	18.00	39.13	Hunde
19/08/19	23.20	6.35	65.32	77.38	46.50	17.00	36.56	Hunde
	22.00	6.00	70.14	73.05	38.50	15.20	39.48	Flota
21/08/19	21.50	6.10	69.13	74.20	45.00	15.30	34.00	Hunde
	21.20	6.40	67.28	77.10	44.60	15.25	34.19	Flota
23/08/19	25.70	4.60	65.13	62.31	46.30	15.90	34.34	Hunde
	26.30	6.00	71.59	72.55	43.10	16.10	37.35	Hunde
26/08/19	27.21	4.24	65.30	58.33	49.10	11.91	24.26	Hunde
	23.54	4.97	65.14	65.97	46.22	11.13	24.08	Flota
28/08/19	25.69	4.17	63.82	58.30	47.70	11.91	24.97	Flota
	26.16	4.77	65.12	64.04	48.03	11.60	24.15	Hunde
30/08/19	26.76	4.34	67.95	58.12	51.16	10.98	21.46	Flota
	29.80	4.73	66.28	63.11	51.51	12.07	23.43	Flota

Cuadro No. 63 Huevos EMH: parámetros de calidad

Fecha	Cámara de aire (± 0.05 mm)	Albumen (± 0.005 mm)	Peso (± 0.05 g)	Grados Haugh (uH)	Diametro yema (± 0.05 mm)	Alto yema (± 0.05 mm)	Índice de yema (YI)	Flotación
12/08/19	15.00	5.00	65.96	65.91	46.20	17.10	37.01	Hunde
	23.40	6.50	67.78	77.67	46.50	17.50	37.63	Hunde
14/08/19	21.00	6.20	65.39	76.24	45.70	18.10	39.61	Hunde
	18.90	6.30	66.65	76.57	45.80	18.00	39.30	Hunde
16/08/19	18.30	6.40	69.99	76.22	47.40	16.00	33.76	Hunde
	18.10	6.10	67.02	74.92	45.20	16.20	35.84	Hunde
19/08/19	20.30	5.00	63.25	67.06	46.00	15.10	32.83	Hunde
	25.00	5.10	65.31	67.12	47.00	15.70	33.40	Hunde
21/08/19	22.20	6.30	67.41	76.31	46.60	12.90	27.68	Flota
	23.40	6.30	64.79	77.19	45.30	14.60	32.23	Hunde
23/08/19	23.50	4.90	66.93	64.52	45.10	16.00	35.48	Hunde
	28.70	7.10	61.90	83.55	47.00	17.00	36.17	Hunde
26/08/19	25.07	3.94	65.93	54.43	49.49	14.08	28.45	Flota
	24.60	3.78	67.93	51.23	49.37	11.02	22.32	Hunde
28/08/19	27.78	4.54	68.18	60.23	52.71	12.86	24.40	Hunde
	31.28	4.24	63.31	59.35	49.52	13.60	27.46	Hunde
30/08/19	26.76	5.11	64.76	67.44	51.02	10.89	21.34	Flota
	23.09	4.69	70.04	60.97	49.90	12.29	24.63	Flota

Cuadro No. 64 Comparación características visuales de huevo en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
12/08/19	blanca lisa sin manchas únicamente sello	blanca lisa sin manchas únicamente sello
14/08/19	blanca lisa con un poco de puntos grises uno, el otro sin manchas. Sello	blanca lisa con un poco de puntos grises. Sello
16/08/19	Blanca lisa. Sello	Blanca lisa, Sello.
19/08/19	blanca lisa, una tiene puntos grises	blanca lisa, una tiene puntos grises
21/08/19	Blanca lisa. Sello	Blanca lisa un poco rajado.
	Blanca, rajada.	Blanca con líneas parecido rajado
23/08/19	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con líneas parecido rajado
	Blanca con líneas parecido rajado	Blanca con líneas parecido rajado
26/08/19	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con manchas grises (poros)
	Blanca con líneas parecido rajado	Blanca con manchas grises (poros)
28/08/19	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con manchas grises (poros)
	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con líneas parecido rajado
30/08/19	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con manchas grises (poros)
	Blanca con manchas grises (poros)	Blanca con manchas grises (poros)

Cuadro No. 65 Imágenes de huevos a lo largo de su vida útil en ambos empaques

Fecha	EN	EMH
24/07/2019		
26/07/2019		
29/07/2019		
31/07/2019		
02/08/2019		
05/08/2019		
07/08/2019		
		
		

Cuadro No. 66 Resumen de datos de fresas: distancia entre dos colores

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ΔE EN	14	130.504903	9.321778777	38.35684354
ΔE EMH	14	166.33548	11.8811057	90.74607558

Cuadro No. 67 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de fresas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	45.851	1	45.851	0.710	0.407	4.225
Dentro de los grupos	1678.338	26	64.551			
Total	1724.189	27				

Cuadro No. 68 Resumen de datos de fresas: Grados Brix

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grados Brix EN	14	104.1	7.435714286	0.282472527
Grados Brix EMH	14	107.6	7.685714286	0.793626374

Cuadro No. 69 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de fresas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.437	1	0.437	0.813	0.375	4.225
Dentro de los grupos	13.989	26	0.538			
Total	14.427	27				

Cuadro No. 70 Resumen de datos de fresas: pH

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
pH EN	14	48.96	3.497142857	0.080498901
pH EMH	14	46.39	3.313571429	0.021517033

Cuadro No. 71 Análisis de varianza de un factor para pH de fresas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.236	1	0.236	4.625	0.041	4.225
Dentro de los grupos	1.326	26	0.051			
Total	1.562	27				

Cuadro No. 72 Resumen de datos de fresas: firmeza

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Firmeza EN	14	22.400	1.600	0.263
Firmeza EMH	14	26.900	1.921	0.159

Cuadro No. 73 Análisis de varianza de un factor para firmeza de fresas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.723	1	0.723	3.429	0.075	4.225
Dentro de los grupos	5.484	26	0.211			
Total	6.207	27				

Cuadro No. 74 Resumen de datos de mora: distancia entre todos colores

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ΔE EN	14	63.548	4.539	6.436
ΔE EMH	14	67.257	4.804	3.970

Cuadro No. 75 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de moras

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.491	1	0.491	0.094	0.761	4.225
Dentro de los grupos	135.273	26	5.203			
Total	135.765	27				

Cuadro No. 76 Resumen de datos de mora: Grados Brix

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grados Brix EN	14	115.100	8.221	0.793
Grados Brix EMH	14	117.100	8.364	0.873

Cuadro No. 77 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de moras

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.143	1	0.143	0.172	0.682	4.225
Dentro de los grupos	21.656	26	0.833			
Total	21.799	27				

Cuadro No. 78 Resumen de datos de mora: pH

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
pH EN	14	40.090	2.864	0.059
pH EMH	14	40.250	2.875	0.154

Cuadro No. 79 Análisis de varianza de un factor para pH de moras

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.001	1	0.001	0.009	0.927	4.225
Dentro de los grupos	2.772	26	0.107			
Total	2.773	27				

Cuadro No. 80 Resumen de datos de mora: firmeza

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Firmeza EN	14	15.300	1.093	0.271
Firmeza EMH	14	16.200	1.157	0.235

Cuadro No. 81 Análisis de varianza de un factor para firmeza de moras

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.029	1	0.029	0.114	0.738	4.225
Dentro de los grupos	6.584	26	0.253			
Total	6.613	27				

Cuadro No. 82 Resumen de datos de tomate: distancia entre dos colores

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ΔE EN	8	67.902	8.488	24.964
ΔE EMH	8	95.533	11.942	104.648

Cuadro No. 83 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de tomates

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	47.715	1	47.715	0.736	0.405	4.600
Dentro de los grupos	907.286	14	64.806			
Total	955.001	15				

Cuadro No. 84 Resumen de datos de tomate: Grados Brix

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grados Brix EN	8	34.700	4.338	0.097
Grados Brix EMH	8	36.000	4.500	0.056

Cuadro No. 85 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de tomates

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.106	1	0.106	1.377	0.260	4.600
Dentro de los grupos	1.074	14	0.077			
Total	1.179	15				

Cuadro No. 86 Resumen de datos de tomate: pH

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
pH EN	8	34.020	4.253	0.050
pH EMH	8	35.340	4.418	0.002

Cuadro No. 87 Análisis de varianza de un factor para pH de tomates

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.109	1	0.109	4.164	0.061	4.600
Dentro de los grupos	0.366	14	0.026			
Total	0.475	15				

Cuadro No. 88 Resumen de datos de tomate: firmeza

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Firmeza EN	8	17.500	2.188	0.384
Firmeza EMH	8	16.225	2.028	0.314

Cuadro No. 89 Análisis de varianza de un factor para firmeza de tomates

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.102	1	0.102	0.291	0.598	4.600
Dentro de los grupos	4.886	14	0.349			
Total	4.987	15				

Cuadro No. 90 Resumen de datos de manzana: distancia entre dos colores

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ΔE EN	14	44.558	3.183	0.839
ΔE EMH	14	56.160	4.011	1.912

Cuadro No. 91 Análisis de varianza de un factor para distancia entre dos colores de manzanas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4.807	1	4.807	3.495	0.073	4.225
Dentro de los grupos	35.763	26	1.375			
Total	40.570	27				

Cuadro No. 92 Resumen de datos de manzana: Grados Brix

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grados Brix EN	14	169.000	12.071	1.742
Grados Brix EMH	14	176.900	12.636	0.927

Cuadro No. 93 Análisis de varianza de un factor para Grados Brix de manzanas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.229	1	2.229	1.670	0.208	4.225
Dentro de los grupos	34.701	26	1.335			
Total	36.930	27				

Cuadro No. 94 Resumen de datos de manzana: pH

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
pH EN	14	58.840	4.203	0.046
pH EMH	14	56.230	4.016	0.077

Cuadro No. 95 Análisis de varianza de un factor para pH de manzanas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.243	1	0.243	3.974	0.057	4.225
Dentro de los grupos	1.592	26	0.061			
Total	1.835	27				

Cuadro No. 96 Resumen de datos de manzana: firmeza (parte externa)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Firmeza af EN	14	57.200	4.086	1.204
Firmeza af EMH	14	62.200	4.443	0.789

Cuadro No. 97 Análisis de varianza de un factor para firmeza (parte externa) de manzanas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.893	1	0.893	0.896	0.353	4.225
Dentro de los grupos	25.911	26	0.997			
Total	26.804	27				

Cuadro No. 98 Resumen de datos de manzana: firmeza (parte interna)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Firmeza ad EN	14	44.200	3.157	0.169
Firmeza ad EMH	14	45.000	3.214	0.317

Cuadro No. 99 Análisis de varianza de un factor para firmeza (parte interna) de manzanas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.023	1	0.023	0.094	0.761	4.225
Dentro de los grupos	6.311	26	0.243			
Total	6.334	27				

Cuadro No. 100 Resumen de datos de huevos: cámara de aire

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
cámara de aire EN	18	411.360	22.853	16.750
cámara de aire EMH	18	402.880	22.382	39.981

Cuadro No. 101 Análisis de varianza de un factor para cámara de aire de huevos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.998	1	1.998	0.070	0.792	4.130
Dentro de los grupos	964.426	34	28.365			
Total	966.423	35				

Cuadro No. 102 Resumen de datos de huevos: peso

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Peso (g) EN	18	1204.070	66.893	4.239
Peso (g) EMH	18	1192.530	66.252	4.855

Cuadro No. 103 Análisis de varianza de un factor para peso de huevos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3.699	1	3.699	0.814	0.373	4.130
Dentro de los grupos	154.594	34	4.547			
Total	158.293	35				

Cuadro No. 104 Resumen de datos de huevos: Grados Haugh

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grados Haugh EN	18	1258.371	69.909	66.610
Grados Haugh EMH	18	1236.931	68.718	82.627

Cuadro No. 105 Análisis de varianza de un factor para Grados Haugh de huevos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12.769	1	12.769	0.171	0.682	4.130
Dentro de los grupos	2537.035	34	74.619			
Total	2549.803	35				

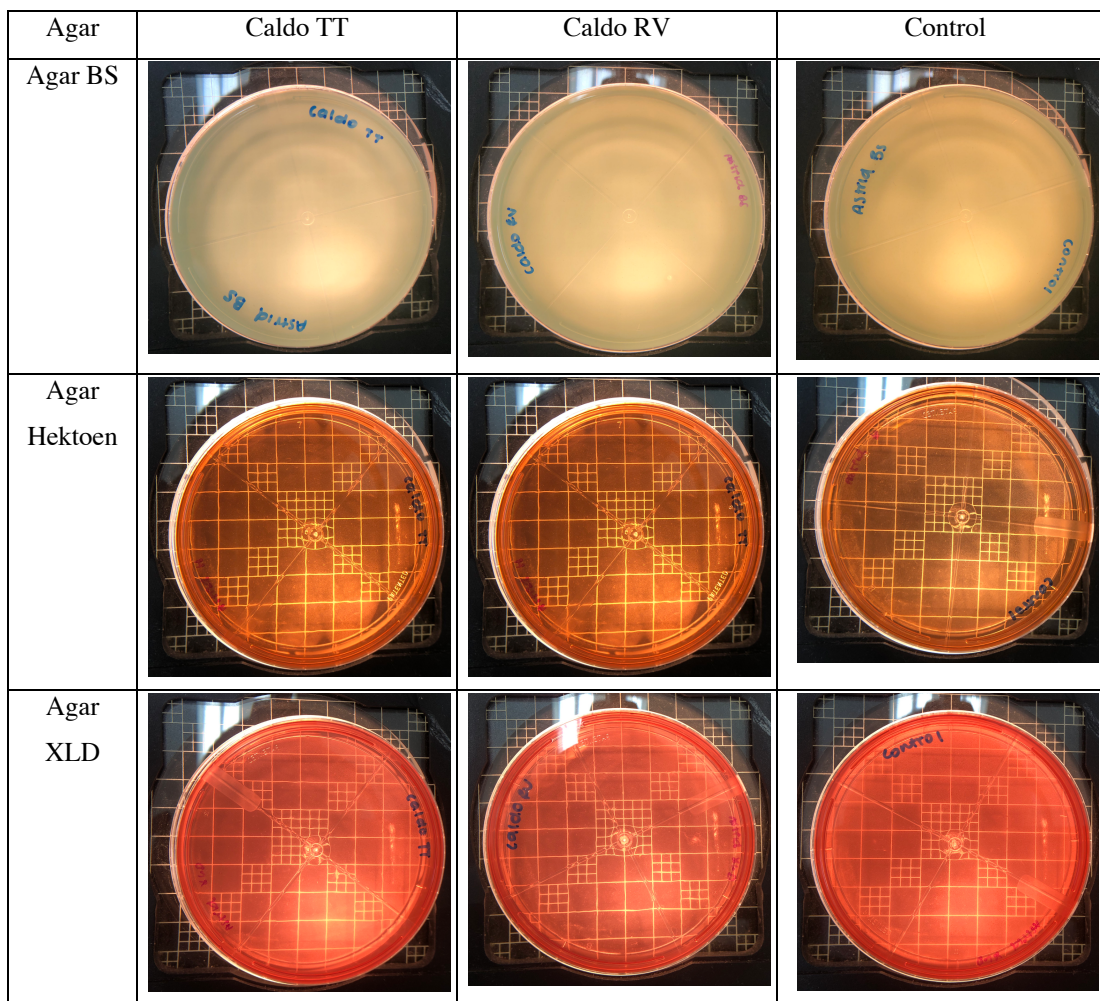
Cuadro No. 106 Resumen de datos de huevos: Índice de yema

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Índice de yema EN	18	585.852	32.547	45.872
Índice de yema EMH	18	569.547	31.641	34.524

Cuadro No. 107 Análisis de varianza de un factor para Índice de yema de huevos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7.385	1	7.385	0.184	0.671	4.130
Dentro de los grupos	1366.729	34	40.198			
Total	1374.114	35				

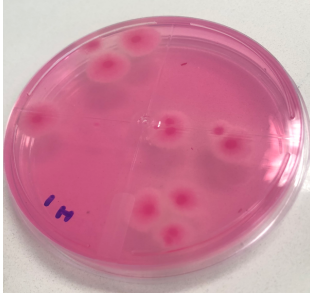
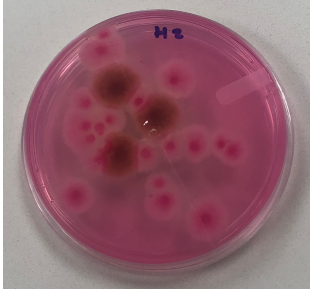
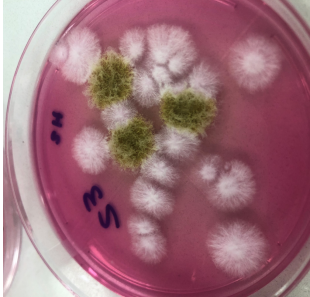
Cuadro No. 108 Imágenes de análisis microbiológico de *Salmonella sp.* a material EMH



Cuadro No. 109 Análisis de *Mohos* y *Levaduras* en EMH

Muestra	H (UFC)
1	11
2	23
3	28

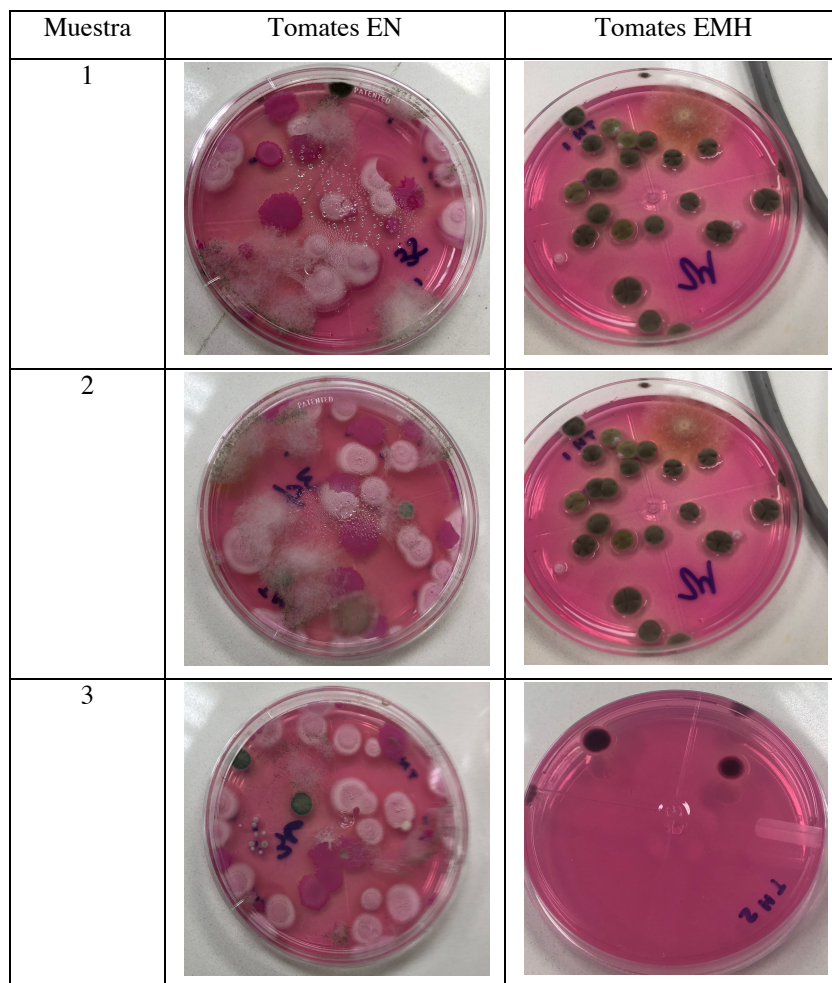
Cuadro No. 110 Imágenes de análisis microbiológico de *Mohos y levaduras a material EMH*

Muestra	EMH
1	
2	
3	

Cuadro No. 111 Análisis de *Mohos y levaduras* en tomates en ambos empaques

Muestra	EN (UFC/ fruta a 25°C por 5 días)	EMH (UFC/ fruta a 25°C por 5 días)
1	35	24
2	34	4
3	36	22

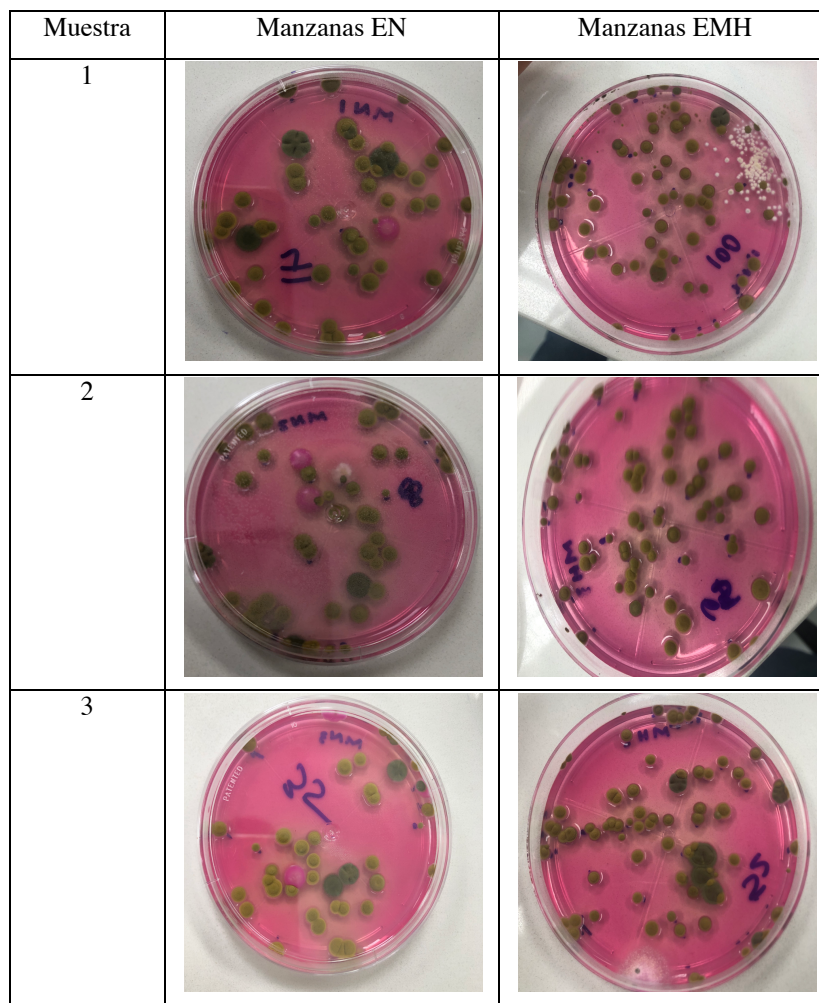
Cuadro No. 112 Imágenes de análisis de *Mohos* y *levaduras* en tomates en ambos empaques



Cuadro No. 113 Análisis de *Mohos* y *levaduras* en manzanas en ambos empaques

Muestra	EN (UFC/ fruta a 25°C por 5 días)	EMH (UFC/ fruta a 25°C por 5 días)
1	41	57
2	48	52
3	35	65

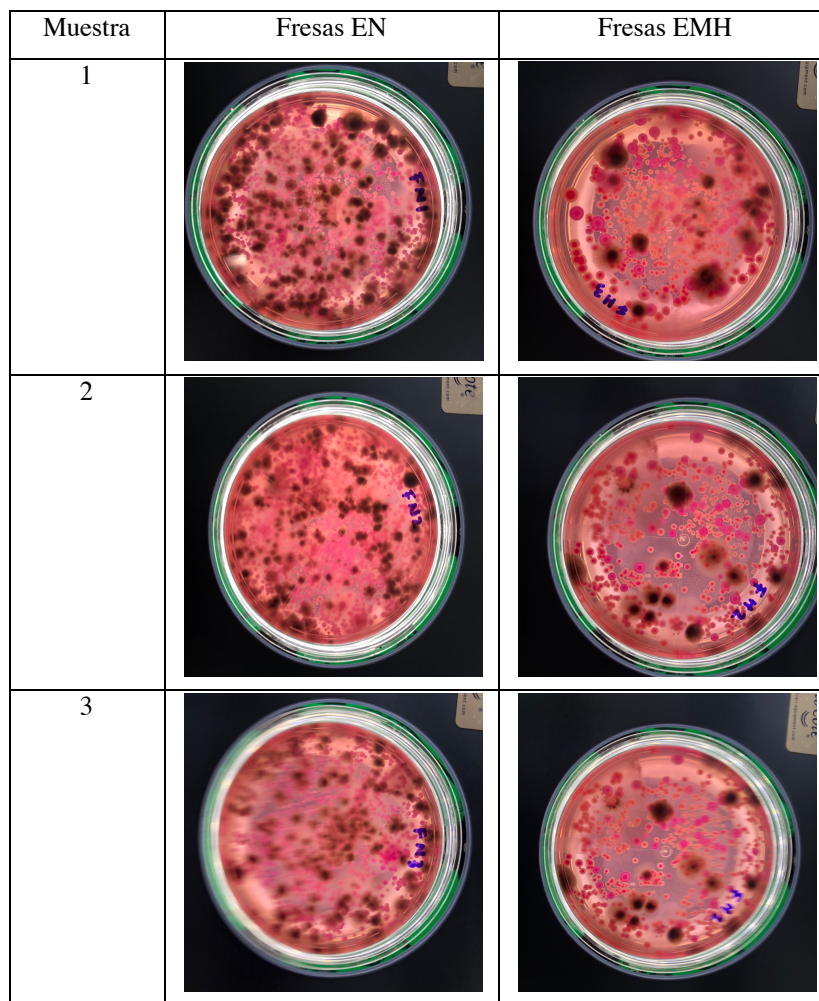
Cuadro No. 114 Imágenes de análisis de *Mohos* y *levaduras* en manzanas en ambos empaques



Cuadro No. 115 Análisis de *Mohos* y *levaduras* en fresas en ambos empaques

Muestra	EN (UFC/ 25g a 25°C por 5 días)	EMH (UFC/ 25g a 25°C por 5 días)
1	> 300	> 300
2	> 300	> 300
3	> 300	> 300

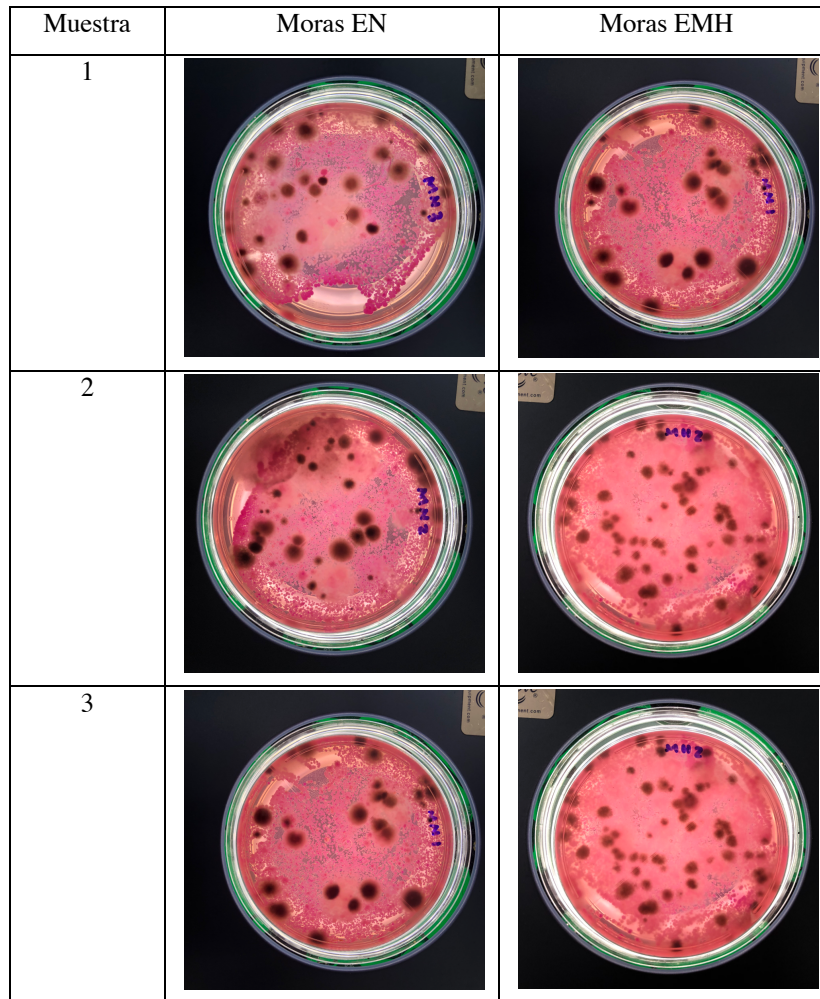
Cuadro No. 116 Imágenes de análisis de *Mohos y levaduras* en fresas en ambos empaques



Cuadro No. 117 Análisis de *Mohos y levaduras* en moras en ambos empaques

Muestra	EN (UFC/ 25g a 25°C por 5 días)	EMH (UFC/ 25g a 25°C por 5 días)
1	> 300	> 300
2	> 300	> 300
3	> 300	> 300

Cuadro No. 118 Imágenes de análisis de *Mohos* y *levaduras* en moras en ambos empaques



Cuadro No. 119 Materiales necesarios para activar el micelio de hongo

Ingrediente	Cantidad (g)	Costo (Q)
Material GIY Mushroom (Seco)	453.6	3.07
Harina de trigo	32	0.75
Agua	700	0.59
Total por 1lb de material seco		Q 4.41

Cálculo No. 1 Costo de bandeja EMH

1 lb seca de material GIY Mushroom tiene un costo de \$ 0.4 a escala de producción completa.

Tomando en cuenta que \$ 1.00 son Q 7.70 [Consultado el 12 de septiembre 2019]

\$ 0.40 equivale a Q 3.08

1 lb seca (453.6 g) de material GIY Mushroom equivale aproximadamente a 1266.20 g de GIY Mushroom húmedo luego de 7 días de activación del micelio.

Para producir una bandeja se utilizan 90 g de material GIY Mushroom húmedo. Por lo que:

$$\frac{1266.20 \text{ g}}{90 \text{ g}} \approx 14 \text{ bandejas}$$

Por lo que el costo de una bandeja se obtuvo de la siguiente manera:

$$\frac{Q 4.41 \text{ por } 1 \text{ lb de material seco}}{14 \text{ bandejas / por } 1 \text{ lb de material seco}} = Q 0.32 \text{ por bandeja}$$

Cuadro No. 120 Comparación de precios de bandejas similares en el mercado

Empresa	Material de Empaque	Costo Unitario (Q)
Plastihogar	Poliestireno expandido	0.22
Distribuidora Alcance	Poliestireno expandido	0.25
Desscasa	Biodegradable	1.43
Classika	Biodegradable	3.63
Grupo Brocal	Biodegradable	1.10

Cálculo No. 2 Costo de empaque para huevos EMH

1 lb seca de material GIY Mushroom tiene un costo de \$ 0.4 a escala de producción completa.

Tomando en cuenta que \$ 1.00 son Q 7.70 [Consultado el 12 de septiembre 2019]

\$ 0.40 equivale a Q 3.08

1 lb seca (453.6 g) de material GIY Mushroom equivale aproximadamente a 1266.20 g de GIY Mushroom húmedo luego de 7 días de activación del micelio.

Para producir un empaque de huevos se utilizan 210 g de material GIY Mushroom húmedo. Por lo que:

$$\frac{1266.20 \text{ g}}{210 \text{ g}} \approx 6 \text{ bandejas}$$

Por lo que el costo de una bandeja se obtuvo de la siguiente manera:

$$\frac{Q 4.41 \text{ por } 1 \text{ lb de material seco}}{6 \text{ bandejas / por } 1 \text{ lb de material seco}} = Q 0.74 \text{ por bandeja}$$

Cuadro No. 121 Comparación de precios de empaques similares de 15 huevos en el mercado

Empresa	Material de empaque	Costo Unitario (Q)
GracoPack	Plástico	1.43
GUAMOLSA	Cartón	0.72

Figura No. 14 Guía Grupo Focal 1: Personas 35+ años que realizan compras en su casa

GUÍA DISCUSIÓN CON GRUPO FOCAL 1

1. Participantes

Adultos mayores de 35 años que realizan las compras en su casa pues tiene el poder adquisitivo actualmente.

2. Introducción

Les cuento un poco sobre el porqué de este grupo focal. Mi tesis consiste en desarrollar un empaque biodegradable a base de hongos como sustituto de empaques de duroport. Para esto necesito saber la opinión del consumidor actual.

3. Guía de preguntas

Preguntas generales

1. ¿Han comprado productos en bandeja de duroport? como: manzanas, tomates.
2. ¿Ha oído hablar de empaques biodegradables?
3. ¿Ha visto/utilizado empaques biodegradables?
4. ¿Ha comprado empaques biodegradables? ¿Compraría?
5. ¿Por qué motivos compraría empaques biodegradables?
6. ¿Pagaría más por empaques biodegradables? ¿Cuánto más? (Ej. manzanas en bandeja – rangos de precio)
7. ¿Cuándo compran una bandeja qué atributos observan? ¿Por qué compran algo en bandeja?

- PRESENTACIÓN DE EMPAQUE -

Atributos de apariencia general

1. ¿Qué piensa de la bandeja?
2. ¿Le agrada su apariencia o no?

Atributos como empaque

1. ¿Qué piensa de la bandeja como empaque de *producto*?
2. ¿Llamaría su atención ver *producto* en un empaque como este?
3. ¿Le agrada?
4. ¿Lo compraría? ¿Lo compraría si tuviera un mayor costo por Q1-2 de *producto* en bandeja de duroport/plástico?
5. ¿Qué productos le gustaría ver en empaques como este?

Figura No. 15 Guía Grupo Focal 2: Personas 18-25 años que tendrán el poder adquisitivo en el futuro

GUÍA DISCUSIÓN CON GRUPO FOCAL 2

1. Participantes
Estudiantes entre 18-25 años que aun no realizan las compras en su casa, pero tendrán el poder adquisitivo en el futuro
2. Introducción
Les cuento un poco sobre el porqué de este grupo focal. Mi tesis consiste en desarrollar un empaque biodegradable a base de hongos como sustituto de empaques de duroport. Para esto necesito saber la opinión del futuro consumidor.

3. Guía de preguntas

Preguntas generales

1. ¿Han comprado productos en bandeja de duroport? como: manzanas, tomates.
2. ¿Ha oído hablar de empaques biodegradables?
3. ¿Ha visto/utilizado empaques biodegradables?
4. ¿Ha comprado empaques biodegradables? ¿Compraría?
5. ¿Por qué motivos compraría empaques biodegradables?
6. ¿Pagaría más por empaques biodegradables? ¿Cuánto más? (Ej. manzanas en bandeja – rangos de precio)
7. ¿Cuándo compran una bandeja qué atributos observan? ¿Por qué compran algo en bandeja?

- PRESENTACIÓN DE EMPAQUE -

Atributos de apariencia general

1. ¿Qué piensa de la bandeja?
2. ¿Le agrada su apariencia o no?

Atributos como empaque

1. ¿Qué piensa de la bandeja como empaque de *producto*?
2. ¿Llamaría su atención ver *producto* en un empaque como este?
3. ¿Le agrada?
4. ¿Lo compraría? ¿Lo compraría si tuviera un mayor costo por Q1-2 de *producto* en bandeja de duroport/plástico?
5. ¿Qué productos le gustaría ver en empaques como este?