

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización de la leche de soya

Se elaboró la leche de soya con el equipo soymilk machine, y se le hicieron análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados que se obtuvieron se encuentran en la tabla 18, en donde se observa que la carga microbiana es reducida, la presencia de mesófilos aerobios, coliformes, mohos y levaduras se encuentra considerablemente baja.

En cuanto a la composición química y propiedades fisicoquímicas de la leche de soya, según lo reportado en la literatura se observa que este alimento tiene un contenido de sólidos de aproximadamente 6 a 8%, aunque éste puede variar entre las distintas cargas como el realizado experimentalmente en el laboratorio. En estas condiciones, la leche de soya tiene por lo general un pH de 6.4 a 6.6, el cual es el rango recomendado para la extracción de la proteína.

Tabla 19. Carga microbiana presente en leche de soya

Microorganismos	N(UFC/ml)
mesófilos aerobios	1.60E+04
coliformes totales	1.00E+03
mohos y levaduras	1.00E+03

La grasa contenida en leche de soya, se homogeniza debido al rompimiento de los glóbulos de grasa durante el proceso. Sin embargo no se tienen estudios que especifiquen los cambios precisos ocasionados por las enzimas presentes en leche de soya, la reducción de ácidos grasos provocada por las enzimas, sería una de las

razones por las que el contenido de grasa en leche de soya varia una cantidad menor con respecto a las otras leches.

En cuanto al cambio neto de color, se observa un aumento aproximadamente de una unidad decimal, el color obtenido en leche de soya es más claro. La leche de soya contiene variaciones en los parámetros *a* y *b* y que se reflejan en el color final de la leche.

Con respecto a los resultados de composición química y propiedades fisicoquímicas en leche comercial, se observa que al compararlos con la leche elaborada experimentalmente, se presenta una diferencia debido a que la marca comercial contiene además de agua y grano de soya, otros ingredientes como: espesantes, aceite, sal, saborizantes y gomas.

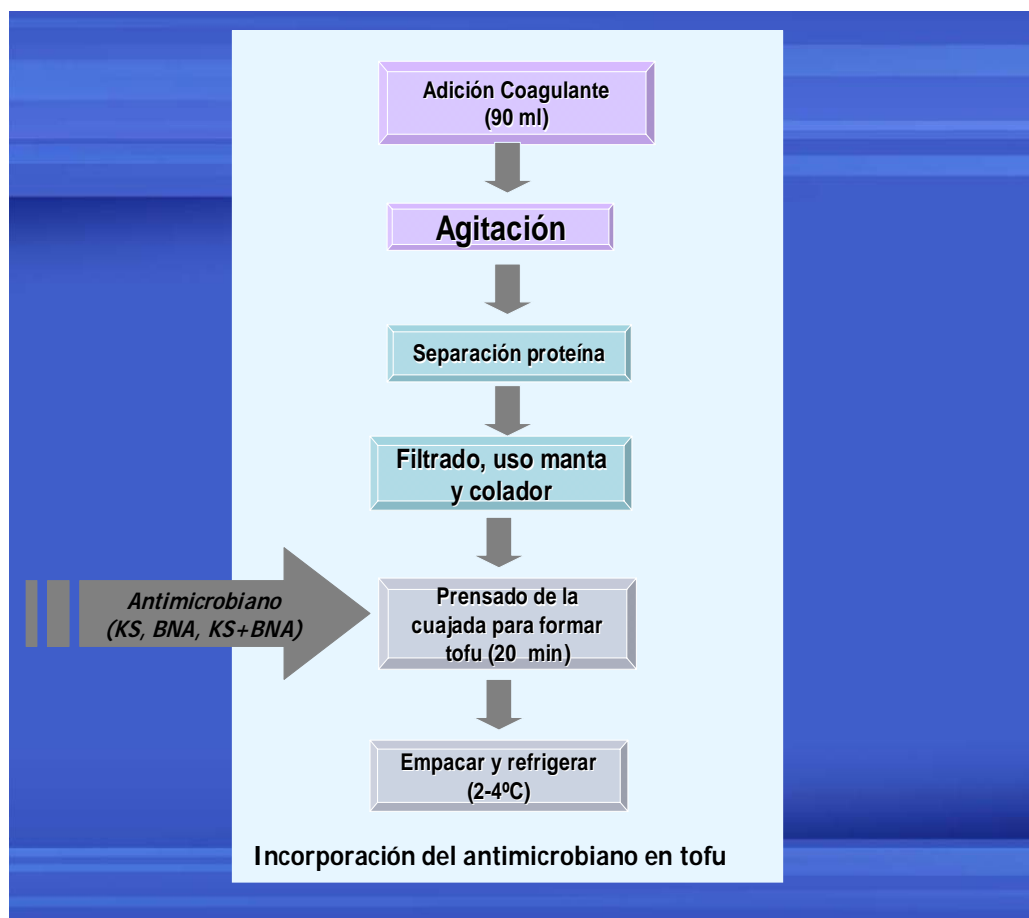
Tabla 20. Propiedades fisicoquímicas de la leche de soya

pH	6.04
°Bx	2.3
Color	L= 5.43
	a= 3.0
	b= -4.5
Proteína	3.78%
Grasa	1.82%
Cenizas (bh)	0.86%

6.2 Adición del antimicrobiano en tofu

Durante el proceso de elaboración del tofu, el cual ya se había especificado anteriormente, en el paso del prensado de la cuajada para formar tofu por un tiempo de 20 min aproximadamente, se le añaden las respectivas concentraciones de antimicrobianos sorbato de potasio (KS), benzoato de sodio (BNA) y la mezcla de sorbato de potasio y benzoato de sodio (KS+ BNA), para posteriormente hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos de cada uno, respectivamente.

Figura 16. Incorporación del antimicrobiano en tofu



6.3 Análisis del tofu

6.3.1 Evaluación de composición química y propiedades fisicoquímicas del tofu

Se elaboraron 6 sistemas de acuerdo al método descrito en el apartado de materiales y métodos, donde cinco sistemas se evaluaron a diferentes concentraciones con antimicrobiano y uno sin antimicrobiano, siendo el control.

A cada uno de los sistemas se les realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos respectivamente.

Para la muestra control (sin antimicrobiano), se obtuvieron los siguientes resultados en el día cero:

Tabla 21. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el sistema control

Sistema	Parámetro	Resultado
<u>Control</u>	pH	4.30
	Color	L= 23.88
		a= -0.36
		b= .054
	Textura	4.56 Newtons
	Humedad	75.67%
	Grasa (bh)	4.52%
	Proteína (bh)	13.40%
	Cenizas (bh)	0.63%
	Análisis microbiológico	Mesófilos aerobios →
Coliformes →		1.10E+02 UFC/g
Mohos y levaduras →		1.10E+03 UFC/g

En la tabla anterior de resultados, en lo que respecta al porcentaje de humedad obtenido se observa que se encuentra una unidad por arriba del reportado en la literatura, esto se debe al tiempo de prensado y a que no se sumergió en agua después de su elaboración, ya que ésta etapa ayuda a reducir el suero restándole y a obtener una humedad más baja.

Se observa que el contenido de grasa, no es comparable con el reportado en la literatura, cuyo valor es de 8.72%. En cuanto al tofu elaborado, la diferencia se debe a que se utilizó leche de soya con un contenido bajo en grasa.

De acuerdo a los datos reportados por Braverman V, 2004, el tofu elaborado se clasifica como firme, debido a que el porcentaje de proteína esta en el rango de 13.23-16.59 y el rendimiento es de 1 a 2 veces el peso del grano.

Con respecto al efecto producido por el agente coagulante utilizado, se observa que con el ácido acético se obtiene un pH menor que con el cloruro de magnesio y calcio. En el caso de ser utilizados los cloruros, se observa que el porcentaje de cenizas es alto comparado con los sistemas que contienen ácido acético que reportan porcentajes significativamente bajos, esta diferencia se debe a que a diferencia del ácido acético, el magnesio y calcio, además de propiciar la precipitación de la proteína aportan minerales al tofu.

En el cambio neto de color de los sistemas elaborados, se observa una diferencia significativa debido al tipo de agente coagulante que se utilizó en su elaboración. También se observa que al usar ácido acético, presenta un color más claro comparado con otros agentes coagulantes.

Posteriormente se analizaron, los cinco sistemas a los que se les incorporó el antimicrobiano (sorbato de potasio, benzoato de sodio y su mezcla), a diferentes concentraciones cada uno, fueron evaluados durante el almacenamiento del tofu por 60 días, siendo monitoreados cada 5 días a una temperatura de refrigeración de 2°C. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos de cada uno de ellos, donde se hicieron mediciones de: pH, textura, humedad, color, así como análisis microbiológicos (mesófilos aerobios, mohos/levaduras y coliformes).

6.3.2 Análisis fisicoquímicos

1) La evolución del pH en los diferentes sistemas de tofu elaborados durante 60 días de almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 22 y en la figura 17 (Apéndice B).

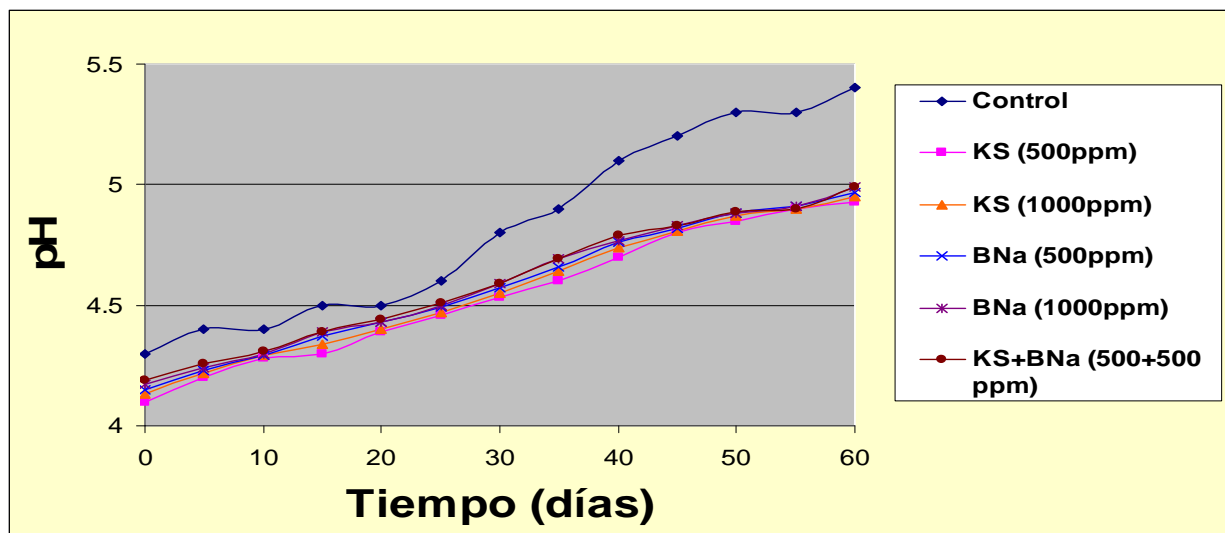


Figura 17. Evolución de pH para los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C.

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el pH de los sistemas con antimicrobianos aumentan ligeramente (sólo 1 unidad), después de 60 días de almacenamiento, similar al sistema control. Debido al agente coagulante utilizado, se observa que el ácido acético se genera un pH ligeramente menor, de 4.3 a 4.15 respecto al control.

Cabe señalar que los análisis de pH se evaluaron por duplicado, es decir que se formularon otros 6 sistemas (con las mismas formulaciones) y se analizaron durante 35 días a 2°C, siendo monitoreada cada 7 días.

La evolución del pH en los diferentes sistemas de tofu elaborados durante 35 días de almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 23 y en la figura 18 (Apéndice B).

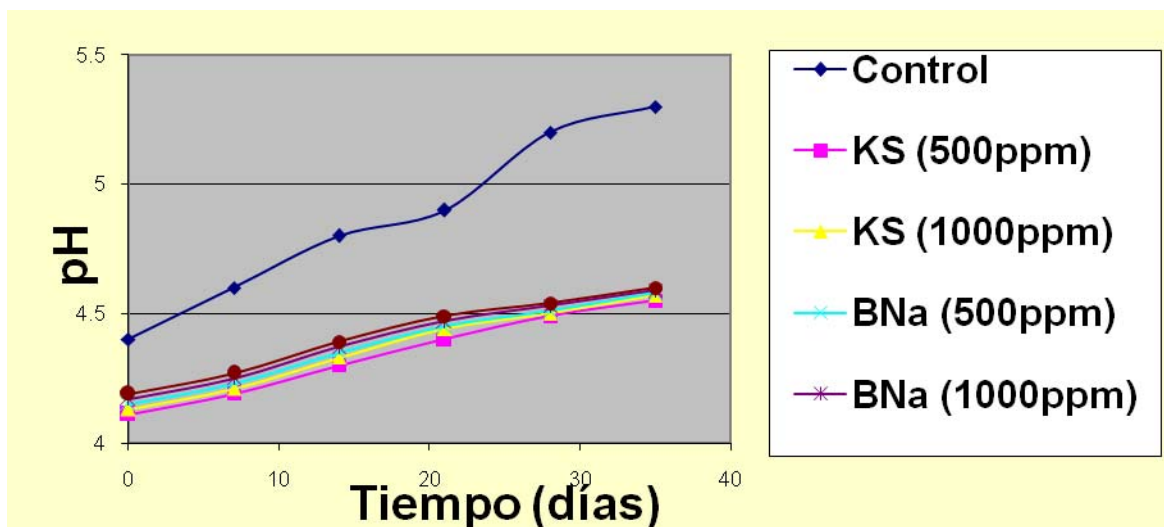


Figura 18. Evolución de pH para los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C.

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

En la segunda replica realizada, con respecto al efecto producido por el agente coagulante utilizado, se observa que con el ácido acético nuevamente se obtiene un pH menor comparado con otro tipo de agentes coagulantes utilizados para tofus comerciales. Los sistemas que contienen antimicrobiano, comparado con la muestra control (sin antimicrobiano), muestran un pH bajo durante los 35 días que fueron monitoreadas las muestras. La tendencia se observa con un leve aumento constante, con un cambio de menos de 0.5 mientras que la muestra control, mostró un cambio en pH de 1 unidad en dicho período de tiempo.

2) Los resultados de los cambios en textura de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 24 y en la figura 19 (Apéndice B).

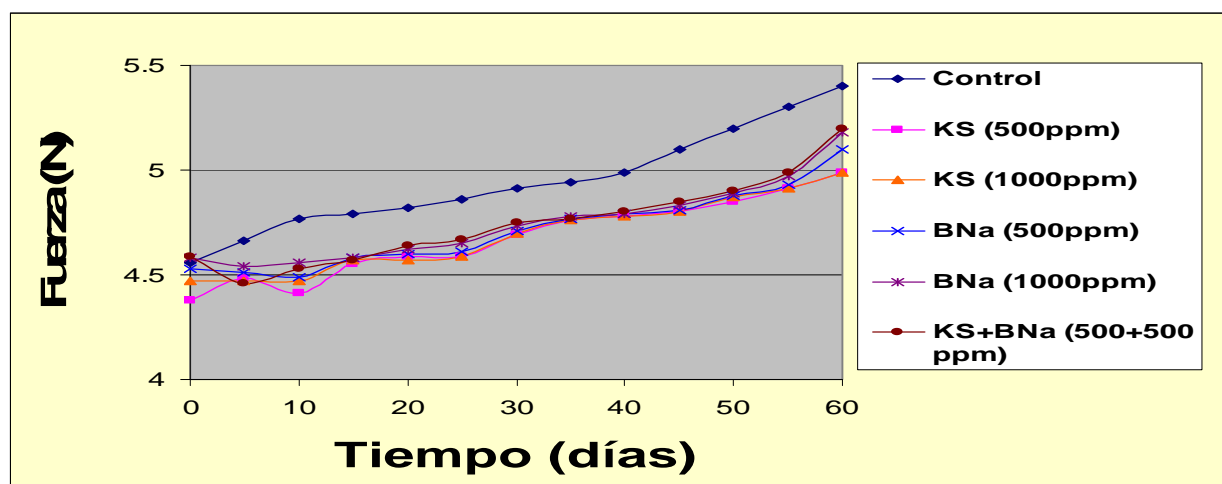


Figura 19. Evolución de la textura en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se muestra que el sistema control tiene un aumento constante en la fuerza necesaria para deformarlo. Una mayor fuerza requerida para deformar la muestra se traduce como una estructura más firme, también se observa que el resto de los sistemas con antimicrobianos siguen el mismo comportamiento. Se observa claramente en el comportamiento de los sistemas que éstos pierden agua y como resultado ganan firmeza.

3) Los resultados de los cambios en humedad de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 25 y en la figura 20 (Apéndice B).

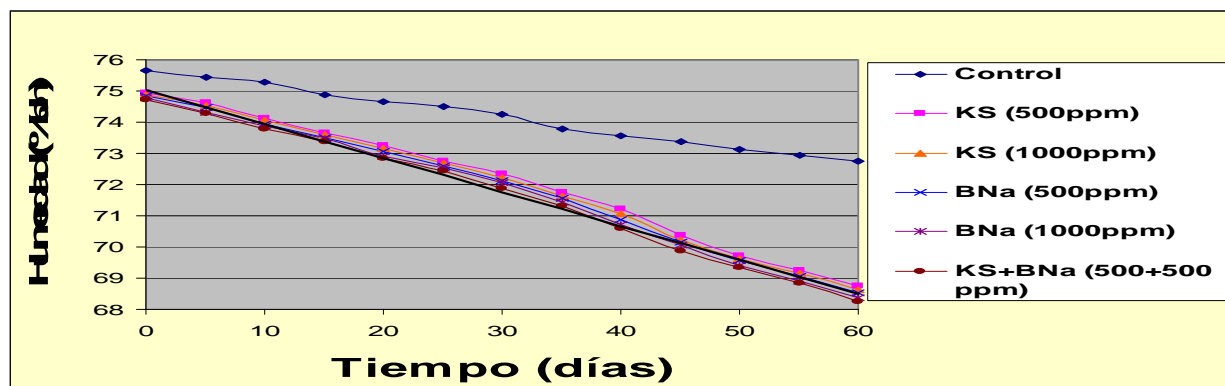


Figura 20. Evolución de humedad para los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNA= Benzoato de sodio.

En lo que respecta al porcentaje de humedad obtenido en los sistemas de tofu elaborados, se observa que los sistemas con antimicrobianos, pierden mayor cantidad de humedad con respecto a la muestra control.

El tiempo de prensado es fundamental para la determinación de humedad ya que ésta etapa ayuda a reducir el suero restante y a obtener una humedad más baja.

- 4) Los resultados de los cambios en color de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 26 y en la figura 21 (Apéndice B).

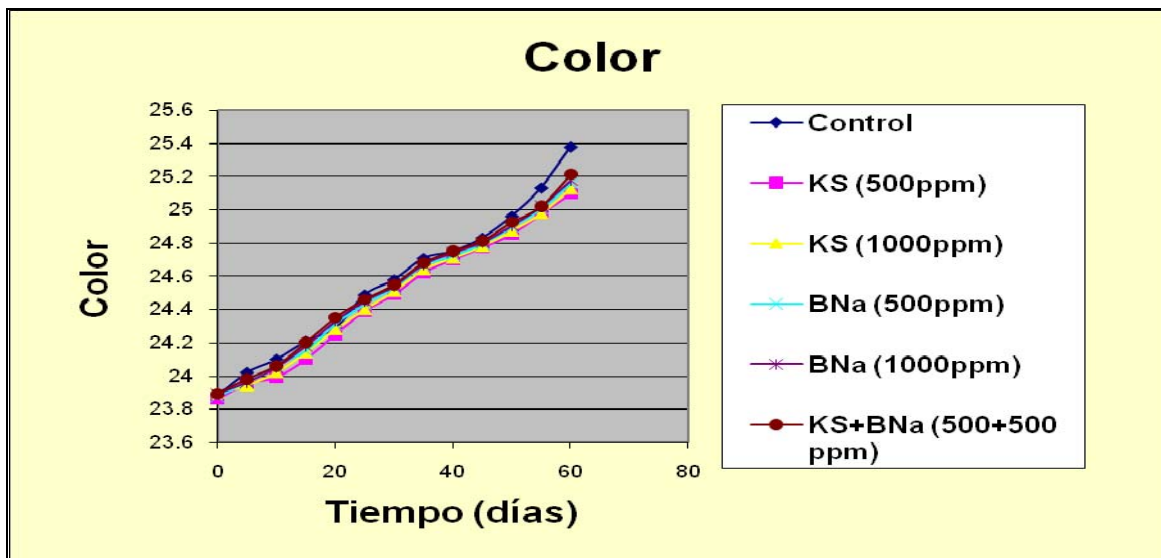


Figura 21. Determinación de color para los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

En el cambio neto de color de los sistemas elaborados, se observa una diferencia significativa debido los tipos de antimicrobianos usados y el agente coagulante que se utilizó en su elaboración. También se observa que los sistemas con ácido acético, presentan un color más claro comparado con aquellos que usan otros agentes coagulantes.

6.3.3 Análisis microbiológicos

- 1) Los resultados de los cambios en mesófilos aerobios de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 27 y en la figura 22 (Apéndice B).

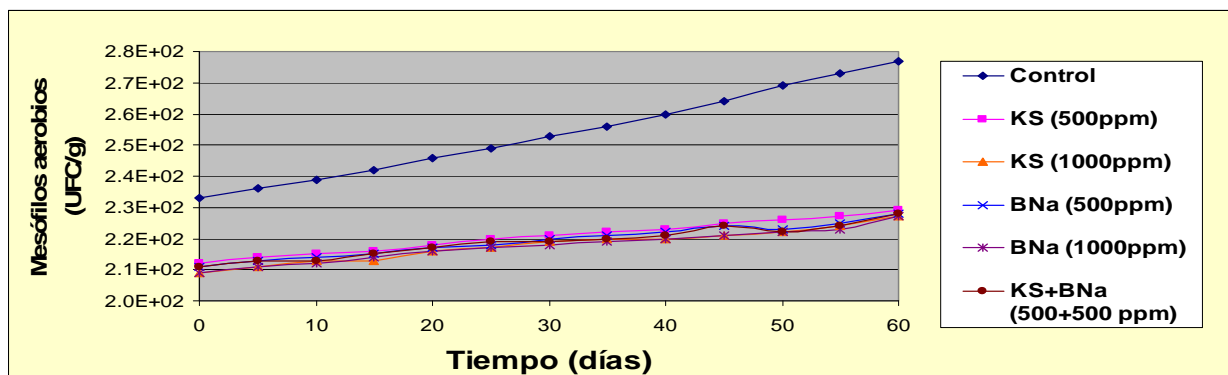


Figura 22. Análisis de mesófilos aerobios (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

- 2) Los resultados de los cambios en coliformes totales de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 28 y en la figura 23 (Apéndice B).

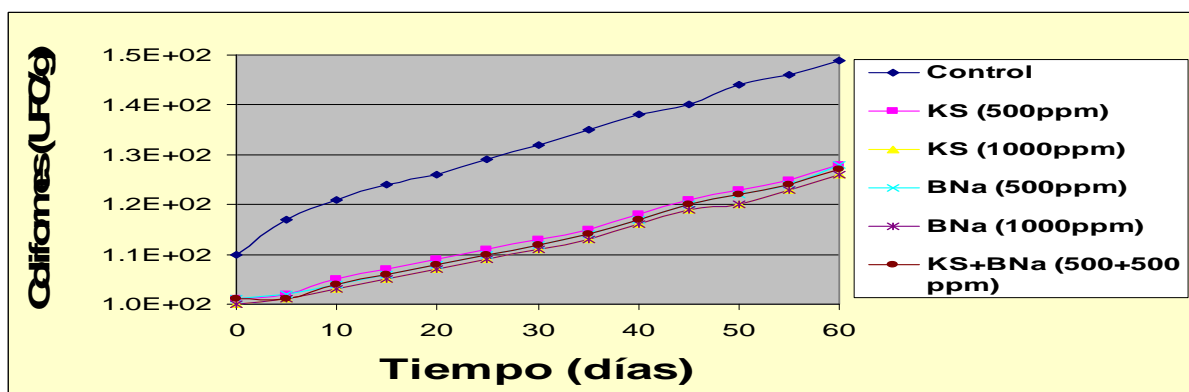


Figura 23. Análisis de coliformes totales (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

- 3) Los resultados de los cambios en mohos y levaduras de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 29 y en la figura 24 (Apéndice B).

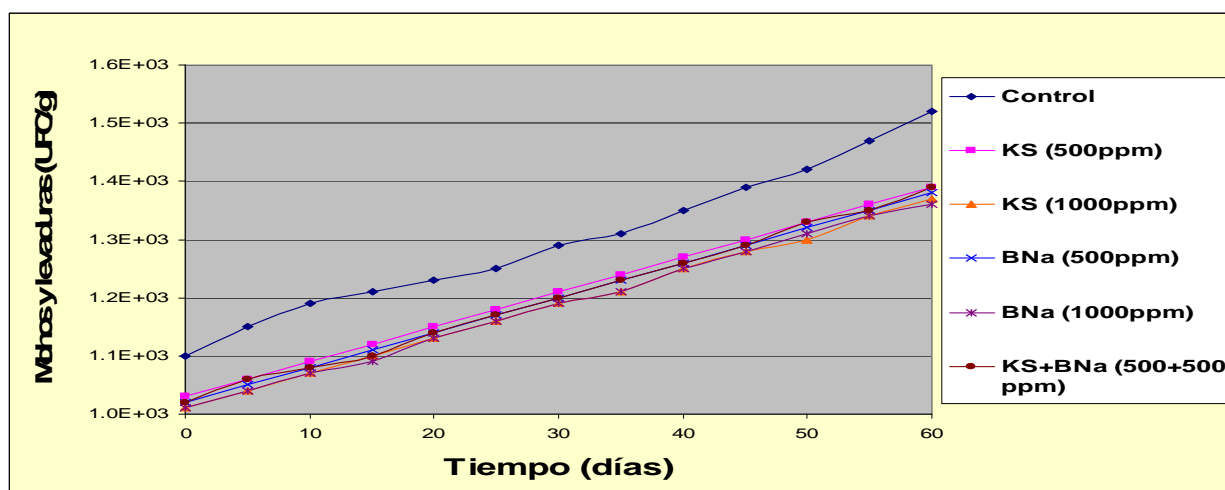


Figura 24. Análisis de mohos y levaduras (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

Los mesófilos aerobios, coliformes totales y mohos y levaduras, presentes en los sistemas de tofu elaborados con antimicrobianos se redujeron de manera notoria al aplicarles el antimicrobiano a diferentes concentraciones. Los sistemas que contenían concentraciones de 1000 ppm y la mezcla de éstos, resultaron más efectivos para la disminución de la carga microbiana, a diferencia de aquéllos que contenían 500 ppm. En cuanto a mohos y levaduras, los resultados obtenidos se encuentran por arriba de los límites reportados, para el sistema control (González, 2001).

También se observa que el ácido acético tiene la ventaja de que el pH de la cuajada es menor a 6, esto es importante, ya que se ha demostrado que la mayor parte de los microorganismos se multiplican mejor a valores de pH próximos a 7, por lo que

estos sistemas de tofu que contienen este agente coagulante presenta menos microorganismos que aquéllos que utilizan cloruros como agente coagulante, como en el caso de los tofus comerciales.

Es importante mencionar y tomar en cuenta, que las etapas de mayor cuidado para evitar una contaminación en el tofu durante su elaboración, son las etapas de filtrado y prensado, pues son en éstas en donde se tiene contacto físico con el producto.

Cabe señalar que los análisis microbiológicos se evaluaron por duplicado, es decir que se formularon otros 6 sistemas (con las mismas formulaciones) y se analizaron durante 35 días a 2°C, siendo monitoreada cada 7 días.

Los resultados de los cambios en mesófilos aerobios de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 30 y en la figura 25 (Apéndice B).

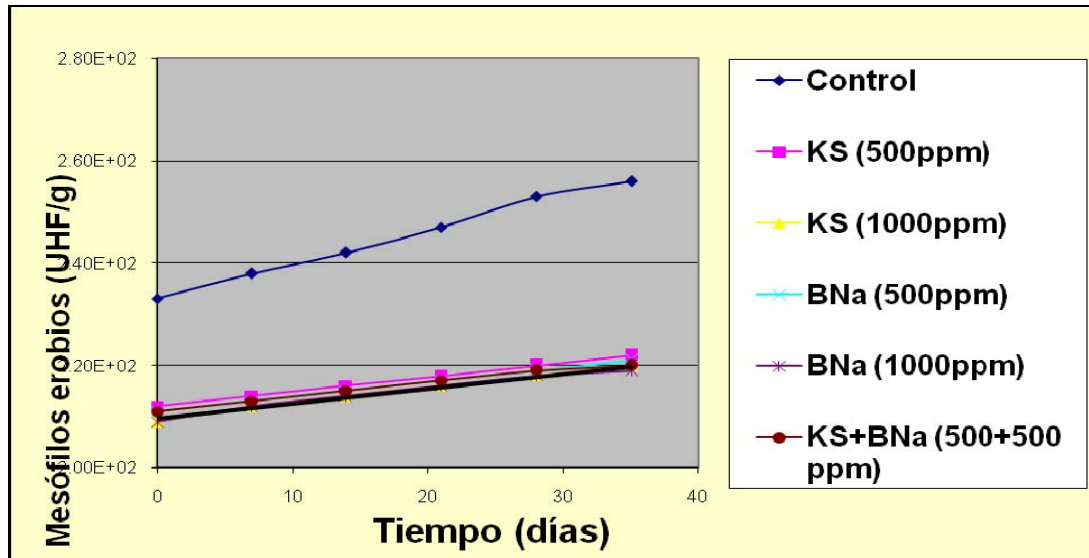


Figura 25. Análisis de mesófilos aerobios (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

Los resultados de los cambios en coliformes de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 29 y en la figura 31 (Apéndice B).

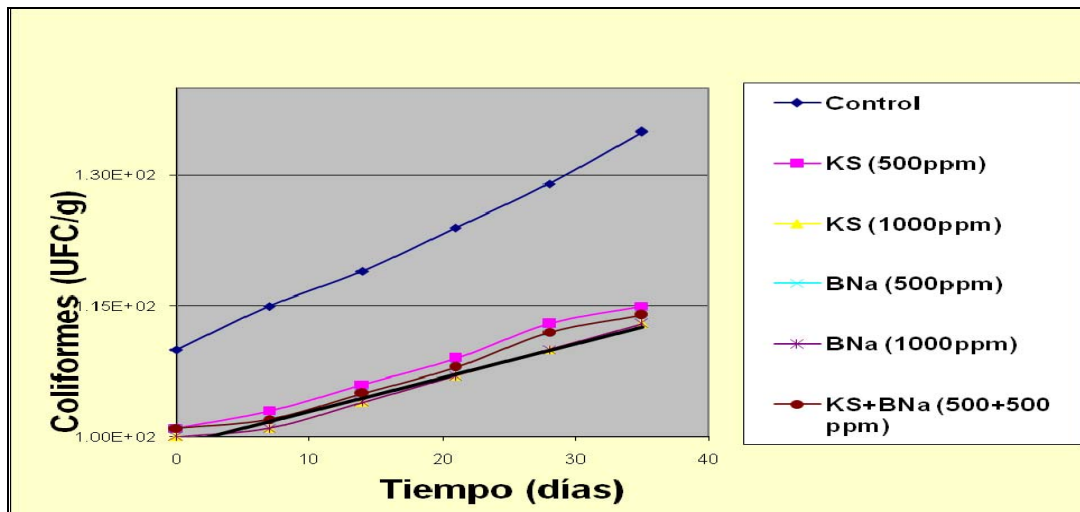


Figura 26. Análisis de coliformes (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNa= Benzoato de sodio.

Los resultados de los cambios en mohos y levaduras de los sistemas de tofu elaborados durante su almacenamiento a 2°C, se muestran en la tabla 32 y en la figura 27 (Apéndice B).

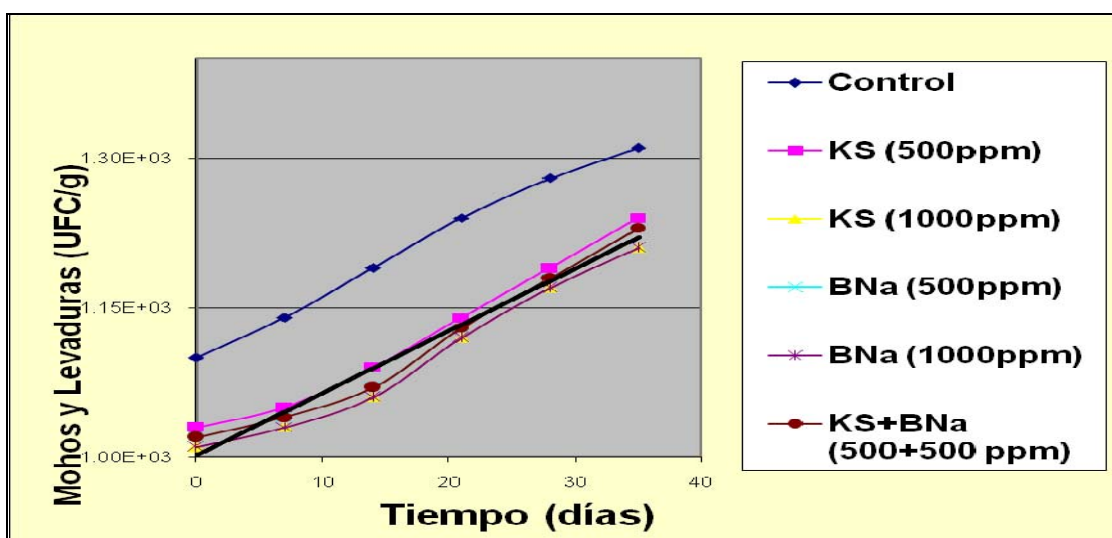


Figura 27. Análisis de mohos y levaduras (UFC/g) en los sistemas de tofu durante el almacenamiento a 2°C

NOTA: KS= Sorbato de potasio, BNA= Benzoato de sodio.

El recuento microbiológico realizado en la segunda réplica muestra que los estándares microbiológicos en cuanto a mesófilos aerobios presentes en los sistemas de tofu elaborados con antimicrobiano, comparado con la muestra control (sin antimicrobiano), se encuentran por debajo de lo reportado. En cuanto a coliformes, mohos y levaduras, los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los parámetros reportados en la literatura, lo que significa que el uso de los antimicrobianos es efectivo para el control microbiano y reduce el crecimiento de éstos, comparado con la muestra que no contiene antimicrobiano y que presenta mayor crecimiento microbiano.

También se observa que el ácido acético, como agente coagulante utilizado tiene la ventaja de que el pH de la cuajada es menor a 6, esto es importante, ya que se ha demostrado que la mayor parte de los microorganismos se multiplican mejor a valores de pH próximos a 7, por lo que los sistemas de tofu elaborados, presentan menos microorganismos.

Es importante mencionar y tomar en cuenta, que las etapas de mayor cuidado para evitar una contaminación en el tofu durante su elaboración, son las etapas de filtrado y prensado, pues son en éstas en donde se tiene contacto físico con el producto.

6.4 Evaluación sensorial del tofu

Una vez que se realizó el análisis microbiológico, se decidió realizar una prueba sensorial de tipo hedónica con escala estructurada (1-9 puntos), siendo 1 la puntuación para la designación “me disgusta muchísimo” y 9 para “me gusta muchísimo”. Se aplicaron las pruebas a 20 jueces no entrenados evaluando los siguientes atributos: sabor, color, textura y aceptabilidad general, para los seis sistemas de tofu elaborados, las calificaciones se reportan en la tabla 33.

Tabla 33. Puntuaciones de la prueba sensorial en escala hedónica de 9 puntos para los diferentes tofus.

Atributo	Control	KS 500 ppm	KS 1000 ppm	BNA 500 ppm	BNA 1000 ppm	KS+BNA (500+500) ppm
Color	4.35, +/-2.0	5.25, +/-1.74	5.10, +/- 2.35	5.00, +/- 1.83	5.60, +/- 2.23	5.70, +/- 1.97
Textura	4.40, +/- 1.93	5.05, +/- 1.57	4.75, +/- 1.51	4.85, +/- 1.66	5.00, +/- 2.02	5.70, +/- 1.97
Sabor	4.25, +/- 2.07	4.90, +/- 2.04	4.75, +/- 1.51	4.55, +/- 1.82	5.00, +/- 2.12	5.55, +/- 1.98
Aceptabilidad general	5.50, +/- 2.13	5.35, +/- 1.59	5.65, +/- 1.75	5.65, +/- 1.42	5.35, +/- 0.87	5.70, +/- 1.97

Se evaluaron 4 atributos: color, sabor, textura y aceptabilidad general, donde en general se obtuvieron puntuaciones entre 5 “no me gusta, ni me disgusta” y 6 “me

gusta poco”, posteriormente se realizó un ANOVA (Minitab versión 15, 2006) para cada atributo, donde se detectó que no hay diferencia significativa (<5%) entre las diferentes formulaciones.

6.5 Formulación entre el tofu comercial con el elaborado

Comparando el tofu elaborado, con el tofu comercial, se observa que difieren desde los ingredientes utilizados y por lo tanto, su composición química de cada uno de ellos.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los ingredientes utilizados en el tofu elaborado y un tofu comercial, así como las diferencias que presentan cada uno de ellos respectivamente.

Tabla 34. Formulación del tofu elaborado y el comercial

INGREDIENTES	
TOFU ELABORADO	TOFU COMERCIAL
Frijol de soya "Glycine max"	Frijol de soya
Agua	Agua
Agente coagulante: / Acido acético	Agente coagulante: / Cloruro de calcio
Sal yodatada	Gluconolactona
Antimicrobiano / (O, KS, BNa, KS+BNa)	----- ---
----- ----	Proteína aislada de soya

Tabla 35. Diferencias entre el tofu elaborado con el comercial

DIFERENCIAS	
TOFU ELABORADO (Control)	TOFU COMERCIAL (INAMEX)
Agente coagulante utilizado: ácido acético	Agente coagulante utilizado: cloruro de calcio
Contenido de grasa bajo: 4.52%	Contenido de grasa alto: 8.72%
Tofu firme: contenido de proteína de 13.40%	Tofu firme: contenido de proteína de 6%
pH: 4.30	pH: 6.53
Porcentaje de cenizas bajo: 0.63%	Porcentaje de cenizas alto: 0.77%
Carga microbiana inicial Mesófilos aerobios / 2.33E+02 Coliformes / 1.10E+03	Carga microbiana inicial Mesófilos aerobios / 5.20E+02 Coliformes / 1.20E+03

NOTA: La vida de anaquel del producto comercial es de 30 días, mientras que para el tofu control elaborado después de 60 días en almacenamiento bajo condiciones de refrigeración, la carga microbiana es menor a 5.20E+02.



Figura 28. Tofu comercial





Figura 29. Sistemas por duplicado de tofu elaborado