VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Viabilidad de los microorganismos

La técnica de encapsulación no presento ningún efecto sobre la viabilidad de los microorganismos, no se redujo el recuento inicial de lactobacilos en la mezcla después del proceso de encapsulación. En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla VIII. Efecto sobre la viabilidad del microorganismo durante el proceso de encapsulación utilizando jugo de manzana como medio de suspensión

	Recuento de células viables (Log UFC/g)			
	L. plantarum	*L. acidophilus*	*L. casei*	*L. reuteri*
Antes de encapsular	8.61 ± 0.32	8.94 ± 0.33	8.97 ± 0.55	8.83 ± 0.31
Después de encapsular	8.60 ± 0.46	8.73 ± 0.18	8.68 ± 0.30	8.71 ± 0.23

Se elaboraron diferentes medios para la encapsulación variando el pH y la a_w de estos y se observó el efecto sobre la viabilidad de las 4 cepas después de 7 días de almacenamiento en refrigeración. El conteo de lactobacilos se realizó mediante un análisis microbiológico en agar MRS, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas (Tablas IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI).

Tabla IX. Efecto del medio con un pH de 3.6 y una a_w de 0.99 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.67 ± 0.44	8.98 ± 0.18	8.72 ± 0.55
L. acidophilus	9.03 ± 0.24	8.70 ± 0.11	8.86 ± 0.12
L. casei	8.71 ± 0.10	8.35 ± 0.29	8.91 ± 0.11
L. reuteri	8.68 ± 0.10	8.80 ± 0.13	8.61 ± 0.25

Tabla X. Efecto del medio con un pH de 3.6 y una a_w de 0.97 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.44 ± 0.14	8.80 ± 0.02	8.87 ± 0.06
L. acidophilus	8.85 ± 0.54	8.51 ± 0.12	8.62 ± 0.14
L. casei	8.47 ± 0.17	8.24 ± 0.12	8.54 ± 0.04
L. reuteri	8.44 ± 0.13	8.36 ± 0.06	8.27 ± 0.16

Tabla XI. Efecto del medio con un pH de 3.6 y una a_w de 0.96 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.65 ± 0.51	8.25 ± 0.23	8.21 ± 0.10
L. acidophilus	8.60 ± 0.12	8.54 ± 0.08	8.16 ± 0.17
L. casei	8.69 ± 0.51	8.92 ± 0.45	8.84 ± 0.12
L. reuteri	9.32 ± 0.34	8.59 ± 0.08	8.65 ± 0.33

Tabla XII. Efecto del medio con un pH de 3.6 y una a_w de 0.94 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.42 ± 0.13	8.69 ± 0.21	8.75 ± 0.10
L. acidophilus	8.63 ± 0.06	8.64 ± 0.14	8.72 ± 0.14
L. casei	8.25 ± 0.54	8.57 ± 0.15	8.28 ± 0.03
L. reuteri	8.53 ± 0.06	8.38 ± 0.11	8.23 ± 0.20

Tabla XIII. Efecto del medio con un pH de 3.0 y una a_w de 0.99 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.40 ± 0.45	8.08 ± 0.12	8.95 ± 0.19
L. acidophilus	8.55 ± 0.15	8.69 ± 0.08	8.74 ± 0.11
L. casei	8.58 ± 0.28	8.60 ± 0.15	8.96 ± 0.40
L. reuteri	8.79 ± 0.12	8.75 ± 0.09	8.58 ± 0.25

Tabla XIV. Efecto del medio con un pH de 3.0 y una a_w de 0.97 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

Recuento de células viables (log UFC/g)			
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.70 ± 0.10	8.54 ± 0.23	8.64 ± 0.17
L. acidophilus	8.59 ± 0.10	8.94 ± 0.02	8.64 ± 0.10
L. casei	8.49 ± 0.18	8.68 ± 0.22	8.82 ± 0.12
L. reuteri	8.61 ± 0.10	8.84 ± 0.12	8.99 ± 0.74

Tabla XV. Efecto del medio con un pH de 3.0 y una a_w de 0.96 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

	Recuento de células viables (log UFC/g)		
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.06 ± 0.87	8.17 ± 0.59	9.05 ± 0.94
L. acidophilus	9.08 ± 0.38	8.83 ± 0.13	8.82 ± 0.06
L. casei	8.94 ± 0.70	8.39 ± 0.10	8.44 ± 0.07
L. reuteri	8.42 ± 0.07	8.55 ± 0.07	8.20 ± 0.06

Tabla XVI. Efecto del medio con un pH de 3.0 y una a_w de 0.94 en la viabilidad de las bacterias probióticas.

	Recuento de células viables (log UFC/g)		
Cepa	**Antes de encapsular**	**Después de encapsular**	**7 días de almacenamiento**
L. plantarum	8.14 ± 0.18	7.45 ± 0.43	7.65 ± 0.36
L. acidophilus	8.94 ± 0.08	8.81 ± 0.02	8.81± 0.10
L. casei	8.10 ± 0.75	8.33 ± 0.11	7.79 ± 0.04
L. reuteri	8.45 ± 0.08	8.93 ± 0.22	8.18 ± 0.01

Como se puede ver en las tablas anteriores después de 7 días de almacenamiento la supervivencia se ve afectada en medios con actividad de agua y pH bajo (Tabla XVI). Lacroix y L'achance (2006) mencionan que para a_w por debajo de 0.959 *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* disminuyeron su viabilidad. En cuanto al pH, de acuerdo a Ding y Shah (2009), *L. plantarum, L. acidophilus y L. paracasei* entre otros, mostraron una perdida gradual en su viabilidad cuando fueron expuestos a condiciones ácidas.

Los resultados obtenidos fueron analizados por medio de un análisis de varianza de dos vías para cada cepa (ver apéndice A), mostrando que para *L. plantarum, L. acidophilus y L. casei* presentan efectos significativos en cuanto al pH ($p < 0.05$), es decir que éste si influye de manera significativa sobre la viabilidad de estas cepas. Sin embargo no fue el mismo caso para *L. reuteri*. En cuanto a la actividad de agua se pudo observar que para todas las cepas hubo

efectos significativos para un nivel de confianza de 95 %. Siendo la a_w de 0.99 donde se presentó mayor viabilidad y a 0.94 la menor viabilidad.

7. 2 Sinéresis

La sinéresis es definida como la expulsión del agua hacia el exterior del gel con la consiguiente reducción del volumen. Algunas causas pueden ser externas: como la temperatura, pH y vibraciones; o internas: atracciones o repulsiones.

En cuanto a la sinéresis que presentaron las capsulas, los resultados se pueden observar en la tabla XVII.

Tabla XVII. Sinéresis presentada en las cápsulas formadas con los diferentes medios

Medio		
pH	**a_w**	**Sinéresis (%)**
3.6	0.99	27.29 ± 1.74
3.6	0.97	21.84 ± 0.71
3.6	0.96	20.77 ± 5.29
3.6	0.94	24.94 ± 4.84
3.0	0.99	26.89 ± 3.96
3.0	0.97	29.19 ± 1.59
3.0	0.96	32.37 ± 0.76
3.0	0.94	38.61 ± 1.27

En la tabla anterior se observa que este fenómeno aumenta al disminuir el pH, sin embargo para un pH de 3.0 disminuye al reducir la actividad de agua en el medio, probablemente se deba al azúcar previamente incorporada, la cual actúa atrapando las moléculas de agua. De acuerdo a un estudio realizado por Meena *et al*. (2006) en cuanto a la reactividad del azúcar en agares extraidos a partir algas agarofitas de la India, la adición de sacarosa (25-45%) resultó en un aumento en la fuerza del gel.

7.3 Evaluación sensorial

Se aplicó una evaluación sensorial en escala hedónica de 9 puntos (1: me disgusta muchísimo; 2: me disgusta mucho; 3: me disgusta moderadamente; 4: me disgusta poco; 5: ni me gusta ni me disgusta; 6: me gusta poco; 7: me gusta moderadamente; 8: me gusta mucho; 9: me gusta muchísimo).

Se utilizaron 20 jueces no entrenados, con la finalidad de obtener resultados que proporcionen información de la aceptabilidad general de las cápsulas por los consumidores. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las cápsulas

	Medio		
	pH	**a_w**	**Aceptabilidad general**
1	3.6	0.99	4.80 ± 2.19
2	3.6	0.97	7.45 ± 1.36
3	3.6	0.96	7.15 ± 2.10
4	3.6	0.94	7.05 ± 1.28
5	3.0	0.99	3.50 ± 1.82
6	3.0	0.97	6.90 ± 1.37
7	3.0	0.96	6.75 ± 1.45
8	3.0	0.94	6.75 ± 1.77

Se realizó un análisis de varianza y se obtuvo que si existen diferencias significativas entre los medios, es decir, los jueces si encontraron diferencias. Sin embargo al realizar un análisis de varianza únicamente para los medios cuya a_w era igual o menor a 0.97 se encontró que no existía diferencia significativa entre los medios. Los resultados del ANOVA se encuentran en el apéndice B. Los resultados igualmente se pueden apreciar en la figura 2.

Figura 2. Resultados de la evaluación sensorial obtenidos

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede considerar como aceptables aquellos medios que alcanzaron calificaciones por arriba de 7 (me gusta moderadamente). Las calificaciones más bajas correspondieron a los medios con una actividad de agua de 0.99 (medio 1 y medio 5).