دراسة تأثير الكبسله الدقيقة Microencapsulation على حيوية وفعالية بكتريا حامض اللاكتيك المجففة بالرذاذ

نوفل عبد الأمير حسين

قسم علوم الأغذية- كلية الزراعة- جامعة البصرة

البصرة- العراق

الخلاصة

درست الحيوية والفعالية التخميرية والثباتية إثناء الخزن لبكتريا حامض اللاكتيك المحملة بخليط من المواد الحاملة (مواد الكبسله الدقيقة) تضمنت: ١- الجلاتين + الدكستران + الحليب الفرز (GDS) ، ٢- الصمغ العربي + الدكستران + الحليب الفرز (GADS) والصمغ العربي + الجلاتين + الحليب الفرز (GAGS) .

وقد أظهرت نتائج الدراسة بان استخدام درجتي الحرارة للهواء الخارج ٥٥مْ و ٦٠مْ أعطى حيوية أفضل لبكتريا حامض اللاكتيك إثناء التجفيف بالرذاذ مقارنة بالدرجات الحرارية ٦٥مْ، ٧٠مْ، ٧٥مْ. كما لوحظ بان خليط المادة الحاملة للبكتريا المتضمن الصمغ العربي + الدكستران + الحليب الفرز (GADS) أعطى حيوية وفعالية تخميرية وثباتية أفضل إثناء الخزن على درجتي حرارة ٤مْ و ٣٠مْ لبكتريا حامض اللاكتيك بعد التجفيف بالرذاذ مقارنة مع المواد الحاملة الأخرى.

كلمات دالة: **Microencapsulation ، Lactic acid bacteria**

المقدمة

تستخدم بكتريا حامض اللاكتيك بشكل واسع في تصنيع وحفظ الأغذية لما تمتلكه هذه البكتريا من دور واضح في تثبيط ومنع نمو الأحياء المجهرية غير المرغوبة سواء المرضية منها أو المسببة للتلف، إضافة الى دور البكتريا المعروف في تحسين النكهة وتوصف بكتريا حامض اللاكتيك بأنها وسيلة حفظ حيوية (Biopreservatives) (22).ويعد اختبار وسيلة الحفظ الملائمة لمزارع بكتريا حامض اللاكتيك من أهم متطلبات الحصول على مزارع فعالة وبأعداد حية عالية ،وقد استخدمت العديد من طرق الحفظ لمزارع بكتريا حامض اللاكتيك منها طريقة التجميد التي استخدمت بكثرة لإطالة فترة احتفاظ هذه المزارع بصفاتها التصنيعية والحيوية إلا إن عملية التجميد تسبب فقدان في حيوية وفعالية بكتريا حامض اللاكتيك(11). .

وتعد عملية التجفيد من الطرق الشائعة في حفظ مزارع بكتريا حامض اللاكتيك إلا إن هذه الطريقة مكلفة تجارياً كما ان كمية الناتج المستحصل عليه يكون قليلاً. لذلك جرت محاولات لاستخدام طريقة التجفيف بالرذاذ في حفظ مزارع بكتريا حامض اللاكتيك لارتفاع معدل الإنتاج وانخفاض قيمة الكلفة مقارنة بالتجفيد، إذ إن قيمة التجفيف بالرذاذ اقل بست مرات لكل كغم ماء مزال مقارنة بالتجفيد، كذلك انخفاض قيمه نقل المسحوق وزيادة فترة حفظه لفترات أطول (٢٢، ١٠ ، ١٣). إلا إن عملية التجفيف عادة تسبب انخفاض في فعالية وحيوية البكتريا نتيجة تعرض جدار الخلية للتلف إضافة إلى التأثير على الغشاء السايتوبلازمي للخلايا وبروتين الخلية الكلية بسبب الحرارة العالية المستخدمة إثناء التجفيف(4 ،٦).وتعد عملية الكبسله (encapsulation) أحدى الطرق المستخدمة في حفظ المزارع المايكروبية كونها تساعد في زيادة مقاومة تلك المزارع للظروف البيئية المحيطة وتقليل الانخفاض في أعداد الخلايا الحية. إلا إن هذه العملية قد تؤثر على حيوية المزارع مقارنة بالمزارع غير المكبسل(١٧ ،١٢).

ونظراً للحاجة الماسة لبادئات بكتريا حامض اللاكتيك لاستخدامها في تصنيع منتجات الألبان والمنتجات الغذائية المختلفة فقد هدفت هذه الدراسة إلى محاولة الحصول على مزارع لبكتريا حامض اللاكتيك مجففة بالرذاذ ذات حيوية وفعالية جيدتين وذلك من خلال تثبيت درجة حرارة الهواء الخارج outlate temperature المناسبة إثناء التجفيف ودراسة تأثير تغير المادة الحاملة للبكتريا (مواد الكبسله) على حيوية وفعالية هذه المزارع بعد التجفيف لغرض استخدامها في نطاق تجاري.

المواد وطرائق العمل

الأحياء المجهرية المستخدمة:

استخدمت في الدراسة نوعين من بكتريا حامض اللاكتيك المعزولة محلياً والمشخصة في مختبرات قسم علوم الأغذية في كلية ألزراعه جامعة ألبصره شملت بكتريا *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* و *Streptococcus thermophilus* وسلالة نقية لبكتريا *Lactobacillus lactis* مجهزة من مختبرات Chr. Hansan's الدنماركية.

تجفيف المزارع المايكروبية:

أ- نميت المزارع النقية لبكتريا حامض اللاكتيك كل على حدة في وسط MRS السائل لمدة ٢٤ ساعة عند درجة حرارة ٣٧مْ لكل من بكتريا *L.bulgaricus* و *L.lactis* بينما نميت بكتريا *S.thermophilus* في وسط M17 السائل لمدة ٢٤ ساعة عند درجة حرارة ٣٧مْ ثم أجري النبذ المركزي للخلايا بواسطة جهاز الطرد المركزي المبرد وبسرعة ٥٠٠٠ دروة/دقيقة لمدة ٢٠ دقيقة بدرجة حراره٤مْ. ثم خلطت المزرعة البكترية النقية مع مواد الكبسولة ألسائله المعقمة كل على حده وكان عدد الخلايا البكتيرية 10^9 خلية/مل من سائل الكبسولة قبل التجفيف. وتضمنت مواد الكبسولة ثلاث خلطات مختلفة و وكما يلي:

أ-خلطة (GDS) و شملت الجيلاتين ٢% والدكستران ٢% والحليب الفرز ١٠% .

ب- خلطة (GAGS) و شملت الصمغ العربي ٢% والدكستران ٢% والحليب الفرز ١٠%.

جـ- خلطة (GAGS) و شملت الصمغ العربي ٢% والجيلاتين ٢% والحليب الفرز ١٠% .

التجفيف بالرذاذ:

استخدم جهاز التجفيف بالرذاذ والمجهز من شركة Tec Quipment الانكليزية المنشأ، وأجريت عملية التجفيف على درجة حرارة دخول 170C° (inlet air temperature) ثم جمعت المزارع المجففة في عبوات بلاستيكية معقمة وحفظت في درجة حرارة ٤مْ و ٣٠مْ لمتابعة التغيرات في أعداد البكتريا بعد التجفيف إثناء الخزن.

قياس التغير في الأس الهيدروجيني :

تم قياس الأس الهيدروجيني باستخدام جهاز pH-Mater من نوع PYE unicum بدرجة حرارة ٢٥مْ.

عد بكتريا حامض اللاكتيك :

اجري عد بكتريا *L.lactis* باستخدام وسط MRS الصلب والحضن على ٣٧مْ لمدة ٧٢ ساعة، كما اجري عد بكتريا *L.bulgaricus* في وسط MRS الصلب ذو الأس الهيدروجيني ٥,٢ بعد فترة حضن ٧٢ ساعة (9) . بينما احتسبت أعداد بكتريا *S.thermophilus* باستخدام وسط M17 والحضن على درجة حرارة ٣٧مْ لمدة ٧٢ ساعة (18) .

النتائج والمناقشة

١- تأثير درجة حرارة الهواء الخارج والمادة الحاملة للبكتريا على أعداد بكتريا حامض اللاكتيك بعد التجفيف.

يوضح الجدول (١) نسب الانخفاض الحاصل في لوغاريتم الأعداد الحية لبكتريا *S.thermophilus* بعد التجفيف بالرذاذ والذي اختلف مع اختلاف درجة حرارة الهواء الخارج (air outlet temperature) والمادة الحاملة للبكتريا إذ أظهرت النتائج أن النسبة المئوية للانخفاض في لوغاريتم الإعداد الحية للبكتريا ازداد مع زيادة درجة حرارة الهواء الخارج حيث بلغ (٣,١٨ ، ٦,٢٧ ، ١١,٣٨ ، ١٦,٣٥ ، ٤٠,٣٣ %) في وسط (GDS) و (١,١٤٨ ، ١,٩١ ، ٣,٩٢١ ، ١٦,٨١ ، ١٩,٣٥ %) في وسط (GADS) و (٧,٩٠ ، ٦,٧٩٥ ، ٢,٧٧ ، ٢٤,٨١ ، ٢٦,٠٢ %) في وسط (GAGS) عند الدرجات الحرارية (٥٥، ٦٠، ٦٥، ٧٠، ٧٥)مْ على التوالي. كما بينت هذه النتائج بان الانخفاض في لوغاريتم الإعداد الحية للبكتريا كان اقل عند حمل البكتريا في وسط (GADS) والذي تراوح بين ١,١٤٨ – ١٩,٣٥ % مقارنة بوسطي (GDS و GAGS) التي تراوحت بين ٣,١٨ – ٤٠,٣٣ % و ٧,٩٠ – ٢٦,٠٢ % على التوالي.

كما يوضح الجدول (٢) أن نسب الانخفاض الحاصل في لوغاريتم الأعداد الحية للبكتريا *L.bulgaricus* قد ازداد أيضا مع زيادة درجة حرارة الهواء الخارج إذ بلغ هذا الانخفاض (١٣,٢٢، ١٢,٠٢، ٢٨,٦٩، ٢٨,٠٤، ٣٤,٨٣%) في وسط (GDS) و (٢,٧٢٢، ٦,١٩٩، ١٨,٥٧، ٢٣,٦١٦، ٢٤,٣٤%) في وسط (GADS) و (٩,٢٠١، ٨,٤٢٠، ١٣,١١، ١٢,٩٣، ٣٦,٥٨%) في وسط (GAGS) في الدرجات الحرارية (٥٥، ٦٠، ٦٥، ٧٠، ٧٥)مْ على التوالي. كما أظهرت النتائج بان الانخفاض في لوغاريتم ا لأعداد الحية للبكتريا كان اقل عند حمل البكتريا في وسط (GADS) مقارنة في وسطي GDS و GAGS والذي تراوح بين (١٣,٢٢ – ٣٤,٨٣ %) و (٩,٢٠١ – ٣٦,٥٨%) على التوالي.وقد ازداد الانخفاض في أعداد بكتريا *L.lactis* مع زيادة درجة حرارة الهواء الخارج كما في الجدول(٣) والتي كانت (٥,٢٨٤، ٥,٠٤٣، ٤,٤٠، ٢٢,٩٨، ٤٣,٨٥%) في وسط GDS و (٣,٩٧، ٣,١٦، ٢,٨٨، ١٥,٢٨، ٣٣,٠١%) في وسط GADS و (١,٨٢٤، ٣,٦٩٣، ٣,١٤٤، ١١,٧١، ٢٩,٧٤%) في وسط GAGS في الدرجات الحرارية (٥٥، ٦٠، ٦٥، ٧٠، ٧٥)مْ على التوالي. كما أظهرت النتائج بان حمل البكتريا في وسطي (GADS و GAGS) قد قلل من الانخفاض الحاصل في أعداد البكتريا الحية بعد التجفيف والذي تراوح بين (٣,٩٧ – ٣٣,٠١ %) و(١,٨٢٤ – ٢٩,٧٤%) على التوالي مقارنة بوسط GDS والذي تراوح بين (٥,٢٨ – ٤٣,٨٥%).

ومن خلال النتائج يتضح بان استخدام درجات حرارة الهواء الخارج بين (٥٥ و ٦٠) مْ كانت ملائمة لتقليل الانخفاض الحاصل في أعداد بكتريا حامض اللأكتيك بعد التجفيف بالرذاذ مقارنة باستخدام درجات الحرارة الأعلى (٦٥، ٧٠، ٧٥) مْ. وقد ذكر (16) بان تعريض البكتريا للحرارة العالية إثناء التجفيف بالرذاذ يسبب ضررا للخلايا البكتيرية والذي يتركز بشكل رئيسي على دهون الجدار الخلوي والغشاء السايتوبلازمي.

وقد لوحظ من النتائج بان إضافة الصمغ العربي الى المواد الحاملة للبكتريا قد حسن من مقاومة البكتريا لحرارة التجفيف وان هذه المقاومة اختلفت مع اختلاف الوسط الحامل ، وقد أشار (١٥) إلى إن الخصائص الحرارية لوسط التخفيف مثل الإيصال الحراري والانتشار الحراري يؤثر على عيوشية البكتريا المجففة بالرذاذ. كما لوحظ في دراسات أخرى إن هناك عوامل عديدة تؤثر عيوشية بكتريا حامض اللاكتيك إثناء التجفيف بالرذاذ مثل الفعالية المائية إذ تنخفض من سطح الجزيئات مع زيادة درجة الحرارة، كذلك زيادة المحتوى الصلب للمادة الحاملة للبكتريا يؤدي الى كبر الجزيئات مما يجعل تأثر هذه الجزيئات بالحرارة أكثر مقارنة بالجزيئات الصغيرة (٨) .

وقد أشار بعض الباحثين الى إمكانية استخدام السكريات لتقليل الضرر الذي يصيب خلايا البكتريا إثناء التجفيف بالرذاذ والذي قد يعود الى قابلية السكريات للارتباط مع الفوسفوليبيدات في الخلايا بوجود مجاميع الهيدروكسيل (٥،٦،٧).

بينما ذكر (١) إن استخدام البروتين في المواد الحاملة للبكتريا قبل التجفيف يزيد من فعل المادة الحاملة للمحافظة على حيوية الخلايا بعد التجفيف والذي قد يعزى الى قابلية البروتينات لتكوين أواصر هيدروجينية مع الماء والسكريات.

جدول (١): التغير في الأعداد الحية لبكتريا *S.thermophilus* بعد التجفيف مع اختلاف درجات حرارة الهواء الخارج والمادة الحاملة.

المادة الحاملة	لوغاريتم العدد الأولي للبكتريا قبل التجفيف	درجات حرارة الهواء الخارج									
		٥٥ م°		٦٠ م°		٦٥ م°		٧٠م°		٧٥م°	
		لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف
GDS	٩,٠٤٧	٨,٧٥٨	٣,١٨٠	٨,٥٠٥	٦,٢٧	٨,٠٤١	١١,٣٨	٧,٥٩	١٦,٣٥	٥,٤١٤	٤٠,٣٣
GADS	٩,٠٥٣	٨,٩٤٩	١,١٤٨	٨,٨٨	١,٩١	٨,٦٩٨	٣,٩٢١	٧,٥٣١	١٦,٨١	٧,٣٠١	١٩,٣٥
GAGS	٩,٠٧٩	٨,٣٦١	٧,٩٠	٨,٤٦٢	٦,٧٩٥	٧,٩١٩	١٢,٧٧	٦,٨٢٦	٢٤,٨١	٦,٧١٦	٢٦,٠٢

جدول (٢): التغير في أعداد بكتريا *L.bulgaricus* بعد التجفيف مع اختلاف درجات حرارة الهواء الخارج والمادة الحاملة.

المادة الحاملة	لوغاريتم العدد الأولي للبكتريا قبل التجفيف	درجات حرارة الهواء الخارج									
		٥٥ م°		٦٠ م°		٦٥ م°		٧٠م°		٧٥م°	
		لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف
GDS	9.041	٧,٨٤٨	١٣,٢٢	٧,٩٥٤	١٣,٠٢٣	٦,٤٤٧	٢٨,٦٩٠	٦,٥٠٥	٢٨,٠٤	٥,٨٩٢	٣٤,٨٣
GADS	٩,١٤٦	٨,٨٩٧	٢,٧٢٢	٨,٥٧٩	٦,١٩٩	٧,٤٤٧	١٨,٥٧	٦,٩٨٦	٢٣,٦١٦	٦,٩١٩	٢٤,٣٤
GAGS	٩,٠٦٤	٨,٢٣٠	٩,٢٠١	٨,٣٠٠	٨,٤٢٠	٧,٨٧٥	١٣,١١	٧,٨٩٢	١٢,٩٣٠	٥,٧٤٨	٣٦,٥٨

جدول (٣): التغير في أعداد بكتريا *L.lactis* بعد التجفيف مع اختلاف درجات حرارة الهواء الخارج والمادة الحاملة.

المادة الحاملة	لوغاريتم العدد الأولي للبكتريا قبل التجفيف	درجات حرارة الهواء الخارج									
		٥٥ مْ		٦٠ مْ		٦٥ مْ		٧٠مْ		٧٥مْ	
		لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف	% الانخفاض في لوغاريتم أعداد البكتريا بعد التجفيف
GDS	9.102	٨,٦٢١	٥,٢٨٤	٨,٦٤٣	٥,٠٤٢	٨,٧٠١	٤,٤٠	٧,٠١	٢٢,٩٨	٥,١١	٤٣,٨٥
GADS	٩,٠٩٢	٨,٧٣١	٣,٩٧٠	٨,٨١٠	٣,١٠١	٨,٨٣	٢,٨٨	٧,٦٣	١٥,٢٨	٦,٠٩	٣٣,٠١
GAGS	٩,٠٩٦	٨,٩٣٠	١,٨٢٤	٨,٧٦	٣,٦٩٣	٨,٨١	٣,١٤٤	٨,٠٣	١١,٧١	٦,٣٩	٢٩,٧٤

التغير في قيم الأس الهيدروجيني للحليب الفرز المجفف المعاد ١٢%

يوضح الجدول (٤) التغير في pH الناتج من تخمر البكتريا الحرة غير المجففة والبكتريا المجففة في وسط الحليب الفرز المعاد ١٢% مواد صلبة كلية وقد بينت النتائج بان بكتريا *S.thermophilus* فعالية مختلفة في خفض الأس الهيدروجيني للحليب كانت ٥,٢١، ٥,١٣، ٥,٢٣ للبكتريا المحملة في الأوساط GDS و GADS و GAGS على التوالي وهي اعلي من قيمة الأس الهيدروجيني للحليب الفرز المخمر بواسطة البكتريا غير المجففة (الحرة) والبالغة ٥,٠١. كما استطاعت بكتريا *L.bulgaricus* خفض الأس الهيدروجيني الحليب الفرز الى ٤,٤٢، ٤,٣٦، ٤,٤٦ المحملة في أوساط GDS و GADS و GAGS على التوالي مقارنة بالبكتريا غير المجففة (الحرة) التي خفضت الأس الهيدروجيني الى ٤,٠٣.

وأظهرت بكتريا *L.lactis* فعالية عالية في خفض الأس الهيدروجيني للحليب الفرز المحملة في وسط (GADS) بلغت ٤,١٥ مقارنة للبكتريا الحرة الذي بلغ ٤,١٣، بينما كان الأس الهيدروجيني للحليب الفرز ٤,٩٢ و ٤,٣١ للبكتريا المحملة في الأوساط GDS و GAGS على التوالي.

ويتضح من هذه النتائج إن استخدام الخليط الصمغ العربي مع الدكستران والحليب الفرز قد حسن من فعالية بكتريا حامض اللاكتيك بعد التجفيف في خفض الأس الهيدروجيني للحليب مقارنة بحمل البكتريا في الأوساط الحاملة الأخرى قد يعود ذلك الى قابلية هذه المواد في الحفاظ على خلايا البكتريا من الضرر الناتج من الحرارة إثناء التجفيف ، وقد ذكر (19) إن تلقيح بكتريا *L.casei* و *L.acidophilus* الحرة (غير المجففة) في وسط الحليب الفرز المسترجع خفض الأس الهيدروجيني

للحليب إلى ٥ بعد ٦ ساعات من الحضن بينما تطلبت البكتريا المجففة ٣٠ ساعة للوصول الى هـذا الأس الهيدروجيني . وأشار (14) إن خلايا بكتريا *Lactobacillus* المجففة والمحملة باستخدام مواد حاملة (كبسله) احتاجت وقت أطول بنسبة ١٧% لخفض الأس الهيدروجيني للحليب إلى ٥,٥ مقارنـة بخلايا البكتريا الحرة.

جدول (٤): التغير في قيم pH الناتج من تخمير الحليب الفرز المعاد ١٢% بواسطة البكتريا المجففة والحرة الغير المجففة بعد فترة حضن ٢٤ ساعة في درجة حرارة ٣٧مْ.

نوع البكتريا	المادة الحاملة	pH
S.thermophilus (مجففة)	GDS	٥,٢١
S.thermophilus (مجففة)	GADS	٥,١٣
S.thermophilus (مجففة)	GAGS	٥,٢٣
S.thermophilus (الحرة)	-	٥,٠١
L.bulgaricus (مجففة)	GDS	٤,٤٢
L.bulgaricus (مجففة)	GADS	٤,٣٦
L.bulgaricus (مجففة)	GAGS	٤,٤٦
L.bulgaricus (الحرة)	-	٤,٠٣
L.lactis (المجففة)	GDS	٤,٩٢
L.lactis (المجففة)	GADS	٤,١٥
L.lactis (المجففة)	GAGS	٤,٣١
L.lactis (الحرة)	-	٤,١٣

٣- التغير في أعداد بكتريا حامض اللاكتيك المجففة إثناء الخزن في درجتي حرارة ٤مْ ، ٣٠مْ .

أشار الجدول (٥) إلى أعداد البكتريا المجففة والمخزنـة بـدرجتي حـرارة ٤مْ و٣٠مْ إذ انخفضت أعداد بكتريا *S.thermophilus* المجففة بشكل واضح بعد الخزن وقد أبدت البكتريا المحملة في وسط GADS أفضلية بالاحتفاظ بحيوية الخلايا إثناء الخزن مقارنة بالبكتريا المحملة في وسطي GDS و GAGS إذ انخفضت أعداد البكتريا المحملة في وسط GADS من $١٠^{٨} \times ٦,٣$ الـى $١٠^{٧} \times ٣,٤$ و $١٠^{٦} \times ٢,٩$ CFU/غم بعد ٦٠ يوم من الخزن في درجتي حرارة ٤مْ و ٣٠مْ على التوالي. بينمـا انخفضت أعداد البكتريا المحملة في وسط GDS من $١٠^{٨} \times ٧$ الى $١٠^{٥} \times ٨,٣$ و $١٠^{٤} \times ٩$ بعد الخزن ٦٠ يوم من الخزن في درجتي حرارة خزن ٤مْ و ٣٠مْ على التوالي.

كما يبين الجدول نفسه أن حمل بكتريا *L.bulgaricus* في وسطي GADS و GAGS قد قلل من الانخفاض الحاصل في أعداد لبكتريا إثناء الخزن مقارنة بالبكتريا المحملة في وسط GDS حيث انخفضت أعداد البكتريا من $١٠^{٨} \times ٩,٣$ الى $١٠^{٦} \times ٨,٦$ و $١٠^{٥} \times ٤,٧$ في وسط GADS ومن $١٠^{٨} \times ٧,٦$ الى $١٠^{٦} \times ٧$ و $١٠^{٥} \times ٦,٤$ في وسط GAGS بعد ٦٠ يوم من الخزن في درجتي حرارة ٥ و ٣٠مْ على التوالي. بينما انخفضت أعداد وبكتريا *L.bulgaricus* المحملة في وسط GDS من $١٠^{٨} \times ٨,١$ الى $١٠^{٥} \times ٨,٣$ و $١٠^{٥} \times ٣,٨$ بعد ٦٠ يوم من الخزن في درجتي حرارة ٤ و ٣٠مْ على التوالي. وأظهرت بكتريا *L.lactis* انخفاضاً في إعدادها الحية من $١٠^{٨} \times ٧,٦$ الى $١٠^{٦} \times ١,٢$ و $١٠^{٥} \times ٧,٨$ في وسط GADS و $١٠^{٨} \times ٦,١$ الى $١٠^{٦} \times ٥,٣$ و $١٠^{٥} \times ٣,٩$ في وسط GAGS ومن $١٠^{٨} \times ٥,٩$ الى $١٠^{٥} \times ٣,٢$ و $١٠^{٥} \times ٣,٥$ في وسط GDS بعد مرور ٦٠ يوم من الخزن في درجتي حرارة ٤ و ٣٠مْ على التوالي.ويتضح من النتائج بان تواجد الصمغ العربي والجيلاتين والدكستران إلى جانب الحليب الفرز قد قلل من الانخفاض الحاصل في الإعداد الحية لبكتريا حامض اللاكتيك والمجففة خلال الخزن وبالتالي حسن حيوية البكتريا المجففة والمخزنة .وقد لاحظ عدد من الباحثين بان إضافة بعض المواد مثل الدكستران وحامض الاسكوربيك كمضادات للأكسدة أو كلوتامات الصوديوم الأحادية خلال الخزن بالتجفيف بالرذاذ تحسن من حيوية خلايا البكتريا خلال فترة خزن المسحوق المجفف بينما أظهرت دراسة أخرى بان الدكستران يمتلك تأثيرا ضعيفا بينما تمتلك مضادات الأكسدة والأوكسجين الممتص تمتلك تأثيرا اكبر في ثباتية المزارع البكتيرية (3,20) .كما أشارت دراسات أخرى بان بروتين الحليب يمتلك تأثير ايجابي في إطالة عمر خلايا البكتريا المجففة إثناء الخزن وذلك بخفض مركب diacetyl الناتج من أكسدة الدهون التي تشمل ألأحماض ألدهنية غير المشبعة ألمسؤولة عن خفض أعداد البكتريا أثناء الخزن (2) . وكماجمل عام أظهرت الدراسة بان خليط المادة الحاملة للبكتريا الصمغ العربي والدكستران والحليب الفرز كان أفضل مقارنة مع بقية المواد الحاملة المستخدمة في هذه الدراسة الذي قد يعود إلى القابلية العالية التي يمتلكها الصمغ العربي للارتباط مع الماء وتقليل الضرر الذي يصيب خلايا بكتريا حامض اللاكتيك المجففة بالرذاذ وان هذه القابلية للصمغ العربي قد تعززت بشكل واضح عند تواجده إلى جانب الدكستران في المادة الحاملة ومن الممكن استخدام هذا الخليط في صناعة بادئات لبكتريا حامض اللاكتيك المجففة على نطاق تجاري مع الحاجة إلى إجراء مزيد من الدراسات لأجراء خلطات جديدة من المواد الحاملة والتي قد تقود إلى نتائج أفضل.

جدول (٥): التغير في أعداد بكتريا حامض اللاكتيك المجففة خلال الخزن بدرجي حرارة ٤مْ و ٣٠مْ.

نوع البكتريا	المادة الحاملة	العدد الأولي في وقت الصفر	أعداد البكتريا (CFU/غم) بعد الخزن في ٤مْ		أعداد البكتريا (CFU/غم) بعد الخزن في ٣٠مْ	
			بعد ٣٠ يوم	بعد ٦٠ يوم	بعد ٣٠ يوم	بعد ٦٠ يوم
S.thermophilus	GDS	٧ × ١٠^٨	٨,٩ × ١٠^٦	٨,٣ × ١٠^٥	٣,١ × ١٠^٦	٩ × ١٠^٤
	GADS	٦,٣ × ١٠^٨	٣,٤ × ١٠^٧	٩,٣ × ١٠^٦	٨,٩ × ١٠^٦	٢,٩ × ١٠^٦
	GAGS	٩,٥ × ١٠^٨	٩,٥ × ١٠^٧	١,١ × ١٠^٧	٣,٥ × ١٠^٦	٣,٣ × ١٠^٥
L.bulgaricus	GDS	٨,١ × ١٠^٨	٥,٥ × ١٠^٦	٨,٣ × ١٠^٥	٧,١ × ١٠^٦	٣,٨ × ١٠^٥
	GADS	٩,٣ × ١٠^٨	٩,٦ × ١٠^٦	٨,٦ × ١٠^٦	٣,٣ × ١٠^٦	٧,٤ × ١٠^٥
	GAGS	٧,٦ × ١٠^٨	٦,٨ × ١٠^٦	٧ × ١٠^٦	٨,٢ × ١٠^٥	٦,٤ × ١٠^٥
L.lactis	GDS	٥,٩ × ١٠^٨	٥ × ١٠^٦	٣,٢ × ١٠^٥	٧,٧ × ١٠^٦	٣,٥ × ١٠^٥
	GADS	٧,٦ × ١٠^٨	٥,٣ × ١٠^٦	١,٢ × ١٠^٦	٣,٩ × ١٠^٦	٧,٨ × ١٠^٥
	GAGS	٦,١ × ١٠^٨	٦,١ × ١٠^٦	٥,٣ × ١٠^٦	٨,٢ × ١٠^٦	٣,٩ × ١٠^٥

المصادر

1- Aillison, S. D., Chang, B., Randolph, T. W. and Carpenter, J. F. (1999). Hydrogen bonding between sugar and protein is responsible for inhibition of dehydration-induced protein unfolding. Archives of Biochemistry and Biophysics. 365: 289-298.

2- Castro, H. P., Teixeira, P. M. and Kirby, R. (1995). Storage of lyophilized cultures of *Lactobacillus bulgaricus* under different relative humidities and atmospheres. Applied Microbiology and Biotechnology. 44: 172-176.

3- Champagne, C. P., Raymond, Y., Mondou, F. and Julien, J. P. (1995). Studies on the encapsulation of *Bifidobacterium longum* cultures by spray-coating or co crystallization. Bifidobacteria Microflora. 14: 7-14.

4- Crow, J. H., Crow, L. M., Carpenter, J. F., Rudolph, A. S., Wistrom, C. A., Spargo, B. J. and Anchordoguy, T. J. (1988). Interactions of sugars with membranes. Biochimica Biophsica Acta., 947: 367-384.

5- Crow, J. H., Crow, L. M. and Carpenter, J. F. (1993). (A) preserving dry biomaterials : The water replacement hypothesis, part 1, Biopham 6: 28-33.

6- Crow, J. H., Crow, L. M. and Carpenter, J. F. (1993). (B) preserving dry biomaterials : The water replacement hypothesis, part 2. Biopharm. 6: 40-43.

7- Crow, J. H. and Crow, L. M. (2000). Preservation of mammalian cells-learning natures tricks. Nature America. 18: 145-146.

8- Daemen, A. L. H. and Van der stege, H. J. (1982). The destruction of enzyme and bacteria during of Milk and Whey Netherlands Milk and dairy journal. 36: 211-229.

9- Dave, R. I. and Shah, N. P. (1996). Evaluation of Media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrukii ssp.* bulgaricus, *Lactobacillus acidophilus,* and Bifidobacteria. J. Dairy Sci., 79: 1529-1536.

10- Desmond, C., Stanton, C., Fitzgerald, G. F., Collins, K. and Ross, R. P. (2001). Environmental adaptations of probiotic Lactobacilli towards improvement of performance during spray drying. International Dairy Journal 11: 801-808.

11-Fonseca, F., Beul, C. and Corrieu, G. (2000). Method of quantifying the loss of acidification activity of lactic acid starters during spray drying. International Dairy Journal 11: 801-808.

12- Kebary, K. M. K., Hussein, S. A. and Badawi, R. M. (1998). Improving viability of bifidobacteria and their effect on frozen ice Milk. Egyption J. of Dairy Science, 26 (2), 319-337.

13- Knorrr, D. (1998). Technology aspects related to microorganisms in functional foods. Trends food Sci. Technol, 9: 295-306.

14- Larish, B. C., Poncelet, D., Champange, C. P. and Neufeld, R. J. (1994). Micro encapsulation of *Lactococcus lactis* subsp. Cremoris. Journal of Microencapsulation. 11 (2), 189-195.

15- Lian, W. C., Hsiao, H. C. and Chou, C. C. (2002). Survival of bifidobacteria after spray drying. International Journal of food Microbiology. 74: 79-86.

16- Paul, E., Fages, J., Blanc, P., Goma, G. and Paraeilleux, A. (1993). Survival of alginate-entrapped cells of *Azospirillum lipoferum* during dehydration and storage in relations of water properties. Applied Microbiology and Biotechnology. 40: 34-39.

17- Rao, A. V., Shiwnavain, N. and Maharaj, I. (1989). Survival of Microencapsulated *Bifidobacterium pseudolongum* in simulated gastric and intestinal juices. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 22 (4), 345-349.

18- Sodini, I., Lucas, A., Oliveria, M. N., Remeuf, F. and Corrien, G. (2002). Effect of milk base and starter culture on acidication, texture and probiotic cell counts in fermented milk processing. J. Dairy Sci., 55: 2479-2488.

19- Sultana, M. Goto, S., Yamala, Y. Yoshida, K., Hashimoto, T., Matsuo, T. and Kimoto, M. (2000). Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. International Journal of Food Microbiology, 62 (1-2), 47-55.

20- Teixeira, P. M., Castro, H. P. and Kirby, R. (1995). Death kinetics of *Lactobacillus bulgaricus* in a spray drying process. J. of food protection. 57: 934-936.

21- Thomas, L. V., Wimponny, J. W. T. and Baker, G. (1997). Spatial interaction between subsurface bacterial colonies in a model System : A territory model describing the inhibition of *Listeria monocytogenes* by anisin-producing Lactic acid bacterium. J. microbiology 143: 2575-2582.

22- Zamora, L. M., Carretero, C. and Pares, D. (2006). Comparative survival of lactic acid bacteria isolated from blood, following spray-drying and freez-drying. Food Sci. Tech. Int. 12 (1): 77-84.

INFLUENCE OF MICROENCAPSULATION ON THE VIABILITY AND ACTIVITY OF SPRAY DRIED LACTIC ACID BACTERIA

Nawfal A. A. Hussein
Department of food Science- Agriculture College- University of Basrah
Basrah- Iraq

SUMMAR

Viability, fermentation activity and stability during storage of lactic acid bacteria after spray drying with different carrier material mixtures (encapsulation material) including: 1- Gelatin + Dextran + Skim Milk (GDS), 2- Arabic Gum + Dextran + Skim Milk (GADS) and Arabic Gum + Gelatin + Skim Milk (GAGS) were student. The results of this study showed the out let air temperature 55C° and 60C° gave better viability to lactic acid bacteria during spray drying process as compared with 65, 70, 75 C°. It was found that the mixture of carrier material using Arabic Gum + Dextran + Skim Milk (GADS) had better viability after spray drying and better stability under storage at 4C°, 30 C° temperature, and best fermentation activity than other carrier material mixtures.

Key word : Microencapsulation ، Lactic acid bacteria