研究论文

DOI:10.3969/j.issn. 1673–1689.2018.08.013

阿拉伯木聚糖和海藻酸钠复合包埋益生菌研究

伍 悦， 张根义*， 彭善丽

（江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：采用阿拉伯木聚糖(AX)和海藻酸钠(SA)复合包埋植物乳杆菌，并评价包埋的植物乳杆菌在人工胃液和高胆盐溶液中存活率，胃肠液的释放特性及常温储藏的稳定性。实验表明：相比SA包埋，2%AX与SA复合包埋的包埋活菌数提高14.6倍，模拟胃液处理2 h后，SA包埋的*L. plantarum*活菌数下降3.4个对数值，6%AX与SA复合包埋的活菌数下降1.94个对数值，活菌数提高1.46个对数值；高胆盐溶液中处理4 h后，SA包埋的*L. plantarum*活菌数下降2.2个对数值，6%AX与SA复合包埋的活菌数下降1.12个对数值，活菌数提高1.08个对数值；在小肠模拟释放中，复合包埋体系能显著延缓植物乳杆菌的释放；室温存储2个月后，相较单用SA包埋，AX与SA复合包埋显著提高了活菌存活率。由以上结果可知，AX与SA复合包埋能显著提高植物乳杆菌的活菌数。

关键词：阿拉伯木聚糖；海藻酸钠；植物乳杆菌；存活率；缓释

中图分类号：TS 201.3　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673—1689(2018)08—0868—07

Survival of Arabinoxylans–Alginate Microencapsulated Probiotics

WU Yue， *ZHANG Genyi**， *PENG Shanli*

（School of Food Science & Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China）

Abstract：In this research *L. Plantarum*，a probiotic bacterium，was encapsulated in the beads made from arabinoxylan（AX）and sodium alginate（SA）by the extrusion technique. The survival rate of microencapsulated *L.plantarum* in simulated gastric juice and bile salt solution was evaluated，and the release of encapsulated *L. Plantarum* and the storage stability of encapsulated *L. Plantarum* at room temperature were also studied. The results indicated that the incorporated beads could improve entrapment efficiency. Compared with SA encapsulated *L. plantarum*，the number of survival cells of AX and SA encapsulated *L.plantarum* in the simulated gastric juice and high bile salt solution increased 1.46 and 1.08 log respectively. The incorporated beads decrease bacteria release rate in simulated upper gastrointestinal tract conditions and enhanced the storage stability. This study presents a good encapsulation system that protects probiotic *L.plantarum* during exposure to adverse environment conditions.

Keywords：arabinoxylan，sodium alginate，*L. plantarum*，viability，controlled released

收稿日期：2015–12–25

基金项目：国家农业部公益项目(201203069)。

* **通信作者**：张根义(1968—)，男，山西高平人，工学博士，教授，博士研究生导师，主要从事食品科学与营养学，细胞毒理学等研究。

E–mail：genyiz@163.com

引用本文：伍悦，张根义，彭善丽. 阿拉伯木聚糖和海藻酸钠复合包埋益生菌研究[J]. 食品与生物技术学报，2018，37(08)：868–874.

采用益生菌制剂治疗多种胃肠道疾病是目前国内外研究的一个热点[1]。益生菌是活的微生物体,可作为一种食品补充剂提高宿主肠道微生物的平衡,抑制病原菌的生长,防止便秘,治疗患者的炎性肠病(IBD)如克罗恩氏病和溃疡性结肠炎[2-3],并能调节免疫机能,预防抗生素的副作用,能使受损的胃肠黏膜加快愈合,并能防止梭状芽胞杆菌所导致腹泻的复发。此外,益生菌能降低血液中胆固醇水平,防治高血压。益生菌在机体内发挥益生作用要求益生菌在被人体摄入时必须是活的且必须有足够数量的益生菌定植于肠道中[2],这要求细胞在制备过程中和通过消化道低 pH 值的胃酸、胆汁酸、消化酶后仍能保持一定的存活率,使之有足够数量的活菌到达肠道发挥益生作用。利用微胶囊技术,将益生菌包埋在肠溶性壁材中,可有效增强菌体对消化道逆环境的抵抗力,并将益生菌在适当的位置释放,发挥其益生作用[4-5]。

阿拉伯木聚糖是一种多糖,其基本结构是以(1,4)-β-D-吡喃木糖残基作为线形骨架,α-L-阿拉伯呋喃糖通过(C)O-2 、(C)O-3 、(C)O-2 或(C)O-3 糖苷键作为侧链取代物联接在主链木聚糖骨架上,在部分阿拉伯糖基的 O-5 位上存在着以酯键相连接的阿魏酸[5]。在漆酶存在下,相邻的 AX 的阿魏酸分子间发生共价交联,形成二聚物或三聚物,反应会使溶液黏度上升,最终形成凝胶[6]。这种共价键交联的凝胶形成迅速,形成条件温和,无毒、有良好的生物相容性,味道和气味都非常平和,且对 pH 和电解质浓度变化不敏感,在胃里非常稳定。其次,阿拉伯木聚糖可被肠道内的微生物分解,而分解产物阿拉伯木寡糖是一种益生元,能调节肠道微生物,并帮助活菌定植于肠道,由此可以看出阿拉伯木聚糖凝胶是一种较理想的包埋益生菌的壁材[7-9],但与其他已广泛研究的用于包埋益生菌的多糖类壁材相比[10-11],目前尚没有探讨阿拉伯木聚糖包埋益生菌的一些包埋特性的研究。

海藻酸钠由于廉价、适用、安全无毒、生物相容性高,具有形成离子型胶体的能力,胶体表面亦形成韧性强的透明薄膜,是目前最广泛用于包埋益生菌的壁材[12]。研究者用海藻酸钠进行益生菌微胶囊化研究,发现用单一的海藻酸钠作为微胶囊壁材对益生菌的保护作用不够理想,容易突释和早释[2,4]。

大肠靶是用于预防和局部治疗 IBD 或其他传染性疾病及大肠癌治疗的主要靶向[13]。本文使用滴制技术,将阿拉伯木聚糖和海藻酸钠复合凝胶包埋益生菌[14]。探讨了复合包埋的植物乳杆菌对人工胃液,高胆盐溶液中的耐受性,体外模拟胃肠的缓释性和复合微胶囊常温贮存的稳定性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

阿拉伯木聚糖的提取参考[5],A/X 为 0.56,阿魏酸:1.78 mg/gAX,分子量:2.5×10^5 Da。漆酶购于 sigma,植物乳杆菌(*ccfm 237*)来自本实验室的保藏,其他试剂都为分析纯,均购于国药集团。

傅里叶红外光谱仪,IS10 型;立式压力蒸汽灭菌锅,G154DWS;生物安全柜,CLASS Ⅱ TYPE B2;生化培养箱,YCP 系列三气培养箱;恒温振荡器,LKTC-B1-T;均质机,ULTRA -TURRAX T18,德国;冷冻干燥器,SCIENTZ-10N;冷冻离心机,Centrifuge 5804R;物性分析仪,TA.XTPlus。

1.2 试验方法

1.2.1 菌种培养和浓缩菌悬液的制备 所有的玻璃器皿和溶液都置于 121 ℃下灭菌 20 min。将冷冻保藏的菌种接入 MRS 液体培养基中,于 35 ℃厌氧培养 24 h,传代 3 次使之彻底活化。按 10%的接种量转接到 500 mL 的 MRS 液体培养基中在厌氧条件下进行增殖培养,18 h 后,将处于对数期末期的菌悬液在 4 ℃,4 000 r/min 的条件下离心 10 min,去上清,菌泥用无菌的 NaCl 溶液(8.5 g/L)洗涤两次后,重悬于 10 mL 的生理盐水中得到浓缩菌液,此时浓缩菌液的菌密度大概在 1×10^{11} cfu/mL。调节合适的菌密度,最后利用平板计数法对浓缩菌液进行精确计数[12]。

1.2.2 流变学测定 将漆酶添加到含有或不含有植物乳杆菌(1×10^7 cfu/mL)的 2%(W/V)阿拉伯木聚糖溶液中后,将此混合液置于 25 ℃测试台上,选用磨具(直径 4 cm,圆锥角 0.04 rad),在 5%应力和 1 Hz 下进行时间扫描,然后在 5%的应力下进行频率扫描(0.01~10 Hz)[7]。

1.2.3 植物乳杆菌的包埋 将质量浓度为 18 g/L 的海藻酸钠的量[12]混合到不同质量浓度的阿拉伯木聚糖溶液中(配比如表 1 所示),置于 121 ℃下灭菌 20 min,冷却至室温后,放于 4 ℃下备用。然后将菌悬液和混合溶液按比例(1:10)混合均匀,加入漆酶

(1.67 nkat/mgAX),于 4 ℃混匀 10 min 后,混合溶液用注射器挤入 0.1 M 的氯化钙溶液中,静止 30 min 后,过滤,用无菌水清洗 2 次,再放置 30 min。对于冻干微胶囊,将新鲜制备的微胶囊和 15%的甘油冻干保护剂混匀后,先置于液氮速冻,后于冷冻干燥机中冻干,备用。

1.2.4 包埋和冻干计数 称取 1 g 微胶囊,加到 10 mL 磷酸盐缓冲溶液中(pH 6.8),用 ULTRA-TURRAX T18 均质机分散 30~60 s,缓慢摇晃此均质液 15 min 后,取适量匀浆液,稀释一定倍数,涂布于 MRS 琼脂培养基上,35 ℃厌氧培养 48±2 h 后计数平板上的所有菌落数。

1.2.5 微胶囊的质构 称取 10 g 新鲜制备的微胶囊置于测试台上,选用 P35 探头(直径 35 mm),微胶囊形变 40%,测试速度 0.5 m/s。

1.2.6 电镜观形貌 将冻干的微胶囊置于玻璃皿内,用 1.0%的四氧化锇气体固定,用双面胶将其粘在样品台上,离子溅射后用扫描电镜观察微胶囊表面结构。

1.2.7 益生菌在模拟胃液和高胆盐溶液中的存活实验 称 1 g 冻干微胶囊并置于无菌离心管中,分别在 0、60 和 120 min 时加入 pH 2 的人工胃液。并立即将之置于 37 ℃水浴摇床中,100 r/min,于 120 min 时将上述离心管同时取出,于 4 ℃,4 000 r/min 的条件下离心收集微胶囊,并按照 1.2.4 节的方法进行计数。

称 1 g 冻干微胶囊并置于无菌离心管中,分别在 0、2 和 4 h 时加入质量浓度为 20 g/L 的胆盐溶液(pH 6.5)。并立即将之置于 37 ℃水浴摇床中,100 r/min,于 4 h 时将上述离心管同时取出,于 4 ℃,4 000 r/min 的条件下离心收集微胶囊,并按照 1.2.4 节的方法进行计数。活菌数下降的对数值=log(初始活菌数)—log(胃液、高胆盐或储藏后的活菌数)。

1.2.8 益生菌在连续模拟胃肠液的释放 称 1 g 冻干微胶囊加入 9 mL 在 37 ℃下预热的人工胃液。温育 1 h 后,快速转移到 37 ℃下预热的人工肠液,然后在 37 ℃,100 r/min 下温育 4 h。于 0、0.5、1、2、3、4 和 5 h 时取 0.1 mL 释放介质,按 1.2.4 节的方法进行计数。待释放实验结束后,收集微胶囊并按照 1.2.4 节的方法测定未释放的活菌数。另外,通过血球计数板直接计数释放的细胞总数。

1.2.9 耐储藏测试 将冷冻干燥后的样品放入若干个无菌玻璃瓶中,密封,遮光,于室温下储存。一定时间后称 1 g 微胶囊按照 1.2.4 节的方法进行计数。

1.2.10 数据统计分析 所有试验重复 3 次,采用 Oringin8.1 作图,SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),以 $p<0.05$ 为显著性差异。实验数据均以 $\bar{x}\pm s$(平均值±标准差)形式表示。

2 结果与讨论

2.1 流变性能

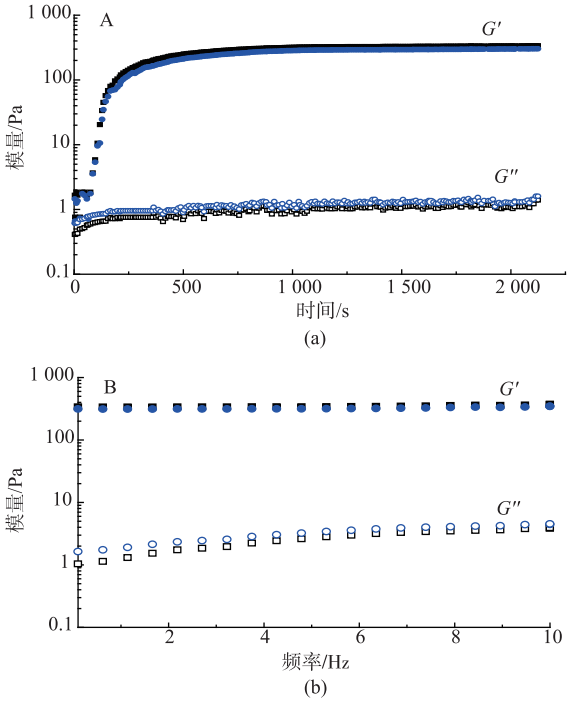
图 1(a)为 AX 凝胶和包埋益生菌的 AX 凝胶的贮存模量 G'和损耗模量 G''随时间的变化曲线。自计时开始,两者的贮存模量 G'随时间都逐渐增大,至 20 min 后逐渐趋于不变,凝胶形成速度较快。两者的贮存模量 G'最大值分别达到 336 和 302 Pa,tanδ 分别为 0.004 和 0.005 均非常小而且接近 0,两者在力学性质上都主要表现为弹性。包埋益生菌的 AX 凝胶贮存模量 G'较没包埋的小 34 Pa,可能是因益生菌影响阿拉伯木聚糖大分子链的物理交联,总体而言,益生菌并不影响 AX 凝胶的形成。

图 1(b)为 AX 凝胶和包埋益生菌的 AX 凝胶交联 1 h 后贮存模量 G'和损耗模量 G''随频率的变化曲线图。如图所示,包埋和未包埋益生菌的 WUAX 凝胶的贮存模量 G'和损耗模量 G''随频率的增大有轻微的上升,损耗模量 G''亦皆远远小于贮存模量 G',说明凝胶的化学交联键不会因为频率的增大而受到破坏,显示出弹性体行为,包埋益生菌和未包埋的 AX 凝胶一样具有较完整的网络结构。

2.2 冻干活菌数

初始活菌数皆为 10^9 cfu/mL。如表 1 所示,质量浓度为 20 g/L 的阿拉伯木聚糖与海藻酸钠($A_{20}S_{18}$)比海藻酸钠(A_0S_{18})的包埋活菌数从(4.27±1.1)×10^8 cfu/g 提高到(6.22±1.3)×10^9 cfu/g,活菌数提高了 14.6 倍,显著提高了包埋效率。增加阿拉伯木聚糖的质量浓度到 40 和 60 g/L,并不能增加包埋效率。当阿拉伯木聚糖质量浓度达到 80 g/L 时,其包埋活菌数反而最低,可能是因为黏度太大造成的。在 15%的甘油保护下,未包埋的植物乳杆菌(10^9 cfu/mL)冻干活菌数下降 1.54 个对数值(表中未显示)。海藻酸钠包埋(A_0S_{18})的冻干活菌数为(2.84±1.5)×10^7 cfu/g,下降 1.18 个对数值。阿拉伯木聚糖质量浓度为 40 g/L 时,其冻干活菌数为(5.76±1.3)×10^8 cfu/g,

下降 1 个对数值。表明微胶囊化显著提高了植物乳杆菌的冻干存活率。



G′(■),G″(□)和包含植物乳杆菌的AX(质量浓度为20 g/L),G′(●),G″(○)

图 1 AX 凝胶(质量浓度为 20 g/L)形成过程黏弹性动态变化

Fig. 1 Gelation of AX solution(mass concentration 20 g/L)

表 1 微胶囊的冻干活菌数及包埋效率

Table 1 Viability of microcapsule and lyophilization

壁材	A–阿拉伯木聚糖质量浓度/(g/L)	B–海藻酸钠质量浓度/(g/L)	包埋活菌数/(cfu/g)	冻干活菌数/(cfu/g)
A_0S_{18}	0	18	(4.27±3.1)×10^8	(2.84±1.5)×10^7
$A_{20}S_{18}$	20	18	(6.22±2.0)×10^9	(3.12±1.8)×10^8
$A_{40}S_{18}$	40	18	(5.64±2.4)×10^9	(5.76±1.3)×10^8
$A_{60}S_{18}$	60	18	(4.12±1.9)×10^9	(1.03±2.0)×10^8
$A_{80}S_{18}$	80	18	(2.04±1.5)×10^8	(4.16±2.5)×10^6

注:$AxSy$ 表示不同的包埋类型;x 表示 A(arabinoxylan)的质量浓度(g/mL);y 表示 S(sodium alginate)的质量浓度(g/mL)

2.3 微胶囊的质构

如图 2 所示,随着 AX 含量的增加,复合凝胶粒子的硬度增加。SA 凝胶粒子的硬度为 249.248 2 g,当 AX 质量浓度为 60 g/L 时,复合凝胶粒子的硬度是 SA 凝胶粒子硬度的 8.76 倍,显著增加了凝胶粒子的硬度。AX 质量浓度继续增大对复合凝胶粒子的硬度影响不大。原因可能是 AX 凝胶网络贯穿在离子交联的海藻酸钠凝胶中,填补 SA 的网络间隙,与 SA 凝胶网络相互缠结,二者协同作用,抵抗外力作用增强,使其硬度增加。

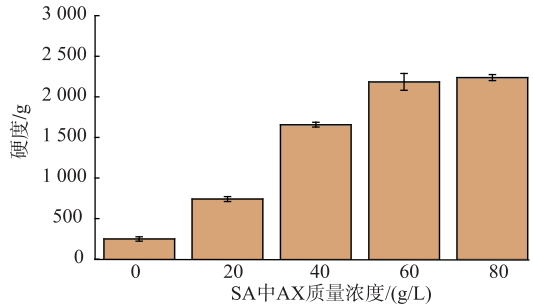


图 2 微胶囊的硬度

Fig. 2 Hardness of the microcapsules

2.4 微胶囊的形貌

如图 3 所示,微胶囊的粒径在 1.5~2.0 mm 之间。相比 SA,AX 与 SA 复合包埋的微胶囊粒径略大,其原因应该是 AX 的加入使溶液黏度增加,导致粒径的增加。SA 和 AX 与 SA 复合包埋的微胶囊表面都有一层致密的膜包裹,呈不规则球形。SA 微胶囊表面较粗糙,AX 与 SA 复合微胶囊表面有褶皱状的网络,明显更加紧实,细微处也更加紧滑。

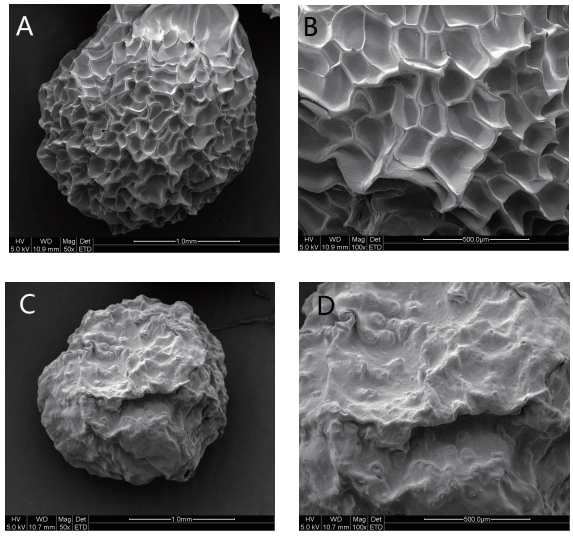


图 3 冷冻干燥后质量浓度 40 g/L 的 AX–SA(A,B)和 SA 包埋益生的微胶囊(C,D)的表面形貌

Fig. 3 SEM images showing the alginate microcapsule(A, B) and the incorporated microcapsule(C,D)

2.5 植物乳杆菌在模拟胃液中的存活率结果

不同的壁材对包埋其中的植物乳杆菌在模拟胃液中的存活率产生不同的影响。由表 2 可知,植物乳杆菌对低 pH 环境极敏感,当初始活菌数为(3.52±2.3)×10^8 cfu/mL 在模拟胃液中处理 120 min

内几乎难以检测到存活的细胞。经过 SA 和 AX 与 SA 复合包埋后,存活率都大幅度提升。单用 SA 包埋的植物乳杆菌在 SGJ 处理 2 h 后,其存活量保持在 10^4 cfu/g,活菌数下降 3.4 个对数值。而 AX 与 SA 复合包埋后 $A_{20}S_{18}$、$A_{40}S_{18}$ 和 $A_{60}S_{18}$ 在 SGJ 中处理 2 h,活菌数分别下降 2.39,2.03 和 1.94 个对数值。AX 质量浓度的加大,活菌数增加。相较单用 SA 包埋,AX 与 SA 复合包埋($A_{60}S_{18}$)活菌数提高了 1.46 个对数值,显著提高了植物乳杆菌在 SGJ 中的存活率。一方面是因为阿拉伯木聚糖凝胶与海藻酸钠凝胶互相填补其网络间隙,改善胶体表面和内部的孔径和凝胶网状结构,减缓有害物质的渗透,另外相较单用 SA 包埋,复合包埋的初始活菌数多。相对于未包埋的植物乳杆菌,$A_{60}S_{18}$ 的活菌数提高了 6.61 个对数值。故 AX 和 SA 复合包埋植物乳杆菌,能显著提高了植物乳杆菌在低 pH 人工胃液中的存活率。

表 2 未包埋和包埋的植物乳杆菌在模拟胃液中存活菌数

Table 2 Survival of free and microencapsulated *L.plantarum* in simulated gastric juice cfu/mL

壁材	0 min	60 min	120 min
未包埋	(3.52±2.3)×10^8	(3.68±3.1)×10^5	ND
A_0S_{18}	(2.74±2.5)×10^7	(2.34±2.1)×10^6	(1.13±4.2)×10^4
$A_{20}S_{18}$	(3.12±1.8)×10^8	(8.39±1.5)×10^7	(1.27±2.8)×10^6
$A_{40}S_{18}$	(5.46±2.3)×10^8	(2.01±1.3)×10^8	(5.13±2.3)×10^6
$A_{60}S_{18}$	(1.13±2.0)×10^8	(3.55±2.0)×10^7	(1.29±1.9)×10^6

注:*AxSy* 表示不同的包埋类型;*x* 表示 *A*(arabinoxylan)的质量浓度(g/mL);*y* 表示 *S*(sodium alginate)的质量浓度(g/mL);ND 表示未检测到活菌

2.6 植物乳杆菌在高胆盐溶液中的存活率结果

胆盐是一种阴离子型表面活性剂,能够破坏细胞膜结构,产生氧化损伤,从而使得益生菌细胞致死。如表 3 所示,不同的壁材对包埋其中的植物乳杆菌在高质量浓度胆盐中的存活率产生不同的影响。在质量浓度为 20 g/L 的胆盐中处理 4 h,未包埋的植物乳杆菌存活数下降了 2.6 个对数值,单用 SA 包埋,活菌数下降 2.2 个对数值,而 AX 与 SA 复合包埋后 $A_{20}S_{18}$、$A_{40}S_{18}$ 和 $A_{60}S_{18}$ 的活菌数分别下降 1.5,1.2 和 1.12 个对数值。相较单用 SA 包埋,胆盐处理 4 h 后,AX 与 SA 复合包埋($A_{60}S_{18}$)活菌数提高了 1.08 个对数值,而相对于未包埋的植物乳杆菌,$A_{60}S_{18}$ 的活菌数提高了 1.48 个对数值。因此,复合包埋显著提高了植物乳杆菌经过胆盐处理后的存活率。

表 3 未包埋和包埋后的植物乳杆菌在质量浓度为 20 g/mL 的高浓度胆盐中的活菌数

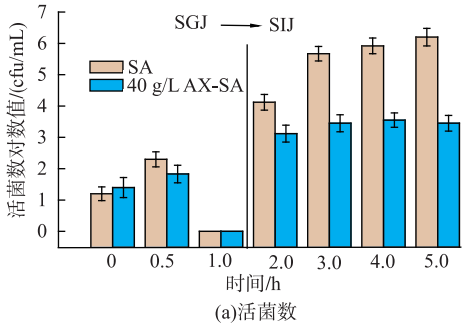
Table 3 Survival of free and microencapsulated *L.plantarum* after incubation in 2% bile cfu/mL

壁材	0 h	2 h	4 h
未包埋	(4.57±4.3)×10^9	(7.27±2.1)×10^8	(1.16±3.3)×10^7
A_0S_{18}	(2.54±1.6)×10^7	(8.17±2.6)×10^6	(8.93±3.0)×10^5
$A_{20}S_{18}$	(3.72±2.8)×10^8	(1.85±2.3)×10^8	(1.18±2.5)×10^7
$A_{40}S_{18}$	(5.76±2.3)×10^8	(2.87±2.2)×10^8	(3.65±2.3)×10^7
$A_{60}S_{18}$	(1.33±2.0)×10^8	(6.67±2.5)×10^7	(1.01±2.0)×10^7

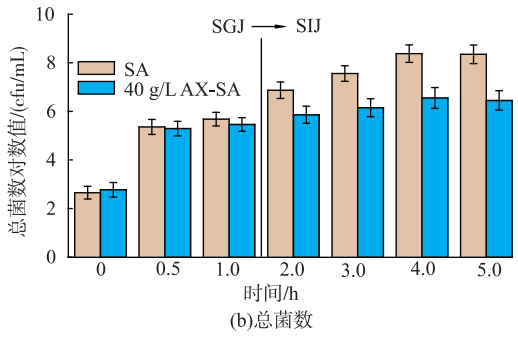
注:*AxSy* 表示不同的包埋类型;*x* 表示 *A*(arabinoxylan)的质量浓度(g/mL);*y* 表示 *S*(sodium alginate)的质量浓度(g/mL)

2.7 包埋植物乳杆菌的释放

益生菌比较大,包埋后一般来说不会通过扩散释放,只有壁材溶解或崩解后导致释放。包埋的植物乳杆菌在人工胃液中 1 h 后转运到人工肠液中 4 h。由于活菌在人工胃液里易失活,故用在血球计数板直接对人工胃液中释放的细胞计数作为参照。如图 4(a)、(b)所示,单用 SA 包埋的微胶囊和复合微胶囊在人工胃液中的释放没有显著性差异,转运到 pH 6.8 的小肠液中,单用 SA 包埋的植物乳杆菌,活菌被快速释放,且释放量随着时间而增加,3 h 后几乎完全释放。而质量浓度 40 g/L 的 AX 与 SA 复合包埋后,人工小肠液中释放活菌数在前 1 h 内达到较大值,其释放量随着时间增加变化不大,显著低于 SA 微胶囊在人工小肠液中的释放。释放实验结束后,测得复合包埋胶囊内大量活菌。实验结果证明 AX 的加入,显著提高复合包埋体系对中性 pH 的稳定性,有效延缓植物乳杆菌乳杆菌在小肠液中的释放。



(a)活菌数



SGJ–人工胃液;SIJ–人工肠液

图 4 SA 和 AX 与 SA 复合包埋的植物乳杆菌在人工胃液和人工肠液中的释放

Fig. 4 Released cell counts following incubation in gastric and intestinal medium

2.8 微胶囊的存储稳定性

如表 4 所示,随着储藏时间的延长所有样品的活菌数逐渐下降。对于 SA 包埋的植物乳杆菌,室温下存储 2 个月后,存活数下降了 1.5 个对数值。而对于质量浓度为 20、40 和 60 g/L AX 与 18 g/L SA 复合包埋植物乳杆菌室温下存储 2 个月后活菌数分别下降了 0.9、0.85 和 0.99 个对数值。不同浓度的 AX 对细胞存储活菌数的影响没有显著性差异。结果表明复合包埋显著增加了植物乳杆菌的存储稳定性。

表 4 包埋的植物乳杆菌在 25 ℃条件下的储藏活菌数

Table 4 Stability of microencapsulated Probiotics during two months of storage at 25 ℃ cfu/g

壁材	0 周	4 周	8 周
A_0S_{18}	(2.04±3.6)×10^7	(1.07±2.6)×10^6	(6.45±3.0)×10^5
$A_{20}S_{18}$	(3.13±2.1)×10^8	(5.75±2.4)×10^7	(3.97±2.5)×10^7
$A_{40}S_{18}$	(5.85±2.5)×10^8	(8.87±2.2)×10^7	(8.28±2.6)×10^7
$A_{60}S_{18}$	(1.63±2.0)×10^8	(3.67±2.5)×10^7	(1.67±2.0)×10^7

注:$AxSy$ 表示不同的包埋类型;x 表示 A (arabinoxylan)的质量浓度(g/mL);y 表示 S(sodium alginate)的质量浓度(g/mL)

3 结 语

本文采用阿拉伯木聚糖和海藻酸钠复合包埋益生菌,其包埋活菌数显著高于单用海藻酸钠的包埋。复合包埋的植物乳杆菌通过人工胃液,高质量浓度胆盐溶液及储存活菌数也显著提升。阿拉伯木聚糖及其凝胶在结肠微生物作用下分解[8],对 pH 和电解质质量浓度变化的稳定,其和海藻酸钠复合包埋益生菌,可延缓益生菌在小肠内的释放,保护益生菌顺利通过胃液的低 pH 和小肠液中胆盐的迫害,到达大肠。综上证明阿拉伯木聚糖作为包埋益生菌的一种新的多糖材料,对增加活菌率是行之有效的,其更多的影响机制还需进一步的研究。

参考文献:

[1] SAIER M H,MANSOUR N M. Probiotics and prebiotics in human health[J]. **Mol Microbiol Biotechnol**,2005(10):22-25.

[2] CALINESCU C,MATEESCU M A. Carboxymethyl high amylose starch:Chitosan self-stabilized matrix for probiotic colon delivery [J]. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**,2008(70):582-589.

[3] SEN S,MRCP M D,MULLAN M M,et al. Effect of lactobacillus plantarum 299v on colonic fermentation and symptoms of irritable bowel syndrome[J]. **Digestive Diseases and Sciences**,2002,47(11):2615-2620.

[4] COOK M T,TZORTZIS G,CHARALAMPOPOULOS D,et al. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery[J]. **Journal of Controlled Release**,2012(162):56-67.

[5] CARVAJAL-MILLAN E,RASCON-CHU A. Maize bran gum:Extraction,characterization and functional properties[J]. **Carbohydrate Polymers**,2007(69):280-285.

[6] NINO-MEDINA G,CARVAJAL-MILLAN E. Feruloylated arabinoxylans and arabinoxylan gels:Structure,sources and applications[J]. **Phytochem Rev**,2001(9):111-120.

[7] VANSTEENKISTE E,BABOT C,ROUAU X. Oxidative gelation of feruloylated arabinoxylan as affected by protein.influence on protein enzymatic hydrolysis[J]. **Food Hydrocolloids**,2004(18):557-564.

[8] HOPKINS M J,ENGLYST H,MACFARLANE N. Degradation of cross-linked and non-cross-linked arabinoxylans by the intestinal microbiota in children[J]. **Appl Environ Microbiol**,2003,69:6354-6360.

[9] BROEKAERT W,COURTIN C,VERBEKE K,et al. Prebiotic and other health-related effects of cereal-derived arabinoxylans,

arabinoxylan-oligosaccharides, and xylooligosaccharides[J]. **Crit Rev Food Sci Nutr**, 2011, 51: 178-194.

[10] JIMÉNEZ-PRANTEDA M L, PONCELET D, ARCOS A, et al. Stability of lactobacilli encapsulated in various microbial polymers[J]. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, 2012, 113(2): 179-184.

[11] ZHANG Haini, ZHANG Yanping, JIN Zhengyu. Review of resistant starch 3 and its application in probiotic bacteria microcapsule [J]. **Journal of the Food Science Biotechnology**, 2008, 27(6): 1-5.(in Chinese)

[12] MANDAL S, PUNIYA A K, SINGH K. Effect of alginate concentrations on survival of microencapsulated lactobacillus casei NCDC-298[J]. **International Dairy Journal**, 2006(16): 1190-1195.

[13] BIBILONI R, FEDORAK R N, TANNOCK G W, et al. VSL#3 probiotic-mixture induces remission in patients with active ulcerative colitis[J]. **Am J Gastroenterol**, 2005(100): 1539-1546.

会　议　消　息

2018 年先进纳米材料和纳米器件国际会议(ICANN 2018)

2018 年先进纳米材料和纳米器件国际会议将于 2018–10–27—29 在上海召开。

会议时间:2018–10–27 至 2018–10–29　　会议地点:上海　　主办单位:ICANN 2018

主要亮点:

1.著名学者教授做大会报告人:余承忠教授,来自澳大利亚昆士兰大学;Gong Hao 教授,来自新加坡国立大学;徐甲强教授,来自中国上海大学;邓勇辉教授,来自中国复旦大学;Ahmed Abdelfattah Elzatahry 副教授,来自卡塔尔大学。

2. 考察:将于 2018 年 10 月 29 日在上海复旦大学组织学术访问。

3. 出版及检索: 文章将会以两种方式发表:(1) 中国化学快报–影响因子:1.947;(2) 材料, 机械和制造国际期刊(IJMMM, ISSN: 1793–8198),能被 EI (INSPEC, IET),ProQuest, Crossref, DOAJ 收录和检索。

联系人:张女士　　电话:+852–3500–0137　　Email:icann@cbees.net

官方网址:http://www.icannd.org/

第三届国际脂质科学与健康研讨会

脂质是人类三大营养素之一,对人体营养与健康具有重要作用。脂质的结构与组成与其生物功能、营养健康品质密切相关,脂质科学与健康已成为国内外关注的研究热点。为了促进脂质科学与健康研究的快速发展和加强学术交流,由中国农业科学院油料作物研究所主办的"第三届国际脂质科学与健康研讨会·2018"将于 2018 年 11 月 3–5 日在中国青岛举办。诚挚邀请各位专家学者莅临参会。

会议时间:2018 年 11 月 3 –5 日,3 日报到,4–5 日会议

会议地点:青岛府新大厦(青岛市南区闽江路 5 号)

主办单位:中国农业科学院油料作物研究所;INFINITUS–OCRI 功能油脂联合实验室

联合主办单位:中国海洋大学

协办单位:中国农业科学院烟草研究所;山东省农业科学院农产品研究所

重点议题:1. 脂质分析与表征;2. 脂质制备与修饰;3. 脂质改良与调控;4. 脂质代谢与健康

会议注册联系人:吕昕　15207162135　　会议投稿联系人:谢亚　15889606036

会议联系邮箱:lipidscience@sina.com