

# 壳聚糖在加压内酯豆腐加工中的应用研究

赵希荣, 王世亮, 邓成扣

(淮阴工学院食品工程系, 江苏淮安 223003)

**摘要:**利用壳聚糖的增稠、凝胶和防腐作用性质,将其应用于加压内酯豆腐生产过程中。于添加壳聚糖前后,比较加压内酯豆腐相关性质,如失水性、保水性和贮藏性的变化情况。通过正交实验设计得到加压内酯豆腐的最佳生产工艺参数为:生豆浆浓度比为1:12,凝固剂葡萄糖酸内酯(GDL)用量为生豆浆质量的0.20%,壳聚糖用量为生豆浆质量的0.01%,点脑保温为70℃,凝固时间为30min。在该条件下生产出的加压内酯豆腐具有较好的持水性和水分含量,在5℃下保质期为21d,29.4℃条件下可保鲜24h。

**关键词:**豆腐,内酯,壳聚糖,防腐,持水性

## Applied research of chitosan in processing of pressure lactone bean curd

ZHAO Xi-rong, WANG Shi-liang, DENG Cheng-kou

(Department of Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

**Abstract:** Chitosan, based on its thickening, gelling and preservative effects, was applied on the processing of pressure lactone bean curd. The properties of pressure lactone bean curd in pre- and post-treatments, such as water loss, water holding capacity and storability, were determined. By the orthogonal test, the optimum technology parameters of pressure lactone bean curd was by as follows: concentration ratio of bean milk was 1:12, the amount of gluconic acid lactone coagulant (GDL) was 0.20% of bean milk, the amount of chitosan was 0.01% of bean milk, best coagulating temperature was 70℃, coagulating time was 30min. The product under the conditions exhibited better water holding capacity and moisture, while the shelf-life of bean curd at 5℃ and 29.4℃ reached 21 days and 24h, respectively.

**Key words:** bean curd; lactone; chitosan; preservation; water holding capacity

中图分类号: TS214.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)04-0213-05

豆腐是非发酵豆制品,是由原料大豆经过挑选、清洗、浸泡、磨浆、除渣、煮浆、上脑、蹲脑、成型等工艺制作而成的。从凝固剂分类看,主要分为石膏豆腐、内酯豆腐、盐卤豆腐等<sup>[1]</sup>。目前国内豆腐生产工艺主要采用传统加工工艺,家庭作坊式生产,浪费了大量的人力物力;豆腐中蛋白质含量高、水分含量多且自身又处于中性条件,易造成微生物的大量繁殖,且由于现有工艺的连续化、自动化程度不高,导致在豆腐生产过程中易带入造成豆腐腐败变质的微生物,使豆腐半成品与成品发生二次污染,致使豆腐货架期缩短,夏季超过12h、冬季超过24h,豆腐就开始渗水、发酸。另外目前豆腐制作中还存在强度差、易碎、易烂、保水性差等问题,从而限制豆腐的工业化、

连续化生产<sup>[2]</sup>。为了克服豆腐的上述缺点,可通过添加食品防腐剂来实现延长豆腐保质期的目的,但是由于防腐剂可能会影响人们的健康而受到限制。壳聚糖是一种天然生物多糖,具有广谱抗菌活性,同时它兼有生物相容性、生物降解性、无毒副作用等特性,在解决豆腐品质,延长豆腐保质期以及生产工业化等方面起到一定的积极作用<sup>[3]</sup>。目前壳聚糖具有的增稠性、抑菌性及生物无毒性、易降解的特性使得其在食品行业得到了广泛的应用,将壳聚糖与其它食品防腐剂进行对比,发现壳聚糖的抗菌性能与苯甲酸钠、山梨酸钾相当,是理想的天然食品防腐剂。本实验主要通过利用壳聚糖的增稠、凝胶和防腐作用性质,将壳聚糖应用于加压内酯豆腐的生产过程中,通过比较壳聚糖同葡萄糖酸- $\delta$ -内酯(GDL)凝固剂混合使用时,加压内酯豆腐相关性质如含水量、失水性、保水性和贮藏性的变化情况,获得添加壳聚糖制作加压内酯豆腐的最佳生产工艺,以便制作出一

收稿日期: 2009-12-05

作者简介: 赵希荣(1961-),男,博士研究生,教授,研究方向:特色食品资源的开发与利用。

表2 感官评分标准  
Table 2 Standard of sensory score

感官指标	状态描述及评分		
	8~10	6~7	3~5
色泽	光亮 色泽呈白色	色泽较白、无光泽	色泽暗淡,呈淡黄色,无光泽
质地	坚实而富有弹性	坚实,弹性稍差	坚硬不易变型、或松软易变型
口感	口感细腻且韧性好,嚼性好	口感较细腻,韧性较好,嚼性较好	口感粗糙、无韧性或无嚼性,入口即变形
弹性	弹性好且能较快恢复原形	弹性较好恢复一般	变形性差,难恢复原形

种持水性好、水分含量高、口感好的豆腐,实现工业化生产<sup>[4-6]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

大豆 购于当地粮油批发店,为低油脂大豆,在干燥低温阴凉条件下保藏以备使用;葡萄糖酸内酯 常州市康力食品加工厂;消泡剂 黑龙江省亚太食品工业有限公司;L-谷氨酸  $C_5H_9NO_4$  分子量 147.13;碳酸氢钠( $NaHCO_3$ ) 食品级;壳聚糖 分子量为 50 万,脱乙酰度为 90%。

FDM-2-100 磨浆机 镇江新区江南机械厂;HH-4数据恒温水浴锅 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 壳聚糖-谷氨酸溶液的制备 壳聚糖不溶于水,但可溶解于谷氨酸等有机弱酸中。壳聚糖-谷氨酸水溶液中谷氨酸使用量为 0.1~0.4g/100mL( $H_2O$ )。壳聚糖溶解范围在 0.10~0.31g。此时壳聚糖与谷氨酸质量比在 1:1.12~1:1.28 范围,溶液 pH 不低于 3,因为溶液 pH 太低会影响豆浆蛋白的凝固点,会使大豆蛋白迅速凝固,豆腐的口感变得粗糙,鲜度重。

1.2.2 工艺流程 原料大豆→清选→浸泡→冲洗→磨浆→生浆→煮浆→点脑→蹲脑→上脑→压制成型→出包冷却(→切块→包装)→成品

#### 1.2.3 单因素实验方法

1.2.3.1 豆浆浓度(干豆与浆液的重量比)对豆腐品质的影响 凝固剂葡萄糖酸内酯的用量为豆浆质量的 0.20%,壳聚糖用量为豆浆质量的 0.01%,蹲脑温度为 80℃,蹲脑时间为 30min。设定豆浆浓度为 1:8、1:9、1:10、1:11、1:12、1:13、1:14,考察豆浆浓度对豆腐品质的影响。

1.2.3.2 凝固剂葡萄糖酸内酯对豆腐品质的影响 豆浆浓度为 1:11,壳聚糖用量为豆浆质量的 0.01%,蹲脑温度 80℃,蹲脑时间为 30min。设定凝固剂葡萄糖酸内酯用量为 0.14%、0.16%、0.18%、0.20%、0.22%、0.24%、0.26%。考察凝固剂葡萄糖酸内酯的用量对豆腐品质的影响。

1.2.3.3 壳聚糖(占豆浆质量百分数)对豆腐品质的影响 豆浆浓度为 1:11,凝固剂的用量为豆浆质量的 0.20%,蹲脑温度 80℃,蹲脑时间为 30min。设定壳聚糖用量为 0.005%、0.008%、0.010%、0.015%、0.020%、0.025%、0.030%。考察壳聚糖用量对豆腐品质的影响。

1.2.3.4 蹲脑温度对豆腐品质的影响 豆浆浓度为

1:11,凝固剂的用量为豆浆质量的 0.20%,壳聚糖用量为豆浆质量的 0.010%,蹲脑时间为 30min。设定蹲脑温度为 60、65、70、80、85、90、95℃。考察蹲脑温度对豆腐品质的影响。

1.2.4 正交实验方法 根据对实验操作结果的分析,蹲脑时间在合适的范围内变化对豆腐的品质影响较小,因此在运用正交实验进行研究时,可以不考虑蹲脑时间对豆腐品质的影响。

为了确定最佳的豆腐制作工艺条件,实验采用四因素三水平  $L_9(3^4)$  正交实验设计法,分别以豆浆浓度、凝固剂用量、壳聚糖用量、蹲脑温度 4 个因素进行正交实验,因素水平设计见表 1。

表1 正交实验因素表

Table 1 Factors and levels in orthogonal array design

水平	因素			
	A 豆浆浓度	B 凝固剂用量(豆浆质量%)	C 壳聚糖用量(豆浆质量%)	D 蹲脑温度(℃)
1	1:10	0.18	0.01	70
2	1:11	0.20	0.02	80
3	1:12	0.22	0.03	90

### 1.3 检测方法

1.3.1 感官评分标准 感官评分标准采用 10 分制,详见表 2。

#### 1.3.2 豆腐的性能测定

1.3.2.1 豆腐的水分含量 豆腐水分含量测定是将豆腐样品切成 5~8g/块,放置在干燥至恒重的称量瓶中,在 105℃ 恒温干燥箱中干燥 4h,然后快速将样品从恒温干燥箱中取出,放置在干燥器中放凉 30min,用电子天平称量直至干燥前后两次称量差在  $\pm 0.02g$  范围内时样品是恒重,计算豆腐的水分含量。

1.3.2.2 持水性的测定 失水能力是豆腐凝胶品质的重要指标,持水性反映了大豆蛋白凝胶网络结构状态。在同一块豆腐中,取适量的豆腐块,准确称重,重量为  $W_1$ ,用纱布包裹,放在 20 度的倾斜面上,上面放置 500g 重砝码,5min 后,精确称量重量为  $W_2$ ;由下式计算持水性:

$$\text{持水性}(\%) = 1 - [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100\%$$

1.3.2.3 豆腐保质期 豆腐保质期通过感官评定测定 4℃ 冰箱中保存样品来评价。由九位有一定经验人员组成的品评小组检验样品在色泽、风味或样品表面上是否发生变化。保质期以样品在保存过程中评定小组发现样品表面有发黏、发黄现象的贮存天数为计。

1.3.2.4 豆腐凝胶强度的测定 在天平右端放置凝固好的豆腐,天平左端放置空烧杯,用砝码调节平

衡,将面积 $1\text{cm}^2$ 的铁棒平面与豆腐平面保持水平接触并且铁棒与豆腐平面垂直,然后以 $40\sim 50$ 滴/min的速度向空烧杯中滴加蒸馏水,使天平失去平衡,当豆腐被铁棒向上顶起而破裂,此时水的重量即为豆腐的凝胶强度( $\text{g}/\text{cm}^2$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验

2.1.1 豆浆浓度对豆腐品质的影响 由图1和图2综合分析可以看出,豆浆浓度是影响豆腐凝胶质量的一个重要因素。豆浆浓度主要是指豆浆中蛋白质浓度。豆浆浓度低,点脑后形成的脑花太小,持水性差,水分含量低,产品发死发硬,出品率低;豆浆浓度高,生成的脑花块大,持水性好,水分含量大,有弹性。但浓度过高时,凝固剂与豆浆一接触,就会迅速形成大块脑花,造成凝胶不匀和白浆等现象,豆浆浓度过大使得豆腐色泽暗淡、发黄、豆味过浓,水分含量低。综合分析得出豆腐制作所需豆浆浓度范围为 $1:9\sim 1:13$ ,此时,制作得到的豆腐口感好、弹性强、色泽光亮、水分含量高和持水性好。

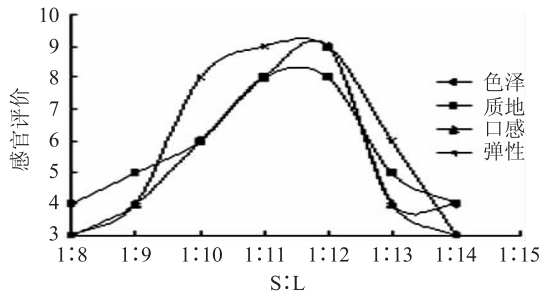


图1 豆浆浓度对豆腐感官评分的影响

Fig.1 Effect of bean milk concentration on sensory score of bean curd

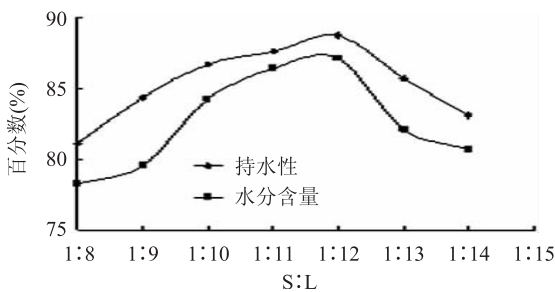


图2 豆浆浓度对豆腐持水量与水分含量的影响

Fig.2 Effect of bean milk concentration on water holding capacity and water content of bean curd

2.1.2 凝固剂用量对豆腐品质的影响 由图3和图4综合分析可以看出,在豆腐的制作中目前常用的酸类凝固剂主要是葡萄糖酸内酯,用葡萄糖酸内酯做成的豆腐保水性能好,组织光滑细腻,产品的出品率高,但有微酸味。当凝固剂葡萄糖酸内酯的量太少所制的豆腐太嫩、易变型、易碎、持水性差、水分含量低;当凝固剂葡萄糖酸内酯用量过大制成豆腐太硬,色泽呈淡黄,酸味过于严重,不易保存且豆腐的持水性下降,水分含量降低。因此,得出凝固剂葡萄糖酸内酯用量范围为豆浆质量的 $0.16\%\sim 0.24\%$ 。此时,

制作的豆腐口感好、弹性强、色泽光亮、水分含量高、持水性好。

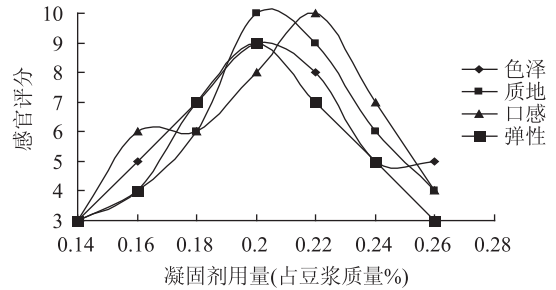


图3 凝固剂用量对豆腐感官评分的影响

Fig.3 Effect of the amount of coagulant on sensory score of bean curd

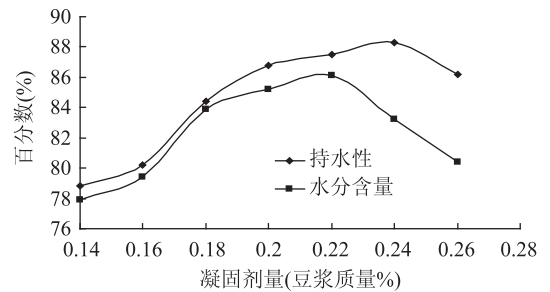


图4 凝固剂用量对豆腐持水量和水分含量品质的影响

Fig.4 Effect of the amount of coagulant on water holding capacity and water content of bean curd

2.1.3 壳聚糖用量对豆腐品质的影响 由图5和图6综合分析可以看出,壳聚糖用量直接影响到豆腐的品质。当壳聚糖在一定含量范围内,随着壳聚糖用量的增加,豆腐的持水性增强,水分含量增加,口感细腻;当大于一定值时,豆腐的持水性还是增加,但是水分含量下降,口感变得粗糙。由于其强烈的絮凝效果,会形成网状或块状的大网络豆腐脑,豆腐的口感粗糙,略腥;而用量过少又不能起到增强持水性和凝胶强度等作用。因此,得出壳聚糖用量范围为豆浆质量的 $0.008\%\sim 0.030\%$ 。

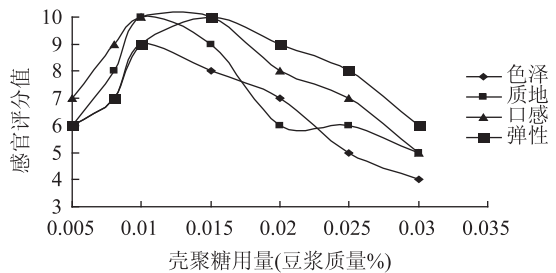


图5 壳聚糖用量对豆腐感官评分的影响

Fig.5 Effect of the amount of chitosan on sensory score of bean curd

2.1.4 蹲脑温度对豆腐品质的影响 由图7和图8综合分析可以看出,蹲脑温度也是影响豆腐品质的重要因素。蹲脑温度过低,豆浆不易凝固,制成的豆腐口感差、质地松软、弹性差、持水量低、水分含量低;蹲脑温度过高,凝固性较强,持水性大,但是制成的豆腐硬度大、色泽暗黄、口感差、弹性差、水分含量低。因此,得出蹲脑温度范围为 $65\sim 90^\circ\text{C}$ 。



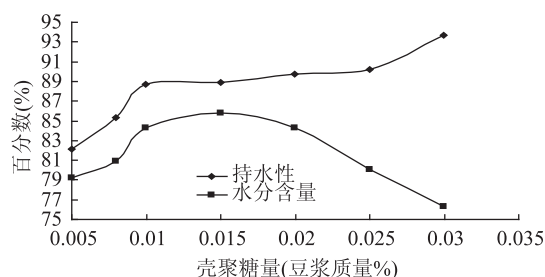


图6 壳聚糖用量对豆腐持水性和水分含量的影响

Fig.6 Effect of the amount of coagulant on water holding capacity and water content of bean curd

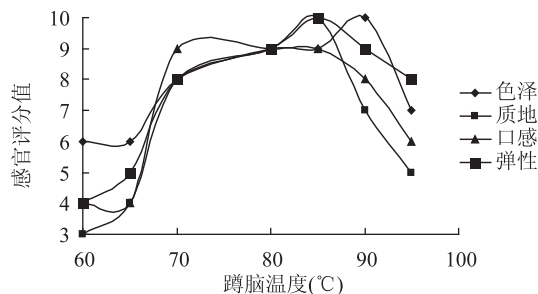


图7 蹲脑温度对豆腐感官评分的影响

Fig.7 Effect of coagulation temperature on sensory score of bean curd

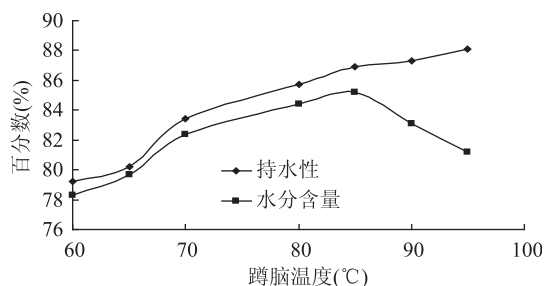


图8 蹲脑温度对豆腐的持水性和水分含量的影响

Fig.8 Effect of coagulation temperature on water holding capacity and water content of bean curd

## 2.2 正交实验结果及分析

选取  $L_9(3^4)$  正交实验, 实验方案及结果见表3。本实验中两个指标是豆腐水分含量和持水性, 指标越大越好。

从水分含量指标考虑, 优化方案为  $A_3B_2C_1D_1$ 。从持水性指标考虑, 优化方案为  $A_3B_2C_3D_3$ , 由于豆腐的最佳品质是由持水性、水分含量和感官评分等诸因素所决定的, 持水性过高的豆腐, 其水分含量较低, 口感较差, 因此综合考虑持水性、水分含量和感官评分, 优选方案为  $A_3B_2C_1D_1$ , 即生豆浆浓度为干大豆质量与豆浆质量比为 1:12, 凝固剂葡萄糖酸内酯用量为豆浆质量为 0.20%, 壳聚糖为豆浆质量的 0.01%, 蹲脑温度为 70℃。

由 R 可以看出, 对豆腐水分含量影响最为显著的是生豆浆浓度, 其次为蹲脑温度, 再次为凝固剂葡萄糖酸内酯用量, 影响最小的是壳聚糖用量。由 R' 可以看出, 对豆腐持水性影响最为显著的是壳聚糖用量, 其次为生豆浆浓度, 再次为蹲脑温度, 影响最小的为凝固剂葡萄糖酸内酯用量。

表3 正交实验方案及实验结果分析表

Table 3 Design and result analysis of orthogonal test

实验号	因素				水分含量 (%)	持水性 (%)
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	85.9	86.7
2	1	2	2	2	86.2	87.0
3	1	3	3	3	84.0	89.1
4	2	1	2	3	84.4	87.2
5	2	2	3	1	87.2	89.2
6	2	3	1	2	87.3	87.0
7	3	1	3	2	87.1	90.6
8	3	2	2	3	88.2	89.4
9	3	3	1	1	88.7	87.9
$k_1$	85.4	85.8	87.3	87.3	779.0( $T_1$ )	794.1( $T_2$ )
$k_2$	86.3	87.2	86.3	86.9		
$k_3$	88.0	86.7	86.1	85.5		
R	2.6	1.4	1.2	1.8		
$k'_1$	87.6	88.2	87.2	87.9		
$k'_2$	87.8	88.5	87.9	88.2		
$k'_3$	89.3	88.0	89.6	88.6		
R'	1.7	0.5	2.4	0.7		

由最优实验组合  $A_3B_2C_1D_1$  进行验证实验, 通过感官品评和测量豆腐的持水性和水分含量得出空白对照实验和优化配方制作的相关参数如表4所示。

表4 空白对照组与优化组对比表

Table 4 Comparison of products of control group and optimization group

组别	含水量 (%)	持水性 (%)	室温保质期 (29.4℃)	低温 5℃ 的保质期 (d)
空白组	88.55	84.31	10h	6
优化配方组	89.71	88.27	24h	21

由上述结果可以看出在豆腐中加入壳聚糖后, 豆腐的持水性和水分含量显著提高, 即可提高豆腐产量; 豆腐保质期也大大延长, 其色泽、质地、口感、弹性也有相应的提高。

## 3 结论

在合适的 pH 范围, 壳聚糖可溶解在谷氨酸溶液中, 壳聚糖-谷氨酸水溶液中谷氨酸使用量为 0.1~0.4g/100mL ( $H_2O$ )。壳聚糖溶解范围为 0.10~0.31g/100mL ( $H_2O$ )。此时壳聚糖与谷氨酸质量比在 1:1.12~1:1.28 的范围。

考察了豆浆浓度、凝固剂用量、壳聚糖用量、蹲脑温度四因素对豆腐品质的影响, 单因素实验表明: 豆浆浓度范围为 1:9~1:13; 凝固剂用量范围为 0.16%~0.24%; 壳聚糖用量范围为 0.008%~0.030%; 蹲脑温度范围为 65~90℃。

四因素三水平正交实验结果表明生豆浆浓度对豆腐水分含量最为显著, 其次是蹲脑温度, 再次是凝固剂用量, 影响最小的为壳聚糖用量; 而对豆腐持水性影响最为显著的是壳聚糖用量, 其次为生豆浆浓度, 再次为蹲脑温度, 影响最低的为凝固剂葡萄糖酸内酯用量。综合分析得到优化豆腐的制作工艺: 生

(下转第 222 页)

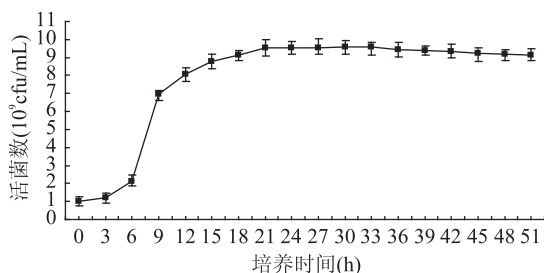


图17 优化条件下生长曲线

Fig.17 The growth curve of bacteria

量 75mL/250mL, 培养 24h 的条件下, 优化后培养基活菌数为  $9.74 \times 10^9 \text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 分别是普通 LB 培养基和牛肉膏蛋白胨培养基的 1.71、1.55 倍, 明显地提高了活菌量。

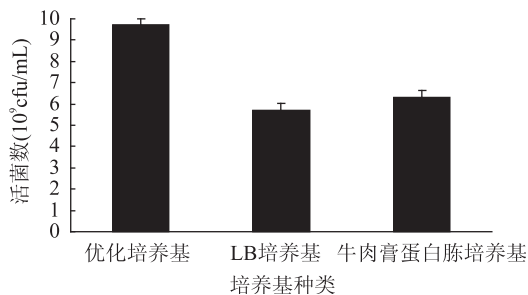


图18 不同培养基活菌量的比较

Fig.18 Comparison of bacteria growth in different medium

### 3 结论

巴斯德芽孢杆菌通过自身的代谢活动, 利用其生长过程中所表达的特殊酶, 与周围环境介质不断发生酶化作用而生成  $\text{CO}_3^{2-}$ , 并在有  $\text{Ca}^{2+}$  存在的环境下形成具有胶结作用的碳酸钙晶体的过程, 微生物细胞本身也为这些碳酸钙晶体提供成核位点。由于这类碳酸钙晶体具有胶结作用, 而被国内外研究者引入应用在重大建筑工程和重要历史建筑物裂缝的修补方面。本文研究结果表明, 最适培养基配方 (g/L) 为甘露醇 40、大豆蛋白胨 25、氯化铵 3、氯化钠 10, pH 为 8.0; 最适培养条件为温度  $30^\circ\text{C}$ , 摇床转速是 200r/min, 接种量是 4.0% (V/V), 装瓶量 75mL/250mL, 培养 24h, 活菌数达到最大值 ( $9.52 \times 10^9 \text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ )。通过对巴斯德芽孢杆菌培养技

(上接第 216 页)

豆浆浓度比为 1:12; 凝固剂用量为豆浆质量的 0.20%, 壳聚糖用量为豆浆质量的 0.01%, 蹲脑温度为  $70^\circ\text{C}$ 。制作的豆腐水分含量为 89.71%, 持水量为 88.27%, 在  $29.4^\circ\text{C}$  室温下保藏时间 24h, 在  $5^\circ\text{C}$  低温保藏时间为 21d, 由此可见, 添加壳聚糖后可提高豆腐的品质, 延长其保质期。

### 参考文献

[1] 李里特, 李再贵, 殷丽君. 大豆加工与利用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 25-55.  
[2] 吴谋成. 食品分析与感官评定 [M]. 北京: 中国农业出版

术的研究, 为巴斯德芽孢杆菌形成方解石在工程领域的应用研究提供理论参考。但本实验主要原料是甘露醇、蛋白胨等精细原料, 发酵生产成本较高。在使用价廉易得的农副产品作为主要原料、对发酵培养基进行优化, 提高芽孢转化率, 以增强其对各种恶劣的环境因素的抗性等方面还需要深入研究。

### 参考文献

[1] 王瑞兴, 钱春香, 王剑云. 微生物沉积碳酸钙研究 [J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2005, 35(1): S191-S195.  
[2] 黄琰, 罗学刚, 何晶, 等. 微生物在石英砂中诱导方解石沉积的实验研究 [J]. 西南科技大学报, 2009, 24(2): 65-69.  
[3] 黄琰, 罗学刚, 杜菲. 微生物诱导方解石沉积加固的影响因素 [J]. 西南科技大学学报, 2009, 24(3): 87-93  
[4] Gaylarde C, Ribas Silva M, Warscheid T. Microbial impact on building materials: an overview [J]. Materials and Structures, 2003, 36(5): 342-352.  
[5] Mitchell J K, ASCE H M, et al. Biological considerations in geotechnical engineering [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE, 2005, 131(10): 1222-1233.  
[6] Fernandes P. Applied microbiology and biotechnology in the conservation of stone cultural heritage materials [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2006, 73(2): 291-296.  
[7] De Muynck W, De Belie N, et al. Improvement of concrete durability with the aid of bacteria [C]. In Proceedings of the First International Conference on Self Healing Materials, Noordwijkaan Zee, The Netherlands, 2007: 1-11.  
[8] 王瑞兴, 钱春香. 微生物沉积碳酸钙修复水泥基材料表面缺陷 [J]. 硅酸盐学报, 2008, 36(4): 457-465.  
[9] 成亮, 钱春. 巴斯德芽孢杆菌株 A 固结土壤  $\text{Cd}^{2+}$  的生物矿化过程 [J]. 硅酸盐学报, 2008, 36(1): S215-S222.  
[10] 王瑞兴, 钱春香, 吴森, 等. 微生物矿化固结土壤中重金属研究 [J]. 功能材料, 2007, 38(9): 1523-1527.  
[11] 张玲. 微生物学实验指导 [M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2007: 50-52  
[12] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统-实验设计、统计分析及数据挖掘 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 267-274.  
社, 2006: 122-167.  
[3] 王荣荣, 王家东. 豆腐凝固剂的研究进展 [J]. 食品卫生, 2005, 21(8): 966-969.  
[4] Wang C C R, Chang S K C. Physicochemical properties and tofu quality of soybean cultivar protot [J]. Agri Food Chem, 1995, 43: 12-15.  
[5] Chang K C. Sulfur amino acid stability hydrogen peroxide treatment of casein egg white and soy isolate [J]. Food Science, 1982, 47: 1181-1183.  
[6] 白至德. 大豆制品的加工 [M]. 北京: 轻工业出版社, 1985: 120-133.