

# 酸奶中添加 DHA 微胶囊发酵工艺的优化

钱浩, 刘风华, 裴娟, 曹松\* (新疆石河子花园乳业有限公司, 新疆石河子 832000)

**摘要** [目的] 优化添加微胶囊的酸奶发酵工艺, 为微胶囊型功能性酸奶的开发提供技术支持。[方法] 考察了影响酸奶发酵品质的接种量、发酵温度、微胶囊与牛奶混合比例、菌种比例等因素, 通过酸奶发酵过程中的酸度指标与感官评定分值对产品进行评判。[结果] 确定了添加二十二碳六烯酸(DHA)微胶囊的酸奶最佳工艺条件为接种量 3%, 发酵温度 42 ℃, 微胶囊与鲜乳混合比例在 0.10 g/mL, 菌种配比为 1:1。[结论] 试验所得工艺适合添加微胶囊酸奶的工业化生产, 在实际生产中有一定的推广应用价值。

**关键词** 酸奶; 微胶囊; 发酵

中图分类号 S879.1; TS252 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)10-0095-02

## Optimization of Yogurt Fermentation Process by Adding DHA Microcapsule

QIAN Hao, LIU Feng-hua, PEI Juan, CAO Song\* (Xinjiang Shihezi Garden Dairy Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang 832000)

**Abstract** [Objective] To optimize yogurt fermentation process by adding microcapsule and to provide technical support for development of microcapsule functional yogurt. [Method] Factors influencing fermentation quality of yogurt were investigated including inoculation amount, fermentation temperature, mixing ratio of microcapsules and dairy cows, proportion of bacteria. The products were evaluated by acidity index and sensory score during the fermentation process. [Result] The optimal conditions for yogurt with DHA were as following: inoculation amount 3%, fermentation temperature 42 ℃, mixing ratio 0.10 g/mL, strain proportion 1:1. [Conclusion] In this experiment, the process is suitable for commercial production of microcapsule yogurt, and has a certain promotion value in the industrial production.

**Key words** Yogurt; Microcapsule; Fermentation

酸奶是牛乳经由乳酸菌或其他益生菌发酵得到的, 具有预防肠道疾病的功效。国内一些研发人员采用微胶囊包埋技术, 突破传统液态牛奶添加固形物的技术瓶颈, 开发系列营养酸奶, 使牛磺酸、核桃油、磷脂等益智成分与牛奶相溶, 不仅解决了常温保存等业内棘手问题, 而且提高了营养成分的吸收率。二十二碳六烯酸(DHA)在儿童大脑发育、视力发育及心血管的生成中起到重要的作用, 将其添加到牛奶中可起到一定保健效果。笔者通过微胶囊的处理除去 DHA 的腥味, 再将微胶囊添加在发酵酸奶中并优化发酵工艺<sup>[1-2]</sup>, 以开发新品种酸奶。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

**1.1.1 原辅料。**鲜牛奶、蔗糖、嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、DHA 微胶囊以及其他辅料均由新疆花园乳业有限公司提供。

**1.1.2 主要设备。**电热恒温培养箱(SKP-02.250), 黄石市恒丰医疗器械有限公司; 冰箱(BCD-208K), 青岛海尔股份有限公司; 全自动灭菌锅(D-1), 上海比朗仪器有限公司; 台式高速离心机(TG16W), 中国科学院武汉科学仪器厂。

### 1.2 方 法

**1.2.1 工艺流程。**原料乳→脱脂<sup>+微胶囊</sup>→过滤→调配→均质→杀菌→冷却→接种→发酵→冷藏后发酵→检验成品。

**1.2.2 酸度测定。**NaOH 滴定法<sup>[3]</sup>, 在 150 mL 锥形瓶中移入 10 mL 发酵样品, 准确到 10 mg, 加入约 20 mL 蒸馏水, 用 0.1 mol/L NaOH 滴定, 按下式计算酸度(°T)。

$$\text{酸度} = 10 \times \text{NaOH 消耗量} \times 0.1 \times 10$$

**1.2.3 产品感官评定。**由研发团队与合作单位的专业技术人员 10 人组成感官评定小组<sup>[4]</sup>, 采用百分制对产品质量进行评分。根据酸奶的色泽、风味、口感和组织形态进行评分, 取平均值为最终感官得分, 感官评分标准: 色泽满分 10 分, 风味满分 30 分, 口感满分 30 分, 组织形态满分 30 分。感官评定表述参照食品安全国家标准发酵乳 GB 19302—2010。

### 1.2.4 单因素试验。

**1.2.4.1 酸奶中菌种的添加量。**选取 1%、3%、5% 的接种量, 活菌数含量  $10^7$  CFU/mL, 温度 40 ℃ 发酵 12 h, 微胶囊 0.15 g/mL 添加在鲜乳中, 菌种配比为 1:1, 每种接种量做 3 组平行试验, 考察接种量对酸奶的酸度与感官品质的影响<sup>[5]</sup>。

**1.2.4.2 酸奶的发酵温度。**选取 38、42、45 ℃ 不同发酵温度, 接种量为 3%, 微胶囊 0.15 g/mL 添加在鲜乳中, 菌种配比为 1:1, 发酵 12 h, 每种发酵温度做 3 组平行试验, 考察不同发酵温度对酸奶的酸度与感官品质的影响。

**1.2.4.3 酸奶中微胶囊与鲜乳混合发酵比例。**微胶囊量分别选取 0.05、0.10、0.15 g/mL 3 个水平添加在鲜乳中进行试验, 接种量为 3%, 温度 42 ℃ 发酵 12 h, 菌种配比为 1:1, 不同添加量的微胶囊做 3 组平行试验, 考察其对酸奶的酸度与感官品质的影响。

**1.2.4.4 酸奶中菌种配比。**菌种(嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌)配比分别选取 1:1、2:1、1:2, 接种量 3%, 42 ℃ 发酵 12 h, 微胶囊 0.15 g/mL 添加在鲜乳中, 菌种配比做 3 组平行试验, 考察其对酸奶的酸度与感官品质的影响。

**1.2.5 发酵工艺的正交试验优化。**在单因素试验的基础上, 选择接种量、发酵温度、微胶囊与鲜乳混合发酵比例、菌种配比 4 个主要因素进行正交试验, 对发酵工艺进行优化。根据单因素试验情况, 采用  $L_9(3^4)$  正交试验, 各因素水平设定见表 1。

**作者简介** 钱浩(1989—), 男, 河南永城人, 工程师, 从事食品科学与工程研究。\* 通讯作者, 从事食品生物技术与产品开发研究。

**收稿日期** 2017-01-31

表1 添加DHA微胶囊的酸奶发酵工艺正交试验因素水平

Table 1 Factor and level of orthogonal test for yogurt fermentation process by adding DHA microcapsule

水平 Level	因素 Factor			
	菌种配比(A) Strain ratio	接菌量(B) Inoculation amount %	发酵温度(C) Fermentation temperature °C	微胶囊与鲜乳 混合比例(D) Mixing ratio of microcapsule and fresh milk g/mL
1	1:1	1	38	0.05
2	1:2	3	42	0.10
3	2:1	5	45	0.15

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素发酵试验

**2.1.1 接菌量。**由图1可知,接菌量为5%时产酸量最快,当发酵6 h时,接菌量3%的产酸为38.7 °T,而接菌量1%的产酸仅有34.2 °T,表明接菌量越大,产酸速度越快。考虑到发酵时间与成本因素,选取接菌量以3%~5%为宜。

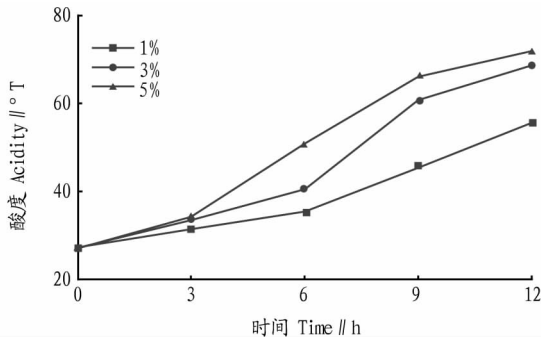


图1 不同接菌量对酸奶发酵产酸的影响

Fig. 1 Effects of different inoculation amount on fermentation acid production

**2.1.2 发酵温度。**由图2可知,当发酵温度为38 °C时,在发酵过程中酸奶酸度产生速度减慢;发酵温度为45 °C时,发酵6 h后,酸奶的酸度有明显的提升,随着时间的延长,最终在发酵12 h后酸度达到91.2 °T。温度过高时,酸奶的感光效果变差,凝乳质地变差,同时出现乳清析出现象。因此,综合考虑将发酵温度定在42 °C为宜。

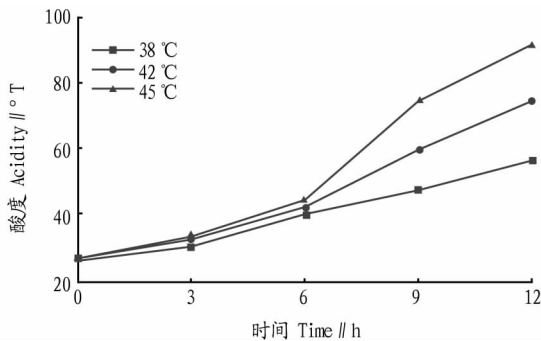
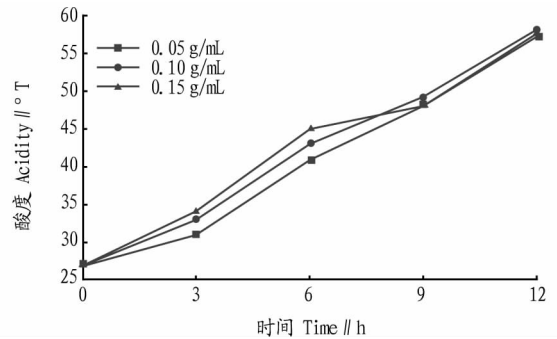


图2 不同发酵温度对酸奶发酵产酸的影响

Fig. 2 Effects of different temperature on fermentation acid production

**2.1.3 微胶囊与鲜乳混合发酵比例。**由图3可知,微胶囊与鲜乳混合发酵比例在0.05、0.10、0.15 g/mL发酵12 h后,

其酸奶的酸度趋于一致,在不同时间点测得的试验数据没有显著差异。综合考虑,混合比例为0.10 g/mL时,发酵的凝乳质地良好,发酵时间快,生产中可以采用。

图3 不同微胶囊与鲜乳混合发酵比例对酸奶发酵产酸的影响  
Fig. 3 Effects of different mixed ratio of microcapsule and fresh milk on fermentation acid production

**2.1.4 菌种配比。**由图4可知,当菌种配比为1:1时,在发酵6 h后产酸速度开始加快;当菌种配比为1:2和2:1时,发酵9 h后产酸速度才逐渐加快。综合考虑,将菌种配比设定为1:1为宜。

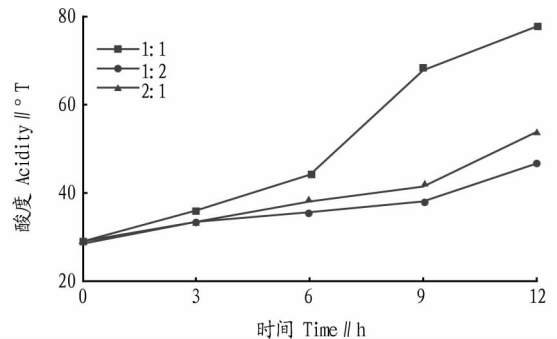


图4 不同菌种配比对酸奶发酵产酸的影响

Fig. 4 Effects of different strain ratio on fermentation acid production

**2.2 发酵工艺的正交试验优化** 根据单因素试验情况,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验,正交试验结果见表2。

由表2极差分析可知,各因素对产酸影响大小顺序依次为菌种配比、微胶囊与鲜乳混合比例、接菌量、发酵温度,各因素对感官评价影响大小顺序依次为微胶囊与鲜乳混合比例、接菌量、菌种配比、发酵温度。理论上最佳组合是 $A_1B_2C_2D_2$ ,即菌种接菌量3%、发酵温度42 °C,微胶囊与鲜乳混合发酵比例0.10 g/mL,菌种配比1:1。

### 3 结论与讨论

该研究将DHA微胶囊添加到在牛奶中,通过工艺参数的优化,得出较优的工艺为接菌量3%,发酵温度42 °C,微胶囊与鲜乳的混合比例为0.10 g/mL,菌种配比1:1。成品具有组织状态细腻、酸乳香味醇厚、口感稠厚、色泽纯正等特点。酸牛奶制作中乳固体含量对酸牛奶质量影响很大,蛋白质、脂肪、乳糖是酸牛奶形成过程中最重要的物质基础,这些物质含量越高,越有利于酸牛奶凝固,析出乳清也越少<sup>[6]</sup>。该

(下转第142页)

结果显示:在一定低温范围内,温度越低,苹果蠹蛾滞育解除的效率就越高;长光照虽然能够促进苹果蠹蛾滞育的解除,但不是其打破滞育的依赖因素;如果不经过低温处理,苹果蠹蛾很难解除滞育。在低温处理的基础上,光照时间越长,其化蛹率越高,越有利于苹果蠹蛾滞育的解除,低温与长光照的配合能有效地解除滞育。低温是解除滞育的关键因素。这与 Ashby 等<sup>[14]</sup>、Peterson 等<sup>[15]</sup>、Neven<sup>[16]</sup>的报道基本一致。

参考文献

[1] 张学祖. 苹果蠹蛾(*Carpocapsa pomonella*(L.))在我国的新发现[J]. 昆虫学报,1957,7(4):467-472.  
 [2] 秦晓辉,马德成,张煜,等. 苹果蠹蛾在我国西北发生危害情况[J]. 植物检疫,2006,20(2):95-96.  
 [3] 蔡明. 苹果蠹蛾传入辽宁省的风险及阻隔对策[J]. 植物检疫,2010,24(2):34-36.  
 [4] 张润志,王福祥,张雅林,等. 入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究进展[J]. 应用昆虫学报,2012,49(1):37-42.  
 [5] 秦占毅,刘生虎,岳彩霞,等. 苹果蠹蛾在甘肃敦煌的生物学特性及综合防治技术[J]. 植物检疫,2007,21(3):170-171.  
 [6] 周昭旭,罗进仓,陈明. 苹果蠹蛾的生物学特性及消长动态[J]. 植物保护,2008,34(4):111-114.

[7] 魏玉红,罗进仓,周昭旭,等. 信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报[J]. 中国果树,2010(3):48-50.  
 [8] 于江南,吾木尔汗,肉孜加玛丽,等. 苹果蠹越冬生物学及有效积温的研究[J]. 新疆农业科学,2004,41(5):319-321.  
 [9] 刘月英,罗进仓,周昭旭,等. 不同温度下苹果蠹蛾实验种群生命表[J]. 植物保护学报,2012,39(3):205-210.  
 [10] 刘月英,罗进仓,周昭旭,等. 光周期和温度对苹果蠹蛾滞育诱导的影响[J]. 植物保护学报,2015,42(1):39-44.  
 [11] HODEK I, HODKOVA M. Multiple role of temperature during insect diapause: A review[J]. Entomologia experimentalis et applicata, 1988, 49(1/2):153-165.  
 [12] DENLINGER D L. Regulation of diapause[J]. Annual review of entomology, 2002, 47(1):93-122.  
 [13] KOSTÁL V. Eco-physiological phases of insect diapause[J]. Journal of insect physiology, 2006,52(2):113-127.  
 [14] ASHBY M D, SINGH P. Control of diapause in codling moth larvae[J]. Entomologia experimentalis et applicata, 1990,56(1):71-81.  
 [15] PETERSON D M, HAMNER W M. Photoperiodic control of diapause in the codling moth[J]. Journal of insect physiology, 1968,14(4):519-528.  
 [16] NEVEN L G. Fate of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in harvested apples held under short photoperiod[J]. Journal of economic entomology, 2012,105(2):297-303.

(上接第96页)

表2 添加DHA微胶囊的酸奶发酵正交试验方案与结果

Table 2 Scheme and result of orthogonal test for yogurt fermentation process by adding DHA microcapsule

试验号 Test No.	因素 Factor				微胶囊与鲜乳混 合比例(D) Mixed ratio of microcapsule and fresh milk	酸度(Y <sub>1</sub> ) Acidity//°T	发酵12h后感 官评价(Y <sub>2</sub> ) Sensory evalu- ation after ferme- ntation for 12 h//分
	菌种配比(A) Strain ratio	接种量(B) Inoculation amount	发酵温度(C) Fermentation temperature				
1	1	1	1	1	66.3	73	
2	1	2	2	2	71.2	88	
3	1	3	3	3	80.4	80	
4	2	1	2	3	79.2	78	
5	2	2	3	1	77.5	70	
6	2	3	1	2	82.6	76	
7	3	1	3	2	76.8	81	
8	3	2	1	3	78.6	87	
9	3	3	2	1	74.6	72	
k <sub>(Y<sub>1</sub>)1</sub>	72.6	74.1	75.8	72.8			
k <sub>(Y<sub>1</sub>)2</sub>	79.8	75.8	75.0	76.9			
k <sub>(Y<sub>1</sub>)3</sub>	76.7	79.2	78.2	79.4			
R <sub>(Y<sub>1</sub>)</sub>	7.2	5.1	3.2	6.6			
k <sub>(Y<sub>2</sub>)1</sub>	80.3	77.3	78.7	71.6			
k <sub>(Y<sub>2</sub>)2</sub>	74.7	81.7	79.3	81.7			
k <sub>(Y<sub>2</sub>)3</sub>	80.0	76.0	77.0	81.7			
R <sub>(Y<sub>2</sub>)</sub>	5.6	5.7	2.3	10.1			

试验所得到工艺适合添加微胶囊的酸奶工业化生产,在实际生产中有一定的推广应用价值。

参考文献

[1] 王滢雪. 游离与微胶囊化益生菌对酸奶感官性质的影响[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(3):32-35.  
 [2] 耿丽晶,周围,张丽艳. 蓝莓玫瑰汁保健酸奶的研制[J]. 食品工业, 2013,34(2):4-6.

[3] 国家乳制品质量监督检验中心. 乳品常规检验知识和检验方法[S]. 哈尔滨:国家乳制品质量监督检验中心,1996.  
 [4] 赵凯艳,魏安池,郑彦芳,等. 发酵条件对花生酸奶奶质地和酸度影响[J]. 粮食与油脂,2014,27(7):54-57.  
 [5] 段善海,缪铭,胡萝卜酸奶的开发研究[J]. 食品工业科技,2004,25(6):93-95.  
 [6] 杨超恒. 乳酸菌发酵机理及酸奶工艺优化研究[D]. 北京:中国农业大学,2004:24.