

徐致远,刘振民,王 豪. 无添加剂发酵乳的研制[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):283-285.

无添加剂发酵乳的研制

徐致远,刘振民,王 豪

(乳业生物技术国家重点实验室/光明乳业股份有限公司技术中心,上海 200436)

摘要:为生产出质地稠厚、货架期间不析水的无添加剂发酵乳,以黏度为评价指标,通过单因素试验和正交试验,研究了原料乳蛋白质含量、乳酸乳球菌添加量、背压压力、背压温度对无添加剂发酵乳质地的影响,并在单因素试验基础上对关键工艺参数进行正交优化,开发出一种质地稠厚的无添加剂发酵乳,优化参数为:乳蛋白质含量 4.2%、乳酸乳球菌添加量 1.4×10^7 CFU/g、背压压力 0.4 MPa、背压温度 22 ℃。

关键词:无添加发酵乳;蛋白质;背压;黏度

中图分类号: TS252.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0283-03

发酵乳是以新鲜的牛奶或奶粉为主要原料,经过乳酸菌发酵获得的一种乳制品,以其独特的口感与营养功能,深受消费者青睐,市场日益扩大^[1-3]。商业发酵乳主要通过添加化学合成或物理改性过的食品添加剂达到提高质地与风味,避免在货架期乳清析出等现象的发生^[3-6]。近几年来,随消费者健康意识的增加,以及“明胶”、“皮革水解奶”等频发的非法使用添加剂事件使消费者对添加剂十分反感,消费者渴求最少配料食品,回归食品的本质。但我国乳业起步较晚,受奶源严重不足及奶牛品种与环境条件的影响,牛乳的乳固体含量较低,不使用增稠剂等添加剂的发酵乳因质地稀薄导致其在货架期析水^[7-8],难以被消费者接受,因此目前市场上尚无不含增稠剂等食品添加剂的发酵乳。

通过对工艺条件的研究,开发一种无添加剂的发酵乳满足市场的健康需求,必将产生积极的经济效益和社会效益。我们仅以牛乳与菌种为原料,通过研究浓缩原料乳中蛋白质含量,乳酸乳球菌菌种添加量、背压压力与温度对无添加剂发

酵乳黏度的影响,开发出了一种质地稠厚、货架期内质地稳定的无添加剂发酵乳,为国内纯发酵乳的生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

全脂牛奶(蛋白质 2.9%,脂肪 3.1%)由光明乳业股份有限公司提供,菌种 YO300(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌)、菌种 MD88(乳酸乳球菌)由丹尼斯克菌种有限公司实验室保存。

1.2 仪器与设备

KA T25 高速组织分散机(德国 IKA 公司产品);APV 1000 型高压均质机(丹麦 APV 公司产品);酸度计(上海理达仪器厂产品);JJ500 电子天平(美国双杰兄弟集团有限公司产品);N25 背压阀(瑞士 MTS 公司产品);303A-2 电热恒温培养箱(山东龙口市电炉制造厂产品)。FF-100 双效蒸发器(丹麦 GEA-NIRO 公司产品)

1.3 试验方法

1.3.1 无添加剂发酵乳的制备工艺 牛奶→四效降膜蒸发浓缩(真空度为 0.45 MPa,蒸发沸点为 50 ℃)→浓缩牛乳(蛋白质含量 2.9%~5.4%)→均质(65 ℃,20 MPa)→杀菌(95 ℃,5 min)→冷却(20~30 ℃)→添加菌种(YO300 为 0.03 g/kg;MD88 为 $0 \sim 2.4 \times 10^8$ CFU/g)→发酵→背压

探讨[J]. 食品科学,2003,24(3):102-105.

[9] 张小鸣. 食品感官评定[M]. 北京:中国轻工业出版社,2006:189-203.

[10] 王大虎,骆粟波. 莲藕中多酚氧化酶主要特征及护色的研究[J]. 河南职业技术学院学报,1994,22(1):50-55.

[11] 陈有容,杨凤琼. 降低腌制蔬菜亚硝酸盐含量方法的研究进展[J]. 上海水产大学学报,2004,13(1):67-71.

[12] Cammack R, Joannou C L, Xiao Y C, et al. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation[J]. Biochimica Biophysica Acta, 1999, 1411(2):475-488.

[13] Xu J, Verstraete W. Evaluation of nitric oxide production by lactobacilli[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2001, 56(3/4):504-507.

收稿日期:2013-04-07

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD28B07)。

作者简介:徐致远(1980—),男,河南人,硕士,工程师,研究方向为乳品科学与技术。Tel:(021)66553060;E-mail:zhiyuan1026@126.com。

[2] 李幼筠. 成都泡菜正成为调味品行业新的经济增长点[J]. 中国调味品,2000,25(12):7-9.

[3] 杨洁彬. 乳酸菌生物学基础及应用[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996:26-27.

[4] 陈仲翔,董英. 泡菜工业化生产的研究进展[J]. 食品科技,2004,12(4):33-35.

[5] 周光燕,张小平,钟凯,等. 乳酸菌对泡菜发酵过程中亚硝酸盐含量变化及泡菜品质的影响研究[J]. 西南农业学报,2006,19(2):290-293.

[6] 周相玲,朱文娟,汤树明,等. 人工发酵与自然发酵泡菜中亚硝酸盐含量的对比分析[J]. 中国酿造,2007(11):51-52.

[7] 李文斌,唐中伟,宋敏丽. 韩国泡菜营养价值与保健功能的最新研究[J]. 农产品加工·学刊,2006(8):83-84,102.

[8] 郑志,姜绍通,潘丽军. EDTA 定钙法测定发酵液中乳酸含量的

(6~42 ℃, 0~1.0 MPa)→冷却→灌装→入库冷藏(4~6 ℃)

1.3.2 发酵乳黏度的测定 无添加剂发酵乳冷藏 12 h 后, 使用 proRheo-180 黏度计测量, 测量参数: 2 号转子, 温度 10 ℃, 转速 64 r/min, 间隔 10 s^[9-10]。

2 结果与分析

2.1 乳蛋白质含量对发酵乳黏度的影响

牛奶中蛋白质主要由酪蛋白、乳白蛋白、乳球蛋白和脂肪球膜蛋白组成, 发酵过程中, 部分乳糖被转化为乳酸, 当 pH 降低到 4.6~4.7 时, 牛乳中蛋白质凝乳形成半固体状结构即发酵乳^[11]。发酵乳的质地黏度与原料奶中蛋白质含量直接相关, 在其他条件相同时, 原料奶中蛋白质含量越高, 所制得的发酵乳黏度越高, 在货架期质地越稳定。本试验使用真空浓缩工艺蒸发部分水分的方法提高原料奶中蛋白质含量, 在乳酸乳球菌菌种添加量 1.6×10^7 CFU/g, 背压压力 0.6 MPa, 背压温度 18 ℃ 的条件下, 研究了牛乳蛋白质含量对无添加剂发酵乳黏度的影响, 结果见图 1。

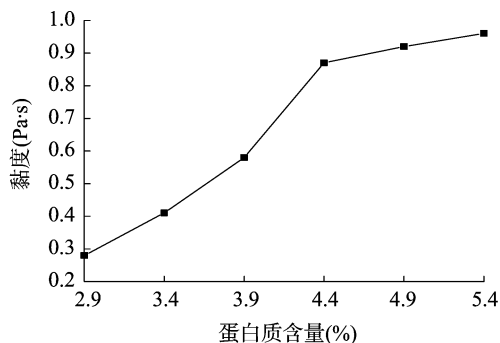


图1 原料乳蛋白质含量对发酵乳黏度的影响

由图 1 可知, 随原料乳中蛋白质含量的提高, 发酵乳的黏度随之提高。蛋白质含量自 2.9% 上升到 4.4% 时, 黏度提高超过 0.5 Pa·s, 提高近 200%, 继续提高蛋白质含量达到 5.4%, 发酵乳的黏度尽管仍上升, 但上升幅度并不大。由此可见, 真空浓缩方法适当提高原料奶蛋白质含量的方法有助于提高发酵乳的黏度, 但过高地提高蛋白质含量对发酵乳黏度的提高并无显著作用。由于乳蛋白质含量提高越多, 成本越高, 综合成本与黏度 2 个方面考虑, 原料乳中蛋白质含量提高到 4.4% 较佳。

2.2 乳酸乳球菌添加量对发酵乳黏度的影响

乳酸乳球菌是一类可发酵碳水化合物产乳酸的乳酸菌, 此外乳酸乳球菌发酵过程中可产生活性多肽, 是一种对人体无害的天然防腐剂, 其嗜好的生长温度 33~37 ℃^[12]。乳酸乳球菌生长繁殖速度较慢, 单独使用发酵周期较长, 但其发酵过程中能赋予发酵乳较稠厚的质地与独特风味, 越来越多地应用在发酵产品中。在浓缩乳蛋白质含量 3.9%, 背压压力 0.6 MPa, 背压温度 18 ℃ 的条件下, 研究了乳酸乳球菌添加量对无添加剂发酵乳黏度的影响。

由图 2 可知, 乳酸乳球菌菌种添加量逐渐上升到 1.2×10^7 CFU/g 的过程中, 随添加量的增加发酵乳的黏度随之提高; 继续提高乳酸乳球菌添加量到 2.0×10^7 CFU/g, 发酵乳的黏度却随之下降; 乳酸乳球菌添加量自 2.0×10^7 CFU/g 继续提高, 发酵乳的黏度基本无变化。这可能是由于在一定

范围内, 随乳酸乳球菌添加量的增加, 参与发酵的乳酸乳球菌越多, 产生的多糖类物质越多, 黏度越高; 乳酸乳球菌的添加量增加到一定数量时, 继续提高菌种添加量, 产品的发酵时间缩短, 乳酸乳球菌增殖数量减少, 代谢产生的多糖物质减少, 产品的黏度下降^[13]。综合可知, 生产无添加剂发酵乳时乳酸乳球菌合适的添加量在为 2.0×10^7 CFU/g。

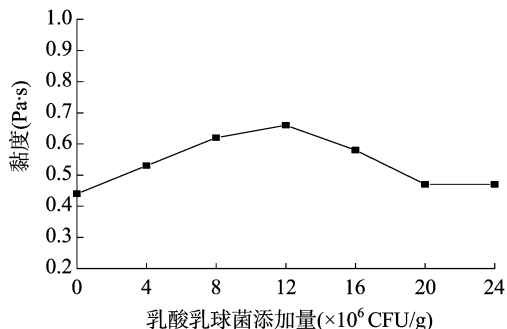


图2 乳酸乳球菌添加量对发酵乳黏度的影响

2.3 背压压力对发酵乳黏度的影响

背压是指由于阀的功能而形成一定的压力, 物料通过背压阀时经受一定的压力处理, 压力一般可以调节, 通常分为液压式与机械式。在国外乳制品工业中, 由于原料乳蛋白质含量较高, 为减少产品中的蛋白颗粒现象, 赋予产品细腻的状态, 通常在发酵结束使用背压阀处理。本文在浓缩乳蛋白质含量 3.9%, 乳酸乳球菌添加量 1.6×10^7 CFU/g, 背压温度 18 ℃ 条件下, 研究了背压压力对无添加剂发酵乳黏度的影响。

由图 3 可知, 随背压压力的提高, 发酵乳的黏度随之降低。背压压力在 0~0.6 MPa 时, 发酵乳黏度随压力的增加出现小幅下降, 背压压力由 0.6 MPa 提高到 0.8 MPa 时, 发酵乳黏度下降幅度达到 50%, 背压阀压力自 0.8 MPa 继续提高时, 发酵乳的黏度仍持续下降。背压压力的增加有利于提高产品的细腻程度, 这对于高蛋白质含量的发酵乳尤为重要, 但背压压力的增加会导致黏度的下降, 综合背压压力与黏度的关系, 无添加剂发酵乳中合适的背压压力为 0.4~0.6 MPa。

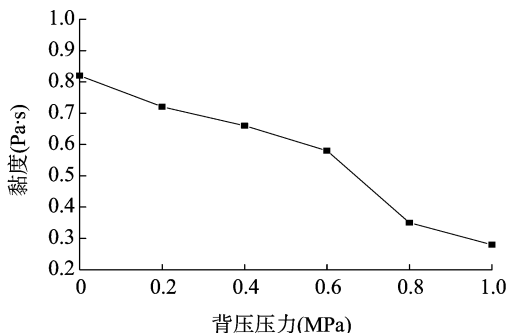


图3 背压压力对发酵乳黏度的影响

2.4 背压温度对黏度的影响

在乳酸菌的发酵过程中, 当达到终点酸度时, 通常需尽快将温度降低到 10 ℃, 以抑制乳酸菌的生长繁殖, 工业生产冷却的方式主要分一步冷却与两步冷却^[14]。使用背压阀的发酵乳发酵结束主要使用两步冷却法, 在经过背压阀前先将发酵乳冷却到一定温度, 通过背压阀后继续冷却到所需的温度。

本试验在浓缩乳蛋白质含量 3.9%, 乳酸乳球菌添加量 1.6×10^7 CFU/g, 背压压力 0.6 MPa 的条件下, 研究背压温度对无添加剂发酵乳黏度的影响, 结果见图 4。

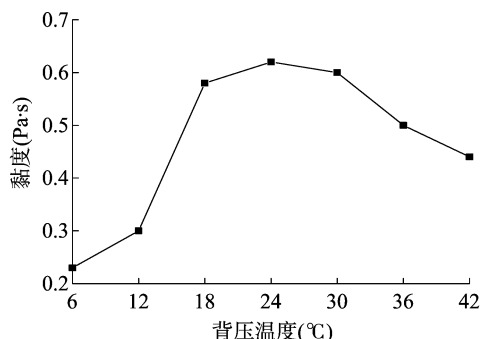


图4 背压温度对发酵乳黏度的影响

由图 4 可知, 背压温度 6 °C 时, 即先将发酵乳冷却到所需温度, 再通过背压处理, 发酵乳黏度较低。随背压温度的增加, 无添加剂发酵乳的黏度随之增加。背压温度从 12 °C 提高到 18 °C 时, 发酵乳黏度从 0.3 Pa·s 上升到近 0.6 Pa·s, 增加幅度最大; 背压温度自 18 °C 上升到 24 °C 过程中, 尽管黏度仍有增加, 但增加幅度趋小; 继续提高背压温度到 42 °C, 发酵乳黏度不仅没有继续增加, 反而出现小幅下降。这可能是由于两步分段冷却的方法对发酵乳凝乳结构的破坏较小, 先冷却再背压处理或先背压处理再冷却的一步冷却法对发酵乳凝乳结构破坏较大, 贮藏过程中黏度恢复较小。

2.5 正交试验结果

为研究原料乳浓缩后蛋白质含量、乳酸乳球菌菌种添加量、背压温度与压力因素之间的相互作用, 提升无添加剂发酵乳的黏度, 节约成本, 在单因素试验基础上进行正交试验 (表 1), 试验结果见表 2。

表 1 无添加剂发酵乳生产工艺 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

水平	A: 蛋白质含量 (%)	B: 乳球菌添加量 ($\times 10^7$ CFU/g)	C: 背压压力 (MPa)	D: 背压温度 (°C)
-1	4.0	1.0	0.3	16
0	4.2	1.2	0.4	19
1	4.4	1.4	0.5	22

表 2 无添加剂发酵乳生产工艺正交试验结果

处理	A: 蛋白质含量 (%)	B: 乳酸乳球菌添加量 ($\times 10^7$ CFU/g)	C: 背压压力 (MPa)	D: 背压温度 (°C)	黏度 (Pa·s)
1	4.0	1.0	0.3	16	0.50
2	4.0	1.2	0.4	19	0.70
3	4.0	1.4	0.5	22	0.70
4	4.2	1.0	0.4	22	1.00
5	4.2	1.2	0.5	16	0.55
6	4.2	1.4	0.3	19	0.95
7	4.4	1.0	0.5	19	0.80
8	4.4	1.2	0.3	22	1.10
9	4.4	1.4	0.4	16	0.80
k_1	0.633	0.767	0.850	0.617	
k_2	0.833	0.783	0.833	0.817	
k_3	0.900	0.817	0.683	0.933	
极差	0.267	0.050	0.167	0.316	

由表 2 可知, 浓缩乳蛋白质含量、乳酸乳球菌添加量、背压压力和温度均对无添加剂发酵乳的黏度有一定的影响, 由极差分析可知, 在这 4 个因素中, 背压温度对无添加剂发酵乳的黏度影响最大, 原料乳浓缩后的蛋白质含量影响其次, 而乳酸乳球菌添加量影响最小; 生产无添加剂发酵乳的最佳工艺条件为 $A_3B_3C_1D_3$ 。但在浓缩乳蛋白质含量因素中, A_2 与 A_3 对应的 k_2 与 k_3 接近, 即浓缩乳蛋白质含量 4.2% 时无添加剂发酵乳的黏度与浓缩乳蛋白质含量 4.4% 时差异小, 考虑到成本因素, 选用 A_2 。在背压压力因素中, C_1 与 C_2 对应的 k_1 与 k_2 十分接近, 即背压压力 0.3 MPa 与 0.4 MPa 对无添加剂发酵乳的黏度影响接近, 考虑到提高背压压力有利于提升无添加剂发酵乳的细腻爽滑度, 选取 C_2 , 优化后的工艺条件为 $A_2B_3C_2D_3$, 即原料乳浓缩后蛋白质含量 4.2%, 乳酸乳球菌添加量 1.4×10^7 CFU/g, 背压压力 0.4 MPa, 背压温度 22 °C。

3 结论

在无添加剂发酵乳生产过程中, 原料乳蛋白质含量、乳酸乳球菌菌种添加量、发酵结束的背压压力与背压温度对产品的质地黏度均有一定的影响。本研究结果表明质地稠厚、货架期质地稳定的无添加剂发酵乳生产工艺为浓缩后原料乳蛋白质含量 4.2%, 乳酸乳球菌菌种添加量 1.4×10^7 CFU/g, 背压压力 0.4 MPa, 背压温度 22 °C。

参考文献:

- [1] 徐明生, 黄占旺, 上官新晨, 等. 凝固型双歧杆菌酸奶研制[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(1): 120-123.
- [2] 徐致远, 韩梅, 于鹏, 等. 涂层处理技术在新型燕麦酸奶研制中的应用研究[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(4): 823-827.
- [3] 廖文艳, 苏米亚, 周杰, 等. 乳清蛋白在无添加剂酸奶中的应用[J]. 现代食品科技, 2012, 28(1): 61-65.
- [4] 刘成国, 罗玲泉. 搅拌型酸乳复合增稠剂研究[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(12): 30-33.
- [5] 利健露. 明胶在酸奶制品中的应用[J]. 中国乳业, 2008(9): 52.
- [6] Saint-Eve A, Martin N, Guillemin H, et al. Flavored yogurt complex viscosity influences real-time aroma release in the mouth and sensory properties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(20): 7794-7803.
- [7] 罗玲泉. 调配型酸性乳饮料稳定剂的复配研究[J]. 食品科学, 2009, 30(6): 288-291.
- [8] 王卫平, 冯建军. 食品品质改良剂: 亲水胶体的性质及应用[J]. 食品与发酵工业, 1995(1): 77-79.
- [9] 沈玲, 郭本恒, 徐致远, 等. 几种胶体复配对搅拌型酸奶品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(12): 148-150.
- [10] 潘晓亚, 王立晖, 马力. 复配增稠剂对酸奶质地的影响及工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(2): 67-68, 71.
- [11] 胡国华, 沈光华. 复合食品添加剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [12] De Vuyst L, Vandamme E J. Influence of the Carbon source on nisin production in *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* batch fermentations[J]. Microbiology, 1992, 138(3): 571-578.
- [13] Philippe D, Beat M. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry[J]. International Dairy Journal, 2001, 11: 759-768.
- [14] 姜竹茂. 酸乳科学与技术[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2003.