

发酵条件对凝固型酸奶质地影响的研究

黄 强^{1,2}, 俞 琳¹, 赵广生², 劳洁洁³, 肖功年^{1,3}

(1. 浙江省农产品化学与生物加工技术重点实验室, 杭州 310023; 2. 杭州新希望双峰乳业有限公司, 杭州 311100;
3. 浙江科技学院 生物与化学工程学院, 杭州 310023)

摘 要: 凝固型酸奶的质地是评价其品质的主要因素之一, 以鲜奶为原料, 探索发酵温度、发酵时间及后熟时间等不同发酵条件对产品品质的影响。试验结果表明, 发酵时间为 4 h, 发酵温度为 43 ℃, 后熟时间为 15~18 h 时可获得质地良好的产品; 正交试验优化获得工艺参数为: 发酵时间为 4.5 h, 发酵温度为 44 ℃, 后熟时间为 16 h。

关键词: 凝固型酸奶; 发酵条件; 质地

中图分类号: TS252.54

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2013)06-0441-06

Effects of different fermentation conditions on character of solidified yoghurt

HUANG Qiang^{1,2}, YU Lin¹, ZHAO Guangsheng², LAO Jiejie³, XIAO Gongnian^{1,3}

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory for Chemical and Biological Processing Technology of Farm Produce, Hangzhou 310023, China; 2. Hangzhou Xinxiwang Shuangfeng Milk Co., Ltd, Hangzhou 311100; 3. School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The character is a major evaluation index on the quality of solidified yoghurt. We studied the influences of different fermentation temperatures, fermentation time, and after-ripening time on the quality of solidified yoghurt. The results showed that we can get better quality products with fermentation time 4 h, fermentation temperature 43 ℃, after-ripening time 15~18 h. By orthogonal test, the optimum fermentation conditions are obtained as follows: fermentation time 4.5 h, fermentation temperature 44 ℃, after-ripening time 16 h.

Key words: solidified yoghurt; fermentation conditions; character

酸奶是一种能够同时提供牛乳的营养成分和含有大量活性物质的发酵产品。牛乳在微生物的发酵作用下, 发生了化学、物理、微生物、感官、营养和生物学上的变化^[1]。酸奶不仅保存了牛乳中所有的营养

收稿日期: 2013-11-02

基金项目: 杭州市农业科研攻关专项(20120232B56); 浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划)(2013R415016)

作者简介: 黄 强(1969—), 男, 浙江省杭州人, 工程师, 主要从事乳制品加工技术研究。

成分,而且还因为发酵作用,使其中的营养素更容易被人体消化吸收,是仅次于母乳的最优质的营养食品。发酵后,牛乳中的蛋白质被乳酸菌部分消化而极易被人体消化吸收^[2]。

影响酸奶质地的细腻程度、口感滑润与否、乳清是否容易析出等特性的因素很多,许多学者对影响酸奶形成的外界因素如温度、均质压力、菌种、接种量、发酵温度、稳定剂等方面做了研究^[3-4]。酸奶质地特性为黏弹性和流变性,是酸奶流动和变形随时间、力的变化而表现出的性质,酸奶的流变性通常用来描述和衡量产品的质地,包括凝胶的黏度、硬度等。流变性可以反映酸奶的感官品质,与食品的组织结构有关^[5-6]。一般产品中会添加一定量的食用明胶,来辅助产品的质地特性。今研究不添加明胶等增稠剂的方法进行酸奶加工,通过改变发酵时间、发酵温度及后熟时间,在不影响产品质量的前提下,生产口感上可接受的凝固型酸奶,是目前许多商家非常急切想解决的问题,而且探索不同发酵条件对凝固型酸奶质地特性可为产业化控制提供一定的基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料

新鲜纯牛奶、直投式菌种混合物由保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)和嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)组成,杭州新希望双峰乳业有限公司提供;实验室常规试剂,分析纯。

1.1.2 主要仪器与设备

物性测试仪(Texture Analyser)-TA.XT Plus(英国 Stable Micro System 公司),电热恒温水浴锅 DKS-24(杭州蓝天化验仪器厂),电子天平 SCA-210(奥豪斯国际贸易(上海)有限公司),烧杯、玻璃棒、温度计、碱式滴定管、量筒、锥形瓶、移液管、玻璃棒等实验室常规玻璃仪器。

1.2 试验方法

1.2.1 不同发酵温度条件下凝固型酸奶的制备

将净化和标准化后的原料奶加热到 50 ℃,加入 6% 的白砂糖,搅拌使其溶解,待完全溶解后,放入恒温槽中加热到 90 ℃、保持 5 min,然后取出快速冷却到 43~45 ℃,加入 3% 的直投式菌种混合物作为发酵剂,灌装后放入不同发酵温度的发酵室内进行静态发酵(发酵温度分别为 37、39、41、43、45、47 ℃),发酵时间为 4 h,发酵终止后快速冷却,之后放入高温冷库,在 2~7 ℃ 下进行冷藏 24 h。

1.2.2 不同发酵时间条件下凝固型酸奶的制备

灌装发酵前操作同 1.2.1,发酵温度设置为 42 ℃,发酵时间分别为 2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 h,发酵终止后快速冷却,之后放入高温冷库,在 2~7 ℃ 下进行冷藏 24 h。

1.2.3 不同后熟时间条件下凝固型酸奶的制备

灌装发酵前操作同 1.2.1,发酵温度设置为 42 ℃,发酵时间 4.0 h,发酵终止后快速冷却,之后放入高温冷库,在 2~7 ℃ 下进行冷藏,冷藏时间分别为 6、9、12、15、18、21、24 h。

1.2.4 正交试验设计

在单因素试验基础上,以硬度指标为优化参数,选取其中较为理想的发酵时间、发酵温度和后熟时间进行正交试验,不考虑因素间的相互作用,进行分析,确定以上三因素在凝固型酸奶加工过程品质研究的最优条件。采用 $L_9(3^3)$ 正交试验设计,正交试验的因素水平见表 1。

表 1 正交试验的因素水平

Table 1 Factor levels of orthogonal test

水平	A	B	C
	发酵时间/h	发酵温度/℃	后熟时间/h
1	3.5	40	14
2	4.0	42	15
3	4.5	44	16

1.3 测试方法

1.3.1 酸度测定

采用滴定方法测试酸度,参见文献^[7]。酸度测试完毕后采用感官分析凝乳质地和乳清析出情况。

1.3.2 质地测定

质地特性是食品极其重要的品质因素。食品的质地特性,例如硬度、脆性、胶黏性、回复性、弹性等,都与力的作用有关^[8]。将待测物置于操作台表面,随着检测探头的运动,在与待测物接触以后,把力传给压力传感器。压力传感器把力信号转换成电信号输出,把标准信号转换成数字信号,输入计算机进行实时监控,并且能储存起来用于进一步的分析处理。实验采用 A/BE 探头,测试参数如下:测试速度为 1 mm/s,测试距离为 10 mm,测试时间 1~2 s。通过分析穿刺至相同深度的同一批样品中,达到其对应曲线上最高峰处所需力的大小来比较其凝胶强度。

2 结果与分析

2.1 发酵温度对凝固型酸奶的影响

2.1.1 发酵温度对凝固型酸奶酸度的影响

发酵温度对凝固型酸奶的凝乳酸度、质地有影响,而且酪蛋白凝固、乳清析出等也受其影响^[9],不同发酵温度对凝固型酸奶酸度的影响试验结果见表 2。

从表 2 可以看出,随着发酵温度的增加,凝固型酸奶的酸度逐渐增大。当发酵温度在 37~43 ℃时,凝固型酸奶凝乳质地均呈现均匀;发酵温度大于 43 ℃时,凝乳质地逐渐呈现不均匀。随着发酵温度的增加,凝固型酸奶的乳清析出逐渐

表 2 发酵温度对凝固型酸奶酸度的影响

Table 2 Effects of different fermentation temperatures on acidity of solidified yoghurt

发酵温度/℃	凝乳酸度/°T	凝乳质地	乳清析出
37	56	良好	少
39	60	良好	较少
41	72	良好	基本没有
43	79	良好	无
45	96	较软	较多
47	98	软	多

降低,当发酵温度在 43 ℃左右时,没有乳清析出。制作凝固型酸奶时,发酵温度需要恰到好处,温度过高或过低都会影响酸奶的品质。实验采用嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌作为发酵菌种,当培养温度低时,嗜热链球菌比保加利亚乳杆菌发育旺盛,L(+)-乳酸的比例增大,酸味不足,故发酵温度低时,凝固型酸奶的凝固速度慢,有少量的乳清析出,酸度较低;而培养温度高时,保加利亚乳杆菌比嗜热链球菌发育旺盛,D(+)-乳酸的比例增大,会出现刺激性较强的酸味,故发酵温度高时,凝固速度快,乳清析出较多,酸度也较高。一般酸奶的酸度控制在 60~95 °T,酸度在 70~80 °T 时口感最佳。

2.2.2 发酵温度对凝固型酸奶硬度的影响

以硬度来描述酸奶质地,发酵温度对凝固型酸奶硬度的影响试验结果见图 1。

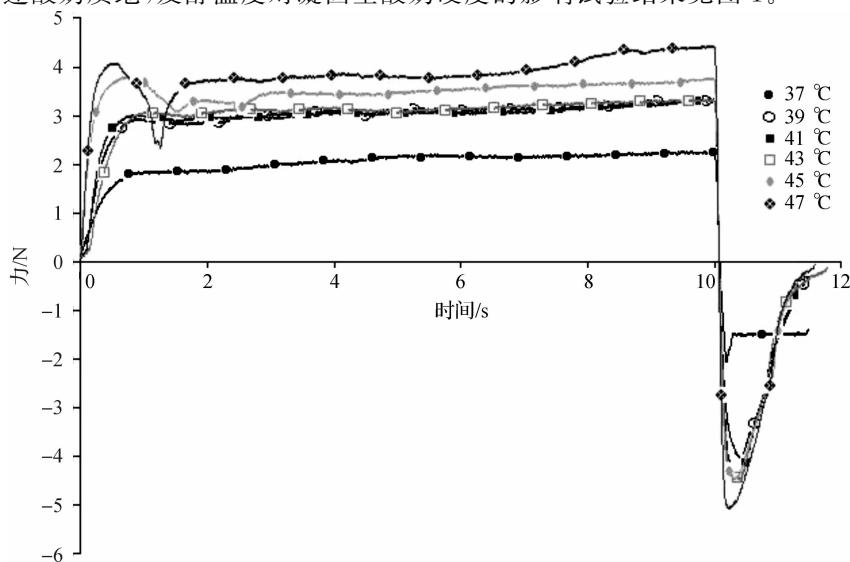


图 1 发酵温度对凝固型酸奶硬度的影响

Fig. 1 Effects of different fermentation temperatures on hardness quality of solidified yoghurt

从图 1 可以看出,凝固型酸奶的发酵温度和硬度之间存在一定的联系,随着发酵温度的增加,凝固型酸奶的硬度逐渐增加。当发酵温度在 43 ℃ 时,凝固型酸奶的硬度控制较好,高于或低于此温度都有比较大差异,较为合理的发酵温度为 43 ℃。

2.2 发酵时间对凝固型酸奶的影响

2.2.1 发酵时间对凝固型酸奶酸度的影响

发酵时间对凝固型酸奶酸度的影响试验结果见表 3。

从表 3 可以看出,随着发酵时间的增加,凝固型酸奶的酸度逐渐增大。当发酵时间小于 3.5 h 时,凝固型酸奶凝乳质地均较柔软,而且有乳清析出;发酵时间为 2.5 h 时,乳清析出最多;随着发酵时间的增加,凝固型酸奶的乳清析出急剧减少,超过 5.5 h 后又有乳清析出,特别是发酵时间在 4.0~5.0 h 时基本无乳清析出。试验表明,制作凝固型酸奶时,发酵时间需要恰到好处,时间过长或过短都会影响凝固型酸奶的品质。时间过短时,凝固型酸奶的组织状态差,有较多乳清析出,且酸度低;发酵时间过长时,凝乳状态较好,有少量甚至无乳清析出。

2.2.2 发酵时间对凝固型酸奶硬度的影响

采用前述的方法制备好待测样品,测定样品的硬度,试验结果见图 2。

表 3 发酵时间对凝固型酸奶酸度的影响

Table 3 Effect of different fermentation time on acidity of solidifying yoghurt

发酵时间/h	凝乳酸度/°T	凝乳质地	乳清析出
2.5	42	柔嫩	大量
3.0	55	柔嫩	较少
3.5	67	较柔嫩	少
4.0	78	均匀	无
4.5	82	均匀	无
5.0	94	均匀	无
5.5	110	较硬	较少

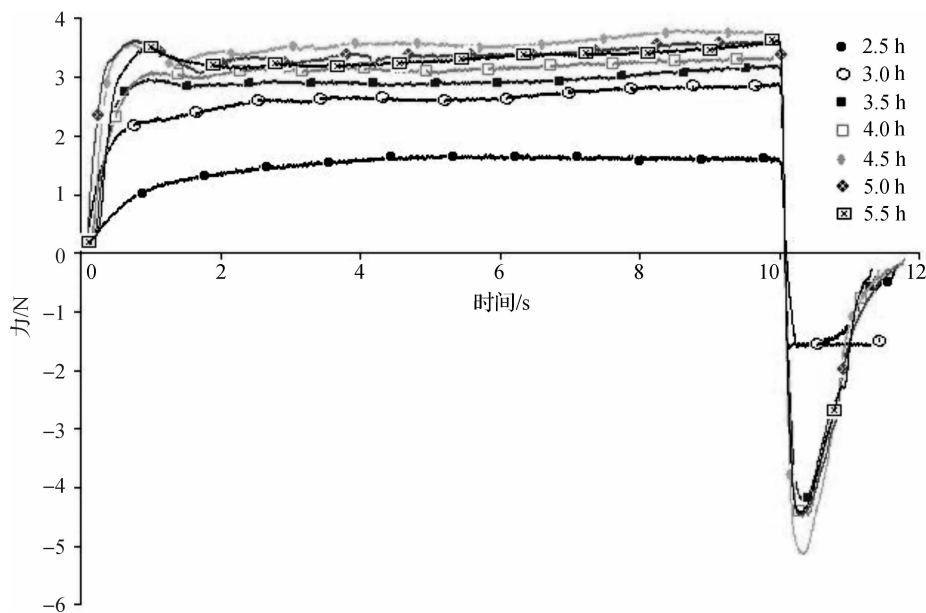


图 2 发酵时间对凝固型酸奶硬度的影响

Fig. 2 Effects of different fermentation time on hardness quality of solidified yoghurt

从图 2 可以看出,凝固型酸奶的发酵时间和硬度之间存在一定的联系,随着发酵时间的延长,凝固型酸奶的硬度逐渐增加。当发酵时间小于 4.0 h 时,凝固型酸奶的硬度较小,而当发酵时间大于 4.0 h 时,凝固型酸奶的硬度较大。

2.3 后熟时间对凝固型酸奶酸度的影响

2.3.1 后熟时间对凝固型酸奶酸度的影响

后熟时间对凝固型酸奶酸度影响的试验结果见表 4。

从表4可以看出,随着后熟时间的增加,凝固型酸奶的酸度逐渐增大。当后熟时间小于12 h和大于18 h时,凝固型酸奶凝乳质地均较柔软;而随着后熟时间的增加,凝固型酸奶均无乳清析出。试验表明,制作凝固型酸奶时,后熟时间需要超过一点时间,时间过短会影响凝固型酸奶的品质;当后熟时间过短时,酸奶的组织状态差,且酸度低。凝固型酸奶在冷藏的后熟时期,产酸力减弱,而双乙酰等风味物质处于活动高峰期。一般而言,酸奶的酸度控制在 $60\sim 95\text{ }^{\circ}\text{T}$,酸度在 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{T}$ 时口感最佳。因此,在不影响凝固型酸奶质量的前提下,考虑到产品口感、生产时间和成本,后熟时间在 $15\sim 18\text{ h}$ 时,酸奶的组织状态较好,质地均匀,软硬适度,酸甜合宜,口感润滑。

2.3.2 后熟时间对凝固型酸奶硬度的影响

后熟时间对凝固型酸奶硬度影响的试验结果见图3。

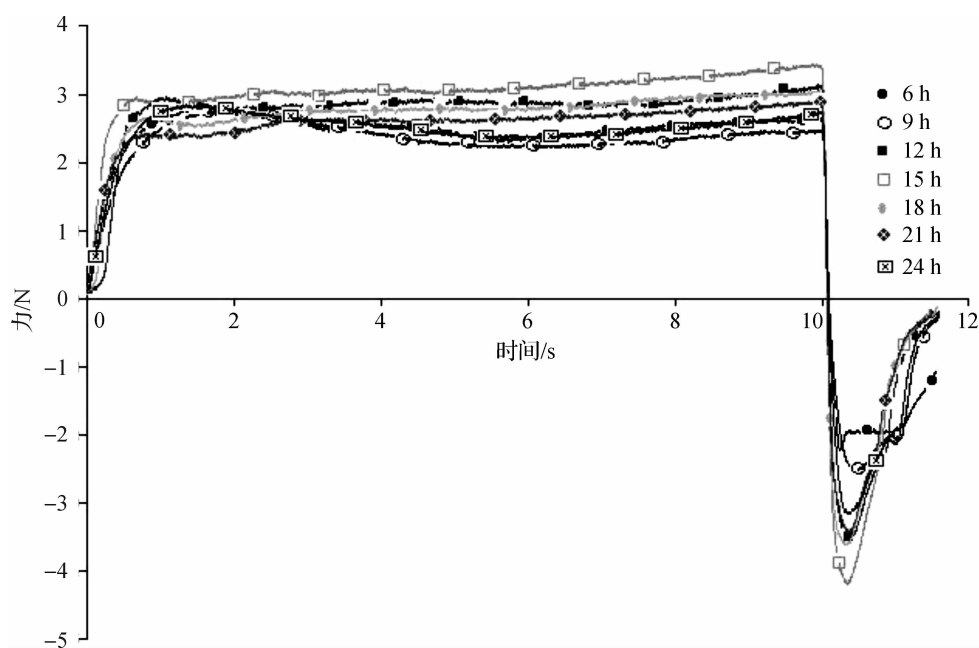


图3 后熟时间对凝固型酸奶硬度的影响

Fig.3 Effects of different after-ripening time on hardness quality of solidified yoghurt

从图3可以看出,凝固型酸奶的后熟时间和硬度之间存在一定的联系,随着后熟时间的延长,凝固型酸奶的硬度呈现先增大后减小的趋势。当后熟时间小于15 h时,凝固型酸奶的硬度逐渐增多;而当后熟时间大于15 h时,凝固型酸奶的硬度减小。

对酸奶来说硬度是样品受到压力的变形所需要的力。酸奶的硬度决定了酸奶受压力后恢复的难易程度及被咀嚼的难易程度。后熟时间的变化对凝固型酸奶硬度的影响并不是很大,较合理的后熟时间为 $12\sim 15\text{ h}$ 。

2.4 正交试验结果

根据正交试验三因素三水平,选择 $L_9(3^3)$ 正交试验方案制作凝固型酸奶,经过相应的一系列操作过程后测定硬度,结果见表5。

采用极差分析方法,从 K_1 、 K_2 、 K_3 极差比较可知,凝固型酸奶工艺最佳组合为 B_3 、 C_3 、 A_3 ,即发酵时间为 4.5 h,发酵温度为 44 ℃,后熟时间为 16 h。从 R 值分析可知,对凝固型酸奶加工过程硬度影响的主次顺序为:发酵温度>后熟时间>发酵时间,其中发酵温度对试验结果的影响最为显著。

3 结 语

发酵时间、发酵温度和后熟时间对凝固型酸奶的酸度和硬度具有显著的影响,确定了凝固型酸奶发酵温度、发酵时间和后熟时间的最佳范围值分别为:43 ℃,4 h,15~18 h。

利用正交试验确定了凝固型酸奶加工过程硬度影响的主次顺序:发酵温度>后熟时间>发酵时间,其中发酵温度对试验结果的影响最为显著,获得了最佳工艺组合,即最佳组合条件为 B_3 、 C_3 、 A_3 ,即发酵时间为 4.5 h,发酵温度为 44 ℃,后熟时间为 16 h。

参考文献:

- [1] Jacob M, Nöbel S, Jaros D, et al. Physical properties of acid milk gels: Acidification rate significantly interacts with cross-linking and heat treatment of milk[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 928-934.
- [2] 梅林,余小慰,汪小娇,等. 酸凝乳稳定性的研究[J]. 乳业科学与技术, 2006, 29(3): 110-111.
- [3] 赵鑫,赵洪双,姜国龙. 不同比例的嗜热链球菌与保加利亚乳杆菌对酸奶品质的影响[J]. 农产品加工, 2009, 12(3): 177-180.
- [4] 王辰,马立安. 香蕉皮果胶的提取及其对凝固型酸奶稳定性的影响[J]. 现代食品科技, 2008, 24(5): 459-461, 465.
- [5] Kim S, Lim C H, Lee C, et al. Optimization of growth and storage conditions for lactic acid bacteria in yoghurt and frozen yoghurt[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2009, 52(1): 76-79.
- [6] 朱萍. 影响普通凝固型酸奶质量的因素分析[J]. 现代食品科技, 2007, 23(5): 17-19.
- [7] 叶向库,刘汉勋,贺红军. 常温下市售酸奶乳酸菌数和 pH 值的变化研究[J]. 食品科技, 2005, 11(2): 52-54.
- [8] 郭清泉,张兰威,王艳梅. 酸奶发酵机理及后发酵控制措施[J]. 中国乳品工业, 2001, 29(2): 17-19.
- [9] 伍子玉,王芳,刘俊红,等. 凝固型酸奶生产工艺的分析[J]. 中国乳业, 2007, 12(10): 44-45.

表 5 发酵工艺参数正交试验结果

Table 5 Results of orthogonal test of fermentation technology indexes

实验号	A	B	C	硬度(力)/N
1	1	1	1	2.682 9
2	1	2	2	3.766 1
3	1	3	3	3.774 1
4	2	1	2	3.125 4
5	2	2	3	3.831 2
6	2	3	1	3.682 3
7	3	1	3	3.746 1
8	3	2	1	3.625 9
9	3	3	2	4.003 4
K_1	3.408	3.185	3.330	
K_2	3.546	3.741	3.632	
K_3	3.792	3.820	3.784	
R	0.384	0.635	0.454	