

发芽大豆酸奶的制备

李笑梅

(哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘 要: 以萌发至第4天的发芽大豆和脱脂无糖乳粉为原料, 制备发芽大豆酸奶。采用感官评价方法对产品风味进行评分, 通过单因素试验确定发芽大豆与水的配比为1:4.5, 以此配制豆芽浆; 再以乳粉与水1:5.0的配比制备乳液; 正交试验确定最佳发酵条件: 乳液在豆芽浆的质量分数60%、以100mL豆芽乳汁混合菌接种量为5mL、蔗糖添加量6g、发酵时间7h。最后对后熟时间对产品风味的影响进行实验, 结果表明4℃条件下放置16h以上风味最好。以本实验方法制备的发芽大豆酸奶具有滋味清香、凝固型酸奶固有的风味特征。

关键词: 发芽大豆; 酸奶; 配比; 发酵条件

Preparation of Germinated Soybean Yogurt

LI Xiao-mei

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: Germinated soybean yogurt was prepared by using skimmed milk powder and four-day germinated soybean as raw materials. Product quality was evaluated through sensory evaluation. Germinated soybeans were mixed with water at a ratio of 1:4.5 (*m/m*) and homogenized to obtain soybean homogenate. Skimmed milk powder was dissolved in a 5-fold volume of water, and mixed with the germinated soybean homogenate, followed by sucrose addition, inoculation and fermentation with mixed lactic acid bacteria. The fermentation conditions were optimized by orthogonal array design, and the results showed that the optimal preparation process for germinated soybean yogurt was sequentially composed of mixing of milk liquid with soybean homogenate (60:40, *m/m*) and sucrose (6 g/100 mL of soybean homogenate), inoculation with mixed lactic acid bacteria (5 mL per 100 mL of soybean homogenate), and fermentation for 7 h. The effect of post-ripening on product flavor was also studied, which revealed that the optimum flavor was obtained after storage at 4℃ for 16h. The germinated soybean yogurt prepared by this method had the characteristic flavor of concentrated yogurt.

Key words: germinated soybean; yoghurt; ratio; fermentation conditions

中图分类号: TS214.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2011)02-0328-05

酸奶因其具有独特的生理功能和美味可口倍受消费者喜爱。近年来, 国内各大乳企不断推出新型和风味各异的酸奶产品, 如伊利LGG系列酸牛奶、光明健能AB100益生菌优酪乳酸牛奶、达能碧悠酸牛奶等。酸奶市场虽然前景广阔、但竞争激烈, 提高酸奶花色品种和品质、降低生产成本是产品取得市场竞争优势的关键。因此不断开发可用于制备酸奶的原料有利于进一步繁荣酸奶市场。近年对发芽大豆(俗称: 黄豆芽)营养评价研究表明, 大豆在萌发过程中糖、蛋白质、脂肪大分子物质含量均有不同程度分解减少, 氨基酸态氮、游离态钙、镁、铁含量有不同程度的增加, VC的含量从无到有, 大豆异黄酮含量增加^[1-4], 抗营养因子胰

蛋白酶抑制剂、血球凝集素活性降低, 植酸含量下降^[5-6], 因而利于人体对大豆中营养物质的吸收和利用。本实验对发芽大豆酸奶的制备工艺、配方和发酵条件进行考察, 旨在合理地利用大豆资源, 尝试开发以发芽大豆作为原料加工制备大豆制品, 也为发芽大豆酸奶产品的中试和规模化生产提供一定参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

保加利亚杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)冻干粉、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)冻干粉, 购于中国工业微生物菌种保藏中心; 大豆(垦丰16) 黑龙江省农业科学研究所; 脱脂无糖乳粉、蔗糖 市售。

收稿日期: 2010-10-08

基金项目: 黑龙江省科技厅攻关项目(GA06B402-08-5)

作者简介: 李笑梅(1960—), 女, 副教授, 本科, 研究方向为食品科学。E-mail: lixm0451@163.com

1.2 仪器设备

SW-CJ-1FD 型超净工作台; DHG-9123A 电热恒温鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司; LG-WD900 型微波炉 东金电子天津电器有限公司; JM-F96S 型胶体磨 温州市七星乳品设备厂; GYB60-6S 型高压均质机 上海东华均质机厂; HEQ-F160A 型高低温恒温振荡培养箱 江苏常熟衡器厂; 722 型分光光度计、D- 手持型 pH 计 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 酸奶制备工艺流程^[7-10]

精选无虫害、籽粒饱满大豆, 加水浸泡 12 h, 萌发至第 4 天后去皮, 微波脱腥, 按一定配比加水, 胶体磨两次磨浆 2800r/min, 过滤, 煮浆加热至沸 10min, 加乳液和蔗糖调配, 22~25MPa 条件下均质, 110℃、20min 灭菌, 冷却 40℃, 接种经活化的混合菌种并搅拌, 灌装, 43℃ 发酵培养一定时间, 冷却至室温, 4℃ 条件下后熟一定时间, 成品。

1.3.2 工艺要点

1.3.2.1 大豆萌发工艺

采用常压、温度 24℃、相对湿度 85%、萌发时间 96h 工艺条件制备发芽大豆^[2]。

1.3.2.2 微波脱腥工艺

微波工艺条件为物料量 200g、微波温度 80℃、微波时间 4min^[11]。

1.3.2.3 混合菌种的活化

活化采用乳液培养基, 先将脱脂无糖乳粉 100g 加入 1000mL 水制成乳液, 经 110℃、20min 灭菌冷却后, 分别将两种冻干菌粉接入上述乳液中, 保加利亚乳杆菌 38℃ 条件下培养, 嗜热链球菌 43℃ 条件下培养, 24h 呈凝乳状, 按体积分数 2% 的接种量再移植到新的灭菌乳中, 如此传代几次, 至菌种经过 4h 培养能产生凝乳且黏稠时则表明菌种已恢复至最佳活力, 可用于接种。

1.3.3 发芽大豆浆的制备

磨浆时, 将发芽大豆与水的配比(m/m)设计为 1:3.5、1:4.0、1:4.5、1:5.0、1:5.5、1:6.0, 经磨浆、过滤、煮沸、冷却制备得到发芽大豆浆, 然后按表 1 对其滋味进行感官评价确定配比。

表 1 发芽大豆与水的配比滋味感官指标及评分标准($n=20$)

| 指标 | 评分标准(分) | | |
|------|---------|---------|-------|
| | 好(2) | 一般(1.5) | 不好(1) |
| 豆香味 | 略浓 | 合适 | 淡或重 |
| 芽清香味 | 略浓 | 合适 | 淡或草根味 |

1.3.4 乳液的制备

以脱脂无糖乳粉加水制备乳液, 乳粉和水的配比

(m/m)分别为 1:1.0、1:3.0、1:5.0、1:7.0、1:9.0, 以成品的凝固程度和黏稠程度为产品质地评价指标, 进行配比单因素试验。其他条件分别为: 乳液在豆芽浆的质量分数为 30%(即为豆芽乳), 再以 100mL 豆芽乳为基料计算, 混合菌接种量为 5mL、蔗糖添加量为 6g、发酵时间为 6h、后熟时间 12h, 然后按表 2 对其质地进行感官评价确定配比。

表 2 乳粉和水的配比质地感官指标及评分标准($n=20$)

Table 2 Sensory evaluation criteria for diluted skimmed milk powder ($n=20$)

| 指标 | 评分标准(分) | | |
|------|------------|------------|-------|
| | 好(2) | 一般(1.5) | 不好(1) |
| 凝固程度 | 凝固, 没有乳清析出 | 凝固, 少量乳清析出 | 微凝 |
| 黏稠程度 | 黏稠 | 黏稠且硬 | 不黏稠或稀 |

1.3.5 发酵条件单因素试验

按工艺流程, 在发芽大豆与水的配比和乳粉与水的配比确定的前提下, 其他条件同于 1.3.4 节, 分别对乳液的质量分数、混合菌接种量、蔗糖添加量以及发酵时间进行单因素试验, 因素水平见表 3, 成品按表 4 感官指标及评分标准进行评价。

表 3 单因素试验因素水平表

Table 3 Single factor experimental protocol

| 水平 | 因素 | | | |
|----|------------|---------|----------|----------|
| | A 乳液质量分数/% | B 接种量/g | C 糖添加量/g | D 发酵时间/h |
| 1 | 10 | 1.0 | 1.0 | 10 |
| 2 | 30 | 2.0 | 3.0 | 12 |
| 3 | 50 | 3.0 | 5.0 | 14 |
| 4 | 70 | 4.0 | 7.0 | 16 |
| 5 | 90 | 5.0 | 9.0 | 18 |
| 6 | | 6.0 | | 20 |

表 4 感官指标及评分标准($n=20$)

Table 4 Sensory evaluation criteria for single factor experiments ($n=20$)

| 指标 | 评分标准(分) | | |
|-------|---------|-------|-------|
| | 2 | 1.5 | 1 |
| 1 质地 | 好 | 一般 | 不好 |
| 2 乳香味 | 淡 | 极淡 | 浓 |
| 3 酸甜味 | 合适 | 淡甜或淡酸 | 酸涩或过甜 |

注: 指标 1、2 用于评价乳液质量分数, 指标 1、3 分别用于评价接种量和发酵时间, 指标 2 用于评价蔗糖添加量。

1.3.6 发酵条件正交试验

表 5 综合感官指标及评分标准($n=20$)

Table 5 Sensory evaluation criteria for orthogonal array design ($n=20$)

| 指标 | 评分标准(分) | | | | |
|-------|---------|----|---|----|-----|
| | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 受欢迎程度 | 最好 | 较好 | 好 | 不好 | 最不好 |

根据发酵单因素试验结果,按 $L_9(3^4)$ 表设计正交试验,优化发酵条件,综合感官指标及评分标准见表 5。

1.3.7 后熟时间的考察

在后熟之前的工艺条件确定之后,分别考察后熟时间 10、12、14、16、18、20h 对产品风味的影响,感官指标及评分标准见表 6。

表 6 后熟时间感官指标及评分标准($n=20$)

Table 6 Sensory evaluation criteria for the determination of post-ripening time ($n=20$)

| 指标 | 评分标准(分) | | |
|------|----------|-----------|-----------|
| | 好(2) | 一般(1.5) | 不好(1) |
| 凝固程度 | 凝固,无乳清析出 | 凝固,少量乳清析出 | 凝固,较多乳清析出 |
| 黏稠程度 | 黏稠 | 稀稠不均 | 较稀且分层 |
| 细腻程度 | 细腻且滑润 | 细腻 | 粗糙 |
| 滋味 | 香、味厚 | 差 | 不适 |

1.3.8 产品理化指标和微生物指标测定

以优化最佳发酵条件制备的酸乳为样品,参考 GB 2746—1999《酸牛乳》中调味酸奶部分脱脂指标^[12]和 GB/T 5009.46—2003《乳与乳制品卫生标准的分析方法》^[13],对脂肪、蛋白质、非脂固形物、酸度、乳酸菌群进行测定。

2 结果与分析

2.1 发芽大豆与水配比的确定

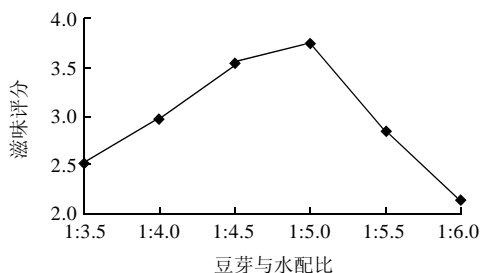


图 1 豆芽与水配比对滋味的影响

Fig.1 Effect of mixing ratio for germinated soybean and water on soybean homogenate taste

由图 1 可知,发芽大豆与水配比为 1:5.0 得分最高,既有大豆豆香味也有豆芽清香味,较为适宜;1:4.5 时滋味偏浓;加水比例低于 4.5:1 以后豆味和草根味逐渐加重,相反高于 5.0:1 后豆味逐渐变淡。考虑后续工艺要添加乳液,对滋味有稀释作用会使滋味变淡,选择发芽大豆与水的配比为 1:4.5。

2.2 乳粉与水的配比

由图 2 可知,乳粉与水的配比为 1:5.0 是得分最高,达到凝固且没有乳清析出同时口感黏稠滑润,1:1.0 虽凝固但质地较硬口感不好;1:3.0 凝固但质地不细腻,低

于 1:5.0 后凝固程度下降且有乳清析出并出现分层。选择乳粉与水的配比为 1:5.0。

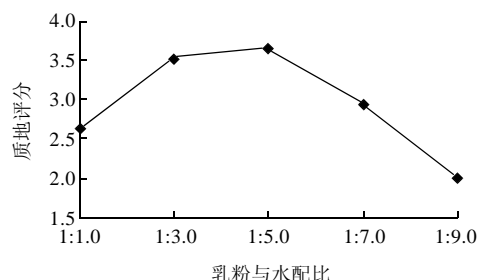


图 2 乳粉与水配比对质地的影响

Fig.2 Effect of mixing ratio for milk powder and water on final product texture

2.3 发酵条件单因试验

2.3.1 乳液质量分数对风味的影响

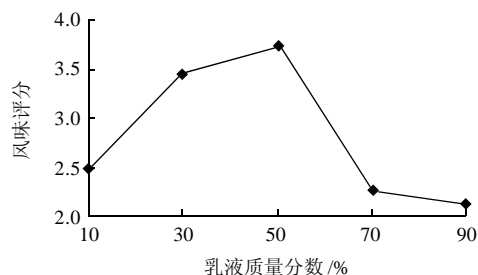


图 3 乳液质量分数对风味的影响

Fig.3 Effect of amount of milk liquid addition on final product flavor

乳液质量分数对风味的影响结果见图 3。由图可以看出,随着乳液质量分数的增加,感官评分升高。当质量分数增加 50% 评分最好,大豆香味和芽清香味适宜兼有淡淡的乳香味,之后分值开始下降,豆香味和芽清凉变淡,乳香味加重,风味品质下降。确定乳液质量分数最适水平范围为 40%~60%。

2.3.2 混合菌接种量对风味的影响

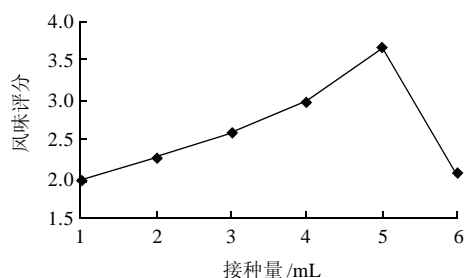


图 4 混合菌接种量对风味的影响

Fig.4 Effect of inoculation size on final product flavor

混合菌接种量对风味的结果见图 4。接种量小于 4mL 时感官评分变化幅度较缓慢,且分值较低,主要是

因接菌量较少时产酸量不够,达不到应有的酸味,且质地状态不好凝固成度差。接种量增加到5mL酸味明显增加、质地也达到最好。接种量继续增加到6mL时酸味较浓且质地较糟,所以确定最适合接种量范围为4.5~5.5mL。

2.3.3 蔗糖添加量对风味的影响

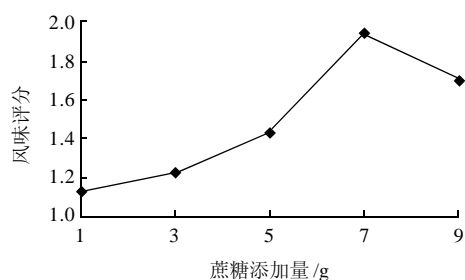


图5 蔗糖添加量对风味的影响

Fig.5 Effect of sucrose amount on final product flavor

由图5可知,在同样的发酵时间下,随着蔗糖添加量的提高,产品的甜味逐渐明显,添加量达到7g时,甜味与酸味适宜,再升高时甜度就会过高而破坏酸乳固有酸甜可口的感觉,所以确定蔗糖最适添加量范围为6~8g。

2.3.4 发酵时间对风味的影响

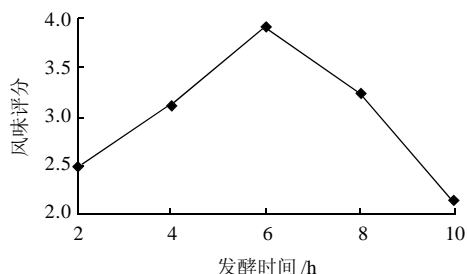


图6 发酵时间对风味的影响

Fig.6 Effect of fermentation time on final product flavor

发酵时间对风味的影响结果见图6。随着发酵时间的延长,产品酸味增加凝固程度渐好,6h时评分最高,酸甜味适宜,质地黏稠较细腻且无乳清析出;时间继续延长,风味品质下降。发酵时间与菌种的增值量成正比,活菌数愈多产酸也愈多,由此对产品的滋味和质地产生影响。确定适宜发酵时间范围为5~7h。

2.4 发酵条件优化

依据单因素试验结果表7进行的发酵条件优化试验,结果见表8。

由表8可得,各因素对产品风味影响的大小顺序为 $A > C > B > D$,即乳液质量分数影响最大,其次是

蔗糖添加量,再次是混合菌接种量,发酵时间影响较小;最佳发酵条件为 $A_3B_3C_1D_3$,即乳液质量分数60%、混合菌接种量5.5mL、蔗糖添加量6g、发酵时间7h。

表7 发酵条件优化正交试验因素水平设计表

Table 7 Factors and levels in orthogonal array design

| 水 | 因素 | | | |
|----|----------|----------|-----------|----------|
| 平A | 乳液质量分数/% | B 接种量/mL | C 蔗糖添加量/g | D 发酵时间/h |
| 1 | 40 | 4.5 | 6.0 | 5 |
| 2 | 50 | 5.0 | 7.0 | 6 |
| 3 | 60 | 5.5 | 8.0 | 7 |

表8 发酵条件优化 $L_9(3^4)$ 正交试验设计与结果

Table 8 Orthogonal array design arrangement and experimental results

| 试验号 | 因素 | | | | 综合评分 |
|-------|-------|--------|--------|-------|------|
| | A | B | C | D | |
| 1 | 1(40) | 1(4.5) | 1(6.0) | 1(5) | 5.1 |
| 2 | 1 | 2(5.0) | 2(7.0) | 2(6) | 4.6 |
| 3 | 1 | 3(5.5) | 3(8.0) | 3(7) | 5.7 |
| 4 | 2(50) | 1 | 2 | 3 | 6.1 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 6.7 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 7.1 |
| 7 | 3(60) | 1 | 3 | 2 | 7.8 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 8.7 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 8.0 |
| K_1 | 15.40 | 19.00 | 20.90 | 19.80 | |
| K_2 | 19.90 | 20.00 | 18.70 | 19.50 | |
| K_3 | 24.50 | 20.80 | 20.20 | 20.50 | |
| k_1 | 5.133 | 6.333 | 6.967 | 6.600 | |
| k_2 | 6.633 | 6.667 | 6.233 | 6.500 | |
| k_3 | 8.167 | 6.933 | 6.733 | 6.833 | |
| R | 3.034 | 0.60 | 0.734 | 0.333 | |

由表8结果可知,最优水平为第8组即 $A_3B_2C_1D_3$,与正交试验统计计算结果 $A_3B_3C_1D_3$ 不一致,需做验证实验及显著性分析,其结果见表9。

表9 验证实验及显著性分析结果表

Table 9 Verification of optimal fermentation conditions and significance test

| 优水平 | 综合评分 | | | | 显著性分析($\alpha=0.05$) | | |
|----------------|------|-----|-----|------|------------------------|---------|---------|
| | 平行试验 | | 平均值 | | 方差 | $T_{计}$ | $T_{表}$ |
| $A_3B_3C_1D_3$ | 7.9 | 8.2 | 8.4 | 8.17 | 0.2517 | 0.7762 | 2.776 |
| $A_3B_2C_1D_3$ | 8.15 | 8.3 | 8.5 | 8.32 | 0.2299 | | |

由表9可知,按照两优水平制备的酸奶其风味差异不显著($P > 0.05$),但从生产成本考虑,优水平选择 $A_3B_2C_1D_3$,即乳液质量分数60%、混合菌接种量为5mL、蔗糖添加量6g、发酵时间7h。

2.5 后熟时间的确定

由图7可知,因后熟时间的延长,各项感官指标评分随着提高,达到16h时风味最好;继续延长后熟时

间, 整体风味变化不大较稳定, 由此选择后熟时间 16 h。

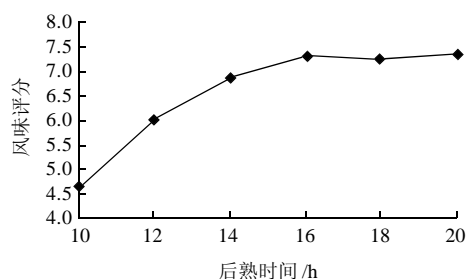


图7 后熟时间对风味的影响

Fig.7 Effect of post-ripening time on final product flavor

2.6 产品理化及乳酸菌群指标测定

与市售大豆酸奶、原味酸奶以及果味酸奶的理化指标比较, 脂肪含量较低, 非脂固形物较高, 其余指标比较相近(表 10)。这与使用脱脂乳粉和发芽大豆有关。

表 10 产品理化及乳酸菌群指标测定结果

Table 10 Comparisons on nutritional factors and lactic acid bacteria count in different yogurts

| 指标 | 实验号 | | | 平均值 | 标准指标 |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | | |
| 脂肪/% | 1.45 | 1.39 | 1.66 | 1.50 | ≥ 0.8~1.6 |
| 蛋白质/% | 3.53 | 3.09 | 3.97 | 3.53 | ≥ 2.3 |
| 非脂固形物/% | 13.60 | 13.55 | 13.77 | 13.64 | ≥ 6.5 |
| 酸度/°T | 82.6 | 88.9 | 85.3 | 85.6 | ≥ 70.0 |
| 乳酸菌群/(CFU/mL) | 5.41 × 10 ⁸ | 5.60 × 10 ⁸ | 5.50 × 10 ⁸ | 5.50 × 10 ⁸ | ≥ 1 × 10 ⁶ |

3 结 论

以发芽大豆和脱脂无糖乳粉为原料制备酸奶, 通过

对发酵工艺条件的研究得出: 在料液比方面发芽大豆与水的配比和乳粉与水的配比对产品的滋味、质地有较大的影响, 分别在 1:4.5 和 1:5.0 时产品的风味品质良好; 对产品风味影响最大的因素是乳液在豆芽浆中的质量分数, 其次是蔗糖添加量, 再次是保加利亚杆菌和嗜热链球菌 1:1 混合菌接种量, 影响较小的因素是发酵时间; 最佳发酵条件为乳液质量分数 60%、蔗糖添加量 6g、混合菌接种量 5mL、发酵时间 7h。

参考文献:

- [1] 潘紫霄. 大豆发芽后营养成分的变化[J]. 农产品加工, 2004(9): 22-24.
- [2] 李笑梅. 大豆萌发工艺优化及成分含量变化的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 29-32.
- [3] 朱新荣, 胡筱波. 大豆发芽期间多种营养成分变化的研究[J]. 中国酿造, 2008(12): 64-66.
- [4] 申海进, 汪海峰. 大豆发芽期异黄酮含量变化的研究及其促进剂的影响[J]. 中国粮油学报, 2006(12): 5-77.
- [5] 郭锦, 霍贵成. 大豆发芽过程中抗营养因子的变化[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(3): 20-24.
- [6] RIZZI C, GALEOTO L, ZOCCATELLI G, et al. Active soybean lectin in foods: quantitative determination by ELISA using immobilised asialofetuin[J]. Food Research International, 2003, 36(8): 815-821.
- [7] 田洪涛, 李雅乾, 孙纪录, 等. 双歧杆菌纯种发酵胡萝卜汁牛乳工艺研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(5): 108-112.
- [8] 王志江, 周佳, 黄建蓉, 等. 凝固型仙草酸奶的研制及保藏特性分析[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(6): 20-23.
- [9] 张洪微, 王琴, 崔素萍. 添加多孔淀粉的凝固型酸奶工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(7): 262-264.
- [10] 全永亮, 黄贤刚, 管斌. 甜玉米汁大豆发酵酸奶的研制[J]. 中国酿造, 2009(9): 161-164.
- [11] 李笑梅, 李扬. 发芽大豆饮料微波脱腥工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 236-238.
- [12] 国家质量技术监督局. GB 2746 — 1999 酸牛乳[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [13] 国家质量技术监督局. GB/T 5009.46 — 2003 乳与乳制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.