

响应曲面法优化黄参酸奶生产工艺

王晓琴, 曹宝明, 张芬琴*

(河西学院农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000)

摘要:以黄参和鲜牛乳为原料,经乳酸菌发酵生产黄参酸奶。在单因素试验基础上,利用响应曲面分析法,对黄参酸奶生产工艺进行优化。建立相应回归模型: $Y = 89.13333 - 2.39688x_1^2 - 1.62188x_2^2 - 1.62188x_3^2 - 1.99688x_4^2 - 2.99375x_1x_3 - 1.06875x_1x_4 - 1.25625x_3x_4$ 。黄参酸奶的最佳生产工艺参数为黄参浆添加量18%、糖添加量6%、发酵剂接种量4%、发酵时间3.5h。以上4个因素在影响黄参酸奶品质上的优先次序为黄参浆添加量>发酵时间>发酵剂接种量>糖添加量。所制得的黄参酸奶口感细腻、组织状态均匀、黄参香气淡雅、风味独特,且工艺流程简单、可行。

关键词:响应曲面法;黄参酸奶;工艺;优化

Optimization of Production Process for *Sphauricepus gracilis* Yogurt by Response Surface Methodology

WANG Xiao-qin, CAO Bao-ming, ZHANG Fen-qin*

(College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye 734000, China)

Abstract: The process for production of *Sphauricepus gracilis* yogurt by fermenting fresh cow milk supplemented with *Sphauricepus gracilis* pulp was optimized by response surface methodology based on one-factor-at-a-time experiments. The overall sensory score of *Sphauricepus gracilis* yogurt was studied with respect to four process parameters including fermentation time (x_1), *Sphauricepus gracilis* pulp addition (x_2), sucrose addition (x_3) and inoculum size (x_4). As a result, a regression model equation was fitted as follows: $Y = 89.13333 - 2.39688x_1^2 - 1.62188x_2^2 - 1.62188x_3^2 - 1.99688x_4^2 - 2.99375x_1x_3 - 1.06875x_1x_4 - 1.25625x_3x_4$. The optimum fermentation conditions for producing *Sphauricepus gracilis* yogurt with the highest sensory quality were fermentation time of 3.5 h, *Sphauricepus gracilis* pulp addition of 18%, sucrose addition of 6% and inoculum size of 4%. In terms of the importance in affecting the overall sensory score of *Sphauricepus gracilis* yogurt, the four factors ranked in the following order: *Sphauricepus gracilis* pulp addition, fermentation time, inoculum size and sucrose addition. The *Sphauricepus gracilis* yogurt obtained under the optimized fermentation conditions exhibited exquisite mouth feeling, homogeneous texture, unique flavor and elegant *Sphauricepus gracilis* aroma. The optimized process can provide a simple and feasible approach for production of *Sphauricepus gracilis* yogurt.

Key words: response surface methodology; *Sphauricepus gracilis* yogurt; production process; optimization

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)12-0039-06

响应曲面法(response surface methodology, RSM)是Box等于20世纪50年代提出的,以回归模型作为函数估计的工具,通过研究因素与响应值之间的关系,对其工艺参数进行优化。运用此法,可以合理试验设计,能以最经济的方式,用较少的试验次数和时间对试验进行全面的研究^[1]。目前,RSM已用于乳饮料加工、多糖提取和生物制剂提取等工艺过程的优化^[2-6]。

黄参(*Sphallerocarpus gracilis*)属伞形科迷果芹属,属多年生草本植物,根块状或圆锥形^[7],广布于甘肃省山丹县境内祁连山和大黄山、海拔2400~2900m的高寒

湿润草原、半草原和山滩农田地段。研究发现,黄参富含黄参皂苷、多糖及人体必需的多种氨基酸和微量元素^[8-10],具有祛风、除湿止痛等功效^[11],对治疗晚期胃癌、诱导癌细胞调节有良好效果^[12]。自古以来,当地人常在冬春时节采挖来当辅粮食用。所以,黄参是一种极具开发前景的药食兼用的特色野生植物资源。目前,黄参的人工栽培已开始推广应用^[13],但有关黄参的深加工研究还比较少,除了黄参螺旋藻保健饮料^[14]之外鲜有报道。本研究立足于甘肃省山丹县盛产的黄参资源,研制黄参酸奶,并在单因素试验的基础上,以黄

收稿日期: 2010-08-24

基金项目: 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室项目

作者简介: 王晓琴(1966—),女,实验师,本科,研究方向为食品微生物。E-mail: gangliren@163.com

*通信作者: 张芬琴(1963—),女,教授,博士,研究方向为食品生化。E-mail: fenqinzh@hxy.edu.cn

参酸奶的感官分值为响应值,运用响应曲面法对制作黄参酸奶的生产工艺条件进行优化,以期制成符合现代需求的营养丰富的新型风味型发酵乳保健饮品,同时也为进一步开发和利用黄参资源及其工厂化生产提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄参 采样于甘肃山丹县;保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*, Lb.)、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*, St.) 河西学院生命科学与工程系微生物实验室;鲜牛乳 甘肃省张掖市雪莲乳业公司;蔗糖符合 GB317—1998《白砂糖》要求;食用明胶、淀粉均为食品级。

1.2 仪器与设备

AE200 电子分析天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;TGL-220 型冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂;CL-30L 全自动高压灭菌锅 日本 ALP 公司;HH-4 数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;YS2-H 型生物显微镜 北京泰克仪器有限公司;MJX-160 恒温培养箱 信康亿达仪器科技中心;SW-CJ-ID 型洁净工作台 苏州净化设备厂;GYB60-6S 均质机;PHS-3B 精密 pH 计;榨汁机 九阳股份有限公司。

1.3 黄参酸奶生产工艺

1.3.1 黄参酸奶工艺流程

黄参→选料→去皮→灭菌→打浆→黄参浆
↓
鲜牛乳→检验→净化→预热→加糖→调配→均质→
灭菌→冷却→接种→灌装→发酵→冷却后熟→成品→检
验
↑
保加利亚乳杆菌(Lb.)和嗜热链球菌(St.)→发酵剂←
母发酵剂←活化←菌种

1.3.2 成品酸奶的感官评价^[15]

评定指标为酸奶的色泽、组织形态、口感、香味。随机样品由接受过专业感官分析培训的人进行感官评价,参与评定为 20 人,取平均分作为感官评价结果,评定标准按表 1 执行。

1.3.3 理化指标检测

总固形物、非脂乳固体、酸度、脂肪:按 GB/T 5009.46—2003《乳与乳制品卫生标准的分析方法》规定的方法检验^[16];蛋白质:按 GB/T 5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》规定的方法检验^[17];持水力:离心后除去上清液,使离心管保持倒置状态 10min。结束后立即称量^[18]。计算公式如下:

$$\text{酸奶持水力}/\% = \frac{\text{离心沉淀物质量}}{\text{样品质量}} \times 100$$

表 1 黄参酸奶评分参考标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of *Sphauricepus gracilis* yogurt

指标	标准	分值
色泽(20分)	色泽均匀一致,淡黄色	16~20分
	色泽均匀,颜色较淡或较浓	11~16分
	色泽不均匀,白色或黄色	11分以下
香味(30分)	黄参特有的清香,酸奶香气淡雅	26~30分
	有黄参特有的香味,但不明显	21~26分
	黄参香味淡薄,发酵乳香味不明显	21分以下
口感(30分)	酸甜适口,口感细腻滑润	26~30分
	酸甜适宜,无异味,口感较细腻	21~26分
	口感粗糙,不适口,过酸或过甜	21分以下
组织状态(20分)	均匀一致,无分层,没有乳清析出	16~20分
	较均匀,无分层,有较少乳清析出	11~16分
	不均匀,分层明显,大量乳清析出	11分以下

1.3.4 微生物指标检测

大肠菌群和致病菌:按 GB/T 4789.18—2003《食品卫生微生物学检验乳与乳制品检验》规定的方法检验^[19]。

1.4 生产工艺要点

1.4.1 发酵剂的制备

1.4.1.1 菌种活化

以 2%~3% 的发酵剂接种量将液体菌种接入灭菌乳中,40~43℃ 培养 4~5h,冷却后置于 4℃ 冰箱中保存。之后每天传代一次,共传代 3 次,即得母发酵剂。

1.4.1.2 菌种驯化

将活化后的混合菌种于不同比例的黄参浆和鲜牛奶培养基中逐步驯化后扩大培养。

1.4.2 黄参浆的制备

选取适量无病虫害的干黄参,用流水快速冲洗。在相对于黄参体积 10 倍的蒸馏水中将适量的蔗糖溶解,再将黄参浸入其中,用封口膜封好;85℃ 高压灭菌,50min 后去皮榨浆备用。

1.4.3 黄参酸奶的制作

1.4.3.1 原料乳检验及预处理

原料乳来源于健康无病奶牛所产的鲜牛乳,色泽呈乳白或微黄色,气味芳香,无异味;乳的酸度≤18°T(GB 19301—2003《鲜乳卫生标准》)^[20]。用无菌双层脱脂纱布过滤牛乳,除去杂质后预热。

1.4.3.2 调配、均质、灭菌及接种

鲜牛乳预热至 60℃ 左右时向其中加入蔗糖,加热至沸 5min 后,降温到 70℃ 时,向乳中加入稳定剂^[21-23]。同时,缓慢加入已灭菌并冷却至 60~70℃ 的 18% 黄参

浆,使其形成(体积比 1:4.6)混合乳,再将物料加热至 65℃,在 20MPa 下均质。加热煮沸 5min 后再降温至 85℃左右时开始保温 15min。然后,降温至 40~45℃,将事先制备好的生产发酵剂充分搅匀按比例加到混合乳中,搅拌约 5min 使发酵剂混合均匀,然后迅速灌装封口。

1.4.3.3 发酵及冷藏

在 41~42℃ 条件进行保温发酵,待其完全凝固后结束发酵并放入 4℃ 冷藏箱中后熟 24~36h。

1.5 工艺优化试验设计

1.5.1 单因素试验

分别考察黄参浆添加量、加糖量、发酵剂接种量及发酵时间对黄参酸奶感官评分的影响。

1.5.2 二次正交旋转组合试验设计

结合单因素试验结果,采用二次正交旋转组合试验设计及分析方法进行正交试验,对黄参酸奶的生产工艺进行优化,试验因素及水平见表 2。

表 2 二次正交旋转组合试验因素与水平编码表

Table 2 Factors and levels in the quadratic orthogonal rotary combination design

编码	因素			
	x_1 发酵时间/h	x_2 黄参浆添加量/%	x_3 蔗糖添加量/%	x_4 发酵剂接种量/%
-2	2.5	14	4	2
-1	3.0	16	5	3
0	3.5	18	6	4
1	4.0	20	7	5
2	4.5	22	8	6
Δj	0.5	2	1	1

1.6 数据处理

用 Excel 及 DPS 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 黄参浆添加量对黄参酸奶感官评分的影响

表 3 黄参浆添加量对感官评分的影响

Table 3 Effect of *Sphaericepus gracilis* pulp addition on yogurt quality

黄参浆添加量/%	色泽	香味	口感	组织状态	感官分值
12	乳白	清淡	适口,较细腻	均匀、黏稠	79.5
14	乳白	清淡	适口,较细腻	均匀、黏稠	84.1
16	乳白	清淡	适口,较细腻	均匀、黏稠	85.9
18	淡黄色	较浓	适口,细腻滑润	均匀、黏稠	87.0
20	黄色	较浓	适口,较细腻	均匀、黏稠	84.2
22	黄色	浓郁	不适口,粗糙	结块、分层有乳清	76.5

黄参浆的添加量不仅影响产品的风味,而且还影响酸奶的发酵效果及产品的品质。由表 3 可知,随着黄参

浆添加量的增加,感官分值明显增加。当添加量增加到 18% 时,感官分值达最大值 87;这时的 4 项感官指标都最佳。超过 18% 时,感官分值呈下降趋势,这种变化可能是黄参浆中的糖类、氨基酸等化合物为嗜热链球菌提供了发酵初期生长所需的含氮物质,促进了嗜热链球菌的生长,缩短了其生长的延滞期,进而使酸奶的凝乳时间缩短,增强了凝乳效果,从而使酸奶中的乳清析出较少,稳定效果较好。但当添加量较小时,起不到黄参浆的营养保健作用^[24]。针对此种情况,将黄参浆添加量分别按照 12%、14%、16%、18%、20%、22% 进行试验,由表 3 可知,黄参浆添加过多,酸奶组织的黏稠度降低,有部分乳清析出,酸奶的口感和组织状态会变得粗糙,产品香味由淡到浓,色泽略有变深,pH 值有所降低。考虑到黄参浆的营养互补作用会影响成品的风味及口感。认为黄参浆的添加量以 18% 为宜。

2.1.2 蔗糖添加量对黄参酸奶感官评分的影响

表 4 加糖量对感官评分的影响

Table 4 Effect of sugar content on yogurt quality

蔗糖添加量/%	色泽	香味	口感	组织状态	感官分值
5	淡黄色	清淡	不甜,细腻滑润	均匀、黏稠	87.5
6	淡黄色	较浓	适口,细腻滑润	均匀、黏稠	89.4
7	淡黄色	较浓	较甜,细腻滑润	均匀、黏稠	89.0
8	淡黄色	较浓	甜,细腻滑润	均匀、黏稠	87.9
9	淡黄色	清淡	甜,细腻滑润	均匀、黏稠	85.0
10	淡黄色	清淡	甜,细腻滑润	均匀、黏稠	83.2

由表 4 可知,蔗糖添加量是影响感官评分的一个很重要的因素。添加蔗糖可以缓和酸度,改善风味,提高口感质量,随着糖量的增加,感官分值呈先增后降趋势。当糖量增加到 6% 时,感官分值达到最大值 89.4;而当蔗糖添加量超过 6% 时,感官分值则下降。这是由于当糖较少时,酸奶的酸度过大,致使酸奶的香味逐渐变淡而甜味逐渐增加,掩盖了酸奶的风味,直接影响对产品的感官分值,但对色泽和组织状态没有影响,故初步拟定蔗糖添加量为 6%。

2.1.3 发酵时间对黄参酸奶感官评分的影响

由表 5 可知,发酵时间不同,所得的感官评分结果也不同。当发酵时间为 2.5h 时,产品的感官分值最低。当发酵时间达 3.5h 时,感官分值达到最大 89.1,当发酵时间超过 3.5h 时,感官评分呈下降趋势。这是由于发酵时间的长短直接影响着产品的色泽、香味、口感、酸度和组织状态。发酵时间过短,则酸奶组织柔嫩,风味差;过长,则酸度过高,乳清析出过多,风味不佳。因此,初步拟定发酵时间为 3.0~4.0h。

表5 发酵时间对感官评分的影响

Table 5 Effect of fermentation time on yogurt quality

发酵时间/h	色泽	香味	口感	组织状态	感官分值
2.5	乳白	浓郁	较甜	均匀、不凝固或柔嫩	77.5
3.0	淡黄色	较浓	适口	均匀、黏稠	88.7
3.5	淡黄色	较浓	适口	均匀、黏稠	89.1
4.0	淡黄色	较浓	适口	均匀、黏稠	88.8
4.5	黄色	清淡	较酸	均匀、黏稠	80.6
5.0	黄色	清淡	较酸	结块、分层	78.5

2.1.4 发酵剂接种量对黄参酸奶感官评分的影响

表6 发酵剂接种量对感官评分的影响

Table 6 Effect of inoculation amount on yogurt quality

发酵剂接种量/%	色泽	香味	口感	组织状态	感官分值
2	黄色	浓郁	不适口,较细腻滑润	凝乳慢或不凝乳	73.3
3	淡黄色	较浓	适口,细腻滑润	均匀、黏稠	85.1
4	淡黄色	较浓	适口,细腻滑润	均匀、黏稠	88.6
5	淡黄色	较浓	适口,细腻滑润	均匀、黏稠	88.0
6	乳白	清淡	较酸,较细腻滑润	均匀、黏稠	85.8
7	乳白	清淡	较酸,较细腻滑润	均匀、黏稠	75.0

发酵剂接种量的多少对黄参酸奶的感官评分有重要影响。由表6可知,当发酵剂接种量达到4%时,感官分值达最大,发酵剂接种量过多或过少,产品的感官分值都比较低。这可能是发酵剂接种量较低时,相同的发酵时间内乳酸菌发酵产生的乳酸较少,导致产品酸度不够。同时,乳品的发酵不完全,pH值较大,无法使乳中的酪蛋白凝固,凝结状态较差,乳清析出较多,导致感官分值较低;相反,发酵剂接种量过多时,相同的发酵时间内乳酸菌发酵产生的乳酸过多,产酸量过高,酪蛋白凝固过快,使产品质地粗糙,口感偏酸,影响了产品的感官评分。由此,初步拟定黄参酸奶中发酵剂接种量为3%~5%。

2.2 二次正交旋转组合试验设计

在单因素试验的基础上,初步确定黄参酸奶中各种成分的适宜添加量,以此为基础,建立二次正交旋转组合设计试验方案,见表7、8。

将表7中的结果录入DPS软件,应用四因素二次正交旋转组合试验设计,以发酵时间(x_1)、黄参浆添加量(x_2)、蔗糖添加量(x_3)、发酵剂接种量(x_4)为自变量,感官分值 Y 为因变量,初步得到如下回归模型:

$$Y = 89.13333 + 0.22917x_1 + 0.19583x_2 + 0.75417x_3 + 0.55417x_4 - 2.39688x_1^2 - 1.62188x_2^2 - 1.62188x_3^2 - 1.99688x_4^2 + 0.46875x_1x_2 - 2.99375x_1x_3 - 1.06875x_1x_4 + 0.95625x_2x_3 - 0.64375x_2x_4 - 1.25625x_3x_4$$

表7 四因素二次回归旋转组合试验设计及结果

Table 7 Quadratic orthogonal rotary combination design and corresponding experimental results

试验号	x_1 发酵时间/h	x_2 黄参浆添加量/%	x_3 蔗糖添加量/%	x_4 发酵剂接种量/%	感官评分值
1	1	1	1	1	77.9
2	1	1	1	-1	85.1
3	1	1	-1	1	87.2
4	1	1	-1	-1	83.8
5	1	1	1	1	77.7
6	1	-1	1	-1	76.3
7	1	-1	-1	1	86
8	1	-1	-1	-1	83.5
9	-1	1	1	1	86.5
10	-1	1	1	-1	84.2
11	-1	1	-1	1	79.8
12	-1	1	-1	-1	74.8
13	-1	-1	1	1	83.7
14	-1	-1	1	-1	81.6
15	-1	-1	-1	1	82.4
16	-1	-1	-1	-1	74.6
17	-2	0	0	0	80.5
18	2	0	0	0	78.3
19	0	-2	0	0	84.7
20	0	2	0	0	80.3
21	0	0	-2	0	78.2
22	0	0	2	0	86.8
23	0	0	0	-2	82
24	0	0	0	2	80
25	0	0	0	0	87.6
26	0	0	0	0	90.5
27	0	0	0	0	88
28	0	0	0	0	89.1
29	0	0	0	0	88.9
30	0	0	0	0	87.1
31	0	0	0	0	92
32	0	0	0	0	86.2
33	0	0	0	0	87.7
34	0	0	0	0	90.3
35	0	0	0	0	92.8
36	0	0	0	0	89.4

由表8可以看出, $F_2 = 8.746 > F_{0.01(14,11)} = 4.29$, 回归极显著, P 值为0.0001, 小于0.01, 表明模型方程极显著, 不同处理间的差异极显著; 说明该回归模型与实际情况拟合良好; 因 $F_1 = 2.003 < F_{0.05(14,10)} = 2.86$, 失拟项 $P = 0.0865 > 0.05$, 不显著, 即试验数据与所采用的二次模型相吻合。此外, 4个单因素的平方项对黄参酸奶的感官评分有极显著影响($P < 0.01$), 除 x_1x_3 、 x_3x_4 外, 一次项及其他交互项对感官评分无显著影响, 因此可以在 $\alpha = 0.05$ 显著水平对回归模型进行进一步的多元回归分析, 剔除其中的不显著项, 得到简化后的回归模型, 即:

$$Y = 89.13333 - 2.39688x_1^2 - 1.62188x_2^2 - 1.62188x_3^2 - 1.99688x_4^2 - 2.99375x_1x_3 - 1.06875x_1x_4 - 1.25625x_3x_4$$

4个单因素影响黄参酸奶感官评分间的关联序为 $x_2 > x_1 > x_4 > x_3$, 即黄参浆添加量对感官评分影响最显著, 其次为发酵时间, 然后是发酵剂接种量, 最后是蔗糖添加量。

表8 回归模型方差分析

Table 8 Analysis of variance of the fitted regression equation

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
x_1	1.2604	1	1.2604	0.2159	0.6469
x_2	0.9204	1	0.9204	0.1577	0.6953
x_3	13.6504	1	13.6504	2.3387	0.1411
x_4	7.3704	1	7.3704	1.2628	0.2738
x_1^2	183.8403	1	183.8403	31.4973	0.0001**
x_2^2	84.1753	1	84.1753	14.4217	0.0011**
x_3^2	84.1753	1	84.1753	14.4217	0.0011**
x_4^2	127.6003	1	127.6003	21.8617	0.0001**
x_1x_2	3.5156	1	3.5156	0.6023	0.4463
x_1x_3	143.4006	1	143.4006	24.5688	0.0001**
x_1x_4	18.2756	1	18.2756	3.1312	0.0913
x_2x_3	14.6306	1	14.6306	2.5067	0.1283
x_2x_4	6.6306	1	6.6306	1.136	0.2986
x_3x_4	25.2506	1	25.2506	4.3262	0.05*
回归	714.6967	14	51.0498	$F_2 = 8.746$	0.0001**
剩余	122.5708	21	5.8367		
失拟	79.1242	10	7.9124	$F_1 = 2.003$	0.0865
误差	43.4467	11	3.9497		
总和	837.2675	35			

注: **.差异极显著, $P < 0.01$; *.差异显著, $P < 0.05$ 。

2.3 二因子互作效应分析

固定两个因素于零水平, 研究另外两个因素间的交互效应。用DPS软件制作出响应曲面图(图1)。等高线的形状可反映出交互作用的强弱, 椭圆形表示两因素交互作用显著, 而圆形则与之相反。由图1可知, 随着各交互因子编码值的升高, 黄参酸奶感官分值呈上升趋势, 但当编码值达到一定的组合后, 感官分值呈下降的趋势。图1a中两因素交互作用最显著, 图1c次之, 图1b最弱, 这与表8中方差分析结果基本一致。结合单因素试验结果可以看出, 4个单因素对黄参酸奶感官评分的影响不是简单的线性关系, 这也符合实际情况。因此, 只有当两个因素均在0~0.5水平时, 感官分值达到最高, 说明此时产品的感官品质最佳。

2.4 产品质量检测结果

2.4.1 感官指标

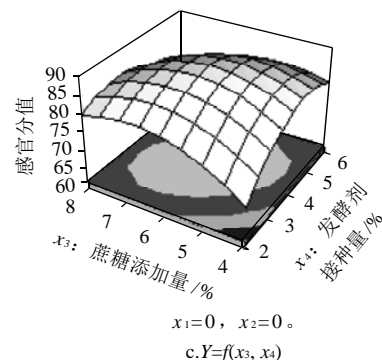
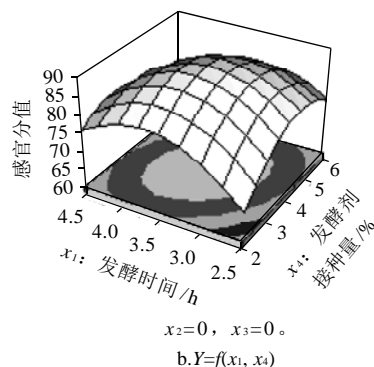
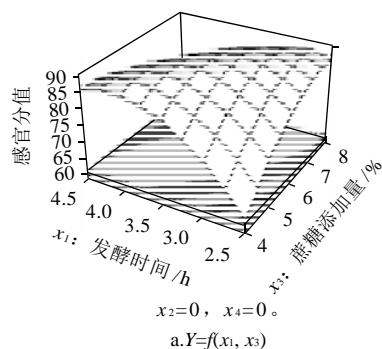


图1 响应曲面分析

Fig.1 Response surface plots showing the pairwise interaction effects of four fermentation parameters on yogurt quality

本产品为淡黄色、质地均匀的乳状胶液, 表面光滑, 口感细腻润滑、酸甜适口, 具有黄参和发酵乳融合的特有香味, 无异味、无分层、无乳清。

2.4.2 理化指标

蛋白质含量: 4.12%; 脂肪含量: 3.8%; 酸度: 83.7°T; 总固形物含量: 20.4%; 非脂乳固体: 17.7%; 持水力: 28.97%。

2.4.3 卫生指标

乳酸菌数 $\geq 2.1 \times 10^7$ CFU/mL, 细菌总数 ≤ 100 个/mL, 大肠菌群 ≤ 10 个/100mL, 致病菌(沙门氏菌、金黄色葡萄球菌)没有检出。

3 结论

本研究以单因素试验为基础, 通过响应曲面法建立了影响黄参酸奶品质的关键因素的二次多项数学模型, 得到工艺参数的优化数学回归模型: $Y = 89.13333 - 2.39688x_1^2 - 1.62188x_2^2 - 1.62188x_3^2 - 1.99688x_4^2 - 2.99375x_1x_3 - 1.06875x_1x_4 - 1.25625x_3x_4$, 此模型在试验范围内能较准确地预测黄生酸奶的最佳生产工艺参数。

确定黄参酸奶的最佳生产工艺参数为黄参浆添加量18%、蔗糖添加量6%、发酵剂接种量4%、发酵时间3.5h, 此时酸奶成品的感官分值为89.13; 实验发现,

黄参酸奶在 0~4℃ 条件下可保存 20~30d, 经检验各项微生物指标均符合国家标准。

本研究所得产品颜色淡黄, 质地均匀, 口感细腻润滑、酸甜适口, 具有发酵乳和黄参融合的特有香味, 无杂质、无分层, 表面光滑。本研究所得制品不仅是现代人青睐的营养丰富的新型风味型发酵乳保健饮品, 更重要的是为甘肃省山丹县特色资源黄参的深加工、提高其附加值提供了一条有效的途径, 同时也为进一步开发和利用黄参资源及其工厂化生产提供了一定参考。

参考文献:

- [1] AMBATI P, AYYANNA C. Optimizing medium constituents and fermentation conditions for citric acid production from palmyrajaggery using response surface method[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2001, 17(4): 331-335.
- [2] 李次力. 毛豆酸奶加工工艺的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 797-800.
- [3] 阮征, 周泉城, 邓泽元, 等. 响应曲面法优化桔梗多糖提取条件研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 283-287.
- [4] 曹小飞, 高允盛, 赵丹, 等. 响应曲面法优化含豆乳的 Mozzarella 干酪的生产工艺参数[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(6): 24-27.
- [5] 单辉君, 张名位, 张瑞芬, 等. 花生根中白藜芦醇提取工艺的优化[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 93-97, 138.
- [6] 罗仓学, 李政浩, 张晓荣. 响应曲面法优化甘薯饮料配方的研究[J]. 陕西科技大学报, 2009, 27(4): 55-58.
- [7] 中国科学院中国植物志编写委员会. 中国植物志: 第 55 卷, 第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 72-74.
- [8] 罗光宏, 陈叶. 河西走廊野生可食植物资源及利用研究[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 298-300.
- [9] 贾恢先, 邹卿, 叶相清, 等. 山丹黄参的分布及微量元素含量研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 180-190.
- [10] 陈叶, 陈天仁, 罗光宏. 黄参营养价值及加工工艺技术研究[J]. 食品科技, 2003(11): 96-97.
- [11] 扶玲, 许岸高, 朱伟燕, 等. 黄参膏的研制及临床疗效观察[J]. 中药材, 2002, 25(1): 76-77.
- [12] 许岸高, 刘集鸿. 黄参冲剂联合化疗治疗晚期胃癌[J]. 广东医学, 1999, 20(2): 66-70.
- [13] 张定君, 邹卿, 唐谦. 黄参的生物学特性与栽培技术研究初报[J]. 甘肃农业科技, 2000, (7): 44-45.
- [14] 陈天仁, 罗光宏, 祖廷勋, 等. 黄参螺旋藻保健饮料制备工艺的研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 121-123.
- [15] 周传云, 王运亮, 扈麟, 等. 蒲公英酸奶的研制及其抑菌效果的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 13-17.
- [16] 全国信息与文献工作标准化技术委员会. GB/T5009. 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: 367-376.
- [17] 全国信息与文献工作标准化技术委员会. GB/T 5009. 5—2003 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 35-39.
- [18] 王攀. 发酵温度对羊奶黏度和持水性的影响[J]. 中国乳品加工, 2009(11): 48-51.
- [19] 全国信息与文献工作标准化技术委员会. GB/T 4789. 18—2003 食品卫生微生物检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 143-146.
- [20] 全国信息与文献工作标准化技术委员会. GB/T 19301—2003 鲜乳卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 1-2.
- [21] 白卫东, 赵文红, 梁桂凤, 等. 保加利亚乳杆菌的特性及其应用[J]. 中国酿造, 2009(8): 10-13.
- [22] 刘冠卉, 燕薇, 徐涛, 等. 丝素酸奶的研制[J]. 食品工业科技, 2009, 30(10): 224-226.
- [23] 赵大军, 吕长鑫, 马勇, 等. 黄粉虫蛋白酸奶的工艺研究[J]. 食品科学, 2004, 25(7): 210-213.
- [24] 郭本恒. 乳制品生产工艺与配方[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 100.