

牛蒡复合益生菌酸奶发酵条件的优化

焦镞, 蒋小锋, 魏楠

(河南农业职业学院食品工程学院, 河南郑州 451450)

摘要: 本研究以胡萝卜、牛蒡、山药等为原料, 添加复合益生菌制备益生菌复合酸奶并对其发酵条件进行了优化。实验结果表明, 胡萝卜、牛蒡、山药的添加质量分数分别为 20%、15% 和 10% 时, 发酵温度在 40 °C 时, 时间在 7 h 条件下, 发酵的复合益生菌酸奶品质最好。乳酸菌接种量为 5%~6% 时, 复合益生菌酸奶的酸性约为 80%, 持水性约为 70%; 通过发酵温度和发酵时间的对比, 证明复合益生菌酸奶最佳发酵条件为: 接种量为 5%, 发酵时间为 7 h, 发酵温度为 40 °C。实验结果表明: 所提发酵条件能够更好地实现复合益生菌酸奶的发酵优化, 且得到的酸奶发酵后质量最佳。

关键词: 复合益生菌; 酸奶; 发酵条件; 接种量

文章编号: 1673-9078(2020)05-238-242

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.5.032

Optimization of Fermentation Conditions for the Burdock-probiotic Compound Yoghurt

JIAO Lei, JIANG Xiao-feng, WEI Nan

(Henan Vocational College of Agriculture Food Engineering College, Zhengzhou 451450, China)

Abstract: In this study, carrot, burdock and yam were used as raw materials, and composite probiotics were added to prepare a probiotic compound yogurt. The fermentation conditions were optimized. The results showed that the quality of the yoghurts was the best when the addition amount of carrot, burdock or yam was 20%, 15% and 10%, respectively, with the fermentation temperature and time as 40 °C and 7 hours. When the inoculation level of lactic acid bacteria was 5%~6%, the acidity and water holding capacity of the compound probiotic yoghurt were about 80% and 70%, respectively. By comparing the fermentation temperature and fermentation time, the optimal fermentation conditions for the compound probiotic yogurt were: amount of inoculum 5%, fermentation time 7 hours, and fermentation temperature 40 °C. The experimental results showed that the proposed fermentation conditions can better optimize the fermentation of the compound probiotic yoghurt, and the obtained yogurt had the best quality after fermentation.

Key words: composite probiotics; yoghurt; fermentation conditions; amount of inoculum

引文格式:

焦镞, 蒋小锋, 魏楠. 牛蒡复合益生菌酸奶发酵条件的优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(5): 238-242

JIAO Lei, JIANG Xiao-feng, WEI Nan. Optimization of fermentation conditions for the burdock-probiotic compound yoghurt [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 238-242

随着人们生活条件的不断提升, 对食品的要求也越来越高。其中, 乳制品在人们日常食物中占据重要地位^[1]。乳制品的本质属性已经超越了普通食品, 不仅可以为人体提供所需营养, 还具有食疗、养生和保健等功能。现代都市生活中, 酸奶是最具代表性的乳制品, 老少皆宜, 属于四季饮品。酸奶中益生菌主要功能是对宿主的微生态平衡进行状态改善, 该种活菌制剂能够提高宿主的健康状态以及健康水平^[2]。嗜酸乳杆菌、双歧杆菌、干酪乳杆菌等是益生菌中常见的

菌种, 以酸奶为首的乳制品是益生菌最主要的载体。采用复合益生菌优化酸奶发酵的过程, 可分为酶及辅酶的产生、部分降解、代谢作用以及各种抑制因子等步骤, 通过相互交织作用生成营养物质, 根据不同菌种功能达到酸奶的作用。随着益生菌发酵乳制品研发技术的不断提高, 相关学者发现益生菌还可以为人体提供一定营养。酸奶的发酵条件优化成为了目前研究的热点^[3]。

刘俊艳等通过正交实验, 研究了酸奶的发酵条件, 在模糊数学感官评价方法的基础之上, 在风味、色泽、口感等几个方面评价复合益生菌对酸奶发酵条件的影响, 根据评价结果优化功能型酸奶的发酵条件^[4]。但

收稿日期: 2019-11-16

基金项目: 河南省教育厅科研项目 (16B550003)

作者简介: 焦镞 (1973-), 男, 副教授, 研究方向: 食品加工研究

利用该方法进行发酵的酸奶营养价值不高,口感欠佳。李升升等采用标准化评估方法研究复合益生菌对功能型酸奶发酵过程中后酸化时间、杀菌条件、发酵温度和菌种接种体积分数的影响,根据分析结果优化功能型酸奶的发酵条件^[5]。利用该方法优化后的功酸奶获得的评分较低,存在酸奶发酵优化效果较差等问题。

基于上述的问题,本文提出了复合益生菌酸奶发酵条件的优化。对所提方法进行了对比实验。牛蒡含有菊糖、蛋白质以及多种微量元素和维生素,还富含氨基酸,具有具有解毒消肿、疏风散热的功效。山药含有大量的淀粉、蛋白质,具有补脾养胃、生津益肺的功效。胡萝卜中的胡萝卜素转变成维生素 A,起到保护机体正常细胞抗氧化的作用,植物纤维促进肠胃蠕动。实验结果表明,所提方法对酸奶的发酵条件具有明显优化效果,应用可靠性更高。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料: 益生菌菌种: 双歧杆菌, 发酵菌种为嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌, 由河南某生物科技公司提供。

原料: 新鲜牛乳, 来自河南博农乳业有限公司; 川秀酸奶发酵剂, 来自北京川秀科技有限公司; 嗜热链球菌和德氏乳杆菌保加利亚亚种为发酵种群。蔗糖、蔗糖脂肪酸酯、酚酞、磷酸氢二钾、半胱氨酸盐、白砂糖等, 购于当地正规商场; 牛蒡汁、山药汁、胡萝卜汁、均选用新鲜蔬菜自制; 培养基包括 VRBA 培养基、MC 培养基和 MRS 培养基。

仪器: DY04-13-44-00 高压灭菌锅, 由上海博迅医疗生物仪器股份有限公司提供; BL25B36 榨汁机, 由佛山市宇焱商贸有限公司提供; HPX-9082MBE 电热恒温培养箱, 由上海能共实业有限公司提供; HH-4 数显恒温水浴锅, 由上海上海虔钧科学仪器有限公司提供; GZX-9140MBE 电热鼓风干燥箱, 由上海博迅医疗生物仪器股份有限公司提供; SPD60 自动定氮仪, 由南京威美特科学仪器有限公司提供; SPT20 消解炉, 由北京三品科创仪器有限公司提供; xsp-2ca 生物双目显微镜, 由上海兆仪光电科技有限公司提供; SW-CJ-1FD 无菌操作台, 由上海博迅医疗生物仪器股份有限公司提供。

1.2 原材料预处理

(1) 山药汁的制备: 选择两根粗细均匀的山药, 清洗, 浸泡, 去皮, 将山药切小块放榨汁机加入适量

清水进行榨汁, 对山药汁进行杀菌, 对杀菌处理后的山药汁进行过滤, 冷却, 加入护色剂, 以免被氧化变色, 真空浓缩滤液备用。

(2) 牛蒡汁的制备: 挑选牛蒡样品, 清洗, 浸泡, 去皮, 榨汁, 对牛蒡汁进行杀菌处理, 对杀菌处理后的牛蒡汁进行过滤, 之后冷却, 加入护色剂, 真空浓缩滤液备用。

(3) 胡萝卜汁的制备: 挑选大小差不多的两根胡萝卜, 清洗胡萝卜, 浸泡胡萝卜, 去皮, 榨汁, 对胡萝卜汁进行杀菌处理, 对杀菌处理后的胡萝卜汁进行过滤, 之后冷却, 真空浓缩滤液备用。

(4) 发酵剂的制备: 采用乳酸杆菌、嗜热链球菌以及双歧杆菌, 以 1:1:1 的比例制备酸奶发酵剂。

(5) 母发酵剂的制备: 在母发酵剂制备前, 先准备乳酸菌纯培养物, 取脱脂乳 100~300 mL, 装入灭菌的三角瓶中, 加入蒸馏水进行降解, 以 121 °C、15 min 高压灭菌^[6], 并迅速冷却至 40 °C 左右进行接种。接种时取脱脂乳量 3%~5% 的充分活化的菌种, 置于 40 °C 恒温环境下进行培养, 培养时长为 5 h, 酸度达到 0.75%~0.85%; 当凝固达到所需酸度后, 在 5 °C 左右条件下保存, 为保持活力, 在固定周期内进行接种, 或者进行冷冻保存。

在灭菌的三角瓶中加入 1/2 的脱脂乳, 经 121 °C、15~20 min 高压灭菌后, 冷却至接种温度, 按 0.5%~1.0% 的量接种乳酸菌纯培养物, 21~23 °C 培养 10 h~14 h, 采用相同的方式接种双歧杆菌。凝固后移入灭菌脱脂乳中, 如此反复 2~3 次, 制成母发酵剂, 放置 5 °C±1 °C 的环境中储藏备用。

1.3 方法

1.3.1 酸度测定

在无菌环境下选取待测乳 15 mL, 在其中添加 30 mL 的蒸馏水, 然后再加如浓度 0.55% 的酚酞酒精溶液 1 mL, 然后滴入浓度为 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液, 直至待测乳呈现微红色, 且在 60 s 内一直保持该状态^[7]。酸度的计算通过公式 (1) 进行计算:

$$S = CN \times 100 \quad (1)$$

其中, S 为滴定酸度, C 是 NaOH 溶液使用的量; N 是 NaOH 标准溶液浓度。

1.3.2 活菌数测定

待测乳中乳酸菌所含数量利用 GB 4789.35-2010 中方法测定^[8]。

1.3.3 持水性测定

持水性是衡量发酵酸奶粘度的重要指标, 粘度会影响发酵酸奶的品质, 所以在进行酸奶发酵时需要考

虑酸奶的持水性。温度设置为 ≤ 10 °C, 把已经凝固的30 g 酸奶以转速为3500 r/min 离心30 min, 之后对其进行质量的测量。持水性通过公式(2)计算得出:

$$Q = \frac{Z}{R} \times 100\% \quad (2)$$

其中, Q 持水性, Z 表示离心后沉淀的质量, R 表示样品质量。

1.3.4 不同山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁添加量对酸奶品质的影响

分别将质量分数为5%、10%、15%、20%、25%、30%的山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁, 之后倒入鲜牛乳和白砂糖, 接种量按质量分数为6%接入, 其发酵的温度设置为40 °C, 发酵时长设置为7 h, 得到的结果与一般酸奶进行比较, 分析其对酸度、持水性的影响。

1.3.5 接种量对酸奶发酵的影响

将20%山药汁、15%牛蒡汁、10%的胡萝卜汁进行混合, 使其均匀, 倒入鲜牛乳和白砂糖, 接种量按质量分数为2%、3%、4%、5%、6%依次接入; 其发酵的温度设置为40 °C, 发酵时长设置为7 h, 到的结果与一般酸奶进行比较, 分析其对酸度、持水性的影响。

1.3.6 不同发酵温度对酸奶发酵的影响

将质量分数为20%山汁、15%的牛蒡汁以及10%的胡萝卜汁进行均匀混合后, 导入鲜牛乳和白砂糖, 接种量按5%接入, 将温度设置为37 °C、38 °C、39 °C、40 °C、42 °C进行发酵, 发酵时长为7 h, 得到的结果与一般酸奶进行对比, 分析发酵温度对酸奶的酸度和持水性的影响。

1.3.7 不同发酵时间对酸奶发酵的影响

将质量分数为20%山汁、15%的牛蒡汁以及10%的胡萝卜汁进行均匀混合后, 导入鲜牛乳和白砂糖, 接种量按5%接入, 将其置于温度为40 °C的环境下, 设置发酵时长为6 h、7 h、8 h、10 h、12 h, 得到的结果与一般酸奶进行比较, 分析不同发酵时间对酸奶发酵的酸性和持水性的影响。

1.3.8 单因素实验

根据上述实验, 选择接种量(A)、发酵温度(W)、发酵时间(T)为实验因素, 进行正交实验, 结果如表1所示。

表1 正交实验结果表

Table 1 results of orthogonal experiment

序号	接种量(A)/%	发酵温度(W)/°C	发酵时间(T)/h
1	5	39	8
2	6	40	10
3	7	42	12

1.3.9 数据处理

用 Sartorius PB-10 酸度计对样品直接进行测定。通过酸度和持水性的测定及感官评价, 采用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析, 确定使用此种发酵剂的适宜发酵条件。

2 结果与分析

2.1 不同添加量对酸奶品质的影响分析

品质良好的酸奶一般都具有一定的酸度, 复合乳酸菌等微生物在酸奶的发酵过程中会产生有机酸^[9], 增加了酸奶的酸度。酸奶的持水性能好坏是通过乳清蛋白的分离度来衡量的, 乳清蛋白在温度80 °C之上进行加热5 min, 一部分的乳清蛋白的品质会发生变化, 这种变化达到一定程度会提高酸奶的持水性能, 这样就会使发酵的酸奶呈现良好的固态。通过实验研究表明, 添加山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁能够使发酵的酸奶酸性和持水性能提高。这可能是因为山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁中富含丰富的碳水化合物等原因导致的, 这样的环境下使复合乳酸菌的繁殖生长速度加快, 当添加山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁质量分数为20%、15%和10%时, 酸奶的酸度和持水性达到最佳, 与一般普通的酸奶对比有所提高。相关研究结果显示, 当添加山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁质量分数为5%、7%和16%时, 牛蒡对功能性复合酸奶吸光值的影响较胡萝卜汁更为敏感。因为牛蒡中丰富的天然增菌物质能够促进益生菌和发酵菌剂的生长, 满足高浓度条件下混合菌数生长的要求。图1为山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁添加对发酵酸奶酸度和持水性能的分析结果。

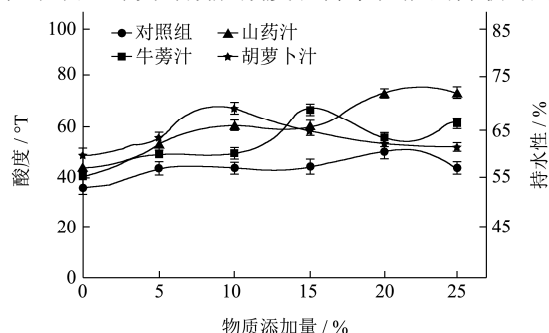


图1 不同添加量下对酸奶品质的影响

Fig.1 The effect of different adding amount on the quality of yohurt

2.2 不同接种量对酸奶品质的影响分析

接种量是指接种乳酸菌数量, 接种量越大, 对酸奶品质的影响越大^[10]。通过实验结果表明, 添加山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁后的酸奶的接种量与一般酸奶

对比,发现此种方法下的酸奶接种量更高,一般酸奶接种量在4%~5%较为合适,而实验样品酸奶的接种量在5%~6%更加适宜,这是由于样品酸奶中添加山药汁、牛蒡汁和胡萝卜汁中含有部分多酚物质,适宜复合乳酸菌的繁殖与生长。相关研究结果接种量5%。图2为接种量对酸奶发酵酸度与持水性能的影响结果分析。

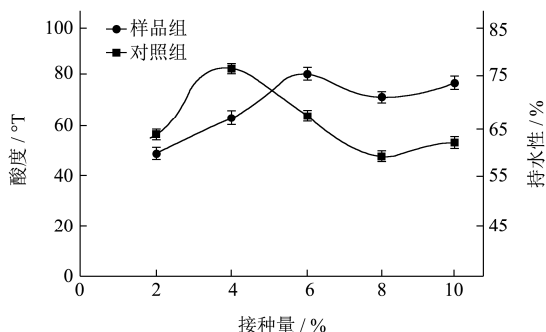


图2 不同接种量下对酸奶品质的影响

Fig.2 Effect of different inoculation amount on the quality of yogurt

2.3 不同发酵温度对酸奶发酵品质影响分析

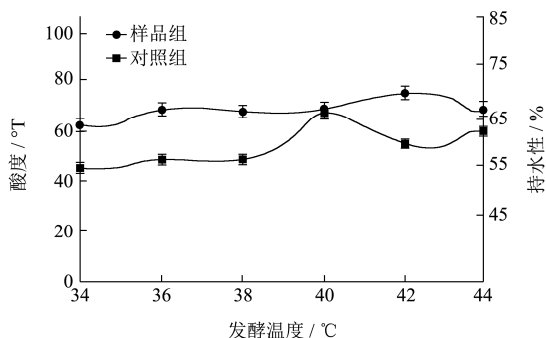


图3 不同发酵温度下对酸奶品质的影响

Fig.3 Effect of different fermentation temperature on the quality of yogurt

细胞内的酶会跟随温度的不断变化而变化,温度

表2 正交实验结果

Table 2 orthogonal experiment results

	接种量/%	发酵温度/°C	发酵时间/h	酸度/°	持水性/%
1	1	1	1	67	77
2	1	2	2	70	80
3	1	3	3	65	77
4	2	1	2	71	80
5	2	2	3	68	82
6	2	3	1	73	84
7	3	1	3	82	91
8	3	2	1	74	87
9	3	3	2	72	83

转下页

越高其活性就不断的升高,繁殖速度也随之不断增速,通过对不同温度下酸奶发酵实验,结果表明:温度在40~42 °C之间能够使复合乳酸菌菌群活力保持最高,乳酸菌的活菌在这样的温度下存活率是最好的,可以保证发酵的酸奶质量较好。相关研究结果显示,较适宜的温度范围为38 °C~46 °C,在此区间内感官评分都大于85。图3为不同发酵温度下对酸奶发酵品质的影响分析。

2.4 不同发酵时间对酸奶品质影响分析

复合益生菌酸奶的发酵时间是影响酸奶品质的重要因素。发酵时间的长短会影响酸奶中乳酸菌的新陈代谢能力,发酵时间过长或者过短,都不利于提高复合益生菌酸奶的品质。实验结果表明,发酵时间在6~8 h内,酸奶的酸度和持水性都最佳。相关研究结果显示发酵时间5.5 h适宜,发酵终点的酸度为103.2 °T,冷藏后感官评分最好。实验结果如图4所示:

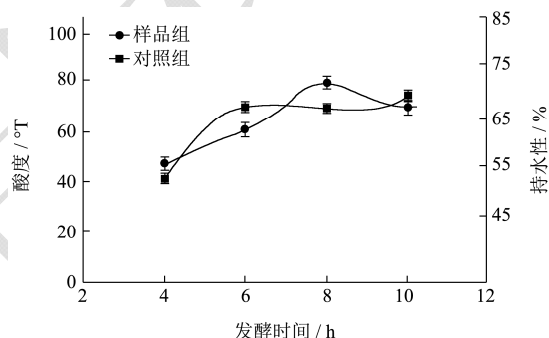


图4 不同发酵时间下对酸奶品质的影响

Fig.4 Effect of different fermentation time on the quality of yogurt

2.5 发酵结果优化

通过实验分析,得出正交实验结果,如表2所示:

接上页

R_1	68.33	74.54	73.00
R_2	71.25	72.67	73.89
R_3	75.57	73.57	73.89
极差	7.24	0.97	0.40
r_1	80.53	74.54	73.00
r_1	82.33	72.67	73.89
r_3	87.67	73.57	73.89
极差	7.14	0.97	0.40

分析表 2 数据可以看出,对发酵酸奶品质包括酸性、持水性的影响主要因素为:接种量、发酵温度和发酵时间,通过分析可以得出,酸奶发酵的最佳条件为:接种量为 5%,发酵时间为 7 h,发酵温度为 40 ℃ 时,发酵的酸奶品质使最好的。

2.6 所得最终产品的营养成分结果

由表 3 可以看出,益生菌复合酸奶在凝乳期的酸度和活菌数随着牛蒡质量分数的增加而增大,质量分数 5% 时的菌数已经比对照样增加了一个数量级,发酵进程的酸度值也在不断增加,并随质量分数增加而增大,在发酵前添加牛蒡浓缩液,可补充多糖成分,为异养菌的菌体后期生长、发酵产品的后熟提供碳源物质。

表 3 牛蒡浓缩液对益生菌复合酸奶发酵条件的影响

Table 3 Effect of burdock concentrate on fermentation conditions of probiotic compound yoghurt

质量分数/%	凝乳期酸度/°T	凝乳期活菌数/ (CFU/mL)	后熟期酸度/°T	后熟期活菌数/ (CFU/mL)	口感与滋味/分	组织状态/分
1	66.47	7.856×10^7	80.60	8.914×10^7	85	82
3	70.71	7.723×10^8	84.56	8.125×10^8	84	86
5	73.26	9.182×10^8	87.96	9.614×10^8	89	88
7	75.69	9.529×10^9	91.26	9.856×10^9	91	93

3 结论

人们生活水平的提高对食品的保健功能提出了更高要求,复合益生菌酸奶逐渐被人们所重视。优化复合益生菌酸奶的发酵条件成为目前人们研究的重点。当前功能型酸奶发酵条件优化方法不能有效优化酸奶发酵效果。为此提出复合益生菌酸奶发酵条件的优化。证明复合益生菌酸奶最佳发酵条件为:接种量为 5%,发酵时间为 7 h,发酵温度为 40 ℃。设计验证所提方法有效性的实验,实验结果表明所提方法能够明显提高酸奶的发酵质量,为复合益生菌酸奶的工业化发展奠定了基础。

参考文献

- [1] 张敏,张子豪,康建依,等.单一干酪乳杆菌 KL1 发酵益生菌酸奶工艺条件的研究[J].食品工业科技,2017,38(21):104-109
ZHANG Min, ZHANG Zi-hao, KANG Jian-yi, et al. Study on the fermentation conditions of probiotics yogurt with single *Lactobacillus casei* KL1 [J]. Science and Technology

of Food Industry, 2017, 38(21): 104-109

- [2] 蒋萌萌,王向军,孙瑞林,等.添加益生元对复合益生菌枸杞酸奶发酵的影响[J].中国乳品工业,2017,45(10):47-50
JIANG Meng-meng, WANG Xiang-jun, SUN Rui-lin, et al. Effects of different prebiotics on fermentation by probiotics of the medlar yoghurt [J]. China Dairy Industry, 2017, 45(10): 47-50
- [3] 于静,曾小群,潘道东,等.含水苏糖的高活性益生菌酸奶的加工工艺[J].中国食品学报,2017,17(3):105-112
YU Jing, ZENG Xiao-qun, PAN Dao-dong, et al. The processing technology of high active probiotic yogurt with stachyose [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(3): 105-112
- [4] 黄坚,童京京,岳华,等.牦牛发酵酸奶中耐久肠球菌的筛选鉴定和益生特性[J].食品科学,2017,38(12):43-49
HUANG Jian, TONG Jing-jing, YUE Hua, et al. Identification of enterococcus durans isolated from naturally fermented yak milk and its probiotic potentials [J]. Food Science, 2017, 38(12): 43-49

(下转第 328 页)