

香菇菊粉酸奶的研制

董杨立*, 王 洁, 谭思远#

商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

收稿日期: 2023年10月1日; 录用日期: 2023年10月31日; 发布日期: 2023年11月8日

摘 要

本研究以纯牛奶、香菇粉、菊粉等为原料, 利用直投式酸奶发酵剂进行发酵, 探究香菇粉添加量、菊粉添加量、白砂糖添加量、发酵剂添加量4个因素对酸奶感官品质的影响。在单因素实验的基础上, 通过响应面实验对香菇菊粉酸奶的发酵工艺进行优化。最终所得香菇菊粉酸奶的最佳发酵条件为: 以30 mL纯牛奶为基准, 香菇粉添加量1.4%、菊粉添加量2.5%、白砂糖添加量2.3%、发酵剂添加量0.4%。按此工艺配制并在43℃恒温培养箱中发酵6 h, 4℃下后熟12 h, 所得酸奶的品质和口感最佳, 感官评分为88.9分, 测得酸奶的酸度为74.7°T, 持水力为59.4%。研究结果可为香菇菊粉酸奶的生产提供理论参考。

关键词

香菇, 菊粉, 酸奶, 响应面优化

Development of Shiitake Inulin Yogurt

Yangli Dong*, Jie Wang, Siyuan Tan#

School of Biomedicine and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

Received: Oct. 1st, 2023; accepted: Oct. 31st, 2023; published: Nov. 8th, 2023

Abstract

This study investigates the impact of four factors, namely the amount of shiitake powder, the amount of inulin, the amount of white sugar, and the amount of yogurt starter, on the sensory quality of yogurt. The raw materials used include pure milk, shiitake powder, and inulin. The fermentation process is carried out using a direct-set yogurt starter. Based on the single-factor experiments, the fermentation process of shiitake inulin yogurt is optimized through response surface experiments. The optimal fermentation conditions for shiitake inulin yogurt are as follows: using 30 mL of pure milk as a base, 1.4% shiitake powder, 2.5% inulin, 2.3% white sugar, and 0.4% yo-

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 董杨立, 王洁, 谭思远. 香菇菊粉酸奶的研制[J]. 农业科学, 2023, 13(11): 1008-1018.

DOI: 10.12677/hjas.2023.1311138

gurt starter. The yogurt is prepared according to this process and fermented at a constant temperature of 43°C for 6 hours, followed by ripening at 4°C for 12 hours. The resulting yogurt exhibits optimal quality and taste, with a sensory score of 88.9, an acidity of 74.7°T, and a water-holding capacity of 59.4%. The findings of this study provide theoretical references for the production of shiitake inulin yogurt.

Keywords

Shiitake, Inulin, Yoghurt, Response Surface Experiment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

香菇是真菌香菇的子实体, 属担子菌纲、伞菌目、口蘑科、香菇属, 是我国著名的药用菌, 也是世界上著名的食用菌之一, 具有极高的营养价值、药用价值和保健价值[1]。其肉质细嫩肥厚, 味道鲜美, 香气沁脾, 素有“菇中之王”、“蘑菇皇后”的美称[2]。香菇具有高蛋白、低脂肪的特点, 每 100 g 干香菇中含有蛋白质 14.5 g, 脂肪 1.8 g, 碳水化合物 59.4 g, 钙 125 mg, 磷 415 mg, 铁 25.3 mg 以及维生素 B1、B2、VC 等[3], 经常食用可以起到健脾开胃, 祛风透疹, 化痰理气, 降低血压, 促进人体新陈代谢, 提高机体免疫力等作用[4]。目前, 我国香菇市场中除了直供消费者的新鲜香菇外, 还包括干香菇、香菇罐头、香菇酒等多种香菇的精深加工产品, 精深加工产品的开发与销售, 延长了香菇的产业链, 提高产品的附加值, 对促进农民致富和推动乡村振兴起着至关重要的作用[5]。1969 年日本学者 Chihara 等[6]在香菇中首次发现并成功提取出香菇多糖, 后续大量学者对香菇多糖逐步深入的研究, 证明其作为一种良好的免疫促进剂, 可在体内发挥重要的生物活性作用, 自此之后人们对于香菇多糖药理和临床方面的实验研究逐渐增多, 目前已经开发出多种以香菇多糖为主的药物。

菊粉又称菊糖, 最早是从菊芋中提取出来的因而得名。菊粉属优质的功能性膳食纤维, 是除淀粉植物的另一种能量储存的形式, 主要存在于植物中[7]。2009 年 3 月 25 日, 中华人民共和国卫生部发布《卫生部关于批准菊粉、多聚果糖为新资源食品的公告(卫生部公告 2009 年第 5 号)》公告, 正式批准菊粉为新资源食品。菊粉作为目前全球认知度最高、市场份额最大、应用领域最广的膳食纤维, 正以突出的健康效应和应用性能引领益生元市场的快速发展[8]。菊粉具有许多生理功能, 能够起到降低血糖、控制血脂、防止便秘、促进矿物质吸收、抑制腐生菌生长等作用, 同时也是促进肠道健康和预防各种慢性疾病的功能食品[9]。研究表明, 每日摄入一定量的菊粉能够使结肠中的益生菌增加 10 倍, 显著减少病原菌和腐败菌的数量, 如金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和大肠杆菌等[10]。菊粉还具有许多突出的优良加工特性, 它可作为益生元、脂肪替代品、糖类替代品和质地改良剂, 用于生产低聚果糖、多聚果糖、高果糖浆等产品[11]。研究表明, 在低脂酸奶中加入菊粉, 有利于嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、嗜酸乳杆菌、鼠李糖乳杆菌等益生菌的生长和发酵, 提高酸奶储藏期中活菌数量。在利用嗜热链球菌与不同乳杆菌或双歧杆菌共同发酵的酸奶中, 添加 2%~4% 的菊粉还能增加酸奶的硬度。菊粉在凝固型酸奶中合适的脂肪替代水平为 40%, 在脱脂牛奶饮料中短链和长链菊粉的合适添加量分别为 4%~10% 和 4%~6% [12]。

如今, 随着人们生活水平的提高, 对于食品的营养价值和保健功能更加关注, 消费者也更加青睐酸奶产品, 研究表明, 2015 年中国人均酸奶消费量为 4.8 kg [13]。酸奶是一种集保健与营养为一体的乳制

品,它不仅含有大量的乳酸菌,而且具有独特的风味,可以抑制有害菌在胃肠道生长,促进消化、增进人体健康[14]。

因此本研究以香菇为原料,辅以菊粉,通过对香菇粉添加量、菊粉添加量、发酵剂添加量、白砂糖添加量四个因素进行单因素实验设计,对所选因素采用响应面实验优化提取工艺,在此基础上,从而通过较少的试验次数,利用多元二次回归方程来拟合因素和指标的函数关系,运用图形技术将这种函数关系显示出来,以供选择出试验设计中的最优条件,获得一款营养丰富、味美香甜的香菇菊粉酸奶,为我国香菇和菊粉产业的开发和开拓乳制品新产品开辟新途径。

2. 材料与方法

2.1. 材料与设备

2.1.1. 实验材料

香菇(购自当地华润万家超市)、菊粉(陕西森弗天然制品有限公司提供)、牛奶(内蒙古伊利实业集团股份有限公司)、白砂糖(食品级白砂糖)、直投式发酵剂(北京川秀科技有限公司)。

2.1.2. 实验设备

DZF-6050 恒温培养箱,上海慧泰仪器制造有限公司;Meilen 电子天平,深圳市美孚电子有限公司;FW200A 高速万能粉碎机,北京科伟永兴仪器有限公司。

2.2. 制作工艺流程

原料的处理→配料→预热(43℃)→杀菌(80℃)→冷却→接种→发酵(6 h)→冷却→后熟(4℃下 12 h)→灌装→成品

2.3. 制作工艺要点

2.3.1. 原料的处理

挑选 1 kg 新鲜香菇去蒂,用清水冲洗干净,沥干水分,切成大小均匀的薄片,放入 40℃ 的真空干燥箱中烘干至可以用手轻松掰碎为止,用高速万能粉碎机粉碎,过 500 目筛,即可得到香菇粉。

2.3.2. 原料乳的质量要求

① 总固体乳不低于 11.5%,其中非脂乳固体不低于 8.5%。② 不得使用含有抗生素或残留有效氯等杀菌剂的鲜乳。③ 不得使用患有乳房炎的牛乳,否则会影响酸乳的风味和蛋白质的凝胶力。

2.3.3. 配料

准确量取 30 mL 纯牛奶,再把香菇粉、菊粉、白砂糖按照一定比例加入调配、混匀。

2.3.4. 杀菌及冷却

在 80℃ 下杀菌 10 min,杀菌之后应迅速冷却至 43℃。

2.3.5. 接种

使用直投式酸奶发酵剂时应严格注意操作卫生,防止霉菌、酵母、细菌噬菌体和其他有害微生物的污染,发酵剂加入后,要充分搅拌 10 min,使菌体能与杀菌冷却后的牛乳完全混匀。

2.3.6. 发酵

发酵温度一般在 43℃,这是嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌最适生长温度的折中值。发酵时间一般在 6 h,发酵终点的判断是制作凝固型酸乳的关键技术之一。注意发酵时间不能太短或太长,太短会导致酸

奶中的乳清析出来的乳糖分解不完全, 太长会使酸奶的酸度提高影响酸奶口感, 同时乳酸菌活性下降容易污染杂菌; 发酵温度不能太高或太低, 太高会导致酸化过快, 不利于风味物质形成, 太低又会造成发酵缓慢[15]。

2.3.7. 冷却及后熟

发酵凝固后须在 4℃ 左右贮藏 12 h, 该过程称为后熟。发酵好的凝固酸奶, 应立即放入 4℃ 冰箱中, 其目的首先是为了终止发酵过程, 迅速而有效地抑制酸乳中乳酸菌的生长; 其次是促进香味物质产生, 改善酸乳硬度[16]。

2.4. 单因素实验

2.4.1. 香菇粉添加量的确定

量取纯牛奶 30 mL, 确定白砂糖添加量 2%, 菊粉添加量 2%, 发酵剂添加量 0.3%, 分别添加 0.5%、1%、1.5%、2%、2.5% 的香菇粉, 混匀, 在 43℃ 恒温培养箱中发酵 6 h, 放入 4℃ 冰箱中贮藏 12 h, 产品制成后以色泽、气味、口感、组织状态为依据进行感官评价, 确定香菇粉在香菇菊粉酸奶中的最适比例。同一水平下做三个平行试验, 取感官评价平均分作为最终结果。

2.4.2. 菊粉添加量的确定

量取纯牛奶 30 mL, 确定白砂糖添加量 2%, 发酵剂添加量 0.3%, 香菇粉添加量 1.5%, 分别添加 1%、1.5%、2%、2.5%、3% 的菊粉, 混匀, 在 43℃ 恒温培养箱中发酵 6 h, 放入 4℃ 冰箱中贮藏 12 h, 产品制成后以色泽、气味、口感、组织状态为依据进行感官评价, 确定菊粉在香菇菊粉酸奶中的最适添加量。同一水平下做三个平行试验, 取感官评价平均分作为最终结果。

2.4.3. 白砂糖添加量的确定

量取纯牛奶 30 mL, 确定菊粉添加量 2%, 香菇粉添加量 1.5%, 发酵剂添加量 0.3%, 分别添加 1.5%、2%、2.5%、3%、3.5% 的白砂糖, 混匀, 在 43℃ 恒温培养箱中发酵 6 h, 放入 4℃ 冰箱中贮藏 12 h, 产品制成后以色泽、气味、口感、组织状态为依据进行感官评价, 确定白砂糖在香菇菊粉酸奶中的最适添加量。同一水平下做三个平行试验, 取感官评价平均分作为最终结果。

2.4.4. 发酵剂添加量的确定

量取纯牛奶 30 mL, 确定白砂糖添加量 2%, 香菇粉添加量 1.5%, 菊粉添加量 2%, 分别添加 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 的发酵剂, 混匀, 在 43℃ 恒温培养箱中发酵 6 h, 放入 4℃ 冰箱中贮藏 12 h, 产品制成后以色泽、气味、口感、组织状态为依据进行感官评价, 确定发酵剂在香菇菊粉酸奶中的最适添加量。同一水平下做三个平行试验, 取感官评价平均分作为最终结果。

2.5. 感官评价

将单因素试验产品随机分给 20 名感官评价人员, 该 20 名评价人员要求学习过感官评价的相关知识, 并且遵守评价规则。从色泽、气味、口感、组织四个方面进行综合评价, 评分 3 次取平均值, 评分细则详见表 1。

2.6. 响应面试验优化

在单因素试验方案的基础上, 利用响应面试验对香菇菊粉酸奶工艺条件进行优化, 以感官评分为响应值, 研究香菇粉添加量、菊粉添加量、白砂糖添加量、发酵剂添加量 4 个因素对酸奶感官评分的影响, 各因素设置 3 个水平, 水平编码见表 2 [17]。

Table 1. Sensory score sheet**表 1.** 感官评分表

项目	感官评价	评分
色泽(20分)	色泽均匀一致, 呈微褐色, 无黄色乳清析出	16~20
	色泽不均匀, 呈褐色, 有少量黄色乳清析出	11~15
	色泽黄亮很深或很浅, 有大量黄色乳清析出	6~10
	有灰色或黑色斑点, 有霉菌生长, 颜色异常	0~5
气味(20分)	有适度的酸奶香气和淡淡的香菇味, 风味适宜, 无不良气味	16~20
	酸奶气味和香菇味淡, 无不良气味	11~15
	酸奶气味和香菇味明显不协调, 有轻微不良气味	6~10
	无酸奶和香菇气味, 有严重不良气味	0~5
口感(30分)	酸甜比合适, 口感细腻, 后味丰满	26~30
	酸甜比合适, 口感松软, 后味丰满	21~25
	酸甜比不协调, 口感粗糙	16~20
	酸甜比偏酸或偏甜, 口感松软粗糙, 后味不丰满	11~15
组织(30分)	凝固性好, 表面光滑, 无气泡, 无裂纹, 无香菇粉沉淀, 组织细腻均匀稳定	26~30
	凝固性较好, 表面有轻微裂痕, 无气泡, 无香菇粉沉淀, 组织比较细腻	21~25
	凝固性不好, 表面有严重裂纹, 有少量气泡, 有少量香菇粉沉淀, 组织粗糙	16~20
	凝固性很差, 表面有严重裂纹, 有大量气泡, 有大量香菇粉沉淀, 组织粗糙	11~15

Table 2. Response surface factors and level design**表 2.** 响应面因素与水平设计

水平	因素			
	A 香菇粉添量/%	B 菊粉添加量/%	C 白砂糖添加量/%	D 发酵剂添加量/%
1	0.5	1.5	2	0.2
2	1	2	2.5	0.3
3	1.5	2.5	3	0.4

2.7. 理化指标测定

2.7.1. 酸度的测定

称取 10 g (精确到 0.001 g) 已混匀的试样, 置于 250 mL 锥形瓶中, 加 60 mL 新煮沸冷却至室温的水溶解, 混匀, 用氢氧化钠标准溶液电位滴定至 pH 8.3 为终点。记录消耗的氢氧化钠标准滴定溶液毫升数 (V), 代入下式中进行计算。(注: 空白试验用相应体积的蒸馏水做空白试验, 读取耗用氢氧化钠标准溶液的毫升数 (V_0))

$$X = \frac{c \times (V - V_0) \times 100}{m \times 0.1} \quad (1)$$

式中:

X : 试样的酸度, 单位为度($^{\circ}\text{T}$);

- c : 氢氧化钠标准溶液的摩尔浓度, 单位为摩尔每升(mol/L);
 V : 滴定时所消耗氢氧化钠标准溶液的体积, 单位为毫升(mL);
 V_0 : 空白试验所消耗氢氧化钠标准溶液的体积, 单位为毫升(mL);
 100 : 100 g 试样;
 m : 试样的质量, 单位为克(g);
 0.1 : 酸度理论定义氢氧化钠的摩尔浓度, 单位为摩尔每升(mol/L)。

2.7.2. 持水力的测定

持水力的测定: 将空离心管称重, 质量记为 m_1 , 称取 20 g 酸奶置于离心管中, 3000 r/min 离心 10 min, 静置 10 min 后, 去除上清液, 称重, 质量记为 m_2 。按照下式计算持水力。

$$X = \frac{m_2 - m_1}{20} \times 100\% \quad (2)$$

3. 结果与分析

3.1. 单因素试验

3.1.1. 香菇粉添加量对香菇菊粉酸奶的感官评分结果分析

由图 1 可知, 在发酵时间 6 h 恒定的情况下, 香菇粉添加量为 1.0% 时感官评分最高可达 84, 随着香菇粉添加量的增加感官评分先升高后降低, 这主要是因为香菇粉添加量过少会导致酸奶色泽度低, 香菇味不明显; 过多又会导致酸奶颜色太深, 乳清析出, 口感粗糙。因此香菇粉添加量为 1.0% 时酸奶的品质最佳。

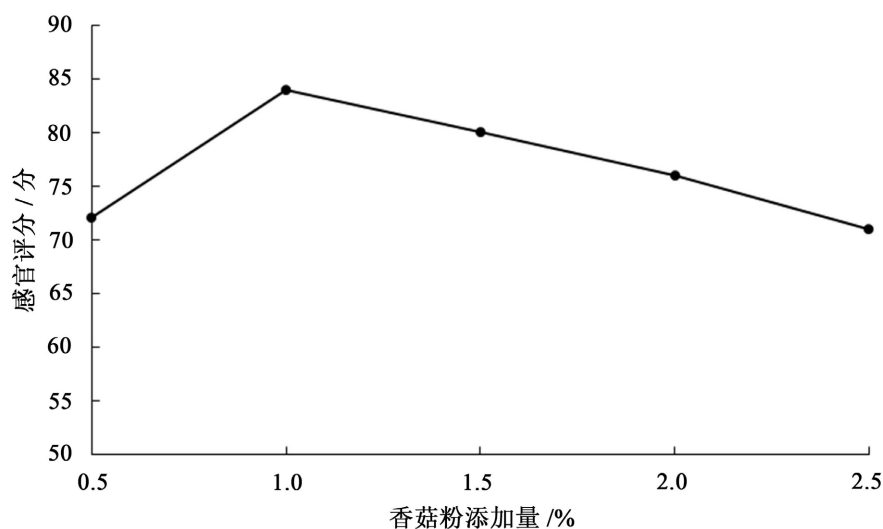


Figure 1. The effect of adding amount of shiitake powder on the quality of yoghurt
 图 1. 香菇粉添加量对酸奶品质的影响

3.1.2. 菊粉添加量对香菇菊粉酸奶的感官评分结果分析

由图 2 可知, 在发酵时间 6 h 恒定的情况下, 菊粉添加量为 2.0% 时感官评分最高可达 88, 随着菊粉添加量的增加感官评分先升高后降低, 这主要是因为菊粉添加量过少酸奶的色泽暗沉, 品质较差; 过多又会导致酸奶很难凝结, 质地粗糙。因此菊粉添加量为 2.0% 时酸奶的品质最佳。

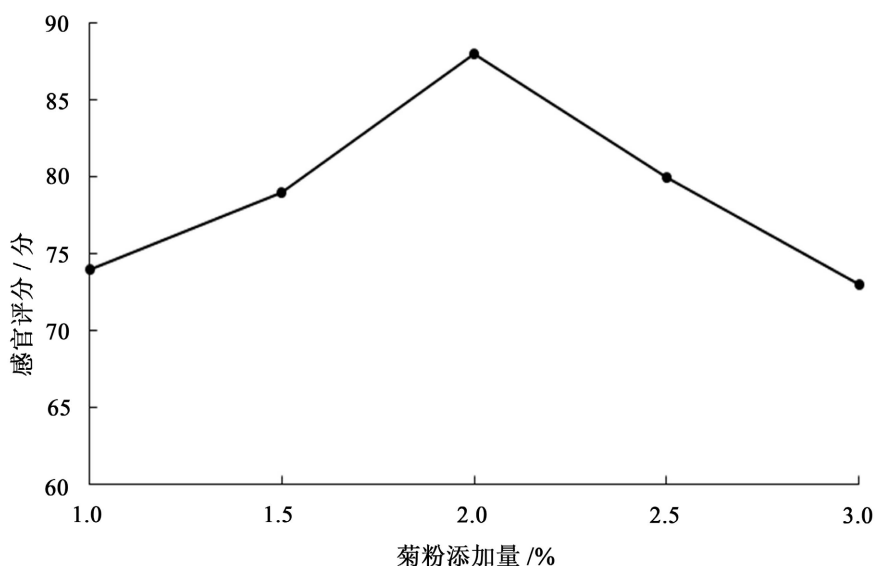


Figure 2. The effect of adding amount of inulin on the quality of yoghurt

图 2. 菊粉添加量对酸奶品质的影响

3.1.3. 白砂糖添加量对香菇菊粉酸奶的感官评分结果分析

由图 3 可知, 在发酵时间 6 h 恒定的情况下, 白砂糖添加量为 2.5% 时感官评分最高可达 74, 随着白砂糖添加量的增加感官评分先升高后趋于平稳, 这主要是因为白砂糖添加量过多或过少多会导致酸奶的口感过甜或过酸。因此白砂糖添加量为 2.5% 时酸奶的品质最佳。

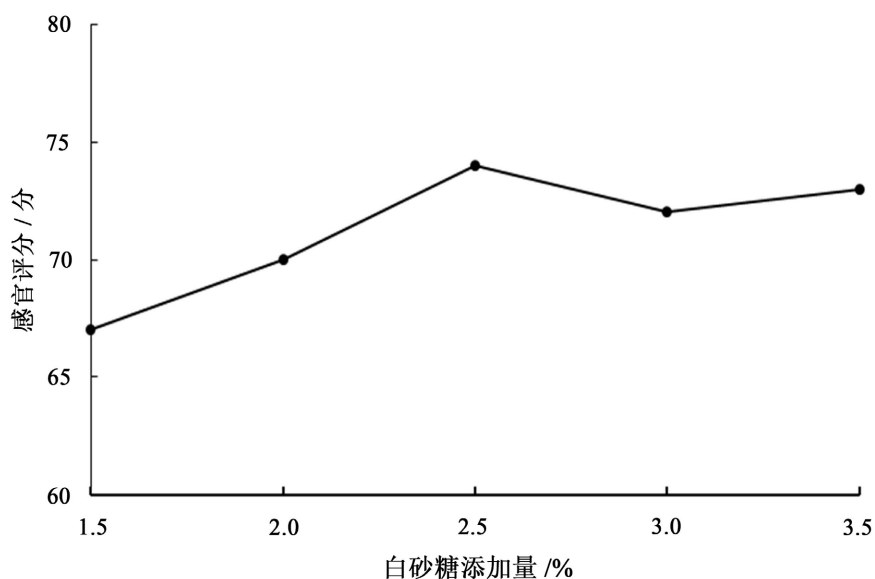


Figure 3. The effect of adding amount of white granulated sugar on the quality of yoghurt

图 3. 白砂糖添加量对酸奶品质的影响

3.1.4. 发酵剂添加量对香菇菊粉酸奶的感官评分结果分析

由图 4 可知, 在发酵时间 6 h 恒定的情况下, 发酵剂添加量为 0.3% 时感官评分最高可达 76, 随着发酵剂添加量的增加感官评分先升高后降低, 这主要是因为发酵剂添加量过少, 会导致发酵不完全, 凝固

性不好；过多又会导致发酵过度，乳清析出，品质粗糙，口感不好。因此发酵剂添加量为 0.3% 时酸奶的品质最佳。

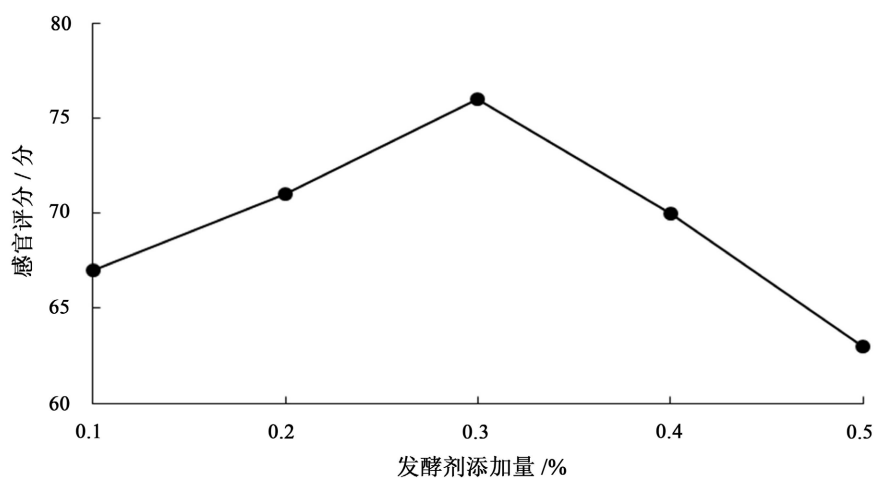


Figure 4. The effect of adding amount of leavening agent on the quality of yoghurt
图 4. 发酵剂添加量对酸奶品质的影响

3.2. 响应面试验

3.2.1. 模型的建立

响应面试验设计及结果见表 3。

Table 3. Experimental design and results of the response surface methodology
表 3. 响应面试验设计及试验结果

试验号	A 香菇粉添加量/%	B 菊粉添加量/%	C 白砂糖添加量/%	D 发酵剂添加量/%	Y 感官评分
1	0	1	1	0	85.8
2	0	-1	-1	0	75.1
3	-1	0	1	0	74.8
4	-1	0	-1	0	68.9
5	1	1	0	0	82.1
6	0	0	-1	-1	83.5
7	1	0	-1	0	82.9
8	1	0	0	-1	82.6
9	0	0	1	1	87.1
10	0	0	0	0	90.2
11	0	0	-1	1	86.9
12	-1	1	0	0	66.5
13	0	0	0	0	89.9
14	0	0	1	-1	86.8
15	-1	0	0	-1	67.2

Continued

16	0	-1	0	-1	75.2
17	0	0	0	0	89.5
18	0	1	-1	0	84.1
19	0	0	0	0	90.3
20	-1	-1	0	0	63.6
21	1	0	0	1	81.3
22	1	0	1	0	82.6
23	-1	0	0	1	74.1
24	0	1	0	1	85.1
25	0	-1	0	1	76.3
26	1	-1	0	0	70.6
27	0	0	0	0	90.4
28	0	1	0	-1	82.1
29	0	-1	1	0	79.2

利用 Design Expert13 软件对表 4 的结果进行回归方程拟合, 所得回归方程如下:

$$Y = 90.06 + 5.57A + 3.80B + 1.28C + 1.16D + 2.13AB - 1.55AC - 2.05AD - 0.6000BC + 0.4750BD - 0.9000CD = -11.38A^2 - 7.82B^2 - 1.37C^2$$

比较回归方程一次项系数绝对值的大小, 得出影响香菇菊粉酸奶感官评分的因素顺序为: 香菇粉添加量 > 菊粉添加量 > 白砂糖添加量 > 发酵剂添加量。

3.2.2. 模型拟合

对响应面试验结果进行方差分析结果见表 4。

Table 4. Analysis of variance of regression equations

表 4. 回归方程方差分析

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1709.00	14	122.07	744.28	<0.0001	**
A 香菇粉添加量	372.97	1	372.97	2274.03	<0.0001	**
B 菊粉添加量	173.28	1	173.28	1056.51	<0.0001	**
C 白砂糖添加量	19.76	1	19.76	120.50	<0.0001	**
D 发酵剂添加量	16.10	1	16.10	98.17	<0.0001	**
AB	18.06	1	18.06	110.13	<0.0001	**
AC	9.61	1	9.61	58.59	<0.0001	**
AD	16.81	1	16.81	102.49	<0.0001	**
BC	1.44	1	1.44	8.78	0.0103	*
BD	0.9025	1	0.9025	5.50	0.0342	*
CD	3.24	1	3.24	19.75	0.0006	*

Continued

A ²	840.64	1	840.64	5125.50	<0.0001	**
B ²	396.83	1	396.83	2419.54	<0.0001	**
C ²	12.20	1	12.20	74.41	<0.0001	**
D ²	42.48	1	42.48	259.02	<0.0001	**
残差	2.30	14	0.1640			
失拟项	1.76	10	0.1764	1.33	0.4221	
纯误差	0.5320	4	0.1330			
合计	1711.29	28				

*表示 $P < 0.05$, 差异显著; **表示 $P < 0.01$, 差异极显著。

由表 4 可知, 该模型显著效果良好($P < 0.01$), 失拟项 $P = 0.4221 > 0.05$, 不显著, 说明该模型成立。 R^2 用来表示回归方程的可靠性, R^2 越接近 1, 证明方程的可靠性越高, 该模型的回归方程决定系数 $R^2 = 0.9978$, 校正决定系数 $R^2_{Adj} = 0.9973$, R^2 和 R^2_{Adj} 数值较高且非常接近, 说明该模型具有较高的准确性和通用性。

各因素对感官评分的影响呈线性关系, 且该模型极显著($P < 0.01$); 一次项 A、B、C、D, 交互项 AB、AC、AD, 二次项 A²、B²、C²、D² 的 P 值 < 0.01 , 说明线性效果极显著; 交互项 BC、BD、CD 的 P 值 < 0.05 , 说明线性效果显著。

3.3. 最佳配方验证

通过软件对响应面二次回归方程进行分析预测, 香菇菊粉酸奶的最佳工艺条件为香菇粉添加量 1.394%, 菊粉添加量 2.474%, 白砂糖添加量 2.292%, 发酵剂添加量 0.366%, 感官评分 88.9。结合实际操作情况, 将其最佳工艺条件修正为香菇粉添加量 1.4%, 菊粉添加量 2.5%, 白砂糖添加量 2.3%, 发酵剂添加量 0.4%, 在此条件下对建立的模型开展验证试验, 设置三组平行试验, 获得的感官评分为 88.9 ± 0.2 , 理论预测值为 88.9, 在误差范围内, 证实了预测模型准确可靠, 具有实际应用价值。

3.4. 理化指标检测结果

通过实验测得酸奶的酸度为 74.7°T, 持水力为 59.4%。

4. 结论

本研究通过单因素试验和响应面试验进行工艺优化, 确定了香菇菊粉酸奶的最佳工艺条件: 香菇粉添加量 1.4%、菊粉添加量 2.5%、白砂糖添加量 2.3%、发酵剂添加量 0.4%。在此方案下的香菇菊粉酸奶组织状态细腻均匀、无气泡、无沉淀、无明显分层、口感细腻酸甜可口、色泽饱满且为褐色, 具有酸奶发酵的香气。将最佳工艺方案下制作的酸奶进行理化测定, 通过测定 3 次取平均值值得酸奶的酸度为 74.7°T, 持水力为 59.4%。本研究所得产品不仅具有香菇特殊的香气, 丰富了酸奶产品市场, 并添加一定量的菊粉制成一款新型酸奶, 此产品营养丰富, 且在促进肠道蠕动、促进消化、增进人体健康方面有一定的作用, 本研究结果可为香菇菊粉酸奶的工业化生产提供理论参考。

基金项目

本研究受陕西省教育厅项目“20JK0617”、大学生创新创业项目“S202311396024”资助。

参考文献

- [1] 李月梅. 香菇的研究现状及发展前景[J]. 微生物学通报, 2005, 32(4): 149-152.
- [2] 贾亚娟, 聂远洋, 张秀南, 等. 乳酸菌发酵香菇研究进展[J]. 农产品加工, 2022, 48(4): 55-66.
- [3] 李巧珍, 姜宁, 李正鹏, 等. 香菇营养品质评价体系的构建[J]. 核农学报, 2021, 35(4): 881-890.
- [4] 刘晓, 闫语婷. 香菇的营养价值及综合利用现状与前景[J]. 食品工业, 2017, 38(3): 207-210.
- [5] 郭玲玲, 王艳华. 香菇加工技术研究现状及应用展望[J]. 微生物学杂志, 2019, 39(2): 117-119.
- [6] Chihara, G., Maeda, Y., Hamuro, J., et al. (1969) Inhibition of Mouse Sarcoma 180 by Polysaccharides from *Lentinula edodes* (Berk.) Sing. *Nature*, **222**, 687-688. <https://doi.org/10.1038/222687a0>
- [7] 赵鹏, 朱嘉文, 迟明, 等. 菊粉酸奶生产工艺研究及质构分析[J]. 青海农林科技, 2019(4): 45-48.
- [8] 贾彦杰, 魏楠, 李宗泽, 等. 响应面法优化菊粉山药酸奶发酵工艺研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 189-193.
- [9] 李烜, 罗登林, 向进乐, 等. 菊粉的性质、功能及在食品中的应用进展[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(4): 185-192.
- [10] 彭英云, 郑清, 张涛. 菊粉的功能与利用[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 236-240.
- [11] 刘宏. 菊粉的功能特性与开发应用[J]. 中国食物与营养, 2010(12): 25-27.
- [12] Berizi, E. and Mohammadinezhad, S. (2017) The Use of Inulin as Fat Replacer and Its Effect on Texture and Sensory Properties of Emulsion Type Sausages. *Iranian Journal of Veterinary Research*, **18**, 253-257.
- [13] 许龙, 张冬洁, 李洪亮, 等. 酸奶发展的研究进展[J]. 农产品加工, 2019(12): 87-89.
- [14] 杨仁琴, 印伯星. 酸奶加工技术研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 243-247.
- [15] 权帆, 朱文秀, 张晴, 等. 响应面法优化藜麦发酵酸奶的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(8): 133-139.
- [16] 米智, 刘荔贞, 李慧, 等. 响应面法优化火龙果酸奶的发酵工艺[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(3): 114-118.
- [17] 杨丽萍, 郑术琳, 龙小山, 等. 玉米酸奶产品开发及品质分析[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2022, 43(3): 47-53.