

响应面法优化红枣酸奶配方及质构特性研究

汪秀妹,汪毅宁,胡玲芳,张茹冰,张萌蝶,魏树大,赵晓旭*

(莆田学院 环境与生物工程学院,福建省新型污染物生态毒理效应与控制重点实验室,福建 莆田 351100)

摘要:以红枣和纯牛奶为主要原料,通过单因素试验和响应面法对红枣酸奶的发酵工艺进行优化,同时对其质构特性进行分析。结果表明,红枣酸奶的最佳配方为:红枣汁添加量 11.9%、白砂糖添加量 6.2%、发酵时间 5.7 h、稳定剂添加量 0.2%、发酵温度 44 ℃、发酵剂添加量 0.2%,该工艺条件下得到的红枣酸奶口感质地醇厚,滋味酸甜可口,奶香与红枣特征香气相互协调,感官评分为 80 分,酸奶的硬度为 15.5 g、黏性为 0.20 mJ、内聚性为 1.64、弹性为 0.64 mm。

关键词:红枣酸奶;发酵工艺;响应面法;质构特性;感官评分;单因素试验

Optimization of the Formula of Red Jujube Yogurt by Response Surface Methodology and Its Textural Properties Analysis

WANG Xiu-mei, WANG Yi-ning, HU Ling-fang, ZHANG Ru-bing, ZHANG Meng-die, WEI Shu-da, ZHAO Xiao-xu*

(College of Environmental and Biological Engineering, Fujian Provincial Key Laboratory of Ecology-Toxicological Effects & Control for Emerging Contaminants, Putian University, Putian 351100, Fujian, China)

Abstract: The fermentation process of red jujube yoghurt was optimized through single factor experiment and response surface methodology using red jujube and pure milk as main raw materials, and its textural properties were analyzed. The results showed that the optimal fermentation process conditions of red jujube yoghurt were as follows: the addition amount of red jujube juice of 11.9%, the addition amount of white sugar of 6.2%, fermentation time of 5.7 h, the stabilizer amount of 0.2%, fermentation temperature of 44 ℃, the ferment amount of 0.2%. Under the optimal conditions, the obtained red jujube yogurt had rich texture, sweet and sour taste, the coordination of the fragrance of milk and red jujube. The sensory score of the obtained red jujube yogurt reached 80 points. The hardness, viscosity, cohesion, and elasticity of the obtained red jujube yogurt were separately 15.5 g, 0.20 mJ, 1.64 and 0.64 mm.

Key words: red jujube yogurt; fermentation process; response surface methodology; textural properties; sensory score; single factor experiment

引文格式:

汪秀妹,汪毅宁,胡玲芳,等. 响应面法优化红枣酸奶配方及质构特性研究[J].食品研究与开发, 2021, 42(7):62-69.

WANG Xiumei, WANG Yining, HU Lingfang, et al. Optimization of the Formula of Red Jujube Yogurt by Response Surface Methodology and Its Textural Properties Analysis[J].Food Research and Development, 2021, 42(7):62-69.

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(31801462);福建省自然科学基金(2020J05211、2018J05063);福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JT180467);2018年福建省高校杰出青年科研人才培育计划项目;莆田市科技计划项目(2018NP2003);莆田学院引进人才科研启动项目(2018055);福建省大学生创新创业训练计划项目(S201911498055);莆田学院大学生创新创业训练计划项目(201911498078、X202011498012);莆田学院大学生校外实践教学基地建设项目(莆院教[2019]50号)

作者简介:汪秀妹(1989—),女(汉),讲师,博士,研究方向:食品生物技术。

*通信作者:赵晓旭(1984—),男(汉),讲师,博士,研究方向:食品生物技术。

随着人们生活水平的不断提高和经济的快速发展,具有保健功能的食品越来越受到人们的青睐。酸奶作为一种发酵乳制品,具有较高的保健功效和营养价值,其中乳酸菌可以将乳糖分解成小分子物质,更利于人体消化吸收。除此之外,酸奶还可以改善肠道环境,促进肠道蠕动,抑制有害菌对肠道的入侵,特别适合乳糖不耐症者和胃肠道功能紊乱的中老年人食用^[1-5]。

酸奶还可以与各种蔬菜、水果或者谷类等相结合,增加酸奶产品的多样性和功能性^[6-9]。红枣是我国特产,隶属于鼠李科枣属植物枣树类果实,味甘香甜,不仅营养丰富,还具有补血益气、安神健脾等保健功效^[10-13],将红枣与酸奶结合制成的红枣酸奶具有极高的市场前景。目前,虽然以红枣为配料制备的红枣酸奶^[14-16]已屡见不鲜,但对影响红枣酸奶品质的因素尚未进行全面系统地研究,同时尚未有对其质构特性的相关研究。因此,本文将以红枣和牛乳为原料,采用单因素试验和响应面法对红枣酸奶的发酵工艺进行优化,并分析其质构特性,为风味型酸奶和我国红枣的

进一步研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

干红枣:市售;德亚全脂牛奶:德亚牛奶京东自营旗舰店;白砂糖(食品级):厦门古龙食品有限公司;乳酸菌(食品级):北京川秀科技有限公司;明胶(食品级):浙江一诺生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

JYL-CO12型榨汁机:山东九阳股份有限公司;CT3型质构仪:美国BROOKFIELD公司;ISO-9001型电子分析天平:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;J-HH-6A型恒温水浴锅:上海胜卫电子科技有限公司;FJ-200型高速均质机:上海标本模型厂;JY-SNJ型酸奶机:济南玖延机械有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 红枣酸奶的制备工艺流程

红枣酸奶的制备工艺流程见图1。

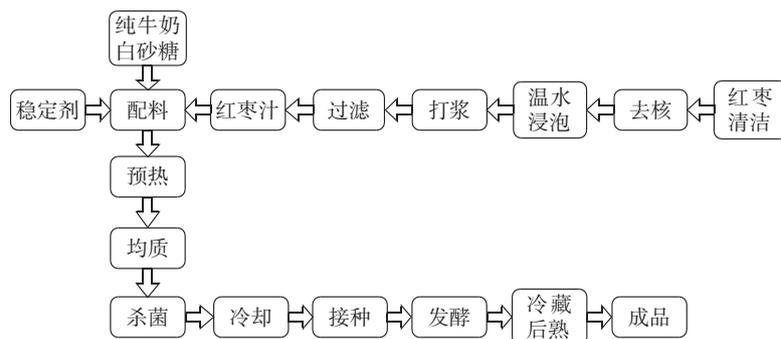


图1 红枣酸奶的制备工艺流程

Fig.1 Preparation process of jujube yogurt

1.3.2 操作要点

1.3.2.1 红枣汁的制备

将新鲜、无腐烂、色泽鲜艳和大小均匀的红枣清洗后去核,按红枣:水=1:2(质量比)的比例,在60℃的温度下浸泡30min,打浆,并用干净的纱布将红枣浆过滤3次,以获得红枣汁,密封、冷藏备用。

1.3.2.2 容器的消毒

将酸奶瓶、纱布、搅拌勺等试验中用到的所有器具在沸水中杀菌5min,晾干备用。

1.3.2.3 原料的调配

根据试验所需的量,先将白砂糖加入预热至60℃的纯牛奶中,搅拌至溶解后,再依次加入制备得到的红枣汁和稳定剂,搅拌均匀。

1.3.2.4 均质

将混合好的料液在60℃、15MPa的压力下均质

处理5min,通过均质使脂肪球直径减小,防止脂肪球上浮,并且使酸奶的质地细腻,口感良好,有利于酸奶的消化吸收。

1.3.2.5 杀菌、冷却

将均质后的料液置于90℃恒温水浴锅中进行10min的灭菌处理,以便杀灭乳中的杂菌,确保乳酸菌正常生长繁殖,并使牛乳中乳清蛋白变性,改善组织状态,防止成品乳清析出,灭菌后迅速冷却至42℃。

1.3.2.6 接种、发酵

冷却后,加入称好的乳酸菌发酵剂,搅拌使之混合均匀,然后置于酸奶机中发酵。

1.3.2.7 冷藏后熟

将发酵好的混合料液放入4℃冰箱中冷藏后熟12h~24h,促进香味物质产生,改善酸奶硬度,使酸奶的口感和风味更好。

1.3.3 红枣酸奶的单因素试验

以感官评分和质构特性为指标,研究红枣汁添加量(8%、10%、12%、14%、16%)、白砂糖添加量(4%、6%、8%、10%、12%)、发酵剂添加量(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)、稳定剂添加量(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)、发酵时间(4、5、6、7、8 h)、发酵温度(38、40、42、44、46 ℃)对红枣酸奶品质的影响,确定各因素的适宜水平范围。

1.3.4 红枣酸奶制备工艺的响应面设计试验

在单因素试验的基础上,根据 Box-Behnken 组合试验设计原理,选取对酸奶品质影响较大的红枣汁添加量、白砂糖添加量和发酵时间 3 个因素的较佳水平进行响应面设计。以红枣酸奶的感官评分 Y 为响应值,使用 Design Expert 8.0.6 软件处理试验数据,构建模型,分析响应面,从而获得红枣酸奶的最佳工艺条件。响应面设计因素与水平如表 1 所示。

表 1 响应面设计因素水平

Table 1 Response surface test factor level table

水平	因素		
	A 红枣汁添加量/%	B 白砂糖添加量/%	C 发酵时间/h
-1	10	4	5
0	12	6	6
1	14	8	7

1.3.5 酸奶的感官评定

由 10 名无任何感官缺陷的食品专业人员组成评价小组,每人分别从色泽(20分)、组织状态(20分)、口感(20分)、气味(20分)、滋味(20分)5个方面对样品进行评分,满分为 100 分,取平均值作为酸奶的总分。酸奶的感官评价标准见表 2。

表 2 红枣酸奶的感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation standards of jujube yogurt

项目	评分标准	分值
色泽	色泽均匀一致、有光泽	16~20
	色泽均匀一致、色浓、光洁度略差	9~15
	色泽灰暗、色淡、光洁度略差	0~8
组织状态	组织细腻、质地均匀、黏度适度、无乳清析出	16~20
	组织较细腻、有少量乳清析出	9~15
	组织不均匀、乳清析出较多	0~8
口感	口感滑爽细腻	16~20
	口感较为滑爽细腻	9~15
	口感粗糙	0~8
气味	具有红枣酸奶特有的香味	16~20
	具有酸奶的气味、但红枣味道弱	9~15
	风味不协调、感觉不到红枣味	0~8
滋味	酸甜可口	16~20
	稍酸或稍甜	9~15
	酸味不明显或甜味不明显	0~8

1.3.6 酸奶的质构特性测定

在对酸奶的品质进行分析时,感官评定在酸奶品质评价中占有重要的地位^[7],但其结果是评价者的主观因素。而质构仪能够对样品特性给出数据化的表达^[18-21]。

质构特性是酸奶的重要指标,受到很多因素的影响。采用 CT3 型质构仪,直径为 12.7 mm 的 TA10 探头测定红枣酸奶的硬度、黏性、内聚性和弹性,每个样品测试 3 次,取平均值。测定条件为:触发点负载为 5 g,形变量的目标值为 20%,测试速度为 2.0 mm/s,返回速度为 2.0 mm/s,循环次数为 2 次,探头进入距离为 20 mm,压缩之间停留时间为 5 s。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 红枣汁添加量对酸奶品质的影响

红枣汁的添加量对酸奶感官评分及质构特性的影响见图 2。

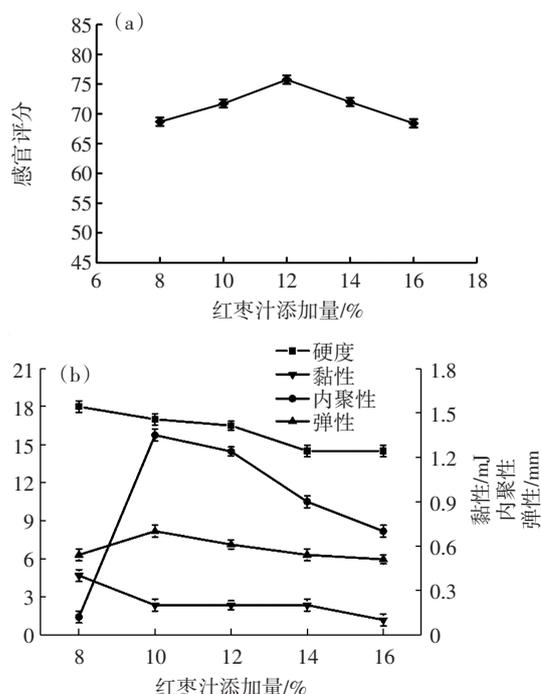


图 2 红枣汁的添加量对酸奶品质的影响

Fig.2 Effects of the amount of jujube juice on the quality of yogurt

由图 2(a)可知,当红枣汁的添加量逐渐增加时,红枣酸奶的感官评分呈先上升后下降趋势;当红枣汁的添加量为 12%时,红枣酸奶的感官评分达到最大,为 75.8 分,该条件下制备得到的红枣酸奶酸甜适宜,酸味与红枣味相互协调,口感最好,组织均匀细腻,无乳清析出。分析其原因可能为红枣汁添加量较少时,酸奶中红枣味不够明显,味道偏淡;当红枣汁的添加量过大时,酸奶的风味变得不协调,口感粗糙,乳清析

出量较大,说明红枣汁的添加量会影响酸奶的组织状态和风味。结合图2(b),可以看到当红枣汁的添加量越来越大时,红枣酸奶的硬度和黏性均逐渐降低,内聚性和弹性则是呈现先增加后减少的趋势,当红枣汁的添加量为12%时,红枣酸奶的各项质构指标都处于中间值,都较适宜。因此,经综合分析,选择红枣汁的添加量为12%进行后续试验。

2.1.2 白砂糖的添加量对酸奶品质的影响

白砂糖的添加量对酸奶感官评分及质构特性的影响见图3。

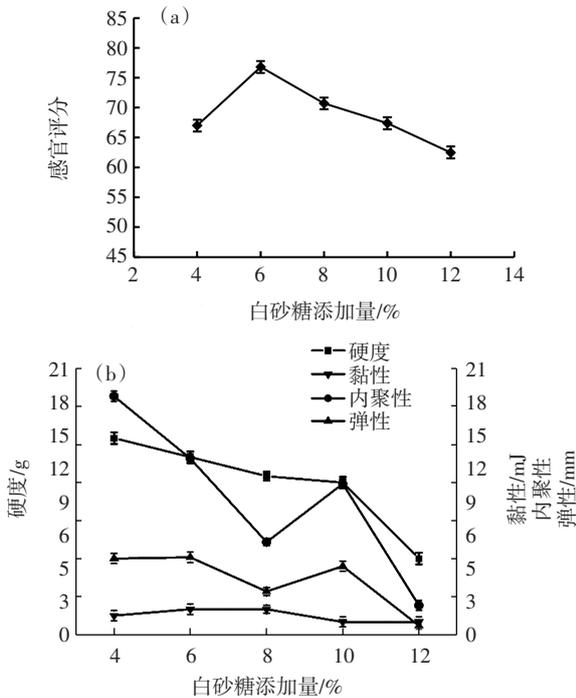


图3 白砂糖的添加量对酸奶品质的影响

Fig.3 Effects of the amount of sugar on the quality of yogurt

从图3(a)可知,当白砂糖的添加量从4%增加到6%时,红枣酸奶的感官评分逐渐增大;当白砂糖的添加量达到6%时,此时红枣酸奶感官评分最高,为76.8分,该条件下得到的红枣酸奶滋味酸甜适中,口感最好,组织状态良好,无乳清析出;当白砂糖的添加量继续增大时,红枣酸奶的感官评分逐渐下降,特别是当白砂糖的添加量为12%时,红枣酸奶由于滋味过甜,酸味不足,没有酸奶应有的风味,口感也很差,所以酸奶的感官评分最低。结合图3(b),可以看到随着白砂糖添加量的增加,红枣酸奶的硬度逐渐下降,黏性呈现先增加后下降的趋势,当白砂糖添加量为6%时,红枣酸奶的黏性和弹性均是最佳,并且硬度和内聚性也适宜。因此,选择白砂糖添加量为6%进行后续试验。

2.1.3 发酵剂的添加量对酸奶品质的影响

发酵剂的添加量对酸奶感官评分及质构特性的

影响见图4。

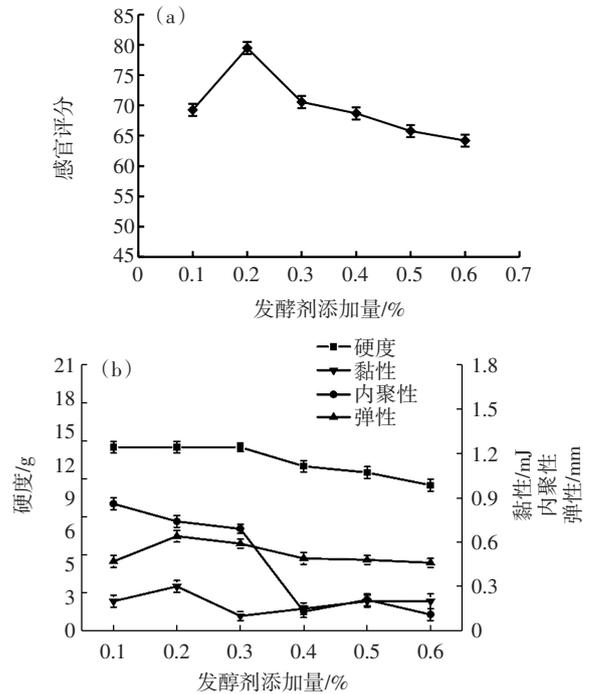


图4 发酵剂的添加量对酸奶品质的影响

Fig.4 Effects of the amount of ferment on the quality of yogurt

由图4(a)可知,随着发酵剂添加量的增加,红枣酸奶的感官评分呈先增加后降低趋势。当发酵剂的添加量为0.1%时,红枣酸奶的酸度不够,凝固性不好,口感不佳,感官评分为69.3分;当发酵剂添加量达到0.2%时,红枣酸奶的感官评分达到最高,为79.5分,此时红枣酸奶酸甜适中,口感光滑细腻,组织状态良好,无乳清析出;继续添加发酵剂,由于过高浓度的发酵剂会导致乳中蛋白过度减少而使乳清析出,并且酸度过高,影响了红枣酸奶的感官评分,当发酵剂的添加量为0.6%时,红枣酸奶的感官评分为64.2分。从图4(b)可以看出,随着发酵剂添加量的增加,红枣酸奶的硬度和内聚性均呈降低趋势,弹性呈现先增加后减少的趋势;当发酵剂的添加量为0.2%时,红枣酸奶的硬度、黏性和弹性均达到最大值,内聚性较好。因此,选择发酵剂添加量为0.2%进行后续试验。

2.1.4 稳定剂的添加量对酸奶品质的影响

稳定剂的添加量对酸奶感官评分及质构特性的影响见图5。

由图5(a)可知,当稳定剂添加量从0.1%增加到0.2%时,红枣酸奶的感官评分逐渐增大;当稳定剂添加量为0.2%时,红枣酸奶的感官评分达到最大,为80.8分,该条件制备得到的红枣酸奶酸甜适中,口感细腻,色泽均匀一致,凝乳状态较好;当稳定剂添加量继续增加时,红枣酸奶的感官评分呈下降趋势,当稳定剂添加量为

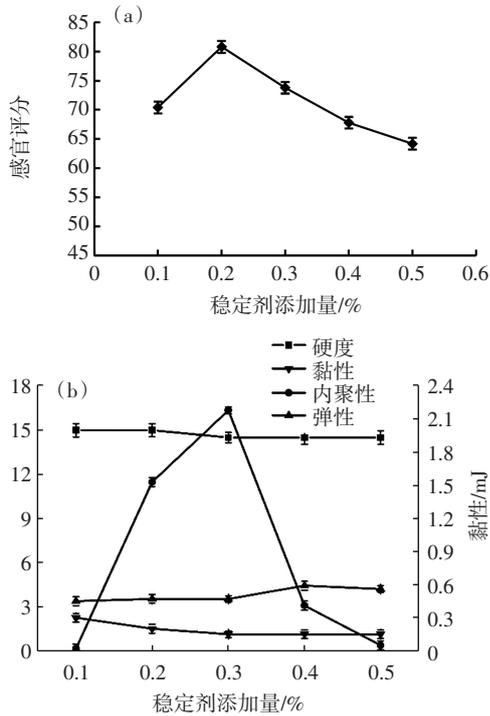


图5 稳定剂的添加量对酸奶品质的影响

Fig.5 Effects of the amount of stabilizer on the quality of yogurt

0.5%时,红枣酸奶的感官评分为64.2分。从图5(b)可以看到,随着稳定剂添加量的增加,红枣酸奶的硬度和黏性均呈现先降低后保持不变的趋势,弹性逐渐增加,内聚性则是先增加后降低;当稳定剂的添加量为0.2%时,红枣酸奶的硬度、黏性、内聚性和弹性均较好。因此,选择稳定剂添加量为0.2%进行后续试验。

2.1.5 发酵时间对酸奶品质的影响

在生产过程中,往往需要尽量缩短发酵时间,以达到节约能源和提高效益的目的。发酵时间对酸奶感官评分及质构特性的影响见图6。

由图6(a)可知,随着发酵时间的延长,红枣酸奶的感官评分呈先上升后下降趋势。当发酵时间为4h时,发酵时间过短,导致红枣酸奶的凝固性较差,口感不好,感官评分较低,为69.6分;当发酵时间达到6h时,红枣酸奶的凝固性和口感最好,酸味与红枣味相互协调,感官评分达到最大,为81.4分;当发酵时间为

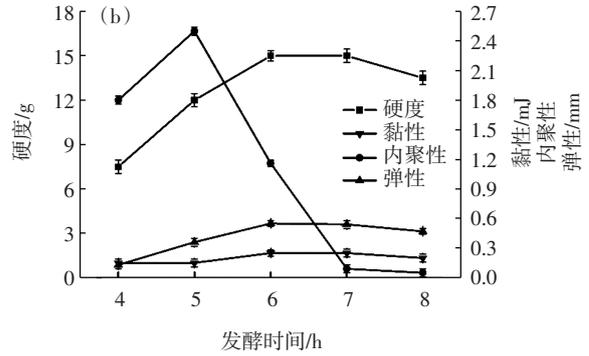
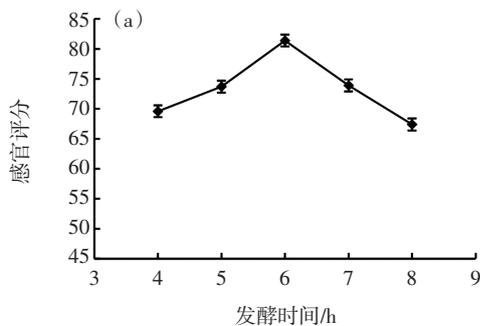


图6 发酵时间对酸奶品质的影响

Fig.6 Effects of fermentation time on the quality of yogurt

8h时,红枣酸奶口感不佳,并且出现严重的乳清析出现象,感官评分为67.4分。结合图6(b)可以看到,随着发酵时间的延长,红枣酸奶的硬度、黏性、内聚性和弹性均是呈先增加后减少趋势,当发酵时间为6h时,红枣酸奶的硬度、黏性和弹性均达到最高,内聚性也较好。因此,选择发酵时间为6h进行后续试验。

2.1.6 发酵温度对酸奶品质的影响

发酵温度对酸奶感官评分及质构特性的影响见图7。

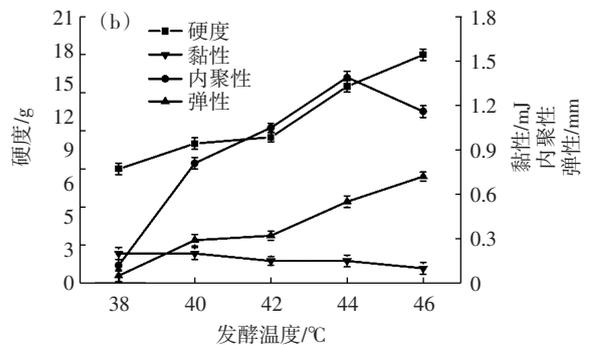
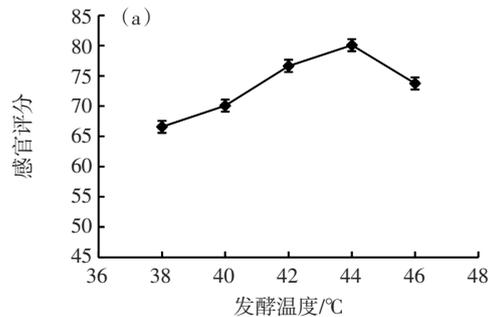


图7 发酵温度对酸奶品质的影响

Fig.7 Effects of fermentation temperature on the quality of yogurt

由图7(a)可知,随着发酵温度的升高,红枣酸奶的感官评分呈先上升后下降趋势。当发酵温度为38°C时,由于发酵温度偏低,不利于乳酸菌产酸,导致红枣

酸奶的口感偏甜,感官评分偏低,为66.6分;当发酵温度达到44℃时,红枣酸奶凝固性良好,酸甜适中,酸味与红枣味相互协调,口感最好,感官评分达到最大,为80.1分;当发酵温度达到46℃时,红枣酸奶的口感有所下降,出现乳清析出现象,感官评分下降,为73.8分。结合图7(b)可知,随着发酵温度的升高,红枣酸奶的硬度和弹性均逐渐增加,黏性逐渐降低,内聚性则是呈先增加后减少趋势,当发酵温度为44℃时,红枣酸奶的内聚性最高,硬度、黏性和弹性均较好。因此,红枣酸奶的最适发酵温度为44℃。

2.2 响应面优化结果与分析

2.2.1 响应面试验设计及结果

在单因素试验结果的基础上,利用响应面法优化红枣酸奶的发酵工艺,随机进行17组试验,试验方案及结果见表3。

表3 响应面试验方案与结果

Table 3 Experimental design and results of response surface methodology

序号	A 红枣汁添加量	B 白砂糖添加量	C 发酵时间	Y 感官评分
1	0	0	0	79.92
2	0	0	0	79.67
3	-1	0	1	75.42
4	1	1	0	71.67
5	1	0	-1	75.58
6	1	-1	0	69.08
7	0	0	0	80.42
8	0	1	-1	72.83
9	-1	1	0	72.75
10	1	0	1	69.42
11	-0	-1	1	65.83
12	-1	-1	0	67.50
13	0	0	0	80.50
14	-1	0	-1	75.17
15	0	1	1	72.00
16	0	0	0	78.75
17	0	-1	-1	72.67

2.2.2 模型建立及拟合分析

利用 Design Expert 软件对表3中的数据进行多元非线性回归拟合,得到感官评分(Y)对红枣汁添加量(A)、白砂糖添加量(B)、发酵时间(C)的二次回归方程为: $Y = 79.85 - 0.64A + 1.77B - 1.70C - 0.66AB - 1.60AC + 1.50BC - 3.27A^2 - 6.33B^2 - 2.69C^2$ 。

为了检验方程的有效性,对红枣酸奶感官评分的数学模型进行方差分析,结果见表4。

从表4中可以看出,模型的 P 值 <0.0001 ,表明该模型达到了高度显著的水平,而失拟项 $P=0.1264 > 0.05$,相对于纯误差,失拟项是不显著的,说明该模型是可行的。从表4中还可以看出,一次项B、C和二次

表4 回归方程方差分析

Table 4 Variance analysis of regression equation

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	340.03	9	37.78	36.21	<0.0001	高度显著
A	3.24	1	3.24	3.10	0.1215	不显著
B	25.10	1	25.10	24.06	0.0017	极显著
C	23.05	1	23.05	22.10	0.0022	极显著
AB	1.77	1	1.77	1.70	0.4869	不显著
AC	10.27	1	10.27	9.85	0.2341	不显著
BC	9.03	1	9.03	8.66	0.0164	显著
A ²	44.98	1	44.98	43.12	0.0217	显著
B ²	168.90	1	168.90	161.89	0.0003	极显著
C ²	30.38	1	30.38	29.12	<0.0001	高度显著
残差	7.30	7	1.04			
失拟项	5.31	3	1.77	3.55	0.1264	不显著
纯误差	1.99	4	0.50			
总变异	347.33	16				

项B²对结果具有极显著($P < 0.01$)的影响,二次项A²($P = 0.0217 < 0.05$)和交互项BC($P = 0.0164 < 0.05$)对结果的影响都为显著。二次项C²($P < 0.0001$)对结果的影响达到高度显著的水平,而一次项A和交互项AB、AC对结果的影响均为不显著($P > 0.05$)。由主要因素A、B、C的F值可以得知,各因素对红枣酸奶感官评分的影响程度依次为:白砂糖添加量(B) > 发酵时间(C) > 红枣汁添加量(A)。

2.2.3 红枣酸奶的感官评分的响应面图分析

通过 Design-Expert 软件对回归方程进行分析,得到红枣酸奶制备工艺中两个交互项之间的响应面图及等高线图,预测红枣汁添加量、白砂糖添加量和发酵时间3个因素对红枣酸奶感官评分的影响见图8~图10。

由图8(a)可知,当白砂糖添加量一定时,红枣酸奶的感官评分随着红枣汁添加量的增加呈现先上升后下降的趋势,但总体上并没有出现较大的起伏。当红枣汁添加量一定时,红枣酸奶的感官评分随着白砂糖添加量的增加呈现先迅速增加后缓慢减少的趋势,由此可知,白砂糖的添加量对红枣酸奶的感官评分具有较大的影响。从图8(b)可以看出,红枣汁添加量与白砂糖添加量交互作用的等高线接近圆形,表明两者之间的相互作用对红枣酸奶的感官评分影响不显著。

由图9(a)可知,随着红枣汁添加量的增加和发酵时间的延长,红枣酸奶的感官评分均是呈现先增加后减少的趋势,但总体上看变化值并不明显。从图9(b)可以看出,红枣汁添加量与发酵时间之间交互作用的等高线接近圆形,表明两者之间的相互作用对红枣酸奶的感官评分影响不显著。

由图10(a)可知,当发酵时间一定时,红枣酸奶的

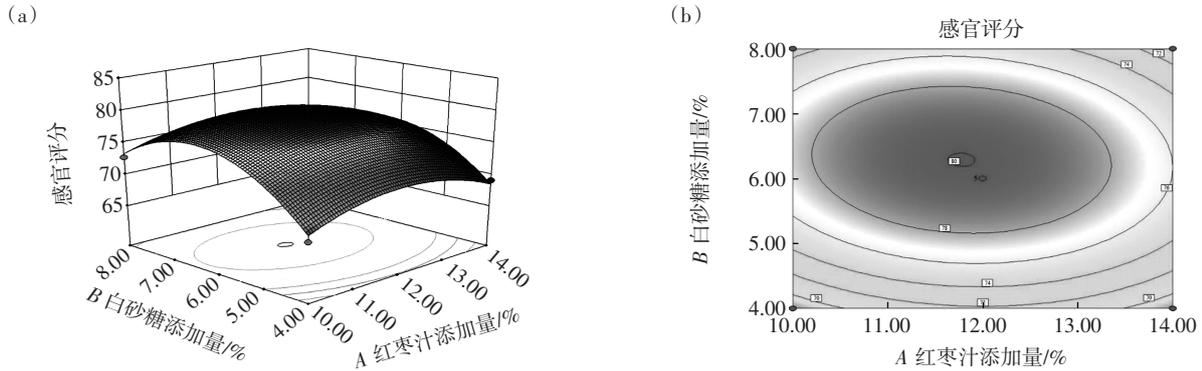


图8 红枣汁添加量和白砂糖添加量的相互作用对红枣酸奶感官评分影响的响应面图和等高线图

Fig.8 Three-dimension response surface and its contour plots for the effect of the interaction between jujube juice amount and sugar amount on the sensory score of jujube yogurt

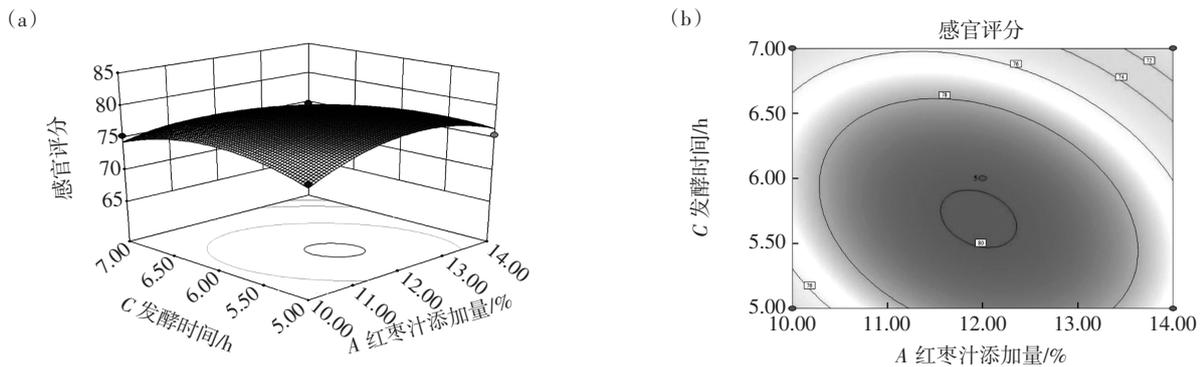


图9 红枣汁添加量和发酵时间的相互作用对红枣酸奶感官评分影响的响应面图和等高线图

Fig.9 Three-dimension response surface and its contour plots for the effect of the interaction between jujube juice amount and fermentation time on the sensory score of jujube yogurt

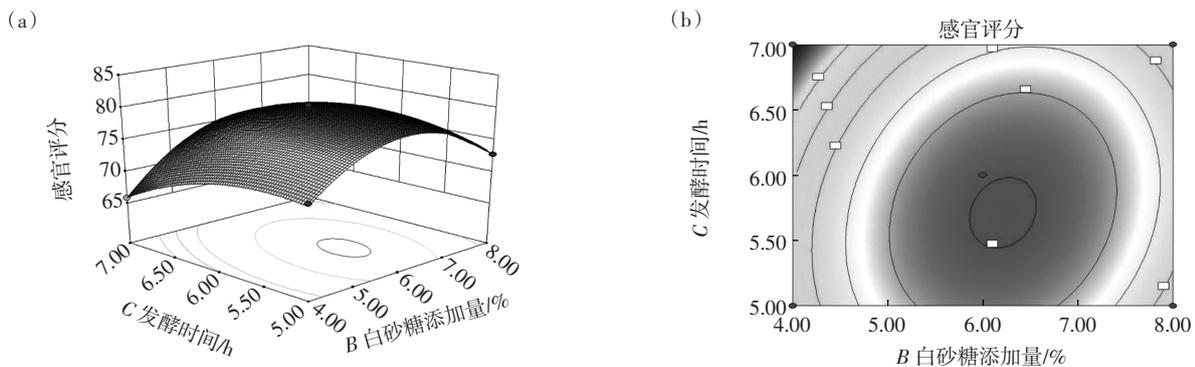


图10 白砂糖添加量和发酵时间的相互作用对红枣酸奶感官评分影响的响应面图和等高线图

Fig.10 Three-dimension response surface and its contour plots for the effect of the interaction between sugar amount and fermentation time on the sensory score of jujube yogurt

感官评分随着白砂糖添加量的增加而先增加达到最大值后又缓慢降低。当白砂糖添加量一定时,红枣酸奶的感官评分随着发酵时间的延长呈现先升高后降低的趋势,但总体上看变化的幅度比较小。从图10(b)可以看出,白砂糖添加量与发酵时间之间交互作用的等高线接近椭圆形,表明两者之间的相互作用对红枣酸奶的感官评分影响显著。

2.2.4 红枣酸奶制备工艺参数的确定

利用 Design-Expert 软件对所得回归方程进行分

析求解,得到红枣酸奶制备工艺的最佳工艺条件为:红枣汁添加量为11.91%、白砂糖添加量为6.21%、发酵时间为5.73 h,在此条件下得到红枣酸奶感官评分预测值为80.2分。考虑到实际操作的可性,将最佳工艺条件修改为红枣汁添加量为11.9%、白砂糖添加量为6.2%、发酵时间为5.7 h,按此条件进行3次重复试验,结果取平均值,得到红枣酸奶的感官评分为80分,红枣酸奶的硬度为15.5 g、黏性为0.20 mJ、内聚性为1.64、弹性为0.64 mm。该结果说明真实值与回归模

型预测值两者拟合良好,以感官评分为响应值,运用响应面法优化红枣酸奶的工艺参数方法可行合理。

选取红枣风味酸牛奶作为样品,邀请10名无任何感官缺陷的食品专业人员对市售红枣酸奶进行感官评定,同时用质构仪测定其质构特性,得到市售红枣酸奶的感官评分为75.8分,酸奶的硬度为4.0 g、黏性为0.10 mJ、内聚性为10.19、弹性为0。由此可知,本试验制备得到的红枣酸奶比市售红枣酸奶具有更好的感官品质和质构特性。

3 结论

经过单因素试验和响应面优化试验得到红枣酸奶的最佳配方为:红枣汁添加量为11.9%、白砂糖添加量为6.2%、发酵时间为5.7 h。按此配方制备得到的红枣酸奶组织细腻,质地均匀,酸味与红枣味相互协调,酸甜适宜,感官评分为80分,酸奶的硬度为15.5 g、黏性为0.20 mJ、内聚性为1.64、弹性为0.64 mm。与市售红枣酸奶相比较,该试验制备得到的红枣酸奶在口感风味和质地上都优于市售红枣酸奶,且不添加任何香精和防腐剂,更加营养、安全、健康。

参考文献:

- [1] 宗宪峰. 酸奶的营养价值与保健功能[J]. 中国食物与营养, 2008(9): 60-61.
- [2] ARYANA K J, OLSON D W. A 100-year review: yogurt and other cultured dairy products[J]. Journal of Dairy Science, 2017, 100(12): 9987-10013.
- [3] 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.
- [4] 臧明丽, 张宝雪, 程相蕊, 等. 乳酸菌在酸奶生产中的应用研究进展[J]. 食品安全导刊, 2018(27): 173.
- [5] 叶春苗. 酸奶生产加工研究进展[J]. 农业科技与装备, 2018, 288(6): 68-69.
- [6] 林焕明, 黄君茹, 梁大伟. 水果酸奶的研究进展[J]. 山东食品发酵, 2013, 4(171): 48-51.

- [7] OLIVEIRA A, ALEXANDRE E M C, COELHO M, et al. Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins[J]. Food Chemistry, 2015, 171: 370-378.
- [8] SAKIN YILMAZER M, DIRIM S N, DI PINTO D, et al. Yoghurt with candied chestnut: freeze drying, physical, and rheological behaviour [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(12): 3949-3955.
- [9] YILDIZ E, OZCAN T. Functional and textural properties of vegetable-fibre enriched yoghurt[J]. International Journal of Dairy Technology, 2019, 72(2): 199-207.
- [10] 黄哲真. 红枣的营养成分及功用价值[J]. 科技视界, 2014(29): 325-325.
- [11] FENG C, WANG B, ZHAO A, et al. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp[J]. Food Chemistry, 2018, 277: 238-245.
- [12] 杨永祥, 陈锦屏, 吴曼. 红枣营养保健价值及其加工利用的研究进展[J]. 农产品加工, 2009(1): 52-53.
- [13] 雷昌贵, 陈锦屏, 卢大新. 红枣的营养成分及其保健功能 [J]. 现代生物医学, 2006, 6(3): 56-62.
- [14] 陈玉峰, 王世强. 红枣酸奶的研制及枣汁对酸奶发酵过程的影响[J]. 湖南农业科学, 2012(12): 31-32, 37.
- [15] 卓志国. 红枣保健酸奶的研制[J]. 乳业科学与技术, 2011, 34(2): 69-73.
- [16] 刘敏. 红枣膳食纤维酸奶的研制[D]. 保定: 河北农业大学, 2015: 28-34.
- [17] 关随霞, 李爱江, 李道敏. 怀山药大枣酸奶加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 169-173.
- [18] 张素敏, 薛凌云, 王晓闻. 海藻糖功能性酸奶的研制及风味物质与质构特性的分析[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 145-151.
- [19] 马昱阳, 王文亮, 王月明, 等. 毛木耳多糖益生型酸奶工艺的优化及质构特性[J]. 食品工业, 2019, 40(7): 179-182.
- [20] 李丽, 李昌宝, 盛金凤, 等. 凝固型火龙果酸奶的制备工艺及质构特性研究[J]. 2016, 35(11): 176-180.
- [21] MOUSAVI M, HESHMATI A, GARMAKHANY A D, et al. Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with flaxseed during cold storage[J]. Food Science & Nutrition, 2019, 7: 907-917.

加工编辑: 姚骏

收稿日期: 2020-11-20