

文章编号: 1674-8085 (2022) 03-0047-07

玉米酸奶产品开发及品质分析

*杨丽萍, 郑术琳, 龙小山, 陈春旭, 张新伟, 孙业荣

(安徽科技学院食品工程学院, 安徽, 滁州 233100)

摘 要: 选择玉米汁添加比例、白砂糖添加量、发酵时间、发酵剂添加量这四个影响玉米酸奶品质的主要因素, 在单因素实验基础上, 利用响应面分析法进行优化, 获得最佳玉米酸奶生产工艺: 玉米汁添加量 45%、白砂糖添加量 2.8%、发酵剂添加量 0.25%、发酵时间 7 h, 恒温培养箱在 42 °C 下培养后 4 °C 下进行后熟。开发出的酸奶口感风味较好, 同时融入了玉米原料, 提升了酸奶的营养价值, 此项研究结果为玉米酸奶产品的工业化生产提供了一定的理论依据。

关键词: 玉米; 酸奶; 理化性质; 配方优化

中图分类号: TS252

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8085.2022.03.008

CORN YOGURT PRODUCT DEVELOPMENT AND QUALITY ANALYSIS

*YANG Li-ping, ZHENG Shu-lin, LONG Xiao-shan, CHEN Chun-xu, ZHANG Xin-wei, SUN Ye-long

(School of Food Engineering, Anhui Science and Technology University, Chuzhou, Anhui 233100, China)

Abstract: The proportion of corn juice, the amount of sugar, the fermentation time and the amount of leavening agent, the four main factors affecting the quality of corn yogurt were selected. Based on the single factor experiment, the response surface analysis method was used to optimize the production process of corn yogurt. The optimal production technology was as follows: the amount of corn juice was 45%, the amount of sugar was 2.8%, the amount of starter culture was 0.25 %, the fermentation time was 7 h, the temperature of the thermostatic incubator was 42 °C, and the post-ripening was carried out at 4 °C. The yoghurt produced under this condition presented good taste and flavor. Moreover, the addition of corn materials improved the nutritional value of the yoghurt. The results of this study provided some theoretical basis for the industrial production of corn yoghurt products.

Key words: corn; yoghurt; physical and chemical properties; process optimization

玉米是世界上广泛种植的一种农作物, 也是我国第二大粮食作物, 其产业经济覆盖第一、第二、第三产业, 对于整个农村经济的发展具有牵引带动作用, 其开发潜力巨大。玉米营养丰富, 平均含有蛋白质 9.6%、脂肪 4.9%、淀粉 72.0%, 不但含有大量膳食纤维, 还含有丰富的 B 族维生素、亚油酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸以及卵磷脂等成分, 能有效保护神经传导和胃肠功能, 有利于清理血管、降低

血脂、减轻动脉硬化, 具有很好的保健作用^[1]。

由于其丰富的营养价值, 巨大的产出和可再生的资源优势, 全球性的主要粮食作物之一的玉米受到的高度关注。玉米不仅是农业产业的发展和深化, 还是工业生产的主要产业。玉米加工业对整个玉米的加工方式、产品品质、技术结构调整具有举足轻重的导向作用, 是整个玉米产业体系的中间环节。随着玉米加工技术的不断发展, 其中特别是生

收稿日期: 2021-07-24; 修改日期: 2022-01-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31901617); 安徽省重点研究与开发计划项目(202104a06020001); 安徽省自然基金项目(KJ2020A0068); 大学生创新创业训练计划项目(S202010879164)

作者简介: *杨丽萍(1991-), 女, 安徽宣城人, 讲师, 博士, 主要从事农产品深加工及淀粉精细结构与改性研究(E-mail:18788892719@163.com)。

物化工技术的日新月异。美国作为玉米产量的第一大国,也是世界上玉米加工产业最先进、最发达的国家,其玉米产业不仅规模大、产品种类多、品质好,而且回收利用率高,玉米产品的附加值也高^[2]。当前许多国家都依靠进口美国的玉米深加工的产品,因此大力发展玉米深加工技术,发展我国的玉米深加工产业显得尤为必要。

对于我国的玉米消费重要分为以下三大需求:食用需求、饲用需求、工业需求^[3]。虽然我国玉米深加工起步比较晚,但发展相对迅速,其中主要分布在以下几个方面:(1)玉米原料粉:主要包括玉米熟粉、玉米淀粉、玉米生粉。玉米生粉是玉米产业最初代的产物,一般被称为玉米面,在传统的玉米加工中一般使用干磨法和湿磨法来制作^[4]。这样制作出来的玉米面不仅是许多玉米深加工产品的原料,也更容易运输储存且使用方便。玉米熟粉是将玉米通过膨化的方式生产的一种熟的玉米粉,通过膨化高温将玉米烘烤成熟的玉米粉,这个方式制作的玉米熟粉具有良好的玉米香味、稳定性、糊化度、黏度和透水性。玉米淀粉是淀粉产品之首,被广泛应用于各种食品加工生产,是自然界最丰富的食品原料。经过各项检测发现玉米淀粉具有食品生产过程中所需的各种糖类成分,例如葡萄糖、果糖、蔗糖等与玉米淀粉的各项联合以渗透到生物、石油、农林等各个行业。(2)玉米方便食品:一般包括各种由玉米为主要食品加工原料的方便食品,类似于玉米方便粥、玉米面包、玉米粉条、玉米罐头、玉米片等食品。这些方便食品只要经过简单的烹饪就可以食用深受年轻人群喜爱且方便运输和储存。(3)玉米胚芽油:是大多数人理想的营养健康油脂,较受老年人群喜爱。玉米胚芽油是从玉米的胚芽中提取出来的油脂也称玉米油,这种油脂具有良好的稳定性、细腻的口感和极高的营养价值。玉米胚芽油含有花生四烯酸、亚油酸等人体必需的脂肪酸,易于人体吸收。且与其他油脂相比玉米胚芽油含有更加丰富的 V_A 、 V_D 和 V_E 。因此玉米胚芽油的市场占比也越来越大,除了食品行业也适用于医药、化工、纺织、畜牧等工业领域。

但是随着玉米加工产业的迅速发展,我国在玉米的精深加工研发方面还存在明显不足。例如:玉米研发产品单一、产品种类少、品质低、深加工力度不够,致使转化效率低和综合利用较差;许多传统的玉米食品在方便、营养、安全、卫生等方面不能满足现代人的生活需要^[5]。

牛奶具有丰富的营养保健功能其中蛋白质含量高达3.1%,富含矿物元素如钙、磷、铁^[6]。而酸奶是一种通过工艺处理将牛奶和微生物一起发酵而制成的乳制品。酸奶不仅营养丰富,有可以帮助肠道消化的有益菌群,还具有降低血糖、胆固醇,减轻乳糖不耐症等功效^[7]。老年人的胃里含有极少的乳糖酶,但牛奶中含有乳糖,乳糖不能被大量的消化吸收,因此在食用牛奶时经常会造成乳糖不耐症的现象,而酸奶在发酵过程中微生物会将大量的乳糖发酵成乳酸,能够很好的缓解乳糖不耐症的现象,同时也提高了牛奶的吸收率。生产的酸奶中含有大量的乳酸菌,可以通过人体的免疫能力^[8]。在美国缅因大学和南澳大学组成的国际调查研究队研究发现高血压患者饮用酸奶后其血压呈现收缩压适度下降^[9]。虽然目前市场上酸奶产品较丰富,但大多与水果、燕麦等相结合,含糖量相对较高,并不受中老年消费者青睐,而玉米酸奶又鲜有。

因此,本研究通过玉米汁与牛奶混合发酵,将玉米的营养与酸奶的优点相结合,试验过程中基于单因素和响应面分析确定玉米酸奶最佳的生产工艺参数,同时进行品质分析。开发出一款适口性好、糖分含量低的营养功能型玉米酸奶产品,不仅能够提高玉米的营养成分,还丰富玉米产品种类,同时对促进玉米深加工、提高玉米经济效益和促进玉米产业发展都具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

甜玉米:安徽科技学院玉米实验楼种植基地;
牛奶:伊利乳业有限责任公司(每100 mL含蛋白质3.2 g,脂肪3.8 g,碳水化合物4.8 g);白砂糖:

食品级白砂糖；保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌：丹尼斯克菌种有限公司。

1.2 仪器和设备

卡士发酵箱，CF304C，中山卡士电器有限公司；电子天平，JCS-3102C，珠恒电子有限公司；电磁炉，ST2105，广东美的生活电器制造有限公司；高压蒸汽灭菌锅，LHS-12C，力辰仪器有限公司；榨汁机，JS39D-250，苏泊尔生活电器有限公司；博勒飞 DV2T 粘度计，NDJ-5S/8S，上海精晖仪器有限公司；色差仪，SR64，三恩驰仪表有限公司；酸值测定计，PHS-25，力辰仪器有限公司；

1.3 试验方法

1.3.1 玉米酸奶制作

1.3.1.1 工艺流程

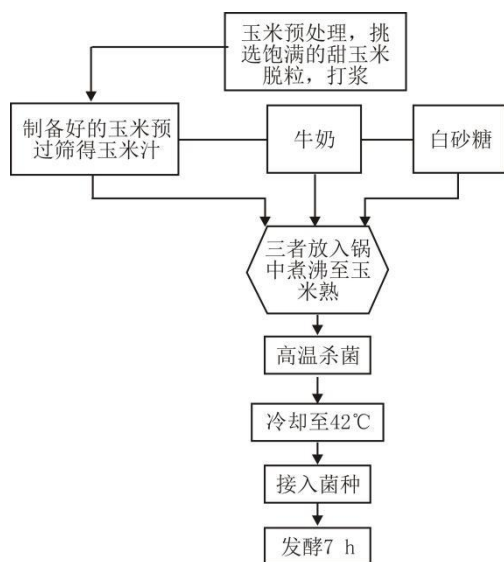


图1 玉米酸奶生产工艺流程

Fig.1 Production process of corn yogurt

1.3.1.2 具体方案：a) 挑选籽粒饱满、无虫害的玉米进行脱粒，将优质的玉米粒清洗干净，然后打浆，用 150 目筛过滤除去玉米渣，得到玉米汁；b) 将得到的玉米汁加少量水煮沸 10 min；c) 牛奶和白砂糖的混合：经过滤和净化的牛奶加热至 60~70 ℃ 时，加入剩余砂糖，充分搅拌溶化；d) 制备好的玉米汁与牛奶放在锅中加热搅拌，使其充分混合；e) 杀菌：在 90 ℃ 杀菌 15 min；f) 冷却：将杀菌后的玉米汁及牛奶混合液冷却至 42 ℃；g) 接种：加入 0.25% 由等量的保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌制

成的发酵剂；h) 发酵：无菌灌入经杀菌的酸奶容器中，在 42 ℃ 下发酵 7 h；i) 后熟：发酵好的玉米酸奶在 4 ℃ 下进行后熟。

1.3.2 单因素实验设计

1.3.2.1 玉米汁的添加量对产品品质的影响

根据 1.3.1 的试验方法进行规范操作，分别以玉米汁含量为 30%、35%、40%、45%、50% 进行制作，在 5 组产品中进行感官评价，确定玉米汁含量对产品的影响。

1.3.2.2 白砂糖的添加量对产品品质的影响

根据 1.3.1 的试验方法的操作要求下，分别使用白砂糖为 0%、1%、2%、3%、4% 制作 5 组产品，通过感官评价要求对成品进行感官评分，确定白砂糖用量对产品的影响。

1.3.2.3 发酵剂的添加量对产品品质的影响

根据 1.3.1 的试验方法进行试验，在混合好的玉米牛奶中分别添加 0.0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4% 得到 5 组产品并进行感官评分，确定发酵剂的用量对产品的影响。

1.3.2.4 发酵时间对产品品质的影响

根据 1.3.1 的方法，将混合好的玉米牛奶放入恒温箱中分别发酵 2、4、6、8、10 h 得到 5 组产品，通过感官评价得分来确定发酵时间对产品品质的影响。

1.3.3 响应面实验设计

根据 Box-Behnken 中心组合试验设计原理，在单因素试验结果的基础上，以玉米汁的添加量 (A)、白砂糖的添加量 (B)、发酵剂的添加量 (C) 以及发酵时间 (D) 为特征值，以感官评分为响应值 (Y)，设计四因素三水平响应面试验。响应面试验因素及水平见表 1。

表1 Box-Behnken 试验设计

Table 1 Design of Box-Behnken experiments

水平	因素			
	A 玉米汁添加量/%	B 糖添加量/%	C 发酵剂添加量/%	D 发酵时间/%
-1	35	2.8	0.25	5
0	40	3.2	0.30	6
1	45	3.6	0.35	7

根据响应面试验得到的数据,采用 Design-Expert 软件进行二次多项式回归和方差分析。

1.3.4 感官评价

依据产品市场要求及消费者接受能力设计感官评价指标,在每组实验的产品中随机抽取 20 个成品,随机分发给 20 名具备感官评价能力的感官评定人员。该 20 名感官评价男生女生分布均匀,无特殊口味爱好,学习过感官评价的相关知识,并且遵守评价的相关标准。从形态、色泽、滋味与口感、组织和杂质等相关评价进行综合评定。评分细则见表 2。

表 2 营养功能性玉米酸奶感官评价指标

Table 2 Sensory evaluation index of nutritional function corn yoghur

项目	评分标准	分值
色泽	色泽呈现黄色,颜色较为均匀一致(11~15分)	15
	色泽呈现淡黄色,颜色略深或者略浅(6~10分)	
	色泽不自然,不具有淡黄色(1~5分)	
气味	有酸奶特有的发酵乳香,浓郁的玉米的香味(25~30分)	30
	酸奶的发酵乳的香味,玉米的味道整体较淡(15~24分)	
	有类似发酵的香味,但有异味,玉米的味道被掩盖(1~14分)	
组织状态	质地比较均匀,无明显气泡,无分层无凝块现象,粘稠度适中(20~25分)	25
	质地较均匀,有少量气泡,基本不分层,粘稠度较小(15~19分)	
	质地不均匀,有气泡,分层明显(1~14分)	
口感	口感细腻柔和,滑润爽口,酸甜适中(25~30分)	30
	口感较为细腻,酸度稍过或者不足(15~24分)	
	口感一般,过酸或者酸度不足,无发酵酸味,口感粗糙(1~14分)	
总分		100

1.4 酸奶品质分析

通过对玉米酸奶的各项工艺参数进行研究以确定最佳的方案,在最佳工艺条件下对玉米酸奶的产品品质进行如下测定:

1.4.1 玉米酸奶的色差值测定

通过色差仪测定玉米酸奶的差值亮度 L^* 、红绿值 a^* 和黄绿值 b^* , 计算公式如下^[10]:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

1.4.2 玉米酸奶黏度的测定

通过博勒飞 DV2T 粘度计进行多次测定求平均值^[11-12]。

1.4.3 玉米酸奶酸度测定

通过酸值测定计多次测量求平均值^[13]。

2 结果分析

2.1 玉米汁的添加量(%)对玉米酸奶感官品质的影响

玉米汁是本酸奶的主要成分之一,选用的是甜玉米进行榨汁,甜玉米不仅可以提升酸奶的营养价值,还可以增加酸奶醇厚的口感。在提升酸奶的香味的同时还增加了甜味,减少了白砂糖的添加量,但是若玉米汁用量太少,玉米香味会被牛奶掩盖,用量太多也会影响其他层次的口感。通过感官评价的得分绘制如图 2 的结果,可以得出玉米汁含量为 40%左右的感官评价分值最高。

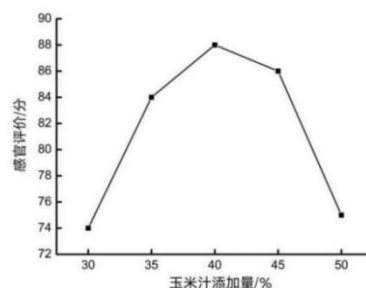


图 2 玉米汁添加量对产品品质的影响

Fig. 2 The effect of corn pulp content on product quality

2.2 白砂糖添加量(%)对产品品质的影响

玉米酸奶在发酵过程中会产生乳酸,白砂糖可以对乳酸进行调节而使得酸奶的口感更易于接受,产生一种独特的发酵风味,但白砂糖在产品发酵过程中,若用量太少会使成品缺乏甜味过酸,用量过多也会导致食用后口感甜腻。经过单因素实验进行感官评分绘制出图 3,发现使用 3%左右的白砂糖玉米酸奶的感官最好。

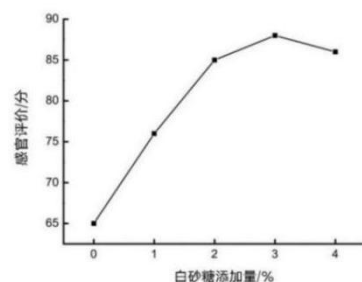


图 3 白砂糖的添加量对产品品质的影响

Fig. 3 The effect of sugar content on product quality

2.3 发酵剂添加量（%）对产品品质的影响

发酵剂作为营养功能性玉米酸奶的核心，本试验发酵剂选用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌等量混和制成，用量少会导致酸奶凝固性不佳，用量太多则会造成效率不高而使得最终产品的品质下降，图 4 是依据感官评分绘制的不同发酵剂用量对产品品质的影响。从图 4 中可以看出在使用 0.3% 左右时感官评分最高。

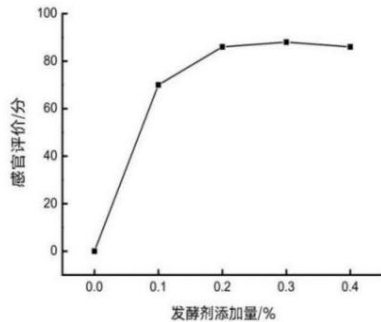


图 4 发酵剂添加量对产品品质的影响

Fig. 4 The effect of starter additive amount on product quality

2.4 发酵时间（h）对产品品质的影响

玉米酸奶的发酵时间决定了酸奶最终成品的形成状态和酸味形态，影响着最终的口感。图 5 是依据感官评分绘制的发酵剂用量对最终产品的影响。从图 5 中可以看出在使用 6 h 左右的发酵时间酸奶感官评分最高。

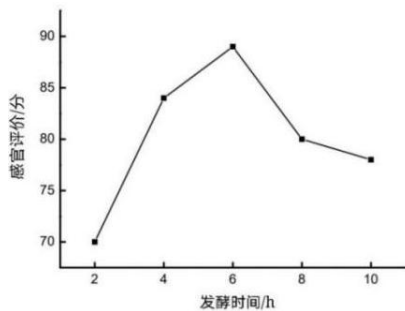


图 5 发酵时间对产品品质的影响

Fig. 5 The effect of fermentation time on product quality

2.5 响应面优化数据分析

通过单因素试验结果可以知道玉米汁的用量在 35%~45%、白砂糖添加量在 2.8%~3.6%、发酵剂的添加量在 0.25%~0.35%、发酵时间在 5~7 h 时营养功能性玉米酸奶的感官评价分值较高。且该四种因素对产品感官评价影响较大，因此通过响应面试验优化其配方，依据单因素实验结果设计响应面试验设计的四个因素取值范围。表 3 为响应面试验表，

表 4 为响应面分析试验后感官评价结果。

表 3 响应面试验表

Table 3 Response surface test table

因素	下级约束	上级约束	下级量	上级量	试验数
A:玉米汁添加量/%	35	45	1	1	3
B:糖添加量/%	2.8	3.6	1	1	3
C:发酵剂添加量/%	0.25	0.35	1	1	3
D:发酵时间/h	5	7	1	1	3
感官评价/分	79	1000	1	1	3

表 4 响应面分析试验后感官评价结果

Table 4 Response surface analysis of sensory evaluation results

序号	A:玉米汁添加量(%)	B:糖添加量(%)	C:发酵剂添加量(%)	D:发酵时间(h)	感官评价(分)
1	45	2.8	0.3	6	86
2	35	3.6	0.3	6	78
3	45	3.2	0.25	6	85
4	40	3.2	0.25	5	79
5	40	3.2	0.3	6	80
6	40	3.6	0.35	6	80
7	40	3.2	0.3	6	82
8	45	3.2	0.3	5	83
9	35	2.8	0.3	6	80
10	40	2.8	0.35	6	82
11	40	3.2	0.3	6	81
12	40	3.2	0.35	7	83
13	45	3.2	0.3	7	86
14	35	3.2	0.25	6	79
15	35	3.2	0.3	5	73
16	40	3.6	0.25	6	85
17	40	2.8	0.3	7	87
18	35	3.2	0.3	7	82
19	45	3.2	0.35	6	85
20	40	2.8	0.25	6	88
21	40	3.2	0.3	6	84
22	45	3.6	0.3	6	82
23	40	3.2	0.3	6	82
24	40	3.2	0.25	7	89
25	40	3.2	0.35	5	79
26	40	3.6	0.3	5	80
27	40	2.8	0.3	5	80
28	40	3.6	0.3	7	84
29	35	3.2	0.35	6	80

2.6 响应面优化试验确定最佳工艺方案

在单因素的结果以及响应面的分析下进行实验，设定感官评价评分为响应值（Y），以 A-玉米汁添加量(%)、B-糖添加量(%)、C-发酵剂添加量(%)、D-发酵时间（h）的值为自变量，进行响应面优化结果分析，以确定最终的最佳工艺。

应用 Design Expert 8.0.6.1^[14-15]对试验数据进行多元回归拟合分析，得到感官评价评分（Y）对 A-玉米乳添加量(%)、B-糖添加量(%)、C-发酵剂添加量(%)、D-发酵时间（h）的二次回归方程模型为：

$$Y = +81.80 + 2.92A - 1.17B - 1.33C + 3.08D - 0.50AB - 0.25AC - 1.50AD + 0.25BC - 0.75BD - 1.50CD + 0.8167A^2 + 0.8083B^2 + 1.06C^2 - 0.0667D^2$$

运用软件对 29 个响应值进行回归分析, 得到方差分析结果见表 5。由表 5 可知, 模型的 $F=9.04$, 表明模型显著。 $P<0.0500$, 表示模型显著; 失拟项 $P>0.1000$ 表示模型不显著, 相关系数 $R^2=0.9004$, 校正决定系数 $R^2=0.8008$, 失拟项 $p=0.5136>0.1000$, 表示不显著, 说明该模型可行, 且拟合程度良好, 可用该模型分析响应值的变化预测营养功能性玉米酸奶的最佳配方。从表 5 中可以看出模型表现为极高显著, 其中四个主要因素 A、B、C、D 都表现为显著类型。A、D 更表现位极高显著, 表明此次试验结果具有很高的探究价值。各因素对玉米酸奶感官评价的影响分别表现为 $D>A>C>B$, 说明发酵时间对玉米酸奶具有重要的影响。

表 5 回归模型的结果分析

Table 5 Analysis of regression model results

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	294.21	14	21.01	9.04	< 0.0001	**
A	102.08	1	102.08	43.91	< 0.0001	**
B	16.33	1	16.33	7.03	0.0190	
C	21.33	1	21.33	9.18	0.0090	*
D	114.08	1	114.08	49.07	< 0.0001	**
AB	1.0000	1	1.0000	0.4301	0.5226	
AC	0.2500	1	0.2500	0.1075	0.7478	
AD	9.00	1	9.00	3.87	0.0693	
BC	0.2500	1	0.2500	0.1075	0.7478	
BD	2.25	1	2.25	0.9677	0.3419	
CD	9.00	1	9.00	3.87	0.0693	
A ²	4.33	1	4.33	1.86	0.1941	
B ²	4.24	1	4.24	1.82	0.1984	
C ²	7.27	1	7.27	3.12	0.0989	
D ²	0.0288	1	0.0288	0.0124	0.9129	
残差	32.55	14	2.33			
失拟项	23.75	10	2.38	1.08	0.5136	
纯误差	8.80	4	2.20			
总变异	326.76	28				

 $R^2=0.9004$ $R^2_{Adj}=0.8008$

注: **表示极高显著($P<0.01$), *表示显著 ($P<0.05$)

图 6 是通过响应面分析所拟合的二次多元回归方程, 如果响应面曲面越陡峭, 表明所拟合的因素对响应值越显著, 各因素之间交互作用越显著。

从图 6 可以看出, 玉米汁添加量与发酵剂添加量的响应面模型图较为平缓, 而发酵时间与发酵剂添加量、糖添加量与发酵时间、发酵时间与玉米汁添加量、糖添加量与玉米汁添加量的响应面拟合模型较为陡峭, 则说明他们对感官评分影响的显著性

关系越强。表现为发酵时间>玉米汁添加量>发酵剂添加量>白砂糖添加量。

图 7 为响应面拟合的等高线图, 等高线图可以更加直观的反映各因素对响应值的影响。一般情况下等高线图上的曲线表明了随着响应值的增大, 响应曲面会形成一个顶点或山峰。

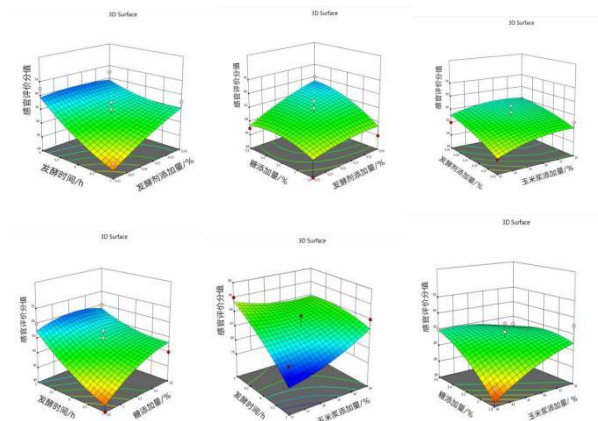


图 6 营养功能性玉米酸奶响应曲面图

Fig. 6 Nutritional functional response surface of corn yoghurt

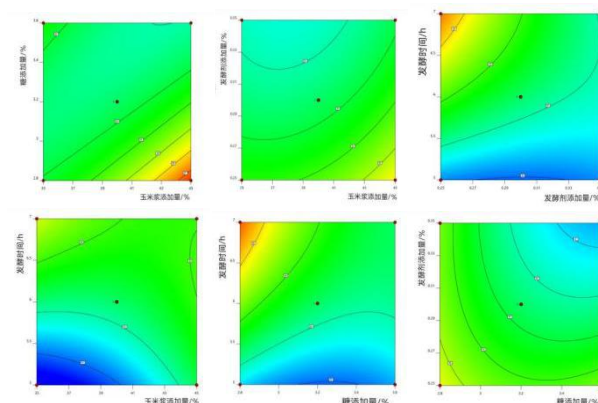


图 7 营养功能性玉米酸奶等高线图

Fig.7 Nutritional functional corn yoghurt contour map

2.7 响应面实验结果分析

通过响应面分析如表 6 所示, 营养功能性玉米酸奶的最佳工艺: 玉米汁添加量 45 %、糖添加量 2.801%、发酵剂添加量 0.250%、发酵时间 7 h。在此条件下感官评价的分值为 93.024 分。

表 6 营养功能性玉米酸奶实验结果

Table 6 Nutritional functional corn yoghurt experiment results

玉米汁添加量 /%	糖添加量 /%	发酵剂 添加量/%	发酵时间 /h	感官评价 /分
45.000	2.801	0.250	7.000	93.024

3 讨论与小结

营养功能性玉米酸奶实验主要通过单因素和响应面进行实验优化,确定可以形成更具营养特色的酸奶产品的最佳工艺方案:玉米汁添加量 45%、糖添加量 2.801%、发酵剂添加量 0.250%、发酵时间 7 h、温度 42 ℃,为产品生产方便白砂糖添加量取 2.80%即可。在此生产方案下,玉米酸奶色泽均匀饱满且为淡黄色,不仅具有酸奶发酵的乳香,还有浓厚玉米的香气,组织上无明显分层,无明显气泡,粘稠度均匀,口感细腻柔和,酸甜适中。将最佳工艺方案制作的酸奶进行一些理化性质的测定:通过色差仪对玉米酸奶的颜色进行测定,经过多次测定求平均值: $L^*=902.22$ 、 $a^*=-2.33$ 、 $b^*=18.98$ 、 $c^*=19.12$ 、 $h^*=97.01$ 、 $\Delta L^*=21.67$ (偏白)、 $\Delta a^*=-2.05$ (偏绿)、 $\Delta b^*=6.44$ (偏黄)、 $\Delta C^*=6.10$ 、 $\Delta H^*=1.52$ 、 $\Delta E^*=22.70$,整体色差符合实验要求。通过博勒飞 DV2T 粘度计进行多次测定求平均值为 4450 mPa·s,通过酸值测定仪器测定酸度为 78°T。产品生产过程中没有大肠杆菌等致病细菌的检出,一切生产程序符合国家标准。

本项目选用玉米为甜玉米,其中含糖量是普通玉米的 8 倍玉米的香气也更加浓郁。甜玉米不仅口感软糯细腻而且本身的糖类还更容易被人体吸收又不易转化成脂肪,可用于许多低糖低脂、营养功能型食品加工。在加工过程中玉米粒直接进行榨汁,保留着 100%的玉米原料,所以在食品生产过程中玉米汁的含量较高,不仅不会影响酸奶的黏度和口感,而且浓郁的玉米香气和发酵乳香混合更加沁人心脾。而据周亮^[16]、马宁、郝贵增等研究发现玉米汁在加工过程中与水进行了 1:6 的混合,而且以同样方法将紫薯与水进行 1:2 的混合,紫薯玉米酸奶中当玉米汁浓度超过 10%时,紫薯玉米酸奶黏

度下降,感官评定分下降。食品生产中各个过程都很重要,不同的生产方式生产的食品风味千差万别,本实验所研究的最佳生产工艺,期望对以后的玉米深加工领域有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 李坤,黄长玲.我国甜玉米产业发展现状、问题与对策[J].中国糖料,2021,43(1):67-71.
- [2] 刘瑶,郭丽华.玉米加工及产业化发展文献综述[J].北方经贸,2019(8):128-129.
- [3] 张庆芳.玉米加工工艺及产品开发研究进展[J].农业科技与装备,2020(3):57-58.
- [4] 丁卫英,张玲,韩基明,等.不同品种玉米淀粉糊化和凝胶特性的研究[J].农产品加工,2021(7):56-59.
- [5] 袁梦麒,邵文科,孙建伟,等.玉米淀粉生产及转化技术研究[J].食品安全导刊,2021(9):149,151.
- [6] 蒙新文,韩永霞.酸奶中益生菌的保健功效及研究进展[J].现代食品,2021,27(3):44-45,58.
- [7] 李建立.酸奶营养品质提升的加工工艺研究[J].中国乳业,2021(12):122-128.
- [8] 亢晓霞.甜玉米酸奶的工艺及风味的研究[D].武汉:华中农业大学,2009.
- [9] 松林.喝酸奶对老年高血压患者有好处[J].健与美,2021(12):87.
- [10] 路绪强,袁明,何楠,等,刘文革.利用色差仪快速检测西瓜番茄红素含量[J].中国瓜菜,2021,34(4):41-45.
- [11] 李慧,吴伟都,朱慧,等.搅拌型酸奶黏度及持水性测定的研究[J].粮食与食品工业,2018,25(2):56-59.
- [12] 李玲玲,罗学风,张灿,等.红枣南瓜凝固型酸奶的发酵工艺研究[J].井冈山大学学报:自然科学版,2019,40(6):28-31.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB19302-2010 发酵乳[M].北京:中国标准出版社,2010.
- [14] 陈文娟.响应面优化超声辅助提取养心菜多糖的工艺研究[J].井冈山大学学报:自然科学版,2020,41(2):48-53.
- [15] 蓝志福.响应面优化西兰花水溶性膳食纤维提取及其理化性质[J].井冈山大学学报:自然科学版,2019,40(4):34-39.
- [16] 周亮,马宁,郝贵增.紫薯玉米酸奶加工工艺研究[J].农产品加工,2017(23):27-29,33.