

文章编号: 1674-8085(2020)01-0044-08

响应面法优化紫薯魔芋硬糖配方

*谢建华^{1,2}, 王丽霞³, 陈丹贤³

(1. 漳州职业技术学院食品与生物工程系, 福建, 漳州 363000; 2. 农产品深加工及安全福建省高校应用技术工程中心, 福建, 漳州 363000;

3. 闽南师范大学生物科学与技术学院, 福建, 漳州 363000)

摘要:以紫薯粉、魔芋粉辅料, 研制紫薯魔芋硬糖。以感官评分为评价指标, 研究木糖醇、葡萄糖浆、紫薯粉和魔芋粉添加量对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响。通过响应面法确定糖果的最佳配方。结果表明最佳配方为: 木糖醇3 g, 葡萄糖浆15 g, 紫薯粉1.2 g, 魔芋粉0.2 g。糖体呈紫色、色泽分布均匀, 外形完整、甜味纯正、坚硬而脆、不粘牙, 具有紫薯风味。

关键词:紫薯粉; 魔芋粉; 硬糖; 配方

中图分类号: TS202.1

文献标识码:

DOI: 10.3669/j.issn.1674-8085.2021.05.010

OPTIMIZATION OF PURPLE POTATO KONJAC CANDY FORMULATION BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

*XIE Jian-hua^{1,2}, WANG Li-xia³, CHEN Dan-xian³

(1. College of Food Engineering, Zhangzhou Profession and Technology Institute, Zhangzhou, Fujian 363000, China;

2. The Applied Technical Engineering Center of Further Processing and Safety of Agricultural Products, Higher Education Institutions in Fujian Province, Zhangzhou, Fujian 363000, China;

3. Department of Biology Science and Technology, Minnan Normal University, Zhangzhou, Fujian 363000, China)

Abstract: Taking purple potato powder and konjac flour as auxiliary materials, the formulation of purple sweet potato konjac candy was studied. Through single factor tests and response surface optimization method, the effects of xylitol, glucose syrup, purple potato powder and konjac flour on the sensory quality of the purple potato konjac candy were discussed. The results showed that the optimal formula was xylitol 3 g, glucose syrup 15 g, purple sweet potato powder 1.2 g, konjac powder 0.2 g. The color of the candy is purple and even, the shape is complete, the sweet taste is pure, the texture is hard and brittle, dose not stick to teeth. The product is of purple potato flavor.

Key words:purple potato powder; konjac flour; hard candy; formulation

紫薯富含淀粉、膳食纤维外, 还富含硒元素和天然花青素^[1]。它具有良好的着色能力, 而且具有多种功效, 比如清除自由基、保护肝脏、防癌抗癌、抗衰老、预防血管疾病等功能^[2-3]。因此, 紫薯被广泛地应用于各类食品中。

魔芋粉是由葡萄糖和甘露糖以 β -1,4 糖苷键连

接起来的一种非离子型水溶性高分子多糖。它具有预防血管疾病、清理肠道、改善胆固醇代谢、治疗肥胖症、提高耐糖能力等功效^[4], 所以广泛应用食品加工中。由于魔芋粉具有优良的亲水性、胶凝和增稠等性能^[5], 使得应用于糖果生产成为可能。

糖果作为深受广大消费者喜爱休闲食品之一,

收稿日期: 2021-01-16; 修改日期: 2021-04-07

基金项目: 福建省科技计划项目(2018N2002)

作者简介: *谢建华(1976-), 男, 福建龙海人, 副教授, 硕士, 主要从事天然产物化学与应用研究(E-mail: xiejh2001@163.com);

王丽霞(1978-), 女, 江苏扬中人, 副教授, 博士, 主要从事天然产物化学与应用研究(E-mail: wang3775404@163.com);

陈丹贤(1996-), 男, 福建芗城人, 闽南师范大学食品科学与工程专业 2015 级本科生(E-mail: chendx1997@163.com).

已成为世界零售市场的重要销售物品，特别是在喜庆和节日消费中必不可少。近年来随着国内外糖果类食品的消费量逐年增加以及糖果制品加工技术的提升，加上新产品的涌现，糖果的品质不断提升。随着人们生活水平的提高以及人们健康营养意识的日益增强，人们对糖果的需求将进一步扩大^[6]。

本研究在传统硬糖研究的基础上，研究了木糖醇、葡萄糖浆、紫薯粉、魔芋粉对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响，得到了一种营养价值高、品质佳、风味独特并具有保健功能的紫薯魔芋硬糖。

1 材料与方法

1.1 实验材料

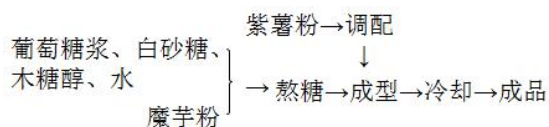
紫薯粉、白砂糖、葡萄糖浆、木糖醇、饮用纯净水，均为市售；魔芋精粉由云南省三艾公司提供。

1.2 实验设备

电子天平 FR224CN，奥豪斯仪器上海有限公司；微波消解仪 XT-9900A，新拓仪器有限公司；电热恒温干燥箱 DHG-9031A，精宏实验设备上海有限公司；原子吸收分光光度计 ASC-7000 型，中国岛津企业管理有限公司；非色散原子荧光光度计 PF6-2，北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程



1.3.2 工艺要点

（1）准确称取制糖果的各种配料，置于一次性杯子中，待用。（2）用不锈钢锅准确称取配方中的葡萄糖浆，将水、白砂糖、木糖醇倒入不锈钢锅中，用不锈钢勺子稍微搅拌几次。（3）将不锈钢锅放在电磁炉上加热，小火熬糖，当砂糖颗粒融化后加入魔芋粉，混匀后继续熬糖。（4）当不锈钢锅内糖浆沸腾，不断冒泡时，用电子防水温度计测定糖浆温度接近 120℃，且用勺子沾取一点糖浆滴入装有冷水的小碗中，糖浆在水中形成坚硬的小糖珠时（约 17 min），关闭电源。（5）加入紫薯粉，搅拌均匀，倒入模具内成型。（6）冷却至室温。

1.3.3 单因素试验

1.3.3.1 研究木糖醇的添加量对硬糖风味的影响

称取水 20 g、葡萄糖浆 15 g、紫薯粉 0.8 g、魔芋粉 0.2 g，固定木糖醇与白砂糖的总用量为 40 g，称取不同木糖醇的量 $A_1=1\text{ g}$, $A_2=2\text{ g}$, $A_3=3\text{ g}$, $A_4=4\text{ g}$, $A_5=5\text{ g}$ ，并补全白砂糖的量制成硬糖，进行感官评定。

1.3.3.2 葡萄糖浆的添加量对硬糖感官的影响

按照水 20 g、木糖醇 3 g、白砂糖 37 g、紫薯粉 0.8 g、魔芋粉 0.2 g 等比例，研究不同葡萄糖浆的添加量（ $B_1=11\text{ g}$, $B_2=13\text{ g}$, $B_3=15\text{ g}$, $B_4=17\text{ g}$, $B_5=19\text{ g}$ ）对硬糖感官的影响。

1.3.3.3 紫薯粉的添加量对硬糖感官的影响

按照水 20 g、木糖醇 3 g、白砂糖 37 g、葡萄糖浆 15 g、魔芋粉 0.2 g 等比例，研究不同紫薯粉的添加量（ $C_1=0.8\text{ g}$, $C_2=1.0\text{ g}$, $C_3=1.2\text{ g}$, $C_4=1.4\text{ g}$, $C_5=1.6\text{ g}$ ）对硬糖感官的影响。

1.3.3.4 魔芋粉的添加量对硬糖感官的影响

按照水 20 g、木糖醇 3 g、白砂糖 37 g、葡萄糖浆 15 g、紫薯粉 1.2 g 等比例，研究不同魔芋粉的添加量（ $D_1=0.1\text{ g}$, $D_2=0.2\text{ g}$, $D_3=0.3\text{ g}$, $D_4=0.4\text{ g}$ ）对硬糖感官的影响。

1.3.4 响应面试验

在单因素试验的基础上，选择木糖醇、葡萄糖浆、紫薯粉、魔芋粉，进行 4 因素 3 水平响应面优化试验。

1.3.5 硬糖的感官评定

将制成的紫薯魔芋硬糖由 10 位感官评价员从色泽、形态、硬度、组织、风味、口感等 6 个方面进行评价，采用评分法，每项感官得分均取 10 人评判分数的平均值。根据硬糖本身特点及相关标准制定紫薯魔芋硬糖感官评价标准^[7]，具体细则见表 1。

表1 紫薯魔芋硬糖感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of purple potato konjac candy

项目	要求	分值	满分
色泽	呈紫色，颜色分布均匀较有光泽，澄清明亮	12-15	15
	紫色较深/浅，颜色分布较均匀，表面较有光泽	9-12	
	颜色过淡或呈紫黑色，色泽不均匀，表面暗淡无光泽	6-9	
组织	不沾纸，不粘牙，内部组织均无 1mm 以上气泡	12-15	15
	粘着感轻微，有少量气泡	9-12	
	粘着感强烈，有大量气泡	6-9	
硬度	硬度适中，一咬就碎，坚硬而脆	16-20	20
	硬度较硬/软	12-16	
	硬度过硬/软	8-12	
形态	外形完整，无肉眼可见杂质，边缘整齐	12-15	15
	糖体有裂缝，表面较粗糙，肉眼可见些许杂质	9-12	
	糖体有缺角且明显变形，肉眼可见较多杂质	6-9	

续表1 紫薯魔芋硬糖感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of purple potato konjac candy

项目	要求	分值	满分
甜味	甜味纯正, 气味香醇, 有浓郁的紫薯风味, 无异味	17-20	20
风味	甜味较甜/淡, 有紫薯风味, 无明显异味	14-17	
	甜味过甜/淡, 有紫薯风味, 有异味	11-14	
	入口柔和, 冰凉清爽, 没有不适感	12-15	15
口感	口感较好, 口腔内稍有磨砂感	9-12	
	口感较差, 口腔内有磨砂感	6-9	

2 结果与分析

2.1 不同木糖醇添加量对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响

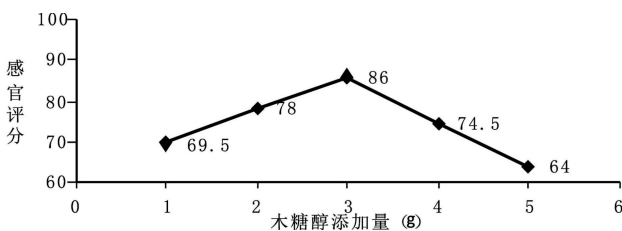


图1 不同木糖醇添加量对硬糖感官品质的影响

Fig.1 Quality of purple potato konjac candy with different xylitol addition

在糖果中添加适量木糖醇, 使得熬糖过程中不会产生沸腾现象且不易分解。木糖醇还具有良好的贮存性能, 不易发酵, 延长了糖果的货架期。糖果中添加木糖醇能够起到减轻龋齿、抑制血糖升高、促进双歧杆菌增殖、改善胃肠功能的作用^[8]。从图1可以看出, 当添加少量的木糖醇时, 硬糖感官品质呈升高趋势, 且入口后有明显的清凉感。这是由于木糖醇的溶解, 吸收大量的热造成的^[8]。再从糖果色泽看, 其产品色泽稳定, 焦糖味低, 这可能是木糖醇不产生美拉德反应^[8]。当添加过量的木糖醇时, 硬糖的感官品质会呈现降低趋势, 糖体表面光亮程度变差, 糖块变粘, 这是由于仅仅使用木糖醇不能制成可塑性产品^[8], 木糖醇可塑性低, 硬糖成型性能下降, 从而影响到糖果的总体分值。因此选用3g左右的木糖醇时, 紫薯魔芋硬糖甜味纯正, 有天然的清凉感、口感清新、无不良后味、糖体硬度适中、不粘牙、感官评分最高。

2.2 不同葡萄糖浆添加量对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响

葡萄糖浆中含有较多的还原糖, 一方面能有效提高砂糖的溶解度, 减少其重新排列成晶体时分子运动; 另一方面还原糖还具有较强的吸水性, 将葡

萄糖浆添加量制定在合理的范围, 可控制或延缓硬糖的发汗或返砂速度^[9]。葡萄糖浆添加量对硬糖感官评分的影响见图2。

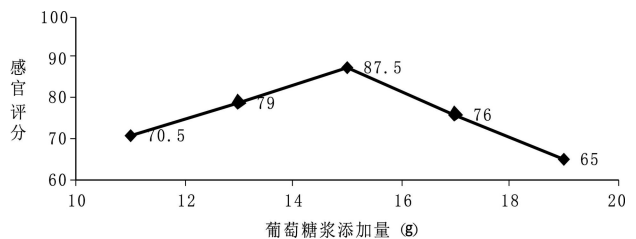


图2 不同葡萄糖浆添加量对硬糖感官品质的影响

Fig.2 Quality of purple potato konjac candy with different glucose syrup addition

由图2可看出, 随着葡萄糖浆添加量的增加, 糖果感官品质呈先升后降的变化。当添加葡萄糖浆量小于15%时, 随着葡萄糖浆的增多, 硬糖色泽更加透亮, 这是由于葡萄糖浆能提升糖体光亮度, 糖浆越无色透明, 越容易将糖膏调成色泽鲜艳的糖果^[9]; 糖体硬度降低, 达到适中水平, 由于葡萄糖浆中的还原糖能阻止砂糖再结晶, 砂糖经浓缩后成为无定型状态即非晶体状态, 降低了糖体硬度^[9]; 甜度降低, 由于砂糖与糖浆相融, 形成砂糖过饱和溶液。随着葡萄糖浆逐渐增加, 糖体硬度增大而产生粘牙现象, 这是由于葡萄糖浆含有糊精, 能增加糖果的韧性、强度和粘性以及还原糖有较强的吸水性, 会使糖果更容易吸水烊化^[9]; 且甜度不断降低, 总体感官评分受到影响。因此选用15g左右的葡萄糖浆时, 硬糖糖体呈透亮紫色、光泽度好、硬度适中、坚硬而脆、不粘牙、甜味纯正、口感细腻。

2.3 不同紫薯粉添加量对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响

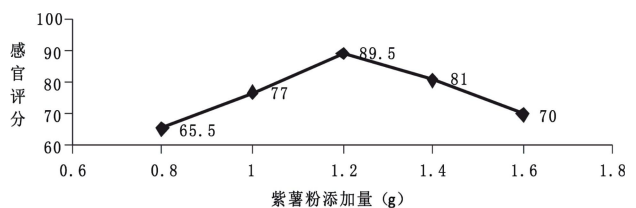


图3 不同紫薯粉添加量对硬糖感官品质的影响

Fig.3 Quality of purple potato konjac candy with different purple potato addition

由图3所示, 紫薯粉添加量在小于1.2%时, 硬糖感官品质呈上升变化, 糖果色泽渐渐加深且鲜薯风味不断增加, 由于紫薯粉能改善风味, 增添糖果的风味层次感, 可以改善糖果色泽, 能够作为着色剂增添糖果的紫颜色^[10]。当紫薯粉添加量较高时,

感官分值呈下降趋势，糖果色泽和鲜薯风味进一步增加，鲜薯风味虽醇厚且营养物质也增多，但色泽呈现出紫黑色且光泽度降低；糖体的硬度不断增大，由于紫薯粉含有淀粉，当紫薯粉和糖浆混合时，糖浆处于高温、高浓度状态，紫薯粉在糖浆中不能充分吸水而导致生成淀粉水合物，进而影响淀粉糊化和凝胶体的形成使紫薯粉在糖浆中出现凝结块，糖浆内部组织结构发生变化。因此选择 1.2 g 左右紫薯粉制成的糖果，有着诱人的紫颜色、糖体光泽度好、硬度适中、一咬就碎，有较浓鲜薯风味。

2.4 不同魔芋粉添加量对紫薯魔芋硬糖感官品质的影响

魔芋葡甘聚糖作为一种优质的膳食纤维在保健食品中广受关注。属于优质的水溶性膳食纤维，有着“净胃斋食”的美名^[10]。魔芋粉可以加快糖浆的粘稠程度，赋予食品更好的色、香、味，使糖果具有独特的口感和保健功能^[11]。魔芋粉添加量对硬糖感官评分的影响见图 4。

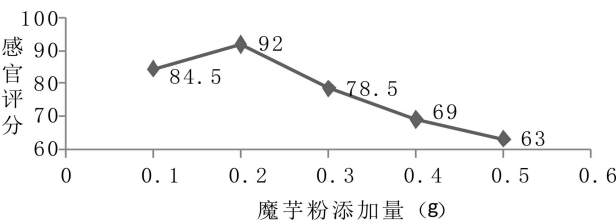


图 4 不同魔芋粉添加量对硬糖感官品质的影响

Fig.4 Quality of purple potato konjac candy with different konjac addition

从图 4 可以看出，当魔芋粉的添加量较低时，感官分值呈小幅度上升，色泽加深，糖果的风味浓郁且慢慢含有轻微的砂砾感，由于添加魔芋粉可以巩固糖果的紫颜色，具有赋味性^[5]，亦可以增加其风味和改善口感。当魔芋粉添加量较高时，感官分值持续降低，糖果变硬、发粘，这是由于魔芋粉具有优良的增稠性、黏结性^[5]，糖浆不断增稠，糖体凝结和成型速度加快；魔芋粉带有的特殊气味增强，口腔内砂砾感的加剧，魔芋粉经魔芋初加工，其外囊还含有杂质，这些囊的硬度和韧性极大，一般设备条件很难缩小魔芋粉的粒度^[12]。因此选用 0.2 g 左右魔芋粉制成糖果，有着清新的紫色、硬度适中、不粘牙、甜味纯正、入口后有轻微的砂砾感。

2.5 响应面优化实验

2.5.1 响应面试验结果

通过 Design-expert8.0 软件，依照 Box- Behnken 的中心组合设计原理^[13]，选取木糖醇、葡萄糖浆及紫薯粉、魔芋粉的添加量 4 个因素，以感官品评分为指标，设计四因素三水平响应面，考察紫薯魔芋硬糖的配方。试验因素与水平见表 2，其方案和结果见表 3。

表2 因素与水平
Table 2 Independent variables and test design levels

水平	A 木糖醇 添加量 (g)	B 葡萄糖浆 添加量 (g)	C 紫薯粉 添加量 (g)	D 魔芋粉 添加量 (g)
-1	2.5	13	1.0	0.1
0	3.0	15	1.2	0.2
1	3.5	17	1.4	0.3

表3 响应面试验设计及结果
Table 3 Program and test results of response surface analysis

实验号	A 木糖醇 (g)	B 葡萄糖浆 (g)	C 紫薯粉 (g)	D 魔芋粉 (g)	感官评分
1	-1	-1	0	0	68
2	1	-1	0	0	85.5
3	0	0	-1	1	82
4	0	0	1	-1	78
5	-1	1	0	0	85
6	0	0	-1	-1	78.5
7	1	1	0	0	70.5
8	0	0	1	1	78
9	-1	0	0	-1	79
10	1	0	0	-1	78.5
11	0	-1	-1	0	78
12	0	1	1	0	77
13	0	-1	1	0	71
14	0	1	-1	0	74.5
15	1	0	0		83
16	-1	0	0	1	80.5
17	-1	0	-1	0	77.5
18	0	1	0	1	80.5
19	-1	0	1	0	74.5
20	0	-1	0	1	82
21	1	0	-1	0	76
22	0	1	0	-1	80
23	0	-1	0	-1	76.5
24	1	0	1	0	79
25	0	0	0	0	90
26	0	0	0	0	91
27	0	0	0	0	91
28	0	0	0	0	90
29	0	0	0	0	91.5

2.5.2 模型建立及显著性检验

表4 响应面试验模型方差分析
Table 4 Variance analysis of response surface test model

来源	平方和	自由度	均方	F 值	Prob>F	显著性
模型	1075.35	14	76.81	135.33	<0.0001	**
A	5.33	1	5.33	9.40	0.0084	*
B	3.52	1	3.52	6.20	0.0259	*
C	6.75	1	6.75	11.89	0.0039	*
D	20.02	1	20.02	35.28	<0.0001	**
AB	256.00	1	256.00	451.05	<0.0001	**
AC	9.00	1	9.00	15.86	0.0014	*
AD	2.25	1	2.25	3.96	0.0664	不显著
BC	22.56	1	22.56	39.75	<0.0001	**
BD	6.25	1	6.25	11.01	0.0051	*
CD	3.06	1	3.06	5.40	0.0358	*
A2	254.73	1	254.73	448.82	<0.0001	**
B2	348.43	1	348.43	613.91	<0.0001	**
C2	403.97	1	403.97	711.76	<0.0001	**
D2	95.11	1	95.11	167.57	<0.0001	**
残差	7.95	14	0.57			
失拟	6.15	10	0.61	1.37	0.4096	不显著
纯误差	1.80	4	0.45			
总和	1083.29	28				

注：**差异极显著 ($P<0.01$)；*差异显著 ($0.01<P<0.05$)；
差异不显著 ($P>0.05$)

表5 试验模型误差分析
Table 5 Error analysis of test model

项目	数值	项目	数值
Std.Dev.	0.75	R—Squared	0.9927
Mean	80.22	Adj R—Squared	0.9853
CV/%	0.94	Pred R—Squared	0.9647
PRESS	38.21	Adeq Precision	42.088

根据表3的试验数据，对表3的试验数据进行多元回归拟合分析，建立木糖醇、葡萄糖浆及紫薯粉、魔芋粉等4个因素对紫薯魔芋硬糖的感官评分的二次多项式回归方程为：

$$Y = +90.70 + 0.67A + 0.54B - 0.75C + 1.29D - 8.00AB + 1.50AC + 0.75AD + 2.38BC - 1.25BD - 0.88CD - 6.27A^2 - 7.33B^2 - 7.89C^2 - 3.83D^2$$

由表4的方差分析所示，试验因素对糖果感官评分所选用的试验模型高度显著 ($P<0.0001$)，回归方程失拟项 $P = 0.4096 > 0.05$ ，说明差异不显著；相关系数 $R^2 = 0.9927$ ，Adj R—Squared为0.9853，Pred R—Squared为0.9853，且 $(RAdj^2 - RPred^2 < 0.2)$ 这两个值高并接近，表明该模型可以充分说明工艺过程^[13]；同时变异系数C.V.%为0.94%，说明该方程具

有较好的模拟性和重现性，可利用该回归方程确定糖果的最佳配方^[14-16]。采用回归方程一次项系数绝对值对各因素响应主次进行比较，结果表明影响果酒感官评分的因素顺序为： $D>C>A>B$ ，即魔芋粉添加量>紫薯粉添加量>木糖醇添加量>葡萄糖浆添加量。通过回归方程的各项显著性表明： D 、 $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 、 $D2$ 对糖果的感官评分具有极显著影响 ($P<0.01$)， A 、 B 、 C 对糖果的感官评分具有显著影响 ($P<0.05$)，而交互项 AB 、 BC 对糖果的感官评分具有极显著影响 ($P<0.01$)， AC 、 CD 、 BD 对糖果的感官评分具有显著影响 ($P<0.05$)，而 AD 对感官评分无显著性影响。

2.5.3 交互项分析

2.5.3.1 木糖醇和葡萄糖浆添加量响应面及等高线

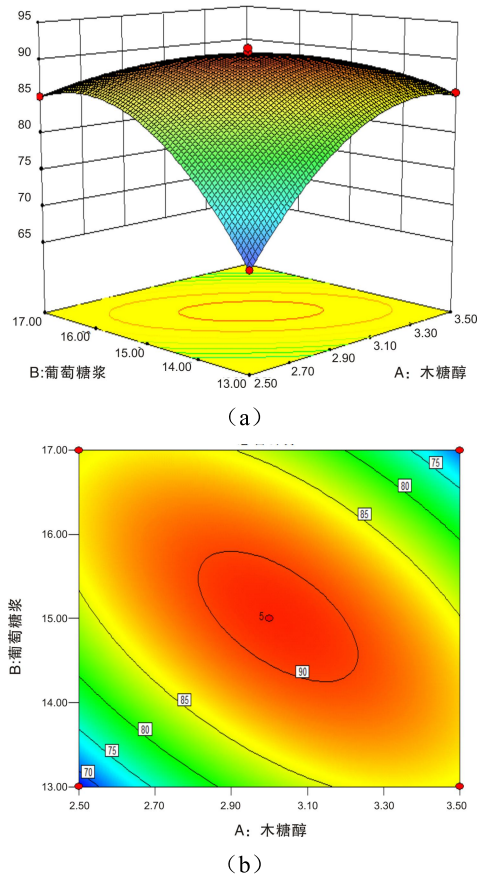


图5 木糖醇和葡萄糖浆添加量响应面及等高线图
Fig.5 Response surface and contour plot of xylitol and glucose syrup addition

由图5 (a) 中看出，木糖醇含量和葡萄糖浆含量同时对感官评分起到决定性影响，表现为曲面陡峭，说明木糖醇和葡萄糖浆添加量交互极显著。图5 (b) 可以看出，在木糖醇添加量2.9~3.1 g，葡萄糖浆添加量14.5~15.5 g范围，感官分值有极大值。

2.5.3.2 木糖醇和紫薯粉添加量响应面及等高线图

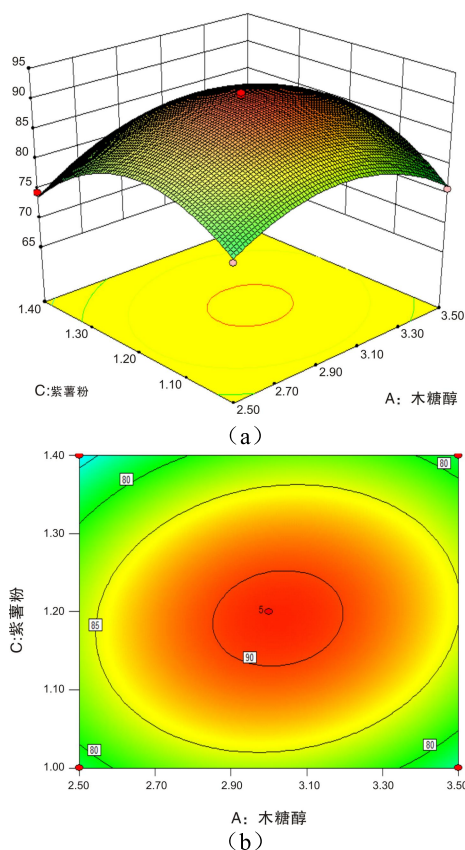


图6 木糖醇和紫薯粉添加量响应面及等高线图
Fig.6 Response surface and contour plot of xylitol and purple potato addition

由图6(a)中看出,将葡萄糖浆和魔芋粉添加量固定于零水平,糖果感官分值随着木糖醇和紫薯粉添加量的增加都是先增大后减小。并且在木糖醇添加量为2.9~3.1 g,紫薯粉添加量1.15~1.25 g范围内会出现感官分值的极大值,偏离此范围越远,感官分值降低趋势越迅速。从图6(b)等高线的疏密可以看出,沿紫薯粉添加量轴向等高线相较于木糖醇添加量等高线密集,说明紫薯粉对糖果感官品质的影响比木糖醇显著。

2.5.3.3 木糖醇和魔芋粉添加量响应面及等高线

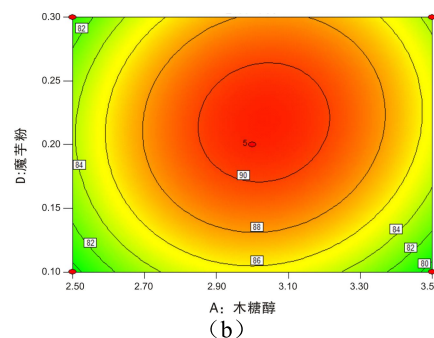
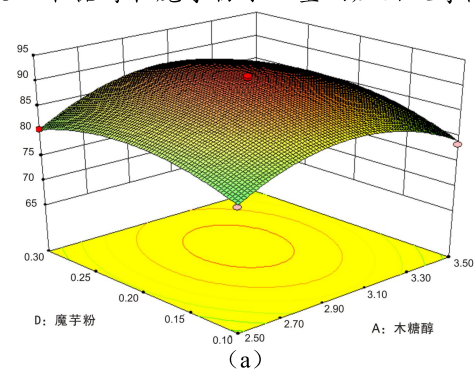


图7 木糖醇和魔芋粉添加量响应面及等高线图
Fig.7 Response surface and contour plot of xylitol and konjac addition

从图7(a)中可以看出,当把葡萄糖浆和紫薯粉添加量固定于零水平时,木糖醇添加量与魔芋粉添加量交互作用不显著,表现为曲面较平缓。在试验水平范围内,随着木糖醇和魔芋粉添加量的增加,感官品质呈先升后降的趋势,但这种趋势很微弱。在木糖醇添加量为2.9~3.1 g,魔芋粉添加量为0.18~0.24 g范围内会出现感官分值的极大值。从图7(b)可以看出沿魔芋粉添加量轴向等高线较密集,而木糖醇添加量轴向等高线相对稀疏,说明魔芋粉添加量对感官品质的影响比木糖醇添加量更显著。从等高线最小椭圆近似圆形也可以直观看出这两个因素交互作用不显著,这与表4中($P_{AD}=0.0664>0.05$),交互作用不显著相吻合。

2.5.3.4 葡萄糖浆和紫薯粉添加量响应面及等高线

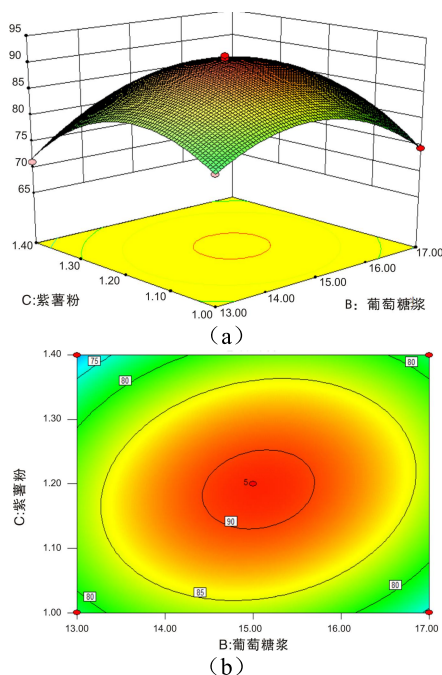


图8 葡萄糖浆和紫薯粉添加量响应面及等高线图
Fig.8 Response surface and contour plot of glucose syrup and purple potato addition

由图8(a)可以看出,当把木糖醇和魔芋粉添加量固定于零水平时,紫薯粉和葡萄糖浆交互作用显著,表现在曲面相对陡峭。在试验水平范围内,随着葡萄糖浆用量的添加,糖果感官品质呈先升后降的趋势;随着紫薯粉用量的增加,糖果感官分值同样呈先上升后下降趋势。从图8(b)分析可知,沿紫薯粉添加量轴向等高线相对葡萄糖浆添加量轴向等高线密集,说明紫薯粉添加量对感官品质的影响比葡萄糖浆添加量显著。在葡萄糖浆含量14.7~15.3 g,紫薯粉含量1.15~1.25 g范围内会出现感官分值的极大值。

2.5.3.5 葡萄糖浆和魔芋粉添加量响应面及等高线

从图9(a)可以看出,在试验水平范围内,随着葡萄糖浆和魔芋粉添加量不断增多,感官分值呈先上升后下降的趋势。从图9(b)可知,当葡萄糖浆添加量为14.8~15.2 g,魔芋粉添加量为0.18~0.22 g范围内,感官分值有极大值。

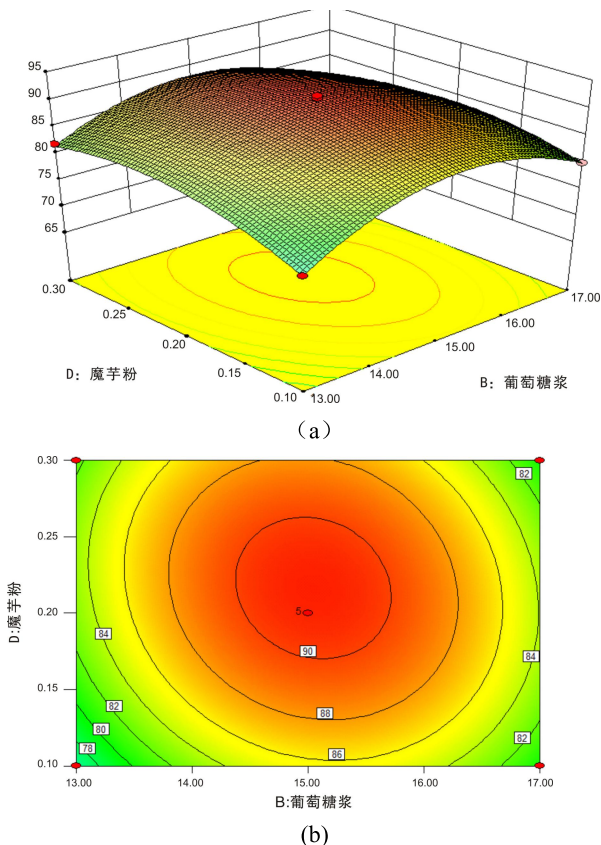


图9 葡萄糖浆和魔芋粉添加量响应面及等高线图
Fig.9 Response surface and contour plot of glucose syrup and konjac addition

2.5.5.6 紫薯粉和魔芋粉添加量响应面及等高线

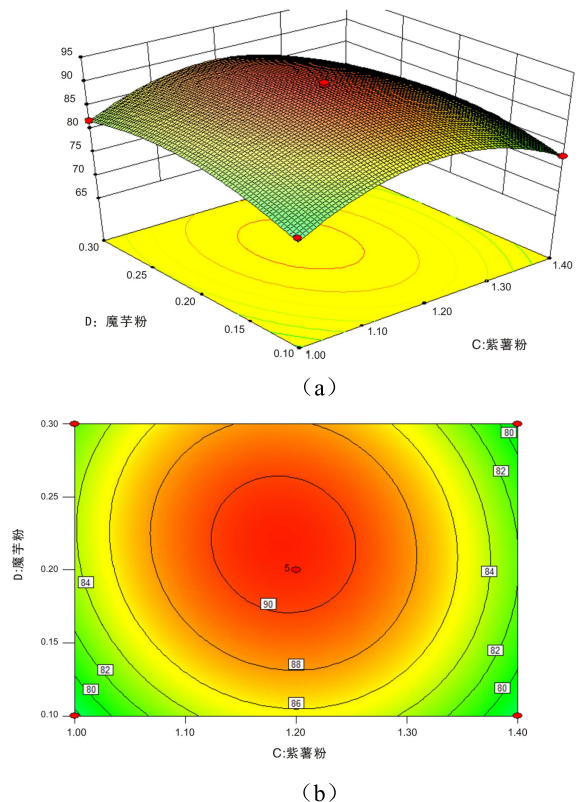


图10 紫薯粉和魔芋粉添加量响应面及等高线图
Fig.10 Response surface and contour plot of purple potato and konjac addition

由图10(a)中曲面较陡峭可知,紫薯粉和魔芋粉添加量交互作用显著。在试验水平范围内,随着紫薯粉和魔芋粉添加量的增加,感官分值先上升后下降。由图10(b)可知,在紫薯粉添加量为1.18~1.22 g,魔芋粉添加量为0.18~0.22 g范围内,感官分值有极大值。

2.6 工艺优化与验证试验

通过软件优化得出紫薯魔芋硬糖感官品质最优参数为:木糖醇添加量3.04 g,葡萄糖浆添加量14.94 g,紫薯粉添加量1.19 g,魔芋粉添加量0.22 g,感官品质为90.85。为了实际操作方便,取木糖醇添加量3 g,葡萄糖浆添加量15 g,紫薯粉添加量1.2 g,魔芋粉添加量0.2 g,并在此工艺参数进行验证试验,重复3次,实际测得糖果的感官品质为91.00,与理论预测值相对偏差0.16%,说明通过响应面模型建立,优化得到准确可靠的糖果配方。

3 小结

通过试验,确定了紫薯魔芋硬糖的最优配方为:木糖醇 3 g,葡萄糖浆 15 g,紫薯粉 1.2 g,魔芋粉 0.2 g,水 20 g,白砂糖 37 g,熬糖 17 min 左右待糖液温度上升至 120 ℃时取出成型得到糖果品质最佳。糖果颜色分布均匀有光泽,甜味正并带有紫薯风味、坚硬而脆、不粘牙。

参考文献:

- [1] 储渊明,李文,王陶,等.紫薯黄冠梨复合果酒酿制工艺研究[J].粮油食品科技,2017,25(6):61-64.
- [2] 何胜生,雷文华,廖菊英.甘薯全粉的研究现状及加工前景[J].农产品加工,2010(11):90-91.
- [3] 贾正华,贺海燕,苏爱国,等.紫红薯的营养保健功能及其烹饪加工[J].中国食物与营养,2010(04):69-70.
- [4] 柯有甫,郑军献.魔芋葡甘露聚糖治疗 2 型糖尿病初步临床观察[J].中医临床研究,2012,4(18):61-62.
- [5] 孟凡冰,王小燕,范定涛,等.脱敏魔芋粉制备集成技术初探及其对魔芋粉理化性质的影响[J].食品科学,2015,36(2):63-68.
- [6] 张华燕.我国糖果制品行业质量调研报告[J].质量与标准化,2014,3(10):35-36.
- [7] 王晓丹,李文钊.影响硬糖感官品质的关键因素[J].天津科技大学学报,2013,28(1):17-21.
- [8] 王仲礼.前景广阔的食糖替代品——木糖醇[J].江苏调味品副食品,2005,22(2):2-4.
- [9] 曾洲华,许建荣,徐正康,等.淀粉糖浆在糖果中的应用[J].现代食品科技,2005,21(2):171-174.
- [10] 何胜生,雷文华,廖菊英.甘薯全粉的研究现状及加工前景[J].农产品加工,2010,11(11):90-91.
- [11] 曹晖.魔芋葡甘露聚糖的特性及其应用[J].扬州大学烹饪学报,2005(4):61-64.
- [12] 周韵,赵丹,辰巳英三.魔芋葡甘露聚糖在食品产业中的研究进展[J].食品与机械,2013,29(4):258-272.
- [13] 李莉,张赛,何强,等.响应面法在试验设计与优化中的应用[J].实验室研究与探索,2015,34(8):41-45.
- [14] 谢建华,王丽霞,庞杰.玫瑰茄西瓜复合果酒的研制[J].井冈山大学学报:自然科学版,2019,40(3):35-42.
- [15] 林建原,季丽红.响应面优化银杏叶中黄酮的提取工艺[J].中国食品学报,2013,13(2):83-90.
- [16] 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.