DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2019.12.028

响应面法优化酸角海绵蛋糕的制作工艺

曹淼[1],化志秀[2],童斌[1,*],洪文龙[1],操庆国[1],樊金山[1],许俊齐[1]
(1. 江苏农林职业技术学院 茶与食品科技学院,江苏 句容 212400;2. 江苏省句容中等专业学校,江苏 句容 212400)

摘　要:采用单因素试验和响应面法考察酸角粉、白砂糖、鸡蛋的添加量对酸角海绵蛋糕感官品质及硬度的影响,优化酸角海绵蛋糕的制作工艺。结果表明,最优工艺参数为低筋面粉 100 %、酸角粉 3.88 %、白砂糖 80 %、鸡蛋 261.45 %、色拉油 11 %、蛋糕油 5.6 %;经验证,在最优工艺参数下制作的海绵蛋糕色泽金黄、块形丰满、气味香浓、口感香甜适中、柔软疏松、组织细腻,感官评分可达 91.4 分,硬度为 440.134 g,有独特的酸角风味。

关键词:酸角;海绵蛋糕;响应面;工艺;优化

Optimization of Preparation Technology of Tamarind Sponge Cake by Response Surface Methodology

CAO Miao[1], HUA Zhi-xiu[2], TONG Bin[1,*], HONG Wen-long[1], CAO Qing-guo[1], FAN Jin-shan[1], XU Jun-qi[1]
(1. College of Tea and Food Technology, Jiangsu Polytechnic College of Agriculture and Forestry, Jurong 212400, Jiangsu, China; 2. Jiangsu Jurong Secondary Specialized School, Jurong 212400, Jiangsu, China)

Abstract: The effects of tamarind powder, white granulated sugar and egg addition on the sensory quality and hardness of tamarind sponge cake were investigated by single factor test and response surface method, and the preparation technology of tamarind sponge cake was optimized. The results showed that the best processing parameters were low gluten flour 100 %, tamarind fruit powder 3.88 %, sugar 80 %, egg 261.45 %, salad oil 11 % and cake emulsifier 5.6 %. Verifying test indicated the sponge cake made in the best formula owned golden yellow color, soft and loose taste, smooth appearance and delicate texture whose sensory score can reach 91.4 points and hardness was 440.134 g. The cake had unique flavor of tamarind fruit.

Key words: tamarind fruit; sponge cake; response surface; technology; optimization

引文格式:
曹淼,化志秀,童斌,等. 响应面法优化酸角海绵蛋糕的制作工艺[J].食品研究与开发,2019,40(12):164-169
CAO Miao, HUA Zhixiu, TONG Bin, et al. Optimization of Preparation Technology of Tamarind Sponge Cake by Response Surface Methodology[J]. Food Research and Development,2019,40(12):164-169

酸角，又名罗望子、酸豆、酸梅等，属于豆科(*Leguminosae*)罗望子属(*Tamarindus*),成豆荚形,果实扁平而大,适宜干热河谷种植,是一种食药兼用的常绿乔木[1]。酸角果肉肥厚、口感酸甜并具有令人愉悦的香味,主要产于南亚和非洲热带区域,我国滇、川、琼、粤、桂、闽等省南部、中部和北部常见[2-3]。酸角果肉营养丰富,富含蛋白质(粗蛋白含量高达 116 mg/g)和 18 种氨基酸，其中有 8 种人体必需氨基酸和 2 种婴儿必需氨基酸[4]。酸角果肉中还含有较高的矿物质元素(如:铜、镁、锌、钾、钙和磷等),是人体矿物质的良好补充来源，每天食用 100 g 酸角果肉可提供一个成年人每日所需 10.69 %的钙,20.49 %的镁,14.21 %的磷,12.07 %的铁,2.71 %的锰,1.29 %的锌,32.22 %的铜和 9.21 %的硒[5-7]。酸角果肉中还含有多种维生素,其中维生素 E 含量高达 48.27 mg，胡萝卜素、B 族维生素含量也较高。另外,酸角还含有花黄素、菊胺和无色花青素等。酸角不仅具有较高的食用价值,还具有较好的防治疾

基金项目:江苏省大学生创新创业训练计划平台(201713103014Y)
作者简介:曹淼(1987—),男(汉),讲师,在读博士,研究方向:功能因子提取与功能食品开发。
* 通信作者:童斌(1968—),男(汉),副教授,博士,研究方向:果蔬采后处理与加工技术。

病以及保健功能。酸角味酸、甘，性辛、凉，有祛热解暑、止渴、消积化食、清脑提神的功效，能治缓泻、妊娠呕吐、便秘、小儿疳积、高血压等多种病症[8]。药理研究表明酸角果肉具有轻泻[9]、降血脂[10]、抑菌[11]、降血糖[12]、抗突变和抗致癌物[13]、保护细胞损伤[2]等作用。

海绵蛋糕是利用蛋白质起泡性能，使蛋液中充入大量的空气，加入面粉烘烤而成的一类膨松点心[14]。海绵蛋糕气味色泽诱人、口感柔软细腻、甜度适中、老少皆宜，因此备受大众的喜爱。我国现对于酸角的开发利用还处于初级阶段，产品形式相对单一，仅局限于饮料和糖果，亟需进一步开发新的产品。将酸角加入到海绵蛋糕中不仅可以提高酸角的利用率，促进酸角产品的多样化，同时还可以丰富海绵蛋糕的种类，增加海绵蛋糕的营养保健成分，延长酸角的产业链，提高经济价值。

本研究探讨了酸角粉添加量、白砂糖添加量、鸡蛋添加量对酸角海绵蛋糕感官品质和硬度的影响，并采用响应面法优化制作工艺，以期为酸角海绵蛋糕的开发提供理论和技术支撑。

1　材料与方法

1.1　材料与设备

鸡蛋、白砂糖：购自句容便民超市（农校店）；低筋小麦粉：潍坊风筝面粉有限责任公司；酸角粉：陕西斯诺特生物技术有限公司；调和油：益海嘉里粮油（中国）有限公司；蛋糕油：富乐尔科技有限公司黄埔分公司。

SAM-603F 三门峡豪华型电气烤炉、SDM-7L 中心搅拌器：无锡市双麦机械有限公司；TA-XT Puls 质构仪：英国 Stable Micro System 公司；BPS-30-416AR 电子计价秤：厦门佰伦斯电子科技有限公司；TC-K 电子天平：绍兴市舜光仪器设备有限公司。

1.2　方法

1.2.1　工艺流程[15-16]

原辅料准备→蛋糕糊打发→倒入模具振荡→烘烤→冷却

1.2.2　操作要点

准确称量各原辅料于盘中，备用；先将烤箱打开预热 30 min 左右，温度调至上火 190 ℃，下火 180 ℃（温差不超过 5 ℃）；将鸡蛋、白砂糖一起放入搅拌缸中开慢速（240 r/min~360 r/min）搅拌至肉眼观察有无白糖颗粒为止；再倒入蛋糕油开中速搅拌至蛋糕油充分分散在蛋液中（蛋糊颜色变为淡黄或乳白、质地浓稠）；然后加入过筛的低筋粉和酸角粉开高速搅拌至打蛋器的拌网上蛋糕糊缓慢流下即可；加入色拉油开慢速（120 r/min~240 r/min）搅拌均匀；倒入模具（大约七到八分满）或者烤盘，抹平、振荡防止有气泡；放入烤箱中烘烤 25 min（视成熟情况可增加减少 1 min）即可出炉；将蛋糕从烤箱里取出，在室温下冷却即可。

1.2.3　单因素试验

参考海绵蛋糕传统配方，以低筋面粉面粉量 100 % 为基准，色拉油 11 %、蛋糕油 5.6 %保持不变，探讨酸角粉的添加量（2 %、4 %、6 %、8 %、10 %）、白砂糖的添加量（80 %、90 %、100 %、110 %、120 %）、鸡蛋的添加量（120 %、170 %、220 %、270 %、320 %）3 个因素对酸角海绵蛋糕感官品质和比容的影响。

1.2.4　响应面优化试验

以单因素的试验结果为基础，进行响应面试验设计，具体见表 1。

表 1　试验因素水平与编码表

Table 1　Coding of experimental factors and levels

编码水平	*A* 酸角粉添加量/%	*B* 白砂糖添加量/%	*C* 鸡蛋添加量/%
−1	2	80	220
0	4	100	270
1	6	120	320

1.3　感官评价标准

感官评定小组由 5 名有食品评价经验的人员组成，从色泽、外观、口感和内部结构 4 个方面，考察 3 个因素对酸角海绵蛋糕的感官品质的影响，评分指标见表 2。

表 2　酸角海绵蛋糕的感官评分标准

Table 2　Sensory scoring criteria of tamarind sponge cake

评定指标	评分要点
色泽（25 分）	表面油润，呈金黄色，色泽均匀，富有光泽（20 分~25 分）
	色泽稍微发暗，呈浅黄色或深褐色（10 分~19 分）
	色发暗，无光泽，呈其他较差颜色（0~9 分）
外观（25 分）	块形丰满，顶部有较大弧度，表面光滑，无焦斑，无崩顶（20 分~25 分）
	顶部有一定的弧度，有少许焦斑、崩顶（10 分~19 分）
	上部弧度很小，表面粗糙，有大量焦斑，变形严重（0~9 分）
口感（25 分）	香甜适中，细腻柔软疏松，不干，有浓郁的酸角风味（20 分~25 分）
	香甜位略重或轻，较细腻柔软，稍干，有轻微的酸角风味（10 分~19 分）
	口感粗糙，松散发干或较粘牙，酸角风味不突出（0~9 分）
内部结构（25 分）	气孔细密，分布均匀、无硬块（20 分~25 分）
	气孔分布较均匀，有少许大气孔和硬块（10 分~19 分）
	气孔大而不均匀，有较多硬块（0~9 分）

1.4 硬度测定

将烘烤出炉的蛋糕室温冷却至 25 ℃，再把蛋糕切成 3 份大小相等、厚度为 2 cm 的方块。采用 TA-XT Puls 质构仪检测面包质构特性，使用 TP/36R 的探头。测定条件：5 g 力，触发模式 Auto，测前速率 3.0 mm/s，测试速率 1.0 mm/s，测后速率 1.0 mm/s，压缩 50 %，间隔 5 s。每个样品重复 3 次，取其 hardness（硬度）的平均值进行结果计算。

1.5 产品质量测定

按照 GB 7099-2015《食品安全国家标准 糕点、面包》测定在最优工艺参数下制作的产品。

1.6 统计分析

运用 Design-Expert 8.0.6 软件进行响应面分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 酸角粉添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响

酸角粉添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响见图 1。

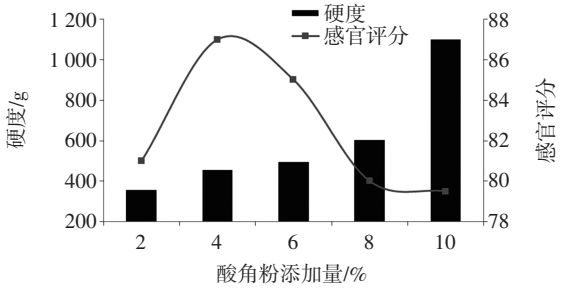

图 1 酸角粉添加量对感官评分及硬度的影响

Fig.1 The effect of tamarind fruit powder addition on sensory evaluation and hardness

由图 1 可知，酸角粉的添加量对感官评分影响在 2 %~4 %时处于上升，4 %~10 %都处于下降趋势，硬度也随酸角粉的添加量的增加越来越大。当酸角粉的添加量为 4 %时酸角海绵蛋糕感官评分最高且硬度较低。酸角粉添加量过少时，在蛋糕中不能吃出酸角的特殊味道，颜色也相对较淡；反之酸角粉添加过多时蛋糕过于甜腻，组织结构粗糙、气孔大而不均匀、硬度也较大，影响口感。综上，初步选定酸角粉的添加量为 4 %。

2.1.2 白砂糖添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响

白砂糖添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响见图 2。

由图 2 可知，白砂糖的添加量对感官评分影响在

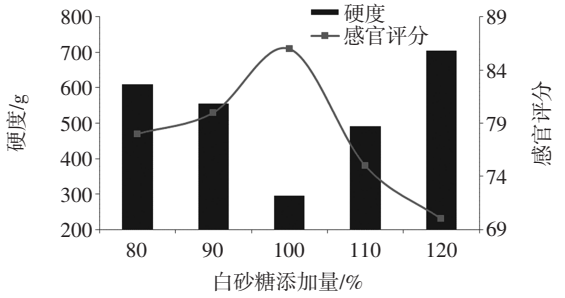

图 2 白砂糖的添加量对感官评分及硬度的影响

Fig.2 The effect of sugar on sensory score and hardness

80 %~100 %处于上升，100 %~120 %时处于下降，白砂糖添加量为 100 %时硬度最小，当白砂糖添加量为 100 %时蛋糕口感柔软细腻、甜味适中，有淡淡的酸角味，且颜色呈金黄色。白砂糖添加量过少时蛋糕味道较淡，颜色为浅黄色；反之白砂糖添加过多时蛋糕过于甜腻，影响食用口感。综上，初步选定白砂糖的添加量为 100 %。

2.1.3 鸡蛋添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响

鸡蛋添加量对海绵蛋糕感官评价及硬度的影响见图 3。

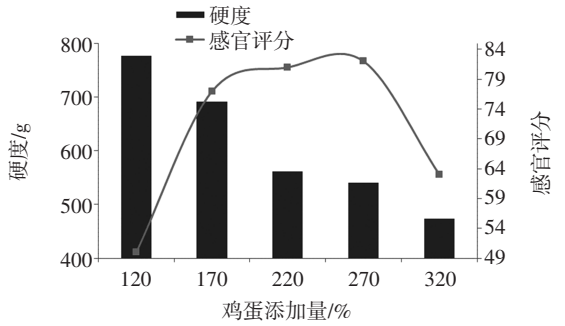

图 3 鸡蛋的添加量对感官评分及硬度的影响

Fig.3 The effect of egg addition on sensory score and hardness

由图 3 可知，鸡蛋的添加量对感官评分影响较大，120 %~270 %处于上升，270 %~320 %时处于下降，硬度也随鸡蛋的添加量的增加而越来越小。当鸡蛋添加量过少时，内部组织结构不规整、粗糙发干，而且没有海绵蛋糕独特的风味与口感。当鸡蛋的添加量为 270 %时蛋糕的感官评分最高，硬度也较小，而鸡蛋添加过多则使蛋糕蛋腥味太重、粘牙，且颜色略淡。综上，初步选定鸡蛋的添加量为 270 %。

2.2 响应面优化试验分析

2.2.1 响应面分析方案

响应面试验设计及结果见表 3。

利用软件对表 3 中的试验结果进行回归分析，对各因素回归拟合后，得到以感官评分（Y）为响应值的三元二次回归方程：

表 3　响应面试验设计及结果

Table 3　Design and results of response surface experiments

试验号	A/%	B/%	C/%	感官评分	硬度/g
1	2	80	270	88.7	460.00
2	6	80	270	89.7	583.11
3	2	120	270	86.7	1 090.60
4	6	120	270	82.7	1 000.63
5	2	100	220	85.3	1 079.92
6	6	100	220	78.3	1 192.75
7	2	100	320	81.7	992.52
8	6	100	320	79.3	1 181.46
9	4	80	220	90.0	474.59
10	4	120	220	85.3	527.12
11	4	80	320	86.7	541.30
12	4	120	320	84.2	659.97
13	4	100	270	90.3	444.91
14	4	100	270	89.0	653.40
15	4	100	270	90.0	491.74
16	4	100	270	89.3	474.47
17	4	100	270	89.0	498.90

感官评分（Y）$=89.52-1.55A-2.025B-0.875C-1.25AB+1.15AC+0.55BC-3.985A^2-1.415B^2-4.385C^2$；

硬度（Y'）$=512.68+41.86A+152.41B+12.61C-53.27AB+19.03AC+16.53BC+415.91A^2-145.01B^2-183.07C^2$。

回归模型方差分析见表 4、表 5。

表 4　回归模型方差分析（感官评价）

Table 4　Variance analysis of regression model（Sensory evaluation）

变异源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值	显著性
总模型	230.72	9	25.64	24.39	0.000 2	**
A	19.22	1	19.22	18.28	0.003 7	**
B	32.8	1	32.8	31.21	0.000 8	**
C	6.13	1	6.13	5.83	0.046 5	*
AB	6.25	1	6.25	5.95	0.044 9	*
AC	5.29	1	5.29	5.03	0.059 8	
BC	1.21	1	1.21	1.15	0.318 9	
A^2	66.86	1	66.86	63.61	<0.000 1	**
B^2	8.43	1	8.43	8.02	0.025 3	*
C^2	80.96	1	80.96	77.02	<0.000 1	**
残差	7.36	7	1.05			
失拟项	5.93	3	1.98	5.54	0.065 9	
纯误差	1.43	4	0.36			
总误差	238.08	16				
	R^2=0.969 1	R^2Adj=0.929 4		C.V.=1.19 %		

注：**，差异极显著 P<0.01；*，差异显著 P<0.05。

表 5　回归模型方差分析（硬度）

Table 5　Variance analysis of regression model（Hardness）

变异源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值	显著性
总模型	1.17×10^6	9	1.30×10^5	6.39	0.011 5	*
A	14 020.27	1	14 020.27	0.69	0.434 4	
B	1.86×10^5	1	1.86×10^5	9.11	0.019 4	*
C	1 271.87	1	1 271.87	0.062	0.81	
AB	11 350.65	1	11 350.65	0.56	0.479 9	
AC	1 448.08	1	1 448.08	0.071	0.797 5	
BC	1 093.54	1	1 093.54	0.054	0.823 5	
A^2	7.28×10^5	1	7.28×10^5	35.72	0.000 6	**
B^2	88 536.66	1	88 536.66	4.34	0.075 7	
C^2	1.41×10^5	1	1.41×10^5	6.92	0.033 9	*
残差	1.43×10^5	7	20 392.15			
失拟项	1.16×10^5	3	38 753.95	5.85	0.060 4	
纯误差	26483.18	4	6 620.79			
总误差	1.32×10^6	16				
	R^2=0.891 6	R^2Adj=0.752 1		C.V.=8.66 %		

注：**，差异极显著 P<0.01；*，差异显著 P<0.05。

由表 4 可知，所建立的感官评分回归模型 P=0.000 2，达极显著水平，得出 R^2=0.969 1，R^2Adj=0.929 4，说明该模型能够较好的反映响应值的变化，失拟项（P=0.065 9）不显著，说明回归模型和预测值之间有较好的拟合度，模型的一次项 A、B（P<0.01）影响极显著，C（P<0.05）影响显著；二次项 A^2、C^2（P<0.01）影响均极显著，B^2（P<0.05）影响显著；交互项 AB（P<0.05）影响显著，AC、BC（P>0.05）影响均不显著；由此可知三因素对感官评价影响的顺序为：$B>A>C$。

由表 5 可知，所建立的硬度回归模型 P=0.011 5，达到显著水平，得出 R^2=0.891 6，说明该模型能够较好的反映响应值的变化，失拟项（P=0.060 4）不显著，说明回归模型和预测值之间有较好的拟合度；模型的一次项 B（P<0.05）影响显著，A、C（P>0.05）影响均不显著；二次项 A^2（P<0.01）影响极显著，C^2（P<0.05）影响显著，B^2（P>0.05）影响不显著；交互项 AB、AC、BC（P>0.05）影响均不显著；由此可知三因素对硬度影响的顺序为：$B>A>C$。

2.2.2　响应面和等高线分析

由于在交互项中酸角粉的添加量（A）和白砂糖（C）的交互作用对酸角海绵蛋糕感官评价值的影响显著，用 Design-Expert8.0.6 软件绘出了相应的响应面图和等高线图，见图 4。

从图 4 可以看出，酸角粉添加量（A）、白砂糖（B）及其交互作用对感官品质影响，随着酸角粉添加量的增加、鸡蛋的增加，感官评分呈抛物线状态，在酸角粉

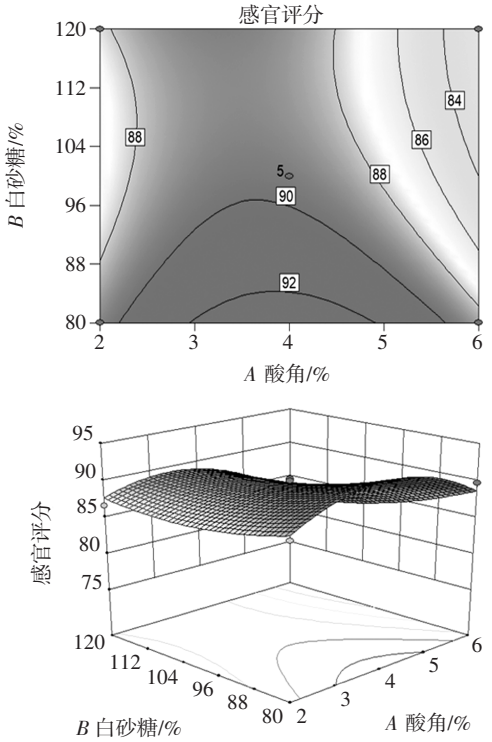

图 4 酸角粉添加量、白砂糖及其交互作用对感官品质影响的响应面和等高线

Fig.4 The response surface and contour of the effect of tamarind powder(A) and sugar(C) on sensory quality

添加量为 4 %,白砂糖为 100 %达到最大。由等高线图可以看出它们的交互作用对感官评价有很大的影响。

2.2.3 验证试验

以感官评分为指标得到的最优工艺参数 1 为:酸角粉添加量 3.88 %,白砂糖添加量 80 %、鸡蛋添加量 261.45 %;以硬度为指标得到的最优工艺参数 2 为:酸角粉添加量 3.77 %,白砂糖添加量 80 %、鸡蛋添加量 270.78 %。

对工艺参数 1 和工艺参数 2 进行 3 次平行验证试验,结果如表 6 所示。

表 6 验证试验结果

Table 6 Parallel validation test

工艺参数	酸角粉添加量/%	白砂糖添加量/%	鸡蛋添加量/%	感官评分	硬度
工艺参数 1	3.88	80	261.45	91.4	440.134
工艺参数 2	3.77	80	270.78	90.6	580.030

由表 6 可看出,工艺参数 1 的感官评分比工艺参数 2 高,硬度比工艺参数 2 低,与软件给出预测值较吻合。因此,选择工艺参数 1 作为最优工艺参数。

2.2.4 产品指标

2.3.1 感官指标

色泽:表面油润,呈金黄色,色泽均匀,富有光泽;口感:香甜适中,细腻柔软疏松,不干,有浓郁的酸角风味;外形:块形丰满,顶部有较大弧度,表面光滑,无焦斑,无崩顶;组织结构:气孔细密,分布均匀、无硬块。

2.3.2 理化指标

干燥失重≤43 g/100 g,酸价(以脂肪计)(KOH)≤2 mg/g;铅(以 Pb 计)≤ 0.02 mg/kg;砷(以 As 计)≤ 0.02 mg/kg。

2.3.3 微生物指标

细菌总数≤100 CFU/g,大肠菌群数≤3 MPN/100 g,无致病菌检出。

3 结论

通过单因素试验,确定酸角粉添加量、白砂糖添加量、鸡蛋添加量各因素在单一因素变化的情况下的最优值。以单因素试验的结果为基础,用响应面法对酸角海绵蛋糕制作工艺进行优化,建立酸角粉添加量、白砂糖添加量、鸡蛋添加量和对感官评价值及硬度值的二次回归方程模型,经验证,该数学模型可靠,可用于酸角海绵蛋糕最优工艺参数的预测。

结合单因素试验、响应面试验和验证试验确定酸角海绵蛋糕最优配方参数为:酸角粉添加量 3.88 %、白砂糖添加量 80 %、鸡蛋添加量 261.45 %,在此最优工艺参数下制作的蛋糕感官评价分为 91.4,硬度值为 440.134 g,具有独特的酸角风味。

参考文献:

[1] 周淑荣,董昕瑜,包秀芳,等.酸角的栽植和利用[J].特种经济动植物,2013,16(8): 48-51

[2] 马天晓,姚顺阳,刘震,等.酸角研究进展[J].中国野生植物资源,2012,31(6): 6-11

[3] 代建菊,袁理春,李茂富,等.酸角在食品上的应用研究概述[J].食品研究与开发,2015,36(16): 17-20

[4] 李维熙,王葳,杨柏荣,等.酸角的化学成分及生物活性研究现状[J].国际药学研究杂志,2016,43(4): 697-704

[5] Almeida MMB, Sousa PHM, Fonseea ML, et al. Evaluation of maero and micro-mineral content in tropical fruits cultivated in the north-east of Brazil[J]. Food Sci. Technol (Campinas), 2009,29(3): 581-586

[6] 王玲.罗望子有效成分的提取纯化及抗氧化作用研究[D].长沙:湖南农业大学,2013

[7] Sadiq IS, Duruminiya NI, Balogun JB. Nutritional and Anti-nutritional Value of Tamarind Fruit (*Tamarindus indica*)[J]. International Journal of Applied Research and Technology,2016,5(3): 50-56

[8] 顾志平,陈四保,王晓光.罗望子的综合利用开发[J].天然产物研究与开发,1994,6(2):84-87

[9] Khandare AL, Rao GS, Lakshmaiah N. Effect of tamarind ingestion on fluoride excretion in humans[J]. European Journal of Clinical Nu-

DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2019.12.029

怀山药大枣酸奶加工工艺研究

关随霞,李爱江,李道敏*
(河南科技大学 食品与生物工程学院 食品加工与安全国家级示范教学中心,河南 洛阳 471023)

摘　要:怀山药大枣酸奶是以鲜牛乳、怀山药、大枣为原料,以嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌(质量比 1∶1)混合物为发酵剂,制成的一种新型乳制品。通过单因素试验、正交试验确定最优工艺参数为:5 %发酵剂、15 %怀山药浆、10 %大枣汁、7 %蔗糖(均为质量分数),于 42 ℃发酵 4 h~5 h。此条件下生产的酸奶,呈乳白色,质地均匀,口感光滑细腻,酸甜适中,有大枣和山药的独特风味,组织状态良好。理化和微生物指标均符合食品安全国家标准。该产品不仅具有酸奶的营养价值,还含有怀山药、大枣的营养成分,多种矿物质、黏质多糖、黄酮类化合物、皂角类物质及人体所需的多种氨基酸,是一种新型保健乳制品。

关键词:怀山药;大枣;酸奶;单因素试验;正交试验

Processing Technology of Huai Yam-Jujube Yogurt

GUAN Sui-xia, LI Ai-jiang, LI Dao-min*
(National Demonstration Center for Experimental Food Processing and Safety Education, College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, Henan, China)

Abstract: A new type of yogurt was processed from fresh milk, Huai yam and jujube as raw materials. The compound yogurt was fermented by a mixture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* (mass ratio1∶1). The optimal process parameters were optimized by single-factor experiments and orthogonal test: 5 % strain, 15 % Huai yam syrup, 10 % jujube juice, 7 % sucrose (mass ratio), fermented in 42 ℃ for 4 h-5 h. The yogurt produced under this condition has good sensory quality with milky white color, uniform texture, smooth and delicate taste, moderate acidity and sweetness, and the unique flavor of jujube and Huai yam. Through physicochemical and microbiological indexes testing of Huai yam-jujube yogurt, they all meet national food safety standards. This product not only had the nutritional value of yoghurt, but also contained the nutrients of yam and jujube, various minerals, mucopolysaccharides, flavonoids, saponins and various amino acids

作者简介:关随霞(1974—),女(汉),实验师,硕士研究生,研究方向:食品加工与安全。
* 通信作者:李道敏(1966—),女(汉),博士,研究方向:食品加工与安全。

trition, 2002, 56(1) : 82-85
[10] Khairunnuur FA, Zulkhairi A, Hairuszah I, et al. Hypolipemic and weight reducing properties from *Tamarindus indica* L. pulp extract in diet-induced obese rats[J]. International Journal of Pharmacology, 2010, 6(3): 216-223
[11] Jadhav DY, Sahoo AK, Ghosh JS, et al. Phytochemical detection and in vitro evaluation of tamarind fruit pulp for potential antimicrobial activity[J]. International Journal of Tropical Medicine, 2010, 5(3): 68-72
[12] Maitir R, Jana D, Das UK, et al. Antidiabetic effect of aqueous extract of seed of *Tamarindus indica* in streptozotoc-ininduced diabetic rats[J]. Journal of Ethnopharmacology,2004,92(1): 85-91
[13] Shivshankar P, Syamala Devi CSS. Evaluation of co-stimulatory effects of *Tamarindus indica* L.on MNU- induced colonic cell proliferation[J]. Food and Chemical Toxicology,2004,42(8): 1237-1244
[14] Beikzadeh S, Peighambardoust SH, Homayouni-Rad A, et al. Effects of psyllium and marve seed mucilages on physical, sensory and staling properties of sponge cake[J]. Journal of Agricultural Science & Technology, 2017, 19(5): 1079-1089
[15] 曹淼,贾君,化志秀,等.猴头菇海绵蛋糕的研制[J].食品研究与开发,2017,38(1): 56-60
[16] 胡茂芩,徐向波,冯缘,等. 紫菜法式海绵蛋糕的研制[J].粮食与油脂,2018,31(1): 65-67

收稿日期:2018-09-16