

四川粗粮凉蛋糕品质评价模型的建立

侯智勇, 杨静, 王林, 范文教*, 黄燕

(四川旅游学院, 四川 成都 610100)

摘要:为准确评价粗粮凉蛋糕的品质,以20份不同配方的粗粮凉蛋糕为试验材料,进行凉蛋糕品质评价方法研究。经相关性、逐步回归分析及拟合检验,筛选出凉蛋糕感官评价指标为口感、香气与滋味、质感,其权重分别是51.30%、38.58%、10.13%,拟合检验表明新方法($R^2=0.928$)可替代原始方法。以质构、色差、理化指标为自变量,以新的感官得分作为因变量建立模型,对各指标进行多元线性回归分析和因子分析,筛选出L值、咀嚼性、弹性为模型的自变量,并建立多元回归方程,方差扩大因子检验(variance inflation factor, VIF) <10 ,表明无多重共线性,模型拟合较好。

关键词:粗粮凉蛋糕;品质评价模型;感官品质;质构特性

Construction of Quality Evaluation of Sichuan Coarse Grain Cool Cake

HOU Zhi-yong, YANG Jing, WANG Lin, FAN Wen-jiao*, HUANG Yan

(Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, Sichuan, China)

Abstract: In order to accurately evaluate the quality of the coarse grains cool cake, 20 pieces of coarse grains cool cake made from different recipes were used as experimental materials, study on the evaluation method of the cool cake. Through correlation analysis, stepwise regression analysis and fitting test, the sensory evaluation index of cool cake was selected as taste, aroma and taste, texture, and their weights were 51.30%, 38.58%, 10.13%, respectively, fitting test showed that the new method ($R^2=0.928$) could replace the original one. The texture, color difference, physical and chemical indexes, worked as independent variables, the score of new sensory for the dependent variables, carried out multiple linear regression and factor analysis on the indexes, chose the value of L, chewiness, and elasticity as independent variables of the model, built multivariate linear regression equation, the variance expansion factor test variance inflation factor (VIF) <10 , showed the model has no multi-collinearity, model fitting was in good condition.

Key words: coarse grain cool cake; quality evaluation model; sensory quality; texture index

引文格式:

侯智勇, 杨静, 王林, 等. 四川粗粮凉蛋糕品质评价模型的建立[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 154-159

HOU Zhiyong, YANG Jing, WANG Lin, et al. Construction of Quality Evaluation of Sichuan Coarse Grain Cool Cake[J]. Food Research and Development, 2019, 40(12): 154-159

凉蛋糕是四川极具特色的传统小吃,因其香甜可口、质地柔软、制作方便而深受人们的喜爱,粗粮凉蛋

糕是在小麦粉中添加粗粮粉制作而成,以改善传统凉蛋糕的保健功效^[1]。文献综述结果表明,目前凉蛋糕的研究主要集中在制作工艺方面,品质评价以人工评价为主^[2]。国内外学者一直在探索简单有效的客观评价方法,引入仪器分析来鉴定蛋糕的质构及理化特性,尝试建立综合评价方法^[3]。如侯智勇^[4]等以凉蛋糕感官评定、质构特性、理化性质为评价指标,对比分析粗粮凉蛋糕、传统凉蛋糕的品质变化。王颖等^[5]采用理化性质和质构特性相结合,研究不同量的木薯全粉替代低

基金项目: 四川省社会科学重点研究基地-四川旅游发展研究中心立项课题(LYC17-03); 四川省教育厅科研创新团队项目“川菜烹饪科学的基础研究”(15TD0033); 四川省教育厅重点项目(18SA0187); 四川省社会科学重点研究基地-川菜发展研究中心规划项目(CC16Z09)

作者简介: 侯智勇(1983—),男(汉),副教授,硕士,研究方向: 食品科学与工程。

* 通信作者

筋面粉的蛋糕品质的影响。陈颖娴等^[9]采用单因素实验,研究不同添加剂对微波蛋糕水分含量、质构的影响。仪器分析虽然准确,但测定指标多,处理数据复杂,因此无法完全取代人工评价^[9]。

为了进一步优化凉蛋糕加工工艺及配方,提高其产品品质,建立简单有效的评价方法尤为重要。本试验以不同种类和不同比例的粗粮添加量制作而成的凉蛋糕为样品,通过测定其感官品质、质构特性、色差、理化指标,进行相关性、回归方程分析,简化感官评价指标^[6];并以质构、色差、理化指标为自变量,以新的感官得分为因变量,进行多元线性回归分析和因子分析,建立多元线性回归方程^[7]。新的评价方法精简了评价指标,更加全面地评价粗粮凉蛋糕的综合品质,为建立凉蛋糕工业化生产标准提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验样品编号及具体信息见表 1。

表 1 样品信息
Table 1 Sample information

编号	具体信息	编号	具体信息
1	紫薯添加量 20 %	11	黑米添加量 20 %
2	紫薯添加量 30 %	12	黑米添加量 30 %
3	紫薯添加量 40 %	13	黑米添加量 40 %
4	紫薯添加量 50 %	14	黑米添加量 50 %
5	紫薯添加量 60 %	15	黑米添加量 60 %
6	青稞粉添加量 20 %	16	玉米粉添加量 20 %
7	青稞粉添加量 30 %	17	玉米粉添加量 30 %
8	青稞粉添加量 40 %	18	玉米粉添加量 40 %
9	青稞粉添加量 50 %	19	玉米粉添加量 50 %
10	青稞粉添加量 60 %	20	玉米粉添加量 60 %

以不同种类和不同比例(面粉与粗粮粉混合比例)的粗粮添加量、同样的加工工艺制作而成的 20 份粗粮凉蛋糕为试验样品。

1.2 试验仪器

TMS-PRO 型高精度食品物性分析仪:美国 TFC 公司;DC-P3 新型全自动测色色差计:北京兴光测色仪器有限公司;SD-1 组织捣碎机:上海皖宁精密科学仪器有限公司;WOO629124 KitchenAid 打蛋器:成都酒店设备总公司。

1.3 试验方法

1.3.1 基础配方

全蛋液 150 g,白砂糖 100 g,混合粉(低筋面粉、粗粮粉)80 g,蛋糕油 7 g,色拉油 10 g,香兰素 1 g^[1]。

1.3.2 粗粮凉蛋糕的制作工艺流程

预制混合粉→制备蛋泡液→调制面糊→注入蛋糕杯→蒸制→冷却→成品

将各类粗粮粉及面粉分别过筛(60 目),按照不同比例拌和均匀成混合粉待用;制备全蛋液,加入白砂糖、蛋糕油、香兰素,用打蛋器 1 档搅拌 1 min,均匀乳化后换 6 档搅拌 10 min 成蛋泡液^[8];将混合粉加入蛋泡液中,用刮刀切拌均匀,直至不见生粉,加入色拉油拌匀即可^[9];将调制好的面糊均匀注入蛋糕纸杯中,约 2/3 杯即可;之后将其在旺火沸水下蒸制约 15 min,将蒸好的凉蛋糕冷却至室温,即成品^[1]。

1.3.3 指标测定

水分的测定:GB 5009.3-2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》;比容测定:采用排菜籽法测定凉蛋糕体积,用电子天平称量凉蛋糕质量^[10];色泽的测定:采用色差仪测量,选取凉蛋糕表皮中心附近 5 个不同部位置于样品槽中,分别测定 L、a*、b* 等值,每个部位测定 5 次^[11-12];质构特性的测定:采用探头 R36,程序采用质地多面分析(texture profile analysis, TPA),高度 5 cm,压缩比 50 %,测定 3 次取平均值^[13-14]。

1.3.4 感官评价

粗粮凉蛋糕感官评分标准见表 2^[1,15-17]。挑选 11 名从事食品加工技术人员组成评定小组,对样品的色泽与外观、香味与滋味、口感、质感进行感官评分。

表 2 粗粮凉蛋糕感官评分标准
Table 2 Sensory grading standards for coarse grain and cold cake

指标	标准	分值
色泽与外观(25)	光泽度好,色泽均匀;形状完整,无破碎与无泵顶	21~25
	光泽稍差,色泽较均匀;形状较完整,有轻微破碎与泵顶	11~20
	表面无光泽,且色泽不均;形状不完整,有严重破碎与泵顶	≤10
香味与滋味(20)	蛋糕特有香味浓郁,甜度适中,粗粮特有风味明显	17~20
	有蛋糕香味、较香甜可口,粗粮特有风味较明显	7~16
口感(25)	无蛋香味,没有粗粮特有风味	≤6
	口感绵软,细腻,不粘牙	21~25
	口感稍差,稍有粗燥感,部分粘牙	11~20
质感(30)	口感差,板硬,粗燥,粘牙	≤10
	切面呈细密的蜂窝状、无硬块,富有弹性	25~30
	切面呈蜂窝状,稍有硬块,稍有弹性	13~24
	切面无蜂窝状,有硬块,无弹性	≤12

1.4 数据处理

数据统计与处理采用 Excel 2010 软件,主成分分

析、相关性分析用 SPSS 22.0。

2 结果与分析

2.1 粗粮凉蛋糕感官评价结果分析

2.1.1 直观分析

粗粮凉蛋糕感官评价结果统计分析见表 3。

表 3 粗粮凉蛋糕感官评价结果统计分析

Table 3 Statistical analysis of sensory evaluation results of coarse grain and cold cake

指标	变幅/分	平均值/分	变异系数/%
色泽与外观	12~24	18.65	18.43
香味与滋味	14~19	16.7	7.3
口感	15~26	18.45	13.22
质感	17~26	21.7	13.21
感官总分	62~88	75.5	10.34

由表 3 可知,香味与滋味变异系数较小,为 7.3%;色泽与外观变异系数较大,为 18.43%;口感、质感变异系数分别为 13.22%与 13.21%。因此,色泽与外观指标更易区分。

2.1.2 感官指标间的相关性分析

粗粮凉蛋糕感官评价各指标之间相关性分析见表 4。

表 4 粗粮凉蛋糕感官指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis of sensory indexes of coarse grain and cold cake

项目	色泽与外观	香味与滋味	口感	质感	感官总分
色泽与外观	1				
香味与滋味	0.665**	1			
口感	0.579**	0.491*	1		
质感	0.16	0.184	0.773**	1	
感官总分	0.784**	0.670**	0.928**	0.708**	1

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关;*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

色泽与外观、香味与滋味、质感、口感和感官总分呈极显著正相关($p < 0.01$);质感和口感呈极显著正相关($p < 0.01$);口感和色泽与外观呈极显著正相关($p < 0.01$);香气与滋味和色泽与外观呈极显著正相关($p < 0.01$)。

2.1.3 指标筛选

2.1.3.1 指标筛选

相关性分析结果可知,各感官评价指标与感官总分之间存在良好的相关关系。因此用逐步回归法对凉蛋糕感官总分、各感官指标得分构建回归方程^[9],得 4

个模型,见式(1)至式(4)。

$$\text{感官评分} = 20.697 + 2.970 \times \text{口感} \quad (R^2 = 0.861) \quad (1)$$

$$\text{感官评分} = 17.668 + 2.283 \times \text{口感} + 0.842 \times \text{色泽与外观} \quad (R^2 = 0.953) \quad (2)$$

$$\text{感官评分} = 11.740 + 1.137 \times \text{口感} + 1.186 \times \text{色泽与外观} + 0.953 \times \text{质感} \quad (R^2 = 0.897) \quad (3)$$

$$\text{感官评分} = 1.012 \times \text{口感} + 0.861 \times \text{色泽与外观} + 0.981 \times \text{质感} + 0.986 \times \text{香味与滋味} \quad (R^2 = 0.992) \quad (4)$$

由模型(1)可知,口感的相关系数为 2.970;模型(2)中,方程决定系数为 0.953,口感的相关系数较大,说明口感在感官评价指标中占据重要作用;模型(3)中,口感、色泽与外观相关系数最大,分别是 $r = 1.137$ 和 1.186,但由于粗粮粉本身带有鲜艳的色泽,凉蛋糕色泽与外观指标评价意义不大。综上所述,确定衡量凉蛋糕品质的最终感官评价指标为口感、香气与滋味、质感,对各指标和感官总分之间再次进行逐步回归分析,方程的决定系数为 0.928,模型见式(5)。

$$\text{感官评分} = -5.681 + 2.152 \times \text{口感} + 2.023 \times \text{香气与滋味} + 0.354 \times \text{质感} \quad (R^2 = 0.928) \quad (5)$$

2.1.3.2 权重分配

由感官评分标准(表 2)可知,口感、香气与滋味、质感指标的权重比值为 5:4:6,模型(5)中各项指标的回归系数比例近似为 2.2:2.0:0.3。参考杨炜等^[18]方法筛选出 3 项指标的新权重,公式见式(6)。

$$\text{新权重} = (\text{回归系数} \times \text{初始权重}) / \sum (\text{回归系数} \times \text{初始权重}) \quad (6)$$

其中,初始权重_{*i*}=初始满分_{*i*}与总分比值,各指标的新满分值为新权重与总分的乘积。

粗粮凉蛋糕感官评价的新权重及新分值见表 5,优化了初始的感官评价方法。

表 5 粗粮凉蛋糕感官评价指标权重分析

Table 5 Sensory evaluation index weight analysis of coarse grain cold cake

项目	初始权重/%	回归系数	新权重/%	新增分值
口感	25	2.152	51.30	50
香气与滋味	20	2.023	38.58	40
质感	30	0.354	10.13	10
感官总分	100		100	100

2.2 粗粮凉蛋糕品质指标模型的建立

2.2.1 直观分析

粗粮凉蛋糕的各项指标见表 6。

2.2.2 多元回归分析

根据表 5 凉蛋糕感官品质评价新方法对凉蛋糕原

表 6 粗粮凉蛋糕测定指标统计结果分析
Table 6 Analysis of statistical results of coarse grain cold cake measurement

指标	变幅	平均值	变异系数/%
比容/(mL/g)	0.34~1.36	0.56	43.77
水分	27.26~47.64	33.33	20.00
L 值	11.01~59.04	40.53	41.59
a* 值	-2.09~17.35	1.72	255.38
b* 值	-37.8~37.93	10.45	171.19
硬度/N	14.56~39.94	24.71	30.99
胶黏性/N	3.21~20.74	14.05	31.48
咀嚼性/mm	89.00~377.21	229.61	41.46
弹性/mJ	9.00~84.10	48.40	66.17
内聚性/Ratio	0.39~0.62	0.53	14.66
黏附性/mJ	0.09~0.97	0.22	96.95

注:a* 值和 b* 值变异系数最高,分别达到 255.38 %和 171.19 %,水分、内聚性的变异系数较低,分别为 20.00 %和 14.66 %,因此,a*、b* 等品质评价指标更易区分。

表 7 多元线性回归建模
Table 7 Multivariate linear regression modeling

变量	项目	常数	比容 mL/g	水分	L 值	a* 值	b* 值
原变量(1)	标准回归系数		-0.097	-0.566	-0.044	0.016	0.470
	回归系数估计值	107.655	-2.764	-0.594	-0.018	0.025	0.184
	标准误差	45.321	11.995	0.550	0.201	0.837	0.280
	方差扩大因子(VIF)		3.822	5.948	5.054	6.006	11.110
变量	项目	硬度/N	胶黏性/N	咀嚼性/mJ	弹性/mm	内聚性/Ratio	黏附性/mJ
原变量(1)	标准回归系数	-1.109	1.283	0.157	0.403	-0.459	0.194
	回归系数估计值	-1.012	2.026	0.012	0.088	-40.955	6.419
	标准误差	1.451	2.801	0.064	0.117	68.387	10.521
	方差扩大因子(VIF)	54.644	67.855	16.662	6.188	12.701	2.178
变量	项目	常数	PC1	PC2	PC3	PC4	
因子分析后的因子(2)	标准回归系数		-0.43	0.227	0.55	-0.167	
	回归系数估计值	77.401	-3.081	1.627	3.941	-1.196	
	标准误差	1.187	1.218	1.218	1.218	1.218	
	方差扩大因子(VIF)		1	1	1	1	

表 8 旋转后的因子荷载
Table 8 Factor loading after rotation

公因子	指标													
	比容	水分	L 值	a* 值	b* 值	硬度/N	胶黏性/N	咀嚼性/mJ	弹性/mm	内聚性/ Ratio	黏附性/ mJ	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	-0.582 47	0.017 34	0.163 1	-0.567 9	-0.368 25	-0.198 23	-0.368 76	2.876 17	0.201 57	-0.583 79	-0.588 77	18.081	90.407	90.407
2	-0.420 08	0.255 3	0.971 72	-0.375 62	-0.774 01	-0.246 69	-0.472 3	-0.743 98	2.626 67	-0.415 61	-0.405 43	1.141	5.704	96.112
3	-0.576 48	1.270 42	1.661 32	-0.820 82	1.647 32	-0.292 29	-0.374 46	-0.425 91	-0.868 4	-0.604 11	-0.616 6	0.564	2.82	98.931
4	-0.071 72	1.576 56	0.812 9	0.646 57	-2.258 87	0.444 87	0.191 59	-0.139 66	-1.028 99	-0.083 22	-0.090 04	0.119	0.597	99.528

始感官得分进行修正,以修正后感官得分作为因变量,将质构、色差、理化等指标值作为自变量,进行多元回归分析。

粗粮凉蛋糕的各项指标多元线性回归分析结果见表 7。根据标准回归系数,该模型中影响感官评分的因素依次为硬度、胶黏性、水分。

对原变量的回归模型进行检查方差扩大因子(variance inflation factor,VIF)来判断多重共线性^[19-20]。可知 b* 值、硬度、胶黏性、咀嚼性、内聚性的方差扩大因子大于 10(VIF>10),表明存在严重的多重共线性,模型不正确。

2.2.3 因子分析

对原变量利用方差最大正交旋转进行因子分析,粗粮凉蛋糕的各项指标因子分析结果见表 8。

前 4 个因子解释了总方差的 99.528 %>85.00 %。由表可知,第一公因子的方差贡献率为 90.407 %,特征值为 18.081,主要由咀嚼性贡献;第二公因子的方差

贡献率为 5.704 %,特征值为 1.141,主要由弹性贡献;第三公因子的方差贡献率为 2.82 %,特征值为 0.564,主要由 L 值、b* 值贡献;第四公因子的方差贡献率为 0.597 %,特征值为 0.564,主要由水分贡献。

2.2.4 模型的建立

参考赵雪梅等^[3]研究方法,对表 8 中的 4 个公因子进行线性回归,多元线性回归拟合模型系数见表 9。

表 9 经过因子分析后的多元线性回归拟合模型系数

Table 9 Multivariate linear regression fitting model coefficients after factor analysis

变量	常数	L 值	咀嚼性/mJ	弹性/mm
标准回归系数		0.239	0.127	0.533
回归系数估计值	65.623	0.099	0.009	0.116
标准误差	5.42	0.088	0.016	0.047
方差扩大因子(VIF)		1.326	1.37	1.367

为了挑选合适的预测变量建立回归方程,计算出参数的标准回归系数,对 VIF 进行检验。选出的变量应该具有高荷载、并且与其相应的公因子有较大的决定系数^[21]。从表 7、表 8 的分析结果中考察各变量,选择系数和荷载均较大的作为回归预测变量。抽取的 4 个公因子中,成分 1 的标准回归系数最大,根据表 6 原变量在成分 1 上的荷载分布,选择 L 值、咀嚼性、弹性为新预测变量,多元线性回归后建立如下方程:

$$Y(\text{感官评分})=65.623+0.099 \times L \text{ 值}+0.009 \times \text{咀嚼性}+0.116 \times \text{弹性} \quad (7)$$

各变量系数值见表 9,残差正常,且新模型结果稳定(VIF < 10)。因此将 L 值、咀嚼性、弹性这 3 个变量作为新的预测变量进入方程。

2.2.5 模型的验证

粗粮凉蛋糕品质评价模型的检验结果见表 10。

表 10 模型的检验

Table 10 Test of the model

样品	模型预测值/分	感官评价观测值/分	误差/%	平均误差/%
1	65.62	83.99	4.46	5.97
2	65.62	85.46	4.83	
3	65.62	83.53	2.17	
4	65.62	80.46	10.86	
5	65.62	75.47	7.36	
6	65.62	90.82	10.51	
7	65.62	86.38	2.62	
8	65.62	78.41	4.93	

随机抽取以上研究对象的 8 个样品,测定其品质

指标,以 L 值、咀嚼性、弹性为预测变量,感官评分为因变量,带入模型 7 检验。

由表 10 可知,平均误差为 5.97 %,表明该方法建立的线性模型对凉蛋糕的品质拟合性良好。

3 总结

本试验以不同种类、不同比例粗粮添加量和相同的加工工艺制作出的 20 份粗粮凉蛋糕为试验样品,测定其感官品质、质构特性、色差、比容等指标。经相关性分析可知,各感官指标与感官总分之间存在良好的相关性;经逐步回归法筛选出凉蛋糕感官品质评价指标,主要有口感、香气与滋味、质感 3 项,权重分别为 51.30 %、38.58 %、10.13 %,建立感官评价模型;经拟合检验,得到感官品质评价新方法($R^2=0.928$),优化了初始评价方法。

以感官评分为因变量,对凉蛋糕的质构、色差、水分和比容进行因子分析,根据荷载和标准回归系数,选择回归模型的预测变量,选取 L 值、咀嚼性、弹性为新预测变量,多元线性回归后建立如下方程: $Y(\text{感官评分})=65.623+0.099 \times L \text{ 值}+0.009 \times \text{咀嚼性}+0.116 \times \text{弹性}$ 。各变量系数在统计意义上显著,残差正常,VIF 检验结果稳定,无明显多重共线性。通过验证,该模型观测值与预测值有较好的拟合,平均误差为 5.97 %,说明该模型对粗粮凉蛋糕的品质拟合性较好。

新的品质评价方法精简了评价指标,能更加有效地评价粗粮凉蛋糕的综合品质,为进一步优化粗粮凉蛋糕生产加工配方及工艺^[22],提高生产效率及产品品质奠定研究基础,新的品质评价方法在实际生产加工过程中的应用有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 侯智勇,杨静,冯明会,等.添加粗粮对四川凉蛋糕品质影响的研究[J].食品科技,2018,43(2): 196-201
- [2] 霍雨霞,韩文凤,吕银德,等.复配胶体对蒸蛋糕品质的影响[J].食品研究与开发,2016, 37(5): 29-31
- [3] 赵雪梅,廖诚成,丁捷,等.挤压型速冻青稞鱼面品质评价模型的建立[J].食品科技,2018,43(2): 189-195
- [4] 王颖,李明娟,张雅媛,等.木薯全粉对蛋糕品质及其质构特性的影响[J].食品与机械,2017,33(10): 179-183,189
- [5] 陈颖娟,杨菁,李妙莲.变性淀粉与食品胶对微波蛋糕品质的影响[J].中国食品添加剂,2017(9): 194-199
- [6] 任敬,问思恩,张军燕,等.依主成分分析法建立鱼类食用品质评价模型[J].水产学杂志,2017,30(4): 23-26
- [7] 王丽,刘友明,赵思明,等.米蛋糕品质改良及评价模型建立[J].中国粮油学报,2016,31(5): 122-127
- [8] 钟志惠,贾洪锋,徐向波,等.绿壳鸡蛋和普通鸡蛋功能性能及烘焙制品质构对比研究[J].食品科技,2015(9): 26-29

响应面法优化当归多糖超声提取工艺研究

李海燕¹, 范明辉², 时薛丽¹, 范景辉^{1,*}(1. 牡丹江医学院附属红旗医院 药学部, 黑龙江 牡丹江 157011; 2. 牡丹江医学院附属红旗医院
心脏重症医学科, 黑龙江 牡丹江 157011)

摘要:采用响应面法优化当归多糖的超声提取工艺。在单因素试验的基础上,以液料比、超声温度、超声时间为考察因素,采用 Box-Behenken 设计试验方案,以多糖的提取率为评价指标。当归多糖的最佳提取工艺为:超声温度 37℃、液料比 20:1(mL/g)、超声时间 62 min。该条件下多糖提取率为 8.63%。

关键词:当归;提取工艺;响应面;多糖;超声

Optimization of Ultrasound Extraction Technology of *Angelica sinensis* Polysaccharide by Response Surface Methodology

LI Hai-yan¹, FAN Ming-hui², SHI Xue-li¹, FAN Jing-hui^{1,*}

(1. Department of Pharmacy, Hongqi Hospital of Mudanjiang Medical University, Mudanjiang 157011, Heilongjiang, China; 2. Cardiac Intensive Care, Hongqi Hospital of Mudanjiang Medical University, Mudanjiang 157011, Heilongjiang, China)

Abstract: The ultrasonic extraction process of *Angelica sinensis* polysaccharide was optimized by response surface method. On the basis of a single factor test, the ratio of liquid to material, ultrasonic temperature, and ultrasonic time were the factors, The Box-Behenken was used to design test program. The extraction rate of polysaccharide was taken as the evaluation index. The best extraction process of *Angelica* polysaccharide is: Ultrasonic temperature 37℃, The ratio of liquid to material 20:1 (mL/g), Ultrasonic time 62 min. The extraction rate of polysaccharide was 8.63%.

Key words: *Angelica sinensis*; extraction process; response surface methodology; polysaccharide; ultrasound

作者简介:李海燕(1986—),女(汉),主管药师,硕士,研究方向:天然药物活性成分研究。

*通信作者:范景辉(1986—),女(汉),主管药师,硕士,研究方向:心血管药理学研究。

- [9] 惠丽娟. 荞麦杂豆蛋糕的加工技术及影响其品质的因素的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2008: 88-89
- [10] 孙玉清, 刘小飞, 贾红亮, 等. 纯紫薯蛋糕配方及加工工艺研究[J]. 农产品加工, 2017(4): 16-18
- [11] 曹亚裙, 谢淑丽, 方堃, 等. 电蒸箱烹饪条件对蒸紫薯品质影响[J]. 食品工业, 2017(1): 61-64
- [12] 揭小玲. 紫薯全粉品质特性及紫薯饼干加工技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013: 65-66
- [13] Heo H, Bake B, Kang C S, et al. Influence of amylose content on cooking time and textural properties of white salted noodles [J]. Food Sci Biotechnol, 2012, 21(2): 345-353
- [14] 周明, 黎冬明, 沈勇根, 等. 西芹生鲜面工艺优化及其质构特性的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(5): 217-221
- [15] 杨君, 刘旭光, 林丹琼. 杂粮蛋糕的营养分析及配方研究[J]. 食品工业, 2011(6): 28-30
- [16] 林仁. 蛋糕用小麦粉: SB/T 10142-1993[S]. 北京: 中华人民共和国商业部, 1993: 34-35
- [17] 董海洲. 焙烤工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 195-200
- [18] 杨炜, 蔺艳君, 刘丽娅, 等. 小麦馒头品质评价方法优化[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(2): 31-38
- [19] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 56
- [20] 张景阳, 潘光友. 多元线性回归与 BP 神经网络预测模型对比与运用研究[J]. 昆明理工大学学报, 2013, 38(6): 61-67
- [21] 张应根, 陈林, 陈泉宾, 等. 基于特征香气的白茶香气品质评价模型构建初探[J]. 茶叶学报, 2017, 58(4): 149-156
- [22] 渠雪娜, 陈为凤, 刘晓宇, 等. 高纤维玉米蛋糕蒸制加工的研究[J]. 食品工业, 2017, 38(1): 57-60

收稿日期: 2018-05-28