

响应面法优化松墨天牛幼虫 青稞蛋糕原料配比研究

黄益前, 廖诚成, 丁捷*, 何江红, 肖猛, 彭毅秦, 周航, 戢得蓉

(四川旅游学院, 四川 成都 610100)

摘要: 以虫糜、青稞粉和白砂糖添加量为反应因素, 以感官评分、比容、弹性、硬度、回复性、咀嚼性为评价指标, 通过三因素三水平的中心组合设计响应面法优化松墨天牛幼虫青稞蛋糕的制作工艺条件。结果表明: 对感官评分、回复性的贡献率顺序为虫糜添加量 > 青稞粉添加量 > 白砂糖添加量; 对比容、弹性的贡献率顺序为虫糜添加量 > 白砂糖添加量 > 青稞粉添加量; 对硬度、咀嚼性的贡献率顺序为白砂糖添加量 > 青稞粉添加量 > 虫糜添加量。当虫糜添加量为 12.33%、青稞粉添加量为 5.93%、白砂糖添加量为 15.98% 时, 青稞昆虫蛋糕品质最佳。

关键词: 青稞; 松墨天牛幼虫; 蛋糕; 响应面; 优化

中图分类号: TS 972.134

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2017)01-0056-06

天牛幼虫, 俗称斗米虫、柴虫, 属于可食用昆虫。传统中医学认为天牛幼虫具有强身健体、清凉解毒、开胃消积等功效^[1]。李孙洋曾对云南普洱市食用昆虫资源进行了考察, 其中就有关于天牛幼虫作为食材的相关研究^[2]。青稞是一种云贵川等高原地区的特色农作物^[3], 富含 β -葡聚糖, 具有较高的营养价值和保健功效^[4]。近年来青稞深加工产品逐渐成为研究的热点。利用青稞全粉和松墨天牛幼虫加工虫糜制作的蛋糕不仅能够改善人们对昆虫形态的恐惧心理, 还可弥补普通蛋糕营养单一的缺陷。本实验采用 Central Composite 中心组合实验设计优化松墨天牛幼虫青稞蛋糕的原料配比, 探讨了虫糜、青稞全粉及白砂糖添加量对成品品质的影响, 以期为天牛幼虫为代表的昆虫食品的进一步开发及其生产加工提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

松墨天牛幼虫 (*M. alternatus Hope*): 选择色白体粗肥、呈长圆形、背部略扁、大小约 7cm 的健

壮老熟幼虫, 于 2015 年 4~5 月捕捉自云南普洱地区思茅松林场。青稞粉: 四川旅游学院培育新品种 94-8-10, 收获于 2015 年四川甘孜藏族自治州农科所道孚县八美农场; 玉棠白砂糖: 上海市糖业烟酒(集团)有限公司; 鸡蛋: 市售; 蛋糕乳化剂: 上海秉龙工贸有限公司; 面粉: 中筋, 上海联拓食品有限公司; 食盐: 中盐上海盐业公司; 奶香粉: 广州市名花香料有限公司; 色拉油: 益海嘉里(成都)粮食工业有限公司。

1.2 仪器与amp;设备

DS-1 高速组织捣碎机: 上海标本模型厂; XHF-D 高速分散器(内切式匀浆机): 宁波新芝生物科技股份有限公司; 力丰 B-20 搅拌机: 广州市番禺力丰食品机械厂; T6110-Touch biszu 6×1/IGN 烤箱: 德国 Bartscher 有限公司; YP-N 型电子天平: 上海精密仪器仪表有限公司; TMS-PRO 型高精度专业食物物性分析仪: 美国 FTC 公司。

1.3 青稞柴虫蛋糕加工工艺

1.3.1 基础配方

以原料总重计, 鸡蛋 45.66%、白砂糖

收稿日期: 2016-12-21 * 通讯作者

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究计划项目(2013JY0084); 四川省科技厅科技支撑计划(2016FZ0027); 烹饪科学四川省高校重点实验室重点项目(13LA01)

作者简介: 黄益前(1979-), 男, 广西融安人, 四川旅游学院副教授, 从事烘焙工艺研究;

丁捷(1985-), 女, 重庆市人, 四川旅游学院讲师, 从事传统食品加工与贮藏研究。

19.41%、中筋粉 19.41%、水 9.13%、色拉油 3.88%、蛋糕乳化剂 2.05%、奶香粉 0.23%、食盐 0.23%。虫糜以取代部分蛋液的形式、青稞粉以取代部分面粉的形式加入。

1.3.2 工艺流程

原料准备→称量→蛋糖搅拌→面糊调制→注模→入炉烘烤→出炉冷却→成品

1.3.3 操作要点

将冷冻的天牛幼虫在室温下解冻后,用清水清洗两次并沥干。按虫:水为1:1的比例将物料加入高速组织捣碎机,初步捣碎后将其加入胶体磨进一步处理,将处理好的虫糜倒入烧杯中,用保鲜膜封口备用。将称量好的鸡蛋、白砂糖、虫糜倒入搅拌缸内,用搅拌器低速搅打2min左右,至白砂糖完全溶解。将称量好的面粉、青稞粉、奶香粉和食盐混合过筛后,加入到已打发好的蛋液中,再加入蛋糕乳化剂,先低速搅打1min,使干湿原料混合均匀,然后换至高速搅打5min,使其体积膨胀约3倍,接着加入定量清水继续搅打1min左右,最后换低速加入色拉油拌和30s。入模前在纸杯内壁均匀涂抹一层油,将制作好的面糊注入蛋糕纸杯中,至纸杯体积的1/2。注模完成后放入烤箱,将面火调至200℃、底火调至180℃进行烘烤,时间为20min,最后冷却、脱模,即得成品。待其冷却至室温后装入食品包装袋,贮藏待用。

1.4 响应面实验

根据 Central Composite 中心组合实验设计原理^[5],选取虫糜添加量、青稞粉添加量、白砂糖添加量3个影响因素,以蛋糕成品感官评分、比容、弹性、硬度、回复性、咀嚼性为考察指标,采用3因素3水平的响应曲面分析方法对松墨天牛幼虫青稞蛋糕关键原料配比进行优化,实验因素与水平设计见表1。

表1 试验因素水平及代码

水平	因素		
	A 虫糜添加量(%)	B 青稞粉添加量(%)	C 白砂糖添加量(%)
-1.682	5.96	2.56	12.25
-1	9.1	3.88	13.58
0	13.7	5.82	15.53
1	18.3	7.76	17.48
1.682	21.44	9.08	18.81

1.5 检测方法

1.5.1 感官评定

选择10名经验型评价人员对给定的实验样品进行感官评价。根据参考文献^[6],制定成品松墨天牛幼虫青稞蛋糕感官评分标准,见表2。

表2 松墨天牛幼虫青稞蛋糕感官评定标准

项目	满分	评分标准
外形	20	蛋糕成品形态规范,厚薄一致,无塌陷和隆起,不歪斜
色泽	20	标准的蛋糕表面应呈金黄色,内部为乳黄色,色泽要均匀一致,无斑点,烘焙颜色均匀
香味	10	有蛋香味和制品应有的青稞味,无其他异味
滋味	20	绵软爽口,无颗粒感,无掉渣,不应口味平淡或是口感发粘,且甜度适中
组织状态	10	组织细密,蜂窝均匀,无大气孔,无生粉、糖粒等疙瘩,无生心,富有弹性,膨松柔软
弹性	10	发起均匀,不死硬,有一定的弹性和韧性
综合感觉	10	对蛋糕的总体感觉

1.5.2 TPA 质构分析

参考赵延伟及孙彩玲等 TPA 质构测定方法^[7-8],选用 P25 的柱形探头进行压缩测试,测试模式为 TPA,设置检测参数为:高度 30mm、形变量 50mm、速度 60mm/min、最小感应力为 0.375N,两次挤压间隔时间 5s。在蛋糕冷却后,去除蛋糕模具,将样品置于探头正下方测试弹性、硬度、回复性、咀嚼性。

1.5.3 比容的测定

参考郝月慧等对蛋糕比容的测定方法^[9],用小米置换法测定蛋糕比容,计算公式为:蛋糕比容(mL/g) = 蛋糕体积(mL) / 蛋糕质量(g)。

1.6 数据分析与处理

采用 Design expert 8.0.6 数据处理软件进行数据分析,每个试样做7次平行,采用去掉最大值和最小值,求平均值的方法。

2 结果与分析

2.1 CCD 响应面试验结果

Central Composite 实验设计结构矩阵及实验结果见表3。

表3 响应面设计与结果

实验号	A	B	C	感官 R ₁	比容 R ₂	弹性 R ₃	硬度 R ₄	回复性 R ₅	咀嚼性 R ₆
1	-1	-1	-1	70.36	1.86	11.49	9.44	0.42	55.32
2	1	-1	-1	71.76	1.34	10.73	11.40	0.57	65.70
3	-1	1	-1	72.42	2.22	12.16	12.71	0.59	72.43
4	1	1	-1	69.18	1.70	10.56	12.84	0.29	73.58
5	-1	-1	1	71.15	3.45	11.27	10.70	0.51	61.99
6	1	-1	1	71.74	1.78	11.54	12.66	0.55	72.35
7	-1	1	1	73.31	3.84	12.58	9.01	0.68	53.45
8	1	1	1	69.11	2.31	11.03	9.02	0.27	54.39
9	-1.68	0	0	71.40	3.9	12.39	9.03	0.51	52.63
10	1.68	0	0	69.09	2.05	10.70	10.82	0.27	62.61
11	0	-1.68	0	73.06	2.32	10.23	10.37	0.63	61.13
12	0	1.68	0	71.27	2.91	10.51	10.43	0.52	60.65
13	0	0	-1.68	71.64	1.15	11.91	13.21	0.53	74.86
14	0	0	1.68	72.33	2.65	12.88	11.14	0.59	64.23
15	0	0	0	73.58	5.38	13.45	8.02	0.80	47.71
16	0	0	0	73.47	4.67	14.72	7.93	0.78	46.98
17	0	0	0	76.02	5.68	13.36	8.43	0.83	48.12
18	0	0	0	74.23	4.83	13.78	8.19	0.83	47.43
19	0	0	0	74.62	4.79	14.53	8.05	0.79	47.69
20	0	0	0	74.15	5.08	13.21	8.17	0.81	47.60

2.2 感官评分的方差分析

表4 感官评分的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F值	P值	显著性
模型	64.06	9	7.12	14.46	0.0001	significant
A	6.38	1	6.38	12.96	0.0048	**
B	1.17	1	1.17	2.38	0.1539	
C	0.55	1	0.55	1.13	0.3137	
AB	11.12	1	11.12	22.58	0.0008	**
AC	0.39	1	0.39	0.8	0.3934	
BC	3.13 × 10 ⁻³	1	3.13 × 10 ⁻³	6.35 × 10 ⁻³	0.9804	
A ²	31.72	1	31.72	64.44	<0.0001	**
B ²	9.34	1	9.34	18.96	0.0014	**
C ²	10.87	1	10.87	22.08	0.0008	**
误差	4.92	10	0.49			
失拟项	0.64	5	0.13	0.15	0.9715	not significant
纯差	4.28	5	0.86			
总和	68.98	19				

注: 确定系数 R² = 0.9286; 校正确定系数 R²_{Adj} = 0.8644; 变异系数 CV = 0.97%; * p < 0.05, 对应因素对响应值的影响显著, ** p < 0.01, 对应因素对响应值的影响极显著, 下同

从表4中可以看出, 实验确定的多元二次回归方程极显著 (p < 0.01); 失拟项 p > 0.05, 校正系数为 0.8644, 变异系数 C.V = 0.97% (< 15%), 说明所得方程与实际拟合中较好, 误差较小。所得回归方程为 R₁ = 74.35 - 0.68A - 0.29B + 0.20C - 1.18AB - 0.22AC + 6.25 × 10⁻³BC - 1.48A² - 0.80B² - 0.87C²。根据所建立的数学模型和方差分析可知, 各因素对感官评分贡献率为 A > B > C, 即虫糜添加量 > 青稞粉添加量 > 白砂糖添加量; 其中虫糜添加量对松墨天牛幼虫成品感官评分影响极显著 (p < 0.01); 二次项均极显著 (p < 0.01); 虫糜添加量与青稞粉添加量间存在极显著交互作用 (p < 0.01)。

2.3 比容的方差分析

由表5可知, 模型的 F = 55.55, P < 0.0001, 表明该模型高度显著, 失拟项 P = 0.9981, 在 P < 0.05 水平上不显著, 表明该模型具有良好的拟合度。校正确定系数为 0.9627, 变异系数 CV = 8.84% 说明模型仅 3.73% 的变异不能由该模型解释, 模型具有实际运用的意义。蛋糕比容与各因素变量的二次方程模型为: R₂ = 5.07 - 0.54A + 0.19B + 0.50C + 0.018AB - 0.27AC + 0.025BC

$-0.75A^2 - 0.87B^2 - 1.13C^2$ 。方程的三个变量均对蛋糕比容影响极显著 ($p < 0.01$) ,其中虫糜添加量对蛋糕比容影响最大;虫糜和白砂糖间的相互作用显著影响了蛋糕比容 ($p < 0.05$) ;二次项均达到了极显著水平 ($p < 0.01$) 。

表5 比容的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F 值	P 值	显著性
模型	39.91	9	4.43	55.55	<0.0001	significant
A	3.96	1	3.96	49.57	<0.0001	**
B	0.51	1	0.51	6.36	0.0303	*
C	3.37	1	3.37	42.2	<0.0001	**
AB	2.45×10^{-3}	1	2.45×10^{-3}	0.031	0.8644	
AC	0.58	1	0.58	7.31	0.0222	*
BC	5.00×10^{-3}	1	5.00×10^{-3}	6.30×10^{-3}	0.8074	
A ²	8.05	1	8.05	100.79	<0.0001	**
B ²	11.02	1	11.02	138.05	<0.0001	**
C ²	18.31	1	18.31	229.4	<0.0001	**
误差	0.8	10	0.08			
失拟项	0.034	5	6.80×10^{-3}	0.044	0.9981	not significant
纯差	0.76	5	0.15			
总和	40.7	19				

注: 确定系数 $R^2 = 0.9804$; 校正确定系数 $R^2_{Adj} = 0.9627$; 变异系数 $CV = 8.84\%$

2.4 弹性的方差分析

通过二次多项式回归拟合得到弹性的回归模型方程为 $R_3 = 13.84 - 0.47A + 0.13B + 0.23C - 0.33AB + 0.14AC + 0.038BC - 0.78A^2 - 1.20B^2 - 0.48C^2$ 。从表6可以看出,回归模型具有高度显著性 ($p < 0.01$) ,失拟项不显著 ($p > 0.05$) ,其校正决定系数为 0.8798 ,表明此模型拟合度好,可利用此模型对蛋糕弹性进行分析和预测。对回归模型进行显著性检验可知,虫糜添加量和各二次项 (A^2 、 B^2 、 C^2) 对蛋糕弹性有极显著性影响 ($p < 0.01$) ,其他因素影响不显著。由 F 值可知各因素对蛋糕弹性影响的大小顺序为: 虫糜添加量 > 白砂糖添加量 > 青稞粉添加量。

2.5 硬度的方差分析

通过二次多项式回归拟合得到硬度相关的回归模型方程为: $R_4 = 8.13 + 0.52A - 0.038B - 0.62C - 0.47A B - 0.015AC - 1.25BC + 0.63A^2$

$+ 0.80B^2 + 1.42C^2$ 。从表7中可知,实验确定的多元二次回归方程极显著 ($p < 0.01$) ;失拟项不显著 ($p > 0.05$) ,校正系数为 0.9942 ,变异系数 $CV = 1.37\%$,说明说明模型的预测值与实际值具有高度的相关性,表明回归方程较为可靠,可用该回归方程代替真实值对试验结果进行分析。在模型中, A、C、AB、BC、 A^2 、 B^2 、 C^2 对硬度的影响极显著 ($p < 0.01$) ,其余项对结果的影响不显著 ($p > 0.05$) 。影响蛋糕硬度值由强到弱的因素为 C (白砂糖添加量) > A (青稞粉添加量) > B (虫糜添加量) 。

表6 弹性的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F 值	P 值	显著性
模型	33.63	9	3.74	16.46	<0.0001	significant
A	3.08	1	3.08	13.55	0.0042	**
B	0.23	1	0.23	1.01	0.3383	
C	0.71	1	0.71	3.12	0.1077	
AB	0.88	1	0.88	3.9	0.0767	
AC	0.15	1	0.15	0.64	0.4416	
BC	0.011	1	0.011	0.05	0.8283	
A ²	8.87	1	8.87	39.08	<0.0001	**
B ²	20.76	1	20.76	91.42	<0.0001	**
C ²	3.38	1	3.38	14.88	0.0032	**
误差	2.27	10	0.23			
失拟项	0.24	5	0.047	0.12	0.9830	not significant
纯差	2.03	5	0.41			
总和	35.9	19				

注: 确定系数 $R^2 = 0.9367$; 校正确定系数 $R^2_{Adj} = 0.8798$; 变异系数 $CV = 3.92\%$

2.6 回复性的方差分析

由表8可知,虫糜添加量、青稞粉添加量与白砂糖添加量3个因素对蛋糕回复性的线性效应都为极显著 ($p < 0.01$) ,虫糜添加量与青稞粉添加量、虫糜添加量与白砂糖添加量的交互作用极显著;模型二次项均极显著。在该设计范围内,模型 $F = 289.97$, $p < 0.0001 < 0.01$,即该模型极其显著。该模型的校正系数为 0.9927 ,模型变异系数 $CV = 2.66\%$ ($< 15\%$) ,说明其重复性较好。通过比较 F 值大小可确定各因素对回复性贡献率为 $A > B > C$,即虫糜添加量 > 青稞粉添加量 > 白砂糖添加量。所建立的回归方程为: $R_5 = 0.81 - 0.068A - 0.03B + 0.018C - 0.11AB - 0.027AC + 0.000BC - 0.15A^2 - 0.083B^2 - 0.088C^2$ 。

表7 硬度的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F值	P值	显著性
模型	61.51	9	6.83	359.96	<0.0001	significant
A	3.66	1	3.66	192.78	<0.0001	**
B	0.02	1	0.02	1.04	0.3321	
C	5.27	1	5.27	277.4	<0.0001	**
AB	1.79	1	1.79	94.06	<0.0001	**
AC	1.80 × 10 ⁻³	1	1.80 × 10 ⁻³	0.095	0.7645	
BC	12.6	1	12.6	664	<0.0001	**
A ²	5.7	1	5.7	300.12	<0.0001	**
B ²	9.15	1	9.15	481.83	<0.0001	**
C ²	29.24	1	29.24	1539.75	<0.0001	**
误差	0.19	10	0.19			
失拟项	3.60 × 10 ⁻²	5	7.24 × 10 ⁻³	0.24	0.9308	not significant
纯差	0.15	5	3.10 × 10 ⁻²			
总和	61.7	19				

注: 确定系数 R² = 0.9969; 校正确定系数 R²_{Adj} = 0.9942; 变异系数 CV = 1.37%

表8 回复性的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F值	P值	显著性
模型	0.64	9	0.071	289.97	<0.0001	significant
A	0.062	1	0.062	255.52	<0.0001	**
B	0.012	1	0.012	49.13	<0.0001	**
C	4.25 × 10 ⁻³	1	4.25 × 10 ⁻³	17.38	0.0019	**
AB	1.00 × 10 ⁻¹	1	1.00 × 10 ⁻¹	414.16	<0.0001	**
AC	6.05 × 10 ⁻³	1	6.05 × 10 ⁻³	24.75	0.0006	**
BC	0.00	1	0	0	1	
A ²	0.32	1	0.32	1298.53	<0.0001	**
B ²	0.099	1	0.099	406.21	<0.0001	**
C ²	0.11	1	0.11	459.77	<0.0001	**
误差	2.45 × 10 ⁻³	10	2.45 × 10 ⁻³			
失拟项	3.11 × 10 ⁻⁴	5	3.11 × 10 ⁻⁴	0.15	0.9727	not significant
纯差	2.13 × 10 ⁻³	5	2.13 × 10 ⁻³			
总和	0.64	19				

注: 确定系数 R² = 0.9962; 校正确定系数 R²_{Adj} = 0.9927; 变异系数 CV = 2.66%

2.7 咀嚼性的方差分析

试验选择的二次多项模型极显著 (p < 0.01); 失拟不显著 (p = 0.1397 > 0.05); 该模型的校正系数 (R²_{adj}) 为 0.9992, 表明该模型能够理解 99.92% 的响应变化; 变异系数 (C. V.) 为 0.48%。因此该回归方程对试验拟合情况较好, 所得回归方程为: R₆ = 47.59 + 2.90A - 0.17B - 3.13C - 2.33AB - 0.029AC - 6.44BC + 3.56A² + 4.71B² + 7.77C²。根据所建立的数学模型和方差分析可知, 各因素对蛋糕咀嚼性的贡献率为: C > A > B, 即白砂糖添加量 > 虫糜添加量 > 青稞粉添加量, 其中虫糜和白砂糖添加量对成品咀嚼性影响极显著 (p < 0.01); 二次项 A²、B²、C² 对模型影响达极显著水平 (p < 0.01); 交互项 AB 与 BC 极显著 (p < 0.01)。

表9 蛋糕咀嚼性的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方差	F值	P值	显著性
模型	1807.45	9	200.83	2591.32	<0.0001	significant
A	114.91	1	114.91	1482.69	<0.0001	**
B	0.39	1	0.39	5.07	0.048	*
C	134	1	134	1724.89	<0.0001	**
AB	43.5	1	43.5	561	<0.0001	**
AC	6.61 × 10 ⁻³	1	6.61 × 10 ⁻³	0.085	0.7762	
BC	3.31 × 10 ²	1	3.31 × 10 ²	4.28 × 10 ³	<0.0001	**
A ²	182.37	1	182.37	2353.21	<0.0001	**
B ²	320.18	1	320.18	4131.31	<0.0001	**
C ²	870.84	1	870.84	11236.58	<0.0001	**
误差	0.78	10	0.78			
失拟项	0.072	5	0.072	0.1	0.9871	not significant
纯差	0.70	5	0.70			
总和	1808.23	19				

注: 确定系数 R² = 0.9996; 校正确定系数 R²_{Adj} = 0.9992; 变异系数 CV = 0.48%

2.8 最优配方分析与验证试验

通过软件优化, 得出各水平最佳参数为: 虫糜添加量 12.23%、青稞粉添加量 5.98%、白砂糖添加量 15.96%, 感官评分、比容、弹性、硬度、回复性、咀嚼性最优预测值分别为 74.44 分、5.25 cm³/g、13.94 mm、7.96N、0.81、46.68mJ。考虑到实际操作的便利, 将回归方程优化后的加工工艺条件调整为: 虫糜添加量 12.33%、青稞粉添加量

5.93%、白砂糖添加量 15.98% ,试验结果为感官评分 76.32 分、比容 $5.38 \text{ cm}^3/\text{g}$ 、弹性 14.27 mm、硬度 7.81N、回复性 0.80、咀嚼性 44.69mJ ,与理论预测值结果近似 相对误差较小;与响应面试验中较优工艺相比 最优工艺实际运用效果更佳。

3 结论

经 Central Composite 响应面法对松墨天牛幼虫青稞蛋糕的基础配方进行优化发现: 配方中对感官评分、回复性的贡献率由强到弱为虫糜添加量 > 青稞粉添加量 > 白砂糖添加量; 对比容、弹性的贡献率由强到弱为虫糜添加量 > 白砂糖添加量 > 青稞粉添加量; 对硬度、咀嚼性的贡献率由强到弱为白砂糖添加量 > 青稞粉添加量 > 虫糜添加量。虫糜添加量和青稞粉添加量的交互作用对蛋糕的感官评分影响极显著; 虫糜添加量和白砂糖添加量的交互作用对蛋糕的比容影响极显著; 虫糜添加量和青稞粉添加量及虫糜添加量和白砂糖添加量的交互作用显著影响了蛋糕的硬度; 虫糜添加量和青稞粉添加量及虫糜添加量和白砂糖添加量的交互作用对蛋糕的回复性影响极显著; 虫糜添加量和青稞粉添加量及青稞粉添加量和白砂糖添加量的交互作用显著影响了蛋糕的咀嚼性。所得最佳原料配比为虫糜添加量 12.33%、青稞粉添加量 5.93%、

白砂糖添加量 15.98% 利用此配方制作的松墨天牛幼虫青稞蛋糕风味良好 ,口感较佳 ,其感官评分 76.32 分、比容 $5.38 \text{ cm}^3/\text{g}$ 、弹性 14.27 mm、硬度 7.81N、回复性 0.80、咀嚼性 44.69mJ。

参考文献:

- [1] 宋海明. 栗山天牛的食用安全性及其加工技术研究 [D]. 长春: 吉林农业大学 2012.
- [2] 李孙洋. 云南普洱市民族食用昆虫资源初报 [J]. 西南农业学报 2011 24(3): 1195 - 1202.
- [3] 李涛, 王金水, 李露. 青稞的特性及其应用现状 [J]. 农产品加工学刊 2009(9): 92 - 96.
- [4] 樊秉芸. 刍议青稞营养价值及综合利用前景 [J]. 农村经济与科技 2011 22(6): 35 - 36.
- [5] 杨文雄, 高彦祥. 响应面法及其在食品工业中的应用 [J]. 中国食品添加剂 2005(2): 68 - 71.
- [6] 李金金. 抹茶蛋糕制作工艺研究 [J]. 食品工程, 2015 (4): 18 - 21.
- [7] 赵延伟, 耿欣, 陈海华, 等. 面包及蛋糕的质构与感官评价的相关性研究 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(21): 253 - 259.
- [8] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用 [J]. 实验科学与技术 2007 05(02): 1 - 4.
- [9] 郝月慧, 贾春利, 王凤, 等. 三种糖醇对海绵蛋糕面糊流变学、热力学及烘焙学特性影响的比较研究 [J]. 食品工业科技 2014 35(6): 298 - 302.

Using response surface methodology to optimize formula for cake made from *Monochamus alternates* larva and highland barley

HUANG Yiqian, LIAO Chengcheng, DING Jie*, HE Jianghong, XIAO Meng, PENG Yiqin, ZHOU Hang, JI Derong

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

Abstract: With the addition amounts of minced longicorn larvae (MLL), highland barley flour (HBF), and sugar as variables, the sensory score, specific volume, and texture as the evaluation indexes, the formula of the cake made from MLL and HBF was optimized by using response surface methodology with Central Composite Design of four factors at three levels. The results showed that the influencing intensity of the addition amount follows the order: MLL > HBF > sugar to sensory evaluation and resilience; MLL > sugar > HBF to specific volume and resilience; and sugar > HBF > MLL to hardness and chewiness, respectively. The best formula consists of 12.33% of MLL, 5.93% of HBF and 15.98% of sugar.

Key words: highland barley; longicorn larvae; cake; response surface methodology; optimization

(责任编辑: 赵 勇)