

风味韧皮蛋制作工艺研究

陈育林¹, 丁波¹, 苏亚文¹, 金明², 刘红娜^{1,3,*}

(1. 西北民族大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730030; 2. 甘肃省轻工业研究院有限责任公司, 甘肃 兰州 730099; 3. 西北民族大学 生物医学研究中心, 甘肃 兰州 730030)

摘要:应用现代食品感官评定方法与质构方法对杜松子风味韧皮蛋的加工工艺进行研究。以鸡蛋为主要原料, 采用单因素试验, 响应面优化试验确定最佳工艺条件: 即 85℃水中预煮 15 min 后, 冷却剥壳, 于食盐添加量 0.9%, 白砂糖添加量 3%, 杜松子添加量 4% 的料液中, 100℃条件下煮制 60 min。由此条件加工制得的风味韧皮蛋的色差 L* 值 49.5, a* 值 15.0, b* 值 40.0, 感官评分 86.1 分, 质构特性硬度 12.3 N, 弹性 4.66 N, 咀嚼性 5.43 N, 理化指标水分 67.9%, 灰分 1.25%, 脂肪 10.27%, 蛋白质 11.87%, 为新型风味韧皮蛋的产业化提供理论依据。

关键词:杜松子; 风味蛋; 生产工艺; 质构分析; 感官评定

Study on Processing Technology of Flavor Preserved Eggs

CHEN Yu-lin¹, DING Bo¹, SU Ya-wen¹, JIN Ming², LIU Hong-na^{1,3,*}

(1. College of Life Sciences and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, Gansu, China;

2. Gansu Light Industry Research Institute Co., Ltd., Lanzhou 730099, Gansu, China; 3. Biomedical Research Center, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, Gansu, China)

Abstract: The processing technology of flavor gin preserved eggs was studied by the methods of modern food sensory evaluation and texture analysis. The best technique condition with eggs as main material was determined by the single factor and response surface optimization experiment, precooked 15 min after 85℃ water, cooled shell, salt added 0.9%, sugar added 3%, juniper added 4%, cooked under the condition of 100℃ for 60 minutes. In the process, the chromatic aberration of L* value was 49.5, a* value was 15.0, b* value was 40.0, sensory score was 86.1, the texture characteristic of hardness was 12.3 N, elasticity was 4.66 N, chewiness was 5.43 N, the physical and chemical indicators of water was 67.9%, fat was 10.27%, ash content was 1.25%, protein was 11.87%, which provide the theoretical basis for the industrial production of flavor preserved eggs.

Key words: juniper; flavor egg; production process; texture analysis; sensory evaluation

引文格式:

陈育林, 丁波, 苏亚文, 等. 风味韧皮蛋制作工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(2): 92-100

CHEN Yulin, DING Bo, SU Yawen, et al. Study on Processing Technology of Flavor Preserved Eggs[J]. Food Research and Development, 2020, 41(2): 92-100

风味韧皮蛋, 是用各种调味品加水煮制而成的熟制蛋。其口感细腻滑润、咸淡适口、嚼之有劲、味醇香浓、且有耐存储、方便携带等特点, 而广受大众喜爱^[1-2]。随着当代生活节奏的加快, 传统卤蛋已不能满足人们

多样化的需求, 营养丰富、滋味独特的方便新型蛋制品的研发迫在眉睫。目前国内学者对卤蛋的研究主要集中在新产品和新工艺的研制上^[3], 如高钙卤蛋^[4]、酱卤蛋^[5]、成品率^[6]、以及卤制方法和工艺的改进^[7-9], 也有少数学者对有保健功能的卤蛋进行研究^[10-11]。虽目前风味蛋制品有一些代表性产品出现, 但无论是种类还是数量上, 仍远远不能满足国内市场需求, 因此方便新型蛋制品仍需大量研发。

基金项目: 西北民族大学 2018 年本科科研创新项目(Y18069)

作者简介: 陈育林(1997—), 女(汉), 本科, 食品科学与工程专业。

* 通信作者: 刘红娜(1984—), 女(汉), 副教授, 研究方向: 畜产品加工。

杜松子是指杜松的果实,被广泛应用于金酒的研制,因其有利尿疗效,可促进毒素排出;杜松子香味独特,也用于西餐搭配食物以及精油的生产^[12-14]。目前其搭配蛋品的研究较少。本试验在传统卤蛋加工基础上,应用现代食品感官评定方法与质构方法,对杜松子风味韧皮蛋的加工工艺进行研究,为产业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料与设备

新鲜鸡蛋、食盐、白砂糖、杜松子:市售。

色差仪(CR-10):上海亮研智能科技有限公司;电子天平(HX1002T):慈溪市天东衡器厂;质构仪(TMS-Pro):美国 FTC 公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

卤料挑选→称量包扎→煮料液→加入调味料

↓

采购原料→选蛋→清洗→预煮→去皮→调味煮制→放置包装→成品^[15]

1.2.2 品质指标

1.2.2.1 色差测定

利用 CR-10 型色差仪,对韧皮进行色差测定^[16]。

1.2.2.2 质地多面分析(texture profile analysis, TPA)测定

参照黄丽燕等^[17]文献方法并修改:利用物性分析仪探头二次下压测试对试验所得风味韧皮蛋蛋皮进行检测,得到风味韧皮蛋蛋皮的质地特征曲线。测定硬度、弹性、咀嚼性蛋皮质构特征参数。质构仪的测定参数为:探头类型为圆柱形探头,直径为 38 mm,测试速度为 60 mm/min,下压变形为 35 %,触发力为 2 N。样品切成 1.5 mm 高半球形,球面向上置于压缩盘上,在室温条件 25 ℃下进行测定,重复 3 次。

1.2.2.3 感官评定

风味韧皮蛋感官评定包括颜色、光泽、香气、滋味以及质地^[15]。

1.2.2.4 理化指标

水分测定方法参照国标 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[18]。

灰分测定方法参照国标 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[19]。

蛋白质测定方法参照国标 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[20]。

脂肪测定方法参照国标 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[21]。

1.2.2.5 响应面优化试验设计

以单因素试验结果为基础,选取杜松子添加量、白砂糖添加量、预煮时间、煮制时间为自变量,以风味韧皮蛋的感官评分为响应值,利用中心组合试验 Box-Behnken 设计对风味韧皮蛋的加工工艺进行优化,建立回归模拟方程,确定风味韧皮蛋的最佳条件,并加以验证^[22]。

1.3 数据分析

各组数据重复 3 次求平均值,以平均值±标准差表示;采用统计软件 IBM SPSS Statistics 22 数据系统中的 Duncan's 法对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 不同预煮温度对风味韧皮蛋品质的影响

不同预煮温度对风味韧皮蛋凝固状态的影响见表 1。

表 1 不同预煮温度对风味韧皮蛋凝固状态的影响

Table 1 The effect of the different precook temperature on solidification state of flavor preserved eggs

温度/℃	性状
65	蛋白表面凝固而附于蛋壳上,内部无明显变化
75	蛋白表面凝固、内部半流动,蛋黄稍凝固
85	蛋白完全凝固,蛋黄表面凝固、中心呈半流动状态
95	蛋白完全凝固,蛋黄完全凝固

由表 1 可知,鸡蛋在较低的温度下(小于 75 ℃)预煮,蛋黄稍凝固而蛋白呈流动状态,不利于鸡蛋去壳,影响蛋的完整性;短时间高温(大于 95 ℃)预煮,蛋白、蛋黄全部凝固,不利于料液渗入蛋内。禽蛋凝固状态与加热温度、加热时间有关,而 85 ℃时预煮,蛋白完全凝固,蛋黄呈半流动状态,符合加工的需要。故选择 85 ℃对鸡蛋进行预煮。

2.1.2 不同预煮时间对风味韧皮蛋品质的影响

预煮时间对风味韧皮蛋质构参数的影响如表 2 所示。

表 2 不同预煮时间对风味韧皮蛋质构特性的影响

Table 2 The effect of the different precook time on the texture properties of flavor preserved eggs

预煮时间/min	硬度/N	弹性/N	咀嚼性/N
10	13.9±0.37 ^c	4.45±0.32 ^a	5.90±0.30 ^c
15	14.1±0.27 ^c	4.47±0.21 ^a	6.27±0.38 ^c
20	12.3±0.24 ^b	4.35±0.17 ^a	5.50±0.33 ^b
25	10.4±0.33 ^a	4.37±0.15 ^a	4.18±0.31 ^a

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异(P<0.05)。

由表 2 可知,弹性影响不显著,硬度和咀嚼性对风味韧皮蛋的影响显著($P<0.05$)。当预煮时间从 15 min 增加到 20 min 时,风味韧皮蛋的硬度及咀嚼性逐渐降低。说明风味韧皮蛋加工过程中预煮时间对风味韧皮蛋硬度及咀嚼性有较明显的影响。预煮煮得太嫩,煮制后蛋白质不易消化吸收;预煮煮得太老,煮制后蛋白质结构变得紧密,同样不易被消化吸收^[23]。

预煮时间对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响如表 3 所示。

表 3 不同预煮时间对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响

Table 3 The effect of the different precook time on chromatic aberration and sensory characteristic of flavor preserved eggs

预煮时间/min	L*	a*	b*	感官评分
10	59.2±1.22 ^a	10.8±0.71 ^b	43.2±0.52 ^a	85.4±2.04
15	59.5±0.86 ^a	9.03±1.34 ^a	43.7±1.13 ^a	86.7±2.78
20	59.4±0.87 ^a	8.87±0.50 ^a	43.8±0.66 ^a	86.2±2.65
25	59.4±0.78 ^a	8.90±0.51 ^a	43.8±0.54 ^a	85.3±2.57

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异($P<0.05$)。

由表 3 可知,随预煮时间持续延长,风味韧皮蛋亮度 L*、黄度 b* 变化不显著。

经感官评价,预煮时间 15 min 时感官评分最高。当预煮时间少于 15 min,蛋黄成熟度不够^[17],根据加工需要选择预煮时间 15 min。

2.1.3 不同杜松子添加量对风味韧皮蛋品质的影响

杜松子添加量对风味韧皮蛋质构参数的影响如表 4 所示。

表 4 不同杜松子添加量对风味韧皮蛋质构特性的影响

Table 4 The effect of the different juniper addition on the texture properties of flavor preserved eggs

杜松子添加量/%	硬度/N	弹性/N	咀嚼性/N
3	12.6±0.37 ^b	4.59±0.21 ^a	5.70±0.24 ^b
4	12.3±0.65 ^{ab}	4.70±0.22 ^a	5.48±0.39 ^{ab}
5	12.0±0.40 ^{ab}	4.71±0.16 ^a	5.42±0.29 ^{ab}
6	11.9±0.44 ^a	4.74±0.02 ^a	5.17±0.37 ^a

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异($P<0.05$)。

由表 4 可知,弹性影响不显著,硬度和咀嚼性对风味韧皮蛋的影响显著($P<0.05$)。当杜松子添加量逐渐增加时,风味韧皮蛋的硬度及咀嚼性降低。

杜松子添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响如表 5 所示。

表 5 不同杜松子添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响

Table 5 The effect of the different juniper added on chromatic aberration and sensory characteristic of flavor preserved eggs

杜松子添加量/%	L*	a*	b*	感官评分
3	50.3±1.16 ^d	18.8±2.21 ^a	39.8±1.20 ^d	85.3±2.15
4	43.1±1.01 ^c	18.3±1.51 ^a	34.1±1.58 ^c	85.7±2.68
5	39.9±2.75 ^b	18.4±1.58 ^a	30.8±2.78 ^b	85.4±2.47
6	37.2±1.45 ^a	17.3±2.00 ^a	27.3±2.24 ^a	84.7±2.34

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异($P<0.05$)。

由表 5 可知,随着杜松子添加量的逐渐增加,风味韧皮蛋的红色 a* 变化不显著,亮度 L* 和黄度 b* 逐渐降低($P<0.05$)。杜松子果实呈紫褐色,煮制过程中,由于高温作用,颜色不断向内扩散,完成着色过程^[24]。

经感官评价,杜松子添加量 4 %时评分最高。因此杜松子添加量确定为 4 %。

2.1.4 不同食盐添加量对风味韧皮蛋品质的影响

食盐添加量对风味韧皮蛋质构参数的影响如表 6 所示。

表 6 不同食盐添加量对风味韧皮蛋质构特性的影响

Table 6 The effect of the different salt added on the texture properties of flavor preserved eggs

食盐添加量/%	硬度/N	弹性/N	咀嚼性/N
0.5	11.9±0.20 ^a	4.61±0.22 ^a	5.28±0.26 ^a
0.7	11.8±0.17 ^a	4.65±0.15 ^a	5.07±0.33 ^a
0.9	11.7±0.31 ^a	4.73±0.16 ^a	5.05±0.36 ^a
1.1	11.7±0.31 ^a	4.73±0.15 ^a	5.25±0.31 ^a

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异($P<0.05$)。

由表 6 可知,硬度、弹性、咀嚼性的影响变化均不显著。说明食盐添加量不影响风味韧皮蛋的质构特性。

食盐添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响如表 7 所示。

表 7 不同食盐添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响

Table 7 The effect of the different salt added on chromatic aberration and sensory characteristic of flavor preserved eggs

食盐添加量/%	L*	a*	b*	感官评分
0.5	53.8±1.19 ^a	15.4±0.63 ^a	39.8±0.85 ^a	85.6±2.49
0.7	52.9±0.49 ^a	15.4±0.60 ^a	39.9±0.60 ^a	85.6±2.58
0.9	53.8±0.44 ^a	15.7±0.50 ^a	40.3±0.53 ^a	85.7±2.71
1.1	53.7±0.64 ^a	15.8±0.74 ^a	40.4±0.70 ^a	85.4±2.69

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异($P<0.05$)。

由表 7 可知,随着盐渍时间的增加,熟咸蛋清和蛋黄的含水量增加,含盐量降低^[25],风味韧皮蛋亮度 L*、红度 a*、黄度 b* 变化不显著。

经感官评价,食盐添加量 0.9 % 时评分最高。煮制过程中,食盐不断向内渗透完成呈味过程,形成具有特色风味的韧皮蛋。因此食盐添加量确定为 0.9 %。

2.1.5 不同白砂糖添加量对风味韧皮蛋品质的影响

白砂糖添加量对风味韧皮蛋质构参数的影响如表 8 所示。

表 8 不同白砂糖添加量对风味韧皮蛋质构特性的影响
Table 8 The effect of the different sugar added on the texture properties of flavor preserved eggs

白砂糖添加量/%	硬度/N	弹性/N	咀嚼性/N
1	11.6±0.30 ^a	4.64±0.18 ^a	5.25±0.45 ^a
2	11.3±0.28 ^a	4.69±0.06 ^a	5.00±0.46 ^a
3	11.7±0.74 ^a	4.74±0.09 ^a	5.03±0.68 ^a
4	11.8±0.63 ^a	4.54±0.26 ^a	4.91±0.34 ^a

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异(P<0.05)。

由表 8 可知,硬度、弹性、咀嚼性的影响变化均不显著。说明白砂糖添加量不影响风味韧皮蛋的质构特性。

白砂糖添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响如表 9 所示。

表 9 不同白砂糖添加量对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响
Table 9 The effect of the different sugar added on chromatic aberration and sensory characteristic of flavor preserved eggs

白砂糖添加/%	L*	a*	b*	感官评分
1	44.7±0.47 ^c	18.7±0.77 ^a	37.1±0.42 ^b	84.4±2.42
2	43.6±1.57 ^{bc}	19.0±1.33 ^{ab}	36.2±1.83 ^b	84.3±2.63
3	42.6±0.28 ^b	19.9±0.42 ^b	34.2±0.42 ^a	84.8±2.71
4	40.6±0.91 ^a	19.5±0.57 ^{ab}	33.3±1.86 ^a	83.7±2.45

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异(P<0.05)。

由表 9 可知,随着白砂糖添加量的增加,风味韧皮蛋亮度 L*、红度 a*、黄度 b* 变化均显著(P<0.05)。亮度 L*、黄度 b* 逐渐降低,红度 a* 先升高后降低。经过高温作用,糖类与蛋白会发生黑褐色的美拉德反应以及其他复杂的化学反应。在反应过程中会产生众多的呈味物质和呈色物质,如:2,5-二甲基吡嗪、2-甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪以及众多的醛类、醇类物质,这些物质均会导致色泽、气味、质地、口感产生变化^[26-27]。

经感官评价,白砂糖添加量 3 % 时评分最高,因此白砂糖添加量确定为 3 %。

2.1.6 不同煮制时间对风味韧皮蛋品质的影响

煮制时间对风味韧皮蛋质构参数的影响如表 10 所示。

表 10 不同煮制时间对风味韧皮蛋质构特性的影响
Table 10 The effect of the different cooking time on the texture properties of flavor preserved eggs

煮制时间/min	硬度/N	弹性/N	咀嚼性/N
30	12.3±0.34 ^a	3.73±0.09 ^b	5.63±0.34 ^a
60	12.3±0.41 ^a	4.66±0.78 ^c	5.43±0.33 ^a
90	12.3±0.25 ^a	2.70±0.08 ^a	5.57±0.45 ^a
120	12.2±0.37 ^a	2.73±0.14 ^a	5.47±0.39 ^a

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异(P<0.05)。

由表 10 可知,风味韧皮蛋的弹性影响显著(P<0.05),硬度和咀嚼性对风味韧皮蛋的影响不显著。当煮制时间从 30 min 增加到 90 min 时,风味韧皮蛋的弹性先增加后减小。当煮制时间持续延长到 120 min 时,弹性变化不显著。说明风味韧皮蛋加工过程中煮制时间对风味韧皮蛋的弹性有较明显的影响,根据加工需要选择煮制时间 60 min^[17]。

不同煮制时间对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响见表 11。

表 11 不同煮制时间对风味韧皮蛋色差及感官特性的影响
Table 11 The effect of the different cooking time on chromatic aberration and sensory characteristic of flavor preserved eggs

煮制时间/min	L*	a*	b*	感官评分
30	57.8±0.85 ^a	10.7±0.40 ^a	41.4±0.30 ^a	85.6±2.11
60	49.5±0.63 ^c	15.0±1.14 ^b	40.0±0.89 ^c	86.1±2.67
90	40.7±0.72 ^b	20.0±1.32 ^c	32.9±0.92 ^b	85.9±2.92
120	36.1±1.40 ^a	19.0±1.27 ^c	26.1±1.98 ^a	85.8±2.33

注:同一参数的均值后标注不同的字母存在显著性差异(P<0.05)。

由表 11 可知,随着煮制时间的持续延长,风味韧皮蛋亮度 L*、红度 a*、黄度 b* 变化均显著(P<0.05)。亮度 L*、黄度 b* 逐渐降低,红度 a* 逐渐增大。随着煮制时间的持续延长,食盐和卤汁的不断向内扩散完成卤蛋呈味、着色的过程,形成风味蛋^[28]。

经感官评价,煮制时间 60 min 时评分最高,因此煮制时间确定为 60 min。

2.2 响应面优化试验结果

2.2.1 试验模型的建立

在单因素基础上,选择影响风味韧皮蛋感官评分的 4 个关键因素。通过 Design Expert 8.0.6 软件设计四因三水平的 Box-Behnken 中心组合试验,各因素与水

平设计如表 12 所示。设计 29 个试验点的响应面分析试验,其中 1~24 是析因点,自变量取值在各因素之间构成的三维顶点;25~29 是零点,中心试验重复 5 次,如表 13 所示,用以估计试验误差^[29]。

表 12 因素试验水平

Table 12 Factor and levels of test

水平	A 预煮 时间/min	B 煮制 时间/min	C 杜松子 添加量/%	D 白砂糖 添加量/%
-1	10	30	3	2
0	15	60	4	3
1	20	90	5	4

表 13 响应面法设计试验及试验结果

Table 13 Program and result of RSA test

序号	A	B	C	D	Y 感官评分
1	-1	-1	0	0	83.5
2	1	-1	0	0	83.3
3	-1	1	0	0	82.8
4	1	1	0	0	83.5
5	0	0	-1	-1	83.3
6	0	0	1	-1	83.4
7	0	0	-1	1	83.1
8	0	0	1	1	83.2
9	-1	0	0	-1	83.3
10	1	0	0	-1	83.5
11	-1	0	0	1	83.0
12	1	0	0	1	83.2
13	0	-1	-1	0	83.3
14	0	1	-1	0	83.4
15	0	-1	1	0	83.4
16	0	1	1	0	83.1
17	-1	0	-1	0	83.2
18	1	0	-1	0	83.4
19	1	0	1	0	83.1
20	1	0	1	0	83.6
21	0	-1	0	-1	83.3
22	0	1	0	-1	83.4
23	0	-1	0	1	83.3
24	0	1	0	1	82.9
25	0	0	0	0	83.7
26	0	0	0	0	83.7
27	0	0	0	0	83.6
28	0	0	0	0	83.8
29	0	0	0	0	83.5

零点试验的响应值明显高于分析组,表明此试验条件为最优的试验组合。利用 Design Expert 8.0.6 软件对表二所得的试验数据进行二次多项式拟合,获得各因素对响应值影响的二次回归方程为: $Y=83.66+0.13A-0.083B-0.13D+0.23AB+0.075AC+0.000AD-0.10BC-0.13BD+0.000CD-0.18A^2-0.20B^2-0.16C^2-0.24D^2$

2.2.2 多元回归模型分析

回归模型系数方差分析见表 14。

表 14 回归模型系数方差分析

Table 14 ANOVE for the regression coefficients of model

变异来源	平方和	自由度	均方 MS	比值 F	显著水平 P	显著性
模型	1.47	14	0.10	14.25	<0.000 1	**
A	0.21	1	0.21	29.04	<0.000 1	**
B	0.083	1	0.083	11.35	0.004 6	*
C	0.000 8	1	0.000 8	0.11	0.741 2	不显著
D	0.19	1	0.19	25.53	0.000 2	*
AB	0.20	1	0.20	27.57	0.000 1	*
AC	0.022	1	0.022	3.06	0.102 0	不显著
AD	0.000 0	1	0.000 0	0.000 0	1.000 0	不显著
BC	0.040	1	0.040	5.45	0.035 0	*
BD	0.062	1	0.062	8.51	0.011 3	*
CD	0.000 0	1	0.000 0	0.000 0	1.000 0	不显著
A ²	0.20	1	0.20	27.30	0.000 1	*
B ²	0.26	1	0.26	35.62	<0.000 1	**
C ²	0.17	1	0.17	23.56	0.000 3	*
D ²	0.37	1	0.37	50.19	<0.000 1	**
残差	0.10	14	0.007			
失拟项	0.051	10	0.005	0.39	0.895 9	不显著
纯误差	0.052	4	0.013			
总和	1.57	28				
系数 R ² =0.934 4 变异系数 CV=0.10%精确度 AdePre=13.276						

注:*P<0.05 为显著;**P<0.01 为极显著。

由表 14 可知,回归模型 F=14.25,P<0.001,说明显著水平极高。失拟项 F=0.39,P=0.895 9,无显著性,说明该方程的拟合程度较高;因素一次项(A、B、D)对结果影响显著(P<0.05);交互项(AB、BC、BD)对结果影响显著;二次项(A²、B²、C²、D²)对结果影响显著(P<0.05)。变异系数 CV(0.10%)较小,说明试验的误差较小,可靠性越高,符合试验设计的要求。决定系数 R²=0.934 4,这说明该模型可以解释 93.44%的响应值 Y 的变化。各项按照其响应值的显著性大小顺序:AD>CD>C>AC>BC>BD>B>C²>D>A²>AB>D²>B²>A。

2.2.3 响应面分析

预煮时间和煮制时间对感官评分的等高线图和

响应面图见图 1。

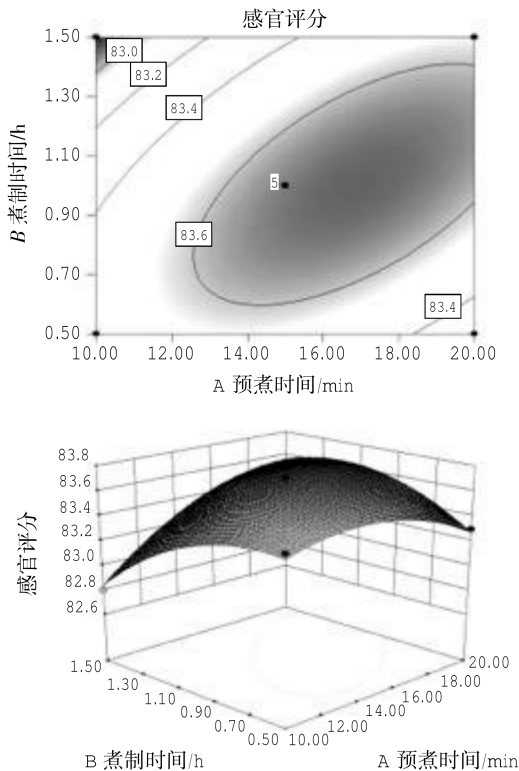


图 1 预煮时间和煮制时间对感官评分的等高线图和响应面图

Fig.1 Response surface and contour of precooking and cooking time on the sensory score

由图 1 可知,随着预煮时间的持续延长,感官评分先上升后下降;随着煮制时间的持续延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。等高线图明显呈椭圆形,可知预煮时间和煮制时间交互作用显著($P < 0.05$)。预煮时间 15 min,煮制时间 60 min 时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知预煮时间曲面比煮制时间的曲面更陡,说明预煮时间对感官评分的影响更加显著,响应面图形呈钟形。

杜松子添加量和预煮时间对感官评分的等高线图和响应面图见图 2。

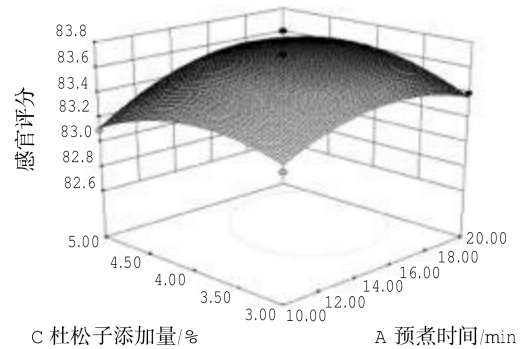
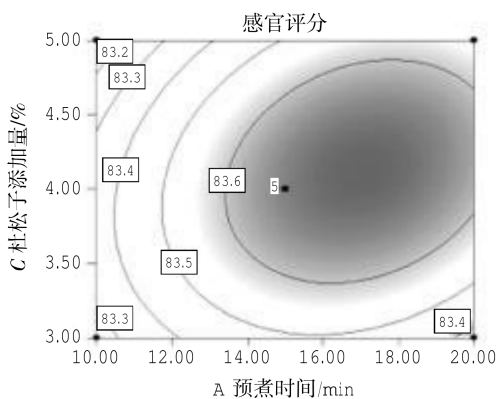


图 2 杜松子添加量和预煮时间对感官评分的等高线图和响应面图

Fig.2 Response surface and contour of juniper added and precooking on the sensory score

由图 2 可知,随着杜松子添加量的增加,感官评分先上升后下降;随着预煮时间的持续延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。等高线图接近圆形,可知预煮时间和杜松子添加量交互作用不显著。在杜松子添加量 4 %,预煮时间 15 min 时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知,预煮时间曲面比杜松子添加量的曲面相对更陡,说明预煮时间对感官评分的影响相对显著,响应面图形呈钟形。

白砂糖添加量和预煮时间对感官评分的等高线图和响应面图见图 3。

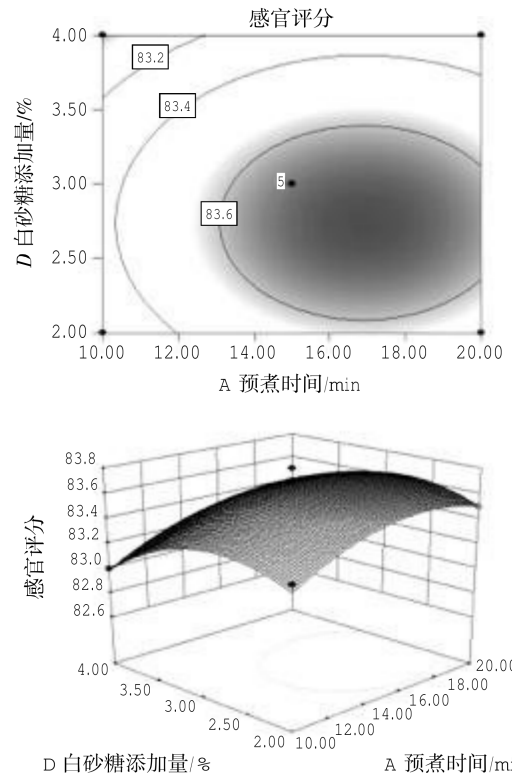


图 3 白砂糖添加量和预煮时间对感官评分的等高线图和响应面图

Fig.3 Response surface and contour of sugar added and precooking on the sensory score

由图 3 可知,随着白砂糖添加量的增加,感官评分先上升后下降;随着预煮时间的持续延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。等高线图接近圆形,可知预煮时间和白砂糖添加量交互作用不显著。在白砂糖添加量 3 %,预煮时间 15 min 时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知,预煮时间的曲面比白砂糖添加量曲面相对陡峭,说明预煮时间对感官评分的影响相对显著,响应面图形呈鞍形。

杜松子添加量和煮制时间对感官评分的响应面图见图 4。

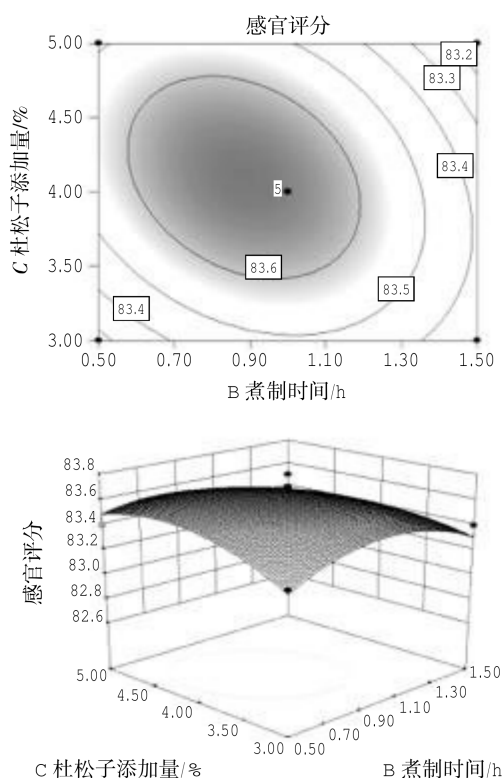


图 4 杜松子添加量和煮制时间对感官评分的响应面图

Fig.4 Response surface and contour of juniper added and cooking time on the sensory score

由图 4 可知,随着杜松子添加量的增加,感官评分先上升后下降;随着煮制时间的持续延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。等高线图呈明显的椭圆形,可知煮制时间和杜松子添加量交互作用显著 ($P < 0.05$)。在杜松子添加量 4 %,煮制时间 60 min 时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知,煮制时间曲面陡峭,说明煮制时间对感官评分的影响更加显著,响应面图形呈鞍形。

白砂糖添加量和煮制时间对感官评分的响应面图见图 5。

由图 5 可知,随着白砂糖添加量的增加,感官评分先上升后下降;随着煮制时间的持续延长,感官评分

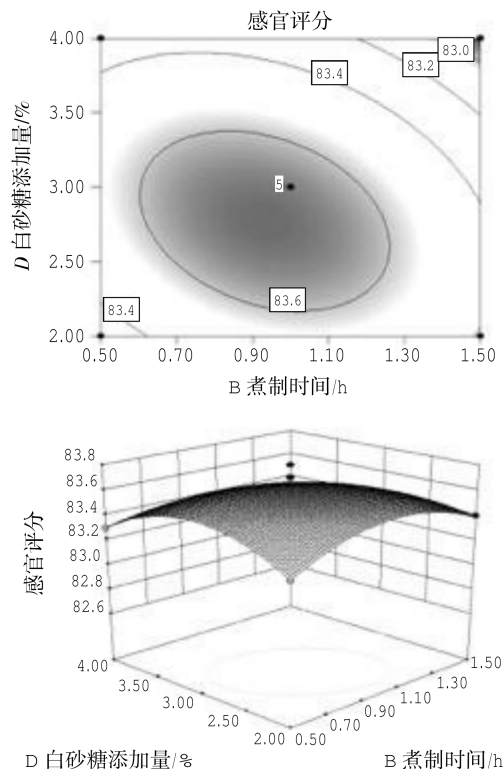


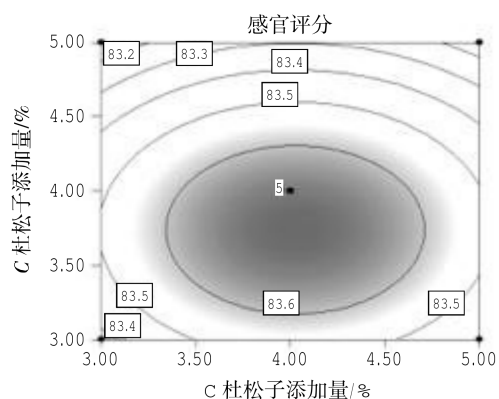
图 5 白砂糖添加量和煮制时间对感官评分的响应面图

Fig.5 Response surface and contour of sugar added and cooking time on the sensory score

呈先上升后下降。等高线图呈明显的椭圆形,可知煮制时间和白砂糖添加量交互作用显著 ($P < 0.05$)。在白砂糖添加量 3 %,煮制时间 60 min 时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知,白砂糖添加量的曲面比煮制时间曲面陡峭,说明白砂糖添加量对感官评分的影响更加显著,响应面图形呈鞍形。

白砂糖添加量和杜松子添加量对感官评分的响应面图见图 6。

由图 6 可知,随着白砂糖添加量的增加,感官评分先上升后下降;随着杜松子添加量的增加,感官评分呈先上升后下降的趋势。等高线图接近圆形,可知杜松子添加量和白砂糖添加量交互作用不显著。在白



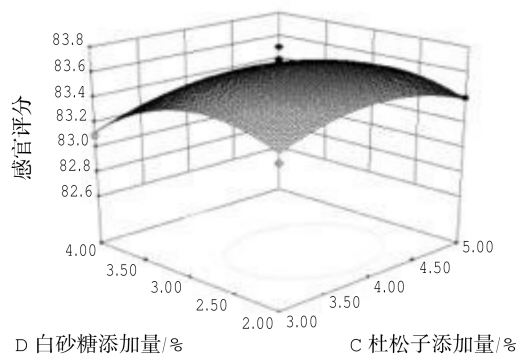


图6 白砂糖添加量和杜松子添加量对感官评分的响应面图

Fig.6 Response surface and contour of sugar added and juniper added on the sensory score

糖添加量3%,杜松子添加量4%时,感官评分达到最大值。由曲面坡度的陡峭情况得知,白砂糖添加量的曲面比杜松子添加量曲面相对陡峭,说明白砂糖添加量对感官评分的影响相对显著,响应面图形呈钟形。

2.2.4 验证性试验结果

通过软件对试验数据的分析,得到最佳工艺条件:在85℃水中预煮15min后,冷却剥壳,放入食盐添加量0.9%,白砂糖添加量3%,杜松子添加量4%的料液中,100℃条件下煮制60min,利用最佳条件进行验证,3次试验的感官评分为83.1分,与理论值83.8分接近,说明采用响应面优化的生产工艺参数准确可靠,按照建立的模型进行试验在实践中是可行的。

2.3 理化指标结果

理化指标结果见表15。

表15 理化指标结果

Table 15 Physical and chemical index results

测定指标	测定结果/%
水分	67.9±0.000 5
灰分	1.25±0.000 5
脂肪	10.3±0.10
蛋白质	11.9±0.09

成品测定水分含量67.9%,灰分含量1.25%,脂肪含量10.3%,蛋白质含量11.9%。加工后的风味韧皮蛋水分降至67.9%,可能是加工过的风味韧皮蛋煮制1h,导致水分含量减少5.6%。灰分含量1.25%,说明杜松子风味韧皮蛋含有丰富微量元素。

3 结论

本研究通过单因素和Box-Behnken Design 试验设计响应曲面法优化,确定了风味韧皮蛋生产工艺的最佳条件:85℃水中预煮15min后,冷却剥壳,食盐添

加量0.9%,白砂糖添加量3%,杜松子添加量4%料液中,100℃条件下煮制60min。影响风味韧皮蛋感官评分的4个因素的显著性程度排列顺序为:预煮时间>白砂糖添加量>煮制时间>杜松子添加量。由此条件加工制得的风味韧皮蛋的色差L*值49.5,a*值15.0,b*值40.0,感官评分86.1分,质构特性硬度12.3、弹性4.66、咀嚼性5.43。理化指标水分67.9%,灰分1.25%,脂肪10.27%,蛋白质11.87%。为新型风味韧皮蛋的产业化提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 张华智.当前我国禽蛋加工的主要方式与未来发展的几点建议[J].广西畜牧兽医,2016,32(4): 213-215
- [2] 暴悦梅,任小青,辛世通.烤卤蛋工艺研究[J].食品研究与开发,2016,37(16): 119-120
- [3] 王也,马美湖,黄茜.方便风味蛋制品研究进展[J].农产品加工.学刊,2014(10): 70-72
- [4] 刘焱.高钙风味卤鸭蛋的制备方法:中国,CN201310007791.6[P].2013-07-17
- [5] 刘志伟.特色风味酱卤蛋的研制[J].食品科学,2000,21(8): 65-66
- [6] 陈果忠.提高高温卤蛋出品率和完好率的工艺研究[J].甘肃农业科技,2010(1): 21-23
- [7] 赵节昌,曹浩杰,张涵.加工工艺对卤蛋品质的影响[J].中国调味品,2019,44(1): 108-111,116
- [8] 刘丽莉.高压卤蛋加工工艺优化及其品质变化[J].食品工业科技,2014,35(10): 312-315,328
- [9] 陈吉江,王冶,白术群.真空浸渍法优化卤蛋加工工艺的研究[J].农产品加工,2017(21): 33-36
- [10] 马俊.一种酸甜糖醋卤蛋的泡制方法:中国,CN201310176577.3[P].2013-07-31
- [11] 张万灵.一种具有保健功能的中药卤制蛋的生产方法:中国,CN200810232516.3[P].2013-02-13
- [12] 姚应泰,王顺强.金酒刍议[J].酿酒科技,1993(6): 51
- [13] 范天鹏.荷兰金酒工艺分析[J].酿酒,2004(3): 1-62
- [14] 韩涛,田瑞华,宁长春,等.一种金酒配制的研制[J].酿酒,2015,42(3): 81-83
- [15] 严佩峰,周枫.香卤蛋加工工艺优化研究[J].食品研究与开发,2014,35(16): 74-76
- [16] 张星,赵敏.香卤鸡蛋新工艺的研究[J].肉类工业,2001(2): 27-29
- [17] 黄丽燕,张强,刘文营,等.不同热处理方式对卤蛋蛋白的质构影响[J].食品工业,2012,33(9): 75-78
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中水分的测定:GB 5009.3-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中灰分的测定:GB 5009.4-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5-2016[S].北京:中国标准出

响应面优化碱性蛋白酶法提取藜麦淀粉工艺

孔露,孔茂竹,余佳熹,吕远平*
(四川大学 轻纺与食品学院,四川 成都 610065)

摘要:采用青海高原藜麦作为原料,碱性蛋白酶作为酶解剂,研究藜麦淀粉的提取工艺。在单因素试验的基础上,以藜麦淀粉提取率作为评价指标,利用响应面法优化提取藜麦淀粉的工艺条件。结果表明:最佳工艺条件为酶添加量为0.598%,pH值为9.09,酶解时间为122 min,酶解温度为40.60℃,在此条件下藜麦淀粉提取率的预测值为89.26%。以最佳工艺条件对藜麦淀粉进行提取,验证试验中藜麦淀粉的提取率为 $(89.09\pm 0.15)\%$,蛋白质残留率为 $(1.02\pm 0.46)\%$ 。藜麦淀粉提取率的预测值与实测值的相对误差为0.19%,与所建立的模型预测值接近,表明此模型优化藜麦淀粉提取工艺具有可行性与科学性。

关键词:藜麦;淀粉;提取;碱性蛋白酶;响应面法

Optimization of Alkaline Protease Extraction of Chenopodium quinoa Starch by
Response Surface Methodology

KONG Lu, KONG Mao-zhu, YU Jia-xi, LÜ Yuan-ping*

(College of Light Industry, Textile and Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065,
Sichuan, China)

Abstract: Using Qinghai plateau Chenopodium quinoa as raw material and alkaline protease as enzymatic agent to study the extraction process of Chenopodium quinoa starch. On the basis of single factor experiment, the extraction rate of Chenopodium quinoa starch was used as the evaluation index, and the response surface method was used to optimize the process conditions for extracting Chenopodium quinoa starch. The results indicated that the optimal conditions were enzyme dose added at 0.598%, under the condition of pH 9.09, hydrolysis for 122 min and enzymatic hydrolysis temperature at 40.60℃. Under this condition, the predicted extraction rate of Chenopodium quinoa starch was 89.26%. Extraction of Chenopodium quinoa starch was under optimal processing conditions. The starch extraction rate was $(89.09\pm 0.15)\%$, and the protein residual rate was

作者简介:孔露(1994—),女(汉),硕士研究生,研究方向:食品工程。

*通信作者:吕远平(1971—),女(汉),教授,博士,研究方向:食品科学与工程。

- 版社,2016
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定:GB 5009.6-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [22] 代昕冉,刘焱,赵晨.菠菜鸡蛋干加工工艺的优化[J].食品工业,2018,39(12): 64-69
- [23] 乔秀红.烤蛋加工工艺研究及成分分析[D].咸阳:西北农林科技大学,2007
- [24] 余秀芳,马美湖.卤蛋成熟和风味形成机理初探[J].中国家禽,2009,31(21): 62-64
- [25] Yuan L,Zhang J,Wu J,et al.The effect on quality of pickled salted

- duck eggs using the novel method of pulsed pressure osmotic dehydration[J]. Journal of Food Processing and Preservation 2018, 42(4): 59-62
- [26] 吴巧.烤鹌鹑蛋香气分析与调控研究[D].合肥:合肥工业大学,2013: 1-44
- [27] 吴菊清,王霞,陶国艳.鹌鹑铁蛋研制[J].郑州粮食学院学报,1998,19(7): 74-75
- [28] 余秀芳.卤蛋加工技术与品质变化研究[D].武汉:华中农业大学,2011
- [29] 侯宇.蛋干生产工艺优化研究[D].长春:吉林大学,2015

收稿日期:2019-02-24