

三种蛋白在青团中的复配应用研究

宋鲁青, 唐溶雪, 李明, 阮征

(南昌大学食品学院食品科学与技术国家重点实验室, 江西南昌 330047)

摘要: 本研究以糯米粉、小麦淀粉、粘米粉、红薯粉、葛根粉、艾叶粉为基础配方, 将大豆分离蛋白粉、乳清蛋白粉、荞麦蛋白粉分别添加其中制作青团, 研究其对青团品质的影响。通过单因素实验, 以3种蛋白的添加量为实验因素, 研究其对葛薯糯米团的感官指标、质构指标的影响。在单因素实验的基础上, 进行3因素4水平的正交实验, 优化青团的配方。实验结果表明三种蛋白粉对青团的黏附性值相关系数较高, 其因素影响从主到次的顺序为大豆分离蛋白、乳清蛋白、荞麦蛋白, 通过Minitab软件优化得出青团最优配方为: 大豆分离蛋白占混合粉的6%、乳清蛋白占混合粉的5%、荞麦蛋白占混合粉的5%。此条件下的青团蛋白质含量为17.42%, 通过验证得出其黏附性较低, 色泽纯正。本研究结果为工业化生产提供参考数据。

关键词: 蛋白; 青团; 品质; 葛根; 正交实验

文章编号: 1673-9078(2019)05-117-123

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.017

Study on the Compound Application of Three Kinds of Proteins in Qingtuan

SONG Lu-qing, TANG Rong-xue, LI Ming, RUAN Zheng

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: In this study, glutinous rice flour, wheat starch, sticky rice flour, sweet potato powder, puerarin powder and *Artemisia argyi* powder were used as basic ingredients, and the effect of adding one of the three proteins (soybean protein isolate powder, whey protein powder and buckwheat protein powder) on the quality of Qingtuan was studied. In the single factor experiments, the dose of each protein was the experimental factor for examining its effect on the sensory and textural indices of glutinous Qingtuan containing puerarin and sweet potato powders. On the basis of the single factor experiments, an orthogonal experiment of 3 factors and 4 levels was carried out to optimize the formulation of the Qingtuan. The experimental results showed that the correlation coefficient of the adhesion value of the three protein powders to the Qingtuan was higher, and the influencing factors in the order from the primary to the secondary were: soy protein isolate, whey protein and buckwheat protein. The formula of Qingtuan was optimized by the Minitab software: the soybean protein isolate accounted for 6% of the mixed powder, whey protein accounted for 5% of the mixed powder, and buckwheat protein accounted for 5% of the mixed powder. The protein content of Qingtuan under such conditions was 17.42%, with the adhesion value being low, and color being pure. The results of this study provide reference data for industrial production.

Key words: protein; Qingtuan; quality; puerarin; orthogonal experiment

青团是一种具有南方特色与风味的食品, 又称蒿子粿粿。传统的青团主原料为淀粉, 营养成分单一(缺乏蛋白质), 黏性高(较粘牙)。故对传统青团进行改良, 加入富含蛋白质和多酚类物质的食物, 在成团的基础上深入研究添加不同的蛋白粉对改良面团质构的影响, 具有理论和现实意义。

收稿日期: 2018-12-10

基金项目: 江西省重点研发计划项目(20171BBF60048)

作者简介: 宋鲁青(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学

通讯作者: 阮征(1978-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 分子营养与功能食品

大豆, 富含人体必需的8种氨基酸, 其中赖氨酸的含量非常高, 被誉为植物性蛋白质之王^[1,2]。大豆分离蛋白可以提高食品的感官特性及品质, 是一种通用食品成分^[3]。乳清蛋白质是一种全价蛋白质, 能满足人体氨基酸平衡的需要。除此之外, 它还有极好的乳化性、胶凝性、分散性和溶解性, 故使其成为生产营养强化型食品的重要的蛋白质来源^[4,5]。荞麦蛋白质中的氨基酸平衡良好, 与其他作物相比, 赖氨酸含量较高^[6]。补充荞麦食品有利于改善膳食结构引起的“赖氨酸综合症”, 弥补营养素的不足, 提高食物营养价值^[7]。葛根是中国卫生部公布的药食同源性植物之

一, 富含黄酮类物质, 传统方法制造的葛根淀粉冲调性不佳, 调理过程繁琐, 不符合现代生活的快节奏要求^[8]。研究人员常从感官、质构等多个维度对食品的品质开展评价。作为常用的测试模式, 全质构分析模式可以对青团的硬度值、粘附性、弹性值、胶黏性和咀嚼性进行同步测定^[9]。上述技术为评价青团的品质提供了技术支撑。

本研究在传统青团的生产工艺基础上, 将三种来源不同的大豆分离蛋白、乳清蛋白和荞麦蛋白与面粉相结合, 研究这三种蛋白及其复配结果对葛薯青团品质的影响, 实现蛋白质互补, 提高蛋白质的营养价值, 从而研制出口感香甜、宏量营养素均衡的富含蛋白的葛薯青团制品, 以期后续青团产品的开发提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 原料

糯米粉, 泰国初兴米粉厂有限公司; 艾草粉, 慈溪市岗墩艾草粉有限公司; 粘米粉, 鄞阳县农泊农业发展有限公司; 小麦粉, 黄河滩农户人家生态种植园; 红薯粉, 南昌市老友食品厂; 葛根粉, 南昌市老友食品厂; 大豆分离蛋白粉, 杜邦双汇漯河食品有限公司; 乳清蛋白粉, 希尔玛配料公司; 高山黑苦荞麦蛋白粉, 天津港保税区爱信食品有限公司。

1.2 主要仪器设备

电子天平, 常熟市天量仪器有限责任公司; 三角牌电磁炉、蒸锅, 广东省湛江市家用电器工业有限公司; 物性测试仪, 超技仪器有限公司; 高品质电脑色

差仪, 深圳市三恩时科技有限公司。

1.3 单因素实验

在预实验条件下, 确定青团中各淀粉最佳含量配比为: 糯米粉 40%, 粘米粉 25%, 小麦淀粉 20%, 葛根粉 9%, 红薯粉 10%, 艾叶粉 1%。在基础配方的前提下, 分别加入大豆分离蛋白、乳清蛋白、荞麦蛋白, 研究不同蛋白对青团品质的影响。

大豆分离蛋白实验: 在基础配方的前提下, 分别加入占混合粉质量为 2%、4%、6%、8%、10% 的大豆分离蛋白, 将所有原辅材料混合均匀后加入适量水, 揉搓成团, 切取 45 g 面团置于蒸锅纱布上。蒸锅里烧开水后, 将成型后的面团放入蒸锅里于 1800 W 条件下蒸制 10 min 即可得到成品。乳清蛋白实验: 在基础配方的前提下, 分别加入占混合粉质量 2%、4%、6%、8%、10% 的乳清蛋白, 制作方法如上。荞麦蛋白实验: 在基础配方的前提下, 分别加入占混合粉质量 2%、4%、6%、8%、10% 的荞麦蛋白, 制作方法如上。

1.4 正交试验

为了研究大豆分离蛋白、乳清蛋白、荞麦蛋白对青团的最优水平组合及各因素的排列水平顺序, 利用正交助手软件设计了 $L_{16}(4^3)$ 正交分析表, 进行正交实验。

1.5 检测指标

1.5.1 感官评价

感官评价参照表 1 进行^[10], 采用 6 人评分法, 百分制计分, 取平均值为评判结果。

表 1 青团的感官评定表

Table 1 Sensory assessment form of Qingtuan

指标	分值分布	评分标准
外观结构 (20分)	颜色 (8分)	带有艾叶绿色本色 (6~8分)
		微带艾叶绿色本色 (3~5分)
		色泽呈绿色但偏深或偏浅 (0~2分)
外观结构 (20分)	光泽 (7分)	有明显光泽 (5~7分)
		稍有光泽 (2~4分)
		无光泽 (0~1分)
外观结构 (20分)	完整性 (5分)	完整性好 (4~5分)
		小部分出现裂纹 (1~3分)
		完全裂开 (0分)
气味 (20分)	纯正浓郁 (20分)	具有青团特有的清香, 香气协调, 无异味 (13~20分)
		具有青团特有清香但香气偏淡, 无异味 (7~12分)
		没有青团特有的清香 (1~6分)

转下页

接上页		滑爽, 有粘性, 不粘牙 (7~10分)
适口性 (30分)	粘性 (10分)	有粘性, 基本不粘牙 (3~6分)
		有粘性, 粘牙或者无粘性 (0~2分)
	弹性 (10分)	手按压后立即恢复, 具有较好的弹性, 有嚼劲 (8~10分)
		手按压后可慢慢恢复, 具有一定的弹性, 稍有嚼劲 (4~7分)
		手按压后不可恢复, 干燥, 感觉有渣 (0~3分)
	硬度 (10分)	软硬适中 (7~10分)
		较硬或较软 (4~6分)
		很硬或很软 (0~3分)
滋味 (25分)	纯正持久 (25分)	软糯滋润, 爽口, 有较浓郁的清香味 (16~25分)
		软糯滋润, 较爽口, 有淡淡的清香味 (7~15分)
		仅有米香味 (1~6分)
		有异味 (0分)
熟冷青团质地 (5分)	粘弹性, 硬度 (5分)	粘弹性好, 较松散, 硬度适中 (3~5分)
		粘弹性稍差, 较硬, 结团 (1~2分)
		粘弹性差, 较硬, 板结 (0分)

1.5.2 质构分析

取样后, 从中心切取长、宽、高为 2.5 cm 样品待测, 采用物性测试仪, 选择圆柱形探头 P/5。检测条件为: TPA 模式; 测试前速度 1 mm/s; 测试时速度 1/s; 测试后速度 1 mm/s; 压缩程度: 50%; 时间间隔 10 s; 压缩次数: 2 次。每个样品重复测试 3 次。质构评价参数: 硬度(使物体变形所需要的力)、粘附性(食品表面和其它物体附着时, 剥离它们所需要的力)、弹性(表示物体在外力作用下发生形变, 当撤去外力后回复原来状态的能力)、咀嚼性(指把固态食品咀嚼成能够吞咽的状态所需要的能量)、胶黏性(把半固态食品咀嚼成能够吞咽的状态所需要的能量)^[10,11]。

1.6 蛋白质含量测定

蛋白质测定: 按 GB 5009.5-2010 中微量凯氏定氮法测定。

1.7 数据分析

采用 Excel、SPSS22.0 和 Minitab 软件对数据进行统计分析, 采用 Duncan 检验进行显著性分析。其中, $p>0.05$ 表示无显著性差异, $p<0.05$ 表示有显著性差异, 实验结果以“平均值±标准误差”表示。

2 结果与讨论

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 感官分析

青团的感官评分结果如下表。从表 2 可以看出, 随着大豆分离蛋白含量的增加, 青团的外观结构、适口性以及感官总分均呈现先上升后下降的趋势, 在百分含量达到 8% 的时候分值最高。随着大豆分离蛋白含量的增加, 青团的气味值先上升后下降, 在 4% 时分值达到最高, 从滋味和熟冷质地上来说, 分值相差不大。综合以上分析, 可以得出: 当大豆分离蛋白的添加量占混合粉的 4%~8% 时, 青团的感官品质较为优良。

表 2 大豆分离蛋白的感官评分

Table 2 Sensory scores of soy protein isolate

添加量/%	外观结构	气味	适口性	滋味	熟冷青团质地	总分
2	16.25±3.75	15.60±4.38	18.20±3.36	16.25±5.86	3.90±0.00	70.20±11.77
4	17.55±3.27	17.87±5.24	21.78±7.07	14.95±4.31	3.90±0.00	76.05±5.46
6	17.55±1.68	17.23±4.91	23.08±4.56	16.25±1.68	4.23±0.65	78.32±5.95
8	18.20±1.50	15.93±4.30	25.03±6.22	17.55±2.49	4.55±0.75	81.25±7.69
10	17.55±1.68	15.93±4.42	22.10±6.37	15.93±3.42	3.58±0.65	75.08±1.24

表3 乳清蛋白的感官评分

Table 3 Sensory scores of whey protein

添加量/%	外观结构	气味	适口性	滋味	熟冷青团质地	总分
2	18.20±2.12	16.57±5.65	25.35±4.57	16.58±9.86	4.23±0.65	80.93±20.04
4	17.88±1.64	16.25±5.03	23.08±6.50	14.95±8.39	3.90±1.06	76.05±15.80
6	19.18±3.25	16.25±4.31	23.73±4.55	14.63±7.61	4.23±0.65	78.00±11.18
8	19.18±3.25	15.60±4.38	22.43±5.75	13.65±8.91	3.58±0.65	74.42±17.19
10	17.55±0.75	16.25±4.44	21.13±4.67	12.35±9.16	3.9±0.00	71.18±14.53

表4 荞麦蛋白的感官评分

Table 4 Sensory scores of buck wheat protein

添加量/%	外观结构	气味	适口性	滋味	熟冷青团质地	总分
2	17.23±2.68	15.28±3.88	23.08±5.13	15.93±4.42	3.90±0.00	75.40±6.28
4	15.28±0.65	15.93±3.88	22.10±5.91	16.58±3.73	4.23±0.65	74.10±6.10
6	17.55±3.75	15.28±3.25	21.13±6.49	15.93±3.88	4.55±1.30	74.43±9.46
8	15.28±2.88	14.63±3.88	20.15±6.23	15.28±4.79	4.88±1.95	70.20±14.43
10	16.25±3.09	14.30±3.18	22.10±7.73	14.63±3.25	3.9±0.00	71.18±9.58

表5 三种蛋白与青团质构参数的相关系数

Table 5 Correlation coefficients of the three proteins and Qingtuan's texture parameters

相关系数	硬度	粘附性	弹性	胶黏性	咀嚼性
大豆分离蛋白	-0.308	0.792	-0.480	-0.499	-0.541
乳清蛋白	-0.485	0.942**	0.436	-0.363	-0.211
荞麦蛋白	-0.732	0.847	0.554	-0.632*	-0.520*

注：“*”，“**”分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。

从表3可以看出,随着乳清蛋白含量的增加,青团的感官总分整体上逐渐递减,适口性和滋味值逐渐下降;气味值也是逐渐降低,但相差不大;从外观上来看,其分值逐渐上升,含量达到10%后,评分迅速降低,此时的面团很稀,无法成形。因此,综合青团各感官指标分值可得:当乳清蛋白的添加量占混合粉的2%~6%时,青团的感官品质较为优良。

从表4可以看出,随着荞麦蛋白含量的增加,青团的感官评分整体上呈现逐渐递减的趋势;气味和滋味值先上升后下降,含量达到4%时气味和滋味最为良好;除此之外,当荞麦蛋白的含量达到6%时,外观结构最佳。综合青团各感官指标分值可得:当荞麦蛋白的添加量占混合粉的4%~8%时,其感官品质较为优良。

2.1.2 质构分析

采用物性测试仪 TPA 模式对青团进行质构分析,并通过 SPSS 22.0 以及 Excel 软件对数据进行处理,得到表5及图1~图5。

结合表5和图1~图5可得以下结论。随着大豆分离蛋白添加量的增加,青团的粘附性值总体上逐渐上升,但均没有什么显著性差异;其硬度值先下降后上升,相比较于添加量为2%的青团,当含量达到6%时,

其硬度值显著降低(数值为195.71),此时口感最佳;其弹性值基本处于同一水平,没有什么显著性差异;其胶黏性值先下降后上升,相比较于添加量为6%的青团,当含量为2%时,其胶黏性值显著升高(数值为290.53),此时青团吃起来爽口不粘牙;其咀嚼性值先下降后上升,相比较于大豆分离蛋白添加量为2%的青团,添加量为6%的青团其咀嚼性值显著降低(数值为50.83),其它的添加量没有呈现显著性的差异,表明此含量下的青团适口性最佳。

随着乳清蛋白添加量的增加,青团的粘附性值逐渐上升,相比于其它含量的青团,当蛋白质含量为2%时,其粘附性值显著下降(数值为-2044.68),此条件下的青团适口性良好;其硬度值先下降后趋于平缓,相比较于添加量为2%的青团,其它含量的硬度值均显著降低;其弹性值均在0.8~1之间,相差不大;其胶黏性先下降趋于平缓再上升,当乳清蛋白添加量为2%时,胶黏性值最大(数值为340.27),且与其它含量下的青团存在显著性差异,此时青团吃起来爽口不粘牙;其咀嚼性值呈现显著下降趋于平缓又显著上升的趋势,在添加量为4%~8%之间,咀嚼性值均较低,吃起来更为绵软。

随着荞麦蛋白添加量的增加,青团的粘附性值总

青团的品质呈现逐渐上升的趋势,在添加量为 4%时,粘附性值最低(数值为-3744.78),且与粘附性值最高的含量存在显著性差异;其硬度值先下降后上升,相较于其它含量的青团,当荞麦蛋白添加量为 8%时,硬度值显著降低(数值为 151.09),柔软有劲道;其弹性值均无显著性差异;其胶黏性值先下降后上升,当含量为 2%~6%之间,其胶黏性均处于较高的位置,相互没有什么显著性差异,此时青团吃起来较为爽口;其咀嚼性值先下降后上升,在添加量为 8%时,青团的咀嚼性值显著性地降到了最低(数值为 48.47),此时青团的适口性最佳。

添加了蛋白质之后^[12,13],青团的质构参数有所变化,这可能是青团蒸制后黏度与淀粉流失量相关的原因。由于蛋白粉具有良好的吸水性、持水性,限制水分向表面的迁移,导致青团表面的硬度降低,咀嚼性也降低;当蛋白质添加量过多时(淀粉含量较低),青团的硬度和咀嚼性值开始上升,蛋白过多地吸取水分,面筋形成不完全,导致青团的粘附性增加。

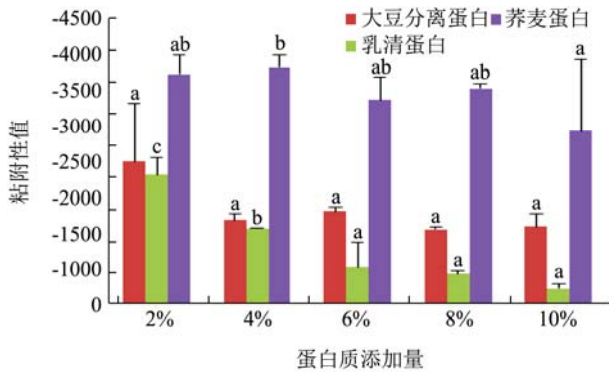


图1 蛋白添加量对青团粘附性的影响

Fig.1 Effect of protein additions on the adhesion of Qingtuan

注: a、b、c 同系列中具有不同字母的数值间差异显著 ($p < 0.05$)。下同。

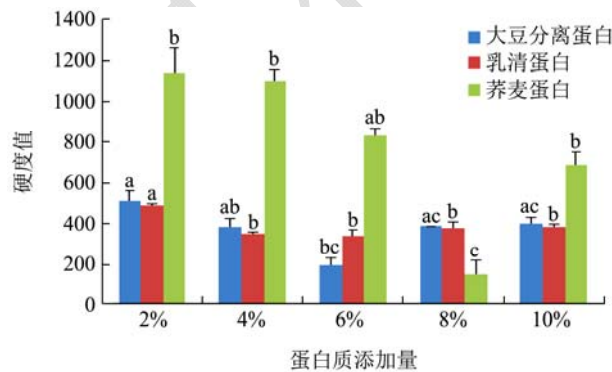


图2 蛋白添加量对青团硬度的影响

Fig.2 Effect of protein additions on the hardness of Qingtuan

硬度值、粘附性值、咀嚼性值与青团的品质呈现负相关的关系,即这三个指标的数值越小,青团就越有弹性、软绵、爽口的感觉;而弹性值、胶黏性值与

青团的品质呈现正相关的关系,即数值越大,青团吃起来柔软有劲道、爽口不粘牙。综合考虑青团的感官、质构这两个指标,得出单因素实验结果为:大豆分离蛋白的适宜添加量为 2%~6%;乳清蛋白的适宜添加量为 2%~6%;荞麦蛋白的适宜添加量为 4%~8%。这个范围的青团,其品质较为优良,粘性适中,适口性好,色泽纯正。

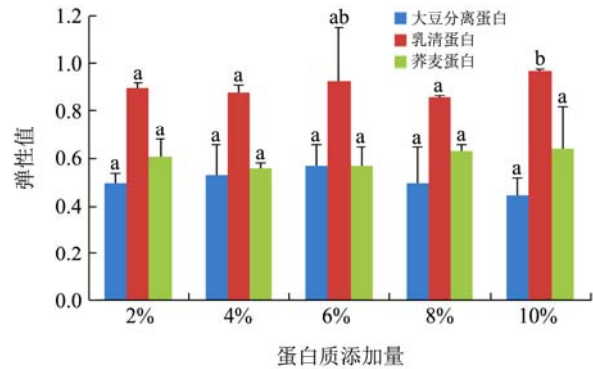


图3 蛋白添加量对青团弹性的影响

Fig.3 Effect of protein additions on the springiness of Qingtuan

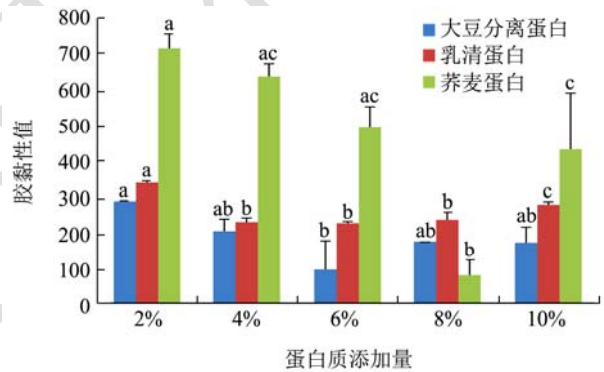


图4 蛋白添加量对青团胶黏性的影响

Fig.4 Effect of protein additions on the gumminess of Qingtuan

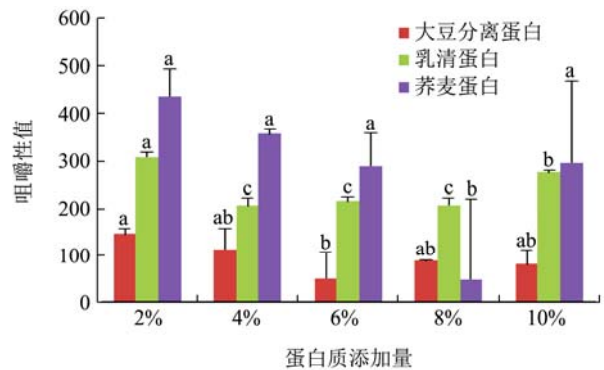


图5 蛋白添加量对青团咀嚼性的影响

Fig.5 Effect of protein additions on the chewiness of Qingtuan

2.2 正交实验结果与分析

通过 $L_{16}(4^3)$ 正交设计表,对单因素实验进行优化,实验所得数据中选择相关系数较大的粘附性作为有效数据,可以反应青团不同蛋白质添加情况下质构

参数的差异^[14]。青团的正交试验因素与水平设计表 6，青团的正交实验设计及实验结果见表 7。

表 6 正交实验因素水平设计

Table 6 Horizontal design of orthogonal experimental factors

水平	因素		
	A 大豆分离蛋白/%	B 乳清蛋白/%	C 荞麦蛋白/%
1	3	2	5
2	4	3	6
3	5	4	7
4	6	5	8

表 7 正交实验设计及结果

Table 7 Orthogonal experimental design and results

序号	A	B	C	粘附性/(g·s)
1	1	1	1	-1025.90±35.56
2	1	2	2	-1099.55±25.29
3	1	3	3	-1072.33±23.03
4	1	4	4	-1023.35±39.94
5	2	1	2	-1100.51±34.74
6	2	2	1	-1185.81±118.07
7	2	3	4	-1183.69±6.23
8	2	4	3	-1179.06±39.80
9	3	1	3	-1222.68±96.91
10	3	2	4	-1185.09±51.18
11	3	3	1	-1218.41±98.37
12	3	4	2	-1172.88±62.64
13	4	1	4	-1084.82±120.53
14	4	2	3	-1266.79±199.00
15	4	3	2	-1343.52±173.08
16	4	4	1	-1407.66±69.55

将上述正交试验结果利用 MiniTab 软件对数据进行分析，可直观地分析出所测得指标因素间的关系，结果见表 8。

表 8 正交实验极差分析

Table 8 Orthogonal experiment results mean responsetable

水平	粘附性/(g·s)		
	A 大豆分离蛋白	B 乳清蛋白	C 荞麦蛋白
\bar{k}_1	-1055	-1108	-1209
\bar{k}_2	-1162	-1184	-1179
\bar{k}_3	-1200	-1204	-1185
\bar{k}_4	-1276	-1196	-1119
R	221	96	90
排序	1	2	3
优选水平	A ₄	B ₃	C ₁

由表 9 可知，影响青团粘附性指标的次要因素为：

A>B>C，即大豆分离蛋白>乳清蛋白>荞麦蛋白，大豆分离蛋白对青团的粘附性存在显著性的差异。因此，对于青团的粘附性言，降低它的粘附性值关键因素在于提高大豆分离蛋白的含量，通过软件分析得出青团最优搭配为：大豆分离蛋白添加量为 6%，乳清蛋白添加量为 4%，荞麦蛋白添加量为 5%。

表 9 正交试验结果方差分析

Table 9 Analysis of variance of orthogonal test results

指标	因素	Adj MS	F	P	显著性
粘附性	A	33647	7.02	0.022	*
	B	7733	1.61	0.283	无
	C	5874	1.23	0.379	无

注：*表示 0.05 显著水平。

2.3 验证试验

按照软件分析的结果做验证实验，在此条件下的粘附性值为-386.81±48.50 g·s。相比于软件分析的结果，正交实验结果（-1407.66±69.55 g·s）的粘附值明显较低，因此取正交实验结果为最优配方：大豆分离蛋白添加量为 6%，乳清蛋白添加量为 5%，荞麦蛋白添加量为 5%。

2.4 蛋白质含量

利用凯氏定氮法测出最优配方青团中粗蛋白含量为 17.42%±0.40%。

3 结论

通过单因素及正交试验分析，确定了青团中蛋白质添加量的最优配方为：大豆分离蛋白的添加量为 6%，乳清蛋白的添加量为 5%，荞麦蛋白的添加量为 5%。在此条件下测出其蛋白质含量为 17.42%±0.40%，此时的青团，粘附性值为：-1407.66±69.55 g·s，适口性良好，不黏牙，感官优良，为工业化生产提供充足依据。

参考文献

[1] 王燕.大豆蛋白面包工艺优化及其品质特性研究[J].粮食与油脂,2018,31(8):55-59
WANG Yan. Study on process optimization and quality characteristics of soybean protein bread [J]. Cereals & Oils, 2018, 31(8): 55-59

[2] 张剑,李梦琴,杨振良,等.大豆粉对馒头品质影响的研究[J].粮食与饲料工业,2007,12:284-287
ZHANG Jian, LI Meng-qin, YANG Zhen-liang, et al. Study on the influence of soybean powder on the quality of steamed

- bread [J]. Cereal & Feed Industry, 2007, 12: 284-287
- [3] MD Alvarez, MD Olivares, M Blanch et al. Mashed potatoes enriched with soy protein isolate and inulin: Chemical, rheological and structural basis [J]. Food Science and Technology International, 2014, 19(5): 447-460
- [4] 于嗣祥,杨林华,徐爱玲,等.乳清的营养价值及开发利用现状[J].农产品加工,2009,8:36-41
YU Si-xiang, YANG Lin-hua, XU Ai-ling, et al. Nutrition value and development and utilization status of whey [J]. Processing of Agricultural Products, 2009, 8: 36-41
- [5] 张守文.乳清在烘焙食品中的应用[J].中国乳品工业,1990, 18(1):8-14
ZHANG Shou-wen. Application of whey in baked food [J]. China Dairy Industry, 1990, 18(1): 8-14
- [6] Si-quan Li, Q Howard Zhang. Advances in the development of functional foods from buckwheat [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2001, 6: 451-464
- [7] 郭晓娜.苦荞麦蛋白质的分离纯化及功能特性研究[D].无锡:江南大学,2006
GUO Xiao-na. Isolation, purification and functional properties of tartary buckwheat protein [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2006
- [8] 沈娜,李亦蔚,汪霞丽,等.葛根淀粉性质及改性方法研究进展[J].食品与机械,2012,28(4):245-249
SHEN Na, LI Yi-wei, WANG Xia-li, et al. Research progress on the properties and modification methods of puerarin starch [J]. Food and Machinery, 2012, 28(4): 245-249
- [9] 邹金,徐宝钗,尚雪娇,等.添加大豆分离蛋白对鲜广椒肉丸品质的影响[J].肉类研究,2018,32(4):27-32
ZOU Jin, XU Bao-chai, SHANG Xue-jiao, et al. Effects of adding soy protein isolate on the quality of guangjiao meatballs [J]. Meat Research, 2018, 32(4): 27-32
- [10] 欧全文.叶儿粑工业化技术研究[D].成都:西华大学,2013
OU Quan-wen. Ye Er Ba industrialization technology research [D]. Chengdu: Xihua University, 2013
- [11] 潘丽军,方坤,马道荣,等.复合改良剂对馒头低温储藏抗老化效果的影响[J].食品科学,2010,31(12):284-287
PAN Li-jun, FANG Kun, MA Dao-rong, et al. Effect of composite modifiers on anti-aging effect of taro head storage [J]. Food Science, 2010, 31(12): 284-287
- [12] 杨庭,吴娜娜,王娜,等.挤压改性糙米-小麦混合粉糊化特性与面条品质关系研究[J].粮油食品科技,2014,22(6):6-10
YANG Ting, WU Na-na, WANG Na, et al. Study on the relationship between pulverised characteristics of extruded modified brown rice and wheat and noodle quality [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foodstuffs, 2014, 22(6): 6-10
- [13] 王瑞红,朱笛,陈复生,等.质构化大豆蛋白对面粉糊化特性及面条品质的影响[J].河南工业大学学报,2017,38(2):33-39
WANG Rui-hong, ZHU Di, CHEN Fu-sheng, et al. Effects of textural soybean protein on flour gelatinization and noodle quality [J]. Journal of Henan University of Technology, 2017, 38(2): 33-39
- [14] 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,2016,34:31-38
YANG Wei, YAN Yan-jun, LIU Li-ya, et al. Optimization of quality evaluation methods for wheat steamed bread [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34: 31-38

(上接第 197 页)

- [28] 金子,林影,黄登峰,等.展示南极假丝酵母脂肪酶 B 的毕赤酵母全细胞催化合成短链芳香酯[J].生物工程学报,2009, 25(12):1927-1932
JIN Zi, LIN Ying, HUANG Deng-feng, et al. Synthesis of flavor esters catalyzed by CALB-displaying *Pichia pastoris* whole-cells in non-aqueous phase [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2009, 25(12): 1927-1932
- [29] JIN Zi, Janvier Ntwali, LIN Ying, et al. Geranyl Butyrate Production by *Candida antarctica*, lipase B-Displaying *Pichia pastoris* [M]. Advances in Applied Biotechnology. Springer Berlin Heidelberg, 2015
- [30] 孙海龙.脂肪酶处理清香型白酒丢糟生成香气物质的研究[D].石家庄:河北科技大学,2013
SUN Hai-long. Research of the lipase used on the esterification of organic acid in Fng Liquor's Lees. [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2013