

豆渣酥性饼干和韧性饼干的 研制及其质构特性比较

李燮昕, 王 鑫, 刘世洪, 王艺霏

(四川旅游学院食品学院, 四川成都 610100)

摘 要: 通过综合评价法建立函数, 在前期单因素试验基础上设计正交试验, 结合感官和质构指标分析, 确定了豆渣酥性饼干和韧性饼干的配方。得到的酥性饼干最优配方为豆渣 10 g、黄油 80 g、蛋液 40 g、糖粉 35 g。豆渣韧性饼干最佳配方为豆渣 2 g、糖粉 35 g、蛋白 50 g、蛋黄 40 g。通过最优配方制得的豆渣酥性饼干和韧性饼干质构和感官比较分析, 发现添加豆渣粉对酥性饼干的质构特性影响更大。

关键词: 豆渣粉; 酥性饼干; 韧性饼干; 质构分析

Development and texture comparison of soybean residue crisp biscuit and semi-hard biscuit

LI Xie-xin, WANG Xin, LIU Shi-hong, WANG Yi-fei

(College of Food Science, Sichuan Tourism College, Chengdu 610100, Sichuan, China)

Abstract: Based on the previous single factor experiment, orthogonal experiment was taken to study the best formula of both the soybean residue crisp biscuit and soybean residue semi-hard biscuit based on the comprehensive evaluation of sensory analysis and texture analysis. It turned out that the best formula of soybean residue crisp biscuit was as follows: soybean residue 10 g, butter 80 g, egg 40 g, sugar powder 35 g; and the best formula of semi-hard biscuit was as follows: soybean residue 2 g, sugar powder 35 g, egg white 50 g, egg yolk 40 g. According to the comparison of texture analysis between soybean residue crisp biscuit and semi-hard biscuit, it can be concluded that the influence of adding soybean residue into crisp biscuit was bigger than that in semi-hard biscuit on texture analysis.

Key words: soybean residue powder; crisp biscuit; semi-hard biscuit; texture analysis

中图分类号: TS213.22 文献标志码: A 文章编号: 1008-9578(2021)08-0078-07

大豆经加工处理后可生产 30%~40% 的湿豆渣^[1], 而我国是大豆生产大国, 所以豆渣资源非常丰富。豆渣的营养性最近几年受到了大家的重视, 但是豆渣的糙感和不易储存性^[2], 都待再加工改变。饼干作为一种老少咸宜的休闲食品, 广受消费者喜爱, 但是饼干存在含糖量、热量较高的缺点, 而且不容易产生饱腹感, 很容易使消费者食用热量超标。本文通过研制豆渣饼干, 不仅降低了糖油用量, 减低热量, 而且容易让人产生饱腹感, 减少了消费者对于热量的摄入, 是更为健康的一款休闲饼干。通过比较豆渣酥性饼干和韧性饼干的品质特

性, 为豆渣饼干的进一步工业化生产提供一定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

面粉(低筋面粉), 南顺香港集团工厂; 安佳牌黄油, 新西兰恒天然集团; 大豆、鸡蛋、糖粉、无铝泡打粉, 市售。

1.2 仪器与设备

DS-1 高速组织捣碎机, 上海标本模型厂; FW-100 高速万能粉碎机, 北京中兴伟业仪器有限公司; SC-20L 型双速立式搅拌机, 广州三麦机械设备有限公司

收稿日期: 2019-06-18

基金项目: 2016 烹饪科学四川省高等学校重点实验室项目(PRKX2016Z10)

作者简介: 李燮昕(1984—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为食品加工技术。

公司;长帝 CKF-52GS 烤箱,佛山市伟仕达电器实业有限公司;TMS-PRO 食品物性分析仪,美国 FTC 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

1.3.1.1 豆渣

大豆→浸泡→捣碎→烘干→粉碎→过筛→成品

1.3.1.2 豆渣酥性饼干

豆渣处理→原料准备→混合→揉团→塑形装盘→烘烤

1.3.1.3 豆渣酥性饼干

原料准备→蛋清蛋黄分离→发泡→搅拌→塑形装盘→烘烤

1.3.2 基础配方^[3]

1.3.2.1 豆渣酥性饼干

低筋面粉 100 g、黄油 70 g、蛋液 50 g、糖粉 30 g、水 30 g。

1.3.2.2 豆渣韧性饼干

低筋面粉 70 g、糖粉 40 g、蛋白 55 g、蛋黄 35 g、柠檬汁少许。

1.3.3 操作要点^[4]

1.3.3.1 豆渣酥性饼干

原料准备:将预处理好的豆渣粉、低筋面粉、糖粉、蛋液、清水分别按配方称好,备用。

混合:将称量好的黄油和糖粉(原料选择时,注意颗粒大小,避免混合过程由于糖粒太大,搅拌不完全)进行混合,保证混合均匀。分3次将打好的蛋液加入混合好的糖油中,然后分次加入清水,使之充分混合,保证水油混合均匀。

揉面:将称量好的豆渣粉与低筋面粉按一定比例混合,加入到前面混合好的材料中,揉制成面团。

塑形装盘:将面团装入裱花袋中,在预热好的烤盘上间隔挤成一定的形状。

烘烤:将塑好形的饼干放入设好温度的烤箱,在面火 180 ℃、底火 160 ℃ 条件下,烘烤 18 min。

1.3.3.2 豆渣韧性饼干

原料准备:将预处理好的豆渣粉、低筋面粉、糖粉、柠檬汁等原料按配方称好,备用。

蛋清蛋黄分离:洗净新鲜鸡蛋后,将蛋清和蛋黄分离,若发现有破黄蛋则丢弃,以保证得到较好的分离效果。称好,备用。

发泡:将糖粉倒入蛋黄液中,打发至糖粉完全融化,搅打均匀,避免糖粉结成小颗粒。将蛋白液打发至硬性发泡,加入少许柠檬汁。

搅拌:将蛋黄糊倒入蛋白糊中,搅拌均匀,将豆渣粉和低筋面粉按配方筛入其中,翻拌均匀,成为饼干糊。

塑形装盘:将饼干糊装入带有圆形裱花嘴的裱花袋中,在预热好的烤箱上挤成手指长的长条状。

烘烤:在面火、底火各 180 ℃ 条件下,烘烤 12 min。

1.3.4 TPA 质构特性的测定^[5]

选用 TA/BS 剪切探头,测试之前探头下降的速度为 5.0 mm/s;测试时探头下降速度为 1.7 mm/s;测试后速度为 10 mm/s;压缩程度为 40%;两次压缩之间停留时间为 5 s;每个样品平行测试 3 次,取其平均值。选用硬度、内聚性 Ratio、胶黏性、咀嚼性 4 个指标来判断饼干的品质。

1.3.5 感官评价^[6-7]

1.3.5.1 豆渣酥性饼干

从形态、色泽、风味和口感 4 个方面,挑选有相关经验的人员进行评分,标准如表 1 所示^[8]。

表 1 豆渣酥性饼干感官评分标准

项目	评分标准	得分
形态	外形完整,厚薄均匀,不变形,不起泡,没有凹底,断面结构有层次,没有大的空洞	16~20
	外形较完整,厚薄较均匀,不变形,不起泡,没有明显凹底,断面结构较有层次,没有大的空洞	8~15
	外形不完整,厚薄不均匀,有变性和起泡,有凹底,断面结构基本无层次,有明显空洞	0~7
色泽	棕黄色或该产品应有的色泽,色泽基本均匀,无白粉,没有过白、过焦的现象	16~20
	浅黄色,色泽基本均匀,无白粉,没有过白、过焦的现象	8~15
	无该产品应有的色泽,色泽不均匀,有白粉、过焦的现象	0~7
风味	醇厚芳香,具有该品种应有的香味(豆渣独特的味道及酥性饼干的香味),无异味	22~30
	芳香味较好,有豆渣风味,无明显异味	8~21
	无芳香味,无豆渣饼干独特味道,有异味	0~7
口感	甜度适中,酥脆,口感细腻,不粘牙	22~30
	甜度较适中,较酥脆,口感较细腻,不粘牙	8~21
	过甜或无甜味,较硬,口感不细腻,粘牙	0~7

1.3.5.2 豆渣韧性饼干

从形态、色泽、风味、口感 4 个方面,挑选有相关经验的人员进行评分,标准如表 2 所示。

表2 豆渣韧性饼干的感官评价标准

项目	评价标准	得分
形态	形态完整,花纹清晰,厚薄均匀,不收缩,不变形,不起泡,无凹底,断面结构有层次或呈多孔状,无大孔洞	16~20
	形态较完整,花纹较清晰,厚薄基本均匀,不收缩,不起泡,无较大或较多凹底,断面结构较有层次,无大孔洞	8~15
	形态不完整,花纹不清晰,厚薄不均匀,有收缩,变形,有明显凹底断面无层次,有较大孔洞	0~7
色泽	呈棕黄色或金黄色,色泽基本均匀,表面有光泽,无过焦黄、过白现象	16~20
	呈浅黄色,色泽基本均匀,表面较有光泽,基本无过焦黄、过白现象	8~15
	无产品应有颜色,色泽不均匀,表面无光泽,有过焦黄、过白现象	0~7
风味	有较浓郁的芳香味,具有该品种应有的香味,并有淡淡的豆渣香味,无异味	22~30
	芳香味一般,有该品种应有的香味,有较淡的豆渣香味,无异味	8~21
	无芳香味,无该品种应有香味,无豆渣香味,有异味	0~7
口感	甜度适中,口感松脆细腻,不粘牙,无杂质感	22~30
	甜度一般,口感较松脆细腻,不粘牙,基本无杂质感	8~21
	过甜或无甜味,口感太硬,不够细腻,粘牙,有杂质感	0~7

1.3.6 综合评分计算

参考李曼昕等^[8]计算方法,测定样品的质构以及感官数据,归一化后利用公式(1)进行计算最终得分。

$$Z = 0.1U_1 + 0.1U_2 + 0.2U_3 + 0.1U_4 + 0.5U_5 \quad (1)$$

式中: Z 为综合得分; U_1 为硬度归一化后的值; U_2 为内聚性归一化后的值; U_3 为胶黏性归一化后的值; U_4 为咀嚼性归一化后的值; U_5 为感官评分归一化后的值。

1.3.7 单因素试验设计

1.3.7.1 豆渣酥性饼干

通过文献查阅^[9]及预试验的结果确定豆渣酥性饼干的单因素及水平。在豆渣酥性饼干基本配方的基础上,考察不同豆渣粉添加量、不同黄油添加量、不同蛋液添加量、不同糖粉添加量对豆渣酥性饼干的品质影响。

1.3.7.2 豆渣韧性饼干

通过文献查阅^[10]及预试验的结果确定豆渣韧性饼干的单因素及水平。在豆渣韧性饼干基本配方的基础上,考察不同豆渣粉添加量、不同蛋白液添加量、不同蛋黄液添加量、不同糖粉添加量对豆渣韧性饼干的品质影响。

1.3.8 正交试验设计

1.3.8.1 豆渣酥性饼干

在单因素试验结果的基础上,选择豆渣粉、黄

油、蛋液、糖粉添加量为4个因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验。试验因素水平见表3。

表3 豆渣酥性饼干正交试验因素水平表

水平	因素			
	A 豆渣粉添加量	B 黄油添加量	C 蛋液添加量	D 糖粉添加量
1	8	70	30	30
2	10	80	40	35
3	12	90	50	40

1.3.8.2 豆渣韧性饼干

在单因素试验结果的基础上,选择豆渣粉、蛋白液、蛋黄液、糖粉添加量为4个因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验。因素水平见表4。

表4 豆渣韧性饼干正交试验因素水平表

水平	因素			
	E 豆渣粉添加量	F 糖粉添加量	G 蛋白液添加量	H 蛋黄液添加量
1	2	35	50	30
2	5	40	55	35
3	8	45	60	40

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 豆渣酥性饼干

2.1.1.1 豆渣粉添加量对豆渣酥性饼干的品质影响

由图1可知:在酥性饼干中,随着豆渣粉添加量的上升,酥性饼干的综合评分逐渐上升,当豆渣粉添加量为10 g时,综合评分达到最高0.58,当豆渣粉添加量在10 g以上时,酥性饼干的品质

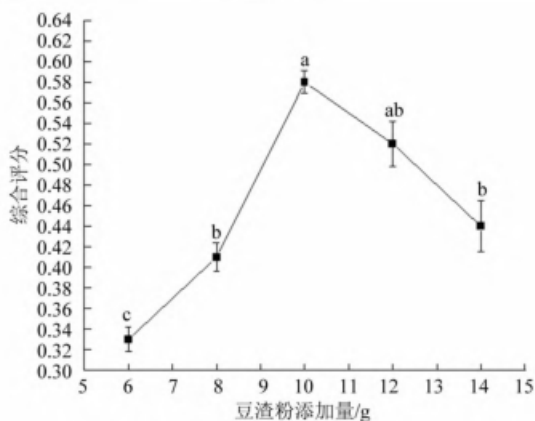


图1 豆渣粉添加量对酥性饼干的品质影响

注:不同字母代表存在显著性差异($P < 0.05$),下同。

逐渐降低。在豆渣粉添加量较少时,对饼干的影响不显著,豆渣粉所具有的风味较少,加入适量的豆渣粉使得面团筋的形成减少,增强饼干的酥性。但当豆渣粉添加量过多时,会对饼干产生消极作用,影响口感。因此,确定豆渣粉最宜添加量为 10 g。

2.1.1.2 黄油添加量对豆渣酥性饼干的品质影响

黄油具有疏水性,能阻止面粉中的蛋白质吸水膨胀,控制面筋的形成,从而降低面团的内聚力,使饼干面团酥软,弹性低,可塑性强,饼干成品滋润。由图 2 可知:酥性饼干的品质随着黄油添加量的上升而上升,当黄油添加量为 80 g 时,酥性饼干的品质达到最佳,综合评分为 0.58。当黄油添加量大于 80 g 时,饼干品质下降。黄油本身的奶香味能够增加饼干的感官评分,其疏水性对饼干的质构产生一定的影响,这是因为当添加适量黄油时,提升了饼干品质,但添加量过多则会使奶香味过于浓郁,感官得分下降,且由于面团内聚力过低,饼干成型效果也会降低。因此,确定黄油最宜添加量为 80 g。

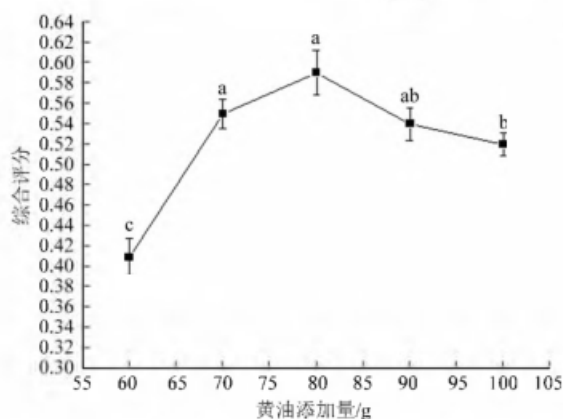


图2 黄油添加量对酥性饼干的品质影响

2.1.1.3 蛋液添加量对豆渣酥性饼干的品质影响

鸡蛋中的蛋白质受热后凝固,使饼干成熟后体积更大,口感有一定的柔韧性。由图 3 可知:随着蛋

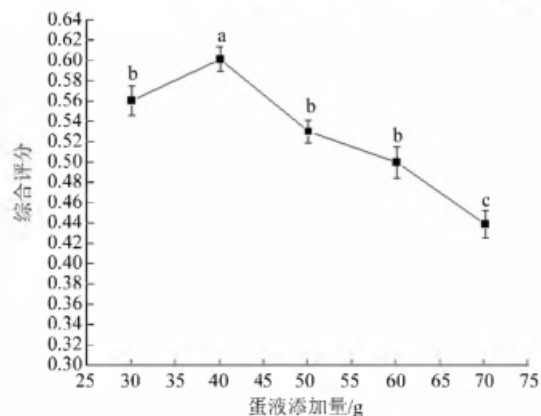


图3 蛋液添加量对酥性饼干的品质影响

液添加量的上升,饼干的品质也在上升。当蛋液添加量为 40 g 时,评分为 0.60 达到最高,当蛋液添加量大于 40 g 时,酥性饼干的品质开始下降。因此,确定蛋液最宜添加量为 40 g。

2.1.1.4 糖粉添加量对豆渣酥性饼干的品质影响

在饼干原料的搅打过程中,糖粉能够帮助全蛋或蛋白形成浓稠而持久的泡沫,也能帮助黄油打成膨松状的组织,使面糊光滑细腻,产品柔软,从而提升饼干的品质。由图 4 可知:随着糖粉添加量的增加,饼干的品质逐渐上升,当糖粉添加量为 40 g 时,得分为 0.60,达到最佳。当糖粉添加量大于 40 g 后,饼干的品质开始下降,这可能是由于过多的糖粉会使得饼干甜度过大,影响口感。因此,确定糖粉最佳添加量为 40 g。

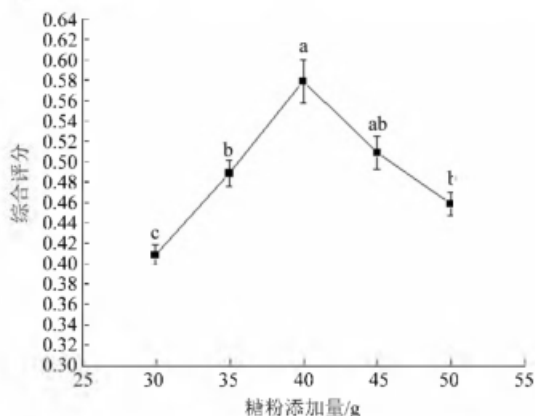


图4 糖粉添加量对酥性饼干的影响

2.1.2 豆渣韧性饼干

2.1.2.1 豆渣粉添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

由图 5 可知:随着豆渣粉添加量的上升,其综合评分值逐渐上升,当豆渣粉添加量为 5 g 时,综合评分达到最佳,为 0.58。当豆渣粉添加量大于 5 g 时,随着豆渣粉添加量的增加,综合评分值逐渐下降,且

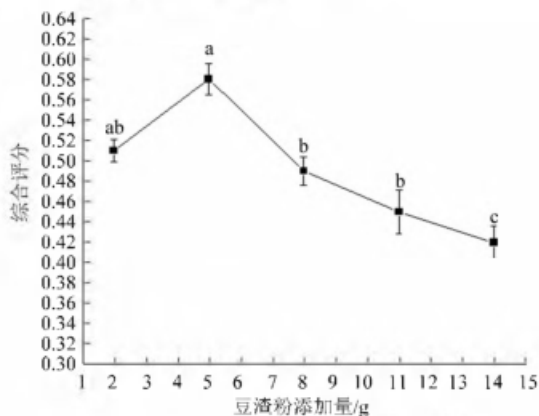


图5 豆渣粉添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

下降趋势显著。综合以上结果,表明适量的豆渣粉对豆渣韧性饼干的品质有着一定的提升作用,但当豆渣粉添加量过多时会适得其反,因此,确定豆渣粉最宜添加量为5 g。

2.1.2.2 糖粉添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

由图6可知:不同糖粉添加量的豆渣韧性饼干之间,综合评分存在显著差异。随着糖粉添加量的增加,豆渣韧性饼干的品质逐渐上升,当糖粉添加量为40 g时,豆渣韧性饼干的品质最佳,综合评分为0.58,当糖粉添加量大于40 g时,豆渣韧性饼干品质逐渐下降。因此,确定糖粉最宜添加量为40 g。

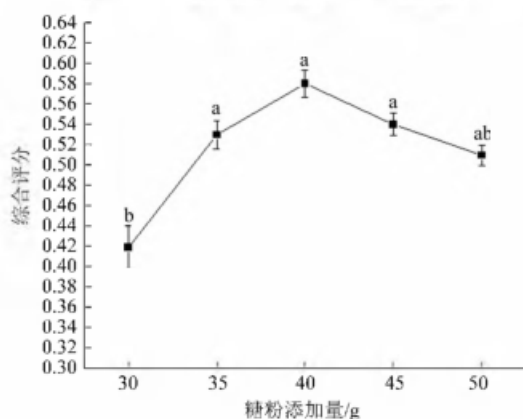


图6 糖粉添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

2.1.2.3 蛋白液添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

蛋白液和蛋黄液中的蛋白质和脂肪含量不同,蛋白液中蛋白质较多,且几乎不含脂肪,蛋黄液中则脂肪较多,且大多对人体有益。因此,可通过控制蛋白液和蛋黄液添加量,从而控制蛋白质与脂肪的含量。由图7可知:随着蛋白液的增加,豆渣韧性饼干的综合评分逐渐上升,当蛋白液添加量为55 g时,得分最高,为0.57。当蛋白液添加量大于55 g

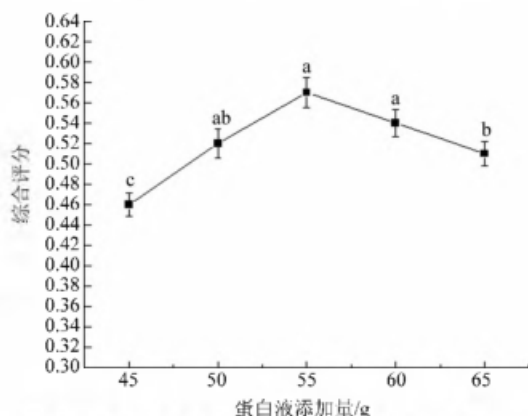


图7 蛋白液添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

后,随着蛋白液添加量的增加,豆渣韧性饼干品质开始下降,因此,确定蛋白液最宜添加量为55 g。

2.1.2.4 蛋黄液添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

由图8可知:随着蛋黄液添加量的增加,豆渣韧性饼干的品质逐渐上升,当蛋黄液添加量为35 g时,豆渣韧性饼干的品质最佳,综合得分为0.53。但当蛋黄液添加量大于35 g后,豆渣韧性饼干的品质逐渐下降。因此,确定蛋黄液最宜添加量为35 g。

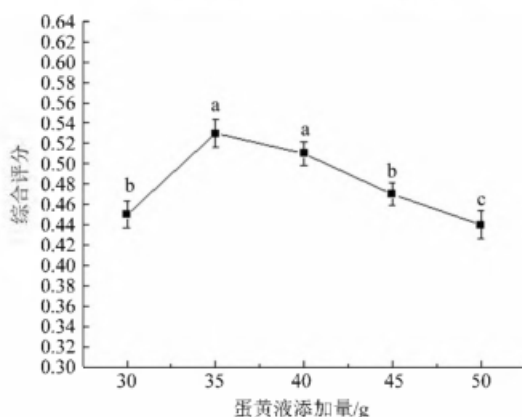


图8 蛋黄液添加量对豆渣韧性饼干的品质影响

2.2 正交试验结果

2.2.1 豆渣酥性饼干

试验结果见表5。

表5 酥性饼干正交试验结果表

试验号	A	B	C	D	硬度/ N	内聚性	胶黏 性/N	咀嚼 性/mJ	感官 评价
1	1	1	1	1	118.75	0.18	44.90	11.35	82.00
2	1	2	2	2	137.00	0.05	18.20	8.45	85.30
3	1	3	3	3	137.45	0.15	35.40	6.91	86.40
4	2	1	2	3	138.90	0.02	31.65	3.75	88.30
5	2	2	3	1	126.60	0.01	31.05	1.13	91.00
6	2	3	1	2	123.10	0.01	41.30	0.86	80.30
7	3	1	3	2	135.60	0.10	23.95	5.19	81.30
8	3	2	1	3	96.35	0.32	39.00	9.60	83.00
9	3	3	2	1	100.70	0.25	32.95	10.01	81.70
k_1	0.32	0.38	0.45	0.38					
k_2	0.59	0.52	0.46	0.56					
k_3	0.41	0.42	0.42	0.38					
R	0.27	0.14	0.04	0.18					

由表5可知:4个因素对最终产品品质的影响从大到小依次为 $A > D > B > C$,即豆渣粉添加量 > 糖粉添加量 > 黄油添加量 > 蛋液添加量。比较 k

值,得出酥性饼干的最佳配方组合为 $A_2B_2C_2D_2$,即最佳配方为豆渣粉 10 g、黄油 80 g、蛋液 40 g、糖粉 35 g。同时通过表 6 方差分析可知,4 种添加量对产品均有显著影响。

表 6 酥性饼干正交试验方差分析表

变异来源	Ⅲ型平方和	自由度	均方	F 值	P 值
A	0.238	2	0.119	368.603	<0.001 **
B	0.064	2	0.032	99.431	<0.001 **
C	0.005	2	0.002	7.724	0.009 *
D	0.141	2	0.071	218.810	0.001 **
误差	0.003	9	0.000		

注: $R^2=0.994$ (调整 $R^2=0.988$);*表示差异显著($P<0.05$);**表示差异极显著($P<0.01$)。

2.2.2 豆渣韧性饼干

试验结果见表 7。

表 7 韧性饼干正交试验结果表

试验号	E	F	G	H	硬度/ N	内聚性	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ	感官 评价
1	1	1	1	1	118.75	0.18	44.90	11.35	81.00
2	1	2	2	2	137.00	0.05	18.20	8.45	85.15
3	1	3	3	3	137.45	0.15	35.40	6.91	87.20
4	2	1	2	3	138.90	0.02	31.65	3.75	89.15
5	2	2	3	1	126.60	0.01	31.05	1.13	90.50
6	2	3	1	2	123.10	0.01	41.30	0.86	80.15
7	3	1	3	2	135.60	0.10	23.95	5.19	81.65
8	3	2	1	3	96.35	0.32	39.00	9.60	84.00
9	3	3	2	1	100.70	0.25	32.95	10.01	81.85
k_1	0.60	0.55	0.57	0.57					
k_2	0.46	0.54	0.54	0.46					
k_3	0.57	0.54	0.52	0.61					
R	0.14	0.01	0.05	0.15					

由表 7 可知:对最终产品的影响从大到小依次为 $H>E>G>F$,即蛋黄液添加量>豆渣粉添加量>

蛋白液添加量>糖粉添加量。比较 k 值,得出豆渣酥性饼干的最佳配方组合为 $E_1F_1G_1H_3$,即最佳配方为豆渣 2 g、糖粉 35 g、蛋白 50 g、蛋黄 40 g。同时通过表 8 中方差分析可知,4 种添加量对产品均有显著影响。

表 8 韧性饼干正交试验方差分析表

变异来源	Ⅲ型平方和	自由度	均方	F 值	P 值
E	0.117	2	0.058	93.113	<0.001 **
F	0.033	2	0.017	26.668	0.001 **
G	0.035	2	0.018	28.261	0.011 *
H	0.079	2	0.039	62.823	<0.001 **
误差	0.006	9	0.001		

注: $R^2=0.969$ (调整 $R^2=0.941$);*表示差异显著($P<0.05$);**表示差异极显著($P<0.01$)。

2.3 豆渣酥性饼干和韧性饼干的质构比较

由表 9 可知:酥性饼干的硬度显著高于韧性饼干,但韧性饼干的内聚性、胶黏性、咀嚼性均高于酥性饼干。通过对比空白饼干组,发现豆渣的添加对酥性饼干和韧性饼干的硬度、咀嚼性等都有一定影响。对比空白组,豆渣酥性饼干硬度显著增加,达到了 137.00 N,内聚性降低,胶黏性减少,咀嚼性显著减少。这是因为酥性饼干需要一定的起酥性和疏松性,但豆渣的添加会使饼干中面筋形成减少,起酥性和疏松性也会降低,从而在一定程度上影响酥性饼干的整体口感,但是由于豆渣的添加带来了特殊的风味和口感,所以豆渣酥性饼干的感官评价较之空白组差异不大。

虽然豆渣韧性饼干的质构特性相比空白韧性饼干,硬度提升并不显著,且内聚性、胶黏性、咀嚼性都有轻微减小,但是感官评分却显著增加。这是因为豆渣不易形成面筋,使豆渣韧性饼干的韧性和硬度提升,整体感官评分相对增加。

表 9 豆渣酥性饼干和韧性饼干的质构特性对比

饼干种类	硬度/N	内聚性	胶黏性/N	咀嚼性/mJ	感官评价
空白酥性	110.50±0.33 ^{bc}	0.12±0.02 ^{bc}	26.80±0.13 ^c	12.25±0.46 ^a	81.65±0.63 ^a
豆渣酥性	137.00±1.25 ^a	0.05±0.01 ^c	18.20±0.63 ^d	8.45±0.23 ^c	80.48±0.82 ^b
空白韧性	104.80±1.03 ^c	0.26±0.04 ^a	50.60±0.14 ^a	13.35±0.35 ^a	75.25±0.38 ^b
豆渣韧性	118.75±0.36 ^b	0.18±0.01 ^b	44.90±1.02 ^b	11.35±0.43 ^b	80.50±1.05 ^a

注:同列不同字母 abc 表示组间存在显著性差异 $P<0.05$ 。

比较豆渣酥性饼干与豆渣韧性饼干发现,添加豆渣对酥性饼干的质构特性影响极大,对感官评价的影响较小。添加豆渣对韧性饼干的质构和感官评价的影响都较明显。

2.4 验证实验

通过 3 次验证实验可知,使用最佳配方制作的豆渣酥性饼干其硬度为 (137.00 ± 0.25) N,内聚性为 (0.05 ± 0.03) ,胶黏性为 (18.20 ± 0.14) N,咀嚼性为 (8.445 ± 0.49) mJ,感官评分为 (85.30 ± 0.85) 。通过 3 次验证实验可知,由最佳配方制作

的豆渣韧性饼干其硬度为 $(118.75.00 \pm 0.17) \text{ N}$,内聚性为 (0.18 ± 0.12) ,胶黏性为 $(44.90 \pm 0.03) \text{ N}$,咀嚼性为 $(11.355 \pm 0.73) \text{ mJ}$,感官评分为 (81.30 ± 0.17) 。

3 结论

通过正交优化试验得到豆渣酥性饼干的最佳配方为豆渣 10 g、黄油 80 g、蛋液 40 g、糖粉 35 g。豆渣韧性饼干的最佳配方为豆渣添加量 2 g、糖粉添加量 35 g、蛋白添加量 50 g、蛋黄添加量 40 g。与空白对照组相比,加入豆渣后的韧性饼干和酥性饼干在硬度、咀嚼性等质构特性方面都有一定影响。韧性饼干韧性和硬度方面共同提升带来口感提高,感官评价正向改良,而酥性饼干硬度增加较多,酥性口感降低,但是豆渣带来的特殊风味又一定程度上弥补了塑性降低带来的不足,感官评价整体和空白组差异不大。

〔参考文献〕

[1] 张绪霞,陈卫梅,董海洲,等.大豆膳食纤维的营养

功能特性及开发前景[J].中国食物与营养,2007(2):49-51.

[2] 孙瑞,叶妍,马赛,等.豆粕韧性饼干的研制[J].食品与发酵科技,2018,54(2):52-56.

[3] 谢辉,何艾,窦志浩,等.木薯营养酥性饼干的研制[J].食品工业,2013,34(6):4-7.

[4] 宋莲军,张莹,李争艳.豆渣饼干工艺条件的优化[J].食品与发酵工业,2010,36(10):112-116.

[5] 王瑞霞,甄宏伟,牟建楼,等.豆渣纤维饼干关键技术研究[J].食品工业,2014,35(7):113-116.

[6] 张水华,徐树来,王永华.食品感官分析与实验[M].北京:化学工业出版社,2010.

[7] 李佳芳,李燮昕,衡亚荣.豆渣膳食纤维杯子蛋糕的研制[J].粮食与饲料工业,2018(1):37-41.

[8] 李燮昕,王鑫,刘世洪,等.速冻披萨饼坯品质改良剂的筛选[J].粮油食品科技,2020,28(1):34-39.

[9] 宋蕾,钱海峰,王立,等.煮制对酥性饼干中燕麦颗粒质构的影响及工艺优化[J].食品科技,2018,43(11):172-178.

[10] 杜亚军,杨春.大麦麦绿素韧性饼干的制备[J].粮食与饲料工业,2016(9):36-39.

(上接第77页)

3 结论

本研究采用超声波辅助水提法提取花椰菜中的多糖,在单因素试验基础上采用正交试验得出花椰菜多糖的最佳提取工艺条件:超声波功率 400 W、料液比 1:40(g/mL)、提取温度 80℃、提取时间 40 min。验证实验表明,在优化得到的工艺条件下提取花椰菜多糖,提取率高达 9.29%,表明该工艺条件稳定可行,可为花椰菜多糖的工业化生产提供一定的数据参考。花椰菜多糖的稳定性试验结果表明,适当高温有利于花椰菜多糖的溶解,但当温度高于 80℃,花椰菜多糖稳定性较差;花椰菜多糖在 pH 6~8 条件下比较稳定,而当 pH < 6 或 pH > 8 时,花椰菜多糖会发生降解而不能稳定存在;在试验浓度范围内,花椰菜多糖对氧化剂 H_2O_2 比较敏感,氧化剂 H_2O_2 对花椰菜多糖有一定的破坏作用,而还原剂 Na_2SO_3 对花椰菜多糖影响较小,花椰菜多糖在 Na_2SO_3 中稳定性较好。本研究结果可为花椰菜多糖的进一步开发利用提供一定的科学依据和理论参考。

〔参考文献〕

[1] 申利红,王建森,李雅,等.植物多糖的研究及应用进展[J].中国农学通报,2011,27(2):349-352.

[2] 林俊,李萍,陈靠山.近5年多糖抗肿瘤活性研究进展[J].中国中药杂志,2013,38(8):1116-1125.

[3] ZHANG D H, WU H G, XIA Z M, et al. Partial characterization, antioxidant and antitumor activities of three sulfated polysaccharides purified from *Bullacta exarata* [J]. Functional Foods, 2012, 4(4): 784-792.

[4] 苗月,任桂红,甄东,等.蛹虫草多糖调节小鼠巨噬细胞 RAW264.7 免疫活性的分子机制[J].食品科学,2019,40(9):188-194.

[5] 郭容芳,黄忠凯,邓延平,等.不同品种花椰菜的芽菜营养品质分析[J].福建农业学报,2017,32(6):607-612.

[6] 薛惠琴,原现军,杭怡琼,等.添加麸皮对花椰菜茎叶青贮发酵特性和营养价值的影响[J].上海农业学报,2013,29(4):27-30.

[7] AI Z Z, HONG Z C, FENG S W. Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90(4): 1395-1410.

[8] 黎晨晨,张煜,迟逍遥,等.响应面法优化花椰菜总黄酮提取工艺的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2018,39(2):87-92.

[9] 丁云花,何洪巨,赵学志,等.不同类型花椰菜主要营养品质分析[J].中国蔬菜,2016(4):58-63.

[10] 李润丰,常学东,狄小丽.蒽酮-硫酸法测定板栗多糖含量[J].河北科技师范学院学报,2010,24(2):54-59.