

红枣枸杞饼干的研制及品质分析

付文军^{1,2}, 孙 鹤^{1,2}, 李雯雯¹, 汪雅馨^{1,2}, 闵照永³

(1. 信阳农林学院 食品学院, 河南 信阳 464000; 2. 河南省大别山特色食物资源综合利用工程技术研究中心, 河南 信阳 464000; 3. 鹤壁职业技术学院 食品工程学院, 河南 鹤壁 458030)

摘要:为制得一款营养丰富的红枣枸杞饼干, 首先开展单因素试验, 探究红枣粉、枸杞粉、核桃油、红糖和牛奶添加量对饼干品质的影响; 然后以感官评分为评价指标, 采用正交试验法优化红枣枸杞饼干的工艺配方。研究表明: 红枣枸杞饼干的最佳配方为每 100 g 低筋面粉添加红枣粉 15 g、枸杞粉 7 g、核桃油 25 g、红糖 20 g、牛奶 25 g、鸡蛋 25 g。按照该配方制作的红枣枸杞饼干色泽均匀, 品质佳, 具有红枣和枸杞特有的风味, 无异味, 口感酥松, 不粘牙, 膳食纤维质量分数达 3.9%。

关键词: 红枣; 枸杞; 正交优化; 饼干; 品质分析

中图分类号: TS274

文献标志码: A

文章编号: 1674-2214(2023)02-0085-07

Development and quality analysis of red jujube medlar biscuit

FU Wenjun^{1,2}, SUN He^{1,2}, LI Wenwen¹, WANG Yaxin^{1,2}, MIN Zhaoyong³

(1. College of Food Science, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China; 2. Henan Province Dabie Mountain Characteristic Food Resources Comprehensive Utilization Engineering Technology Research Center, Xinyang 464000, China; 3. School of Food Engineering, Hebi Polytechnic College, Hebi 458030, China)

Abstract: In order to make a nutritious Chinese date and wolfberry biscuit, the effect of the amount of red date powder, wolfberry powder, walnut oil, brown sugar, milk on the quality of biscuits was first studied by single factor experiment. Then, the optimal formula of Chinese date and wolfberry biscuit based on sensory score was optimized by orthogonal experiment. The results showed that the optimal formula of Chinese date and wolfberry biscuits was as follows: 15 g red date powder, 7 g wolfberry powder, 25 g walnut oil, 20 g brown sugar, 25 g milk and 25 g egg per 100 g low-gluten flour. According to this formula, the prepared red dates and medlar cookies are uniform in color, with good quality, unique flavor of red dates and medlar, no peculiar smell, crisp taste, non-sticky teeth, and 3.9% dietary fiber.

Keywords: red jujube; Chinese wolfberry; orthogonal optimization; biscuit; quality analysis

红枣是国内已知的主要药用植物之一^[1], 属鼠李科枣属草本植物, 主要产地在山东、河北等地; 其产量仅次于苹果、柑橘和梨子, 被誉为中国第六大水果^[2-3]。红枣富含多种多糖和多酚类物质, 以及核苷类化学物质、三萜类物质、维生素、氨基酸和矿物质元素等功能成分^[4-5], 具有抗氧化、降血压、护肝、抗衰老、缓解便秘以及增强身体抵抗力等保健作用^[6-9]。枸杞(*Lycium barbarum*) 又称枸杞子、甜菜子和地骨子等, 是具有药食同源性^[10]的健康食品。枸杞富含蛋白质、矿物质和维生素, 以及大部分的活性生物

碱、甾醇、过氧化物酶、细胞色素、氨基酸、低聚糖和多糖等^[11], 还含有玉蜀黍黄素、酸浆果红素和类胡萝卜素等营养物质^[12], 具有较高的营养价值和生理保健功能^[13-15], 有调整中枢神经系统与免疫、推迟细胞老化、保护肝脏、降低血糖、降低血压、减少血脂以及健康护理等功效^[16-18]。将红枣和枸杞作为原料加入到食品中, 可提高食品的营养价值, 具有非常广阔的市场前景。

饼干通常是以小麦面团为主要原材料, 加入糖类、脂肪及其他辅料后, 调制成面团, 经切割、辊压成

收稿日期: 2022-09-16

基金项目: 信阳农林学院青年基金资助项目(QN2022027)

作者简介: 付文军(1992—), 男, 河南淮滨人, 硕士, 研究方向为谷物加工理论与技术, E-mail: fuwenjun@xyafu.edu.cn。通信作者: 闵照永, E-mail: minzy1990@126.com。

型、烘焙等工艺制作而成的水分质量分数低于 6% 的酥脆食品。作为一种休闲食物,饼干水分少、食用方便、便于携带、口味多样,已成为日常生活中不可缺少的食品。随着人类生存条件的改善和产品技术工艺的发展,中国的饼干逐渐从以高糖、高油为主要特点的常规饼干,过渡到以健康、卫生、营养为主要特点的新型饼干。虽然枸杞和红枣均具有较高的营养价值,但是目前市场上将红枣和枸杞两者复配的产品大多为饮品。为提高饼干的营养价值,笔者以红枣复配枸杞研制新型饼干,该饼干不仅符合现代人的个性化消费需求,也拓宽了红枣和枸杞的利用途径,丰富了饼干的种类,具有良好的开发和市场前景。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红枣粉,济南好是佳食品有限公司;枸杞粉,潍坊市美凯威医药科技有限公司;鸡蛋,市售;核桃油,河北黄金龙农业科技有限公司;红糖,广州华糖食品有限公司;牛奶,内蒙古伊利实业集团股份有限公司;低筋面粉,河南省雪健实业有限公司;平板计数培养基,杭州

微生物试剂有限公司;石油醚,天津市大茂化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

SM2-2.3523H 电烤箱,新麦机械(中国)有限公司;KFS-C 系列电子数字称,凯丰集团有限公司;JCS-11002B 电子天平,哈尔滨众汇衡器有限公司;TMS-Pro 质构仪,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;ST-04 凯氏定氮仪,山东盛泰仪器有限公司;ST-08C 数显消化炉,山东盛泰仪器有限公司;HH-4 水浴锅,北京市永光明医疗仪器有限公司;VYJG-9920 鼓风干燥箱,杭州亿捷科技有限公司;SER148-6 脂肪测定仪,北京盈盛恒泰科技责任有限公司;LDZW-80L 立式高压蒸汽灭菌器,上海申安医疗器械厂;ZHJH-C1112C 智能超净工作台,上海智城分析仪器制造有限公司;SHP-150 生化培养箱,北京中兴伟业世纪仪器有限公司。

1.3 工艺流程及操作要点

1.3.1 基础配方

低筋面粉 100 g、红枣粉 5 g、枸杞粉 10 g、红糖 15 g、牛奶 25 g、鸡蛋 25 g、核桃油 10 g。

1.3.2 工艺流程

红枣枸杞饼干的制作工艺流程如图 1 所示。

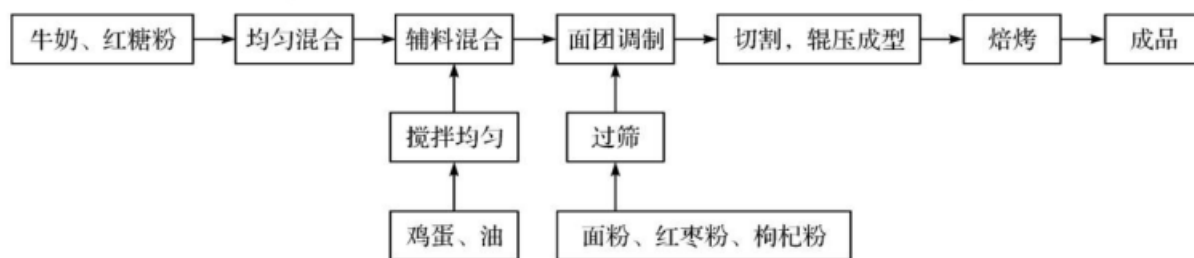


图 1 红枣枸杞饼干的工艺流程图

Fig. 1 Process flow chart of red jujube medlar biscuit

1.3.3 操作要点

- 1) 原料称取:将原料分别按量准确称取,备用。
- 2) 面团调制:把红糖粉溶解到牛奶中,加入核桃油和鸡蛋液混合搅拌均匀,添加称量好的红枣粉、枸杞粉和低筋面粉,搅拌至混合均匀,和成面团。
- 3) 静置:将面团静置约 15 min,去除面团内应力,提高面团的工艺性能。
- 4) 成型:首先对调制完成的面团进行碾压,形成细腻且厚度比较均匀的面片;然后将面片放置在模具内,压制成型,放置在烘烤盘内,成型的面片之间保持合适的距离。
- 5) 焙烤:将烤盘置于预热后的电烤箱内,上火 160 ℃,下火 140 ℃,焙烤 15 min。
- 6) 冷却:烤制后的饼干在室温下冷却即得成品。

1.4 单因素试验设计

- 1) 红枣粉添加量对饼干整体品质的影响。首

先,在 100 g 低筋面粉中加入枸杞粉 10 g、鸡蛋 25 g、红糖 15 g、核桃油 10 g、牛奶 25 g;然后,依次加入 5,10,15,20,25 g 红枣粉,按照工艺流程制成饼干;最后,根据饼干的质构特性及综合感官分析评价饼干的整体品质,获得最佳红枣粉添加量。

2) 枸杞粉添加量对饼干整体品质的影响。首先,在 100 g 低筋面粉中加入鸡蛋 25 g、核桃油 10 g、红糖 15 g、红枣粉 5 g、牛奶 25 g;然后,依次加入 4,7,10,13,16 g 枸杞粉,按照工艺流程制成饼干;最后,根据饼干质构特性及综合感官分析评价饼干的整体品质,获得最佳枸杞粉添加量。

3) 核桃油添加量对饼干整体品质的影响。首先,在 100 g 低筋面粉中加入枸杞粉 10 g、红糖 15 g、鸡蛋 25 g、红枣粉 5 g、牛奶 25 g;然后,依次加入 5,10,15,20,25 g 核桃油,按照工艺流程制成饼干;最后,根据饼干质构特性及综合感官分析评价饼

干的整体品质,获得最佳核桃油添加量。

4) 红糖添加量对饼干整体品质的影响。首先,在 100 g 低筋面粉中加入枸杞粉 10 g、红枣粉 5 g、鸡蛋 25 g、核桃油 10 g、牛奶 25 g;然后,依次加入 10,15,20,25,30 g 红糖,按照工艺流程制成饼干;最后,根据饼干质构特性及综合感官分析评价饼干的整体品质,获得最佳红糖添加量。

5) 牛奶糖添加量对饼干整体品质的影响。首先,在 100 g 低筋面粉中加入枸杞粉 10 g、红枣粉 5 g、鸡蛋 25 g、核桃油 10 g、红糖 15 g;然后,依次加入 20,25,30,35,40 g 牛奶,按照工艺流程制成饼干;最后,根据饼干质构特性及综合感官分析评价饼干的整体品质,获得最佳牛奶添加量。

1.5 正交优化试验

结合单因素试验结果,选取对饼干影响较大的因素作为关键因素并确定合适的因素水平进行正交试验,进一步优化红枣枸杞饼干的工艺参数。

1.6 理化指标测定

1.6.1 感官评分标准

参考文献[19]中的感官评分标准制定红枣枸杞饼干感官评分标准。由食品科学与工程专业的 10 名具有感官鉴评经验的同学进行感官评价,评价的内容主要包括饼干本身的风味、色泽、形态、口感和组织等,满分为 100 分,最终得分取平均值,具体评分标准如表 1 所示。

表 1 红枣枸杞饼干感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of red jujube medlar biscuit

指标	标准	分值/分
色泽 (20 分)	色泽金黄、较均匀,有光泽、无焦糊	14~20
	色泽不均匀、有光泽、有焦糊	7~13
	色泽差、不均匀、有过多焦糊或白粉	0~6
口感 (30 分)	口感酥松,细腻、不粘牙、甜味适中	21~30
	口感较松软、微粘牙、甜味不明显或偏甜	11~20
	口感偏硬或偏软、不酥松、粘牙、过甜	0~10
风味 (20 分)	富有红枣枸杞特有的味道、风味适中	14~20
	红枣枸杞特有风味不明显或过重	7~13
	红枣枸杞味道较淡,伴有异味	0~6
组织 (20 分)	断面结构细密均匀、无大孔	14~20
	断面结构较细密、略均匀、有空洞	7~13
	断面结构不细密不均匀、有大孔	0~6
形态 (10 分)	外形完整,花纹清晰,厚薄均匀,不变形,不起泡	8~10
	外形较完整,厚薄基本均匀,稍微起泡	4~7
	外形不完整,变形,起泡,有较大或较多的凹底	0~3

1.6.2 质构特性测定

试验使用美国 FTC 公司 TPA-PRO 型精密专

业产品物性分析仪,测试速度 1 mm/s,TA/5 柱形探头,压缩比率 60%,最小感应力 0.05 N^[20]。将每个样品整理为大小相同、厚度均匀一致的正方体,平行测定 3 次,取平均值。

1.6.3 理化指标的测定

1) 水分的测定。参考 GB 5009.3—2016《食品安全标准食品中水分的测定》中所规定的直接干燥法对饼干的水分进行测定。

2) 脂肪的测定。参考 GB 5009.6—2016《食品安全标准食品中脂肪的测定》中所规定的索氏抽提法对饼干的脂肪进行测定。

3) 蛋白质的测定。参考 GB 5009.5—2016《食品安全标准食品中蛋白质的测定》中所规定的凯氏定氮法对饼干的蛋白质进行测定。

4) 碱度的测定。参考 GB 20980—2017 对饼干的碱度进行测定。

5) 酸价的测定。参考 GB 5009.229—2016《食品安全标准食品中酸价的测定》中所规定的滴定法对酸价进行测定。

6) 过氧化值的测定。参考 GB 5009.227—2016《食品安全标准食品中过氧化值的测定》中所规定的测定方法对饼干的过氧化限值进行测定。

7) 膳食纤维的测定。参考 GB 2009.88—2014《食品安全标准食品中膳食纤维的测定》中所规定的总膳食纤维测定方法对饼干的总膳食纤维质量分数进行计算。

1.7 饼干微生物指标检测

1) 菌落总数的测定。根据 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》中的平板法,对烘焙后的成品红枣枸杞饼干进行菌落总数检测。

2) 霉菌的测定。根据 GB 4789.15—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》中的方法,对烘焙后的成品红枣枸杞饼干进行霉菌测定。

2 结果与分析

2.1 红枣粉添加量对红枣枸杞饼干感官品质的影响

红枣粉添加量对红枣枸杞饼干的影响如图 2 所示。由图 2 可知:红枣枸杞饼干的感官评分随着红枣粉添加量的增加呈先提高后降低趋势,在红枣粉添加量为 15 g 时最高。这是由于当红枣粉添加量过少时,饼干中缺少红枣独特的香气;添加量过大

时,红枣粉中富含的低聚糖和果糖会使饼干口感太过甜腻。综合以上分析,红枣粉的最佳添加量为 15 g。

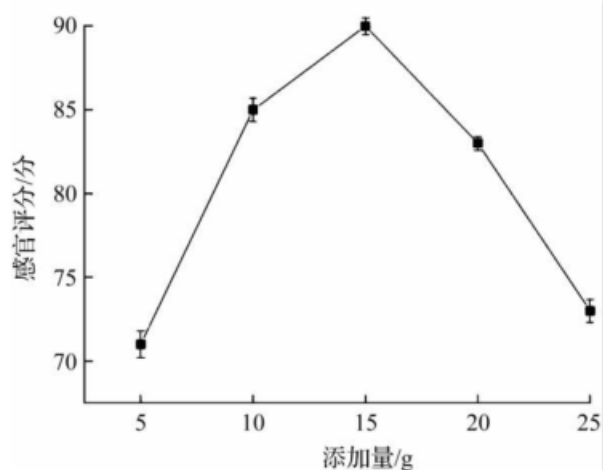


图 2 红枣粉添加量对红枣枸杞饼干品质的影响

Fig. 2 Effect of jujube powder on jujube wolfberry biscuit

红枣粉添加量不同时饼干的质构特征见表 2。由表 2 可知:随着红枣粉添加量的增加,饼干的硬度和咀嚼性总体呈上升趋势,当红枣粉的添加量为 15 g 时,饼干的硬度中等,咀嚼性较高,在口感上没有软绵粉感;当红枣粉添加量低于 15 g 时,饼干的硬度较低,咀嚼性差,其主要原因是面团筋力不够、加工性能差,使饼干太过松散,影响口感;当红枣粉添加量超过 15 g 时,饼干的硬度过高,其原因是红枣粉糊化程度高,使饼干口感过于粗糙生硬。以上分析表明红枣粉最适添加量为 15 g,与感官评分一致,因此,红枣粉最佳添加量为 15 g。

表 2 不同红枣粉添加量的饼干质构特征

Table 2 Texture analysis of biscuits with different amounts of red jujube powder

红枣粉添加量/g	指标		
	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性
5	16.51±7.65	0.76±0.26	3.45±0.03
10	19.41±6.11	0.72±0.09	4.51±0.69
15	30.93±7.23	0.71±0.12	12.05±1.44
20	36.38±8.78	0.70±0.02	11.24±1.98
25	42.56±9.11	0.62±0.15	10.15±0.56

2.2 枸杞粉添加量对红枣枸杞饼干感官品质的影响

枸杞粉的添加量会影响饼干的香味以及色泽和口感,枸杞粉添加量对红枣枸杞饼干感官的得分影响如图 3 所示。由图 3 可知:饼干的感官评分随着枸杞粉的添加量变化呈一定的曲线波动,当枸杞粉添加量为 7 g 时感官评分出现峰值,此时饼干外形完整,色泽均匀美观;当添加量低于 7 g 时,饼干的枸杞口味较淡;当添加量超过 7 g 时,饼干外观颜色

较深,且带有一定的苦涩口感。综合以上分析,枸杞粉的最佳添加量为 7 g。

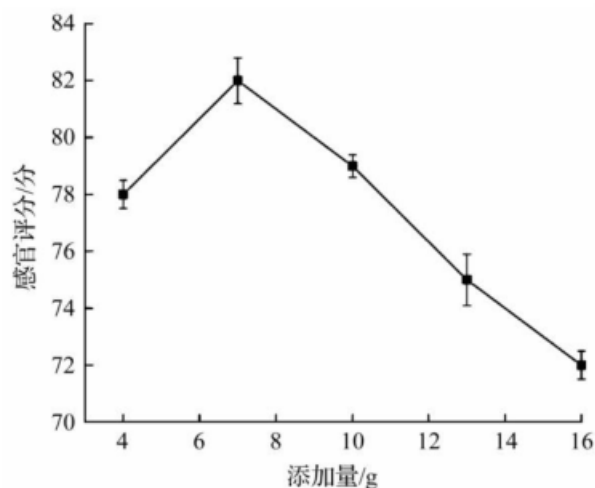


图 3 枸杞粉添加量对红枣枸杞饼干的影响

Fig. 3 Effects of wolfberry powder on jujube wolfberry biscuit

枸杞粉添加量不同时饼干的质构特征见表 3。由表 3 可知:随着枸杞粉添加量的增多,硬度和咀嚼性整体呈减弱趋势,当枸杞粉添加量为 7 g 时,硬度适中、咀嚼性最大,且对成品有较好的上色效果;当添加量继续增大时,咀嚼性降低,硬度逐渐增大,原因可能是枸杞粉吸潮结块导致面团吸水下降,影响饼干品质;当添加量较少时,饼干的硬度较低,较松软,枸杞风味过于浅淡。综合以上分析,枸杞粉的最佳添加量为 7 g。

表 3 不同枸杞粉添加量的饼干质构分析结果

Table 3 Texture analysis of biscuits with different amounts of medlar powder

枸杞粉添加量/g	指标		
	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性
4	16.63±3.07	0.59±0.10	6.27±0.30
7	20.50±4.40	0.88±0.04	9.48±0.60
10	21.50±0.70	0.58±0.08	5.45±0.03
13	21.93±5.57	0.64±0.11	4.99±0.88
16	30.65±2.36	0.52±0.09	3.61±0.53

2.3 核桃油添加量对红枣枸杞饼干感官品质的影响

核桃油主要起调节口感的作用,加入适量的核桃油不仅可以使饼干松脆,而且可以使饼干表面光滑明亮^[21],核桃油添加量对红枣枸杞饼干感官评价的得分影响如图 4 所示。由图 4 可知:当核桃油添加量为 20 g 时,饼干的感官评分最高,此时饼干品质较好;当添加量较少时,面团较黏稠,饼干不易成形,表面不光滑;当添加量较大时,饼干油脂过多,出

现渗油现象,且口味较腻。因此,确定核桃油最佳添加量为 20 g。

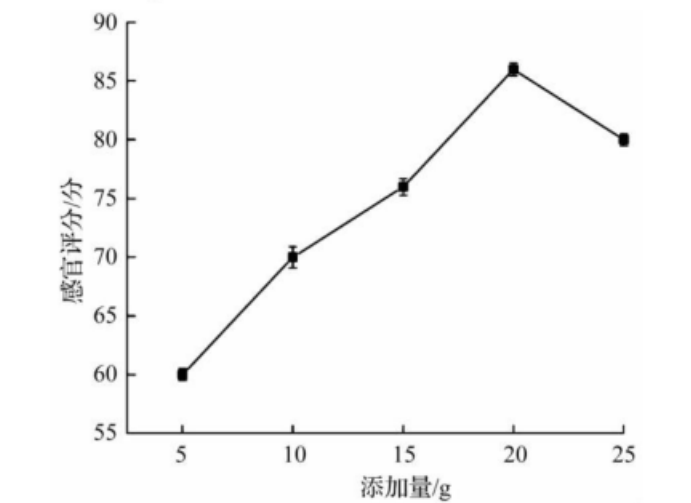


图 4 核桃油添加量对红枣枸杞饼干的影响

Fig. 4 Effect of walnut oil on jujube wolfberry biscuit

核桃油添加量不同时的饼干的质构特征见表 4。随着核桃油添加量的增加,饼干硬度整体上呈减弱趋势,咀嚼性呈上升趋势。当核桃油添加量为 20 g 时,咀嚼性、硬度适中,在饼干制作过程无渗油现象;当添加量大于 20 g 时,饼干制作中有出油现象;当添加量小于 20 g 时,饼干干硬,咀嚼性较低。结合感官评分,核桃油最佳添加量为 20 g。

表 4 不同核桃油添加量的质构分析结果

Table 4 Texture analysis of biscuits with different amounts of walnut oil

核桃油添加量/g	指标		
	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性
5	30.20±2.50	1.06±0.18	0.89±0.65
10	12.58±1.38	0.59±0.30	1.77±0.03
15	16.78±0.32	0.54±0.11	2.24±0.09
20	17.12±2.01	0.50±0.14	4.87±0.41
25	10.48±3.38	0.67±0.21	6.63±2.47

2.4 红糖添加量对红枣枸杞饼干感官品质的影响

添加红糖除了会影响饼干甜度和酥脆感,也会在烘烤过程中由于红糖和低筋面粉中的蛋白质发生美拉德反应,从而使饼干的颜色和色泽发生改变,红糖添加量对红枣枸杞饼干的影响如图 5 所示。由图 5 可知:当红糖添加量为 20 g 时,感官评分最高;当添加量低于 20 g 时,饼干口感较淡,且美拉德反应不够,焙烤后的饼干色泽较浅^[22];当添加量高于 20 g 时,饼干甜度过高,口味甜腻,饼干褐变程度高,外观颜色较深。因此,红糖最佳添

加量为 20 g。

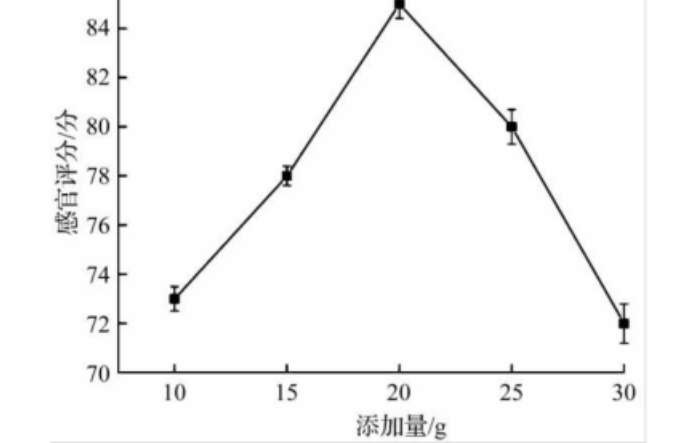


图 5 红糖添加量对红枣枸杞饼干的影响

Fig. 5 Effect of brown sugar on jujube wolfberry biscuit

红糖添加量不同时饼干的质构特征见表 5。有表 5 可知:随着红糖添加量的提高,饼干硬度和咀嚼性出现先增加后降低的趋势,当添加量为 20 g 时,饼干硬度适中,咀嚼性最高;当添加量低于 20 g 时,饼干色泽较浅,口感寡淡;当添加量大于 20 g 时,饼干较硬,其原因是糖的焦糖化程度高,不仅影响了饼干的咀嚼性,而且导致饼干的外观颜色较深。结合感官评分,红糖最佳添加量为 20 g。

表 5 不同红糖添加量的质构分析结果

Table 5 Texture analysis of biscuits with different amounts of brown suga

红糖添加量/g	指标		
	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性
10	13.30±5.00	0.51±0.13	1.79±0.17
15	16.50±0.70	0.58±0.32	3.45±0.03
20	20.85±4.35	0.65±0.05	6.10±1.69
25	25.75±1.25	0.76±0.29	4.19±0.05
30	29.08±1.68	0.80±0.13	2.02±0.41

2.5 牛奶添加量对红枣枸杞饼干品质的影响

牛奶添加量对红枣枸杞饼干品质的影响如图 6 所示。由图 6 可知:随着牛奶添加量的增多,感官评价得分呈先上升后降低趋势,当牛奶添加量为 25 g 时,感官评价为最高,此时面团软硬适度,焙烤的饼干则松脆且具有牛奶香味,整体质量也较佳;当添加量低于 25 g 时,由于面团较干,饼干表面稍有裂纹,整理模型时易破裂,烘焙后饼干口感发硬^[23];当添加量高于 25 g 时,面团较黏不易成型。因此,牛奶最佳添加量为 25 g。

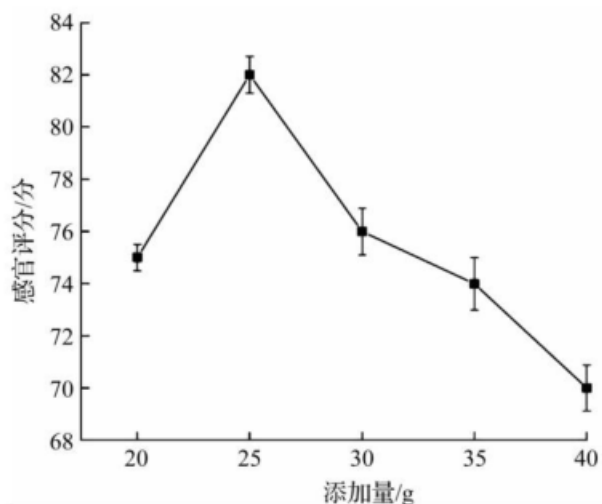


图 6 牛奶添加量对红枣枸杞饼干品质的影响

Fig. 6 Effect of milk content on jujube wolfberry biscuit

添加不同量牛奶时的饼干质构特征见表 6。由表 6 可知:随着牛奶添加量的增加,硬度和咀嚼性呈先上升后降低趋势,当牛奶添加量为 25 g 时,饼干硬度适中,咀嚼性最高,此时饼干品质较好;当添加量高于 25 g 时,咀嚼性下降,硬度偏低,饼干口感过于松软,并且在面团制作过程中,面团黏性增加,不易整理成型;当添加量低于 25 g 时,面制作时团较粗糙,成品饼干较硬且有裂纹,硬度和咀嚼性较低。结合感官评分,牛奶最佳添加量为 25 g。

表 6 不同牛奶添加量的质构分析结果

Table 6 Texture analysis of biscuits with different supplemental levels of milk

牛奶添加量/g	指标		
	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性
20	16.30±1.40	1.58±0.12	8.90±2.63
25	21.50±0.70	0.58±0.32	9.45±0.03
30	18.15±6.75	0.53±0.24	4.88±2.52
35	11.70±4.50	0.94±0.12	3.38±1.52
40	10.57±5.07	1.42±0.27	3.49±2.63

2.6 单因素试验分析

通过单因子影响因素分析,不仅可以将所有因素的最佳条件逐步确定,而且能够分析出所有单因子影响产品整体品质的具体曲线,有效降低了正交试验次数。通过方差分析的方式对所有影响因子及其具体影响程度进行分析,采用均方差系数 D_{ev} 对所有因素感官评分进行计算分析,具体结果见表 7。 D_{ev} 的计算式为

$$D_{ev} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - C_{av})^2}$$

式中: C_{av} 为各因素感官评分平均值; C_i 为每因素各个感官得分值; n 为每组的试验次数。

表 7 各因素的均方差分析

Table 7 Analysis of mean variance for each factor

因素	均方差
红枣粉添加量	3.24
枸杞粉添加量	1.53
核桃油添加量	3.97
红糖添加量	2.12
牛奶添加量	1.13

对比均方差 R 可知: R 最小的因素是牛奶,即牛奶添加量对饼干整体品质的影响曲线非常稳定; R 较大的因素包括枸杞粉、红枣粉、核桃油和红糖,它们对最终产品的品质影响较大。故笔者以红枣粉添加量 A 、枸杞粉添加量 B 、核桃油添加量 C 、红糖添加量 D 为变量,进行 $L(3^4)$ 正交试验,以感官评分为考查指标,探讨红枣枸杞饼干的最优配方,试验因素水平见表 8。

表 8 正交试验因素与水平表

Table 8 Factor level of response surface test

水平	因素/g			
	A	B	C	D
1	10	4	15	15
2	15	7	20	20
3	20	10	25	25

2.7 正交优化试验结果分析

在单因素试验的基础上,优化试验以 $A(10, 15, 20 \text{ g})$ 、 $B(4, 7, 10 \text{ g})$ 、 $C(15, 20, 25 \text{ g})$ 、 $D(15, 20, 25 \text{ g})$ 为自变量,以感官评分为评价指标,进行 4 因素 3 水平正交试验,优化红枣枸杞饼干配方,正交试验结果见表 9。

表 9 正交试验结果

Table 9 Orthogonal test result

试验编号或参数	因素				感官评分/分
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	82.25
2	1	2	2	2	86.25
3	1	3	3	3	86.00
4	2	1	2	3	86.25
5	2	2	3	1	86.00
6	2	3	1	2	86.50
7	3	1	3	2	87.75
8	3	2	1	3	88.00
9	3	3	2	1	81.00
K_1	254.50	256.25	256.75	249.25	
K_2	258.75	260.25	253.50	260.50	
K_3	256.75	253.50	259.75	260.25	
k_1	84.80	85.42	85.58	83.08	
k_2	86.25	86.75	84.50	86.83	
k_3	85.58	84.50	86.58	86.75	
R	4.25	6.75	6.25	11.25	

注: K_1, K_2, K_3 为 3 个水平之和, k_1, k_2, k_3 为 3 个水平的均值, R 为极差。

由表9知:影响红枣枸杞饼干品质的因素顺序为 $D>B>C>A$ 。红糖对饼干的品质影响最大,主要是由于其可以调节饼干的甜度和色泽,添加量过低则味淡色浅,添加量过高则口感甜腻。理论最优配方为 $A_2B_2C_3D_2$,即红枣粉15 g、枸杞粉7 g、核桃油25 g、红糖20 g,试验评分最高的组合为 $A_3B_2C_1D_3$,即红枣粉20 g、枸杞粉7 g、核桃油15 g、红糖25 g,两者结果不同,需要通过验证性试验得到最佳水平组合。验证结果:配方 $A_2B_2C_3D_2$ 感官评分为 88 ± 1.8 ;配方 $A_3B_2C_1D_3$ 感官评分为 86 ± 2.3 ,因此最佳组合为 $A_2B_2C_3D_2$ 。

2.8 红枣枸杞饼干品质分析

对按照最优工艺制作的红枣枸杞饼干进行水分质量分数、脂肪质量分数、蛋白质质量分数、碱度、酸价和过氧化值等指标的测定,分析结果见表10。

表10 品质分析结果

Table 10 Quality analysis results

指标	标准	实测结果
水分质量分数/%	≤ 6.00	3.58
脂肪质量分数/%		25.30
蛋白质质量分数/%		14.80
碱度/%	≤ 0.40	0.23
酸价/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	≤ 5.00	1.67
过氧化值/g	≤ 0.25	0.12
膳食纤维质量分数/%		3.90

由表10可知红枣枸杞饼干理化指标和微生物指标均符合国家标准:1) 红枣枸杞饼干的蛋白质质量分数为14.80%,膳食纤维的质量分数为3.90%,每100 g饼干的过氧化值为0.12 g,加入的红枣和枸杞中富含纤维素和胡萝卜素,可以阻止过氧化,因此加入红枣和枸杞在提高饼干质量上有着积极意义;2) 红枣枸杞饼干的微生物检测结果为菌落总数小于10 CFU/g,霉菌总数小于1 CFU/g。

3 结 论

通过单因素试验确定了影响红枣枸杞饼干感官质量的主要因素有红枣粉添加量、枸杞粉添加量、核桃油添加量和红糖添加量。根据正交试验和验证试验,确定红枣枸杞饼干的最佳配方为每100 g面粉添加红枣粉15 g、枸杞粉7 g、核桃油25 g、红糖20 g、牛奶25 g、鸡蛋25 g。按照该配方制作的红枣枸杞饼干色泽均匀,具有红枣和枸杞特有的风味,无异昧,口感酥松,不粘牙,品质佳。

参考文献:

- [1] 刘澜. 红枣的营养保健作用及贮藏加工技术探析[J]. 种子科技, 2020, 38(6): 31-32.
- [2] 张云亮, 范洪臣, 窦博鑫, 等. 红枣相关产品的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(4): 146-150.
- [3] 童鑫, 徐庆阳. 固态联合发酵生产枣渣生物饲料的工艺研究[J]. 发酵科技通讯, 2019, 48(3): 137-140.
- [4] ABDEL-SATTAR M, ALMUTAIRI K F, AL-SAIF A M, et al. Fruit properties during the harvest period of eleven Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) cultivars[J]. Saudi journal of biological sciences, 2021, 28(6): 3424-3432.
- [5] 刘璐萍, 曲容漫, 徐恒, 等. 响应面法优化核桃燕麦枣糕加工工艺[J]. 发酵科技通讯, 2022, 51(1): 6-10.
- [6] HASAN S M K, KABIR M R, KABIR M R, et al. Proximate composition, minerals, phytochemicals, and functional activities of jujube fruits grown in Bangladesh[J]. Journal of agriculture and food research, 2022, 8: 1-7.
- [7] 余洋洋, 徐玉娟, 吴继军, 等. 红枣多糖提取及开发利用[J]. 农产品加工, 2019(14): 71-73.
- [8] 王凯丽, 杨方, 姜启兴, 等. 发酵工艺对杂粮红枣发酵饼干品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 106-114.
- [9] 耿然, 路威, 王明空. 红枣品质及干制工艺研究分析[J]. 农产品加工, 2015(5): 53-56.
- [10] 王旭芳. 药食两用的宁夏枸杞[J]. 中国农村科技, 2016(3): 36-38.
- [11] 朱翠玲. 枸杞的营养保健功效及其烘焙食品的开发[J]. 现代食品, 2018(19): 66-68.
- [12] 魏丽娜, 赵静, 余偲, 等. 猕猴桃枸杞复合果酒的研制[J]. 现代食品科技, 2019, 35(8): 190-197.
- [13] 张翊, 黄岚. 响应面法优化枸杞富硒曲奇饼干配方[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(8): 50-54.
- [14] 孙哲, 刘玉洁, 石丽丽, 等. 黑枸杞曲奇饼干制作工艺的研究[J]. 轻工科技, 2019, 35(12): 11-12.
- [15] 张京京, 李澍, 谢昀, 等. 响应面法优化菊花枸杞无糖饼干配方[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12): 159-163.
- [16] 杨利玲, 宋银辉, 杜娟. 藕粉红枣酥性饼干的工艺研究[J]. 农产品加工, 2019(7): 40-42.
- [17] 唐秋菊. 红枣枸杞复合系列产品的研制[D]. 石河子: 石河子大学, 2020.
- [18] 钮亭亭, 孙茜萍, 吴涛. 酵母生产类胡萝卜素的研究进展[J]. 发酵科技通讯, 2017, 46(1): 50-53.
- [19] 贾湃湃, 连倩, 甘生智, 等. 青稞红枣饼干的工艺优化及质构特性分析[J]. 食品工业, 2021, 42(10): 32-36.
- [20] 周玉晴, 胡洋澜, 李伟, 等. 响应面法优化菠萝皮粉曲奇饼干配方[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(10): 87-91.
- [21] 邓新宇, 黄敏茹, 黄达荣, 等. 核桃油提取复配及功效研究进展[J]. 食品与机械, 2022, 38(1): 232-240.
- [22] 魏晓峰, 刘敏, 李维宏, 等. 丁香花暖胃保健饼干的配方及工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(19): 81-85.
- [23] 刘秉雪, 徐世才, 张云辉, 等. 杂粮营养强化曲奇饼干配方优化研究[J]. 现代农村科技, 2022(1): 63-64.

(责任编辑: 应艳杰)