

糙米-大豆复配粉面团特性研究及其对蛋糕品质的影响

杜佳阳¹, 贾先勇², 周大宇¹, 杨丽娜¹, 李东红¹, 吴昊桐¹, 马涛^{1*}

(1. 渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121013; 2. 西藏军区保障部 采购服务站, 西藏 拉萨 850000)

摘要:以糙米粉和大豆粉为原料, 分别将不同质量分数的糙米粉和大豆粉混合, 研究面团的粉质特性、糊化特性及其蛋糕质构和感官品质。结果表明: 随着糙米粉添加量的增加, 复配粉的面团吸水率先下降后上升, 形成时间先上升后下降, 稳定时间逐渐上升; 糊化特性改善, 热稳定性增强, 回生能力减弱; 糙米粉和大豆粉添加量均为 50% 时, 蛋糕硬度为 534.761 g, 咀嚼性为 318.826 g; 此时感官评分最高, 为 82 分。

关键词:糙米粉; 大豆粉; 粉质特性; 无麸质蛋糕; 感官评定

Brown Rice-Soy Mix Powder Dough Characteristics and Effects on Cake Quality

DU Jia-yang¹, JIA Xian-yong², ZHOU Da-yu¹, YANG Li-na¹, LI Dong-hong¹, WU Hao-tong¹, MA Tao^{1*}

(1. College of Food Science and Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, Liaoning, China; 2. Purchase Service Station, Tibet Military Region Security Department, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: The flour and gelatinization properties, cake texture and sensory quality of dough were studied by mixing different mass fractions of brown rice flour and soybean flour. The results showed that with an increase in the amount of flour, the water absorption rate of the pre-mixed flour dough first decreased and then increased, and the formation time first increased and then decreased. In addition, the stabilization time, gelatinization properties, and thermal stability all increased, whereas the regeneration value decreased. When the additional amount of brown rice flour and soybean flour were 50% and 50%, the cake hardness was 534.761 g and the cake chewability was 318.826 g for both types of cakes. Under these same conditions, the highest sensory scores for the cakes were both 82.

Key words: brown rice flour; soybean flour; silty peculiarity; gluten-free cake; sensory evaluation

引文格式:

杜佳阳, 贾先勇, 周大宇, 等. 糙米-大豆复配粉面团特性研究及其对蛋糕品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 119-124.

DU Jiayang, JIA Xianyong, ZHOU Dayu, et al. Brown Rice-Soy Mix Powder Dough Characteristics and Effects on Cake Quality[J]. Food Research and Development, 2021, 42(14): 119-124.

糙米是稻谷脱壳后不加工或经较少加工所获得

基金项目: 辽宁省黑山县农产品加工科技特派团(2020JH5/10400086)

作者简介: 杜佳阳(1996—), 女(汉), 硕士, 研究方向: 食品加工与安全。

* 通信作者: 马涛(1962—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 粮油加工方向。

的全谷粒米, 有完整的果皮、种皮和胚^[1], 含有更多的维生素、矿物质等营养成分。与大米相比, 其膳食纤维含量^[2]、脂肪含量和灰分含量是精米的近 3 倍, 胚芽米粉的蛋白质含量可达 8.13 g/100 DM, 且维生素 B₁ 和维生素 B₃ 含量是精白米粉 7.5 倍和 10.6 倍^[3], 还含有谷维素、谷胱甘肽、γ-氨基丁酸、米糠多糖、肌醇等多种促进人体健康的功能因子^[4]。糙米能有效降低心脑血管

管疾病、糖尿病和恶性肿瘤等相关慢性疾病的风险^[5],还可以改善人体免疫功能^[6],可去除体内氧自由基、降血脂、提高记忆力和美容等^[7-8],对疾病的预防可以起到更加明显的效果^[9]。

大豆作为重要的植物蛋白来源,富含人体必需的8种氨基酸^[10],不含胆固醇,营养价值高^[11]。大豆中的蛋白含量相对较高,心脑血管疾病患者完全可以用其取代动物蛋白^[12],与其它粮食搭配食用,可以大大提高其蛋白质的利用率,实现营养上的互补。大豆膳食纤维能降低血清胆固醇水平,改善大肠功能、降低血清胆固醇浓度,改善血糖生成反应等^[13]。张亚楠研究发现,大豆中的大豆异黄酮是种子中积累的一类次生代谢产物,异黄酮在预防和治疗癌症、骨质疏松症、心脏病等方面有很好的疗效^[14]。

目前国外对无麸质食品的研究主要集中于原料种类扩展和品质提升,市场现已销售的无麸质食品包括面条、面包、披萨、饼干、蛋糕等^[15],其配方通常由玉米、大米、糯米、小米、大豆以及多种淀粉混合而成^[16]。其中,蛋糕属于较大的零食类别,具有食用范围广、适口性好、易储存和销售等特点。重要的是,面筋在蛋糕中所起的作用相对较小,便于制作。小麦蛋白在面团中主要的作用是形成三维网络的面筋,锁住水分和包裹淀粉颗粒。为保留无麸质粉的营养和功能成分,本研究将糙米粉和大豆粉进行复配,通过大量试验探讨不同比例的糙米粉-大豆粉面团的流变学特性,结合质构和感官评价特性,获得营养价值高、口感、色泽、表面状况良好的糙米-大豆复配蛋糕粉,并对其制成的蛋糕品质进行评价。

1 材料与方法

1.1 试验材料

大豆粉:山东美乐嘉食品有限公司(26.2%蛋白质,6.0%脂肪,7.0%含水量);糙米粉:本溪寨香生态农业有限公司(8.6%蛋白质,2.1%脂肪,7%含水量)。

1.2 试验设备与仪器

JY5002 电子天秤:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TA-XT plus 质构仪:英国 SMS 公司;Mixolab 混合实验仪:特雷首邦(北京)贸易有限公司;YXD60 远红外电热食品烤炉:上海宝珠机械科技发展有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 混合粉的制备

将糙米粉与大豆粉进行混合,配成糙米粉所占比例分别为0%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%的糙米-大豆预复配粉样品备用。根据其水分含量,采

用混合实验仪测定并分析相关参数寻找较优的配粉比例。

1.3.2 蛋糕的制作

面糊制备:按1.3.1中混合粉制备比例制成100g原料,并将蛋白、蛋黄分离,将除蛋白和糖以外材料混合搅匀成面糊备用。

蛋白制备:蛋白中加入几滴柠檬汁(去除蛋腥味),用打蛋器打出鱼眼形的大泡,分3次加入白糖打发,直到蛋白硬性发泡。

调糊与装模:取出1/3的蛋白膏和之前拌匀的面糊混合,用橡皮刮刀切拌均匀,然后将混合好的面糊倒入蛋白中,迅速切拌均匀后快速倒入模具当中,振荡几下排除模具里面不均匀的大气泡。

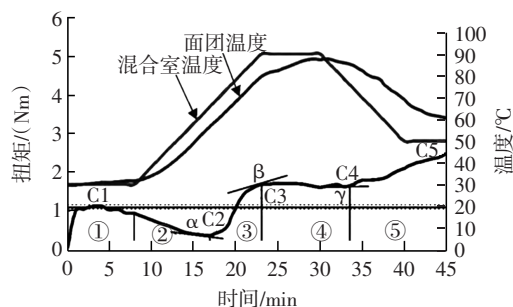
烘烤:设定烤箱的温度为上火150℃,下火120℃,烘烤30min;再将烤盘调制上火170℃,下火150℃,烘烤10min。期间每隔10min掉转烤盘方向,直至蛋糕表面呈金黄色时即可出炉。

冷却:将焙烤好的蛋糕取出,振荡后倒扣在冷却网上,自然冷却。

1.3.3 面团流变学特性的测定

混合实验仪旨在模拟测定谷物粉加水混合,形成面团过程、加热糊化过程和冷却回生过程中流变学的特性变化,经一次测定可同时得到反映谷物的蛋白粉质特性和淀粉黏度特性的相关曲线,是当今世界上最高端的检测谷物特性的仪器。

测定时面粉放在混合实验仪的混合室中,仪器根据面粉的水分含量自动加入一定量的水,由两个“S”形的搅拌刀以80 r/min的转速进行混合,实时测定并记录两个搅拌刀间对面团的力矩(Nm),绘制出时间及温度对力矩变化的混合曲线^[17]。图1为混合实验仪的力矩曲线以及各区间的含义^[18-20]。



C1. 谷物粉吸水率;C2. 蛋白质弱化度;C3. 峰值黏度;C4. 最低黏度;C5. 最终黏度; α . 蛋白弱化速度; β . 蛋白糊化速度; γ . 酶降解速度。

图1 混合实验仪曲线图

Fig. 1 Mixer tester graph

1.4 无麸质蛋糕感官评定

按照戚风蛋糕的评定标准,进行感官评价。参与

感官评价的人员为食品专业学生 10 人,感官评定人员按男女比例 1:1 进行分类。测试前产品随机编号,经过简单培训的感官评定人员分别对无麸质蛋糕色泽、外形、甜度、内部组织、口感 5 个方面进行感官评分,结果取平均值,评定标准见表 1,采用百分制。

表 1 蛋糕成品感官评定评分标准	
Table 1 Sensory evaluation scoring standards for finished cakes	
项目	满分 评分标准
色泽	20 分 外表呈金黄色,底部呈红棕色,无焦糊和黑斑(>15 分) 表面呈深棕红色,有焦边或黑斑(10 分~15 分) 表面呈棕黑色,底部黑斑很多(<10 分)
外形	20 分 形状周正,无破碎,无崩顶(>15 分) 块形不太圆整,稍有崩顶破碎(10 分~15 分) 大小不一致,崩顶破碎过于严重(<10 分)
甜度	20 分 稍甜(>15 分) 适中(10 分~15 分) 不甜(<10 分)
内部组织	20 分 起发均匀,切面呈蜂窝状,无硬块(15 分~20 分) 起发稍差,不细密,少量大空洞(>15 分) 杂质较多,不起发,无弹性(<10 分)
口感	20 分 口感香甜,有蛋糕的特有风味(>15 分) 松软程度稍差,无明显的特有风味(10 分~15 分) 味道不纯正,焦糊味或腥味(<10 分)

表 2 糙米粉添加量对面团粉质特性的影响														
Table 2 Effect of brown rice flour addition on farinography of dough														
糙米粉比 例/%	吸水率/ %	稳定时 间/min	形成时 间/min	C2/Nm	达到峰值黏 度时间/min	C3/Nm	C4/Nm	C5/Nm	(C3-C2)/ Nm	(C3-C4)/ Nm	(C5-C4)/ Nm	α/(Nm/ min)	β/(Nm/ min)	γ/(Nm/ min)
0	52.0	9.9	8.33	0.510	23.00	0.585	0.789	1.275	0.075	-0.204	0.486	-0.074	0.088	0.078
10	50.5	9.8	4.85	0.486	23.00	0.595	0.701	1.172	0.109	-0.106	0.471	-0.082	0.084	-0.006
20	48.5	9.9	8.22	0.460	26.38	0.707	0.606	1.141	0.247	0.101	0.535	-0.076	0.032	-0.150
30	46.5	9.3	4.68	0.463	24.15	0.759	0.687	1.065	0.296	0.072	0.378	-0.062	0.096	-0.086
40	45.0	9.1	4.33	0.488	22.95	0.788	0.179	1.132	0.300	0.609	0.953	-0.064	0.240	-0.826
50	44.0	8.8	4.28	0.535	22.43	0.910	0.189	1.206	0.375	0.721	1.017	-0.078	0.270	-0.082
60	45.0	8.5	4.43	0.488	22.10	0.930	0.172	0.863	0.442	0.758	0.691	-0.096	-0.002	-0.046
70	47.5	7.7	3.08	0.423	21.65	1.078	0.261	1.209	0.655	0.817	0.948	-0.086	0.076	-0.008

加量在 50% 时,糙米粉的吸水率最低,为 44%。

2.1.2 面团稳定时间

面团稳定时间是衡量面粉粉质特性比较重要的一项指标,面团稳定时间越长,面团的韧性越好,面筋强度也越大,面团的加工性质越好。从表 2 可知,随着糙米粉添加量的增加,糙米粉面团稳定时间从 9.9 min 降低到 7.7 min,大体呈现逐渐下降的趋势。稳定时间降低,表明混粉面团耐揉性降低,这种现象可能与膳食纤维降低了混合粉的面筋含量和质量有关。

2.1.3 面团形成时间

由表 2 可以看出,随着糙米粉的增加,面团形成时间大体呈下降趋势。面团形成时间越短,面团筋力越弱,随着糙米粉的增加,混粉的面团形成时间大致呈

1.5 蛋糕质构特性的测定

将室温 25 ℃冷却 1 h 后的蛋糕切成 2 cm×2 cm×2 cm 的均匀薄片,用质构分析仪测定蛋糕质构,包括硬度、咀嚼性、弹性、回复性和黏聚性 5 个指标。

测定条件:采用质构剖面分析方法(texture profile analysis,TPA)模式,选用直径为 30 mm 的圆柱形平底探头,测前探头速率 1 mm/s,测时以 2 mm/s 速率压至原高 50%,测后探头返回速率 2 mm/s,触发力 5 g,两次压缩时间 30 s。每组样品测试 5 次,取平均值^[21]。

1.6 数据处理

利用 SPSS 21 和 Origin 9.0 软件进行统计分析和作图,所有试验处理进行 3 次重复测定。

2 结果与分析

2.1 糙米粉添加量对面团粉质特性的影响

糙米粉添加量对面团粉质特性的影响见表 2。

2.1.1 面团吸水率

面团吸水率是指面粉各组分的吸水特性。吸水率指数越小,面粉吸水率低。如表 2 所示,随着糙米粉添加量的增加,吸水率大体呈先下降后上升的趋势。添

降低趋势。当糙米粉添加量为 70% 时,形成时间降低到 3.08 min。

2.1.4 面团蛋白弱化度

C2 值指的是面团中蛋白质在加热和机械力测定过程中的弱化程度,C2 越小,说明蛋白弱化程度越大。从表 2 可知,随着糙米粉添加量的增加,混粉样品的弱化度变化趋势为:减小-增大-减小。糙米-大豆混粉的 C2 值由 0.51 Nm 下降到 0.423 Nm,说明糙米粉的增加会使混粉的蛋白质弱化程度减小,使面粉的评价值增高。

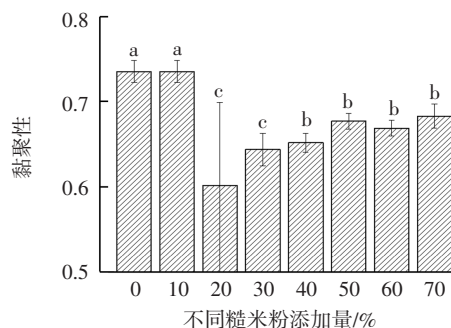
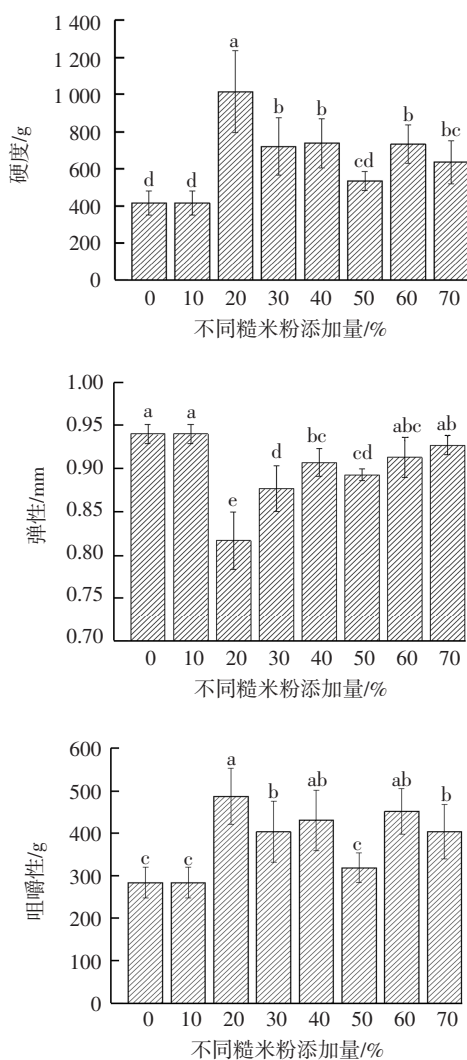
2.1.5 糊化特性

C3-C2 值越大,说明淀粉糊化特性越强,其黏度越大^[22]。由表 2 可以看出,随着糙米粉添加量的增加,C3-C2 值从 0.075 Nm 上升到 0.655 Nm。说明随着糙米粉

添加量的增加,混粉的淀粉糊化特性增强,面团峰值黏度逐渐升高,淀粉颗粒膨胀程度增加,结合水的能力升高。C3-C4 值表示淀粉糊化热稳定性,C3-C4 值越小,说明淀粉糊化热稳定性越强。随着糙米粉添加量的增加,C3-C4 值大致逐步增加,说明糙米-大豆混粉的淀粉糊化热稳定性降低。C5-C4 值越小,说明淀粉越不容易回生。随着糙米粉添加量的增加,C5-C4 值为 30%时最低,从 0.486 Nm 降低到 0.378 Nm。淀粉回生能力减弱,说明了糙米粉的添加改善了面团的糊化稳定性,延缓了无麸质蛋糕的回生。

2.2 糙米粉-大豆粉对无麸质蛋糕质构特性的影响

质构特性包括硬度、黏聚性、咀嚼性以及弹性^[23]。弹性和黏聚性与无麸质蛋糕的品质均呈正相关。弹性越大,吃起来柔软、爽口不粘牙;黏聚性越大,内部质构柔软、富有弹性有劲道。硬度和咀嚼性与蛋糕品质成负相关。硬度和咀嚼性越大,蛋糕松软度越差,吃起来口感发硬,缺乏绵软的感觉,缺乏弹性^[24]。不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕质构特性的影响见图 2。



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平。

图 2 不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕质构特性的影响

Fig.2 Effects of brown rice on texture properties of gluten-free cakes

2.2.1 不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕硬度的影响

硬度作为评价蛋糕品质的一个重要指标,指咀嚼蛋糕达到一定变形后所需要的力。由图 2 可知,糙米粉的添加量为 0%、10%、50%的蛋糕硬度没有显著性差异 ($P > 0.05$),相对硬度较低。糙米粉添加量为 50%的蛋糕硬度为 534.761 g,与普通小麦粉制成的蛋糕硬度更为接近;此时糙米粉添加比例适中,蛋糕水分含量升高,口感更佳;添加比例过高或过低,蛋糕糊烘焙时保水效果和持气能力差,产品结构变密实,硬度上升,品质下降^[25-26]。

2.2.2 不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕弹性的影响

弹性指样品在两次压缩之间可恢复的程度,蛋糕弹性越大,品质越好。由图 2 可知,蛋糕弹性随着糙米粉添加量的增加,大体呈现先降低后升高的趋势。糙米粉添加量为 0%、10%、60%、70%时蛋糕弹性差异不显著 ($P > 0.05$),相对弹性较高。添加量为 60%蛋糕弹性为 0.913 mm,略低于 0%。说明适当增加糙米粉占比有助于提高蛋糕产品的持气性能,蛋糕糊本身可以支撑蛋糕自身重量而成型,但过度会使蛋糕糊流变学特性变差,持气能力减弱,蛋糕起泡性和膨松度变差,导致弹性下降^[27]。

2.2.3 不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕咀嚼性的影响

咀嚼性表示咀嚼蛋糕至可吞咽状态时需要做的功,反映蛋糕对咀嚼的抵抗能力,咀嚼性越高,蛋糕越难被嚼碎至可吞咽状态^[28]。由图 2 可知,糙米粉的添加量为 0%、10%、50%的蛋糕咀嚼性没有显著性差异 ($P > 0.05$),相对咀嚼性较低。添加量为 50%的蛋糕咀嚼性为 318.826 g,略高于 0%,说明糙米-大豆复配粉添加比例为 50%更适中。可见蛋糕咀嚼性越高,口感越硬,咀嚼至可吞咽状态需要的功就越大。

2.2.4 不同糙米粉添加量对蛋糕黏聚性的影响

黏聚性指构成食品内部结合力的大小,表示食品

经第一次压缩变形后对第二次压缩的抵抗能力,反映了蛋糕抵抗咀嚼破碎受损保持完整的性质。由图2可知,蛋糕黏聚性随着糙米粉添加量的增加,变化趋势与弹性相同,大致先降低再升高后趋于平稳。糙米粉添加量为0%~10%、40%~70%的蛋糕黏聚性没有显著性差异($P>0.05$),相对较高。添加量为40%~70%蛋糕黏聚性与普通小麦粉制成的蛋糕黏聚性更为接近。

2.3 不同糙米粉添加量对无麸质蛋糕感官的影响

糙米-大豆粉无麸质蛋糕的感官评价见表3。

表3 糙米-大豆粉无麸质蛋糕的感官评价
Table 3 Sensory evaluation of brown rice-soy gluten-free cake

糙米粉添加量/%	色泽	外形	甜度	内部组织	口感	总分
0	12	13	17	12	13	67
10	13	15	16	13	13	70
20	15	15	16	13	14	73
30	14	17	14	15	15	75
40	15	17	15	16	14	77
50	16	18	14	17	17	82
60	16	16	13	15	13	73
70	14	17	13	14	14	72

由表3可知,糙米粉添加量为50%时感官评分最高,为82分。当添加量继续增加时,所有评分均下降。综合考虑,糙米粉添加量为50%时的无麸质蛋糕效果最佳。这与质构仪所得结论基本相符,并且在此添加量下的无麸质蛋糕,表面色泽最好,表皮光滑,起发均匀无硬块,甜度适中,有蛋糕的特有风味。

3 结论

在糙米-大豆复配粉中,随着糙米粉比例的增加,复配粉面团的形成时间、稳定时间都呈现下降趋势,而吸水率呈先下降后上升的趋势;蛋白弱化度变大,糊化速率趋势为:减小-增大-减小。复配粉的淀粉糊化特性大致升高,即黏度增加,但淀粉糊化热稳定性降低,不利于无麸质蛋糕的制作。

根据无麸质蛋糕质构特性及感官评价分析,当糙米粉和大豆粉添加量为50%时,表面色泽最好,表皮光滑,起发均匀无硬块,甜度适中。综合考虑,50%的糙米粉与大豆粉添加量,为糙米-大豆复配粉的最佳比例。

参考文献:

- [1] 齐希光,张冬媛,张晖,等. 双酶协同滚筒干燥加工冲调糙米粉的工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(10): 139-147.
- QI Xiguang, ZHANG Dongyuan, ZHANG Hui, et al. Drying of brown rice powder using drum combined with two enzymes[J]. Journal of

- the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(10): 139-147.
- [2] MARTI A, SEETHARAMAN K, PAGANI M A. Rice-based pasta: a comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking[J]. Journal of Cereal Science, 2010, 52(3): 404-409.
- [3] 赵悦,李加双,谭瑶瑶,等. 不同加工程度大米制备的米粉特性及营养品质比较[J]. 现代食品科技, 2019, 35(4): 87-95.
- ZHAO Yue, LI Jiashuang, TAN Yaoyao, et al. Comparison of the edible characteristics and nutrient quality of rice flour prepared with different processing degrees[J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(4): 87-95.
- [4] SUZUKI A, KAGAWA D, FUJII A, et al. Short- and long-term effects of ferulic acid on blood pressure in spontaneously hypertensive rats[J]. American Journal of Hypertension, 2002, 15(4): 351-357.
- [5] 王立,段维,钱海峰,等. 糙米食品研究现状及发展趋势[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(2): 236-243.
- WANG Li, DUAN Wei, QIAN Haifeng, et al. Research and development of brown rice products [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(2): 236-243.
- [6] FANG H Y, CHEN Y K, CHEN H H, et al. Immunomodulatory effects of feruloylated oligosaccharides from rice bran[J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 836-840.
- [7] 李芳,朱永义. 糙米中的功能性因子与糙米稳定化[J]. 粮食与饲料工业, 2003(6): 12-14.
- LI Fang, ZHU Yongyi. Functional components of brown rice and their stabilization[J]. Cereal & Feed Industry, 2003(6): 12-14.
- [8] 马涛,司维雨. 糙米食品加工技术[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(31): 15620-15623.
- MA Tao, SI Weiyu. Research on the processing techniques of brown rice food [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(31): 15620-15623.
- [9] 龙道崎,邹妍,赵国华. 挤压提高膳食纤维水溶性的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 354-357.
- LONG Daoqi, ZOU Yan, ZHAO Guohua. Research advances of increasing soluble dietary fiber by extrusion[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(1): 354-357.
- [10] 赵国萍,李迎秋. 大豆球蛋白碱性亚基的分离纯化、特性及应用研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2016(5): 164-167.
- ZHAO Guoping, LI Yingqiu. Research progress on purification, characteristics and application of basic subunit glycinin [J]. China Food Additives, 2016(5): 164-167.
- [11] 丁小林. 大豆食品的营养价值与功能特性 [J]. 食品研究与开发, 2004, 25(6): 100-102.
- DING Xiaolin. The nutrition value and physiology functions of soy-bean food[J]. Food Research and Development, 2004, 25(6): 100-102.
- [12] 陈茂生,邢思敏. 膳食纤维的功能及其开发研究 [J]. 食品科技, 2000, 25(1): 23-24.
- CHEN Maosheng, XING Simin. Functions of dietary fiber and its development[J]. Food Science and Technology, 2000, 25(1): 23-24.
- [13] 李翠芳,张钊,王才立. 大豆膳食纤维在面包中的应用 [J]. 大豆科技, 2018(3): 17-25.

- LI Cuifang, ZHANG Zhao, WANG Caili. Application of soybean dietary fiber in bread baking[J]. Soybean Science & Technology, 2018 (3): 17-25.
- [14] 张亚楠. 大豆营养成分研究进展 [J]. 现代农村科技, 2017(10): 64-65.
- ZHANG Yanan. Research progress on nutritional components of soybean[J]. Xiandai Nongcun Keji, 2017(10): 64-65.
- [15] 马洁, 马蕾, 于笛笛, 等. 荞麦无麸质面包研究进展[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(7): 139-146.
- MA Jie, MA Lei, YU Didi, et al. Research progress on gluten-free buckwheat bread [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(7): 139-146.
- [16] CAPRILES V D, ARÊAS J A G. Novel approaches in gluten-free breadmaking: interface between food science, nutrition, and health [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2014, 13(5): 871-890.
- [17] 崔明敏, 李芳, 刘英. 燕麦-小麦预混和面条粉流变学特性研究 [J]. 粮食加工, 2015, 40(1): 38-42.
- CUI Mingmin, LI Fang, LIU Ying. Analysis on flour and gelatinization properties of oat-wheat premixed noodles flour [J]. Grain Processing, 2015, 40(1): 38-42.
- [18] 张艳, 王彦飞, 陈新民, 等. Mixolab 参数与粉质、拉伸参数及面包烘烤品质的关系[J]. 作物学报, 2009, 35(9): 1738-1743.
- ZHANG Yan, WANG Yanfei, CHEN Xinmin, et al. Relationships of mixolab parameters with farinograph, extensograph parameters, and bread-making quality[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(9): 1738-1743.
- [19] HADNAĐEV T D, TORBICA A, HADNAĐEV M. Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab[J]. Procedia Food Science, 2011, 1: 328-334.
- [20] 唐晓锴, 于卉. 谷物品质分析专家-Mixolab 混合实验仪[J]. 现代面粉工业, 2012, 26(5): 19-22.
- TANG Xiaokai, YU Hui. Grain quality analysis expert -Mixolab mixing experiment instrument[J]. Modern Flour Milling Industry, 2012, 26(5): 19-22.
- [21] BASUNIA M A, ABE T. Thin-layer re-wetting of rough rice at low and high temperatures[J]. Journal of Stored Products Research, 2005, 41(2): 163-173.
- [22] 赵晓敏. 浅谈面团稳定时间[J]. 面粉通讯, 2005, 19(3): 34.
- ZHAO Xiaomin. Brief talk on dough stability time[J]. Flourmilling, 2005, 19(3): 34.
- [23] 张秋会, 宋莲军, 黄现青, 等. 质构仪在食品分析与检测中的应用[J]. 农产品加工, 2017(24): 52-56.
- ZHANG Qiuhui, SONG Lianjun, HUANG Xianqing, et al. Implication of texture analyzer in food analysis and detection[J]. Farm Products Processing, 2017(24): 52-56.
- [24] 王一博. 高起泡性蛋清液制备与应用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- WANG Yibo. Study on preparations and applications of liquid egg white with high foaming property[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016.
- [25] 马腾飞, 林雪婷, 王丽霞, 等. 魔芋紫薯海绵蛋糕工艺优化及品质检验[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2016, 13(27): 54-60, 77.
- MA Tengfei, LIN Xueting, WANG Lixia, et al. Process optimization and quality inspection of konjaku purple potato sponge cake [J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2016, 13(27): 54-60, 77.
- [26] 惠丽娟. 荞麦杂豆蛋糕的加工技术及影响其品质的因素的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- HUI Lijuan. Study on techniques of cakes made from buckwheats and beans and factors affecting quality of cakes[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [27] 高雪丽, 樊震江, 张晖. 红薯蛋糕的开发[J]. 农业机械, 2013(6): 72-75.
- GAO Xueli, FAN Zhenjiang, ZHANG Hui. Development of sweet potato cake[J]. Farm Machinery, 2013(6): 72-75.
- [28] SAHI S S, ALAVA J M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83(14): 1419-1429.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2020-03-02