

信阳板栗微波蛋糕预拌粉的研制

周枫,曹蒙,靳羽慧,张令,李建芳*
(信阳农林学院 食品学院,河南 信阳 464000)

摘要:为研制一款新型板栗微波蛋糕预拌粉,以信阳板栗粉为主要原料,以打发时间、浆料比重、蛋糕比容、感官品质、质构为评价指标,采用正交试验设计优化板栗微波蛋糕预拌粉制作配方,最终确定板栗微波蛋糕预拌粉最优方案。结果表明:以100 g中筋面粉为基准,当板栗粉添加量20%、蛋清粉添加量10%、糖粉添加量35%、全脂奶粉添加量9%、黄原胶添加量0.5%、分子蒸馏单甘脂添加量2%、泡打粉添加量3.5%、粉末油脂添加量10%时,制作出的板栗微波蛋糕表面圆润,色泽和口感独特,组织均匀细腻。

关键词:板栗粉;预拌粉;微波蛋糕;比容;质构

Preparation of Xinyang Chestnut Microwave Cake Premix

ZHOU Feng, CAO Meng, JIN Yu-hui, ZHANG Ling, LI Jian-fang*

(School of Food Science, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, Henan, China)

Abstract: This study aimed to develop a new Chinese chestnut microwave cake premix. To be specific, the Xinyang Chinese chestnut powder was used and the evaluation indexes were fermentation time, proportions of raw materials, specific volume, sensory quality, and texture. Thereby, orthogonal design was used to optimize the recipe of the premix. The results showed that the premix should be made with 100 g medium-gluten wheat flour, 20% chestnut powder, 10% egg white powder, 35% sugar powder, 9% whole milk powder, 0.5% xanthan gum, 2% molecular-distilled monoglyceride, 3.5% baking powder, and 10% powdered oil. The yielded cake had unique color and taste, with uniform delicate texture.

Key words: Chinese chestnut powder; premix; microwave cake; specific volume; texture

引文格式:

周枫,曹蒙,靳羽慧,等.信阳板栗微波蛋糕预拌粉的研制[J].食品研究与开发,2023,44(5):135-140.

ZHOU Feng, CAO Meng, JIN Yuhui, et al. Preparation of Xinyang Chestnut Microwave Cake Premix[J]. Food Research and Development, 2023, 44(5): 135-140.

板栗作为一种天然、健康、营养的食材,已有3 000余年栽培历史,是我国重要的“木本粮食”之一^[1-2]。信阳作为有名的板栗之乡,每年出产板栗将近百万斤,板栗的淀粉含量较高(37.82%~53.16%),蛋白质含量为6.15%~12.44%,但缺乏面筋蛋白,无法嵌入淀粉颗粒,且含有脂肪、维生素等多种对人体有益的营养素^[3-4]。板栗能够有效降低人体血糖、血压等,板栗多糖具有免疫及抗肿瘤、抗衰老、降血脂等生理活性功能^[5]。微波蛋糕与传统蛋糕的加工方式不同,以微波烘烤代替传统的加热方式,通过微波和带电离子、极性分子间

的相互作用来产生热,通过简单操作即可制作出美味、可口的蛋糕,更加符合现代人们生活需求^[6]。目前板栗加工食品主要有板栗面包、板栗粉面皮、板栗汁、板栗调味酱,而对板栗蛋糕预拌粉的研究相对较少^[7-8]。预拌粉是指按配方将烘焙所用的部分原辅料预先混合,消费者通过简单操作即可得到营养价值较高的蛋糕,降低了制作难度和失败率。

本文主要探讨信阳板栗在微波蛋糕预拌粉中的应用,研制出以信阳板栗粉为主要原料的微波蛋糕预拌粉,通过正交试验确定最佳板栗预拌粉配方,并对

基金项目:河南省科技攻关项目(182102110324)

作者简介:周枫(1982—),男(汉),副教授,本科,研究方向:食物资源开发与利用。

通信作者:李建芳(1979—),女(汉),教授,硕士,研究方向:食品微生物与生物保鲜。

打发时间、浆料比重、蛋糕比容、感官品质、质构等指标进行测定,最终确定板栗微波蛋糕预拌粉最佳配方,从而增加板栗粉的有效利用率,提高微波蛋糕的品质,为研制微波蛋糕预拌粉提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

板栗粉:市售;中筋面粉:河南省雪健实业有限公司;全脂奶粉:中国雀巢食品有限公司;蛋清粉(食品级):亳州市众意蛋业有限责任公司;纯净水:信阳农林学院中心实验室自制;分子蒸馏单甘脂(食品级):佳力士添加剂(海安)有限公司;黄原胶(食品级):新疆梅花氨基酸有限公司;泡打粉:天津市鸿禄食品有限公司;粉末油脂:武汉和力兴经贸食品有限公司;糖粉:江西巧嫂食品有限公司。

1.2 仪器与设备

FA2104 电子天平:上海良平仪器仪表有限公司;DDQ-B02F1 打蛋器:小熊电器股份有限公司;CS-700 万能粉碎机:武义海纳电器有限公司;G80F23CSL 微波炉:格兰仕电器有限公司;TMS-PRO 质构仪:北京盈盛科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 板栗微波蛋糕加工流程

本试验所采用的蛋糕原辅料与水的配比为预拌粉:纯净水=5:4(质量体积比)。将基础配方A粉(蛋清粉、糖粉、分子蒸馏单甘脂、黄原胶、泡打粉)混合均匀,加水混合后慢速搅拌均匀,待糖粉全部溶化后,将提前配好的复合添加剂B粉(板栗粉、中筋粉、粉末油脂、全脂奶粉)加入A粉中加速搅拌,调制蛋糕糊,将蛋糕糊灌模到一次性蛋糕纸杯中,浆料量占容器体积2/3,轻轻振动排出气泡。将蛋糕糊放置微波炉选择蛋糕烘烤模式,烘烤3 min~4 min后冷却至室温(20℃~25℃),即得到成品。

1.3.2 预拌粉基础配方设计

板栗粉添加量直接影响蛋糕品质。本试验根据文献[9-10]的方法并结合前期预试验结果,确定板栗粉、糖粉、蛋清粉和全脂奶粉的添加量,以100 g中筋粉为基础,对板栗粉、糖粉、蛋清粉和全脂奶粉添加量进行正交试验,通过检测打发时间、蛋糕比容、感官评分等指标,并对正交试验结果进行分析,确定最佳板栗微波蛋糕预拌粉产品配方。每次做3次平行试验,取平均值。基础配方因素水平见表1。

1.3.3 预拌粉添加剂配方设计

在预拌粉基础配方的基础上,对分子蒸馏单甘脂、黄原胶、泡打粉、粉末油脂添加量进行正交试验,通过正交试验考察蛋糕比容、感官评分2个指标,确定最佳

表1 预拌粉基础配方L₉(3⁴)试验因素与水平

Table 1 Experimental factors and levels of basic formula L₉(3⁴) of premixed powder

水平	因素			
	A 板栗粉添加量/%	B 糖粉添加量/%	C 蛋清粉添加量/%	D 全脂奶粉添加量/%
1	20	30	5	3
2	25	35	10	6
3	30	40	15	9

预拌粉添加剂配方。复合添加剂配方因素水平见表2。

表2 复合添加剂配方L₉(3⁴)试验因素与水平

Table 2 Experimental factors and levels of compound additive formula L₉(3⁴)

水平	因素			
	A 分子蒸馏单甘脂添加量/%	B 黄原胶添加量/%	C 泡打粉添加量/%	D 粉末油脂添加量/%
1	2	0.5	2.5	10
2	4	1.0	3.0	20
3	6	1.5	3.5	30

1.3.4 感官评定

选择10位接受过专业训练的评定人员对蛋糕的外观、色泽、组织结构和口感4个方面进行感官评定^[11],评分标准见表3。

表3 感官评价

Table 3 Sensory evaluation

项目	满分	评分标准	评分
外观	30	形状规则完整,无裂纹、无焦糊,无崩顶	21~30
色泽	20	形状较为完整,无明显裂纹,稍有塌陷	11~20
		形状不完整,明显裂纹、严重塌陷	1~10
		表面金黄色,色泽均匀,无斑点	11~20
		表面色泽较深,有斑点	6~10
组织结构	30	颜色深,有较多斑点	1~5
		切面呈细密的蜂窝状,无空洞,无硬块	21~30
		内部空洞不均匀,弹性小,有硬块	11~20
		截面组织气孔大而且不均匀,无弹性	1~10
口感	20	板栗味适中,绵软细腻,无颗粒感,不粘牙	11~20
		板栗风味过浓,有颗粒感,稍粘牙,稍甜或稍淡	6~10
		松散发干,粘牙,很甜或无甜味	1~5

1.3.5 浆料比重测定

一定体积蛋液泡沫质量与同体积水的质量之比即为比重,当达到最小值时,即为“最适点”^[12]。浆料比重计算公式如下。

$$\text{浆料比重} = \frac{\text{一定体积下浆料的质量}}{\text{同体积下水的质量}}$$

1.3.6 蛋糕比容测定

蛋糕体积的测定采用小米排重法。利用 2 个同容积的容器,第一个装满小米,第二个放入称重后的蛋糕;然后将第一个容器中的小米倒入第二个容器,装满摇实。用直尺将小米刮平,量出未装完的小米体积即为蛋糕体积^[13]。

$$P(\text{mL/g}) = V/m$$

式中: P 为蛋糕比容, mL/g ; V 为蛋糕体积, mL ; m 为蛋糕质量, g 。

1.3.7 打发时间的确定

浆料从快速打发开始至打发到最大体积所需要的时间(min)。

1.3.8 蛋糕质构测定

使用质构仪对产品进行质构分析,记录其质构变化,仪器参数为高度 4.5 cm 、压缩程度 60%、压缩速度 60 mm/min 。每个样品测定 3 次平行,取其平均值^[14-15]。

1.4 数据统计分析

本试验中所有数据均为 3 次相同水平重复试验数据的平均值,采用 Excel 2010 统计分析数据,计算标准差,数据结果以平均值 $\pm$ 标准差表示;采用 Origin 9 软件处理数据和作图。

2 结果与分析

2.1 预拌粉的基础配方优化

预拌粉的基础配方正交试验结果见表 4。

表 4 预拌粉基础配方 $L_9(3^4)$ 正交试验结果

Table 4 Orthogonal experiment results of premixed powder basic formula

编号	因素				指标			
	A 板栗粉添加量	B 糖粉添加量	C 蛋清粉添加量	D 全脂奶粉添加量	打发时间/s	浆料比重	蛋糕比容/ (mL/g)	感官评分
1	1	1	1	1	346 $\pm$ 1	1.291 $\pm$ 0.002	0.373 $\pm$ 0.003	49.34 $\pm$ 1.19
2	1	2	2	2	310 $\pm$ 1	1.291 $\pm$ 0.001	0.873 $\pm$ 0.001	50.31 $\pm$ 1.21
3	1	3	3	3	298 $\pm$ 1	1.291 $\pm$ 0.001	0.783 $\pm$ 0.003	53.32 $\pm$ 1.05
4	2	3	2	3	315 $\pm$ 1	1.296 $\pm$ 0.002	1.424 $\pm$ 0.002	55.81 $\pm$ 1.23
5	2	2	3	1	219 $\pm$ 2	1.285 $\pm$ 0.001	1.623 $\pm$ 0.003	46.83 $\pm$ 1.08
6	2	1	1	2	301 $\pm$ 1	1.374 $\pm$ 0.003	1.932 $\pm$ 0.004	49.01 $\pm$ 1.11
7	3	3	3	2	295 $\pm$ 1	1.294 $\pm$ 0.001	1.168 $\pm$ 0.001	54.34 $\pm$ 0.98
8	3	2	1	3	262 $\pm$ 1	1.498 $\pm$ 0.002	2.242 $\pm$ 0.003	58.04 $\pm$ 1.05
9	3	1	2	1	277 $\pm$ 1	1.346 $\pm$ 0.002	1.214 $\pm$ 0.001	54.32 $\pm$ 1.24
打发时间	k_1	318	308	303	281	因素主 $\rightarrow$ 次 最优组合	B>A>C>D	
	k_2	278	264	301	302			
	k_3	278	303	271	292		$A_1B_1C_1D_2$	
	R	40	44	32	21			
浆料比重	k_1	1.138	1.337	1.388	1.307	因素主 $\rightarrow$ 次 最优组合	A>C>B>D	
	k_2	1.318	1.276	0.943	1.238			
	k_3	1.379	1.223	1.219	1.291		$A_1B_3C_2D_2$	
	R	0.241	0.114	0.169	0.069			
蛋糕比容	k_1	0.676	1.031	1.516	1.070	因素主 $\rightarrow$ 次 最优组合	A>B>D>C	
	k_2	1.660	1.579	1.170	1.324			
	k_3	1.541	1.125	1.191	1.438		$A_2B_2C_1D_3$	
	R	0.984	0.548	0.346	0.413			
感官评分	k_1	22.367	20.333	20.833	20.033	因素主 $\rightarrow$ 次 最优组合	A>B>C>D	
	k_2	20.200	21.762	21.867	20.467			
	k_3	20.100	20.667	20.567	21.567		$A_1B_2C_2D_3$	
	R	2.167	1.434	1.300	1.234			

板栗粉具有很高的营养价值和保健功能,但面筋含量低,适当添加会减弱面团筋力,导致弱化度增加,弱化度越大,越有利于提高烘培蛋糕绵软性,使蛋糕成型^[16]。板栗粉添加量在整个预拌粉配方中直接影响蛋糕品质^[17]。

板栗粉添加量是产品质量的关键影响因素,随着

板栗粉添加量增加,打发时间延长,物料黏稠度增加,浆料比重加大。蛋糕比容先增大后减小,板栗蛋糕的感官评分逐渐减小,当板栗粉的添加量为 A_1 时感官评分最高。综合考虑 A_1 为最优水平,即板栗粉添加量 20%。

糖粉添加量对蛋糕烘烤时体积膨胀的速度,表面

色泽、香气均有一定影响。添加量较大,烘烤时体积过度膨胀,导致蛋糕过于蓬松,添加量过小,蛋糕体积膨胀较慢,表面色泽较浅,风味差^[18]。糖粉添加量对蛋糕的感官和比容影响较大,随着糖粉添加量增大,蛋糕比容与感官评分先增加后减小。当糖粉添加量为35%时,蛋糕比容和感官评分达到峰值,因此糖粉添加量选择35%较为适宜。

蛋清粉在加水后形成蛋清液,利用蛋白的起泡性,经过快速搅打包裹进大量空气与其他物料一起形成蛋泡糊^[19]。随着蛋清粉添加量增加,蛋糕感官评分先增加后减小,当蛋清粉添加量为15%时蛋糕感官评分达到峰值,而打发时间随着蛋清粉添加量的增加而缩短。浆料比重随着蛋清粉添加量的增加先减小后增加,蛋清粉添加量为10%时浆料比重最小,综合考虑蛋清粉添加量选择10%较适宜。

全脂奶粉可提高蛋糕的营养价值,延缓蛋糕老化过程,对蛋糕品质影响较小。随着全脂奶粉添加量增加,蛋糕感官评分逐渐升高,从打发时间和浆料比重角度,可不做考虑。因此全脂奶粉添加量选择9%较适宜。

综合以上分析,本试验的优化组合为A₁B₂C₂D₃,即板栗粉添加量20%、糖粉添加量35%、蛋清粉添加量10%、全脂奶粉添加量9%。但此优化组合不在9次正交试验中,因此同时选取正交试验中各项指标较佳的3个组合进行对比验证试验,结果见表5。

表5 预拌粉基础配方验证试验结果

Table 5 Validation results of premixed powder basic formula

组合条件	试验结果			
	打发时间/s	浆料比重	蛋糕比容/(mL/g)	感官评分
A ₁ B ₁ C ₁ D ₂	247±2 ^c	1.156±0.002 ^{bc}	1.440±0.002 ^{ab}	54.5±1.6 ^d
A ₁ B ₃ C ₂ D ₂	292±1 ^{ab}	1.264±0.002 ^{ab}	1.480±0.003 ^{ab}	63.0±1.4 ^{bc}
A ₂ B ₂ C ₁ D ₃	322±1 ^a	1.158±0.001 ^{bc}	1.425±0.003 ^{ab}	75.5±1.1 ^{ab}
A ₁ B ₂ C ₂ D ₃	307±1 ^{ab}	1.448±0.002 ^a	1.554±0.003 ^a	77.0±1.1 ^a

注:同列不同小写字母表示具有显著差异($p<0.05$)。

由表5可知,从4个方面综合分析各组合蛋糕的品质,组合A₁B₂C₂D₃,即板栗粉添加量20%、糖粉添加量35%、蛋清粉添加量10%、全脂奶粉添加量9%,在此组合下制作的蛋糕感官评分和蛋糕比容均高于其他组合,感官评分为77.0、蛋糕比容1.554 mL/g、打发时间为307 s、浆料比重1.448。综合分析,A₁B₂C₂D₃即为最优组合。

2.2 复合添加剂配方优化

复合添加剂正交试验结果见表6。

由表6可知,以蛋糕比容为指标,分子蒸馏单甘脂添加量对板栗微波蛋糕比容影响最大,其次为泡打粉

表6 预拌粉复合添加剂配方L₉(3⁴)正交试验结果分析Table 6 Analysis of orthogonal experiment results of L₉(3⁴) of premixed powder compound additive formula

试验号	因素				指标	
	A 分子蒸馏单甘脂添加量	B 黄原胶添量	C 泡打粉添量	D 粉末油脂添量	蛋糕比容/(mL/g)	感官评分
1	1	1	1	1	2.513±0.003	64.0±1.4
2	1	2	2	2	2.288±0.002	65.8±1.4
3	1	3	3	3	2.632±0.003	62.3±1.0
4	2	3	2	1	1.866±0.002	69.0±1.6
5	2	2	3	1	1.984±0.002	71.5±1.5
6	2	1	1	2	1.887±0.002	64.3±1.5
7	3	3	3	2	2.369±0.003	75.6±1.4
8	3	2	1	3	1.917±0.002	78.0±1.3
9	3	1	2	1	2.643±0.002	59.0±1.5
蛋糕比容	k ₁	2.48	2.35	1.97	2.38	因素主→次 A>C>B>D
	k ₂	1.91	2.06	2.26	2.18	
	k ₃	2.31	2.29	2.33	2.14	最优组合 A ₁ B ₁ C ₃ D ₁
	R	0.57	0.29	0.36	0.24	
感官评分	k ₁	21.6	22.1	23.6	22.9	因素主→次 A>B>D>C
	k ₂	23.2	24.7	22.9	23.4	
	k ₃	25.6	23.6	23.8	24.0	最优组合 A ₃ B ₂ C ₃ D ₃
	R	4.0	2.6	0.9	1.1	

添加量和黄原胶添加量,最后为粉末油脂添加量,最优水平组合为A₁B₁C₃D₃。以感官评分为指标,各因素对感官评分影响的主次顺序为A>B>D>C,分子蒸馏单甘脂添加量对板栗微波蛋糕的感官评分影响最大,其次为黄原胶添加量和粉末油脂添加量,泡打粉添加量影响最小,最优水平组合为A₃B₂C₃D₃。

2.3 验证试验

2组试验结果均不在优化组合9组试验中故选取正交试验各项指标最佳的组合A₃B₃C₃D₂与2组因素组合最佳试验分别测定微波蛋糕比容及感官评分,同时以微波蛋糕预拌粉最佳基础配方A₁B₂C₂D₃,即不使用复配添加剂作为对照,进行验证试验,结果见表7和图1。

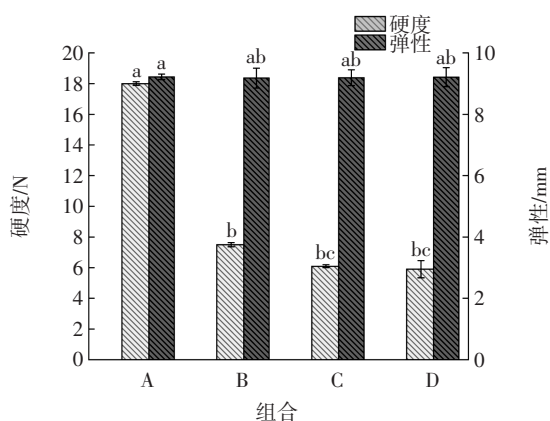
表7 微波蛋糕验证试验对比

Table 7 Compares the experimental validation

组合条件	感官评分	蛋糕比容/(mL/g)
A ₁ B ₂ C ₂ D ₃	88.3±1.31 ^{ab}	1.611±0.002 ^c
A ₁ B ₁ C ₃ D ₁	91.7±1.25 ^a	2.234±0.002 ^a
A ₃ B ₂ C ₃ D ₃	84.3±1.74 ^b	2.184±0.001 ^{ab}
A ₃ B ₃ C ₃ D ₂	82.4±1.63 ^b	2.163±0.003 ^{ab}

注:同列不同小写字母表示具有显著差异($p<0.05$)。

由表7可知,3个组合的感官评分和蛋糕比容均



A 为 $A_1B_1C_2D_3$; B 为 $A_1B_1C_3D_1$; C 为 $A_3B_2C_3D_3$; D 为 $A_3B_3C_3D_2$ 。不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

图1 质构分析测定结果

Fig.1 Results of texture analysis

高于预拌粉基础配方,说明通过添加适量的添加剂能够改变蛋糕内分子状态,使蛋糕更加蓬松,有效提高蛋糕的品质。随着分子蒸馏单甘脂添加量和黄原胶添加量的增加,蛋糕的感官评分和比容逐渐下降,这可能是由于黄原胶添加量过高会使蛋糕糊持泡能力下降,从而导致蛋糕比容下降^[20]。当分子蒸馏单甘脂添加量为 2%、黄原胶添加量为 0.5%、泡打粉添加量为 3.5%、粉末油脂添加量为 10%时,感官评分为 91.7,比容为 2.234 mL/g,均高于其他组合,能够使成品蛋糕组织更为蓬松,松软适度,口感最佳,即添加剂组合为 $A_1B_1C_3D_1$ 。

由图 1 可知,不同组合的成品硬度逐渐下降,弹性无明显变化。预拌粉蛋糕硬度和弹性均高于其他组合,这是由于板栗粉会增加面糊的黏度,导致蛋白质分子吸附于界面上难以展开,从而减小了泡沫体积与界面面积,致使蛋糕的硬度增大^[21]。分子蒸馏单甘脂添加量为 2%、黄原胶添加量为 0.5%、泡打粉添加量为 3.5%、粉末油脂添加量为 10%时,蛋糕的硬度和弹性适中,这是由于分子蒸馏单甘脂的增加使蛋糕组织蓬松。黄原胶是一种天然多糖大分子,阻碍淀粉羟基之间的缔结,减少淀粉重结晶,从而增大蛋糕的持水能力、降低硬度^[22]。综合比容、感官及质构分析,微波蛋糕预拌粉的最优添加剂配方为 $A_1B_1C_3D_1$ 。

3 结论

本试验以面粉和板栗粉为主要原料,采用正交试验方法,确定微波蛋糕预拌粉的基础配方和复合添加剂最优组合。试验结果表明,以 100 g 中筋面粉为基准,板栗粉添加量 20%、蛋清粉添加量 10%、糖粉添加量 35%、全脂奶粉添加量 9%、黄原胶添加量 0.5%、分子蒸馏单甘脂添加量 2%、泡打粉添加量 3.5%、粉末油

脂添加量 10%,在此配方下制作的板栗微波蛋糕表面圆润,色泽均匀,外形饱满,蛋糕组织结构细密,甜味适中,松软度好,具有适宜的板栗蛋糕风味。

参考文献:

- [1] PACIULLI M, DEMIRKESEN MERT I, RINALDI M, et al. Chestnut and breads: Nutritional, functional, and technological qualities[M]// Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. Amsterdam: Elsevier, 2019: 237-247.
- [2] 周葵, 张雅媛, 游向荣, 等. 板栗粉食品的开发利用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(5): 201-206.
- [3] ZHOU Kui, ZHANG Yayuan, YOU Xiangrong, et al. Research progress in the utilization of chestnut flour[J]. Food Research and Development, 2021, 42(5): 201-206.
- [4] MERT C, ERTÜRK Ü. Chemical compositions and sugar profiles of consumed chestnut cultivars in the Marmara Region, Turkey[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2017, 45(1): 203-207.
- [5] MASSANTINI R, MOSCETTI R, TERESA FRANGIPANE M. Evaluating progress of chestnut quality: A review of recent developments[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 113: 245-254.
- [6] 马凌云, 赵亮. 板栗大豆调味酱的研制[J]. 中国调味品, 2018, 43(9): 109-111.
- [7] MA Lingyun, ZHAO Liang. Development of chestnut soybean sauce[J]. China Condiment, 2018, 43(9): 109-111.
- [8] 陈颖娟, 杨菁, 李妙莲. 变性淀粉与食品胶对微波蛋糕品质的影响[J]. 中国食品添加剂, 2017(9): 194-199.
- [9] CHEN Yingxian, YANG Jing, LI Miaolian. Effect of modified starch and food gums on quality of cake prepared by microwave[J]. China Food Additives, 2017(9): 194-199.
- [10] 郑璇. 微波蛋糕粉配方的分析探讨[J]. 科技资讯, 2010, 8(10): 235, 237.
- [11] ZHENG Xuan. Analysis and discussion of microwave cake powder formula[J]. Science & Technology Information, 2010, 8(10): 235, 237.
- [12] 张桂红, 胡红芹, 孙亚军, 等. 添加物的不同细度对馒头预拌粉品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(13): 115-120.
- [13] ZHANG Guihong, HU Hongqin, SUN Yajun, et al. Additives with different fineness of impact on the quality of steamed bread mixed in advance[J]. Food Research and Development, 2018, 39(13): 115-120.
- [14] 惠更平. 板栗粉制备性质及其应用的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [15] HUI Gengping. The study on preparation and properties of chestnut powder and its application[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2005.
- [16] 丁捷, 何江红, 黄益前, 等. 青稞微波蛋糕预拌粉研制[J]. 食品工业科技, 2015, 36(10): 301-306.
- [17] DING Jie, HE Jianghong, HUANG Yiqian, et al. Processing the technique for microwave cake premixed flour of highland barley[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(10): 301-306.
- [18] 丁捷, 廖诚成, 赵雪梅, 等. 速冻微波青稞蛋糕复合品质改良剂组合筛选[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(5): 167-175.
- [19] DING Jie, LIAO Chengcheng, ZHAO Xuemei, et al. Screening of compound quality improvement for frozen microwave cake by highland barley[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(5): 167-175.
- [20] 杨嘉丽. 乳化剂在海绵蛋糕中的应用研究[J]. 食品安全导刊, 2017(18): 154-156.
- [21] YANG Jiali. Study on the application of emulsifier in sponge cake[J].

- China Food Safety Magazine, 2017(18): 154–156.
- [13] 于雷, 越皓, 刘洋, 等. 红参多糖对面包品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 332–333, 338.
- YU Lei, YUE Hao, LIU Yang, et al. Effect of red ginseng polysaccharide on bread quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(24): 332–333, 338.
- [14] 彭毅秦, 肖猛, 何江红, 等. 板栗粉面皮工艺及品质研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(1): 53–58.
- PENG Yiqin, XIAO Meng, HE Jianghong, et al. Investigation on that process and quality of chestnut flour[J]. Food and Fermentation Sciences & Technology, 2019, 55(1): 53–58.
- [15] 陈佩, 赵冰, 庞雨辰, 等. 直链低聚糖对蛋糕品质的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(3): 178–181.
- CHEN Pei, ZHAO Bing, PANG Yuchen, et al. Effect of maltooligosaccharide on cake quality[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(3): 178–181.
- [16] 李相敏, 何新益, 甄润英. 杂粮粉对混粉特性及蛋糕品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(18): 110–114.
- LI Xiangmin, HE Xinyi, ZHEN Runying. Effect of miscellaneous grains on the characteristics of mixed powder and the quality of cake[J]. Food Research and Development, 2019, 40(18): 110–114.
- [17] 李高平. 热加工对板栗淀粉胶体特性及功能性质的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2018.
- LI Gaoping. Effect of thermal processing on the colloidal and functional properties of chestnut starch[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2018.
- [18] 王轶, 王晨, 郭鹏. 甘薯渣膳食纤维饼干制作工艺及优化[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(22): 5698–5701, 5706.
- WANG Yi, WANG Chen, GUO Peng. Exploitation and optimization of making dietary fiber biscuit by sweet potato residue[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54(22): 5698–5701, 5706.
- [19] 林军, 张华. 蛋清粉的物理特性和蛋黄粉中提取卵磷脂的研究[J]. 延边大学农学报, 2018, 40(1): 78–82.
- LIN Jun, ZHANG Hua. Study of physical characteristics of egg white powder and the extraction of lecithin from egg yolk powder[J]. Agricultural Science Journal of Yanbian University, 2018, 40(1): 78–82.
- [20] 余蕾. 新型复合膨松剂[J]. 中国食品添加剂, 2006(3): 128–129.
- YU Lei. New complex leavening agent[J]. China Food Additives, 2006(3): 128–129.
- [21] 胡欣宇, 明建, 王姝, 等. 超微板栗粉对海绵蛋糕品质的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 220–226.
- HU Xinyu, MING Jian, WANG Shu, et al. Effects of superfine chestnut powder on sponge cake quality[J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 220–226.
- [22] 宋臻善, 李嘉瑜, 周雪松. 亲水胶体对海绵蛋糕品质的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(9): 2206–2210.
- SONG Zhenshan, LI Jiayu, ZHOU Xuesong. Effect of hydrophilic colloid on the quality of sponge cake[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(9): 2206–2210.

加工编辑:冯娜

收稿日期:2022-01-01

(上接第 112 页)

- stimulus-responsive swelling behaviors of poly(dimethylaminoethyl methacrylate) gel containing cholic acid[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2014, 131(6): 596–602.
- [26] KAFORIS D, KOSSIVAS F, CONSTANTINIDES C, et al. Biosourced amphiphilic degradable elastomers of poly(glycerol sebacate): Synthesis and network and oligomer characterization[J]. Macromolecules, 2013, 46(3): 622–630.
- [27] ZHAI X D, LI Z H, SHI J Y, et al. A colorimetric hydrogen sulfide sensor based on gellan gum-silver nanoparticles bionanocomposite for monitoring of meat spoilage in intelligent packaging[J]. Food Chemistry, 2019, 290: 135–143.
- [28] LI H H, GENG W H, SUN X, et al. Fabricating a nano-bionic sensor for rapid detection of H₂S during pork spoilage using Ru NPs modulated catalytic hydrogenation conversion[J]. Meat Science, 2021, 177: 108507.
- [29] 齐亮, 赵婕, 赵茂程. 冷鲜猪肉的新鲜度无损检测技术现状及 THz 检测技术展望[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 219–224.
- QI Liang, ZHAO Jie, ZHAO Maocheng. Current status of nondestructive testing technology and prospect of THz detection technology[J]. Food and Machinery, 2016, 32(9): 219–224.
- [30] YU D, FENG Y Y, XU J X, et al. Fabrication, characterization, and antibacterial properties of citric acid crosslinked PVA electrospun microfibre mats for active food packaging[J]. Packaging Technology and Science, 2021, 34(6): 361–370.
- [31] SHARMA B, SANDILYA A, SHARMA S, et al. Thermo-mechanical investigation of PEG-PVA biohybrid active film grafted with copper nanoparticles for packaging applications[J]. Bulletin of Materials Science, 2021, 44(2): 1–11.
- [32] TRINETTA V, CUTTER C N, FLOROS J D. Effects of ingredient composition on optical and mechanical properties of pullulan film for food-packaging applications[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(10): 2296–2301.

加工编辑:刘艳美

收稿日期:2022-08-05