

发芽糙米煎饼的研制

唐明礼,王 勃,刘 贺,何余堂,惠丽娟,马 涛*

(渤海大学化学化工与食品安全学院,渤海大学粮油科学与技术研究所,辽宁锦州 121013)

摘要:以发芽糙米为主要原料,研制具有地方特色的发芽糙米煎饼。应用正交实验确定了糙米的发芽条件,探讨了发芽糙米煎饼的工艺及参数。糙米发芽的最佳条件为:浸泡温度25℃、浸泡时间6h、发芽温度30℃、发芽时间24h。在此浸泡温度下黄豆浸泡10h。将发芽糙米、大豆和米饭混合湿磨成100~120目进行生产。发芽糙米煎饼制作的工艺条件为:发酵温度26℃、发酵时间10h、碱中和pH6.8、摊制温度180℃。在此条件下,发芽糙米煎饼质地较韧、口感较佳。

关键词:发芽糙米,煎饼,研制

Preparation of germinated brown rice pancake

TANG Ming-li, WANG Bo, LIU He, HE Yu-tang, HUI Li-juan, MA Tao*

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety, Bohai University Grain and Oil Science and Technology Institute of Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: Germinated brown rice was used as major materials to research germinated brown rice pancakes which had local features, the conditions of brown rice germination were determined and the parameters and the processes of germinated brown rice pancake were discussed by the orthogonal test design. The optimum conditions of brown rice germination were as follows: soaking temperature 25℃, soaking time 6h, germination temperature 30℃, germination time 24h. Soybeans were soybeans soaked for 10h under same soak temperature. Germinated brown rice, soybeans and rice were mixed to grind wetly to 100~120 mesh. The production processes of germinated brown rice pancake were as follows: fermentation temperature 26℃, fermentation time 10h, pH6.8, manufacture temperature 180℃. Under these conditions, germinated brown rice pancakes had malleabler texture, better taste.

Key words: germinated brown rice; pancake; preparation

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)02-0261-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.048

发芽糙米(PR)是一种新的饮食谷物,并作为一种膳食补充剂,得到了广泛的关注。PR是将糙米浸泡在37℃水中直至产生不超过0.5mm的芽长^[1-2]。发芽利用了麦麸中的生理活性物质,种子中的γ-氨基丁酸(GABA)、维生素、矿物质、纤维素、植酸和阿魏酸等营养成分更容易消化和吸收^[3-5], GABA前体物质为L-谷氨酸,通过谷氨酸脱羧酶生成, GABA具有神经传导、降血压、利尿、抑制癌细胞的增殖等作用^[6-8]。

发芽除了产生丰富的营养物质,也可产生抗坏血酸、生育酚、生育三烯酚等生物活性物质及抗氧化活性成分,改善了种子的营养价值,降低植酸等抗营养因子,增加蛋白质消化率,提高氨基酸利用率等^[9-11]。糖尿病患者食用发芽糙米饮食餐后具有较低的血糖浓度,而不会增加人体胰岛素的分泌^[12]。对链脲佐菌素诱导糖尿病的白鼠喂养发芽糙米的饮食,降低了血糖水平及脂质过氧化物的浓度,能有效预防心肌

梗死、微血管病发病、视网膜病等病症^[13]。这表明发芽糙米饮食能够治疗和预防糖尿病及其并发症。

利用发芽糙米作为发酵煎饼的原料将提高糙米的质地、稻米的综合利用率,也提高了煎饼的营养价值,故研制发芽糙米食品并使之粗粮细作对国民具有很大的健康优势。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与仪器

糙米、精大米、大豆 本溪寨香生态农业有限公司提供;碱水 广州市御品香食品有限公司。

导热油式半自动煎饼釜子 山东临费县金釜煎饼机加工厂; HH-6数显恒温水浴锅 金坛市鑫鑫实验仪器厂; SHP-250微电脑控制恒温培养箱 上海精宏实验设备有限公司; 电热鼓风式恒温干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; DFT-100高速粉碎机 温岭市大德中药机械有限公司; PHS-3C型精密pH计 上海雷磁仪器厂; 电子天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司; RVA粘度仪 澳大利亚Newport科学仪器有限公司; LD5-2A离心机 北京医用离心机厂; RRH-A500高速多功能粉碎机 上海缘沃工贸有限公司; JML-80B立式胶体磨 上海申欧通用泵阀厂;

收稿日期: 2014-07-03

作者简介:唐明礼(1988-),男,在读硕士研究生,研究方向:农产品加工与贮藏。

* 通讯作者:马涛(1962-),男,博士研究生,教授,研究方向:食品科学。

TMS-PRO质构仪 美国FTC公司。

1.2 实验方法

1.2.1 煎饼制作 挑选子粒饱满的糙米、大米和大豆为实验原料,将糙米和大豆进行浸泡;精白米的蒸煮水量为1.5倍精白米质量,蒸煮30min。将发芽糙米、大豆和米饭混合并进行研磨粉碎,然后将上述原料进行发酵、碱中和、摊制。

1.2.2 糙米发芽条件的单因素实验 选取籽粒饱满、无霉变的糙米,用清水冲洗表面的灰尘和杂质并沥干。

1.2.2.1 浸泡温度对糙米发芽率影响 固定浸泡时间6h,发芽温度30℃,发芽时间24h,设置浸泡温度20、25、30、35、40℃进行单因素实验。

1.2.2.2 浸泡时间对糙米发芽率影响 固定浸泡温度30℃,发芽温度30℃,发芽时间24h,设置浸泡时间4、6、8、10、12h进行单因素实验。

1.2.2.3 发芽温度对糙米发芽率影响 固定浸泡温度30℃,浸泡时间6h,发芽时间24h,设置发芽温度20、25、30、35、40℃进行单因素实验。

1.2.2.4 发芽时间对糙米发芽率影响 固定浸泡时间6h,发芽温度30℃,发芽时间24h,进行发芽时间单因素实验,共5个水平,分别为15、18、21、24、27h。

1.2.3 糙米发芽的正交实验 在上述单因素实验基础上,以糙米发芽率为考察指标,选用 $L_9(3^4)$ 进行正交设计来确定最佳发芽条件,因素与水平见表1。

表1 糙米发芽正交实验因素与水平表

Table 1 The orthogonal factors and levels of brown rice germination

水平	因素			
	A 浸泡温度 (℃)	B 浸泡时间 (h)	C 发芽温度 (℃)	D 发芽时间 (h)
1	20	4	25	21
2	25	6	30	24
3	30	8	35	27

1.2.4 黄豆浸泡条件的确定 将100g黄豆,大豆的浸泡水量为2.5倍大豆质量置于烧杯中,分别放入15、20、25、30、35℃的恒温水浴锅进行浸泡,每隔2h计算吸水率,取3个平均值,确定浸泡黄豆的最佳温度及时间。

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100$$

式中: M_0 为黄豆吸水前的质量,g; M 为黄豆吸水后的质量,g。

1.2.5 原料研磨方法 干磨法:原料清洗、除杂、干燥后,用超微粉碎机磨9min。

湿磨法:原料清洗、除杂,大豆浸泡10h,糙米发芽后,加水料液比1:2,将比例为1:3:6的大豆、白米饭、发芽糙米的混合原料用胶体磨研磨6min,干燥粉碎。将干磨法粉末放入60、80、100、120、140目的标准分样筛和湿磨法粉末放入100、120、140目的标准分样筛中筛15min,得到不同粒度的原料。

1.2.6 保水力测定 称取样品2g置于含有45mL蒸馏

水的离心管中,室温下平衡5min,放入92.5℃恒温浴锅中保持30min,然后放入冷水中1min并在室温下平衡5min。在3000r/min下离心20min,倒出上清液,称取沉淀物的重量,按下式计算样品的保水力。

$$\text{保水力} = \frac{M_0}{M}$$

式中: M_0 为离心后沉淀的质量,g; M 为样品粉末质量,g。

1.2.7 RVA糊化特征值的测定 将干磨小于60目,60~80目、80~100目、100~120目、120~140目与湿磨100~120目、120~140目、大于140目各3g样品与25mL蒸馏水预搅30s,使样品散开后,加入RVA旋转塔,开始测定峰值黏度(Peak)、谷值黏度(Trough)、最终黏度(Final Visc)、回生值(Setback)、峰值时间(Peak Time)、糊化温度(Pasting Temp)。

1.2.8 煎饼生产条件的单因素实验

1.2.8.1 发酵温度对煎饼品质的影响 摊制温度180℃,发酵时间10h,pH为6.8,设置发酵温度23、26、29、32、35℃进行单因素实验。

1.2.8.2 发酵时间对煎饼品质的影响 摊制温度180℃,发酵温度29℃,pH为6.8,设置发酵时间6、8、10、12、14h,进行单因素实验。

1.2.8.3 碱中和pH对煎饼品质的影响 摊制温度180℃、发酵温度29℃、发酵时间10h,设置pH6.4、6.6、6.8、7.0、7.2,进行单因素实验。

1.2.8.4 摊制温度对煎饼品质的影响 固定发酵温度29℃,发酵时间10h,碱中和pH为6.8,设置摊制温度160、170、180、190、200℃,进行单因素实验。

1.2.9 煎饼生产的正交实验 在单因素实验基础上,选取摊制温度、发酵温度、发酵时间、碱中和pH四个因子,各取三个水平,采用 $L_9(3^4)$ 正交表进行正交实验。各因素与水平见表2。

表2 煎饼生产正交实验因素与水平

Table 2 The orthogonal test factors and levels of the pancake manufacture

水平	A 摊制温度 (℃)	B 发酵温度 (℃)	C 发酵时间 (h)	D 碱中和pH
1	170	23	8	6.6
2	180	26	10	6.8
3	190	29	12	7.0

1.2.10 煎饼剪切测试条件 将长1.5cm、宽1cm的煎饼样品置于TMS-PRO质构仪下进行剪切实验,选用单刀剪切探头,剪切前速率为1mm/s,剪切速率1mm/s,剪切后速率1mm/s,测试开始模式为:Auto(Force),启动力:0.1N。

1.2.11 煎饼感官评价 煎饼感官评价标准见表3。

1.2.12 回软含水量的确定 采用1.2.10方法对煎饼进行质构测定,菌落总数采用GB 4789.2-2010《食品卫生微生物学检验 菌落总数测定》方法计数^[14]。

1.3 实验数据处理

所有数据以平均值(mean)±标准差(sd)表示,利

表3 煎饼感官评价标准
Table 3 The sensory evaluation standards of pancake

		8~10分	5~7分	0~4分
外观	完整度	质地细腻、光滑、完整性好	质地较细腻、有气孔、完整较好	有明显气孔、易碎
	颜色	颜色饱满、干净	颜色略单一、较暗淡	颜色暗淡、灰白
	光泽	有明显光泽	稍有光泽	无光泽
风味	味道	口味香甜、饱满	略有淀粉味感、风味完整	有淀粉味感、味道单一
	香气	糙米糊化的香气纯正、清新	香气较清新、微带豆味	香气不足、豆味明显
	粘性	柔软、细腻清爽不黏牙	有粘性、基本不粘牙	松软、粘牙
口感	硬度	硬度适中、柔软	口感较生硬	口感生硬、易碎
	韧性	有嚼劲	嚼劲稍差	口感疏松、较软或松散

用Origin软件对实验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 糙米发芽工艺条件优化

2.1.1 单因素实验

2.1.1.1 浸泡温度对糙米发芽率的影响 浸泡温度是影响糙米发芽率的重要因素。从图1可以看出,当浸泡温度为25℃时,糙米发芽率最大;当浸泡温度超过25℃时糙米发芽率降低。

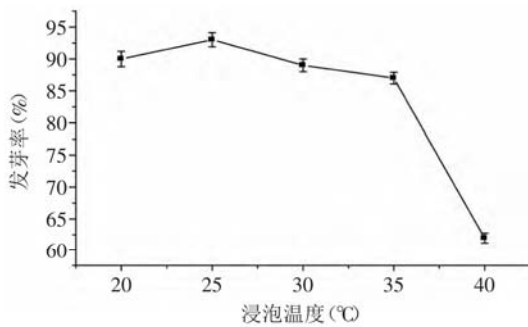


图1 浸泡温度对糙米发芽率的影响

Fig.1 The effect of soaking temperature on rate of brown rice

2.1.1.2 浸泡时间对糙米发芽率的影响 图2为浸泡时间对糙米发芽率的影响,糙米的适宜浸泡时间为6h,发芽率超过90%,浸泡时间超过6h发芽率反而下降,并且浸泡液变浑浊。其原因是当浸泡时间过长时,糙米表层发生部分溶解,微生物大量滋生,导致糙米发芽率随浸泡时间增加而降低。

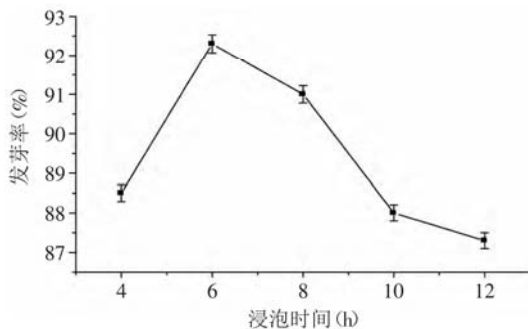


图2 浸泡时间对糙米发芽率的影响

Fig.2 The effect of soaking time on rate of brown rice germination

2.1.1.3 发芽温度对糙米发芽率的影响 图3为发芽温度对糙米发芽率的影响,当发芽温度低于30℃时,发芽率与发芽温度成正比,高于30℃时,发芽率降低。原因可能温度过高造成内源酶的活性降低,导致发芽率降低。

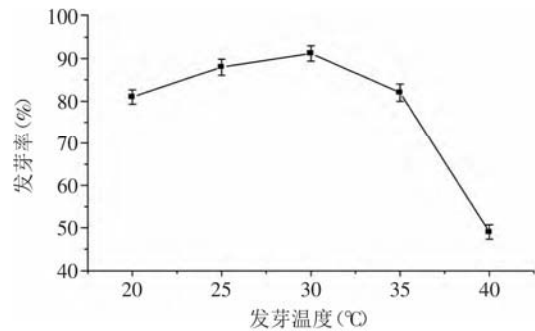


图3 发芽温度对糙米发芽率的影响

Fig.3 The effect of germination temperature on rate of brown rice germination

2.1.1.4 发芽时间对糙米发芽率的影响 图4为发芽时间对糙米发芽率的影响,当浸泡时间较长时,导致糙米发芽率随浸泡时间增加而降低;随发芽时间的延长,发芽率逐渐增加,但在21h时发芽率逐渐趋于平缓,24h后达到稳定。

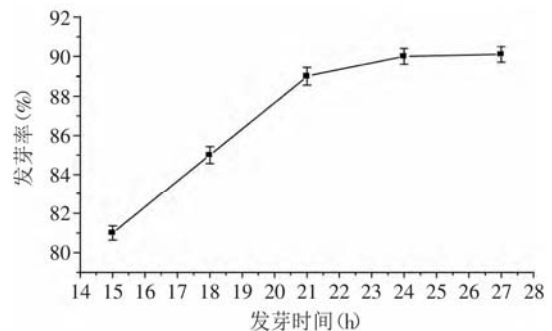


图4 发芽时间对糙米发芽率的影响

Fig.4 The effect of germination time on rate of brown rice germination

2.1.2 正交实验 选择浸泡温度20、25、30℃,浸泡时间4、6、8h,发芽温度25、30、35℃,发芽时间21、24、27h进行L₉(3³)正交实验,糙米发芽正交实验设计与

结果见表4。

表4 糙米发芽正交实验设计与结果

Table 4 The design and results of orthogonal experiment of brown rice germination

实验号	A	B	C	D	发芽率 (%)
1	1	1	1	1	78
2	1	2	2	2	92
3	1	3	3	3	77
4	2	1	2	3	90
5	2	2	3	1	84
6	2	3	1	2	83
7	3	1	3	2	81
8	3	2	1	3	82
9	3	3	2	1	88
K ₁	247	249	243	250	
K ₂	257	258	270	256	
K ₃	251	248	242	249	
k ₁	82.333	83.000	81.000	83.333	
k ₂	85.667	86.000	90.000	85.333	
k ₃	83.667	82.667	80.667	83.000	
R	3.334	3.333	9.333	2.333	

由表4可看出,糙米发芽的影响因素主次顺序为发芽温度、浸泡温度、浸泡时间、发芽时间。糙米发芽的最佳工艺条件为C₂A₂B₂D₂^[15-18]。即浸泡温度25℃、浸泡时间6h、发芽温度30℃、发芽时间24h,在此条件下,糙米的发芽率可达94%。

2.2 浸泡时间、浸泡温度对大豆吸水率的影响

由图5可看出,浸泡时间对大豆吸水率的影响随浸泡温度的升高逐渐增强。当在25~35℃范围、浸泡时间1~8h时,大豆的吸水速度较快,10h以后吸水速度都趋于平稳;当浸泡温度为15℃时,大豆吸水率较低,在12h只达到95%,明显低于其他温度组。但当浸泡温度在25~35℃范围、浸泡时间10h时,大豆吸水率较高且稳定在110%左右。因此选择适宜的条件为:浸泡温度25℃,浸泡10h。

2.3 糙米粒度对保水力的影响

从图6中可看出,干磨糙米粉的保水力随粒度的增加而增加。粒度在120~140目范围时,糙米粉保水力最大;小于60目的保水力最小。湿磨糙米粉粒度在

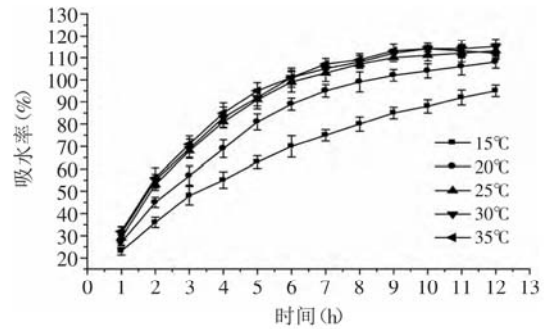


图5 浸泡时间、浸泡温度对大豆吸水率的影响

Fig.5 The effect of soaking time, soaking temperature on soybean water absorption

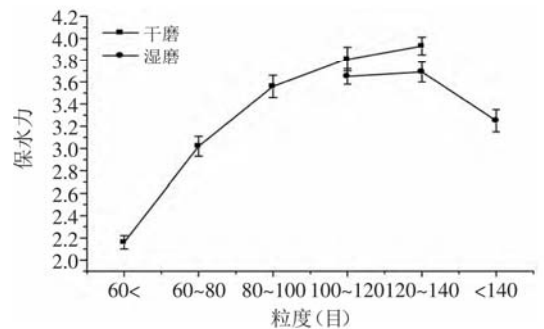


图6 糙米粒度对保水力的影响

Fig.6 The effect of brown rice granularity on retention capacity

100~120目和120~140目时,糙米保水力基本持平,而粒度大于140目的保水力有所下降。对于湿磨法和干磨法120~140目的糙米粉保水力最大。粒度过高或过低都不利于保持水分^[9],考虑工艺的难度及产品口感选择100~120目的糙米粉。

2.4 糙米粒度对糊化度的影响

峰值黏度(Peak)、谷值黏度(Trough)、最终黏度(Final Visc)、回生值(Setback)、峰值时间(Peak Time)、糊化温度(Pasting Temp)。

从表5可以看出,糙米粉的峰值黏度随粒度的减小而增加,糙米粉的糊化温度随着粒度的减少而下降;粒度越小,糙米粉越容易糊化。原因可能是粒度越小,水分越容易深入到糙米淀粉颗粒内部,易于淀粉粒膨润,因此黏度增强,易于糊化^[20]。

糙米粉的粒度与回生值成正比,粒度越小回生值越低,抗老化性越好。干磨研磨粒度为120~140目

表5 糙米粒度对糊化度的影响

Table 5 The effect brown rice granularity on gelatinization

粒度(目)	峰值黏度(cp)	谷值黏度(cp)	最终黏度(cp)	回生值(cp)	峰值时间(min)	糊化温度(℃)
小于60	297	255	1207	952	7.0	86.5
60~80	332	153	989	835	6.8	80.4
干磨 80~100	412	127	873	746	6.4	76.4
100~120	459	97	735	638	6.0	73.1
120~140	683	285	847	562	5.8	72.4
100~120	283	224	603	379	5.9	72.8
湿磨 120~140	317	210	653	443	5.6	71.2
大于140	439	148	805	657	5.4	70.5

的回生值最小,其值为562;湿磨研磨粒度为100~120目的回生值最小,其值为379。故湿磨法所得的糙米粉回生值要小于干磨法得到的糙米粉的回生值,以抗老化性质衡量,湿磨法比干磨法好。考虑到磨粉的易操作性、保水力、糊化性质等因素,糙米煎饼用湿磨法将原料研磨成100~120目进行生产最为适合。

2.5 煎饼生产工艺条件优化

2.5.1 发酵温度对煎饼品质的影响

随着发酵温度的升高,发酵糊中发酵菌种繁殖速度加快,但剧烈的发酵会产生大量的气泡,这些气泡可使煎饼的气孔过多过大,单位体积的固形物含量减少,导致煎饼的质地松散、易碎,摊制的难度增加,产品合格率下降,造成原料的损失和浪费。23℃时,发酵较缓慢,且气泡小而少,随着发酵温度提高,发酵逐渐旺盛,29℃最佳,温度继续增加,泡沫较大。29℃时,煎饼质地柔软,气孔细小而多,低于29℃,质地较柔软,高于29℃,质地松散易碎,气孔大面多。因此发酵温度应选择29℃进行煎饼糊的发酵生产。

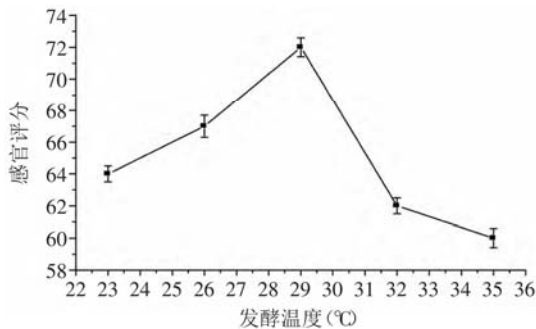


图7 发酵温度对煎饼品质的影响

Fig.7 The effect of fermentation temperature on pancake quality

2.5.2 发酵时间对煎饼品质的影响

图8为发酵时间对煎饼品质的影响,煎饼发酵面糊在10h和12h时,发酵旺盛,泡沫小而多,效果较佳。发酵时间10h和12h质地柔软,气孔细小而多,而6h时,煎饼质地光滑紧密,不柔软,14h质地松散易碎,气孔大面多。故选择发酵时间8、10、12h进行正交实验。

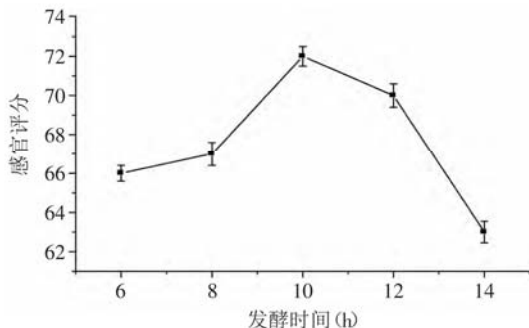


图8 发酵时间对煎饼品质的影响

Fig.8 The effect of fermentation time on pancake quality

2.5.3 碱中和pH对煎饼品质的影响

图9为碱中和pH对煎饼品质的影响。适合的pH会赋予煎饼柔和的口感,使煎饼在摊制后质地柔软,入口咀嚼时使口腔

淀粉酶更容易分解糊化的淀粉,将淀粉酶解成各种糖类赋予发酵煎饼特有的香甜风味,提高煎饼的感官品质。pH在6.4、6.6条件下煎饼有明显酸味,且香味不足,6.8、7.0时,发酵状态良好,气泡小而多,口感香甜,无酸味,有谷物香气,pH在7.2时,口感略带苦涩。

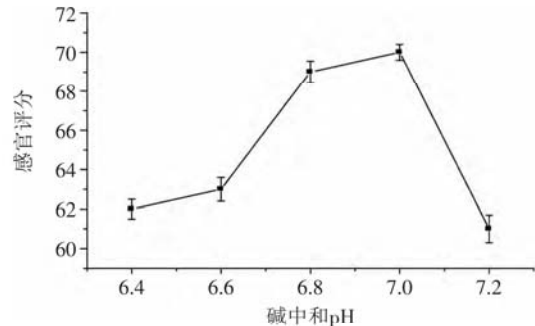


图9 碱中和pH对煎饼品质的影响

Fig.9 The effect of pH on pancake quality

2.5.4 摊制温度对煎饼品质的影响

由于使用半自动的机械鏊子,摊制时间一定,摊制温度升高会使摊制时间缩短,增加了摊制的难度;摊制温度过低,则淀粉没有充分糊化,煎饼米香味不够,并产生“生米味”。在180℃煎饼呈浅黄色,香气浓,有韧性,160℃时微黄色,香气淡,有生米味,质地软烂,200℃时棕褐色,焦糊味浓,易碎。

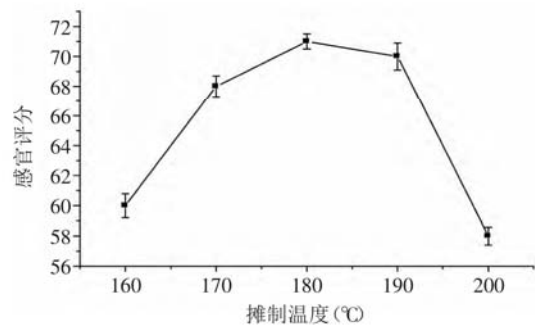


图10 摊制温度对煎饼品质的影响

Fig.10 The effect of baking temperature on pancake quality

综上,选择发酵温度23、26、29℃,发酵时间8、10、12h,碱中和pH6.6、6.8、7.0,摊制温度170、180、190℃,进行 $L_9(3^3)$ 正交实验。

由表6可看出,煎饼生产影响因素主次顺序依次为发酵温度、碱中和pH、发酵时间、摊制温度。煎饼生产的最佳工艺条件为 $B_2D_2C_2A_2$,即发酵温度26℃,发酵时间10h,碱中和pH6.8,摊制温度180℃,在此条件下,煎饼的感官评分为78分,口感香甜、质地柔软、香味浓郁。

2.6 回软含水量对煎饼剪切力硬度、剪切力做功、菌落总数、质地影响

将不同水分含量的煎饼常温贮藏60d,各项指标见表7。

喷水回软含水量为16%、18%时,煎饼常温贮藏60d后其菌落总数超过的GB 7099-2003规定1500cfu/g的

表6 煎饼生产条件正交实验设计与结果

Table 6 The design and results of orthogonal experiment of pancake manufacture conditions

实验号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	66
2	1	2	2	2	76
3	1	3	3	3	62
4	2	1	2	3	74
5	2	2	3	1	71
6	2	3	1	2	70
7	3	1	3	2	73
8	3	2	1	3	72
9	3	3	2	1	68
K ₁	204	213	208	205	
K ₂	215	219	218	219	
K ₃	213	200	206	208	
k ₁	68.000	71.000	69.333	68.333	
k ₂	71.667	73.000	72.667	73.000	
k ₃	71.000	66.667	68.667	69.333	
R	3.667	6.333	4.000	4.667	

卫生标准,且产品的质地较软、口感较差。因此产品最终的回软水分应保持在16%以下。当喷水回软含水量为10%、12%、14%时,随着含水量的升高,煎饼的剪切力硬度逐渐降低,但含水量14%的煎饼剪切力做功最大,柔软且有咀嚼韧性、口感佳,符合煎饼产品固有的特点,且产品在60d的保藏期内符合国家卫生标准。故选择14%含水量作为煎饼的最终含水量。

3 结论

糙米的发芽最佳工艺条件为:浸泡温度25℃,浸泡时间6h,发芽温度30℃,发芽时间24h。在此条件下,糙米的发芽率最高。大豆的浸泡条件为浸泡温度25℃,浸泡时间10h,吸水度大、易研磨。糙米采用胶体磨湿磨,料液比1:2,研磨粒度为100~120目时,糙米最易糊化;煎饼的最佳发酵工艺条件为:发酵温度26℃,发酵时间10h,碱中和pH6.8,摊制温度180℃;含水量为14%的煎饼柔软、咀嚼性好、口感佳,在60d的保藏期内符合国家的卫生标准。

参考文献

[1] Tian S, Nakamura K, Kayahara H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice

[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52 (15): 4808-4813.

[2] Wei Y, Shohag M J I, Ying F, et al. Effect of ferrous sulfate fortification in germinated brown rice on seed iron concentration and bioavailability [J]. Food Chemistry, 2013, 138 (2): 1952-1958.

[3] Hunt J R, Johnson L A K, Juliano B O. Bioavailability of zinc from cooked Philippine milled, undermilled, and brown rice, as assessed in rats by using growth, bone zinc, and zinc-65 retention [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50 (18): 5229-5235.

[4] Tian S, Nakamura K, Kayahara H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52 (15): 4808-4813.

[5] Chung H J, Cho D W, Park J D, et al. In vitro starch digestibility and pasting properties of germinated brown rice after hydrothermal treatments [J]. Journal of Cereal Science, 2012, 56 (2): 451-456.

[6] Mohd Esa N, Abdul Kadir K K, Amom Z, et al. Antioxidant activity of white rice, brown rice and germinated brown rice (in vivo and in vitro) and the effects on lipid peroxidation and liver enzymes in hyperlipidaemic rabbits [J]. Food Chemistry, 2013, 141 (2): 1306-1312.

[7] Okada T, Sugishita T, Murakami T, et al. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration [J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi (Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology), 2000, 47 (8): 596-603.

[8] Oh C H, Oh S H. Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis [J]. Journal of Medicinal Food, 2004, 7 (1): 19-23.

[9] Fernandez-Orozco R, Frias J, Zielinski H, et al. Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiate cv. Emerald*, *Glycine max cv. jutro* and *Glycine max cv. merit* [J]. Food Chemistry, 2008, 111 (3): 622-630.

[10] Sangronis E, Machado C J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40 (1): 116-120.

[11] Ghavidel R A, Prakash J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40 (7): 1292-1299.

表7 回软含水量对煎饼剪切力硬度、做功、菌落总数、质地影响

Table 7 The effect of soft water content of pancake on shear hardness, acting, total number of colonies, texture

水分 (%)	剪切力硬度 (N)	剪切力做功 (mJ)	菌落总数 (cfu/g)	质地
10	27.483	283.459	200	质地硬, 折叠易碎, 无法包装
12	25.617	348.227	500	较柔软, 折叠有破碎
14	20.249	487.37	800	柔软, 有韧性, 包装无破碎
16	16.408	432.427	1800	柔软, 韧性较差, 折叠有粘连
18	13.372	305.267	3100	质地软, 韧性差, 折叠易粘连

(下转第270页)

留率高达98.1%,而普通巴氏杀菌维生素C的保留率仅为93.2%,且方差分析发现射频处理和巴氏杀菌处理对维生素C含量下降影响的差别极显著($p < 0.01$)。结果表明与巴氏杀菌相比,射频杀菌能更好的保留猕猴桃汁中的维生素C。

3 结论

利用射频处理猕猴桃汁,在极板间距105mm、杀菌时间210s、猕猴桃汁厚度45mm的条件下,沙门氏菌可下降8.1个数量级,达到美国FDA对果汁HACCP体系中杀菌工艺的要求。另外通过对比维生素C含量可知,射频处理后猕猴桃汁中维生素C的保留率为98.1%,而巴氏杀菌后维生素C的保留率仅为93.2%。

射频杀菌的主导效应是热效应。因此可以通过研究果汁的介电常数、损耗因子、温度与加热速率的关系,调整猕猴桃汁的初始温度,来缩短射频处理时间,以期得到最佳杀菌条件,在保证猕猴桃汁品质的同时,最大限度的降低能耗。在工业上进行应用时,可以设计并行的管道将果汁匀速的通过射频设备,以期提高杀菌的效率。

参考文献

[1] 黄诚,周长春,李伟. 猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J]. 食品科技,2007,32(4):51-55.
 [2] 李加兴,周长春,陈建伏,等. HACCP在猕猴桃果汁饮料生产中的应用[J]. 食品研究与开发,2005,26(3):13-16.
 [3] Harris LJ, Farber JN, Beuchat LR, et al. Outbreaks associated with fresh produce: Incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2003, 2(s1): 78-141.
 [4] Lima Tribst AA, de Souza Sant'Ana A, de Massaguer PR. Review: Microbiological quality and safety of fruit juices—past, present and future perspectives[J]. Critical Reviews in Microbiology, 2009, 35(4): 310-339.
 [5] Mihajlovic B, Dixon B, Couture H, et al. Qualitative microbiological risk assessment of unpasteurized fruit juice and cider[J]. International Food Risk Analysis Journal, 2013, 3(6): 1-19.
 [6] Parish ME. Food safety issues and the microbiology of fruit beverages and bottled water[J]. Microbiologically Safe Foods, 2009, 291-304.

(上接第266页)

[12] Ito Y, Mizukuchi A, Kise M, et al. Postprandial blood glucose and insulin responses to pre-germinated brown rice in healthy subjects[J]. J Med Invest, 2005, 52(3-4): 159-164.
 [13] Seki T, Nagase R, Torimitsu M, et al. Insoluble fiber is a major constituent responsible for lowering the post-prandial blood glucose concentration in the pre-germinated brown rice[J]. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2005, 28(8): 1539-1541.
 [14] 中华人民共和国国家标准. GB/T 4789.2—2010食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S].
 [15] 郑丽娜,刘龙. 抹茶全麦饼干的研制[J]. 现代食品科技,

[7] Marra F, Zhang L, Lyng JG. Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(4): 497-508.

[8] Piyasena P, Dussault C, Koutchma T, et al. Radio frequency heating of foods: principles, applications and related properties—a review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2003, 43(6): 587-606.

[9] 刘嫣红,杨宝玲,毛志怀. 射频技术在农产品和食品加工中的应用[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 115-120.

[10] Birla S, Wang S, Tang J, et al. Characterization of radio frequency heating of fresh fruits influenced by dielectric properties[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 89(4): 390-398.

[11] 刘嫣红,唐炬明,毛志怀,等. 射频-热风与热风处理保鲜白面包的比较[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 323-328.

[12] Wang S, Birla S, Tang J, et al. Postharvest treatment to control codling moth in fresh apples using water assisted radio frequency heating[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(1): 89-96.

[13] Wang S, Monzon M, Johnson J, et al. Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: I: Heating uniformity and energy efficiency[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(2): 240-246.

[14] Awuah G, Ramaswamy H, Economides A, et al. Inactivation of *Escherichia coli* K-12 and *Listeria innocua* in milk using radio frequency (RF) heating[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2005, 6(4): 396-402.

[15] Geveke DJ, Brunkhorst C. Radio frequency electric fields inactivation of *Escherichia coli* in apple cider[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 85(2): 215-221.

[16] Geveke DJ, Brunkhorst C, Fan X. Radio frequency electric fields processing of orange juice[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2007, 8(4): 549-554.

[17] Eveke DG, Brunkhorst C. Inactivation of in Apple Juice by Radio Frequency Electric Fields[J]. Journal of Food Science, 2004, 69(3): 134-138.

[18] U.S. Food & Drug Administration (FDA). Hazard analysis and critical control point (HACCP); procedures for the safe and sanitary processing and importing of juice[J]. Federal Register, 2001, 66(3): 13-19.

2013, 29(6): 1362-1364.

[16] 袁蓓蕾,郑志,徐添,等. 杂粮面包的制备工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(13): 235-240.

[17] 王雪波,邓建华. 蕨菜饼干制作工艺的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 173-176.

[18] 高永欣,胡秋辉,杨文建,等. 香菇饼干加工工艺优化与特征香气成分分析[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 58-63.

[19] 张钟,朱贤能. 不同干燥方法对黑糯玉米粉功能性质的影响[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(12): 45-46.

[20] 杜连起,李润丰. 食品成分对不同取代度玉米淀粉磷酸酯理化性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 30(12): 39-43.