

# 添加豆渣对苏打饼干制作过程及品质的影响

苟青松<sup>1</sup> 胡伟<sup>1</sup> 王展<sup>1,2,\*</sup> 秦先魁<sup>1,2</sup> 沈汪洋<sup>1,2</sup> 刘零怡<sup>1,2</sup> 李芳<sup>1,2</sup>

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023;

2. 大宗粮油精深加工省部共建教育部重点实验室, 湖北武汉 430023)

**摘要:** 以黄豆渣和低筋面粉为原料, 制作无糖苏打饼干。通过添加不同比例的豆渣粉, 来探究豆渣对面粉品质、饼干制作过程以及饼干成品品质的影响。结果表明, 添加 6%~12% 的豆渣可以改善面粉的粉质特性, 使其更适合做饼干。添加豆渣会增大面粉的糊化焓。通过与纯面粉对比发酵率、烘烤时间、烘烤胀发比, 发现添加 3%~6% 的豆渣可以促进面团发酵, 添加 6%~12% 的豆渣可以减短饼干烘烤时间, 增大烘烤胀发率。结合质构和感官评价, 得出添加 9% 的豆渣, 饼干的口感和质构特性最佳。

**关键词:** 豆渣, 低筋面粉, 苏打饼干, 膳食纤维, 品质

## Effect of Bean Pule on Processing and Quality of Soda Biscuits

GOU Qing-song<sup>1</sup> HU Wei<sup>1</sup> WANG Zhang<sup>1,2,\*</sup> QING Xian-kui<sup>1,2</sup>,

SHEN Wang-yang<sup>1,2</sup> LIU Ling-yi<sup>1,2</sup> LI Fang<sup>1,2</sup>

(1. Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University College, Wuhan 430023, China;

2. Key Laboratory of the Deep Processing of Bulk Grain and Oil Authorized by Ministry of Authorized by Ministry of Education, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** The sugar-free soda crackers were made from soybean dregs and low-gluten flour. Effects of bean dregs on the quality of flour, the production process of biscuits and the quality of finished biscuits were explored by adding different proportions of soybean dregs. The results showed that the farinograph property could be improved by adding 6%~12% bean pulp and it was more suitable for biscuits. The gelatinization of the flour could be improved by adding bean pulp. By comparing the fermentation rate, baking time and baking expansion ratio with pure flour, that the dough fermentation could be promoted when 3%~6% bean dregs added and the baking time of biscuits could be shortened, the baking expansion rate could be increased when 6%~12% bean pule added. Combining text-ure and sensory evaluation with 9% bean dregs the biscuit had the best taste and texture characteristics.

**Key words:** bean pulp; low-gluten flour; soda crackers; dietary fiber; quality

中图分类号: TS213.2+2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)16-0039-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.16.007

引文格式: 苟青松, 胡伟, 王展, 等. 添加豆渣对苏打饼干制作过程及品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(16): 39-44.

随着社会发展, 人们生活水平不断改善, 现代食品向更加精细的方向发展, 造成大多数食品几乎不含膳食纤维, 《中国居民膳食纤维摄入白皮书》显示中国居民膳食纤维摄入严重不足<sup>[1]</sup>。膳食纤维具有促进肠道蠕动, 减少食物在胃肠道的停滞时间及降低肠内压的作用<sup>[2]</sup>, 缺乏膳食纤维容易导致消化不良等问题。

近几年全麦食品的兴起, 改善了面粉加工过程

中营养损失过大的问题, 主要包括损失的膳食纤维。但在生产加工过程中面临一系列的难题, 如口感较差、生产工艺难度大等。因此, 可以考虑在面粉中添加部分含有膳食纤维的成分来增强面粉营养品质。豆渣作为一种豆类副产品, 含有丰富的膳食纤维、蛋白质、磷脂等营养成分, 一般作为饲料添加物、利用率极低。研究发现, 豆渣中脂肪、蛋白质和膳食纤维含量分别约为 10%、20% 和 50% 左右, 并且富含

收稿日期: 2018-10-08

作者简介: 苟青松(1994-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 谷物资源开发利用, E-mail: 470741530@qq.com。

\* 通讯作者: 王展(1979-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 谷物资源开发利用, E-mail: wangzh\_whpu1165@163.com。

基金项目: 十三五国家重点研发计划(2017YFD0401102-02)。

矿物质和 VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>, 富含面粉缺少的赖氨酸(约为 4.6 mg/100 g)<sup>[3]</sup>, 具有预防糖尿病、降血脂、减肥等多种生理功能<sup>[4-5]</sup>。临床及动物实验已经证明, 豆渣具有预防癌症的功效<sup>[6]</sup>。日本的 Fukuda 等<sup>[7]</sup>研究表明, 豆渣在控制心血管疾病方面具有一定功效。因此可以在面粉中添加适量豆渣来生产一种高膳食纤维的辅食, 既可以提高豆渣的利用率, 又可以改善人们膳食纤维摄入不足的现状。

豆渣在面制品中的应用及饲料的相关理论研究较多<sup>[8]</sup>, 然而结合实际生产并进行相关解释的文章较少。因此本文从原料成分、生产工艺和成品质量三方面来探讨豆渣对面粉及其饼干制品的影响, 以优选豆渣在饼干中的最适添加量。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

豆渣粉(主要营养成分含量为: 蛋白质 19.5%、膳食纤维 55.3%) 荣华食品有限公司提供(50℃干燥处理至水分含量为 7%, 粉碎过 100 目筛, 备用); 安琪酵母、苏打粉 安琪酵母股份有限公司; 低筋粉 武汉三杰粮油食品集团有限公司; 植物油 武汉益海嘉里有限公司。

Farinograph-E 粉质仪 德国布拉班德公司; RVA-Super4 型快速粘度仪、BVM-L370 食品体积测定仪 瑞典波通公司; S-3000N 扫描电子显微镜 日本日立公司; TMS-Pro 质构仪 美国 FTC 公司; Q2000 差示热量扫描仪(DSC) 美国 TA 公司; N89 压面机 中国犀牛民用机械有限公司; 烘烤箱 中国美的有限公司; W53 高速万能粉碎机 中国泰斯特仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 粉质特性测定 分别向面粉中添加总质量 0%、3%、6%、9%、12%、15% 的豆渣粉, 混匀。然后将 300 g 试样置于粉质仪揉面钵中, 滴定管滴入纯净水, 水温调至(30±2)℃, 和面过程中粉质仪自动绘制一条特定曲线, 得到形成时间、稳定时间、弱化度、吸水率。

#### 1.2.2 糊化特性测定

1.2.2.1 糊化过程粘度的变化 分别向面粉中添加 0%、3%、6%、9%、12%、15% 的豆渣粉, 混匀。输入水分值得出混合粉总质量测定结果, 准确称取一定量的面粉、豆渣混合粉和蒸馏水, 配制成 4 g/25 mL, 快速搅拌 10 s 后置于样品台上, 按下机头开始测定。具体测定条件: 测定过程中铝罐内温度变化如下: 50℃保持 1 min, 以 12℃/min 上升到 95℃(3.75 min), 95℃保持 2.5 min, 以 12℃/min 下降到 50℃(3.75 min), 50℃保持 1.4 min。在起始 10 s 内转速为 960 r/min, 以后保持在 160 r/min, 测量并记录峰值粘度。

1.2.2.2 糊化焓的变化 粉质结果表明 6% 的豆渣添加量较为合适, 因此下文以 6% 的添加量与纯豆渣和纯面粉作为对照测定糊化焓; 将过 80 目筛的豆渣面粉混合粉装入内径约为 6 mm, 高度约为 2.5 mm 的铝制坩埚中, 样品的质量为 3~5 mg, 加入重量约 2 倍样品的水, 使用 DSC 观察不同温度下混合粉的膨胀情

况, 观察是否有晶体类型的变化。试验条件: 通入 30 mL/min 的高纯 N<sub>2</sub>(>99.99%) 作为保护气体, 升温速率为 10℃/min, 从 20℃升至 130℃。

#### 1.2.3 豆渣对饼干制作过程的影响

1.2.3.1 饼干的制作 参照苏打饼干制作方法并稍加调整<sup>[9]</sup>。苏打饼干配方: 低筋小麦粉 91 g, 豆渣粉 9 g, 酵母 2 g, 食盐 1.5 g, 油水总量 87 g(根据豆渣添加量, 参照粉质测定吸水率进行调整), 水油比 1.25:1。将各原料混匀, 在搅拌机中低速搅拌至面团光滑, 在 30℃、65% 相对湿度条件下醒发 30 min, 用压面机将面团碾成 2~3 mm 厚的薄片, 饼干造型, 放入烤箱烘烤 12 min(上火温度 170℃, 下火温度 175℃)。本次主要考察豆渣制作过程中的发酵比、烘烤时间、胀发率以及感官的影响。

1.2.3.2 发酵比的测定 按照饼干制作工艺调制面团, 通过食品体积测定仪对面团体积进行测定, 分别测定发酵前及发酵 30 min 后面团的体积。二者体积之比即为发酵比, 即:

$$X(\%) = \frac{V_2}{V_1} \times 100$$

式中: X-发酵比, %; V<sub>1</sub>-发酵前面团体积, cm<sup>3</sup>; V<sub>2</sub>-发酵 30 min 后面团体积, cm<sup>3</sup>。

1.2.3.3 烘烤时间和胀发率的测定 烤箱预热 5 min, 放入整形好的饼干坯, 烘烤至棕黄色略带光泽, 取其中一片饼干品尝, 饼干中心与表面同样干硬、发脆, 记下烘烤时间。饼干厚度测量办法: 取饼干(或饼干胚) 2 片, 叠放整齐, 取其最高处, 重复测定 3 次, 以其平均值为饼干(或饼干胚)的厚度值。

烘烤后饼干厚度与烘烤前饼胚厚度比值即为胀发比, 即:

$$X(\%) = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

式中: X-胀发比, %; h<sub>1</sub>-烘烤前饼胚厚度, mm; h<sub>2</sub>-烘烤后饼干厚度, mm。

#### 1.2.4 饼干成品指标测定与微观结构观察

1.2.4.1 饼干质构测定 选用 P100 探头, 进行质构特性测定, 测试参数: 测前速度为 1.0 mm/s; 测中速度为 1.5 mm/s; 测后速度为 2.0 mm/s; 数据采集率为 500.0 pps, 压缩比为 30%; 压力为 5.0 N。仪器测出饼干的硬度、脆性、粘着性、弹性、粘结性、咀嚼性。

1.2.4.2 饼干感官评定 饼干冷却至常温, 进行真空包装、室温下密封储存 24 h。选择食品专业学生 5 人作为品评员, 参照 SB/T 10140-93《发酵饼干小麦粉》中的饼干评价标准进行感官评定。

1.2.4.3 微观结构观察 将豆渣 6% 添加量饼干、面粉、豆渣粉碎过 20 目筛。将样品进行喷金后, 在扫描电子显微镜下, 使用适当的放大倍数观察豆渣、面粉、豆渣中膳食纤维及饼干粉的微观结构。

### 1.3 数据处理

粉质、粘度、发酵和烘烤品质分析、成品感官和质构分析每组做 3 次平行, 用 SPSS 17.0 软件分析数据进行一维方差分析(one-way ANOVA), 差异显著性采用 Duncan(邓肯)检验, 检验水平  $p < 0.05$ 。

表1 豆渣添加量对面团粉质特性的影响

Table 1 Effect of addition of bean pulp on the farinographical properties of dough

| 添加量(%) | 形成时间(min)               | 稳定时间(min)              | 弱化度(BU)                  | 吸水率(%)                  |
|--------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0      | 4.5 ± 0.2 <sup>e</sup>  | 5.8 ± 0.0 <sup>e</sup> | 49.0 ± 1.5 <sup>a</sup>  | 58.2 ± 0.2 <sup>f</sup> |
| 3      | 5.7 ± 0.2 <sup>d</sup>  | 6.9 ± 0.1 <sup>b</sup> | 30.5 ± 0.5 <sup>b</sup>  | 61.6 ± 0.0 <sup>e</sup> |
| 6      | 6.45 ± 0.3 <sup>c</sup> | 7.7 ± 0.1 <sup>a</sup> | 27.5 ± 0.5 <sup>bc</sup> | 65.6 ± 0.1 <sup>d</sup> |
| 9      | 6.7 ± 0.0 <sup>bc</sup> | 7.4 ± 0.1 <sup>a</sup> | 24.0 ± 1.0 <sup>cd</sup> | 70.5 ± 0.1 <sup>c</sup> |
| 12     | 7.4 ± 0.1 <sup>ab</sup> | 5.4 ± 0.1 <sup>c</sup> | 20.5 ± 1.5 <sup>de</sup> | 74.7 ± 0.0 <sup>b</sup> |
| 15     | 7.3 ± 0.4 <sup>a</sup>  | 3.9 ± 0.3 <sup>d</sup> | 16.5 ± 2.5 <sup>e</sup>  | 78.7 ± 0.2 <sup>a</sup> |

注: 小写字母不同表示同列数据差异显著( $p < 0.05$ ) ,表2同。

## 2 结果与分析

### 2.1 豆渣对面粉粉质特性的影响

面粉烘烤品质的好坏可以通过测定面粉的粉质特性进行预测,为面粉的合理加工提供科学依据。豆渣对面粉粉质特性的影响见下表1。

对于苏打饼干特有的长发酵时间的特点,需面团形成时间适中,稳定时间长(一般大于3.5 min)则能支撑长时间发酵。弱化度相对较低(一般小于62),则在后期加工成型过程面团耐加工。同时高吸水率能保持面团的干爽,利于上机操作<sup>[10]</sup>。

形成时间是指从开始加水到面团稠度达到最大(500 ± 20) BU所需的时间<sup>[9]</sup>。面团达到最大稠度与面筋的形成相关,而面筋的形成离不开水分的参与。豆渣中的膳食纤维、蛋白质含有大量的羟基等亲水基团,比面粉中的淀粉、面筋蛋白结合水能力更强,表1中吸水率随着豆渣添加量的增加而增大可以证明这一点。因此豆渣与面粉争夺水分延缓面筋网络结构的形成,从而延长形成时间。表1可知,添加豆渣后面团的形成时间显著延长,在添加量为12%时达到最大值,但添加量达到15%时,稀释了面筋蛋白,所以形成时间减小。

稳定时间反映了面团的稳定性和耐揉程度。稳定性越好,面团对剪切降解有较强的抵抗力,面团中麦谷蛋白的-S-S-牢固,或者这些-S-S-处在十分恰当的位置上<sup>[11]</sup>。稳定时间越长,面团韧性越好,面筋的强度越大,加工性质越好。苏打饼干制作需要进行发酵、造型,因此需要面团具有一定的稳定性。添加豆渣粉后,稳定时间先增加后减少,添加量在6%时达到最大值。这可能由于豆渣中含有的磷脂<sup>[12]</sup>,与面筋蛋白形成络合物,从而延长面团稳定时间。另外豆渣中还含有脂肪氧合酶,能将蛋白的-S-H键氧化成-S-S-键,从而使面筋蛋白更稳定<sup>[13]</sup>。但随着豆渣添加量进一步增大,面筋蛋白总含量减少,而大豆蛋白不能形成面筋,且大豆蛋白与麦醇溶性蛋白疏水结合,与麦谷蛋白亲水结合,破坏了面筋网络中脂-蛋白-淀粉复合物<sup>[14]</sup>,导致其促进面筋形成的作用被削弱,稳定时间降低。豆渣添加量在12%时,其对面筋的促进作用小于减弱作用,导致稳定时间比未添加更短。

弱化度表示面团的耐破坏程度,表明面团在搅拌过程中的破坏速率以及对机械搅拌的承受能力,也代表面筋的强度。弱化度数值越大,面筋越弱,面团越易流变、塌陷变形,面团不易加工。从表1可看出,

随着豆渣粉的添加,弱化度呈显著( $p < 0.05$ )下降趋势,这是由于随着豆渣粉添加量增多,促进了面筋中-S-S-的形成,且豆渣粉填充在面筋中,其中的膳食纤维起骨架支撑的作用,从而使面团的结构更稳定,使得面团的弱化度显著性下降。因此综合考虑豆渣的最佳添加量为6%~9%,且不宜超过12%。

### 2.2 豆渣对面粉糊化过程粘度特性的影响

豆渣对面粉糊化粘度特性的影响见图1。

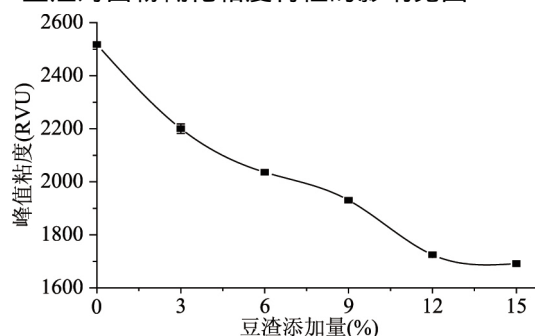


图1 豆渣对面粉糊化过程粘度特性的影响

Fig.1 Effect of bean pulp on viscosity characteristics of flour gelatinization process

峰值粘度是指从加热开始随着温度的继续上升,淀粉开始糊化,悬浊液逐渐变成凝胶状态,粘度直线上升,95℃时达到峰值时的粘度。在饼干制作过程中,峰值粘度越大,显示淀粉糊化越彻底,制作的饼干越脆。由图1可知,随着豆渣粉比例的增加,峰值粘度持续下降。这可能是由于加入的豆渣与面粉争夺水分从而阻止淀粉的糊化,以及膳食纤维会阻碍淀粉分子之间的连接,破坏了淀粉分子间形成稳定的三维网络结构<sup>[15]</sup>。从图1可看,豆渣添加越多,峰值粘度越小,饼干韧性越大,因此豆渣需适量添加。

### 2.3 豆渣对面粉糊化过程糊化焓的影响

糊化过程伴随着吸热和放热以及晶体结构的变化,这可以从DSC图谱中看出,加入豆渣后对面粉的糊化焓影响如图2所示。

从图2可以看出,面粉的吸热曲线在57.15℃处开始出现波峰,这是由于此处面粉开始糊化,淀粉的晶体结构发生改变。而豆渣从35℃开始到120℃结束,豆渣曲线都未出现波峰,说明在35~120℃过程中豆渣主要结构未发生物理变化。加入6%豆渣后,面粉依旧从57℃左右开始糊化,说明豆渣的加入不影响面粉的糊化温度。但加入豆渣后热焓值从



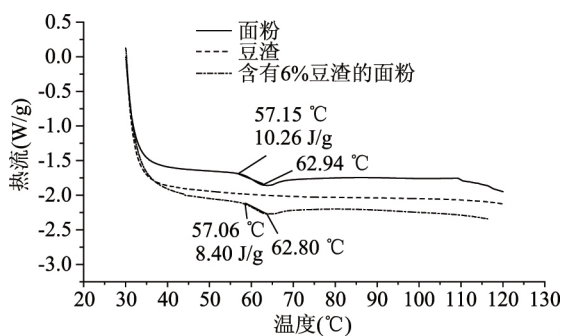


图2 豆渣对面粉糊化焓的影响

Fig.2 Effects of bean dregs on flour gelatinization enthalpy

10.26 J/g减小到8.40 J/g,而热焓值的减小表明淀粉糊化需要的热量减小,糊化难度减小<sup>[16]</sup>。这可能是由于豆渣的加入稀释了淀粉的含量,从而使糊化焓减小,但具体原因有待研究。

从饼干的制作角度来说,饼干坯在烘烤前,温度一般不超40℃,当饼干坯入炉时,炉内水蒸气会在饼干坯的表面冷凝。因此,为了防止水蒸气冷凝,烘烤前烤箱一般预热。由于热能通过辐射、传导、对流等形式使饼干的表面温度很快上升,饼干表面水分迅速蒸发,饼干坯中心的水分向表面运转,直到烘烤结束为止。一般来说,其表面温度可达到180℃左右,而烘烤的温度常在150~220℃(饼干常用烘烤温度),但饼干经烘烤2~3 min后其中心温度仅能达到100℃,直到烘烤结束时,中心温度上升幅度不大,大体保持在110℃左右<sup>[17]</sup>。

根据以上理论,说明在加入豆渣后,在烘烤过程中,豆渣的结构不会发生物理性的变化。此时面粉发生糊化,但此时的糊化焓减小,淀粉更易糊化。其导致的结果可能是烘烤时间的减少。因其余添加量对面粉的糊化焓变影响一致,本文就不重复介绍。

## 2.4 豆渣粉的添加对饼干制作过程的影响

饼干制作过程包括面团的调制、发酵、成型、烘烤和包装五个主要步骤<sup>[18]</sup>。本文主要从影响最大的发酵、烘烤这两个方面进行探究。

2.4.1 豆渣添加量对面团发酵比的影响 根据苏打饼干面团调制的要求将面粉在适宜条件下调制成本面光泽均匀,较柔软的面团,豆渣对面团发酵比的影响见图3。

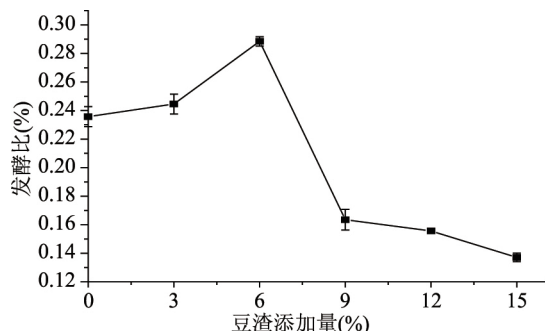


图3 豆渣对面团发酵比的影响

Fig.3 Effect of bean pulp on dough fermentation ratio

由图3可知,添加了豆渣之后面团在发酵过程的发酵比开始增大,在6%时达到峰值,超过6%之

后,发酵比反而减小。面团发酵比的大小与面筋形成有关,在酵母用量、温度、发酵时间相同的条件下,面筋形成的越多,面筋结构越强,发酵率越大。因此添加少量豆渣可以促进面筋的形成,从而增大发酵比。这与粉质仪测定的结果基本一致,说明添加少量的豆渣可以促进面团的发酵,增大面团的体积。

2.4.2 豆渣对烘烤时间和胀发率的影响 由于豆渣粉添加量的不同,为保证达到饼干制作的要求,添加的油水总量也不同。本次油水总量以6%的豆渣为基准,按照测定的吸水率大小调整。在相同的温度下,饼干的烘烤时间和烘烤胀发率结果见图4。

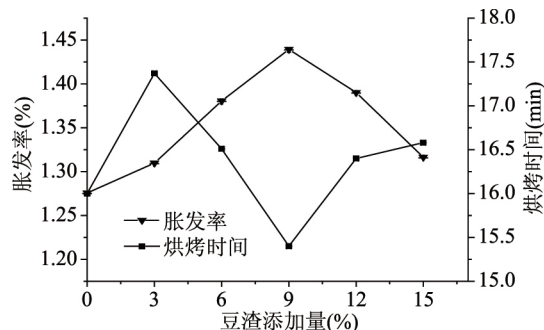


图4 豆渣对饼干烘烤的影响

Fig.4 Effect of bean pulp on baking of biscuit

由图4可知,随着豆渣粉添加量的增大,烘烤时间先增加后减小,在9%的时候烘烤时间最短,但均在14 min以上。这是由于本次制作的饼坯在170℃的烘烤条件下,烘烤13 min后大部分游离水已损失,继续减少的是结合水<sup>[15]</sup>。当豆渣加入量为3%时,在面团调制时加入了更多的水和油,从而导致烘烤时间延长。而随着豆渣粉添加量的继续增加,制作过程添加的水分继续增大,但面团总体增加的是易于失去的自由水,结合水总量反而减少,因此烘烤时间减少。

胀发率主要与烘烤时间、温度、发酵有关。相关研究表明170℃条件下13 min后饼干胀发到最大并趋于稳定<sup>[19]</sup>。因此在烘烤时间均超过13 min,且温度、膨松剂一致的情况下,发酵形成的面筋对胀发率影响最大。从图4可知,添加豆渣之后饼干的胀发率先增大后减小,这与发酵结果相符合,只是由于水分等其余因素的影响,在豆渣添加量为9%时面团胀发率达到最大。

## 2.5 豆渣添加量对饼干品质的影响

为了避免不同人群品尝带来的误差,因此饼干的品质采用质构仪与感官评价两方面结合的方式进行评价。

2.5.1 豆渣对饼干质构特性的影响 使用质构仪测定添加不同比例的豆渣对苏打饼干质构特性的影响,结果见表2。

由表2可知随着豆渣粉的添加硬度先上升后下降,3%时硬度最大,在9%的时接近未添加水平。这是由于添加了豆渣之后面粉的吸水率增大,在调制面团时水油总量会增加。水分的增加使的淀粉糊化程度更高,烘烤过后饼干变得更硬。适当的添加豆渣可以使饼干变得更脆,超过9%之后脆性开始低于

表2 饼干质构测定结果

Table 2 Measure results of biscuit texture properties

| 添加量(%) | 硬度(g)                    | 脆性(g)                   | 粘着性                        | 弹性                       | 粘结性                      | 黏性(mJ)                   | 咀嚼性(mJ)                  |
|--------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0      | 12892 ± 763 <sup>b</sup> | 5932 ± 73 <sup>c</sup>  | -0.55 ± 0.18 <sup>bc</sup> | 0.57 ± 0.04 <sup>a</sup> | 0.55 ± 0.02 <sup>b</sup> | 7109 ± 102 <sup>b</sup>  | 4061 ± 35 <sup>b</sup>   |
| 3      | 18132 ± 492 <sup>a</sup> | 10016 ± 38 <sup>a</sup> | -0.28 ± 0.00 <sup>a</sup>  | 0.61 ± 0.11 <sup>a</sup> | 0.69 ± 0.00 <sup>a</sup> | 12435 ± 204 <sup>a</sup> | 7600 ± 153 <sup>a</sup>  |
| 6      | 17848 ± 593 <sup>a</sup> | 9575 ± 85 <sup>b</sup>  | -0.37 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 0.69 ± 0.09 <sup>a</sup> | 0.69 ± 0.02 <sup>a</sup> | 12243 ± 125 <sup>a</sup> | 8494 ± 205 <sup>a</sup>  |
| 9      | 10610 ± 88 <sup>c</sup>  | 4561 ± 83 <sup>d</sup>  | -0.23 ± 0.00 <sup>d</sup>  | 0.57 ± 0.03 <sup>a</sup> | 0.58 ± 0.04 <sup>b</sup> | 6123 ± 371 <sup>bc</sup> | 3515 ± 212 <sup>bc</sup> |
| 12     | 9398 ± 525 <sup>c</sup>  | 2285 ± 77 <sup>e</sup>  | -0.41 ± 0.00 <sup>e</sup>  | 0.53 ± 0.11 <sup>a</sup> | 0.55 ± 0.03 <sup>b</sup> | 5127 ± 88 <sup>cd</sup>  | 2724 ± 150 <sup>cd</sup> |
| 15     | 7014 ± 935 <sup>d</sup>  | 1295 ± 13 <sup>f</sup>  | -0.26 ± 0.00 <sup>f</sup>  | 0.50 ± 0.09 <sup>a</sup> | 0.61 ± 0.00 <sup>b</sup> | 4266 ± 60 <sup>d</sup>   | 2145 ± 120 <sup>d</sup>  |

表3 豆渣对饼干品尝评分的影响(分)

Table 3 Effect of bean pulp on biscuit tasting score(scores)

| 添加量(%) | 花纹  | 形态  | 粘牙  | 疏松度  | 口感粗糙度 | 组织结构 | 总分   |
|--------|-----|-----|-----|------|-------|------|------|
| 0      | 8.5 | 8.2 | 7.5 | 13.9 | 14.3  | 8.9  | 81.7 |
| 3      | 8.6 | 8.1 | 7.9 | 14.2 | 14.3  | 8.8  | 82.5 |
| 6      | 8.5 | 8.0 | 8.8 | 15.7 | 13.9  | 8.6  | 84.6 |
| 9      | 8.4 | 8.1 | 8.9 | 14.6 | 12.8  | 8.6  | 81.8 |
| 12     | 8.4 | 7.9 | 8.9 | 14.5 | 10.3  | 8.7  | 78.3 |
| 15     | 8.6 | 7.9 | 9.1 | 14.6 | 9.5   | 8.5  | 77.6 |

注:总分75分 折算成100分。

未添加水平,变得更酥。

粘着性表示用以克服探头与样品接触时两者表面间粘着力所做的功。感官上是指样品表面对牙齿表面的粘附能力,当粘着性绝对值过大时,饼干会粘附在口腔壁上<sup>[20]</sup>。由表2可知,随着豆渣粉添加量的增加,粘着性在波动性的变化。但整体上加入豆渣后粘着性比未加豆渣绝对值要小,这是由于加入豆渣后,豆渣在烘烤过程中膳食纤维结构未发生变化,因此不会粘附在牙齿上。

咀嚼性表示将半固体样品咀嚼成可吞咽状态时所需作的功,感官上是指将食物从固体状态咀嚼到可吞咽过程中牙齿所用的功。咀嚼性的大小反映出饼干对牙齿咀嚼的抵抗性,咀嚼性越大,饼干越难被嚼碎,也越缺乏酥松的口感。由表2可知,加入豆渣后咀嚼性先增大减小,在6%达到最大值。其变化规律与粉质的稳定时间相对应,也与发酵比相对应,说明稳定时间和发酵率能影响其咀嚼性。这可能由于发酵越好、稳定时间越长,面筋形成的越多、结构强度越强,咀嚼性越大。

综合质构仪的各种数据来看,在豆渣添加量为6%~9%时饼干的口感最佳。

2.5.2 豆渣对饼干口感的影响 通过感官品尝,豆渣添加量对饼干的口感影响如表3。

由表3可知通过烘烤饼干的花纹、形态、组织结构未有太大的差异。而加入豆渣以后粘牙度的评分上升,说明加入豆渣以后,豆渣中不溶性膳食纤维不能溶解使得饼干不粘牙,这与质构分析的结果一致。添加了豆渣以后疏松度先上升后下降,在6%时最疏松,这与前面讨论的结果一致。添加了豆渣以后口感粗糙度评分明显下降,说明添加豆渣会使饼干口感粗糙。添加少量豆渣影响很小,但超过9%时,就能明显品尝出豆渣的粗糙感,在15%时最大。由表5中的饼干总分可知,添加豆渣对饼干的口感评分有

降低的作用,但还可以接受。虽然对疏松度、粘牙度有好的影响,但对口感粗糙度有较大的不良影响,因此添加6%~9%的豆渣可以在不明显改变其口感的同时提升其加工特性及膳食纤维含量。

## 2.6 豆渣与豆渣饼干微观结构观察

如图5a所示,豆渣粉中含有大量的膳食纤维,其中包括一种棒状的膳食纤维。从图5g可以看出这种膳食纤维能与面筋蛋白结合在一起,从而促进了面筋的形成。从图5c~图5d可以看出,经过烘烤后这种膳食纤维整体结构未发生大的变化,但其表面变得更光滑。图5e显示面粉在微观结构下显示主要由一个个小的淀粉粒组成,淀粉粒经过烘烤后体积有所膨胀。图5f显示的是面筋结构,其表面是一个个经过烘烤后膨胀的淀粉粒,淀粉粒与面筋蛋白结合在一起。从图5h可以看出豆渣中的膳食纤维与淀粉粒结合在一起。其原因是由于豆渣中的某种膳食纤维表面含有磷脂,磷脂与淀粉结合在一起,淀粉又与大豆蛋白结合在一起,从而使大豆膳食纤维与面筋蛋白、淀粉结合。

## 3 结论

添加少量豆渣能延长面粉的稳定时间,增大面粉的吸水率,延长面粉的形成时间。且在添加量为6%时稳定时间最长,15%时吸水率最大,豆渣添加量不宜超过12%。利用电镜观察饼干烘烤后的微观图像,可以发现豆渣中的某些膳食纤维可与蛋白、淀粉等结合从而促进面筋的形成。RVA实验结果表明,添加豆渣后会使面粉的峰值粘度持续下降,会影响饼干的口感。因此添加量最好不要超过9%。同时加入豆渣后面粉的糊化焓减小影响饼干的烘烤。而添加豆渣,能促进使面团发酵增大烘烤时饼干的膨胀体积以及饼干的饼干口感、质构。

本文证明添加少量豆渣确实对饼干的制作有促进作用,然其具体的机理还有待研究,同时为制作高

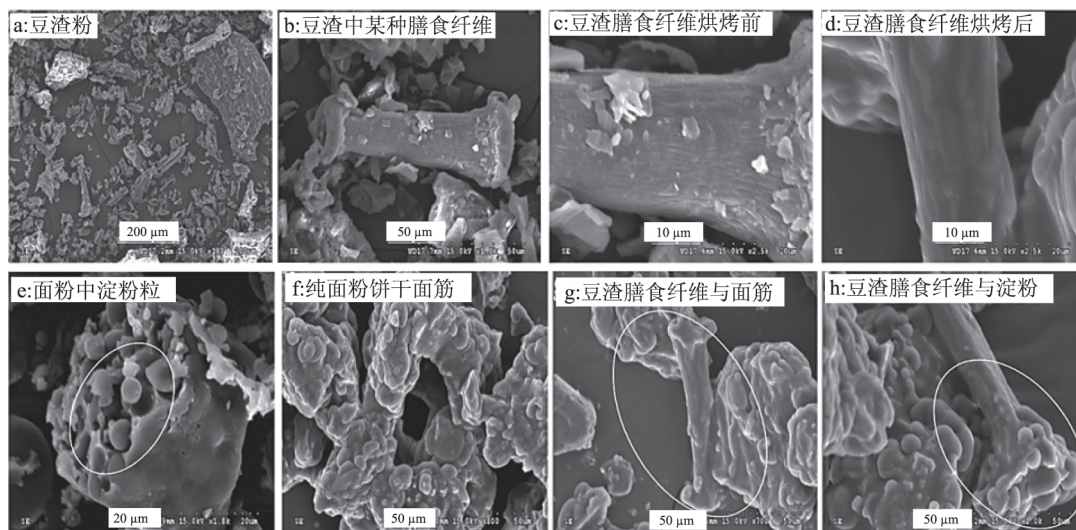


图5 豆渣、面粉与添加豆渣后烘烤的饼干图片

Fig.5 Pictures of biscuit baked with bean dregs flour and added bean dregs

膳食纤维面制品提供一定的参考依据。

#### 参考文献

- [1] 白皮书揭示摄入不足现状膳食纤维产业大发展即将来临[J]. 粮食与饲料工业 2016(9): 64.
- [2] 黄素雅, 钱炳俊, 邓云. 膳食纤维功能的研究进展[J]. 食品工业 2016 37(1): 273-277.
- [3] 祝团结, 郑为完. 大豆豆渣的研究开发现状与展望[J]. 食品研究与开发 2004 25(4): 25-39.
- [4] Villanueva M J, Yokoyama W, Hong Y J, et al. Effect of highfat diets supplemented with okara soybean by product on lipid profiles of plasma, liver and faeces in syrian hamsters [J]. Food Chemistry 2011, 124: 72-79.
- [5] Matsumoto K, Watanabe Y, Yokoyama S. Prevents obesity in a diet-induced murine obesity model [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry 2007 71(3): 720-727.
- [6] Levi F, Pasch Eb C, Lucchi In I F, et al. Dietary fibre and the risk of colorectal cancer [J]. European Journal of Cancer 2001 37(16): 2091-2096.
- [7] Fukuda M, Sugihara Y, Itou M, et al. Effects of feeding with okara on plasma and liver lipid levels in rats [J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology 2006 53(4): 195-199.
- [8] 崔丽琴, 崔素萍, 马平, 等. 豆渣粉对小麦面团、馒头质构特性及馒头品质的影响[J]. 食品科学 2014 35(5): 85-88.
- [9] Duncan Manley. 饼干加工工艺 [M]. 北京: 中国轻工业出版社 2006.
- [10] 黄小敏, 何结芳. 浅谈苏打饼干专用粉的开发 [J]. 粮食加工 2015 40(2): 13-14.
- [11] 芦菲, 刘洋, 崔震昆, 等. 豆渣对面团和面包品质特性的影响研究 [J]. 中国粮油学报 2014 29(6): 11-16.
- [12] 潘丽, 谷克仁. 磷脂对面团流变学性质影响的研究 [J]. 粮油加工 2007(7): 102-104.
- [13] 田其英, 华欲飞. 大豆脂肪氧合酶研究进展 [J]. 粮食与油脂 2006(8): 6-9.
- [14] 陈义勇, 谢岩黎, 王伟. 大豆分离蛋白的添加对面团形成及稳定特性的影响 [J]. 粮食加工 2007 32(1): 66-68.
- [15] 许维娜. 豆渣及膳食纤维对马铃薯淀粉特性影响的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学 2013.
- [16] 蒋苏苏, 段红伟, 于锋. DSC 测不同条件下玉米粉糊化特性及建立淀粉糊化度测定方法的探讨 [J]. 中国畜牧杂志, 2012 48(21): 74-78.
- [17] 薛效贤. 饼干桃酥加工技术及工艺配方 [M]. 上海: 科学技术文献出版社 2004.
- [18] 李琳, 李冰. 现代饼干甜点生产技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社 2001.
- [19] 邓攀, 刘旭海, 张细和, 等. 烘焙参数对饼干品质的影响 [J]. 食品工程 2016(2): 46-49 58.
- [20] 李素芬, 刘建福. 豌豆纤维对面团质构及酥性饼干品质的影响 [J]. 食品工业科技 2015 36(14): 131-133, 138.

(上接第 38 页)

- [43] Krimm S, Bandekar J. Vibrational spectroscopy and conformation of peptides polypeptides and proteins [J]. Advances in Protein Chemistry 1986 38: 181-364.
- [44] Kong J, Yu S. Fourier transform infrared spectroscopic analysis of protein secondary structures [J]. Acta Biochimica Et Biophysica Sinica 2007 39(8): 549.
- [45] Goncalves R, Mateus N, Freitas V D. Study of the interaction of pancreatic lipase with procyanidins by optical and enzymatic methods [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2010 58(22): 11901.
- [46] Gudgin E, Lopez-Delgado R, Ware W R. The tryptophan

- fluorescence lifetime puzzle. A study of decay times in aqueous solution as a function of pH and buffer composition [J]. Canadian Journal of Chemistry 1981 59(7): 1037-1044.
- [47] Lange D C, Kothari R, Patel R C, et al. Retinol and retinoic acid bind to a surface cleft in bovine beta-lactoglobulin: a method of binding site determination using fluorescence resonance energy transfer [J]. Biophysical Chemistry 1998 74(1): 45-51.
- [48] Chen F P, Li B S, Tang C H. Nanocomplexation between curcumin and soy protein isolate: Influence on curcumin stability/bioaccessibility and *in vitro* protein digestibility [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2015 63(13): 3559-3569.