

挤压膨化技术制备脱脂黑豆冲调粉的研究

Application of extrusion technology for preparing defatted black soybean meal reconstituted powder

张琳¹ 李建科¹ 任彩霞¹ 孙学思² 秦令祥²

ZHANG Lin¹ LI Jian-ke¹ REN Cai-xia¹ SUN Xue-si² QIN Ling-xiang²

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119; 2. 延安长盛黑唯伟食品有限公司, 陕西 延安 727400)

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China;

2. Changsheng Black Weiwei Foods, Yan'an, Shaanxi 727400, China)

摘要:以压榨取油后的脱脂黑豆粕为原料,与不同配比的玉米淀粉混合,利用双螺杆挤压膨化机经挤压膨化工艺制得冲调粉,确定最佳工艺参数,并对不同原料配方及其膨化度、冲调性、黏度、色值等指标进行研究。最终确定配方为:脱脂黑豆粕 30%,玉米淀粉 45%,蔗糖 15%,麦芽糊精 4%,植脂末 6%。

关键词:豆粕;挤压膨化;冲调粉

Abstract: The extruding and expanding experiment was studied with the black soybean meal as material, mixing corn starch by twin-screw extruder to make reconstituted powder. The best expanded technical parameters were determined, and studied the formula, the extrusion ratio, the reconstituability, the viscosity, the color of this powder flour. The optimal formula of the powder was as follows: black soybean meal 30%, corn starch 45%, sugar 15%, maltodextrin 10%, creamer 6%.

Keywords: defatted black soybean meal; extrusion; reconstituted powder

黑豆又名乌豆、槽豆、冬豆子、零乌豆等,营养价值居豆类之首。黑豆中蛋白质含量一般达 35% 以上,氨基酸组成与动物蛋白十分相似,易于消化吸收^[1],含有 19 种油酸,其中不饱和脂肪酸高达 80%^[2],因此对人体健康具有重要作用,开发潜力巨大。黑豆粕是黑豆榨油后所得的副产品,其中含有大量蛋白质、赖氨酸、色氨酸、蛋氨酸等营养成分^[3],但因其食用风味不佳,目前多作为动物饲料使用,造成了资源的浪费。

谷物冲调粉作为一种营养丰富、方便冲调、高附加值的即食食品,开发潜力巨大。目前,谷物粉制作分为干法制备与湿法制备两种。其中,湿法制粉工艺复杂、能源消耗巨大;

干法制粉则可以降低能耗、节约能源、缩短生产周期。挤压膨化作为干法制粉的新兴技术,是一种集混合、搅拌、加热、杀菌、膨化及成型等为一体的食品加工技术,以其应用广泛、利用率高、营养破坏小、无污染等诸多优势,在食品加工领域中得到广泛的应用^[4]。

粉状冲调产品冲调性差,结块严重的缺陷,一直是生产加工过程难以解决的棘手问题。本试验拟以压榨取油后的脱脂黑豆粕为原料,通过确定最好的复配比例,经挤压膨化,使其既能最大限度的保留谷物杂粮粉原有的功能成分,又能获得良好的冲调特性,使其拥有良好的口感风味,满足不同消费群体的需求。

1 材料与方法

1.1 材料

黑豆豆粕粉:粉碎过 80 目筛,延安长盛黑唯伟食品有限公司;

玉米淀粉:市售。

1.2 仪器与设备

双螺杆挤压膨化机: SX65-III A 型,山东赛信膨化机械有限公司;

全自动凯氏定氮仪: kjeltec 2300 型,瑞典福斯公司;

数显鼓风干燥箱: GZX-9146 MBE 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

电热恒温水槽: HHW-21CU-600 型,上海福玛实验设备有限公司;

黏度计: RVDV-II + Pro 型,美国博利飞公司;

全自动色差计: SC-80C 型,北京康光光学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

脱脂黑豆粕→粉碎过筛(80 目)→加水混粉(黑豆粕与玉米淀粉不同比例混合)→挤压膨化→干燥→粉碎(80 目)→口感调配→膨化冲调粉

作者简介:张琳(1991—),女,陕西师范大学在读硕士研究生。

E-mail: 413574388@qq.com

通讯作者:李建科

收稿日期:2015-10-02

1.3.2 挤压膨化黑豆粉基础配方及工艺参数 由于豆粕单独膨化效果不好,而玉米淀粉中淀粉含量高,极易膨化。因此本试验设计3种不同配方,将脱脂黑豆粕与玉米淀粉以不同比例混合后膨化,配方设计:A:脱脂黑豆粕:玉米淀粉=3:7;B:脱脂黑豆粕:玉米淀粉=4:6;C:脱脂黑豆粕:玉米淀粉=1:1。

原料过80目筛,加水5%;一区温度35℃,二区温度128℃,三区温度158℃;主机频率31.27 Hz,喂料频率32.46 Hz,切刀频率10.85 Hz。

1.3.3 基本成分测定

- (1) 水分测定:按 GB/T 5009.3—2010 执行;
- (2) 脂肪测定:按 GB/T 14772—2008 执行;
- (3) 蛋白测定:按 GB/T 5009.5—2010 执行;
- (4) 灰分测定:按 GB/T 22510—2008 执行。

1.3.4 径向膨化度测定 游标卡尺测定膨化产品直径,每个产品测量10次,取其平均值。

$$D = \frac{L_1}{L_0}$$

(1)

式中:
D——膨化产品径向膨化度;
*L*₁——膨化产品直径,cm;
*L*₀——模孔直径,cm。

1.3.5 水溶性指数和吸水性指数测定 根据文献[5]和[6]修改如下:将2.5 g 膨化产品装入一定重量的离心管中,加35 mL 蒸馏水搅拌均匀,30℃水浴保温30 min,不断搅拌,使膨化物完全分散并形成分散液体系,4 000 r/min 离心20 min。对离心管及沉淀凝胶重量进行称量,同时将上清液倒入铝盒,放入烘箱直至恒重,称重。

$$WSI = \frac{m_4 - m_3}{m_0} \times 100\%$$

(2)

$$WAI = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

(3)

式中:
WSI——水溶性指数,%;
WAI——吸水性指数,%;
*m*₀——膨化产品重量,g;
*m*₁——离心管重量,g;
*m*₂——离心管及沉淀凝胶重量,g;
*m*₃——铝盒重量,g;
*m*₄——烘干后铝盒及样品重量,g。

1.3.6 冲调结块率及复水率测定

(1) 结块率测定:称取10 g 膨化产品于烧杯中,加入80℃蒸馏水90 mL,静置10 min,将冲调液加水稀释2倍,用20目筛网过滤,将筛网同筛上物放进烘箱,烘至绝干,称重。

$$M = \frac{w_2 - w_1}{w_0} \times 100\%$$

(4)

式中:
M——膨化产品结块率,%;
*w*₀——膨化产品重量,g;

*w*₁——筛网重量,g;
*w*₂——筛网与筛上物烘干后重量,g。

(2) 复水性测定:根据文献[7]修改如下:称取4 g 膨化产品于加入36 mL 90℃水的离心管中,搅拌均匀,4 000 r/min 离心20 min。将上清液倒入铝盒中称量,再放入烘箱烘至恒重,称量。

$$N = \frac{36 - m_1 - m_2}{m_0}$$

(5)

式中:
N——膨化产品复水性;
*m*₀——膨化产品重量,g;
*m*₁——上清液质量,g;
*m*₂——烘干后上清液质量,g。

1.3.7 黏度测定 将质量分数为10%的膨化产品放在烧杯中,在90℃水浴锅中搅拌1 h,在黏度计上测定黏度。测定条件:转子SC4-27,转速200 r/min,剪切率68,温度90℃。

1.3.8 色值测定 在色差计上测定膨化产品的*L*^{*}、*a*^{*}和*b*^{*}值。其中*L*^{*}值称为明度指数,反映的是白度和亮度的综合值;该值越大表明被测物越白亮。*a*^{*}和*b*^{*}值称为彩度指数,两者共同决定色调^[8]。

1.3.9 口感调配 通过单因素试验,选择出蔗糖、麦芽糊精、植脂末效果较好的范围,见表1。以色泽、冲调性、气味、口感为判定指标,采用L₉(3⁴)的正交试验评判,由10人组成的感官评定小组对脱脂黑豆膨化粉进行感官评价,评分标准参照表2。

表1 口感调配正交试验表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment for sensory evaluation

%			
水平	A 蔗糖	B 麦芽糊精	C 植脂末
1	13	2	4
2	15	4	6
3	17	6	8

表2 膨化粉冲调液感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of reconstituted powder

评分	色泽(20%)	气味(10%)	冲调性(30%)	口感(40%)
9~10	棕褐色,无杂色和斑点	浓郁的豆香味	溶解性佳,流动性好,结团和分层现象不明显	粘稠度适宜,柔和香甜
8~9	褐色或土黄色,略微有杂色	黑豆特有香味,轻微焦糊味	溶解性、流动性较好,结团分层较明显	粘稠度适中,口感欠柔和
7~8	深褐色,杂色	焦糊味较明显	溶解性流动性较差,结团分层明显	入口略粗糙
7分以下	灰黑色,杂色明显	苦涩、豆腥味明显	溶解性流动性差,结块明显	粗糙感明显

2 结果与分析

2.1 不同配比膨化粉的基本成分含量

随着玉米淀粉添加量的减少,豆粕含量的增加,脂肪、蛋白质、灰分的含量逐渐增大,具体成分见表 1。

表 3 不同配比的膨化粉的基本成分表

Table 3 The basic components of different combining reconstituted powder

配方	水分	脂肪	蛋白质	灰分
A	8.63	5.42	11.76	2.09
B	10.74	6.85	14.25	2.12
C	7.62	8.21	20.84	2.70

2.2 不同配比膨化粉的膨化度比较结果

由图 1 可知,配方 A 膨化度最高,配方 B 次之,配方 C 膨化度最小,三配方间有显著性差异($P<0.05$)。这可能是因为玉米淀粉中的支链淀粉含量较高,促进了膨化效果,但豆粕中的蛋白质含量高又会降低膨化程度。研究^[9]发现,蛋白质对膨化程度的影响力要大于淀粉,可能是因为物料中的蛋白质含量高,粘稠度大。

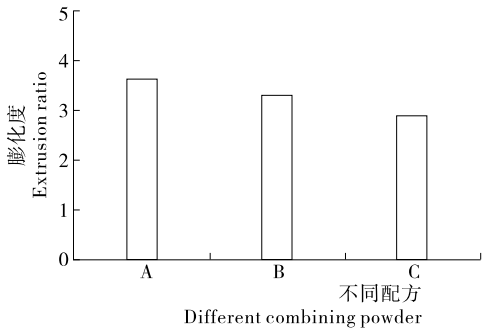


图 1 不同配比膨化粉的膨化度比较

Figure 1 The comparison of extrusion ratio among different combining reconstituted powder

2.3 不同配比膨化粉 WSI 和 WAI 指数的比较结果

良好的冲调食品要求产品拥有较高的水溶指数和吸水指数^[10],WAI 则代表了产品的亲水性,WSI 代表了产品在水中的分散性,二者反映了产品中淀粉的糊化和降解程度。由图 2 可知,配方 A 与 B 产品相较 C 有较高的吸水指数,冲调

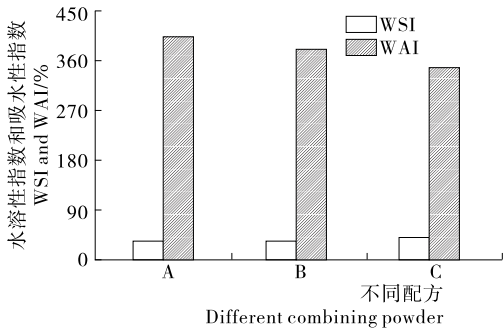


图 2 不同配比膨化粉 WSI 和 WAI 指数的比较

Figure 2 The comparison of WSI and WAI among different combining reconstituted powder

性较好。WAI 呈降低的趋势,WSI 呈现增加趋势,说明随着原料配方中脱脂黑豆粕比例增加,蛋白质含量增加,淀粉含量下降,导致膨化粉的水溶性增加,但吸水性降低。这可能是由于蛋白的亲水力强于淀粉,蛋白会通过与淀粉竞争糊化所需的水分^[11],进而限制淀粉的糊化,导致膨化粉的吸水性降低。

2.4 不同配比膨化粉的结块率和复水性的比较结果

冲调结块率是衡量成品冲调性的重要指标^[12]。由图 3 可知,随着配方中蛋白质的增加,结块率逐渐增加,复水率呈相反趋势。配方 A 与 B 的复水性较好;配方 C 的复水性较差,结块率很大。发生这种情况可能是因为蛋白的亲水能力较强,阻止了水分子和其他物料接触的机会^[13],降低了水分渗透的速度,表现为容易结团,分散性差。

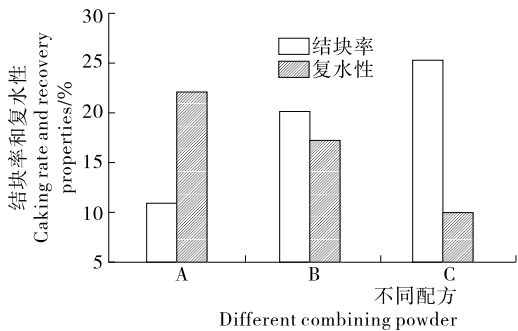


图 3 不同配比膨化粉的结块率和复水性的比较

Figure 3 The comparison of rehydration rate and dispersion among different combining reconstituted powder

2.5 不同配比膨化粉的黏度比较结果

淀粉糊化和降解改变溶融体的黏度,对产品的黏度产生影响。淀粉糊化程度越大,其对应的黏度值越高。由表 4 可知,随着蛋白质含量的增加,黏度逐渐减小。这可能是因为蛋白质含量越高,蛋白体填充在淀粉细胞中数量及密度越大,淀粉的糊化程度因此会降低。另外,较高的蛋白质含量可能提高挤压产品的熟化度,并且抑制产品的老化现象^[14]。

表 4 不同配比膨化粉的黏度比较

Table 4 The comparison of viscosity among different combining reconstituted powder

配方	黏度/(Pa·s)	扭矩/%	剪切应力/(D·cm ⁻²)
A	0.06	4.8	40.80
B	0.29	2.3	19.55
C	0.24	1.9	16.15

2.6 不同配比膨化粉的色值比较结果

由表 5 可知,随着蛋白质含量增加,产品亮度(L^*)显著下降,红色色度(a^*)增加,黄色色度(b^*)降低。这可能是由于在高剪切力的作用下,蛋白降解量明显增加,从而导致美拉德反应加剧,使得产品颜色加深。与 Shirani 等^[15]的结论类似。

表 5 不同配比膨化粉的色值指标

Table 5 The comparison of color among different combining reconstituted powder

配方	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
A	70.09±0.04	4.82±0.06	22.38±0.11
B	64.92±0.04	5.62±0.05	21.06±0.04
C	50.60±0.02	5.85±0.01	14.74±0.03

2.7 不同配比膨化粉感官评定结果

由图 4 可知,配方 B 与 C 感官评定结果较好,配方 A 感官结果较差。但是上述试验结果表明,配方 C 的膨化及各项冲调指标明显较差,故最终确定配方 B 为最佳膨化基础配方。

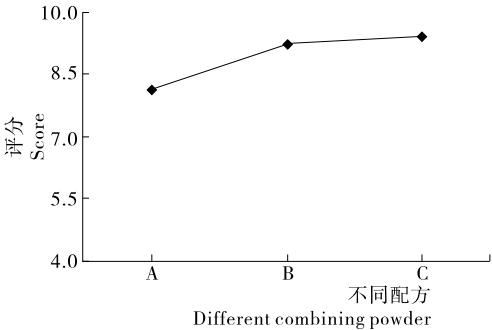


图 4 不同配比膨化粉的感官评定结果比较

Figure 4 The comparison of sensory evaluation result among different combining reconstituted powder

2.8 风味调配感官评定结果

以配方 B 为基础配方,进行口感调配,见表 6。由表 6 可知,各因素重要性依次为:麦芽糊精>植脂末>蔗糖,最佳组合为 A₂B₂C₂,即:蔗糖 15%,麦芽糊精 4%,植脂末 6%。对上

表 6 膨化粉口感调配正交试验结果

Table 6 Orthogonal experimental results of reconstituted powder

序号	A 蔗糖	B 麦芽糊精	C 植脂末	感官评分
1	1	1	1	8.3
2	1	2	2	8.7
3	1	3	3	8.5
4	2	1	2	8.9
5	2	2	3	8.6
6	2	3	1	8.1
7	3	1	3	8.3
8	3	2	1	8.7
9	3	3	2	8.2
K ₁	25.5	25.5	25.1	
K ₂	25.6	26.0	25.8	
K ₃	25.2	24.8	25.4	
R	0.4	1.2	0.7	

述配比进行验证实验,感官评分为 9.1,高于正交分值,因而最佳配比得到验证。

3 结论

脱脂黑豆粕辅以玉米淀粉挤压膨化的冲调粉,挤压膨化最佳工艺为加水 5%;一区温度为 35℃,二区温度为 128℃,三区温度为 158℃;主机频率为 31.27 Hz,喂料频率为 32.46 Hz,切刀频率为 10.85 Hz。3 种配方综合比较,脱脂黑豆粕:玉米淀粉为 4:6 的膨化、冲调效果及感官评价最佳,最终确定配方为:脱脂黑豆粕 30%,玉米淀粉 45%,蔗糖 15%,麦芽糊精 4%,植脂末 6%。制得的膨化粉冲调性、口感良好。本试验对原料的不同配比对其膨化效果及冲调性状的影响加以研究,为今后深入探索不同挤压原料对挤压膨化的影响提供理论依据。

参考文献

1 谭淑君, 蒋爱民, 胡利辉. 响应面法优化黑豆干酪工艺条件[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 257~258.

2 王敏, 李丹, 李荣和, 等. 黑豆营养价值及功能特性应用的研究与进展[J]. 长春大学学报, 2008, 2(18): 104~105.

3 陈颖, 徐巍. 黑豆主要营养成分分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(34): 14 928~14 929.

4 刘英. 挤压膨化技术在谷物食品加工中的应用[J]. 西部粮油科技, 1999, 24(4): 30~31.

5 Vamshidhar R. Texture comparison of traditional and extruded con flakes[J]. Cereal Foods World, 1998, 43(8): 650~652.

6 Jones D, Chinnaswamy R, Tan Y, et al. Physiochemical properties of ready-to-eat breakfast cereals[J]. Cereal Foods World, 2000, 45(4): 164~168.

7 吴卫国. 主要几种配料对挤压膨化早餐谷物挤压特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(4): 54~59.

8 师莹, 陈娅, 符宜谊, 等. 色差计在食品品质检测中的应用[J]. 食品工业科技, 2009, 30(5): 373~384.

9 石彦国. 食品挤压与膨化技术[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 29~30.

10 赵世光. 葛根淀粉的酶法改性及化学改性一速溶即食葛粉的研制[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2003.

11 李冀新, 郑刚, 刘娅. 膨化玉米早餐粉冲调性的研究[J]. 粮油食品科技, 2000, 8(3): 23~24.

12 冉新炎. 高蛋白玉米冲调粉的制备与性质研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.

13 顾笑笑, 张茂龙, 赵龙, 等. 全谷物冲调粉高效加工技术研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 207~209.

14 李向阳, 刘传富, 刁恩杰, 等. 双螺杆挤压膨化对小米糊化特性影响的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(5): 44~46.

15 Shirani G, Ganesharanee R. Extruded products with Fenugreek (Trigonella foenum-graecium) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycogenic index[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(1): 44~52.