

Study of Technology of the Ginkgo Composite Breakfast Powder for the Elder Eating

Yongsheng Zhu¹, Min Yu¹, Hanju Sun^{1*}, Shudong He¹, Qian He¹, Xiaodong Cao¹, Junhui Wang¹, Qiang Zhang²

¹School of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui

²Qiang Wang Flavouring Food Co. Ltd. of Anhui, Jieshou Anhui

Email: 1641671175@qq.com, *sunhanjv@163.com

Received: Aug. 7th, 2016; accepted: Aug. 27th, 2016; published: Aug. 30th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

To make Ginkgo as main raw material, and black rice, soybean protein powder, jujube, fructo-oligose and xylitol as auxiliary materials, a kind of ginkgo composite breakfast powder, which has perbiotic function and is suitable for the elder, was developed. Firstly, ginkgo and black rice were processed by using twin-screw extrusion, respectively, and the heating temperatures of extrusion were optimized. Then, in terms of sensory score, the additions of raw and auxiliary material were chosen in single-factor tests. On this basis, the formula of the breakfast powder was optimized in an orthogonal experiment of four factors and three levels. The composite breakfast powder has delicate taste, rich flavor and uniform color. The results were ginkgo 26.9%, black rice 22.4%, soybean protein powder 13.4%, jujube 13.4%, fructo-oligose 5.4%, xylitol 17.9% and citric acid 0.6%.

Keywords

Elderly, Composite, Ginkgo, Black Rice, Breakfast Powder, Popped

一种适合中老年人食用的银杏复合早餐粉的工艺研究

朱勇生¹, 余敏¹, 孙汉巨^{1*}, 何述栋¹, 何钱¹, 操小栋¹, 王军辉¹, 张强²

*通讯作者。

文章引用: 朱勇生, 余敏, 孙汉巨, 何述栋, 何钱, 操小栋, 王军辉, 张强. 一种适合中老年人食用的银杏复合早餐粉的工艺研究[J]. 食品与营养科学, 2016, 5(3): 128-138. <http://dx.doi.org/10.12677/hjfns.2016.53016>

¹合肥工业大学食品科学与工程学院, 安徽 合肥

²安徽强旺调味食品有限公司, 安徽 界首

Email: 1641671175@qq.com, sunhanjv@163.com

收稿日期: 2016年8月7日; 录用日期: 2016年8月27日; 发布日期: 2016年8月30日

摘 要

以银杏为主要原料, 黑米、大豆蛋白粉、红枣、低聚果糖及木糖醇为辅料, 开发一种适合中老年人食用, 具有益生元功效的银杏复合早餐粉。首先, 将银杏及黑米分别通过双螺杆挤压膨化, 优化挤压膨化的加热温度; 进一步以感官质量为评价指标, 通过单因素试验确定各原料的添加量。在其基础上, 采用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验优化该早餐粉的配方, 得到口感细腻、香味浓郁及颜色均匀的复合早餐粉。其结果为: 银杏26.9%, 黑米22.4%, 大豆蛋白粉13.4%, 红枣13.4%, 低聚果糖5.4%, 木糖醇17.9%, 柠檬酸0.6%。

关键词

中老年, 复合, 银杏, 黑米, 早餐粉, 膨化

1. 引言

银杏树系裸子植物, 是当今世界上存在的最古老的树种, 被称为植物界的“活化石”。在我国大部分地区均有种植, 且主要分布在长江流域。银杏树并无果实, 通常人们所说的银杏果, 实际上是银杏的种子, 银杏果又称白果, 是我国著名的干果之一。银杏果的种仁营养丰富, 含有维生素 C、胡萝卜素、淀粉、蛋白质、钙、铁等营养成分。值得一提的是银杏还含有黄酮、白果酚及白果醇等活性成分。其中, 黄酮具有降血压、降低血粘度、清除过氧自由基及改善记忆力等功能; 白果黄素对致癌因子具有很强的抑制作用, 对白血病、肿瘤等均有一定的疗效; 酚类物质则具有抗菌消炎的功效[1]。

黑米为黑稻加工产品, 是禾本植物黑稻谷的种仁, 黑米一般不像白米那样精加工, 而是以糙米的形式直接食用。黑米含有丰富的蛋白质、氨基酸、维生素、膳食纤维及不饱和脂肪酸等营养成分。并且, 还含有花青素等生理活性成分, 具有清除自由基, 延缓衰老等功能, 是制作保健食品的理想原料[2]。利用脱脂豆粕生产的大豆蛋白粉, 不仅脂肪含量低, 而且蛋白质含量非常高, 可以为产品提供更佳的蛋白质营养, 能够有效保障人体的正常生理需求。研究表明, 长期食用大豆蛋白粉能够降低冠心病的发生率[3]。红枣味甘香甜, 风味独特, 其不仅含有维生素、粗纤维、钙等营养成分, 还含有黄酮、红枣多糖等生理活性成分。黄酮类物质能够降低毛细血管的通透性, 因而是预防和治疗高血压的有效成分。红枣多糖则具有促进白细胞的生成, 提高机体免疫力等功能[4]。低聚果糖是人体无法消化的一种碳水化合物, 食后到达大肠后可促进双歧杆菌和乳酸菌等益生菌的增殖, 被肠道细菌发酵后可产生醋酸、丙酸、丁酸等短链脂肪酸和乳酸, 能够降低肠环境 pH 值, 抑制肠道细菌腐败和减少毒素的生成, 还可以降低血液胆固醇及血脂浓度, 有利于心血管疾病的防治[5]。

本研究拟采用银杏为主要原料, 黑米、红枣、大豆蛋白粉、木糖醇及低聚果糖等为辅料, 开发出一种适合中老年人食用, 具有益生元功效的银杏复合早餐粉。

2. 材料与方法

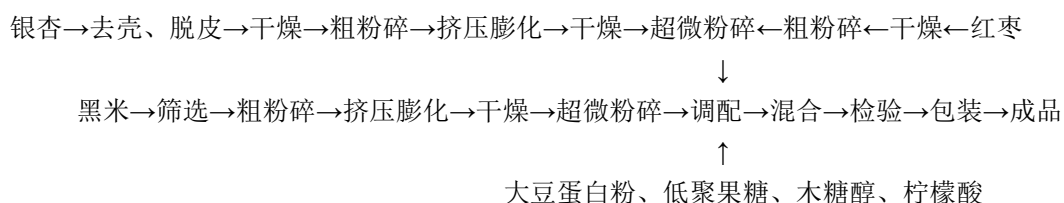
2.1. 试验原料

银杏果(产自江苏);黑米(产自贵州);小麦粉(产自安徽);大豆蛋白粉(郑州博研生物科技有限公司产);红枣(产自新疆);低聚果糖、木糖醇及柠檬酸均为食品级。

2.2. 仪器与设备

HX-200 高速中药磨碎机(浙江省永康市溪岸五金药具厂);XMTD-8222 电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);BL-220H 电子天平(上海友声衡器有限公司);XDW-6J 振动式细胞级超微粉碎机(济南达微机械有限公司);SLG-30 双螺杆实验机(济南赛百诺科技有限公司)。

2.3. 工艺流程



2.4. 工艺要点

2.4.1. 银杏预处理

将银杏去壳后放入锅中,在 90℃~100℃下煮制 10 min 以去皮,边煮边搅拌,水与银杏的质量比为 5:2。将去皮后的银杏,在 90℃下干燥至水分含量≤20%后,然后用中药粉碎机粉碎,至物料平均颗粒约为 20 目。

2.4.2. 黑米预处理

黑米选择饱满的颗粒,去除灰尘等杂质后,用中药粉碎机粉碎至物料平均颗粒约为 20 目。

2.4.3. 红枣预处理

将红枣在 65℃下干燥至水分含量≤5%后,然后用中药粉碎机粗粉碎至物料的平均颗粒约为 20 目,最后用超微粉碎机粉碎,至物料平均颗粒≤10 μm。

2.4.4. 挤压膨化

从进料端到出料端,把 SLG-30 型双螺杆挤压膨化机一共分为四个区,即 I、II、III及IV区。取出预处理好的银杏,进行双螺杆挤压膨化,控制螺杆转速在 16 Hz,物料含水量在 16%,分别选定了五种挤压膨化温度,银杏的挤压膨化温度如表 1 [6]。

将预处理好的黑米水分含量调至 16%,控制螺杆转速 16 Hz,研究不同膨化温度对黑米挤压膨化效果的影响,黑米的挤压膨化温度如表 2。

2.4.5. 银杏和黑米超微粉的制备

膨化好的银杏和黑米在 85℃下干燥至水分含量≤5%后,先用中药粉碎机粉碎,至物料的平均颗粒约为 30 目,然后用超微粉碎机将其超微粉碎,至物料平均颗粒大小≤10 μm。

2.4.6. 调配

将银杏超微粉与其他辅料按比例配比,混合均匀。

Table 1. Optimization of temperature of ginkgo extrusion

表 1. 银杏挤压膨化温度的优化

温度(°C)	序号				
	1	2	3	4	5
I 区	40	50	50	60	60
II 区	80	100	110	120	130
III 区	110	120	130	140	150
IV 区	130	140	150	160	170

Table 2. Optimization of temperature of black rice extrusion

表 2. 黑米挤压膨化温度的优化

温度(°C)	序号				
	1	2	3	4	5
I 区	50	50	60	60	60
II 区	100	110	120	130	140
III 区	120	130	140	150	160
IV 区	140	150	160	170	180

2.5. 试验方法

2.5.1. 挤压膨化条件的确定方法

收集不同条件下挤压膨化的产品, 测量它们的直径, 对每个样品均进行 3 次测量, 取其平均值, 根据径向膨化度, 即膨化产品径向直径与模口直径之比, 以及膨化产品的口感、色泽及气味, 来确定原料最佳的挤压膨化条件[7]。

$$\text{径向膨化度} = \frac{d_1}{d_0}$$

式中: d_0 ——膨化机模口直径(0.85 cm);

d_1 ——膨化物的平均直径(cm)。

2.5.2. 产品感官评价

由 10 位专业人员组成感官评定小组, 在感官实验室内进行评定, 根据产品的香味、色泽光泽、滋味及口感, 进行感官评价[8]。银杏早餐粉的感官评分标准如表 3。

2.5.3. 原料最佳比例单因素试验设计

将银杏粉、黑米、大豆蛋白粉、红枣、木糖醇及柠檬酸混合, 通过单因素试验, 得出各原料最优的用量。

1) 早餐粉中银杏添加量的单因素试验

固定黑米、大豆蛋白粉、红枣及木糖醇的添加量均为 2.0 g, 柠檬酸添加量为 0.08 g, 银杏粉添加量分别为 2.0、3.0、4.0、5.0 及 6.0 g, 将各原料充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究银杏的添加量对早餐粉感官品质的影响。

2) 早餐粉中黑米添加量的单因素试验

固定银杏粉、大豆蛋白粉、红枣、木糖醇及柠檬酸添加量分别为 4.0、2.0、2.0、2.0 及 0.08 g, 黑米

Table 3. Sensory score standards of ginkgo composite breakfast powder
表 3. 银杏复合早餐粉感官评分标准

项目	评分细则	感官评分
香味 (满分 30 分)	具有银杏、黑米、红枣等复合香味, 且没有特别突出的某一配料的味道或者气味或者异味	20~30
	有一定的复合的香味, 无其它异味	10~20
	某个味道突出, 无复合味道, 有少量其它异味	1~10
色泽光泽 (满分 30 分)	紫红色, 光泽度好, 颜色均匀	20~30
	淡紫红色, 光泽度差, 稍不均匀	10~20
	灰褐色, 光泽度差, 色泽不均匀	1~10
滋味口感 (满分 40 分)	入口细腻, 无颗粒, 无苦味和其它异味	30~40
	入口细腻, 有细微的颗粒, 有轻微的苦味	10~30
	入口粗糙, 颗粒较多, 苦味或异味较重	1~10

的添加量分别为 0、1.0、2.0、3.0 及 4.0 g, 将各原料充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究黑米的添加量对早餐粉感官品质的影响。

3) 早餐粉中大豆蛋白粉添加量的单因素试验

固定银杏粉、黑米、红枣、木糖醇及柠檬酸的添加量分别为 4.0、2.0、2.0、2.0 及 0.08 g, 大豆蛋白粉添加量分别为 0、1.0、2.0、3.0 及 4.0 g, 充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究大豆蛋白粉添加量对早餐粉感官品质的影响。

4) 早餐粉中红枣添加量的单因素试验

固定银杏粉、黑米、大豆蛋白粉、木糖醇及柠檬酸添加量为 4.0、2.0、1.0、2.0 及 0.08 g, 红枣添加量为 0、1.0、2.0、3.0 及 4.0 g, 充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究红枣添加量对早餐粉感官品质的影响。

5) 低聚果糖与木糖醇添加量的确定

早餐粉中低聚果糖是作为益生元添加的, 很少的量即可产生很好的益生元效果。因此, 可以根据相关的文献报道来确定低聚果糖的添加量[9]。固定银杏粉、黑米、大豆蛋白粉、红枣及柠檬酸添加量分别为 4.0、2.0、1.0、1.0 及 0.08 g, 充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究木糖醇添加量对早餐粉感官品质的影响。

6) 早餐粉中柠檬酸添加量的单因素试验

固定银杏粉、黑米、大豆蛋白粉、红枣及木糖醇添加量分别为 4.0、2.0、1.0、1.0 及 2.0 g, 柠檬酸添加量分别为 0.05、0.06、0.07、0.08 及 0.09 g, 充分混合后, 补加开水定容至 100 ml, 均匀冲调, 通过感官评价, 研究柠檬酸添加量对早餐粉感官品质的影响。

2.5.4. 配方优化的正交试验设计

在单因素试验结果的基础上, 进行四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验, 对试验数据进行数据分析[10], 比较分析结果, 优化最佳原料配比。正交试验因素与水平设计见表 4。

3. 结果与分析

3.1. 挤压膨化条件的确定

3.1.1. 银杏挤压膨化条件的确定

根据径向膨化度的计算方法, 五种不同条件下银杏膨化物的径向膨化度及膨化效果如表 5。从表 5 中可以发现, 在第 1、2 种条件下, 产品的直径与模口直径相差不大, 导致了径向膨化度也相差不大,

Table 4. Orthogonal experiment factors and levels of design
表 4. 正交试验因素与水平设计

水平	银杏 A (%)	黑米 B (%)	大豆蛋白粉 C (%)	红枣 D (%)
1	3.0	1.5	0.5	0.5
2	4.0	2.0	1.0	1.0
3	5.0	2.5	1.5	1.5

Table 5. Effects of heating temperature on ginkgo extrusion
表 5. 加热温度对银杏挤压膨化效果的影响

序号	产品直径	径向膨化度	口感	色泽	气味
1	0.9	1.06	较硬	稍黄	淡清香味
2	0.93	1.09	较硬	稍黄	淡清香味
3	1.31	1.54	松脆可口	玉米黄	较浓清香味
4	1.16	1.41	松脆	有淡褐色	有一点糊味
5	1.05	1.24	有点硬	黄褐色	糊味较大

这主要是因为膨化温度不是很高，产品从模口中出来的时候，水分没有瞬间完全蒸发，形成蓬松的膨化物产品，而是缓慢的从模口中挤出，导致了产品直径与模口直径相差不大；而第 3 种条件下，挤压膨化使银杏粉在挤压腔内变成熔融状态，淀粉组织被破坏，淀粉由生淀粉(β -淀粉)转化为熟淀粉(α -淀粉)，发生淀粉糊化，当物料从模口中挤出时，溶胶淀粉体积瞬间膨化，形成蓬松的结构，口感、色泽及香味都比较令人满意，膨化效果比较好；第 4 种条件下，虽然产品的径向膨化度与第 3 种条件相比，径向膨化度相差不大，但是由于温度过高，膨化出来的产品具有一定的糊味。因此，选择第 3 种挤压膨化条件，即 I、II、III 及 IV 区温度分别为 50℃、110℃、130℃ 及 150℃，螺杆转速 16 Hz，物料含水量 16%。

3.1.2. 加热温度对黑米挤压膨化效果的影响

加热温度对黑米挤压膨化效果的影响如表 6。从表 6 中可知，随着径向膨化度的改变，黑米的挤压膨化效果也在不断地改变。在第 1、2 种条件下，温度比较低，径向膨化度分别为 1.19 及 1.32，黑米虽然膨化出来，但膨化度不是很高，这是因为温度对挤压膨化效果具有双重效应。一方面，温度较低时，淀粉不能完全糊化，原料中的水分在从模口中出来的瞬间不能完全蒸发，黑米膨化物不能形成很好的蓬松结构，导致口感较硬，香味不浓郁；而另一方面，当温度过高时，如表中第 4、5 种条件所示，原料在挤压腔内部时会发生糊化，虽然挤出物能较好地膨化，但是黑米膨化物呈现紫黑色，并且具有一定的糊味。而在第 3 种条件下，温度适中，黑米膨化物口感松脆，颜色呈现淡紫色，米香味也比较浓郁，与其他四种条件相比，更加适合黑米的挤压膨化。因此，选择第 3 种挤压膨化条件，即 I、II、III 及 IV 区温度分别为 60℃、120℃、140℃ 及 160℃，螺杆转速 16 Hz，物料含水量 16%。

3.2. 银杏对早餐粉感官品质的影响

银杏添加量对早餐粉感官品质的影响如图 1。由图 1 可知，当添加量从 2% 开始，感官分数呈现明显的上升趋势；银杏添加量为 4% 时，感官分数达到最大值(87 分)；之后，尽管随着添加量的增加，但感官分数逐渐下降。其原因可分析如下：银杏具有特殊的香味，适量的添加可以改善早餐粉的香气、风味及滋味。然而，过多的添加会导致早餐粉中银杏气味过浓，掩盖了其他原料的香味，并且由于银杏中

Table 6. Effects of heating temperature on black rice extrusion
表 6. 加热温度对黑米挤压膨化效果的影响

序号	产品直径	径向膨化度	口感	色泽	气味
1	1.01	1.19	较硬	淡紫色	淡米香味
2	1.12	1.32	较硬	淡紫色	淡米香味
3	1.53	1.80	松脆	淡紫色	较浓米香味
4	1.36	1.60	松脆	淡紫黑色	有一点糊味
5	1.27	1.49	有点硬	紫黑色	糊味较浓

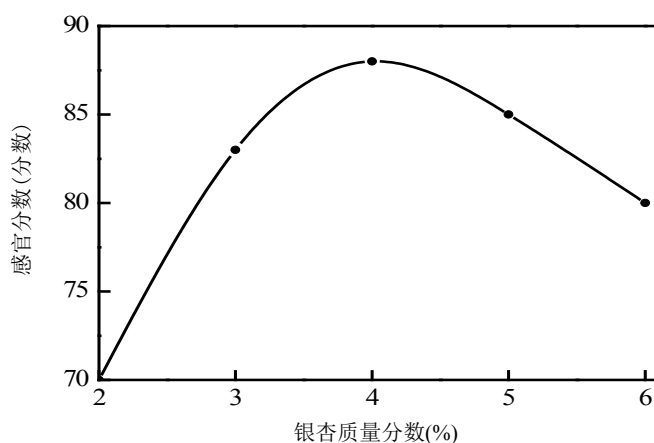


Figure 1. Effects of ginkgo additions on the sensory quality of breakfast powder

图 1. 银杏添加量对早餐粉感官品质的影响

淀粉含量较高, 添加过多会导致产品易结块, 不利于产品的冲溶性, 从而导致感官分数的降低。因此, 银杏的添加量确定为 4%。

3.3. 黑米对早餐粉感官品质的影响

黑米添加量对早餐粉感官品质的影响如图 2。显而易见, 刚开始随着添加量的增加, 其感官分数迅速增加; 当添加量为 2% 时, 感官分数达到最大值(88 分); 之后, 随着黑米的进一步添加, 感官分数反而逐渐降低。黑米对早餐粉感官品质的影响可分析如下: 一方面, 黑米含有普通大米所缺少的 V_C、叶绿素、花青素及胡萝卜素等多种成分, 添加适量的黑米不仅可以提高早餐粉的营养价值, 改善早餐粉的香气及滋味, 还可以使早餐粉呈现淡紫色, 改善其色泽; 另一方面, 由于黑米中淀粉含量比较高, 当其添加量大于 2% 时, 会导致产品结块, 不利于早餐粉的冲调, 同时早餐粉的颜色也会逐渐变成褐色, 影响早餐粉的感官质量, 导致感官分数的降低。因此, 黑米的添加量确定为 2%。

3.4. 大豆蛋白粉对早餐粉感官品质的影响

大豆蛋白粉添加量对早餐粉感官品质的影响如图 3。很显然, 起初随着大豆蛋白粉的添加, 感官分数显著上升; 当添加量为 1% 时, 感官分数达到最大值(86 分); 之后, 尽管添加量进一步增加, 但感官分数反而呈现下降的趋势。导致这一现象的主要原因可分析如下: 大豆蛋白粉的脂肪含量低, 蛋白质含量高, 是一种低热量、高营养、安全、方便的原料[11]。添加适量的大豆蛋白粉不仅可以改善早餐粉的色香味, 并且由于大豆蛋白粉易溶于水, 能够降低原料中淀粉组织的互相结合, 避免发生结块, 增加产

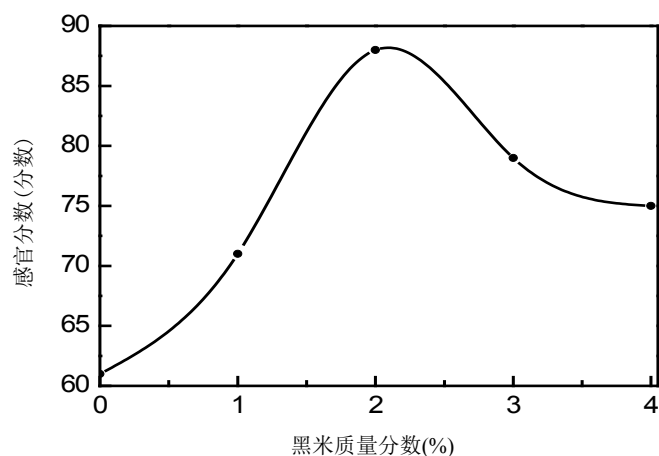


Figure 2. Effects of black rice additions on the sensory quality of breakfast powder

图 2. 黑米添加量对早餐粉感官品质的影响

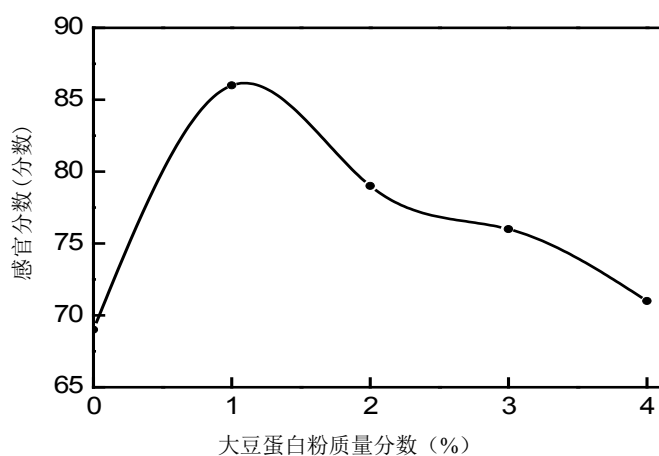


Figure 3. Effects of soybean protein powder additions on the sensory quality of breakfast powder

图 3. 大豆蛋白粉添加量对早餐粉感官品质的影响

品的冲溶性。然而，当其添加量大于 1% 时，会逐渐掩盖其他原料风味，降低产品的感官品质，导致感官分数的降低。因此，大豆蛋白粉的添加量选择为 1%。

3.5. 红枣添加量对早餐粉感官品质的影响

红枣添加量对早餐粉感官品质的影响如图 4。显而易见，在刚开始随着添加量的增加，感官分数以近乎直线的方式显著上升；当添加量为 1% 时，感官分数达到最大值(87 分)；之后，尽管添加量逐步增加，感官分数反而呈现下降的趋势。这可能是由于红枣中不仅含有维生素、黄酮、钙、铁等多种成分，其含糖量也比较高，在一定范围内，随着添加量的增加，早餐粉的滋味更加符合人们的喜好。然而，当添加量过大，不仅会导致产品口味的改变，产品的颜色也会呈现灰褐色，从而导致感官分数降低。因此，红枣的添加量选择为 1%。

3.6. 低聚果糖添加量的确定和木糖醇添加量对早餐粉感官品质的影响

低聚果糖不被消化吸收而直接进入肠道，选择性地刺激人体内双歧杆菌的作用，在食品中被广泛应

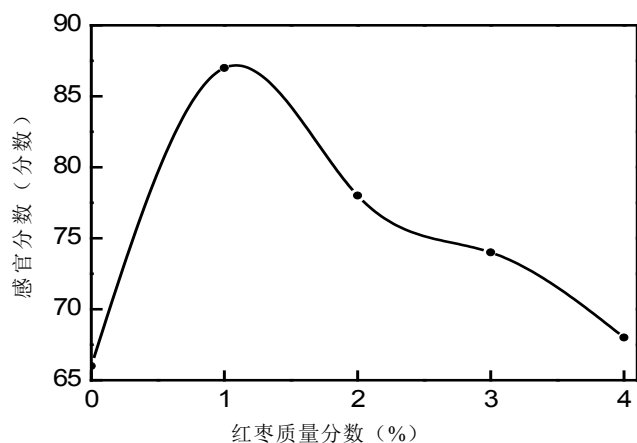


Figure 4. Effects of jujube additions on the sensory quality of breakfast powder

图 4. 红枣添加量对早餐粉感官品质的影响

用。根据胡学智等关于低聚果糖的报道[12], 推荐消费者一次食用早餐粉量为 50 g, 其中低聚果糖含量为 6%。木糖醇添加量对早餐粉感官品质的影响如图 5。随着添加量的增加, 感官分数也快速增加; 当添加量为 2%时, 感官分数达到最大值(87 分); 之后, 随着添加量的增加, 感官分数逐渐降低。导致这一现象的原因可解释如下: 木糖醇作为一种纯天然新型功能甜味剂, 与传统的蔗糖相比, 其食用后通过细胞壁被人体吸收, 不会引起血糖的升高[13], 添加适量的木糖醇有利于提高早餐粉的甜度, 改善产品的风味。而添加过多的木糖醇, 则会因为甜度太大而失去了产品原有的风味, 导致感官分数的降低。因此, 木糖醇的添加量选择为 2%。

3.7. 柠檬酸添加量对早餐粉感官品质的影响

柠檬酸添加量对早餐粉感官品质的影响如图 6。显而易见, 随着添加量的增加, 感官分数先逐渐增加; 当柠檬酸添加量为 0.07%时, 感官分数达到最大值(88 分); 之后, 随着柠檬酸的进一步添加, 感官分数缓慢下降。其原因可解释如下: 随着柠檬酸的添加, 产品逐渐呈酸性, 而黑米中的花青素在酸性条件下, 会呈现淡淡的紫红色, 改善产品的色泽, 并且添加适当的柠檬酸可以赋予产品一定的酸味, 提高了产品的口感及滋味, 更加符合人们的喜好。而添加过多的柠檬酸会导致产品酸甜比失调, 严重影响其风味, 从而导致感官分数的逐渐降低。所以, 柠檬酸的添加量选择为 0.07%。

3.8. 正交试验

由单因素试验可以看出, 银杏、黑米、大豆蛋白粉、红枣、木糖醇及柠檬酸对早餐粉的感官品质有显著影响。银杏复合早餐粉的正交试验结果如表 7, 由极差分析和方差分析可知, 影响银杏复合早餐粉感官品质的主次因素顺序为: 银杏 > 黑米 > 红枣 > 大豆蛋白粉, 计算分析得出的最佳因素配方为 $A_1B_3C_1D_3$, 而直观分析得出的最优水平组合为 $A_1B_3C_3D_3$ 。由于两种分析结果不一样, 需进行验证试验。

验证试验结果如表 8 所示。由表 8 可知, $A_1B_3C_1D_3$ 的感官分数为 88.4 分, 而 $A_1B_3C_3D_3$ 的感官分数为 89.7 分。因此, 选择 $A_1B_3C_3D_3$ 作为最佳银杏复合早餐粉配方, 即: 银杏 26.9%, 黑米 22.4%, 大豆蛋白粉 13.4%, 红枣 13.4%, 低聚果糖 5.4%, 木糖醇 17.9%, 柠檬酸 0.6%。

4. 结论

通过试验确定了银杏的挤压膨化参数为: I、II、III及IV区温度分别为 150℃、130℃、110℃及 50℃,

Table 7. Orthogonal experiment results and analysis

表 7. 正交试验结果与分析

试验序号	银杏 A (%)	黑米 B (%)	大豆蛋白粉 C (%)	红枣 D (%)	感官分数 (满分 100 分)
1	1 (3.0)	1 (1.5)	1 (0.5)	1 (0.5)	85.6
2	1	2 (2.0)	2 (1.0)	2 (1.0)	80.3
3	1	3 (2.5)	3 (1.5)	3 (1.5)	89.7
4	2 (4.0)	1	2	3	81.1
5	2	2	3	1	75.5
6	2	3	1	2	83.8
7	3 (5.0)	1	3	2	69.4
8	3	2	1	3	70.2
9	3	3	2	1	72.8
K ₁	255.6	236.1	239.6	233.9	
K ₂	240.4	226.0	234.2	233.5	
K ₃	212.4	246.3	234.6	241.0	
k ₁	85.2	78.7	79.9	78.0	T = 708.4
k ₂	80.1	75.3	78.1	77.8	
k ₃	70.8	82.1	78.2	80.3	
R	14.4	6.8	1.8	2.5	
因素主次	A > B > D > C				
最优组合	A ₁ B ₃ C ₃ D ₃				

Table 8. Results of verification test

表 8. 验证试验结果

组合	感官分数(满分 100 分)
A ₁ B ₃ C ₁ D ₃	88.4
A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	89.7

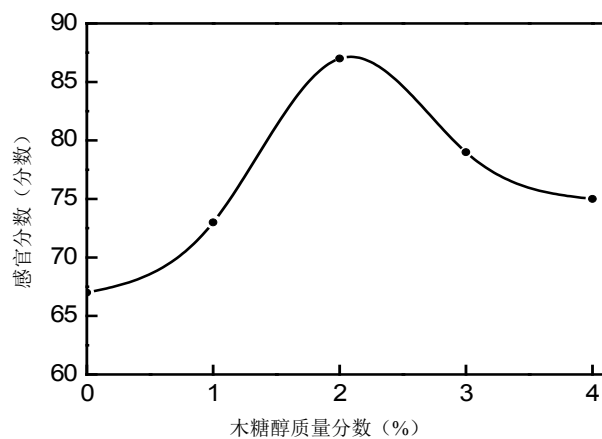


Figure 5. Effects of xylitol additions on the sensory quality of breakfast powder

图 5. 木糖醇添加量对早餐粉感官品质的影响

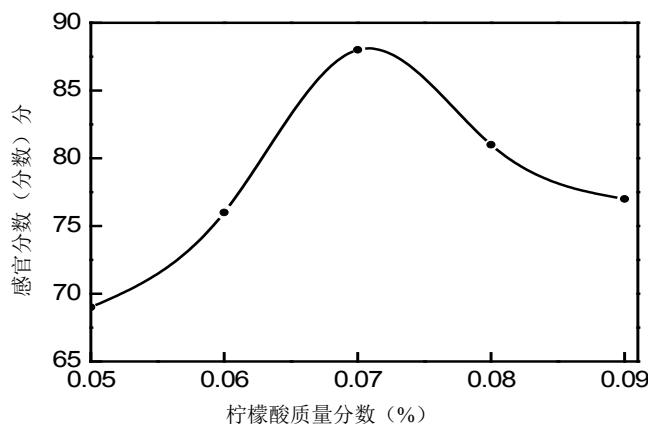


Figure 6. Effects of citric acid additions on the sensory quality of breakfast powder

图 6. 柠檬酸添加量对早餐粉感官品质的影响

螺杆转速 16 Hz, 物料含水量 16%; 黑米的挤压膨化参数为: I、II、III及IV区温度分别为 160℃、140℃、120℃及 60℃, 螺杆转速 16 Hz, 物料含水量 16%。最后, 本试验确定了银杏复合早餐粉的最佳工艺配方为: 银杏 26.9%, 黑米 22.4%, 大豆蛋白粉 13.4%, 红枣 13.4%, 低聚果糖 5.4%, 木糖醇 17.9%, 柠檬酸 0.6%。该产品以膨化的银杏及黑米等搭配而成, 含有丰富的熟淀粉, 容易消化吸收; 大豆蛋白粉提供了优质的蛋白质来源; 红枣中维生素含量非常高; 用木糖醇代替传统的蔗糖; 添加了适量的低聚果糖, 有利于肠道健康。该银杏复合早餐粉是一种非常适合中老年人食用的方便食品。

基金项目

①2015 年度合肥工业大学“秋实计划”项目“JZ2015QSJH0217”; ②安徽省科技重大专项计划项目“15czz03115”; ③安徽省教育厅科学研究重大项目“KJ2016SD36”。

参考文献 (References)

- [1] 阎小红, 赵洁. 银杏的营养价值及其加工利用[J]. 农产品加工, 综合刊, 2013(12): 44-45.
- [2] 吴素萍, 徐桂花. 试论黑米的营养价值及其应用[J]. 食品工业, 2004(5): 5-6.
- [3] Sirtori, C.R. and Lovati, M.R. (2001) Soy Proteins and Cardiovascular Disease. *Current Atherosclerosis Reports*, 3, 47-53. <http://dx.doi.org/10.1007/s11883-001-0010-2>
- [4] 刘润平. 红枣的营养价值及其保健作用[J]. 中国食物与营养, 2009(12): 50-52.
- [5] 刘宗利, 栾庆民, 袁卫涛, 等. 高纯度低聚果糖的生产及应用[J]. 山东食品发酵, 2009(2): 25-28.
- [6] 郝彦玲, 张守文. 黑米, 薏米, 荞麦混合挤压膨化工艺及机理的研究[J]. 中国食品学报, 2004, 4(4): 22-28.
- [7] 吴昊. 应用挤压膨化技术生产老年杂粮营养餐的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2011.
- [8] 李延红, 王俊凯, 李兵, 等. 银杏早餐粉的工艺研究[J]. 农产品加工. 学刊, 2013(4): 33-35.
- [9] 熊天昱, 孙汉巨, 黄梅英, 等. 益生元型银杏早餐粉的工艺研究[J]. 农产品加工, 学刊, 2013(2): 34-38.
- [10] 潘丽军, 陈锦权. 试验设计及数据处理[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008.
- [11] 左进华, 董海洲, 侯汉学. 大豆蛋白生产与应用现状[J]. 粮食与油脂, 2007(5): 12-15.
- [12] 胡学智, 伍剑锋. 低聚果糖的生理功能及生产, 应用[J]. 中国食品添加剂, 2007(6): 148-157.
- [13] 王关斌, 赵光辉. 木糖醇的生产与发展趋势[J]. 浙江化工, 2005, 36(2): 25-26.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>