

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.07.027

维生素 B₁、维生素 B₂ 营养米的挤压强化法制备与品质分析*

安红周¹ 刘菊芬¹ 张海晖² 杨波涛¹ 薛文通³

(1. 河南工业大学国家粮食局粮油食品工程技术研究中心, 郑州 450001; 2. 江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013;
3. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

【摘要】 利用挤压强化技术制备维生素 B₁、维生素 B₂ 营养米, 高效液相色谱结果表明维生素 B₁、维生素 B₂ 的保留率分别为 62.8%、81.0%。挤压制备的营养米理化特性与原料相比发生较大变化, 其中糊化度、水溶性碳水化合物质量分数分别由 8.86%、0.58% 增加至 86.21%、2.98%, 而表观密度则由 0.91 g/cm³ 下降至 0.80 g/cm³; 扫描电镜结果显示强化营养米的表面呈微孔状, 但较光滑平整。利用 TA-XT2i 型物性测定仪分析强化营养米、杂交籼米(原料)和优质粳米, 发现营养米的食用品质接近优质粳米。

关键词: 强化大米 维生素 食用品质 挤压技术

中图分类号: TS210.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)07-0145-04

Manufacture Method of Fortified Vitamin B₁ and Vitamin B₂ Rice Using Extrusion Technology and Edible Qualities Analysis

An Hongzhou¹ Liu Jufen¹ Zhang Haihui² Yang Botao¹ Xue Wentong³

(1. Food Engineering and Research Center of State Administration of Grain, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China
2. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China
3. College of Food Science and Nutrition Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

The manufactured method of fortified vitamin B₁ and vitamin B₂ rice by using extrusion technology was introduced, and the HPLC (high performance liquid chromatography) result showed that retention ratios of vitamin B₁ and vitamin B₂ in the fortified rice were 62.8% and 81.0%, respectively. The physicochemical properties of fortified rice had great changes compared to the raw rice, the degree of starch gelatinization and water soluble carbohydrates obviously increased from 8.86%, 0.58% to 86.21% and 2.98% respectively, and the apparent density decreased from 0.91 g/cm³ to 0.80 g/cm³. The SEM (scanning electron microscope) result indicated that the surface of fortified rice presented in smooth and even micro-porous structure. The edible qualities of fortified rice accessed high-grade japonica rice analyzed by the TA-XT2i type instrument compared to the hybrid rice (raw rice for fortified rice) and japonica rice.

Key words Fortified rice, Vitamin, Edible quality, Extrusion technology

引言

大米在加工与蒸煮过程中各种营养成分会出现不同程度的损失。中国第三次营养调查结果表明,

与中国营养学会制定的标准相比较,我国人均维生素 B₁、维生素 B₂、锌、硒、钙等摄入量存在明显不足^[1-2]。浸吸、涂膜、强烈强化法制备的营养强化米都是在天然整粒大米的基础进行外部添加,基本上

收稿日期: 2011-09-08 修回日期: 2012-01-07
* 中国博士后科学基金资助项目(200090460855)
作者简介: 安红周,教授,主要从事食品挤压重组技术和谷物加工研究,E-mail: anhongzhou@163.com
通讯作者: 薛文通,教授,博士生导师,主要从事食品科学与工程研究,E-mail: xwt315@hotmail.com

都不改变天然大米原来的理化特性和食用品质^[3]。挤压法制备的营养米采用粉状大米为原料,可以改变米粒的理化特性,从而改善大米的食用品质和外观特征,而且营养损失并不高,后续干燥能源消耗低,工艺简单且灵活^[4~5]。

本文以大米粉为主要原料,与 B 族维生素预混合,采用挤压强化法制备营养米,探讨营养米组分和食用品质的变化。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

维生素 B₁、维生素 B₂、三氯乙酸、磷酸二氢钾、甲醇等均为分析纯。

信阳杂交粳米;优质粳米(产地:辽宁锦州)。

1.2 主要仪器与设备

SCL10- AVP 型高效液相色谱仪,日本岛津公司;XL230ESEM 型电镜,荷兰 Philips 公司;TA-XT2i 型物性测定仪,英国 Stable Micro System 公司;DS32 型双螺杆挤压机,济南;Shimadzu 电子分析天平,日本岛津公司;WFG2000 型可见分光光度计,尤尼科(上海)仪器分析有限公司;FW80 型高速万能粉碎机,北京市永光明医疗仪器厂;Neofuge 23R 台式高速冷冻离心机,上海力申仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 指标测定

含水率按 GB/T 5497—1985 测定;粗蛋白质量分数按 GB/T 5511—2008 测定;粗脂肪质量分数按 GB/T 5512—2008 测定;粗淀粉质量分数按 NY/T 11—1985 测定;直链淀粉质量分数按 GB/T 15683—2008 测定;灰分质量分数按 GB/T 5505—2008 测定;碎米率按 GB/T 5503—2009 测定。表观密度的测定参照文献[6];食品中 B 族维生素质量分数的

测定参照文献[7];糊化度采用糖化酶法测定参照文献[8];水溶性碳水化合物质量分数测定参照文献[9]。

1.3.2 扫描电镜观察

用刀片背面将米粒从中间崩断,再用双面胶带粘在样品台上,让米粒的断面朝上,经 IB2 型离子溅射仪镀金,通过电流设置为 3 mA,每次通电时间为 15 min,重复 3 次,每次间隔 5 min。在 KYKY-1000B 型扫描电子显微镜下观察并照相,放大倍数为 5 000 倍。米粒外表面观察方法与横切面方法相同。

1.3.3 米饭质构测定

原料杂交粳米按 2.1:1(水质量与大米质量的比例)加水,粳米按 1.5:1 加水,使用电饭煲蒸煮一定时间,然后取样置于物性仪载物台上进行测定,每样重复 3 次,取平均值^[10]。

1.3.4 维生素营养强化米实验方案

实验方案严格参照 GB14880—1994《食品营养强化剂使用卫生标准》,复配营养速煮重组米生产工艺为:在速煮米水分调节搅拌阶段中加入维生素 B₁、维生素 B₂,添加量分别为 5 mg/kg,挤压工艺为进料含水率 30%、主机 I 区温度 60℃、Ⅱ区温度 80℃、Ⅲ温度 100℃,主机转速为 150 r/min、喂料速度为 100 r/min。米粒挤出时切割造粒,在 40~60℃ 通过热风干燥得到成品。

2 结果与讨论

2.1 挤压重组对大米营养的影响

所用大米的主要化学成分如表 1 所示。依据直链淀粉的质量分数,杂交粳米直链淀粉质量分数为 21.40%,属于中等偏高含量,碎米含量较大;粳米直链淀粉质量分数为 16.58%,属于较低含量。本实验以杂交粳米为原料制备营养米。

表 1 原料大米和优质粳米的组成
Tab.1 Composition of raw rice and high-grade japonica rice %

样品	含水率	灰分质量分数	蛋白质质量分数	粗脂肪质量分数	碎米率	直链淀粉质量分数	粗淀粉质量分数
杂交粳米	13.6±0.02	0.37±0.01	8.47±0.05	0.65±0.01	31.54±1.21	21.40±0.86	72.10±0.06
优质粳米	14.2±0.03	0.51±0.02	9.35±0.03	0.52±0.02	4.76±0.40	16.58±0.65	73.36±0.19

维生素在稻米中的含量很少,且多集中于谷物的胚芽和糊粉层中,在稻米的加工过程中,都会有不同程度的损失^[10]。文献报道,糙米经过碾白加工再到大米蒸煮过程维生素 B₁ 损失 60% 以上,维生素 B₂ 损失 65% 以上^[11]。维生素 B₁ 是水溶性维生素中对热最敏感的,Killeit 等研究发现在挤压过程中不添加水分时,维生素 B₁ 损失很高,但维生素 B₂ 几乎

不受影响^[12]。图 1、图 2 分别是本实验中原料大米、挤压重组米维生素 B₁ 和维生素 B₂ 分析图谱,维生素 B₁ 出峰时间为 6.378 min,维生素 B₂ 出峰时间为 15.413 min。由表 2 可知,优质粳米维生素 B₁、维生素 B₂ 含量都较原料杂交米要低;本实验在大米粉中添加 5 mg/kg 的维生素 B₁、维生素 B₂ 再进行挤压造粒,得到的原料米粉维生素质量比达到 3.156 mg/kg

及 4.074 mg/kg, 挤压法制得的工程重组米维生素 B₁、维生素 B₂ 保留率为 62.8%、81.0%。

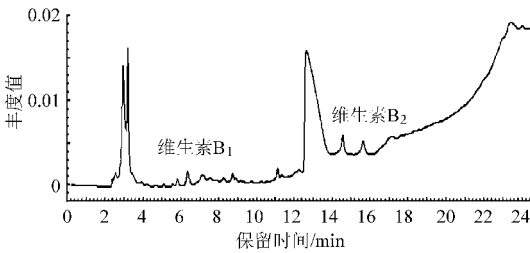


图 1 原料大米维生素 B₁、维生素 B₂ 分析图谱
Fig.1 HPLC photograph of vitamin B₁, vitamin B₂ in raw rice

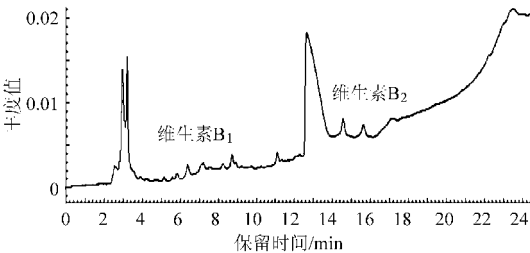


图 2 营养米维生素 B₁、维生素 B₂ 分析图谱
Fig.2 HPLC photograph of vitamin B₁, vitamin B₂ in fortified rice

表 2 不同大米维生素 B₁、维生素 B₂ 的含量
Tab.2 Content of vitamin B₁, vitamin B₂ in different rice

样 品	维生素 B ₁ 质量比	维生素 B ₂ 质量比
	/mg·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹
原料杂交籼米	0.026	0.031
优质粳米	0.017	0.024
营养米	3.156	4.074

注: 营养米原料均为杂交籼米。

2.2 强化营养米理化特性的变化

大米粉经过挤压重组后, 其主要理化特性发生了相应的变化, 见表 3。

从表 3 可以看出, 大米粉经挤压重组后, 粗淀粉质量分数由原来的 72.1% 降到 68.06%, 直链淀粉和支链淀粉含量都有所降低, 这表明挤压重组后直链淀粉与米中的脂类形成了少量的复合物, 而支链淀粉在高温高压的剪切力作用下, 局部分子被切断, 得到了小分子的淀粉或低聚糖^[4,13], 所以挤压后水溶性碳水化合物含量明显增加。大米经过挤压重组

表 3 营养米与原料杂交籼米的主要理化特性

Tab.3 Main physicochemical properties of fortified rice and hybrid rice

样品	粗淀粉质量分数 /%	直链淀粉 质量分数/%	水溶性碳水化合物 质量分数/%	表观密度 /g·cm ⁻³	糊化度/%	蒸煮时间 /min
原料杂交籼米	72.10	24.76	0.58	0.91	8.86	30
营养米	68.06	22.19	2.98	0.80	86.21	15

后, 其表观密度降低, 这表明大米经过挤压重组后, 发生轻微的膨化, 可溶性成分更有利于溶出。经过挤压后, 大米淀粉被 α 化, 因此重组米具有较高的糊化度, 其蒸煮时间比原来大米要缩短近 1/2 的时间。

2.3 强化营养米的质构和感官特性

为了客观地评价挤压重组米蒸煮后的品质, 对蒸煮后优质粳米、原料大米、营养米采用 TA-XT2i 型物性测定仪进行质构分析, 结果见表 4。

表 4 营养米、优质粳米与原料杂交籼米的质构特性
Tab.4 Texture properties of fortified rice, high-grade japonica rice and hybrid rice

样品	硬度 /g	粘着性 /g·s	弹性	粘聚性	咀嚼性 /g
优质粳米	641.18	-140.82	0.64	0.35	146.55
原料杂交籼米	848.81	-41.32	0.61	0.34	157.27
营养米	573.25	-61.21	0.85	0.58	202.38

从总体来看, 复配营养米其硬度接近优质粳米, 且粘着性比原料大米还要高, 弹性、粘聚性、咀嚼性要高于另外两种大米。米饭的粘着性与直链淀粉含

量有关, 优质粳米其直链淀粉质量分数为 9.86%, 远小于原料大米。从口感上来讲, 优质粳米饭香味最浓, 米饭柔软有嚼劲, 米粒有粘性; 原料大米有米饭清香味口感较硬, 米粒不粘; 营养米柔软有嚼劲, 米粒粘性适中, 较优质粳米差, 保持米饭原有清香味。

2.4 强化营养米的外观和微观结构变化

图 3、图 4 分别为原料杂交籼米、重组米外表面与横切面的扫描电镜图。从图中可以看出, 挤压重组后的大米外表面光滑坚硬, 而原料大米其表面显现出不规则的片状, 横切面局部图显示大米淀粉颗粒清晰可见, 呈棱角分明的多面型, 表面平整光滑且无裂纹, 淀粉颗粒间间隙小。而经过挤压蒸煮后, 大米呈微孔状致密均匀的网状结构。由此可见, 挤压技术能够促使淀粉糊化, 形成多孔状, 有利于水分的渗透。

图 5 为蒸煮前后优质粳米、原料大米、营养米的照片 (上侧为蒸煮前, 下侧为蒸煮后), 由大米的外观可以看出, 蒸煮前优质粳米透明度最高, 杂交籼米腹白较多, 而营养米米粒透明, 亮度与天然米粒比较接近, 但是米粒边缘有毛糙; 蒸煮后大米颜色都是白色透亮的, 营养米米粒表面光滑无裂纹, 色泽与天然

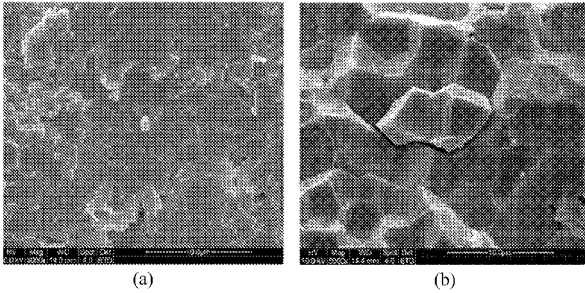


图3 原料杂交粳米扫描电镜图
Fig.3 SEM photograph of hybrid rice
(a) 米粒外表面 (b) 米粒横切面

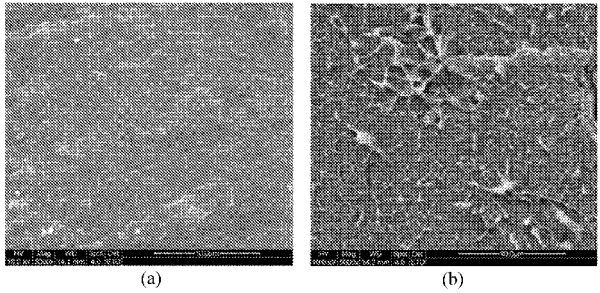


图4 强化营养米扫描电镜图
Fig.4 SEM photograph of fortified rice
(a) 米粒外表面 (b) 米粒横切面

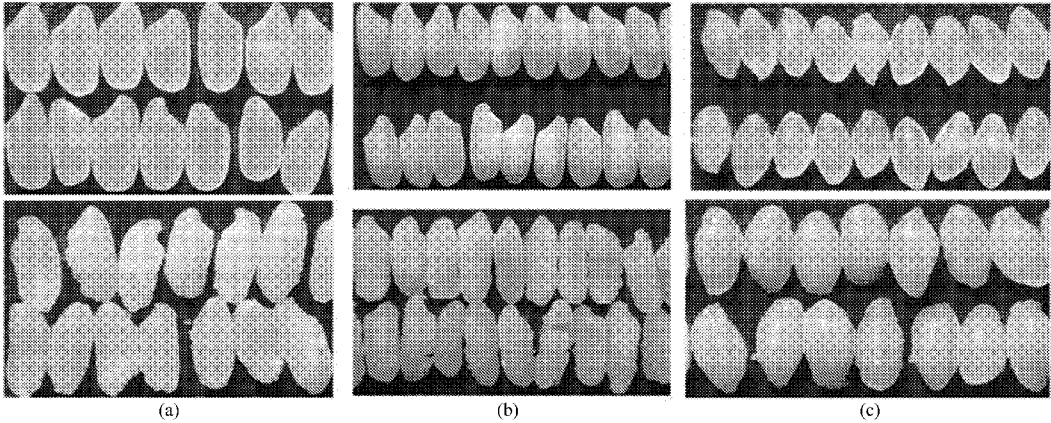


图5 优质粳米、原料大米、营养米蒸煮前后外观
Fig.5 Appearance of non-cooked rice and cooked rice of japonica rice, raw rice and fortified rice
(a) 优质粳米 (b) 原料大米 (c) 营养米

米饭比较接近且米粒完整度最好。

3 结论

(1)在复配大米的基础之上添加 5 mg/kg 的维生素 B₁、维生素 B₂ 再进行挤压造粒,最后得到维生素的质量比达到 3.16 mg/kg 及 4.07 mg/kg,维生素 B₁、维生素 B₂ 挤压保留率为 62.8%、81.0%。

(2)经过挤压重组后的大米其总淀粉、直链淀粉、支链淀粉含量都有所降低,水溶性碳水化合物含量增加。

(3)大米经过重组后米粒内部呈微孔均匀网状结构,表面较光滑完整;其质构特性接近市售优质粳米,外观与天然米粒稍有差异,但是蒸煮后米粒外观完整,类似天然米粒。

参 考 文 献

1 吕艳燕. 稻谷精加工及营养强化[J]. 中国稻米, 2004(2):37~39.
Lü Yanyan. Rice fine processing and nutrition fortification [J]. China Rice, 2004(2):37~39. (in Chinese)

2 李天真. 强化工艺条件对锌强化营养米蒸煮食味品质的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7):222~225.
Li Tianzhen. Effects of technological parameters of Zn enrichment on eating-and-cooking quality of rice [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(7):222~225. (in Chinese)

3 朱永义. 大米强化技术与基本原则[J]. 粮食加工与饲料工业,2006(6):4~8.
Zhu Yongyi. Basic principle for the technology of fortified rice [J]. Cereal and Feed Industry, 2006(6):4~8.

4 安红周. 挤压法制备复合营养方便米的研究[D]. 无锡:江南大学,2005.
An Hongzhou. Manufacture of formula instant rice using extrusion technology [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2005. (in Chinese)

5 Zhuang Haining, An Hongzhou, Chen Hanqing, et al. Effect of extrusion parameters on physicochemical properties of hybrid indica rice (Type 9718) extrudates[J]. Journal of Food Processing and Preservation,2010,34(6):1 080~1 102.

6 Bryant R J, Kadan R S, Elaine T C, et al. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour[J]. Cereal Chemistry, 2001,78(2):131~137.

- natural grassland [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(6):997~1 002. (in Chinese)
- 17 朱蕾,徐俊峰,黄敬峰,等. 作物植被覆盖度的高光谱遥感估算模型[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(8):1 827~1 831.
Zhu Lei, Xu Junfeng, Huang Jingfeng, et al. Study on hyperspectral estimation model of crop vegetation cover percentage [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28(8):1 827~1 831. (in Chinese)
- 18 陈军,王洪仁. 基于高光谱红边参数的棉花冠层覆盖度提取研究[J]. 安徽农学通报,2009,15(9):124~126.
Chen Jun, Wang Hongren. Study on extracting cotton canopy cover with hyperspectral red-edge parameters [J]. Anhui Agri. Sci. Bull, 2009, 15(9):124~126. (in Chinese)
- 19 王静,郭妮,王小平,等. 半湿润雨养农业区油菜冠层反射光谱与覆盖度的相关分析[J]. 干旱地区农业研究,2007, 25(4):230~234.
Wang Jing, Guo Ni, Wang Xiaoping, et al. Correlation analysis of canopy reflectance and coverage of rape in semi-wet rain fed agriculture area [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(4): 230~234. (in Chinese)
- 20 李树强,李民赞,李修华,等. 冬小麦生育早期冠层叶片光谱的特征与应用[J]. 农业机械学报,2012,43(2):165~169.
Li Shuqiang, Li Minzan, Li Xiuhua, et al. Analysis and application of spectral characteristic of winter wheat in early growth periods[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(2):165~169. (in Chinese)
- ~~~~~

(上接第 148 页)

- 7 蒋德云,王海燕,楼超英,等. 用高效液相色谱测定食物中维生素 B₁、B₂ 含量[J]. 分析测试通报, 1989, 8(5):26~30.
Jiang Deyun, Wang Haiyan, Lou Chaoying, et al. Determination of vitamin B₁ and B₂ content in natural food by high performance liquid chromatography [J]. Journal of Instrumental Analysis, 1989, 8(5): 26~30. (in Chinese)
- 8 无锡轻工业学院, 天津轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1985: 189~192.
- 9 Rolfe J Bryant, Ranjit S Kadan, Elaine T Champagne, et al. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour [J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(2):131~137.
- 10 安红周,金征宇,赵晓文. 新型方便米食用品质的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(4): 145~149.
An Hongzhou, Jin Zhengyu, Zhao Xiaowen. Study on the edible quality of new type instant rice [J]. Food Science, 2005, 26(4):145~149. (in Chinese)
- 11 朱永义. 谷物加工工艺及设备[M]. 北京:科学出版社,2005.
- 12 陆勤丰. 大米营养强化工艺研究[J]. 粮食加工, 2007, 32(6):40~43.
Lu Qinfeng. The study of rice nutrition enriching technologys[J]. Grain Processing, 2007, 32(6): 40~43. (in Chinese)
- 13 王亮,周惠明,钱海峰. 早餐谷物研究进展Ⅲ. 挤压过程中原料成分变化[J]. 粮食与油脂, 2005(8): 11~15.
Wang Liang, Zhou Huiming, Qian Haifeng. Progress study on breakfast cereals Ⅲ. changes in ingredients of materials during extrusion [J]. Cereals & Oils, 2005(8):11~15. (in Chinese)
- 14 郑广钊,肖志刚,孙树坤,等. 挤压加工参数对重组米崩解值的影响[J]. 农业机械学报,2012,43(2):121~127.
Zheng Guangzhao, Xiao Zhigang, Sun Shukun, et al. Effect of extrusion processing parameters on breakdown value of restructuring rice [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(2):121~127. (in Chinese)