

# 挤压营养强化米的贮藏稳定性研究

陈厚荣<sup>1,2</sup>, 阚建全<sup>1,2</sup>, 刘甲<sup>1</sup>, 李学琼<sup>3</sup>

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716;

3.重庆市农产品质量安全中心, 重庆 400020)

**摘要:** 研究挤压营养强化米的营养成分的贮藏稳定性。以实验室自制的挤压营养强化米为原料, 研究其在不同的包装方式及不同的贮藏环境下各营养成分的变化情况。结果表明: 不同的包装方式和不同的贮藏环境对挤压营养强化米的营养成分均有不同程度的影响, 4℃、罐装贮藏条件是挤压营养强化米的最佳贮藏条件, 在此条件下将挤压营养强化米贮藏 180d, 其 VC 和 VD<sub>3</sub> 的保存率可达 80% 以上, VB 的保存率可达 95% 以上, 酸价在 1.0mg/g 以下, 水分含量在 8% 以下。

**关键词:** 挤压营养强化米; 营养成分; 贮藏环境; 贮藏稳定性

## Storage Stability of Vitamin-fortified Extruded Rice Grains

CHEN Hou-rong<sup>1,2</sup>, KAN Jian-quan<sup>1,2</sup>, LIU Jia<sup>1</sup>, LI Xue-qiong<sup>3</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Research Center of Engineering Technique for Special Food Study, Chongqing 400716, China;

3. Agricultural Product Quality Safety Center in Chongqing, Chongqing 400020, China)

**Abstract:** Vitamin-fortified extruded rice grains were packed in different packages and stored in different storage conditions, and the changes of vitamins, moisture content and acid value during storage were determined. Results showed that packages and storage conditions had effects on the changes of above indices in the rice during storage. The optimal storage conditions are that the vitamin-fortified extruded rice grains are stored at 4 °C in tinplate can. More than 80% of VC and VD<sub>3</sub>, 95% of VB in the rice remained after stored under the optimal conditions for 180 d, with the acid value below 1.0 mg/g and the water contents below 8%.

**Key words:** vitamin-fortified extruded rice grain; nutrients; storage conditions; storage stability

中图分类号: TS210.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)10-0283-05

稻米是地球上最主要的粮食作物之一, 世界上有一半以上的人口以大米为主食, 人类的食物热量有 23% 来自稻米<sup>[1-2]</sup>。2002 年全球大米的消费量达到 4.059 亿吨<sup>[1]</sup>。仅在亚洲, 就有 20 亿人从大米及大米产品中摄取 60%~70% 的热量和 20% 的蛋白质<sup>[3]</sup>。但是, 作为人们主食的大米在加工及淘洗、蒸煮过程中将会损失大部分营养成分, 特别是 B 族维生素。如果长期食用这种营养素缺失的大米, 将会出现有关的各种慢性疾病的发生<sup>[4]</sup>。因此, 作为人们主食的大米, 对其进行营养强化显得非常必要。作为挤压营养强化米的生产工艺前人已做过较多研究<sup>[5-24]</sup>, 但是对于其营养成分在贮藏过程中的稳定性研究还未见报道。实际上, 营养强化米的营养成分在贮藏过程中的稳定性不仅对产品的营养价值有较大影

响, 而且对该产品的原始强化营养素配方、加工工艺参数等均有一定的制约。为研究挤压营养强化米的营养成分在不同贮藏环境下其主要营养成分的变化情况, 以自制的挤压营养强化米为原料, 采用不同的包装方式及环境条件, 通过高效液相色谱法, 得出各营养成分的变化规律, 为实际生产提供可靠的基础数据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

挤压营养强化米(各原料组成为大米粉 30%、玉米粉(黄)64.0%、糯米粉 0.5%、小麦粉 2.0%、燕麦粉 0.5%、高粱粉 1.0%、黄豆粉 2.0%) 自制; 大米粉、糯米粉、黄豆粉、高粱粉 四川金惠实业有限公司;

收稿日期: 2010-08-28

基金项目: 西南大学博士基金项目(swu110012); 西南大学发展基金项目(swuf2007022)

作者简介: 陈厚荣(1968—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品科学理论与技术。E-mail: chourong@swu.edu.cn

玉米(黄)粉 河北平山县精武杂粮加工厂; 燕麦粉、小麦粉 市售; 强化维生素 天津一方科技有限公司。

维生素标准品 天津一方科技有限公司; 乙腈(色谱纯) 美国 Dima 公司; 正己烷(色谱纯) 美国 Tedia 公司; 其余试剂为均国产分析纯。

## 1.2 仪器与设备

BF-I 型拌粉机、SX2000-75 型蒸煮挤压机 济南赛信膨化机械有限公司; JA2004 型电子天平 上海精科天平仪器厂; 低速台式离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; 循环水式真空泵 上海楚柏实验室设备有限公司; DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司; LC-20 高效液相色谱仪 日本岛津公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 挤压营养强化米生产制备工艺流程

原料粉碎→(加水及营养素等)混料→喂料→蒸煮挤压→成型→风选→分级→干燥→挤压营养强化米

### 1.3.2 贮藏实验

#### 1.3.2.1 室内环境贮藏实验

将实验样品通过普通袋装、真空袋(PET/NY/CPE)真空包装(真空度 0.08MPa)和马口铁罐罐装后在温度 4℃、室温、37℃ 避光贮藏 6 个月, 每隔 1 个月测定其维生素含量(VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VC、VD<sub>3</sub>)、水分含量、脂肪酸值, 考察其变化趋势。

#### 1.3.2.2 夏季室外曝晒实验

将实验样品通过普通袋装、真空袋(PET/NY/CPE)真空包装(真空度 0.08MPa)和马口铁罐罐装后, 在夏季(7、8 月份)室外连续曝晒 2 个月, 测定其维生素含量(VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VC、VD<sub>3</sub>)、水分含量、脂肪酸值, 考察其变化趋势。

## 1.3.3 分析测定

### 1.3.3.1 维生素的测定<sup>[25-29]</sup>

采用高效液相色谱分析法

#### 1) 样品前处理

VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VC 的测定: 准确称取已粉碎样品 4g(精确到 0.001g), 加入 0.01mol/L HCl 定容至 50mL, 超声波浴 10min(25~30℃), 再混匀后离心(4000r/min), 取上清液经 0.3μm 微孔滤膜过滤后进样分析; VD<sub>3</sub>: 称取样品约 10g(精确到 0.001g), 加入 60% 乙醇溶液 10mL、正己烷 10mL, 超声波浴 4min(25~30℃), 4000r/min 离心 10min, 弃去上清液, 于 40~50℃ 水浴中旋转蒸发, 精密加入流动相 2mL, 滤过, 滤液作为样品溶液。

#### 2) 液相色谱测定条件

VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VC 的测定: 采用线性梯度洗脱。色谱柱: Agilent HC-C<sub>18</sub>(4.6250mm); 流动相 A、B 从进样时的 A:B=90:10 线性变化为 20min 时的 A:B=50:

50; 然后, 流动相变为纯甲醇, 至 30min 时, 再还原为 A:B=90:10; 流速 1mL/min; 检测波长: 254nm; 柱温: 室温。

VD<sub>3</sub>: 流动相为甲醇-乙腈(9:1), 检测波长 265nm、柱温 35℃, 进样量 50μL, 流速 1mL/min。

维生素标准品和样品典型色谱图见图 1、2。

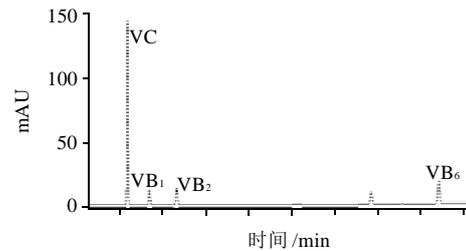


图 1 VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VC 标准品色谱图

Fig.1 HPLC profiles of the VB<sub>1</sub>, VB<sub>2</sub>, VB<sub>6</sub> and VC standard

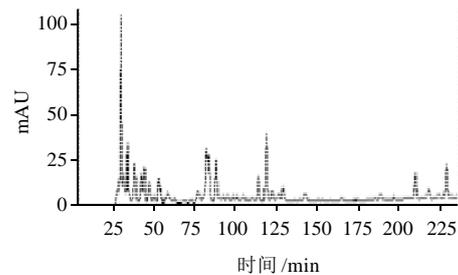


图 2 挤压营养强化米样品典型色谱图

Fig.2 Typical HPLC spectrum of vitamin-fortified extruded rice grain

### 1.3.3.2 水分的测定

参考 GB/T 21305 — 2007 《谷物及谷物制品水分的测定常规法》。

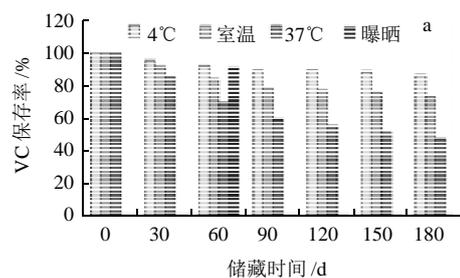
### 1.3.3.3 酸价的测定

参考 GB/T 5530 — 2005 《动植物油脂: 酸值和酸度测定》。

## 2 结果与分析

### 2.1 维生素的贮藏稳定性

#### 2.1.1 VC 的贮藏稳定性



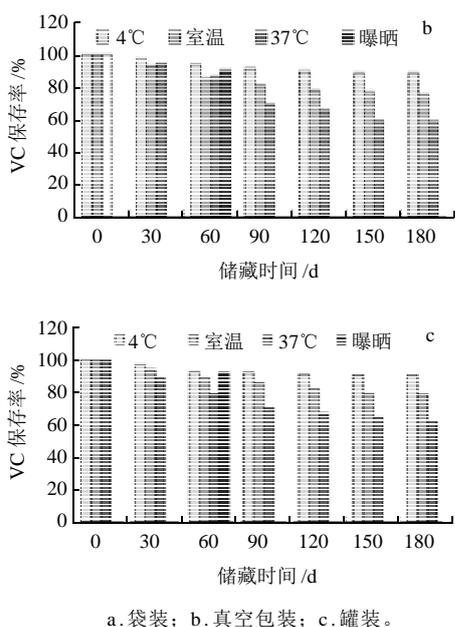


图3 不同贮藏条件下挤压营养强化米VC的保存率  
Fig.3 Residual ratio of vitamin C in vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/nylon/cPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperature

由图3可见,随贮藏温度的升高、贮藏时间的延长,VC的损失越大,低温有利于VC的保存;包装方式对VC保存率在4℃影响不大,在室温和37℃时,罐装大于真空包装。将各条件下的VC保存率与曝晒条件进行比较,发现4℃的保存率大于曝晒条件,室温时和37℃时小于曝晒条件下的保存率,可能是因为夏季晚上放置样品室内温度高于室外温度的缘故。在各种包装方式下,4℃条件VC的保存率均可达到80%以上。

2.1.2 VD<sub>3</sub>的贮藏稳定性

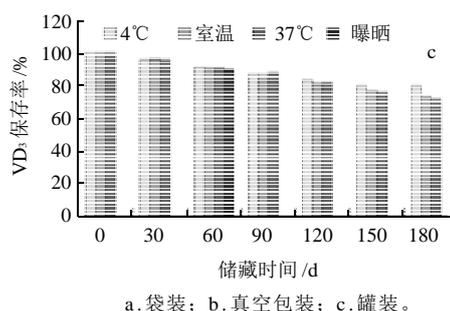
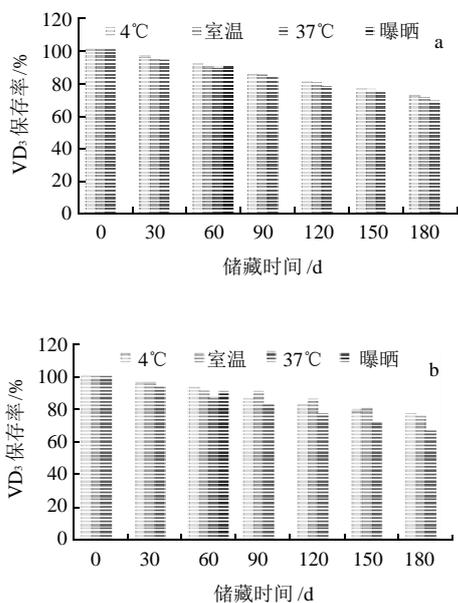


图4 不同贮藏条件下挤压营养强化米VD<sub>3</sub>的保存率  
Fig.4 Residual ratio of vitamin D<sub>3</sub> in vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/nylon/cPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperatures

由图4可见,随贮藏温度的升高、贮藏时间的延长,VD<sub>3</sub>总体呈明显下降趋势,低温有利于VD<sub>3</sub>的保存;包装方式对VD<sub>3</sub>的保存率在4℃和室温时以罐装较好,37℃时差别不大。4℃时VD<sub>3</sub>保存率均大于曝晒条件,而在真空包装时37℃条件下小于曝晒条件。由图4可见,罐装条件下,4℃时VD<sub>3</sub>保存率可达80%。

2.1.3 B族维生素的贮藏稳定性

2.1.3.1 VB<sub>1</sub>的贮藏稳定性

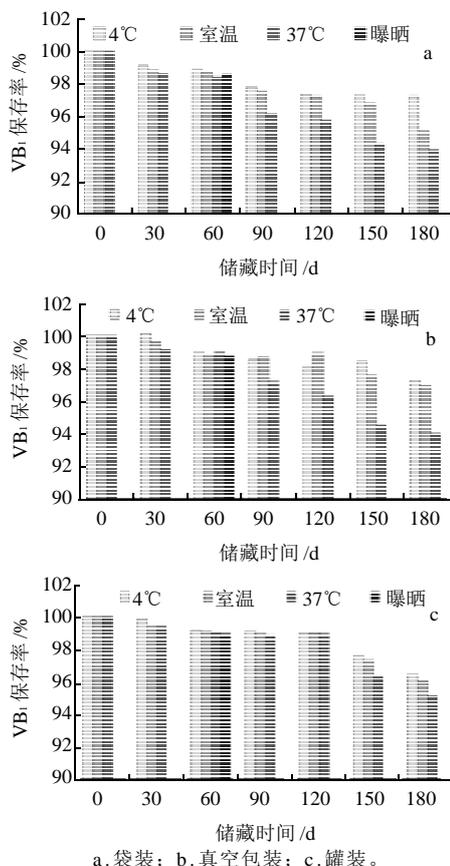


图5 不同贮藏条件下挤压营养强化米VB<sub>1</sub>的保存率  
Fig.5 Residual ratio of vitamin B<sub>1</sub> in vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/nylon/cPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperature

由图5可见,随贮藏温度的升高、贮藏时间的延长,VB<sub>1</sub>总体呈下降趋势,低温有利于VB<sub>1</sub>的保存;包装方式对VB<sub>1</sub>的保存率有一定影响,在4℃和室温时以罐装较好,37℃时以真空为好。与曝晒条件下的保存率比较,发现4℃时VB<sub>1</sub>的保存率均比曝晒条件为高。袋装时室温条件接近于曝晒条件,37℃时小于曝晒时的保存率。总体情况是VB<sub>1</sub>的保存率均较高,均达到94%以上,4℃时可达96%以上,可见VB<sub>1</sub>在贮藏过程中损失较小。

### 2.1.3.2 VB<sub>2</sub>的贮藏稳定性

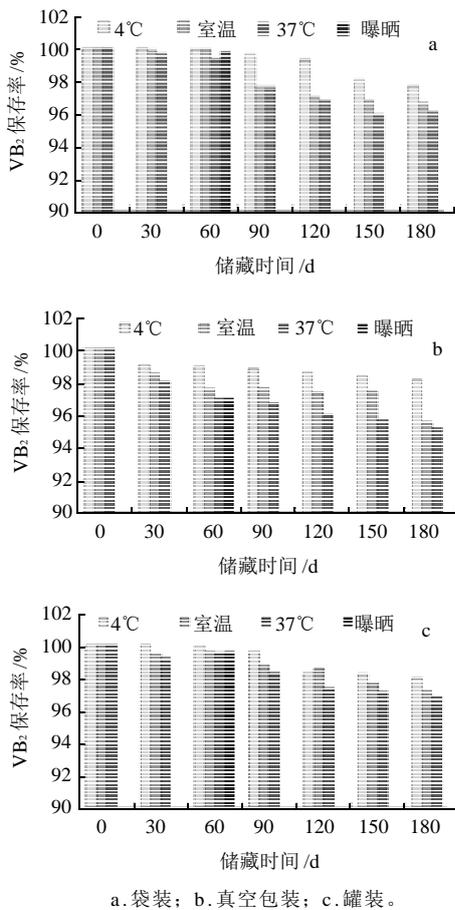


图6 不同贮藏条件下挤压营养强化米VB<sub>2</sub>的保存率  
Fig.6 Residual ratio of vitamin B<sub>2</sub> in vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/NY/CPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperature

由图6可见,随贮藏温度的升高、贮藏时间的延长,VB<sub>2</sub>总体呈下降趋势,低温有利于VB<sub>2</sub>的保存;包装方式对VB<sub>2</sub>的影响情况是4℃时罐装和真空保存率大于袋装,37℃时,以罐装为好。将60d时的保存率与曝晒条件下的保存率比较,发现4℃低温时VB<sub>2</sub>保存率均高于均高于曝晒条件,室温和37℃均低于曝晒条件,而在罐装时较为接近。但VB<sub>2</sub>得保存率均在95%以上,可见VB<sub>2</sub>相对稳定。

### 2.1.3.3 VB<sub>6</sub>的贮藏稳定性

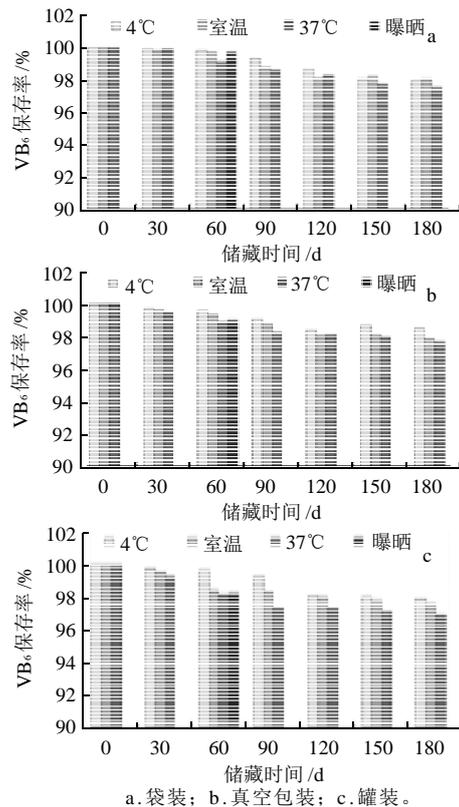
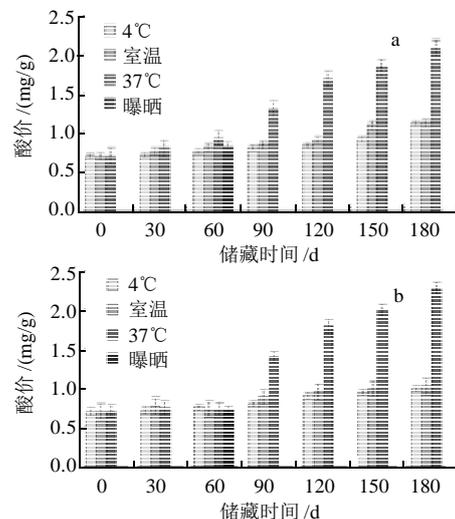


图7 不同贮藏条件下挤压营养强化米VB<sub>6</sub>的保存率  
Fig.7 Residual ratio of vitamin B<sub>6</sub> in vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/NY/CPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperature

由图7可见,随贮藏温度的升高、贮藏时间的延长,VB<sub>6</sub>总体呈下降趋势(在真空包装4℃贮藏条件下在第150天时出现VB<sub>6</sub>保存率增加的情况,这可能是测量误差造成的),低温有利于VB<sub>6</sub>的保存;包装方式对VB<sub>6</sub>保存率的影响不尽相同,在4℃时真空略好,室温时,以罐装较好。包装对VB<sub>6</sub>的影响不大,VB<sub>6</sub>的保存率总体较高,均达到97%以上。曝晒条件的保存率接近于室温贮藏条件,在罐装时明显高于37℃时的保存率。

### 2.2 酸价的变化



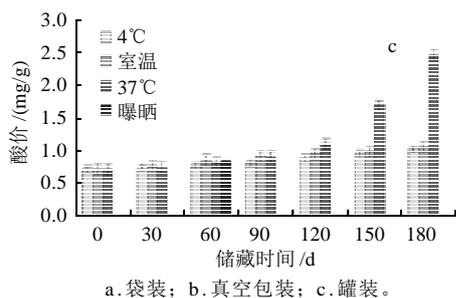


图8 不同贮藏条件下挤压营养强化米酸价的变化

Fig.8 Acid value of vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/nylon/CPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperatures

由图8可以看出,随贮藏时间的延长,酸价呈上升的趋势。温度对酸价的影响情况随温度的变化不尽相同:在4℃和室温时,酸价虽有上升,但上升幅度不大,曲线接近;37℃时,酸价在贮藏60d时,袋装和真空包装时开始以较快的速度增加,罐装时在150d以较快速度增加,可见低温有利于防止脂肪的氧化。包装方式在低温(4℃和室温)时影响不大,37℃时略有影响,酸价以罐装略高(具体原因有待进一步研究)。与曝晒条件下相比,37℃袋装酸价大于曝晒条件,其他条件接近。

2.3 水分的变化

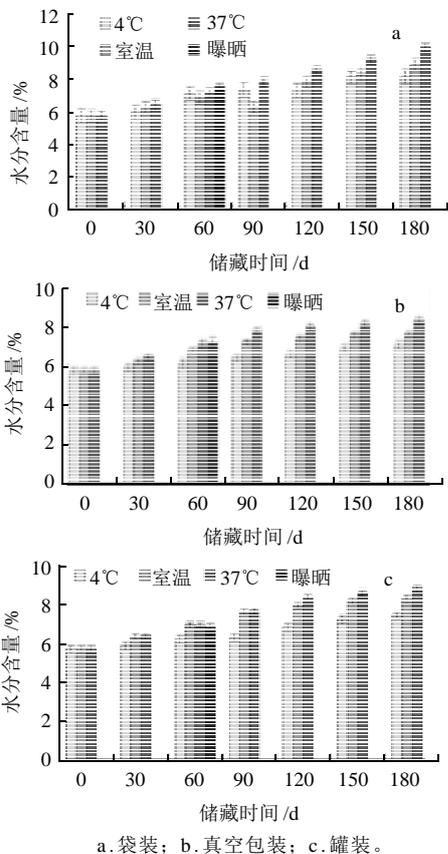


图9 不同贮藏条件下挤压营养强化米水分的变化

Fig.9 Moisture content of vitamin-fortified extruded rice grain packed in common bag (a), PET/nylon/CPE bag with vacuum package, and tinplate can (c) and stored at different temperatures

由图9可以看出,随贮藏时间的延长,水分含量呈上升的趋势。温度越高,上升的越快,具体原因可能是因为密封不严,重庆地区高湿环境导致。在图9a中室温下水分在第90d时出现下降的情况,可能是测量上的误差造成的。在3种包装方式中,袋装的水分上升较快,接近10%。与曝晒条件比较,袋装时水分均小于曝晒条件,其他条件接近。

3 结论

包装方式和贮藏环境条件对挤压营养强化米的营养成分均有不同程度的影响。4℃、罐装贮藏条件是挤压营养强化米的最佳贮藏条件,在此条件下将挤压营养强化米贮藏180d,其VC和VD<sub>3</sub>的保存率可达80%以上,VB的保存率可达95%以上,酸价在1.0mg/g以下,水分含量在8%以下。

参考文献:

- [1] 姚惠源. 稻谷深加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 5.
- [2] 周显青. 稻谷精深加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 3.
- [3] 程式华, 李建. 现代中国水稻[M]. 北京: 金盾出版社, 2007: 1.
- [4] 迟明梅, 方伟森. 浅谈营养米与功能米[J]. 粮食加工, 2005(5): 26-32.
- [5] 程北根. 挤压营养强化米生产工艺简介[J]. 食品工业科技, 2005(10): 140-141.
- [6] 陈厚荣, 阙建全, 张甫生, 等. 营养米的研究现状与前景[J]. 食品工业科技, 2008(11): 272-275.
- [7] 《食品科技》编辑部. 人造米[J]. 食品科技, 1982(2): 18.
- [8] 《食品科技》编辑部. 人造米[J]. 食品科技, 1983(1): 20.
- [9] 金增辉. 人造米及其加工工艺[J]. 粮食与饲料工业, 1993(6): 5-7.
- [10] 周定福, 陈春玲. 人造米生产技术[J]. 食品科技, 1993(5): 25-26.
- [11] 肖康. 人造米的加工制作[J]. 农村天地, 1995(7): 34.
- [12] 熊善柏, 赵思明, 孙自轮, 等. 人造米加工工艺的研究[J]. 粮食与油脂, 1995(4): 8-12.
- [13] 赵思明, 熊善柏. 人造米热风干燥数学模型的建立及其应用[J]. 农业工程学报, 1997, 13(1): 211-215.
- [14] 赵思明, 董汉萍. 人造米复水过程水分传递特性的研究[J]. 粮食与饲料工业, 1998(9): 43-45.
- [15] 赵思明, 熊善柏. 造米干燥过程内部水分传递特性的研究[J]. 食品科学, 1998, 19(2): 7-10.
- [16] 赵思明, 熊善柏. 人造米干燥动力学及其仿真研究[J]. 华中农业大学学报, 1998, 17(6): 578-583.
- [17] 熊善柏, 赵思明. 人造米高温高湿干燥研究[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 31-33.
- [18] 林道. 用玉米粉生产人造米[J]. 农村实用科技信息, 1998(9): 21.
- [19] KATSUYA. Process for producing enriched artificial rice: US, 3620762 [P]. 1971-11-16.
- [20] HARROW A D. Reformed Rice product: US, 4325976[P]. 1982-04-20.
- [21] GALLE E L. Process of manufacturing a starch-base food product: US, 4446163[P]. 1984-05-01.
- [22] WENGER M L. Low shear extrusion process for manufacture of quick cooking rice: US, 4769251[P]. 1988-09-06.
- [23] KURACHI. Process of making enriched artificial rice: US, 5403606[P]. 1995-04-04
- [24] LEE E, WISSGOU U. Instant soakable rice: US, 20010006696[P]. 2001-07-05
- [25] 王彬彬, 姜静, 隋馨, 等. 复合维生素B片中维生素B6含量的测定[J]. 中国药师, 2008, 11(2): 239-240.
- [26] 曾俊芬, 宋金春. HPLC法测定复合维生素注射液(13种)中4种脂溶性维生素的含量[J]. 中国药师, 2008, 11(2): 417-419.
- [27] 刘红菊, 闫冲, 蒋晔, 等. RP-HPLC同时测定复合维生素注射液中3种维生素的含量[J]. 华西药理学杂志, 2007, 22(3): 318-319.
- [28] 李克, 王华娟, 潘朝晖, 等. 离子对反相高效液相色谱法同时测定复合维生素片中4种水溶性维生素[J]. 色谱, 2003, 21(1): 66-68.
- [29] 杨冰, 林涛. IP-HPLC法测定复合维生素B片中五种维生素的含量[J]. 福建医药杂志, 2001, 23(5): 148-150.