

大米真空保鲜包装技术及动力学模型实验研究

巩雪, 常江

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

摘要: 大米保鲜包装技术的关键是如何控制和调节包装内氧气和二氧化碳的体积分数, 包装材料气透率是影响包装内气体体积分数的主要因素。综合大米呼吸和薄膜透气 2 个相互交叉的动态过程, 提出了一种新的大米包装薄膜透气率的计算方法。在大米真空保鲜包装试验中, 测试了不同真空度以及不同保鲜时间下大米的含水量、脂肪酸含量、还原糖含量、黏度等指标。结果表明, 大米的保鲜期至少在 180 d 以上。

关键词: 大米; 真空; 保鲜; 包装; 透气率

中图分类号: TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)01-0026-03

Experimental Research on Rice Vacuum Keeping-fresh Packaging Technology and Its Dynamical Model

GONG Xue, CHANG Jiang

(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

Abstract: The key of rice keeping-fresh packaging technology is to control and adjust oxygen and carbon dioxide concentration in the packaging. The gas permeability of packaging material is the main factor to adjust gas concentration within the packaging. A new method of calculating dynamic permeability of packaging material was put forward by integrating cross-cutting dynamic processes of rice respiration and film permeability. The water contents, fatty acid, reducing sugar and viscosity of rice under different vacuum degree and fresh-keeping time were tested in the experiment. The result showed that shelf life of rice is more than 180 days.

Key words: rice; vacuum; keeping-fresh; packaging; gas permeability

大米是比较难保存的农作物之一, 经过加工的大米由于失去了颖(外壳)的保护, 颖果中的营养成分直接与空气和外部存储环境相接触, 而大米对于环境的相对湿度、环境温度以及外部环境的气体组分比较敏感, 直接接触之后会导致大米的细菌含量增加, 营养成分的分解代谢速度加快, 增加大米的吸湿性等, 这些变化都会导致大米的陈化、发热、霉变、病虫害、食用品质劣变等, 使大米的营养价值及食用品质下降。尤其是在夏季, 由于外部环境的温度和相对湿度比较高, 在这种条件下对大米进行储存, 会使大米的陈化速度加快、霉变反应加强, 从而导致大米的脂肪酸含量增加, 使大米失去本身的香气, 改变大米的气味; 同时大米的黏度下降, 影响大米的感官品质和食用品质^[1-2]。陈化后的大米还可能生成黄曲霉, 黄曲霉是

一种腐生真菌, 属于 I 类致癌物质, 是一种毒性极强的剧毒物质, 对人类及动物的肝脏组织有极大的破坏, 甚至会引起肝癌, 它的毒性比氰化钾大 10 倍, 比三氧化二砷大 68 倍^[3]。进行大米真空保鲜包装技术的目的就在于, 利用真空保鲜包装技术破坏大米中的微生物、病虫害的生长环境, 降低大米在流通和食用过程中的陈化速率。从引起大米陈化的机理着手, 进行大米真空保鲜包装实验研究, 对大米进行真空保鲜包装后, 在适当的温湿度条件下进行储存, 每隔一段时间对影响大米品质的因素进行测定, 选择合适的真空度及包装材料, 为延缓大米在储藏、流通过程中品质的劣变提供一定的理论依据, 破坏大米上附着的微生物等有害物质的生长环境, 延长大米的存储期^[4]。

收稿日期: 2012-06-14

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12521139); 哈尔滨市科技创新人才专项资金项目(2009RFQXN219)

作者简介: 巩雪(1981-), 女, 硕士, 哈尔滨商业大学讲师, 主要研究方向为包装技术与方法。

1 大米气调保鲜包装模型建立

1.1 大米保鲜包装薄膜渗透机理

根据热力学原理,气体通过保鲜包装薄膜的渗透属于单分子的扩散过程,空气的温度、环境中气体压力差及在包装材料中的溶解度决定了气体渗透的速度。某气体在单位时间内通过包装材料的渗透速率与薄膜的厚度成反比,与薄膜的面积和薄膜两侧气体压力差成正比^[5],因此,保鲜包装薄膜的密度越高,结晶度越大,气体阻隔性越好。

1.2 大米气调保鲜包装中的气体交换动力学模型

被包装产品、包装内环境及外环境组成了大米保鲜包装系统。在整个系统中,相邻的2个组成部分之间会直接产生热量、水分、有机气体和无机气体(O₂, N₂, CO₂)等物质的交换,内、外包装环境通过保鲜包装材料阻隔开来,而大米的储藏过程实际上是一个动态的气体交换系统过程^[6]。在储藏过程中,气体体积分数的变化主要由两方面的变化引起:首先是大米本身的呼吸作用,大米主要进行有氧呼吸,在这个过程中会消耗掉氧气,同时产生 CO₂ 气体和热量;另外,由于包装薄膜的渗透性,会使包装内外的气体产生交换,从而引起气体成分的变化^[7]。根据费克第一定律,包装中 CO₂, O₂ 的体积分数变化可表示为:

$$\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{P_{O_2}A([O_2]_e - [O_2])}{Vd} - \frac{R_{O_2}W}{V} \quad (1)$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = \frac{P_{CO_2}A([CO_2] - [CO_2]_e)}{Vd} - \frac{R_{CO_2}W}{V} \quad (2)$$

当通过包装材料进入到包装内部的 O₂ 全被呼吸过程消耗掉,由于呼吸作用产生的 CO₂ 气体全部扩散到包装薄膜外部时,系统达到动态平衡,此时包装内部可表示为:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \frac{dC_{CO_2}}{dt} = \frac{dC_{N_2}}{dt} = 0 \quad (3)$$

2 大米保鲜实验及模型验证

2.1 气体体积分数测定及模型

以充入 100% CO₂ 的大米保鲜包装方式为例,利用包装材料透气性检测仪测定,实验所使用的 PA/PE 保鲜包装薄膜的透气系数为: P_{O₂} = 5.62 × 10⁻¹¹ m³ · m / (m³ · 101.325 kPa), P_{CO₂} = 31.78 × 10⁻¹¹ m³ · m /

(m³ · 101.325 kPa), 由于 N₂ 通过包装材料的透过率相对于 O₂ 和 CO₂ 要小很多,故将其忽略不计。另外,实验所需大米每个包装质量为 0.1 kg,薄膜厚度为 0.003 cm,将上述各数值代入大米气调保鲜包装模型公式(1)和(2),计算出包装袋内 CO₂ 和 O₂ 体积分数的变化值。经过一段时间的储存,包装袋内 CO₂ 和 O₂ 体积分数的实际值与计算值对比见图 1 和 2^[5]。

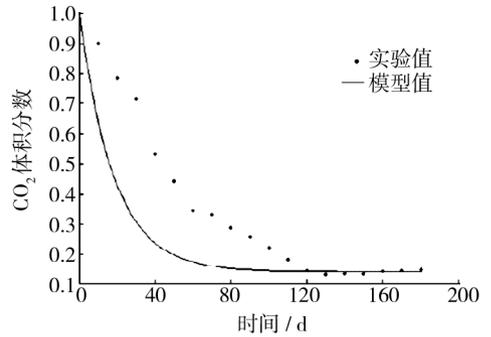


图1 包装袋内 CO₂ 体积分数的变化

Fig. 1 Change of CO₂ volume fraction in package

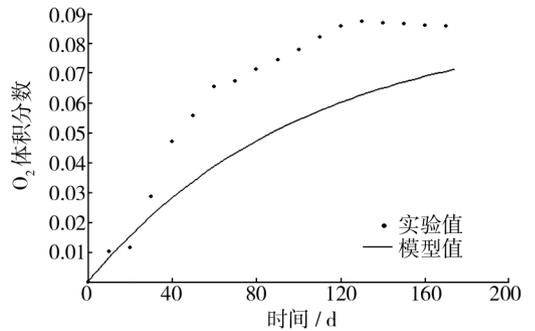


图2 包装袋内 O₂ 体积分数的变化

Fig. 2 Change of O₂ volume fraction in package

由图 1 和 2 可见,随着储存时间的延长,包装中 CO₂ 气体体积分数不断减小,氧气体积分数不断增大,当气体的体积分数达到一定数值后就不再发生变化。另外,在储存过程中,包装袋内通过实验测得的氧气、二氧化碳气体体积分数变化趋势与通过模型计算的数值的变化趋势基本吻合,说明此模型可以很好地反映大米保鲜包装内部气体的动态变化。

2.2 大米保鲜包装实验

包装时,利用 DZQ400/2SA 多功能真空充气包装机对 PA/PE 包装袋进行抽真空,设定真空度分别为 -0.05, -0.06, -0.07, -0.08, -0.09 MPa。在常温下放置,每 30 d 进行一次主要成分测定实验,经过 180 d

储存后对大米的水含量、脂肪酸含量、还原糖含量及

黏度进行对比,见图3。

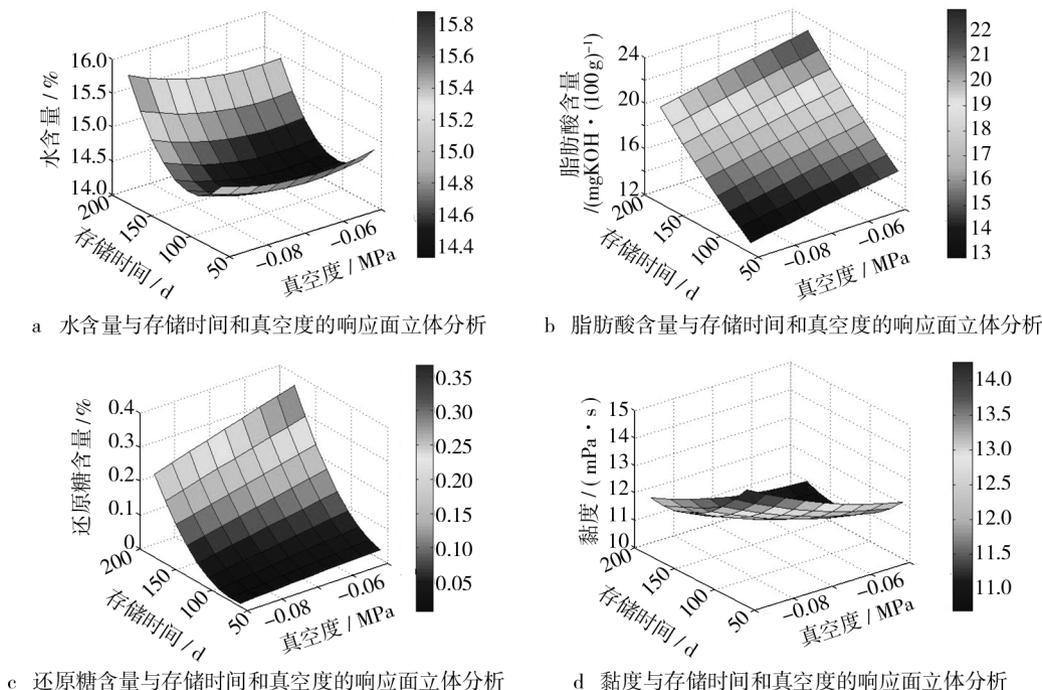


图3 存储时间和真空度对大米品质影响的响应面立体分析

Fig. 3 Response surface 3D analysis on influence of storage time and vacuum degree on rice quality

由图3可以看出,随着真空度的增加,大米的水含量和脂肪酸含量变化速率都呈现出了减缓的趋势,当存储时间达到180 d时,真空度为-0.09 MPa的大米保鲜包装中的大米水含量为15% (质量分数,后同)以上;脂肪酸仅增加了12.75 mgKOH/(100g);还原糖含量为0.22%;黏度仅比大米的初始黏度降低了3%。可知,高真空度可以很好地延缓大米的陈化,达到较好的保鲜效果。

3 结论

大米气调保鲜包装技术的关键在于包装内部气体成分及比例的确定,通过理想的气体比例达到抑制大米呼吸作用的目的,从而延长大米的存储期。找到了薄膜的气体透过量与透气时间关系,并针对大米的呼吸作用和薄膜的透气性2个环节建立了包装内部气体体积分数变化方程。在常温下,应用真空保鲜包装技术,对大米进行了气调保鲜包装中气体体积分数的测定,并进行了真空保鲜包装实验。实验结果表明,包装内部气体体积分数变化方程能够较好地反映包装内部的气体体积分数的动态变化,通过真空保鲜包装的大米,其保鲜期至少为半年以上。

参考文献:

- [1] 徐雪萌,王卫荣,刘国锋. 结合流通环境对大米真空包装技术的研究[J]. 包装工程,2005,26(2):85-87.
XU Xue-meng, WANG Wei-rong, LIU Guo-feng, et al. Combined with the Flow of Environmental Vacuum Packaging Technology for Rice Research[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 85-87.
- [2] 王颖,张蕾. 不同包装方式对大米保鲜效果影响的研究[J]. 包装工程,2006,27(10):150-152.
WANG Ying, ZHANG Lei. Research on Effect on the Impact of Different Fresh-keeping Packaging Way of Rice [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(10): 150-152.
- [3] 肖胜祥,龙仲安. 陈化粮成因及解决方法[J]. 粮食科技与经济,2002(1):53.
XIAO Sheng-xiang, LONG Zhong-an. Causes and Solutions of Stale Rice [J]. Food Technology and Economic, 2002 (1): 53.
- [4] 万鹏. 大米陈化度快速检测系统的研究与开发[D]. 长春:吉林大学,2006.
WAN Peng. Research and Development of Rapid Detection System of Rice Aging [D]. Changchun: Jilin University, 2006.

的位移与双酚 A 型环氧树脂或环氧酚醛涂料的红外吸收谱图完全吻合,则表明该涂料结构中含有双酚 A 或类似原材料的结构嵌端,需要提高警惕并做出防范,必要时可以通过其他方法验证涂料配方。

参考文献:

- [1] 李桂林. 环氧树脂与环氧涂料[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
LI Gui-lin. Epoxy Resin and Epoxy Coatings[M]. Beijing: Chemical Industry Press,2003.
- [2] 张彦丽,任佳丽,李忠海,等. 食品包装材料中双酚 A 的研究进展[J]. 食品与机械,2011,27(1):155-157.
ZHANG Yan-li,REN Jia-li,LI Zhong-hai, et al. Progress on Bisphenol A in Food Packing Materials[J]. Food and Machinery,2011,27(1):155-157.
- [3] 罗辉甲,曹国荣,许文才. 食品包装材料中双酚 A 检测与分析方法的研究进展[J]. 包装工程,2010,31(17):47-51.
LUO Hui-jia, CAO Guo-rong, XU Wen-cai. Research Progress in Detection and Analysis Method for Bisphenol A in Food Packaging Materials[J]. Packaging Engineering,2010,31(17):47-51.
- [4] 陈志锋,刘晓华,孙利. 食品接触材料中双酚类物质迁移检测方法研究[J]. 包装工程,2009,30(12):40-43.
CHEN Zhi-feng, LIU Xiao-hua, SUN Li. Determination of Bisphenol-type Contaminants from Food Contacting Materials[J]. Packaging Engineering,2009,30(12):40-43.
- [5] 焦艳娜,丁利,李晖,等. 加速溶剂萃取-GC-MS/MS 法测定食品接触材料中双酚 A、双酚 F 及其衍生物的残留量[J]. 包装工程,2011,32(15):53-57.
- [6] 陈燕舞. 涂料分析与检测[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
CHEN Yan-wu. Coating Analysis and Detection[M]. Beijing: Chemical Industry Press,2009.
- [7] 马春妹. FT-IR 红外光谱法在涂料工业中的应用[J]. 上海涂料,2002,40(3):35-38.
MA Chun-mei. FT-IR Application in the Coatings Industry[J]. Shanghai Coating,2002,40(3):35-38.
- [8] 涂料工艺编委会. 涂料工艺上册[M]. 北京:化学工业出版社,1997.
Coating Process Committee. Coating Process (Part A)[M]. Beijing: Chemical Industry Press,1997.
- [9] 王正熙. 聚合物红外光谱分析和鉴定[M]. 成都:四川大学出版社,1989.
WANG Zheng-xi. Infrared Spectral Analysis and Identification of Polymer[M]. Chengdu: Sichuan University Press,1989.
- [10] 利帕托夫,谢缅诺维奇,赫拉莫娃. 聚合物物理化学手册第三卷 聚合物的红外光谱和核磁共振谱[M]. 北京:中国石化出版社,1995.
ROSTOV L, BURMANORWICH D, HERAMOVA. Polymer Physical Chemistry Manual (Part 3: Infrared Spectroscopy and Nuclear Magnetic Resonance of Polymer)[M]. Beijing: China Petrochemical Press,1995.
- [5] 潘松年. 塑料薄膜包装材料的渗透反应动力学研究[J]. 北京印刷学院学报,2004(4):13-21.
PAN Song-nian. Research on the Penetration Kinetic of Plastic Film Packaging Materials[J]. Learned Journal of Beijing Institute of Printing,2004(4):13-21.
- [6] 崔爽. 产品内环境调控技术模型及其应用[D]. 西安:西安理工大学,2006.
CUI Shuang. Products within Environmental Control Model and Its Application[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology,2006.
- [7] 刘颖,李云飞. 基于 Michaelis-Menten 型呼吸速率模型的实验研究[J]. 上海交通大学学报,2004,38(7):170-173.
LIU Ying, LI Yun-fei. Experimental Study of the Respiration Rate Model Based on Michaelis-Menten Type[J]. Learned Journal of Shanghai Jiaotong University,2004,38(7):170-173.
- [8] 高德,胡红艳,巩雪. 大米气调保鲜技术研究[C]. 中国机械工程学会包装与食品工程分会 2010 年学术年会论文集,2010.
GAO De, HU Hong-yan, GONG Xue. Research on the Modified Atmosphere Fresh-keeping Packaging Technology of Rice[C]. Chinese Mechanical Engineering Society of Packaging and Food Engineering Branch 2010 Annual Conference Proceedings,2010.
- [9] 王钦德,杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003:330-365.
WANG Qin-de, YANG Jian. The Food Experiment Design and Statistical Analysis[M]. Beijing: China Agricultural University Press,2003:330-365.

(上接第 28 页)