

食品防潮包装货架期预测软件系统开发

菅宗昌¹, 卢立新^{1,2}

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 无锡 214122)

摘要: 以临界含水率作为食品关键质量指标, 推导出了食品包装货架期预测模型, 并根据模型参数建立了食品货架期数据库, 并开发出了食品防潮包装货架期预测软件, 实现了对数据的管理和对食品货架期的预测和分析, 为开发其他类食品货架期预测软件提供参考。

关键词: 食品防潮包装; 模型; 水分活性; 货架期; 软件

中图分类号: TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0025-04

Development of Shelf-life Prediction System of Food Moisture-proof Packaging

JIAN Zong-chang¹, LU Li-xin^{1,2}

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Key Laboratory of Food Packaging Techniques and safety of China National Packaging Corporation, Wuxi 214122, China)

Abstract: Shelf-life prediction model of food packaging was put forward by considering critical moisture content as the most important quality indexes on food. Food shelf-life database was established shelf-life prediction software of moisture-proof packaging was developed according to the model parameters. Data management and food shelf-life prediction and analysis were realized. The purpose was to provide reference for developing prediction software on shelf-life of other foods.

Key words: food; moisture-proof packaging; model; water activity; shelf-life; software

食品防潮包装货架期是指对于水敏感性食品, 采用具有一定隔绝水蒸气能力的防湿材料对食品进行包封, 以便减小隔绝外界湿度变化对产品的影响, 在推荐的储藏条件下, 确保食品含水率小于其临界含水率的一段时间。

食品防潮包装货架期的确定至关重要, 美国食品药品监督管理局(FDA)和美国农业部(USDA)规定, 食品生产商必须要在产品的容器或包装上清楚地标明食品的货架期以及相关说明, 然而食品货架期的确定需要花费很长的时间。食品的包装货架期预测是当今国内外食品包装领域重点关注研究的技术之一。目前, 食品包装货架期主要应用质量损失模型、产品货架期预测模型以及加速试验预测^[1]。对于水敏感性食品, 其货架期预测主要基于食品的等温吸湿特性, 国内外对许多食品的等温吸湿特性都做了大量的研

究, 对茶叶^[2]、饼干^[3]等食品的预测结果与实际结果非常接近, 但食品包装货架期预测理论与方法研究基础不尽系统完善, 分析预测过程繁琐, 人工计算工作量大并且容易出错, 开发相应预测软件具有重要的技术与工程价值。目前, 预测货架期软件系统主要见于微生物学预测领域。美国农业部开发的病原菌模型程序 PMP 和英国农业、渔业和食品部开发的食品微生物模型 FM, 可对多种微生物进行预测, 系统预测结果误差小^[4]。通过对湿敏性产品的包装货架期影响因素的分析, 谢利等人给出了计算机辅助预测包装储存期的总体流程图^[5], 但没有开发出相应的预测软件。对水敏感食品, 防潮包装是保证其在货架期内保持品质质量的重要手段^[6]。以食品的临界含水率作为食品防潮包装货架期的关键指标, 进行相关理论分析, 设计开发食品防潮包装货架期预测软件系统。

收稿日期: 2012-12-26

基金项目: 江南大学创新团队建设计划项目(2009CXTD01)

作者简介: 菅宗昌(1987-)男, 山东邹平人, 江南大学硕士生, 主攻食品包装。

通讯作者: 卢立新(1966-)男, 江苏宜兴人, 博士, 江南大学教授、博士生导师, 主要从事食品包装技术、运输包装等研究。

1 食品等温吸湿模型及其防潮包装货架期预测模型建立

1.1 食品等温吸湿模型

通过调研, 现有常用的等温吸湿模型见表

表 1 常用等温吸湿模型及其导函数

Tab. 1 Moisture sorption isotherm models and differential coefficient

模型	数学表达式	$f(a_w)$
MHE	$X = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{-A(T+B)} \right]^{\frac{1}{C}}$	$f(a_w) = \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \left[\frac{-\ln(1-a_w)}{A(B+T)} \right]^{\frac{1/C-1}{AC(1-a_w)(T+B)}} da_w$
MCP	$X = A - C \ln[-(T+B) \ln(a_w)]$	$f(a_w) = - \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{C}{(RH_1 - a_w) a_w \ln a_w} da_w$
Oswin	$X = A \left[\frac{1-a_w}{a} \right]^{\frac{1}{B}}$	$f(a_w) = - \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{A}{Ba_w^2(RH_1 - a_w)(1/a - 1)^{(1/B+1)}} da_w$
MOS	$X = (A+BT) \left[\frac{1-a_w}{a} \right]^{\frac{1}{C}}$	$f(a_w) = - \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{A+BT}{Ca_w^2(RH_1 - a_w)(1/a - 1)^{(1/C+1)}} da_w$
Halsey	$X = \frac{-A}{[T \ln(a_w)]^{1/B}}$	$f(a_w) = \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{AT}{Ba_w(RH_1 - a_w)(T \ln a_w)^{(1/B+1)}} da_w$
MHA	$X = \exp(A+BT) [-\ln(a_w)]^{-\frac{1}{C}}$	$f(a_w) = \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{\exp(A+BT)}{Ca_w(RH_1 - a_w)(-\ln a_w)^{(1/C+1)}} da_w$
GAB	$X = \frac{wck a_w}{(1-ka_w)(1-ka_w+kca_w)}$	$f(a_w) = \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{wck^3(c-1)+1}{(RH_1 - a_w)(1-ka_w)^2(ck a_w + 1)^2} da_w$
Ferro-Fontan	$X = \left[\frac{B}{\ln(A/a_w)} \right]^{\frac{1}{C}}$	$f(a_w) = \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{B \left(\frac{B}{\ln(a/a_w)} \right)^{(1/C-1)}}{2Ca_w(RH_1 - a_w) \ln(A/a_w)} da_w$

品之间水分交换始终保持动态平衡;水分子在包装材料内的扩散速度远比在包装内部扩散速度慢,即不计包装内部水分扩散的时间。

由 Fick 第一定律和 Henry 定律^[12]得食品包装货架期模型为:

$$t = \frac{md}{p_{\theta}SP} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dX}{RH_1 - RH_2}$$

(1)

$$t = \frac{md}{p_{\theta}SP} \int_{a_{w1}}^{a_{w2}} \frac{X'(a_w) da_w}{RH_1 - a_w}$$

(2)

$$t = \frac{md}{p_{\theta}SP} f(a_w)$$

(3)

式中: t 为食品货架期; S 为包装总面积; p 为水蒸气透过包装材料的渗透率; d 为包装材料的厚度; p_{θ}

$1^{[7-11]}$ 。

1.2 食品防潮包装货架期预测模型建立

为使建模过程更加简便以及货架期预测更具有可行性,作以下假设:水分在包装材料内的扩散系数为常数,与浓度和时间等因素无关;包装内,环境与食

为 θ °C 时的饱和蒸汽压; RH_1 和 RH_2 为包装外、内侧相对湿度; X_1 和 X_2 分别为食品中初始含水率和临界含水率; a_{w1} 、 a_{w2} 分别为食品初始水分活度和临界水分活度, $a_w = X/100\%$; m 为食品干质量。

在已知食品干质量、包装面积、包装材料厚度、包装材料渗透系数、存储环境的温湿度条件以及食品等温吸湿模型中的参数的情况下,便能预测湿度敏感食品的包装货架期。

2 食品防潮包装货架期预测软件系统设计

2.1 软件系统功能分析

结合实际工程化应用要求,食品防潮包装货架期

预测软件系统所需要的功能:够实现与数据库的实时连接以及对数据库数据的信息进行实时更新;对数据库中未含有的食品种类,允许用户输入食品吸水数据,并由系统自行选择最佳适宜模型,同时显示出等温吸水特性曲线,而后得出货架期;实现普通用户和管理员的差别化管理,普通用户可以对数据库进行访问和查询,管理员可以对数据库的数据进行更新和修正。

2.2 软件功能模块和系统流程图

系统功能面向实际工程化应用,结合水敏感性食品货架期预测过程,得到系统的功能模块,见图 1,系统流程见图 2。

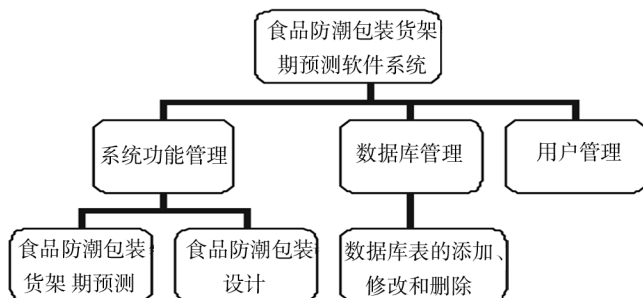


图 1 系统功能模块

Fig. 1 Function block diagram of the system

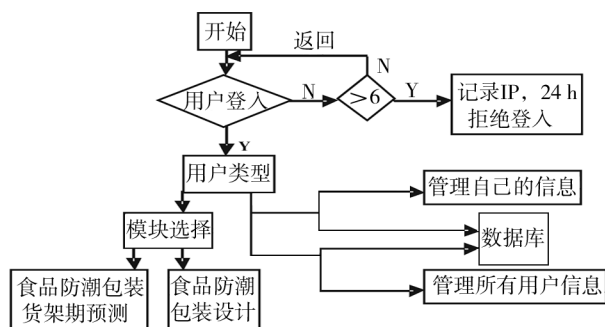


图 2 系统流程

Fig. 2 Flow chart of the system

2.3 软件关键功能的实现

2.3.1 数据库的访问

软件系统采用交互性良好的 SQL Sever 和 VB6.0 开发得到,前台 VB 界面能够很好地实现对后台数据库 SQL Sever 的查询^[12]。通过 SQL 语句进行对数据库数据进行数据查询,通过 VB 条件语句 if 判断数据是否为所需的信息,若是所需则显示,否则提示用户可以人工输入数据,并将该数据记录到 user 数据表中,待管理员确认该数据为真则增加到相应的数据表中,以便供其他用户使用,若为假,则有管理员删除。

2.3.2 非数据库中食品的货架期预测功能的实现

为了适应不同食品客户的要求,克服数据库中数据的局限性,该系统增加了食品特性输入界面,能够允许用户输入食品的吸湿特性,系统通过吸湿特性自动用最小二乘法选出对食品的吸湿模型匹配的最佳模型,并且将输入的数据记录到用户数据表中,管理员可以对这些数据进行调用试验,以方便其他用户使用,同时用户可以看到该食品的吸湿特性,给用户更直观的结果,见图 3。

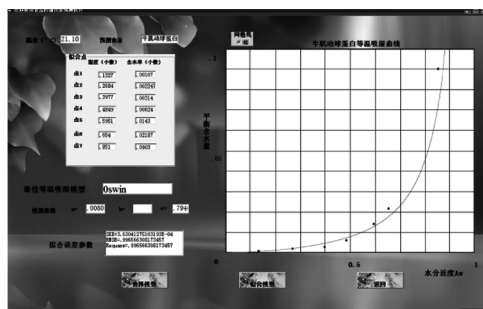


图 3 拟合界面

Fig. 3 Food parameter fitting interface

3 结论

利用 Visual Basic 和 SQL Server 开发的食品防潮包装货架期软件系统,能够快速、准确处理防潮食品包装货架期影响参数,得出预期货架期,同时能够模拟和分析食品的等温吸湿曲线,可为防潮包装设计提供依据。该软件可为其他类食品货架期预测软件的开发提供参考。

参考文献:

- [1] 王晓兰,靳焱,云战友. 包装食品的货架期及其预测方法[J]. 中国供销商情·乳业导刊,2006(2):35-37.
WANG Xiao-lan, JIN Ye, YUN Zhan-you. Shelf Life and Predicting Measure of Packaged Food[J]. Dairy Guide, 2006(2):35-37.
- [2] 朱丹. 软塑袋装绿茶包装保质期试验研究及理论预测[D]. 无锡:江南大学,2007.
ZHU Dan. Soft Packed Green Tea Shelf-life of Experiment and Theoretical Prediction[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.
- [3] 褚振辉,卢立新. 韧性饼干的等温吸湿特性及模型表征[J]. 包装工程,2011,32(3):12-16.

- CHU Zhen-hui, LU Li-xin. Moisture Sorption Isotherm Characteristics and Model Characterization of Tough Biscuit[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3): 12-16.
- [4] 曹悦, 陆利霞, 熊晓辉. 食品货架期预测新技术进展[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(5): 165-168.
- CAO Yue, LU Li-xia, XIONG Xiao-hui. Advances on Prediction for Shelf-life of Food[J]. Food Research and Development, 2009, 30(5): 165-168.
- [5] 谢利, 潘松年, 于江, 等. 计算机辅助预测(CAP)湿敏性产品的包装储存期[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 41-43.
- XIE Li, PAN Song-nian, YU Jiang, et al. Computer Aided Prediction of Shelf Life of Damp Sensitive Products[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 41-43.
- [6] HERNANDEZ R J. Determination and Prediction of Shelf Life of Moisture-sensitive Post Shredded Wheat Cereal [EB/OL]. LI Xiong, eds. School of Packaging Michigan State University, 2002.
- [7] TAOUKIS P S. Moisture Transfer and Shelf Life of Packaged Foods[J]. American Chemical Society, 1988: 244-261.
- [8] MAROULIS Z B, TSAMI E, MARINOS-KOURIS D, et al. Application of the GAB Model to Sorption Isotherm of Fruits [J]. Food Engineering, 1988(7): 63-78.
- [9] FERRO-FONTAN C, CHIRIFE Sancho E, IGLESIAS H A. Analysis of a Model for Water Sorption Phenomena in Foods [J]. Food Science, 1982(47): 1590-1594.
- [10] BEAUCOUR P, DAUDIN J D. Development of a New Method for Fast Measurement of Water Sorption Isotherms in The High Humidity Range: Validation on Gelatine Gel[J]. Food Engineering, 2000(44): 97-107.
- [11] 王晓兰, 张晓鹏, 王亚琦, 等. 食品货架期的预测模型[J]. 内蒙古石油化工, 2008, 34(12): 46-47.
- WANG Xiao-lan, ZHANG Xiao-peng, WANG Ya-qi, et al. Predicting Modeling of Packaged Food[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2008, 34(12): 46-47.
- [12] 潘松年. 包装工艺学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007.
- PAN Song-nian. Packaging Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007.
- [13] 文奇, 卢立新, 黄祥飞. 基于VB与SQL的路谱管理系统设计与开发[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 81-84.
- WEN Qi, LU Li-xin, HUANG Xiang-fei. Design and Development of Road Spectrum Management System Based on VB and SQL[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 81-84.

(上接第24页)

- [9] SHIN H S, JUNG D G. Determination of Icing Inhibitors (Ethylene Glycol Monomethyl Ether and Diethylene Glycol Monomethyl Ether) in Ground Water by Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Bull Korean Chem Soc, 2004, 25(6): 806-808.
- [10] 聂伟安, 龙立平, 熊文高. 毛细管气相色谱法同时测定油漆液中二甲苯和乙二醇乙醚乙酸酯[J]. 化学分析计量, 2006, 15(4): 48-49.
- NIE Wei-an, LONG Li-ping, XIONG Wen-gao. Simultaneous Determination of Xylene and Ethylene Glycol Monoethyl Ether Acetate by GC[J]. Chem Anal Meter, 2006, 15(4): 48-49.
- [11] 郑建国, 王瓚, 余雯静. 用负APCI源的液相色谱-质谱联用法测定牙膏中二甘醇的方法研究[J]. 检验检疫学刊, 2011, 21(1): 45-47.
- ZHENG Jian-guo, WANG Zan, YU Wen-jing. Study of the Method of Determination of DEG in Teeth Paste by Negative APCI Source LC/MS/MS[J]. J Inspect Quarant, 2011, 21(1): 45-47.
- [12] MARIANI E, VILLA C, NEUHOFF C, DORATO S. Derivatization Procedure and HPLC Determination of 2-Ethoxyethanol in Cosmetic Samples[J]. Int J Cosmet Sci, 1999, 21(3): 199-205.
- [13] 杜碧莹. 气相色谱法测定依托泊苷注射液中乙二醇与二甘醇的量[J]. 药物鉴定, 2010, 19(1): 29-30.
- DU Bi-ying. Determination of Ethylene Glycol and Diethylene Glycol in Etoposide Injection by GC[J]. Chin Pharm, 2010, 19(1): 29-30.
- [14] WILLIAMS R H, SHAH S M, MAGGIORE J A. Simultaneous Detection and Quantitation of Diethylene Glycol, Ethylene Glycol, and the Toxic Alcohols in Serum Using Capillary Column Gas Chromatography[J]. J Anal Toxicol, 2000, 24(10): 621-626.
- [15] 王君, 王微山, 杨学军. 食品包装用PET容器中二甘醇的检测及迁移研究[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 28-32.
- WANG Jun, WANG Wei-shan, YANG Xue-jun. Study on Detection and Migration of Diethylene Glycol in PET Food Packaging Containers[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 28-32.