

不同形态芡实产品的吸湿特性 及其数学模拟分析

张 余¹ 魏兆军² 贾小丽¹

(1. 滁州学院化学与生命科学系, 安徽滁州 239000;

2. 合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽合肥 230009)

摘 要:研究了不同形态芡实产品在不同相对湿度下的吸湿特性。吸湿率结果表明,干燥芡实产品具有很强的吸湿性。在相对湿度 90% 的环境中,经 30d,带壳芡实、整芡仁、碎芡仁和芡实粉的含水率分别从吸湿前的 10.20%、4.83%、3.93% 和 0.99% 增加到 19.78%、20.80%、20.66% 和 21.27%。对芡实产品吸湿率数据进行一元非线性回归,建立了 2 个吸湿率数学模型,分别为:幂函数模型 $W = a \cdot t^b$,负指数函数模型 $W = a \cdot \exp(-b/t)$ 。得到了不同芡实产品在不同相对湿度下的吸湿率模型参数,所得吸湿率数学模型均具有较理想的拟合效果。其中,负指数函数模型结构简单且拟合准确度高,可用于不同芡实产品在不同湿度环境中的吸湿率预测。

关键词:芡实产品 吸湿特性 数学模拟

Moisture absorption properties and mathematical modeling analysis of different shape gorgon nut (*Euryale ferox* Salisb.) products

ZHANG Cuan¹, WEI Zhao-jun², JIA Xiao-li¹

(1. Department of Chemistry and Life Science, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China;

2. School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The hygroscopicity of different gorgon nut products at different relative humidity conditions was investigated. The results indicated that dehydrated gorgon nut products possessed strong hygroscopicity. Stored in 90% relative humidity condition for 30 days, the moisture contents of shelled gorgon nut, whole gorgon nut kernel, cracked gorgon nut kernel and gorgon nut flour were significantly increased to 19.78%, 20.80%, 20.66% and 21.27% from initial 10.20%, 4.83%, 3.93% and 0.99%, respectively. Three models of hygroscopicity was set up by unitary nonlinear regression method based on the moisture absorption data of different gorgon nut products, that were power function $W = a \cdot t^b$ and negative exponent function $W = a \cdot \exp(-b/t)$. The hygroscopicity model parameters of different gorgon nut products in different relative humidity conditions were obtained. These models all possessed ideal fitting effects, especially the negative exponent function was simple and more accuracy to fitting, and could be applied to predict the moisture absorption properties of different gorgon nut products in different humidity conditions.

Key words: gorgon nut products; moisture absorption property; mathematical modeling

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)11-0131-04

芡 (*Euryale ferox* Salisb.) 为一年生水生草本植物,其种子呈圆球形,直径为 1~1.5cm,外被一层约 1~2mm 厚的木质外壳,内部为淀粉质种仁,即芡实,也称“鸡头果”、“刺莲”等。芡实是我国传统中药原料和滋补食材,具有多种生理保健功能,被视为延年益寿的上品。芡实在我国主要分布在浙江、江苏、安

徽、湖北、湖南、广东等湖泊水域资源较多的地方,年产量约 10 000t (2009)。在国内,有关芡实的研究主要集中在营养成分分析^[1-2]、生理活性^[3-7]等方面。在印度,芡实被加工成一种称为“Makhana”的食品,Dutta 等^[8]、Jha 等^[9]曾对“Makhana”的营养组分及其加工进行过研究。目前,我国芡实的主要加工形式为速冻保鲜、干制和罐制。在产地,带壳芡实一般经自然晾晒或烘干后,采用手工或机械脱壳后,得到干的芡仁,即可直接用作药材、食材或作为进一步加工的原料。我国江南地区芡实采收期一般在 9~10 月,期间气温较高,空气相对湿度较大,干燥后的芡实产品在贮存期间,极易吸湿回潮,影响其品质和贮存稳

收稿日期: 2010-09-15 * 通讯联系人

作者简介: 张余 (1970-),女,博士,副教授,主要从事食品化学与营养学、膳食蛋白方向的研究。

基金项目: 安徽省应用化学省级重点学科建设项目 (200802187C); 滁州市科技计划项目 (201057)。

定性。本文以当年产新鲜带壳芡实为原料,经恒温干燥后,对不同形态干燥芡实产品的吸湿特性进行了分析,建立相关产品的吸湿率数学模型,期望对干燥芡实产品的安全贮存提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜带壳芡实 2009年9月5日采自安徽天长市湖滨乡境内;浓硫酸 分析纯。

CP224S 电子分析天平 德国 Sartorius; DHG-9123A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏;铝盒 直径 50mm,高 35mm;密封性能良好的干燥器。

1.2 实验方法

1.2.1 原料前处理 新鲜带壳芡实经清洗、去杂、沥干后,于 40℃ 恒温鼓风烘箱内干燥 24h,得到完整芡仁、碎芡仁和芡实粉,初始含水率分别为 4.83%、3.93% 和 0.99%。将上述产品分别装入聚乙烯自封袋内,备用。

1.2.2 硫酸溶液恒湿法 实验按照参考文献[10]方法用不同浓度的 H_2SO_4 水溶液配制恒湿液, H_2SO_4 浓度(w/v)与相应相对湿度(RH,%)如表 1 所示。

表 1 H_2SO_4 溶液的浓度及其相对湿度(25℃)

H_2SO_4 浓度(%)	45.41	35.00	25.80	22.88
RH(%)	50	65	82	90

1.2.3 吸湿性评价方法^[11] 采用吸湿率(W)和吸湿速率(V)两个指标表示不同形态芡实产品的吸湿性能。吸湿率(W,%)定义为单位质量芡实产品在温度为 25℃ 时吸收水分的质量百分比,表示为:

$$W(\%) = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\%$$

式中: W_t —为吸湿 t 时刻后样品质量, g; W_0 —为吸湿前样品质量, g。

吸湿速率: 定义为单位时间(d)、单位质量(g)芡实产品在一定条件下吸收的水分质量,单位为 $mg/(g \cdot d)$ 。

1.2.4 芡实产品吸湿性数学模拟^[11-12] 根据本实验中吸湿率随时间的变化曲线形状,推测其吸湿率与时间是幂函数关系。在实验中发现,除了幂函数关系外,负指数函数也能很好的拟合不同芡实产品的吸湿率曲线。因此,实验采用 DPS 数据处理软件对芡实产品的吸湿数据进行一元非线性回归,拟合得到以下两个吸湿率数学模型:

幂函数模型: $W = a \cdot t^b$

负指数函数模型: $W = a \cdot \exp(-b/t)$

式中: a、b—均为常数; t—时间, d。

1.2.5 数据分析 采用 Excel 软件和 DPSv7.55 数据处理软件对实验数据进行分析整理,所有样品重复测定 3 次,求其平均值。

2 结果与分析

2.1 不同形态芡实产品的吸湿特性

图 1 和图 2 分别是带壳芡实和芡实粉在不同相对湿度下的吸湿率曲线。随相对湿度的升高,吸湿率显著增加($P < 0.05$),带壳芡实的吸湿平衡时间较长(约 27d),而芡实粉产品的吸湿平衡时间很短

(5~6d) 这是由于芡实粉具有较大的表面积,可在短时间内吸收大量水分,较快达到吸湿平衡。整芡仁、碎芡仁的吸湿率曲线与带壳芡实(图 1)的变化趋势基本相同,吸湿平衡时间分别为 22d 和 13d。

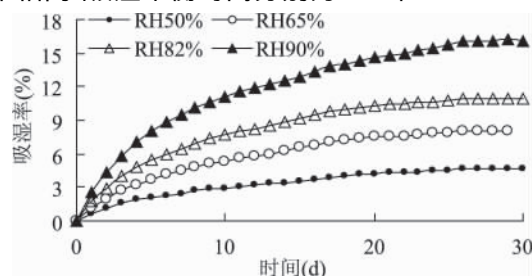


图 1 带壳芡实在不同相对湿度的吸湿率曲线

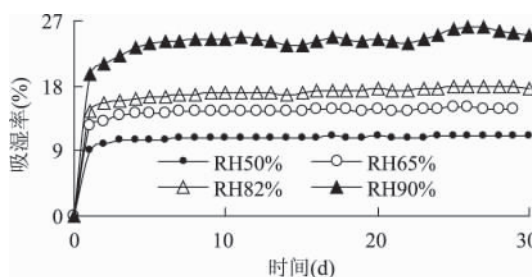


图 2 芡实粉在不同相对湿度下的吸湿率曲线

吸湿率分析结果也显示,干制芡实产品吸湿性均较强。其中,芡实粉的吸湿速率最快,平衡时间最短,而带壳芡实的吸湿速度较慢,平衡时间最长。在相对湿度为 90% 的环境中,带壳芡实、整芡仁、碎芡仁和芡实粉经 30d 吸湿,其吸湿率分别为 16.14%、20.46%、21.55% 和 24.97%,含水率分别从吸湿前的 10.20% (带壳芡实的芡仁)、4.83%、3.93% 和 0.99% 增加到 19.78%、20.80%、20.66% 和 21.27%,均超过了一般干制食品的安全水分要求($\leq 14\%$)。

因此,对于干芡实产品而言,最好带壳贮存,即可防止贮存期间芡实种仁的污染,也可获得较干燥的种仁和更长的安全贮存期。

图 3 和图 4 分别为 RH 为 90% 时,不同形态芡实产品的吸湿率曲线和吸湿速率曲线。结果表明,在相同环境湿度下,带壳芡实的吸湿率最低,吸湿平衡时间最长(27d),芡实粉的吸湿率最高,吸湿平衡时间最短(6d),整芡仁和碎芡仁居中,碎芡仁的吸湿率稍高于整芡仁。图 4 的吸湿速率曲线显示出与吸湿率同样的趋势,即在相同环境湿度下,芡实产品吸湿速率和吸湿率均随其表面积的增加而增加,芡实粉的吸湿速率远高于其他形态的芡实产品。同时,在 RH = 90% 的高湿度环境中,不同形态的芡实产品最大吸湿速率均发生在最初的 1~2d 内。

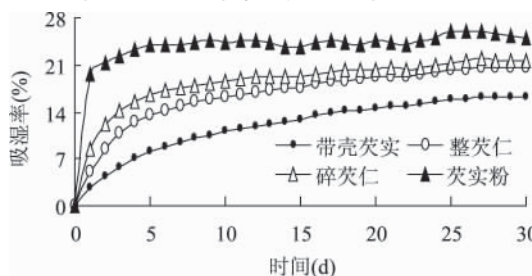


图 3 不同芡实产品的吸湿率曲线(RH = 90%)

表2 不同相对湿度下芡实产品吸湿性模型参数

RH (%)	模型参数	带壳芡实		整芡仁		碎芡仁		芡实粉	
		模型(1)	模型(2)	模型(1)	模型(2)	模型(1)	模型(2)	模型(1)	模型(2)
50	a	0.972	5.293	3.047	7.77	5.37	8.464	9.764	11.083
	b	0.479	-4.867	0.277	-2.107	0.139	-0.866	0.04	-0.202
	r ²	0.9897	0.9409	0.898	0.9879	0.7717	0.9939	0.8223	0.9660
65	a	1.812	7.711	4.963	11.568	7.911	11.922	13.126	14.835
	b	0.46	-2.794	0.252	-1.847	0.125	-0.768	0.039	-0.193
	r ²	0.9843	0.8044	0.8707	0.9929	0.76	0.9917	0.8341	0.9469
82	a	2.809	12.285	6.713	14.771	9.358	14.717	15.018	17.584
	b	0.422	-3.995	0.237	-1.652	0.14	-0.821	0.051	-0.227
	r ²	0.9733	0.9594	0.8862	0.9912	0.8498	0.9910	0.9486	0.8547
90	a	4.007	17.699	8.14	20.949	11.411	21.575	20.963	25.073
	b	0.426	-3.973	0.283	-2.016	0.196	-1.177	0.057	-0.279
	r ²	0.9840	0.9514	0.9569	0.9554	0.9379	0.9475	0.7497	0.7953

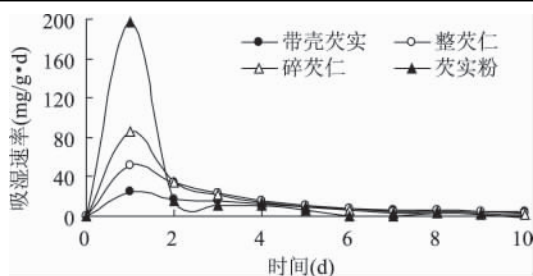


图4 不同芡实产品的吸湿速率曲线(RH=90%)

2.2 不同芡实产品吸湿过程的模拟

采用一元非线性回归对不同相对湿度下芡实产品的吸湿数据进行拟合后,得到芡实产品的吸湿率数学模型,不同相对湿度下的吸湿率模型参数见表2。表中模型函数依次为:(1)幂函数模型 $W = a \cdot t^b$; (2)负指数函数模型 $W = a \cdot \exp(b/t)$ 。

数学拟合结果表明,幂函数和负指数函数模型均能较好的模拟4种芡实产品的吸湿过程,相关系数 r^2 较高, F 检验值均达到极显著水平 (P 值 = 0.0001),拟合效果较好。其中,负指数函数模型拟合效果优于幂函数模型。因此,就本实验中涉及的4种芡实产品而言,采用负指数函数模型对其吸湿率进行拟合,拟合准确度较高,可用于生产中不同芡实产品吸湿性的预测。

图5是在相对湿度为90%时,上述两种函数对带壳芡实(左)和整芡仁(右)吸湿率数据的拟合曲线,可以看出,拟合效果均比较理想。

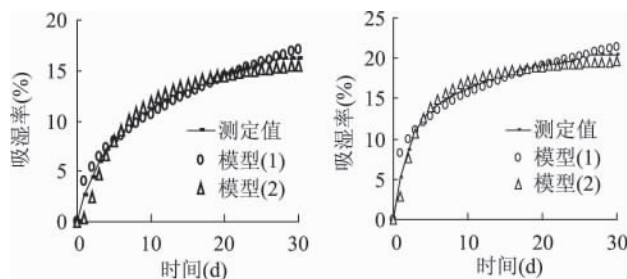


图5 带壳芡实(左)和整芡仁(右)的吸湿率拟合曲线(RH=90%)

3 结论

实验研究了不同形态芡实产品在不同相对湿度下的吸湿特性。吸湿率结果表明,干制的芡实产品

吸湿性很强。在相对湿度为90%的环境中,经30d吸湿,带壳芡实、整芡仁、碎芡仁和芡实粉的含水率分别从吸湿前的10.20%、4.83%、3.93%和0.99%增加到19.78%、20.80%、20.66%和21.27%,均超过了一般干制食品的安全水分要求($\leq 14\%$)。因此,对于干芡实产品而言,最好带壳贮存,既可防止贮存期间芡实种仁的污染,也可获得较干燥的种仁和更长的安全贮存期。

通过一元非线性回归,建立了不同芡实产品的吸湿率数学模型,分别为:幂函数模型 $W = a \cdot t^b$,负指数函数模型 $W = a \cdot \exp(b/t)$ 。得到了不同芡实产品在不同相对湿度下的吸湿率模型参数,所得吸湿率数学模型均具有较理想的拟合效果。其中,负指数函数模型结构简单且拟合准确度较高,可用于不同芡实产品在不同相对湿度下的吸湿性预测。

参考文献

- [1] 张名位,池建伟,孙玲.潮州芡实的营养学评价[J].广东农业科学,1999(2):27-29.
- [2] 凌庆枝,袁怀波,赵美霞.瓦埠湖产芡实种仁的蛋白质、氨基酸测定[J].食品研究与开发,2009,30(6):118-120.
- [3] Haoru Zhao, Shouxun Zhao, Chongqing Sun, et al. Glucosylsterols in extracts of Euryale ferox identified by high resolution NMR and mass spectrometry [J]. Journal of Lipid Research, 1989, 30: 1633-1637.
- [4] Samarjit Das, Peter Der, Utpal Raychaudhuri, et al. The effect of Euryale ferox (makhana), an herb of aquatic origin, on myocardial ischemic reperfusion injury [J]. Molecular and Cellular Biochemistry, 2006, 289: 55-63.
- [5] 刘玉鹏,刘梅,刘俊英.30种中草药的抗氧化活性研究[J].烟台大学学报:自然科学与工程版,2000,13(1):70-73.
- [6] 李美红,杨雪琼,万直剑.芡实的化学成分[J].中国天然药物,2007,5(1):24-26.
- [7] 李美红,李璠,太志刚.芡实中的三个环二肽[J].昆明学院学报,2009,31(3):39-41.
- [8] R N Dutta, S N Jha, U N Jha. Plant content and quality of makhana (Euryale ferox) [J]. Plant and Soil, 1986, 96: 429-432.
- [9] S N Jha, Suresh Prasad. Determination of Processing Conditions for Gorgon Nut (Euryale ferox) [J]. J Agric Engng Res, 1996, 63: 103-112.

热处理对于鸡蛋全蛋液功能性质的影响

乔立文 杨新宇 杨严俊*

(江南大学食品科学与技术国家重点实验室 江南大学食品学院 江苏无锡 214122)

摘要:研究了不同强度的热处理条件(处理温度 61、64、67℃,处理时间 2.5、3.5、4.5min)对于鸡蛋全蛋液蛋白质的溶解性、乳化性、起泡性、表面疏水性和表面巯基含量的影响。结果表明:随着加热温度的升高和处理时间的延长,全蛋液蛋白质溶解度与泡沫稳定性不同程度的下降,而表面疏水性、表面游离巯基含量、乳化稳定性则不同程度的提高。当温度高于 61℃时,全蛋液起泡性随温度升高和时间的延长而降低,同时,研究还发现热处理对于全蛋液乳化活力的影响不明显。

关键词:全蛋液 热处理 功能性质 蛋白结构

Effect of heat-treatment on
the functional properties of liquid whole egg

QIAO Li-wen, YANG Xin-yu, YANG Yan-jun*

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and
Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The influence of different heat treatments (61, 64, 67℃, 2.5, 3.5, 4.5min) on the functional properties of liquid whole egg (LWE) was studied. Results showed that the solubility and foam stability of LWE decreased to different extent with the treatment temperature and time, while surface hydrophobicity, free sulfhydryl (SH) content and emulsion stability of LWE were significantly enhanced. It was also observed that heat-treatments did not significantly influence the emulsifying activity of LWE and when the temperature was above 61℃, the foam capacity decreased.

Key words: liquid whole egg; heat-treatment; functional property; protein structure

中图分类号:TS253.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2011)11-0134-04

液蛋指将鲜鸡蛋经去壳、杀菌、包装等加工处理后制成的液体蛋制品,因其具有方便、卫生、便于运输等优点,已成为蛋制品的主要发展方向。目前,基于食品卫生与安全的考虑,液蛋产品必须要经过杀菌处理,液蛋产品的杀菌要求最大限度地保持其营养成分,彻底消灭其中的致病菌,最大程度减少杂菌数。目前,液蛋主要采用巴氏杀菌^[1],但是由于蛋液中的蛋白质极易受热变性(蛋清蛋白变性温度为 57~58℃,蛋黄蛋白变性温度为 65℃)并发生凝固,因此各国学者一直在探讨比较适宜的蛋液杀菌条件,并且各国的巴氏杀菌条件并不一致,美国农业部要求全蛋液至少应加热到 60℃,保持 3.5min;英国采用 64.4℃,2.5min 杀菌;波兰要求 66~68℃下杀菌 3min;我国对全蛋液巴氏杀菌要求 64.5℃,3min^[2]。鸡蛋蛋

白质在巴氏杀菌下会发生结构变化,而根据巴氏杀菌温度与时间的不同,这些变化可能包括蛋白质的聚集与凝胶^[3],蛋白结构的变化可能会对液蛋制品的功能性质与应用产生不利影响,因此,研究杀菌条件的改变对于液蛋蛋白结构与功能性质的影响具有重要的应用价值。本文以全蛋液为研究目标,探讨不同的热处理条件对于蛋液蛋白质功能性质的影响,找出其在加热过程中蛋白质体系的变化规律,同时研究处理前后蛋白质结构的变化,确定热处理对于蛋液蛋白质体系的作用机制。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜鸡蛋、金龙鱼葵花籽油 市售;十二烷基硫酸钠(SDS)、牛血清白蛋白(BSA)、三羟甲基氨基甲烷(Tris) 国药集团化学试剂有限公司;Folin-酚指示剂 上海紫菊生物科技发展有限公司;1-苯氨-8

收稿日期:2010-09-16 * 通讯联系人

作者简介:乔立文(1986-)男,硕士研究生,研究方向:食品生物技术。

[10]彭桂兰,陈晓光,吴文福.玉米淀粉水分吸附等温线的研究及模型建立[J].农业工程学报,2006,22(5):176-179.

[11]沈方红,罗曦芸,张文清.羧甲基壳聚糖基调湿材料的制

备及性能[J].功能材料,2009,40(10):1742-1744.

[12]张伏,付三玲,佟金.环糊精/秸秆纤维增强复合材料的吸湿性能分析[J].农业机械学报,2009,40(11):99-102,143.