

莲子贮藏过程中可溶性糖的变化规律

Changes of soluble sugar in lotus seeds in storage by
HPLC—refractive index detection

刘星星¹ 杜雨芊² 方菲菲¹ 黄学勇¹ 罗丽萍¹

LIU Xing-xing¹ DU Yu-qian² FANG Fei-fei¹ HUANG Xue-yong¹ LUO Li-ping¹

(1. 南昌大学生命科学学院, 江西 南昌 330031; 2. 南昌市食品化妆品监督所, 江西 南昌 330038)

(1. School of Life Science, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330031, China;

2. Nanchang Food and Cosmetics Supervision, Nanchang, Jiangxi 330038, China)

摘要: 莲子在贮藏过程中易发生陈化和品质劣变。为探讨其陈化机理, 采用高效液相—示差折光检测法对新鲜莲子和陈年莲子中 5 种可溶性糖(蔗糖、果糖、麦芽糖、葡萄糖和棉子糖)含量进行测定。结果表明, 与陈化莲子相比, 新鲜莲子中蔗糖含量最低, 仅为 0.573 g/L; 麦芽糖含量最高, 达 0.172 g/L, 而麦芽糖在储存 1 年后含量急剧下降, 降幅达 87% 以上。麦芽糖和蔗糖的比值在新鲜莲子中达 0.301, 而在贮藏 1 年和 5 年之后的莲子中, 仅分别为 0.023 和 0.018。随着贮藏时间的延长, 果糖含量上升, 葡萄糖含量变化不明显, 可溶性糖的总含量在贮藏过程中呈上升趋势。莲子中未检测到棉子糖。贮藏导致莲子可溶性糖含量发生变化, 从而影响其内在结构。麦芽糖和蔗糖的比值及可溶性糖总量变化可作为评价莲子陈化的指标。

关键词: 莲子; 高效液相—示差折光检测法; 可溶性糖; 陈化

Abstract: Lotus seed has always been regarded as precious food stuff for its rich nutrition health care ingredients and high medicinal value, but like other grains, aging deterioration also occurred during storage. Using HPLC—RI to analysis the 5 kinds of soluble sugar (sucrose, fructose, maltose, glucose and raffinose) in lotus seeds with different storage years. The results showed that the sucrose content of fresh lotus seeds was the lowest, only 0.573 g/L, but the maltose content was 0.172 g/L, the highest in fresh lotus seeds. Maltose content declined significantly after storage one year, the decrease degree is more than 87%. The value of maltose: sucrose is 0.301 in fresh lotus seed, but reduced to 0.023 and 0.018 after storage for one and five years, respectively. With the extension of storage time, the fructose content in lotus seeds increased, and glucose content did

not change significantly. The total soluble sugar content increased significantly. Raffinose was not detected in lotus seed. Storage resulted the sugar content changes in lotus soluble, thus affecting its internal structure changes. The value of maltose: sucrose and the content of total soluble sugar in lotus seeds can be used as indicator of the aging degree.

Keywords: lotus seeds; HPLC—RI; soluble sugar; aging

莲(*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 是睡莲科莲属的多年生水生草本植物, 是中国水生蔬菜中的特种宿根经济植物, 也是非常重要的优质特产资源^[1]。莲子营养十分丰富, 含有大量蛋白质^[2]、多糖^[3]、生物碱及微量营养素^[4], 是一种老少皆宜的食疗佳品及著名的药食同源食物。

与许多谷物相似, 莲子含糖量较高, 达 28.8%, 分不可溶性糖和可溶性糖。莲子中不可溶性糖主要为淀粉, 可溶性糖包括葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖等。目前, 国内外许多研究者^[5-7]通过研究储存过程中谷物淀粉的含量、结构、糊化性质, 谷物的蒸煮品质、口感来分析陈化的机理。张旻等^[8]通过研究莲子中淀粉含量和结构的变化发现, 直链淀粉通过影响淀粉粒晶体结构和莲子糊化特性, 从而导致莲子陈化。而对莲子贮藏过程中可溶性糖变化与陈化的关系还未见报道。通常糖的测定方法有容量法、比重法、比色法^[9]、气相色谱法(GC)^[9]、高效液相色谱法(HPLC)^[10]等, 一般的化学方法只能测定糖的总量, 不能测定糖的组成。GC 虽可检测糖的组成, 但必须对糖进行衍生化^[11]; HPLC 检测糖时, 糖在紫外区无吸收^[11]; 高效液相色谱—示差折光检测法(HPLC—RI)虽有灵敏度低等缺点^[11], 但因莲子中葡萄糖、果糖、蔗糖和麦芽糖都有一定的含量, 而且易于分离, 灵敏度和梯度洗脱对本试验结果影响不大, 能够对莲子中糖类进行准确可靠的分析。

基金项目: 江西省主要学科科学技术带头人培养计划项目(编号: 20123BCB22004); 江西省高等学校科技落地计划项目(编号: KJLD12051)

作者简介: 刘星星(1990—), 女, 南昌大学在读硕士研究生。

E-mail: ncuskliuxingxing@163.com

通讯作者: 罗丽萍

收稿日期: 2014—10—15

本研究拟以新鲜莲子和不同贮藏时间的陈年莲子为试验材料,采用 HPLC—RI,结合标样测定莲子的葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖和棉子糖等可溶性糖含量变化,并对其与陈化的关系进行探讨,研究结果对阐明莲子的陈化机理具有积极意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

莲子:由江西省广昌县白莲科学研究所提供,品种为“太空莲 3 号”。新鲜莲子为 2013 年 8 月收获,陈年莲子分别是 2012 年 8 月(贮藏 1 年)、2011 年 8 月(贮藏 2 年)、2010 年 8 月(贮藏 3 年)、2009 年 8 月(贮藏 4 年)、2008 年 8 月(贮藏 5 年)收获,均产于广昌县白莲科学研究所基地,经去种皮、胚芽,烘干后真空包装。分别将 6 个年份莲子经粉碎后过 80 目(孔径 0.175 mm)筛,4 ℃冷藏备用。检测时间为 2013 年 10 月。

蔗糖、果糖、葡萄糖、麦芽糖、棉子糖标准品:美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 仪器设备

高效液相色谱仪:1260 infinity 型,美国安捷伦公司;
数控超声波清洗器:KQ3200DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

电子分析天平:JA1003N 型,上海市精密科学仪器有限公司;

微量高速离心机:TG-16W 型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司。

1.3 标准溶液的配制

分别精确称取 0.1 g 蔗糖、果糖、葡萄糖、麦芽糖和棉子糖标准品,放入 25 mL 容量瓶,去离子水定容,配成 4 g/L 的母液。然后用去离子水分别稀释成 0.125,0.250,0.500,1.000,2.000 g/L 浓度梯度单标进样,色谱条件见 1.5。

1.4 超声提取法提取莲子粉中的可溶性糖

采用超声提取法^[12]提取莲子中的可溶性糖。分别称取 0.2 g 各年份的莲子粉,置于 50 mL 容量瓶中,加去离子水 40 mL,30 ℃ 超声提取 30 min,加水定容至 50 mL。取 1 mL 至离心管中,3 000 r/min 离心 15 min,然后用 0.22 μm 的微孔滤膜过滤,滤液供 HPLC 分析。

1.5 色谱条件

色谱柱: BIO-RAD Aminex Hpx-87H 有机酸和醇分析柱(300 mm×7.8 mm ID,9 μm);柱温:45 ℃;流动相为 5 mmol/L 硫酸溶液;流速:0.5 mL/min;进样量:20 μL。采用示差折光检测器(RID)检测 HPLC 信号。

1.6 测定方法

分别取标准品溶液和样品溶液,按“1.5 色谱条件”操作,分别注入 HPLC 仪,RI 得标准品和样品溶液中各糖的峰面积,以峰面积对浓度求标准品的回归方程和相关系数。按外

标法根据回归方程计算样品中 5 种可溶性糖的含量^[13]。

1.7 统计分析

运用 SPSS 13.0 软件统计分析数据,利用 Excel 软件作图。试验结果用 $\bar{x} \pm SD$ 表示,采用 Duncan’s 新复极差法对数据进行差异显著性比较。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

以标准品浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制标准曲线,各标准品的保留时间、回归方程、相关系数见表 1。

表 1 线性回归方程
Table 1 Regression analysis

名称	保留时间/min	回归方程	相关系数
蔗糖	8.690	$Y=4.4 \times 10^4 X-2\,983.3$	0.997 8
葡萄糖	10.094	$Y=4.2 \times 10^5 X-1.7 \times 10^5$	0.999 2
果糖	11.071	$Y=3.8 \times 10^5 X+4\,875.0$	0.998 3
麦芽糖	9.394	$Y=4.0 \times 10^5 X$	0.998 5
棉子糖	9.205	$Y=3.4 \times 10^5 X$	0.999 8

不同贮藏时间莲子可溶性糖 HPLC—RI 检测结果见图 1。由图 1 可知,从左到右除第一个杂峰外,出峰时间分别为 8.7,9.5,10.2,11.2 min,与标样对照分别是蔗糖、麦芽糖、葡萄糖和果糖,未检测到棉子糖。

通过标准曲线和回归方程得到不同贮藏时间莲子中 4 种可溶性糖的含量(表 2)。由表 2 可知,随着贮藏年份增加,蔗糖含量呈增加趋势;果糖含量贮藏 2 年内,含量有所增加,但贮藏 2 年后,含量呈下降趋势;麦芽糖含量在贮藏 1 年后显著降低,但此后随着年份的增加,含量几乎不变;葡萄糖含量在贮藏过程中几乎不变。由于蔗糖含量较高,且增加趋势较大。因此,随着贮藏年份增加,莲子中的可溶性糖总量呈增加趋势。

Pushpamma 等^[14]研究表明,大米和高粱在贮藏过程中,其还原糖呈现上升的趋势,而非还原糖含量下降。Cao 等^[15]通过研究大米在贮藏过程中糖类的变化发现,蔗糖含量下降,果糖和葡萄糖含量上升,而麦芽糖含量下降,单糖和二糖总含量呈现下降的趋势,认为原因可能是单糖和二糖结合成了大分子物质。本试验蔗糖作为非还原糖,在贮藏过程中含量上升,与 Pushpamma 等^[14]的研究结果相反,原因可能是糖类的水解作用。麦芽糖在贮藏 1 年后含量急剧下降,但此后变化不明显,可能是因为麦芽糖属于二糖,在贮存过程中有一部分水解成为单糖,导致单糖含量上升。而莲子呼吸作用消耗的葡萄糖为多糖分解产生的,因此在贮藏过程中,葡萄糖作为单糖其含量几乎不变。本研究表明莲子陈化过程中单糖和二糖等可溶性糖的总含量上升,原因可能是大分子糖类在贮藏过程中分解成了单糖和二糖。

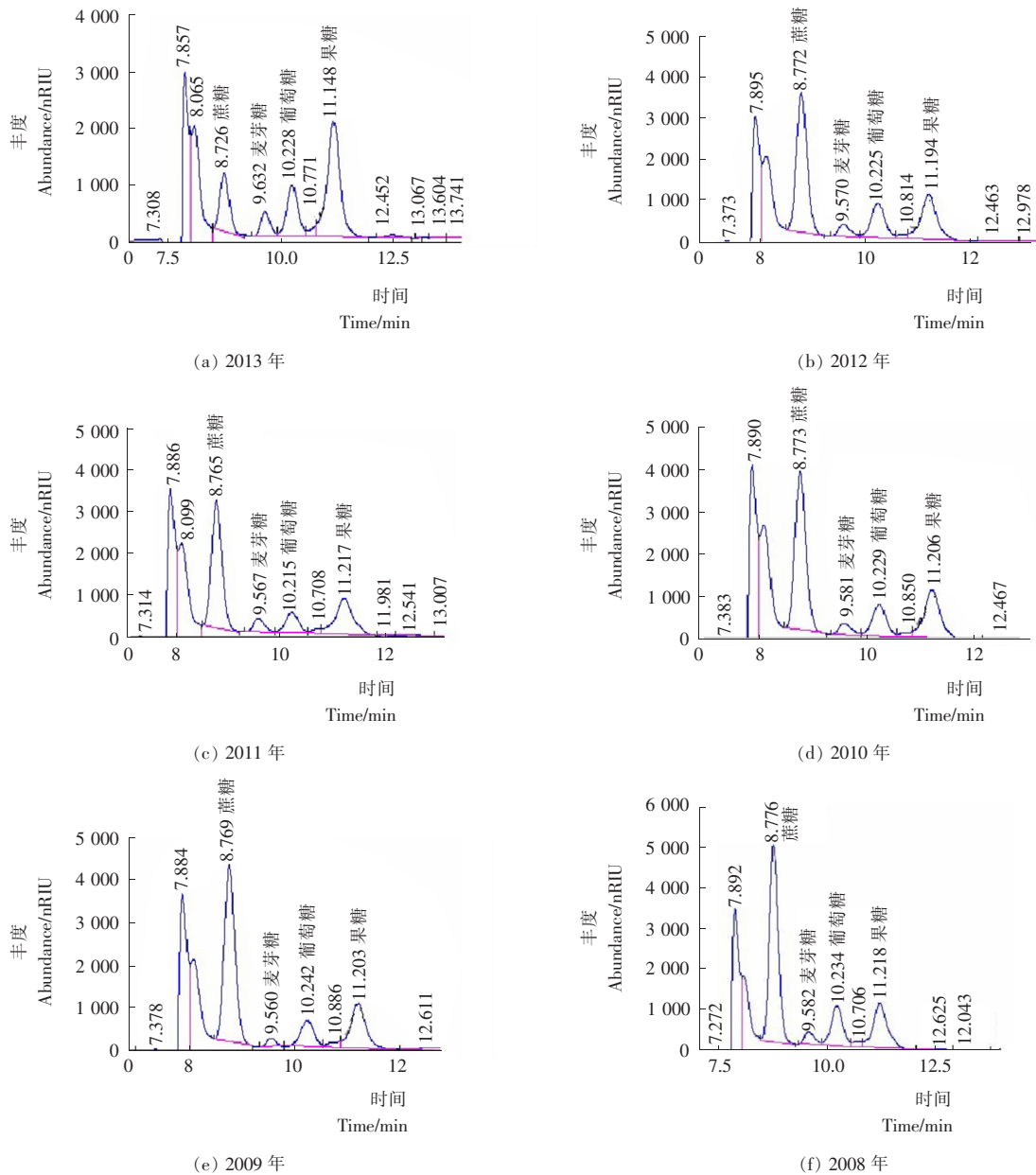


图 1 不同贮藏时间莲子可溶性糖 HPLC—RI 图

Figure 1 HPLC—RI chromatograph of soluble sugars in lotus seeds with different storage years

表 2 不同贮藏时间莲子 4 种可溶性糖的含量[†]

贮藏时间/ 年	蔗糖/ (g · L ⁻¹)	麦芽糖/ (g · L ⁻¹)	葡萄糖/ (g · L ⁻¹)	果糖/ (g · L ⁻¹)	麦芽糖: 蔗糖	总量/ (g · L ⁻¹)
0	0.573 ± 0.315 ^a	0.172 ± 0.073 ^a	0.448 ± 0.157 ^a	0.062 ± 0.023 ^a	0.301	1.255
1	0.944 ± 0.401 ^b	0.022 ± 0.018 ^b	0.436 ± 0.216 ^a	0.069 ± 0.035 ^a	0.023	1.471
2	1.137 ± 0.236 ^c	0.025 ± 0.021 ^b	0.434 ± 0.293 ^a	0.095 ± 0.066 ^b	0.022	1.691
3	1.014 ± 0.446 ^{bc}	0.018 ± 0.021 ^b	0.429 ± 0.164 ^a	0.073 ± 0.049 ^a	0.018	1.534
4	1.102 ± 0.538 ^{bc}	0.024 ± 0.017 ^b	0.432 ± 0.317 ^a	0.072 ± 0.052 ^a	0.022	1.630
5	1.352 ± 0.693 ^d	0.025 ± 0.010 ^b	0.454 ± 0.244 ^a	0.076 ± 0.047 ^a	0.018	1.907

[†] 同列中不同字母表示处理间在 0.05 水平有显著性差异。

3 结论

采用 HPLC—RI 对莲子贮藏过程中可溶性糖研究表明,可溶性糖的总含量在贮藏过程中呈现出上升趋势;麦芽糖和蔗糖的比值降低。贮藏导致莲子可溶性糖含量发生变化,从而可能影响其内在结构变化。故麦芽糖和蔗糖的比值,以及可溶性糖含量变化可以作为评价莲子陈化的指标。但由于本试验存在一定的局限性,未能检测莲子贮藏过程中大分子糖类含量与可溶性糖变化关系,后期可对这一关系开展研究,进一步阐明莲子陈化机理。

参考文献

1 郑宝东. 中国莲子种质资源主要品质的研究与应用[D]. 福州: 福建农林大学, 2004.

2 唐佩华, 姜在阶, 梅楚红, 等. 莲子蛋白的组成、溶性和品质[J]. 北京师范大学学报, 1998, 25(4): 532~537.

3 郑远斌, 吴锦忠. DNS 比色法测定莲子中多种糖的含量[J]. 福建中医学院学报, 2004, 14(4): 32~34.

4 郑宝东, 郑金贵, 曾绍校. 我国主要莲子品种营养成分的分析[J]. 营养学报, 2003, 25(2): 153~156.

5 Perdon A A, Marks B P, Siebenmorgen T J, et al. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal[J]. Cereal Chemistry, 1997, 74(6): 864~867.

6 Wattinee K, Sanguansri C. Effect of rice storage on pasting prop-

erties, swelling and granular morphology of rice flour [J]. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2012, 5(4): 315~321.

7 陈晓明, 朱鼎程. 洪泽湖野生红莲子、芡实、菱角中淀粉的理化性质研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 31~35.

8 张旻. 通芯白莲陈化机理的初步研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.

9 AOAC 编译委员会. 公定分析方法[M]. 第 15 版. 国家出入境检验检疫局, 译. 北京: 科学出版社, 1991.

10 陈静, 吴光斌, 陈发河. HPLC 测定采后莲雾果实中可溶性糖含量及在贮藏期的变化[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 103~105.

11 张书芬, 史萍萍, 王全林, 等. 液相色谱示差折光法测定蜂蜜中的果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 280~283.

12 方元, 许铭强, 汪欣蓓, 等. 超声波辅助提取哈密大枣多糖的工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 175~180.

13 郝明玉. 直投式发酵泡菜与自然发酵泡菜的比较研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.

14 Pushpamma P, Reddy M U. Physico-chemical changes in rice and jowar stored in different agro-climatic regions of Andhra Pradesh[J]. Bulletin of Grain Technology, 1979, 17(2): 97~108.

15 Cao Yu-hua, Wang Yun, Chen Xiao-li, et al. Study on sugar profile of rice during ageing by capillary electrophoresis with electrochemical detection[J]. Food Chemistry, 2004, 86(1): 131~136.

(上接第 149 页)

2 缪晨, 谢晶. 冷库空气幕流场的非稳态数值模拟及验证[J]. 农业工程学报, 2013(7): 246~253.

3 Xie Jing, Qu Xiao-hua, Shi Jun-ye, et al. Effects of design parameters on flow and temperature fields of a cold store by CFD simulation [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(2): 355~363.

4 汤毅, 谢晶, 王金锋, 等. 三维计算流体力学技术用于预测小型冷库内气流分布[C]//中国制冷学会. 第八届全国食品冷藏链大会论文集. 北京: 中国制冷学会, 2012.

5 缪晨, 谢晶. 空气幕的研究进展[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 237~262.

6 汤毅, 谢晶, 王金锋, 等. 计算流体力学在冷库优化中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 186~189.

7 刘妍玲, 张岩, 王世清, 等. 果蔬摆放形式对冷库内气流场分布影响的研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2008, 25(1): 24~27.

8 Chourasia M K, Goswami T K. Simulation of effect of stack dimensions and stacking arrangement on cool-down characteristics of potato in a cold store by computational fluid dynamics[J]. Biosystems Engineering, 2007, 96(4): 503~515.

9 Delele M A, Schenk A, Tijskens E, et al. Optimization of the humidification of cold stores by pressurized water atomizers

based on a multiscale CFD model[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(2): 228~239.

10 Tanaka F, Konishi Y, Kuroki Y, et al. The use of CFD to improve the performance of a partially loaded cold store[J]. Journal of Food Process Engineering, 2012, 35(6): 874~880.

11 Ergun S, Orning A A. Fluid flow through randomly packed columns and fluidized beds[J]. Industrial & Engineering Chemistry, 1949, 41(6): 1 179~1 184.

12 Delele M A, Schenk A, Tijskens E, et al. Optimization of the humidification of cold stores by pressurized water atomizers based on a multiscale CFD model[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(2): 228~239.

13 Delele M A, Vorstermans B, Creemers P, et al. CFD model development and validation of a thermonebulisation fungicide fogging system for postharvest storage of fruit[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(1): 59~68.

14 Lisowa H, Wujec M, Lis T. Influence of temperature and variety on the thermal properties of apples[J]. International Agro-physics, 2002, 16(1): 43~52.

15 Schotsmans W, Verlinden B E, Lammertyn J, et al. Factors affecting skin resistance measurements in pipfruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 25(2): 169~179.