

莲藕淀粉 RVA 谱特征和淀粉粒形态的研究

李良俊 张晓冬 沈新平 孙磊 谢科 顾丽 曹磊生

(扬州大学水生蔬菜研究室, 江苏扬州 225009)

摘要: 对莲藕根状茎成熟期淀粉特性的研究结果表明: 4个品种表观直链淀粉含量 (AAC) 从高到低依次为‘美人红’、‘鄂莲1号’、‘鄂莲4号’和‘武植2号’。根状茎中淀粉粒形态主要有近圆球形和长椭圆形两种, 武植2号和鄂莲4号近圆球形淀粉粒明显多于鄂莲1号、美人红。武植2号和鄂莲4号的淀粉糊化特性相似, 其峰值粘度均较高, 冷胶粘度显著低于峰值粘度, 且回复值较小, 消减值为负值; 鄂莲1号和美人红的峰值粘度均较小, 冷胶粘度接近甚至大于峰值粘度, 回复值、消减值均显著大于武植2号和鄂莲4号。AAC与峰值粘度和崩解值呈极显著负相关, r 分别为 -0.9748^{**} 和 -0.9793^{**} , 与回复值、消减值呈极显著正相关, r 分别为 0.9860^{**} 和 0.9804^{**} , 与冷胶粘度、峰值时间、糊化温度呈显著正相关, r 分别为 0.9339^{*} 、 0.9392^{*} 、 0.9130^{*} 。淀粉粒形态结构上的差异可能造成了淀粉糊化特性的差异。

关键词: 莲藕; 淀粉粒; 表观直链淀粉含量; RVA

中图分类号: S 645.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0534-05

Studies on Starch RVA Profile and Starch Granule Shape in Rhizome of *Nelumbo nucifera* Gaertn

Li Liangjun, Zhang Xiaodong, Shen Xinping, Sun Lei, Xie Ke, Gu Li, and Cao Beisheng
(Laboratory of Aquatic Vegetable, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: The research on starch characteristics of matured lotus rhizome indicated that: the sort order of the four lotus varieties's AAC from the highest to the lowest were: 'Meiren hong', 'Elia n 1', 'Elia n 4', 'Wuzhi 2'. Pellet and ellipse starch granules were found in lotus rhizome, the number of pellet starch granules in 'Wuzhi 2' and 'Elia n 4' was more than in 'Elia n 1' and 'Meiren hong'. RVA profile indicated that the starch gelatinization characteristics of 'Wuzhi 2' was similar to 'Elia n 4', their peak viscosity was both high and cool viscosity was below the peak viscosity far away, the consistence was very low and the setback was negative. But in 'Elia n 1' and 'Meiren hong', the peak viscosity was both low and cool viscosity was close to or even higher than peak viscosity, consistence and setback were significantly higher than the other two varieties. AAC in lotus rhizome was negatively correlated with peak viscosity and breakdown, with significant coefficients of -0.9748^{**} and -0.9793^{**} , but positively to consistence, setback, cool viscosity, peak time and pasting temperature with significant coefficients of 0.9860^{**} , 0.9804^{**} , 0.9339^{*} , 0.9392^{*} and 0.9130^{*} , respectively. The difference of starch granule form and configuration led to the difference of the starch gelatinization characteristics.

Key words: *Nelumbo nucifera* Gaertn; Starch granule; AAC; RVA

莲藕 (*Nelumbo nucifera* Gaertn) 是睡莲科多年生水生草本植物, 我国是原产地之一。近年来, 我国莲藕产品的出口创汇及其产业前景十分广阔^[1]。

淀粉是莲藕产品器官根状茎的主要成分, 约占鲜质量的 10% ~ 20%。但作为公认的营养滋补品的莲藕淀粉迄今尚未见有关研究和报道。但大量研究表明稻米和面粉等的蒸煮、食用、加工等品质, 与淀粉的含量 (尤其是直链淀粉的含量)、淀粉粒的大小及微观结构、淀粉的糊化特性等直接相

收稿日期: 2005 - 06 - 10; 修回日期: 2005 - 09 - 21

基金项目: 江苏省农业高技术项目资助 (BG2005313)

关^[2-5]。作者对莲藕成熟期淀粉中的表观直链淀粉含量、淀粉粒的微观结构、淀粉糊化特性及相互关系进行了研究,以期探明莲藕淀粉的理化特性,为进一步研究其与食用、加工品质的关系,加工专用品种的选育和配套栽培技术作理论准备。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为 4 个莲藕主栽品种:‘美人红’(晚熟)、“武植 2 号”(中熟)、“鄂莲 1 号”(早熟)、“鄂莲 4 号”(早中熟)。试验在扬州大学水生蔬菜试验基地进行,栽培管理同普通大田。

在莲藕地上部立叶开始枯死时,任取 4 个品种生长正常、大小相近的 3 支主藕,迅速带回实验室,洗净拭干,切除藕节,取出用于淀粉粒观察的样品,其余部分用于提取淀粉。

1.2 方法

1.2.1 淀粉提取 参照 Collado 等^[5]的方法。表观直链淀粉含量的测定参照樊明涛等^[6]的方法。重复 3 次,结果取平均值。

1.2.2 淀粉粘滞性分析 用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 Super 3 型 RVA (Rapid Viscosity Analyzer) 快速测定仪测定淀粉粘滞特性,并用 TCW (Thermal cycle for windows) 配套软件分析。按 AACCC (美国谷物化学协会) 规程 (1995-61-02) 和 RAC 标准方法^[7],当莲藕淀粉含水量为 12.00% 时,样品量为 3.0000 g,蒸馏水为 25.0000 g。在搅拌中,罐内温度先于 50℃ 下保持 1 min,以 12.0℃/min 的速度上升到 95℃ 并保持 2.5 min,再以 12.0℃/min 的速度下降到 50℃ 并保持 1.4 min。搅拌器的转动速度在起始 10 s 内为 960 r/min,之后保持在 160 r/min。

莲藕淀粉 RVA 特性指标和含义为:峰值粘度 (Peak viscosity): 即温度达 95℃ 时的最高粘度;热浆粘度 (Hot viscosity): 是淀粉粒膨胀至极限后破裂而不再产生相互摩擦,使糊液粘度急剧下降所致,它反映了淀粉在高温下耐剪切能力,是影响食品加工操作难易的因素之一;冷胶粘度 (Cool viscosity): 是指由于温度降低后被直链淀粉和支链淀粉所包围的水分子运动变弱而使糊液粘度再度上升所致,冷胶粘度大意味着室温下糊液硬;崩解值 (Breakdown): 峰值粘度 - 热浆粘度;消减值 (Setback): 冷胶粘度 - 峰值粘度;回复值 (Consistence): 冷胶粘度 - 热浆粘度;糊化温度 (Pasting temperature) 即熟化给定淀粉试样所需的最低温度,峰值时间 (Peak time) 即粘度达到峰值时所需要的时间。粘滞性单位为 cP (centi-Poise, 厘泊),是一种扭力单位。测定重复 3 次,结果取平均值。

1.2.3 淀粉粒的观察 用双面刀片从根状茎中部切取大小为 1 mm × 1 mm × 4 mm 的长方体小块,2.5% 戊二醛和锇酸液固定,丙酮脱水,CO₂ 临界点干燥, B-3 型离子溅射仪喷金, Philips XL30-ES-EM 型扫描电镜观察。

2 结果与分析

2.1 莲藕成熟期淀粉 RVA 谱特征

4 个品种成熟期淀粉的粘度曲线特征值见表 1。从表 1 可以看出,武植 2 号、鄂莲 4 号淀粉的粘度随温度变化规律较为相似,它们的峰值粘度和崩解值均极显著高于鄂莲 1 号和美人红;冷胶粘度远远低于峰值粘度,消减值为负值,且 4 品种间存在极显著差异;回复值较小,均显著小于鄂莲 1 号和美人红;美人红的冷胶粘度大于峰值粘度,且极显著大于其它品种,回复值、消减值也均显著或极显著大于其它品种。

淀粉糊化过程中粘度的变化可分为 4 个阶段。第 1 阶段:淀粉粒在开始加热、温度未达到糊化温度时,水分只是由淀粉粒上的孔隙进入粒内,与许多无定形部分的极性基团相结合,或者是简单的吸着,粘度曲线平缓^[9]。武植 2 号的淀粉粘度开始变化最早,大约在 3 min 左右,糊化温度最低,为 61.6℃,美人红淀粉粘度开始变化最迟,大约在 4 min 左右,糊化温度最高,为 65.1℃。第 2 阶段:

当温度达到糊化起始温度时,淀粉粒开始大量吸水、不可逆转地剧烈膨胀,淀粉粒外围的支链淀粉层被胀裂,淀粉悬浮液就逐渐变成高粘度糊浆,破裂的支链淀粉在糊浆中形成凝胶,内部的直链淀粉分子游离出来,在糊浆中形成溶胶(凝胶的粘度比溶胶大得多),悬浮液变成粘稠状,粘度呈迅速上升之势^[8,9]。4品种中武植2号的峰值粘度最高,为4 746 cP,美人红最低,仅为2 581 cP。第3阶段:淀粉糊化后继续加温或保持温度,淀粉分子间距离拉大,由凝胶态变为溶胶态,出现稀懈现象,粘度下降。反映在粘度曲线上粘度达到最大值以后的下降阶段,热浆粘度是这个粘度降低过程的终点。4品种中武植2号淀粉的热浆粘度最高为1 842 cP,鄂莲1号热浆粘度最低为1 666 cP。第4阶段:由于温度下降,分子运动减慢,水合并分散的淀粉分子重新缔合,出现胶凝现象,使淀粉糊的粘度上升。4个品种中美人红冷胶粘度最高,为2 862 cP,鄂莲1号次之,武植2号最低,为2 644 cP。

表 1 4个品种淀粉粘度曲线特征值及表观直链淀粉含量

Table 1 AAC and characteristic values of RVA profile of four lotus root cultivars

品种 Cultivars	峰值粘度 Peak viscosity (cP)	热浆粘度 Hot viscosity (cP)	崩解值 Breakdown (cP)	冷胶粘度 Cool viscosity	回复值 Consistence (cP)	消减值 Setback (cP)	峰值时间 Peak time (min)	糊化温度 Pasting temperature ()	AAC (%)
武植 2号 Wuzhi 2	4 746A	1 842a	2 904A	2 644b	802b	- 2102D	5.8b	61.6c	31.2d
鄂莲 4号 Elian 4	4 389A	1 799a	2 590A	2 670b	871b	- 1719C	6.5b	63.9b	32.8c
鄂莲 1号 Elian 1	3 229B	1 666b	1 563B	2 698b	1 032a	- 531B	6.7b	64.7ab	34.3b
美人红 Meirenhong	2 581C	1 713b	868C	2 862a	1 149a	281A	9.1a	65.1a	36.5a

注: 大写和小写字母分别表示 1% 和 5% 差异显著水平。

Note: Small and capital letters indicate 5% and 1% significant level, respectively.

2.2 表观直链淀粉含量 (AAC) 与 RVA 特征值的关系

由表 1 可见, AAC 越低的品种, 其淀粉的峰值粘度、崩解值越大, 冷胶粘度、回复值和消减值越小, 峰值时间越短、糊化温度越低。如武植 2 号和美人红, AAC 分别为 31.2% 和 36.5%, 前者的峰值粘度、崩解值分别达 4 746 cP 和 2 904 cP, 后者分别仅为 2 581 cP 和 868 cP; 相反, 前者的冷胶粘度、回复值和消减值分别为 2 644 cP、802 cP 和 - 2 102 cP, 而后者分别为 2 862 cP、1 149 cP 和 281 cP; 峰值时间前者为 5.8 min, 后者为 9.1 min; 糊化温度前者为 61.6 , 而后者为 65.1 。相关分析显示, AAC 与峰值粘度和崩解值呈极显著负相关, 相关系数分别为 - 0.9748^{**} 和 - 0.9793^{**}, 与回复值、消减值呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.9860^{**} 和 0.9804^{**}, 与冷胶粘度、峰值时间、糊化温度呈显著正相关, 相关系数分别为 0.9339^{*}、0.9392^{*}、0.9130^{*}。

2.3 莲藕成熟期淀粉粒的超微结构

莲藕成熟期根状茎中淀粉粒主要有两种形态: 一种体积较大, 呈长椭圆形; 另一种体积较小, 近圆球形, 它们或单独游离在细胞中, 或通过网状膜系统连接在一起, 形成半复粒淀粉。品种间的比较发现, 武植 2 号、鄂莲 4 号根状茎中近圆球形淀粉粒明显多于美人红和鄂莲 1 号, 且淀粉粒之间排列紧密, 细胞充实度较高。鄂莲 1 号、美人红成熟期根状茎中中椭圆形淀粉粒明显多于武植 2 号、鄂莲 4 号, 这类淀粉粒的体积相对较大, 长轴可达 55.8 ~ 65.6 μm, 短轴可达 20.5 ~ 29.8 μm, 排列相对疏松, 细胞中只有少数近圆球形淀粉粒, 且基本都单独游离于细胞中 (图 1)。

3 讨论

3.1 莲藕 AAC 和 RVA 谱的关系

AAC 是影响 RVA 谱特征的重要因素^[10,11]。淀粉粒中存在由支链淀粉构成的无定形区和由直链淀粉构成的结晶区两部分, 结晶区是热力学稳定结构^[8], AAC 的增加, 将伴随着淀粉糊化温度的增加和峰值粘度的降低^[12]。4 个品种中以美人红 AAC 最高, 故其淀粉粒的结构最为稳定, 破坏这种结构所需要的能量也高于其它淀粉粒结构, 所以其淀粉粘度开始变化所需的时间最长, 所需要的糊化温度也最高; 相反, 武植 2 号 AAC 最低, 其淀粉粘度开始变化所需的时间最短, 所需要的糊化温度最低。

淀粉在糊化过程中随着温度的上升淀粉粒急剧膨胀, 直至被胀裂形成糊浆, 胀裂的支链淀粉在糊浆中形成凝胶, 直链淀粉在糊浆中形成溶胶, 支链淀粉含量越高, 糊浆中形成的凝胶就越多, 粘度也就越高^[8]。武植 2号支链淀粉含量最高, 形成糊浆的粘度也最高, 其峰值粘度最大。而美人红支链淀粉含量最低, 故其峰值粘度表现最小。4个品种中美人红的冷胶粘度最高、武植 2号最低, 主要是由于线型直链淀粉分子的缔合比支化的支链淀粉分子容易得多, 含直链淀粉较多的淀粉生成凝胶的过程通常极为迅速^[9]。莲藕 AAC与峰值粘度和崩解值呈极显著负相关, 与糊化温度、回复值、消减值呈极显著正相关, 与冷胶粘度呈显著正相关。

3.2 莲藕淀粉特性与加工、食用品质的关系

本试验中武植 2号和鄂莲 4号成熟期根状茎中淀粉含量高, 其中体积较小的近圆球形淀粉粒多, 排列整齐且紧密, 间隙小, 而鄂莲 1号和美人红淀粉含量低, 以体积较大的马铃薯状淀粉粒为主, 且排列疏散, 间隙大。这可能导致 4个品种间淀粉的糊化特性的差异, 尤其武植 2号和鄂莲 4号淀粉的崩解值极显著大于美人红和鄂莲 1号, 而消减值和回复值极显著和显著小于美人红和鄂莲 1号。这与武植 2号和鄂莲 4号常用作加工藕粉或者煮食的实际一致, 且煮食和制作蜜汁糯米藕则口感粉、酥, 柔软、韧滑。而美人红和鄂莲 1号在成熟期淀粉的粘度较低, 淀粉不易糊化, 目前多用作加工脆嫩爽口的盐渍藕、速冻藕等产品, 供炒食或鲜食。至于上述莲藕淀粉特性与加工、食用品质究竟有何关系, 尚待进一步研究。

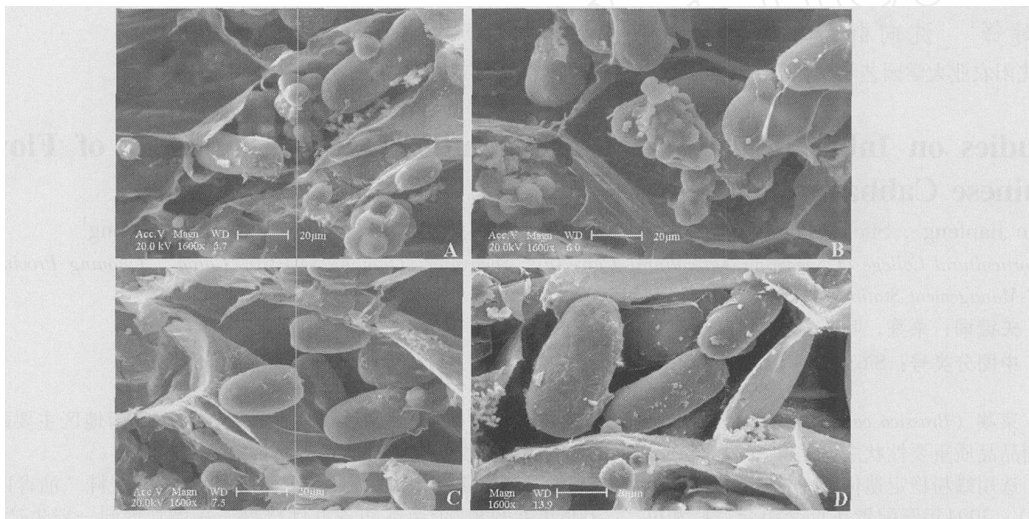


图 1 扫描电镜下莲藕淀粉粒的超显微形态与排列状况

A. 武植 2号; B. 鄂莲 4号; C. 鄂莲 1号; D. 美人红。

Fig. 1 Shape and array status of lotus starch granule under scanning electron microscope

A. Wuzhi 2; B. Elian 4; C. Elian 1; D. Meirenhong

参考文献:

- 1 赵有为. 中国水生蔬菜. 北京: 中国农业出版社, 1999. 18~39
Zhao YW. Chinese aquatic vegetable. Beijing: China Agricultural Press, 1999. 18~39 (in Chinese)
- 2 胡培松, 翟虎渠, 唐绍清, 万建民. 利用 RVA 快速鉴定稻米蒸煮及食味品质的研究. 作物学报, 2004, 30 (6): 519~524
Hu P S, Zhai H Q, Tang S Q, Wan J M. Rapid evaluation of rice cooking and palatability quality by RVA profile. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30 (6): 519~524 (in Chinese)
- 3 Crosbie G B, Ross A S, Moir T, Chiu P C. Starch and protein quality requirements of Japanese alkaline noodle (Ramen). Cereal Chemistry, 1999, 76 (3): 471~475
- 4 Ross A S, Quail K S, Crosbie G B. Physicochemical properties of Australian flours influencing the texture of yellow alkaline noodles. Cereal Chemistry, 1997, 74: 814~820
- 5 Collado L S, Corke H. Properties of starch noodles as affected by sweet potato genotypes. Cereal Chemistry, 1997, 74: 182~187
- 6 樊明涛, 王银瑞, 艾启俊. 绿豆淀粉的提取和绿豆淀粉性质的研究. 北京农学院学报, 1996, 11 (2): 57~62

- Fan M T, Wang Y R, Ai Q J. Studies on extraction and characteristics of mungbean starch. Journal of Beijing Agricultural College, 1996, 11 (2): 57~62 (in Chinese)
- 7 American Association of Cereal Chemistry (AACC). Approved methods of the AACC, 9th ed. Methods 61-02 for RVA. The association: St Paul MN, 1995. 160
- 8 高嘉安. 淀粉与淀粉制品工艺学. 北京: 中国农业出版社, 2001. 22~29
- Gao J A. Starch and starch production technology. Beijing: China Agricultural Press, 2001. 22~29 (in Chinese)
- 9 黄华宏, 陆国权, 舒庆尧, 朱玉球. 甘薯淀粉 RVA测定程序初探. 食品科学, 2003, 24 (11): 26~30
- Huang H H, Lu G Q, Shu Q Y, Zhu Y Q. Study on testing procedure of rapid visco analyser for sweet potato starch. Food Science, 2003, 24 (11): 26~30 (in Chinese)
- 10 黄立新. 荸荠淀粉的研究. 华南理工大学学报 (自然科学版), 1994, 22 (3): 16~23
- Huang L X. A study on the water chestnut starch. Journal of South China University of Technology (Natural Science), 1994, 22 (3): 16~23 (in Chinese)
- 11 Bason M L, Blakeney A B, Booth R. Assessing rice quality using the RVA—results of an international collaborative trial. RVA World, 1994 (6): 2~5
- 12 Jane J, Chen Y Y, Lee L F, Mcpherson A E, Wong K S, Radosavljevic M, Kasemsuan T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. Cereal Chemistry, 1999, 76 (5): 629~637

菜薹无蜡粉性状遗传规律初探

赵建锋¹ 沈向群^{1*} 张海楼¹ 刘 镜¹ 蒋守义² 刘 同¹

(¹沈阳农业大学园艺学院, 辽宁沈阳 110161; ²辽宁省锦州市种子管理站, 辽宁锦州 121000)

Studies on Inheridity of Leaf and Stalk Waxless Character of Flowering Chinese Cabbage

Zhao Jianfeng¹, Shen Xiangqun^{1*}, Zhang Hailou¹, Liu Jing¹, Jiang Shouyi², and Liu Tong¹

(¹Horticultural College of Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; ²Liaoning Province Jinzhou Seed Management Station, Jinzhou, Liaoning 121000, China)

关键词: 菜薹; 叶薹; 蜡粉; 遗传

中图分类号: S 634.5 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 03-0538-01

菜薹 (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) 又称菜心, 是广东乃至华南地区主要蔬菜之一。其商品品质重要性状之一是叶和薹无蜡粉有光泽。本试验初步研究了菜薹蜡粉性状的遗传规律。

选用蜡粉稳定遗传的‘法 45 天抗热’大白菜核不育甲型两用系可育株 (P_1) 和无蜡粉的材料‘油青四九菜心’ (P_2), 2004 年春配置正反交组合, F_2 和 BC_1 , 2005 年春栽植 2 个亲本和各世代材料, 栽培管理同一般生产水平。各材料在商品成熟期进行蜡粉叶薹鉴定, 并进行分类统计, 应用孟德尔遗传原理进行分析, 对蜡粉有分离的世代进行²的适合性测验。

结果表明: 上述有蜡粉与无蜡粉材料杂交, 无论正交或者反交 F_1 的叶和薹均表现有蜡粉, 说明供试材料叶薹的蜡粉遗传是受核基因控制的, 有蜡粉性状为完全显性; 在 F_2 和 BC_1 世代均出现有蜡粉和无蜡粉的分离 (表 1), F_2 世代分离比例为 3:1, BC_1 世代分离比例为 1:1, 各分离世代符合理论比例的概率达 0.95 以上。从上述遗传表现可见, 商品成熟菜薹的叶薹有蜡粉对无蜡粉是由 1 对完全显性基因控制。另外试验表明叶薹的蜡粉遗传与细胞核雄性不育基因 (MS) 和育性恢复基因 (MS^f) 没有连锁关系, 属于独立分离。

表 1 菜薹有蜡粉‘法 45 天抗热’ (P_1) 和无蜡粉‘油青四九菜心’ (P_2) 杂交后代蜡粉分离比例

Table 1 Wax segregation ratio of cross between wax F45A and waxless flowering Chinese cabbage

组合世代 Genera- tions	$P_1 \times P_2$			$P_2 \times P_1$		
	有蜡粉 Wax	无蜡粉 Waxless	期望 值 E	有蜡粉 Wax	无蜡粉 Waxless	期望 值 E
P_1	36		1.0	36		1.0
P_2		32	0.1		32	0.1
F_1	56		1.0	46		1.0
F_2	65	23	3.1	0.015		
BC_1	34	38	1.1	0.125		

收稿日期: 2005-11-02; 修回日期: 2006-01-16

* 通讯作者 Author for correspondence