藕淀粉的加工性能研究

闵燕萍[1], 陈宗道[1], 钟 耕[1,2※], 陈 恋[1], 王春艳[1]
(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 313000)

摘 要: 该文从化学成分、淀粉颗粒大小、淀粉糊、热力学、淀粉颗粒形态和表面结构以及对酶水解耐受力等方面, 对藕淀粉的加工性质进行了较为详尽的研究。结果表明, 藕淀粉(重庆产)的水分含量为 15.32%、蛋白质 0.16%、脂肪 0.07%、粗纤维 0.02%、灰分 0.54%、磷 0.053%, 其直链淀粉含量(30.61%)高于玉米淀粉的。藕淀粉的平均粒径为 50.27 μm, 而玉米淀粉的为 38.97 μm。藕淀粉颗粒呈小圆形和椭圆形, 但在某些淀粉颗粒一端有凹陷。淀粉的 X-衍射图谱为 B 型, 糊化温度为 54.09℃, 透明度为 57.9%, 淀粉糊达到最大黏度即呈现平缓的特征, 黏度峰值远低于玉米淀粉糊的。该研究对实际生产中, 提高藕淀粉得率和纯度以及应用具有指导意义。

关键词: 藕淀粉; 形态; 热力学; 加工性质
中图分类号: TS231 **文献标识码**: B **文章编号**: 1002-6819(2007)1-0259-05

闵燕萍, 陈宗道, 钟 耕, 等. 藕淀粉的加工性能研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 259- 263.
Min Yanping, Chen Zongdao, Zhong Geng, et al. Processing properties of lotus starch[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 259-263. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

莲藕, 属睡莲科、多年生草本植物, 原产亚热带多雨地区, 在中国已有 3000 多年的栽培历史。作为传统的中药材, 莲藕具有清热、解暑、治腹泻、痢疾和头昏的功能[1,2]。莲藕在中国栽培分布广泛, 藕中含有近 80% 的水份, 蛋白质含量较低, 只有 1%~2% ; 粗纤维含量约为 1% , 且长度较大; 淀粉含量占 10%~12% , 其余为可溶性糖, 果胶类的胶体物含量很少[3]。另外, 新鲜莲藕质地脆, 易于切块、切片、破碎和研磨, 同玉米、木薯、甘薯相比, 莲藕极易提取淀粉。传统的藕粉生产方法比较简便, 经除杂、清洗、磨碎、过滤除渣、沉淀、捣碎、晒干或烘干等步骤, 即可制得藕粉。

从莲藕中提取的淀粉称为藕粉, 含有止血的鞣质等成分, 适宜于热性病患者、肠胃机能障碍患者、产妇、儿童及老人服用, 是一种食用方便、味清气芳、易于消化的理想滋补食品。淀粉作为重要的可再生资源, 越来越受到世界各国的重视。淀粉的理化和功能性质因品种、产地、栽培条件的不同而变化。淀粉的应用领域极为广泛, 随着经济发展, 对淀粉的需求也逐年增加。除了开发现有的淀粉资源用途, 人们对新的淀粉资源和传统的但尚未得到有效利用的淀粉资源开发也极为重视。淀粉是莲藕的主要营养成分, 它的理化特性和功能特性对莲藕食品的品质及其稳定性起着决定性的作用。莲藕中的淀粉相对于其他的营养成分来讲, 含量占第一位, 对其特性的研究与开发有着实际的意义。Suziki 等人[4]对产自日本的藕淀粉进行了分析, 中国也有对藕淀粉的颗粒性质和糊化温度进行研究的[5,6]。藕(淀)粉可作为食品加工原料, 用于硬胶囊壁材、即食食品、糖果糕点等生产, 但对其加工性质的研究极少。本文对藕淀粉的化学组成、颗粒形态、热力学性质等进行了较为详尽的研究, 为藕淀粉的应用提供理论依据和实践指导。

收稿日期: 2006-03-22 修订日期: 2006-12-28
作者简介: 闵燕萍(1968-), 女, 主要从事粮油加工研究。重庆 西南大学食品科学学院, 400715。Email: mypswau@126.com
※通讯作者: 钟 耕, 男, 教授, 博士, 主要从事淀粉研究。重庆 西南大学食品科学学院, 400715。Email: zhongdg@126.com

1 材料和方法

1.1 试验材料

藕淀粉(莲藕品种: 鄂莲三号): 产自重庆市忠县, 质量符合食用玉米淀粉国家标准(GB8885- 88)中的质量和卫生指标; 玉米淀粉: 购自美国 Sigma 公司, 作比较用; 其它的有机、无机化学试剂、酶制剂(猪胰 α-淀粉酶: E. C. 3.2.1.1. VIB 型)购自美国 Sigma 公司, 除注明外, 均为分析纯。

1.2 试验仪器和设备

激光散射仪: Laser Light Scatter, Mastersizer, UK; 光学(偏光)显微镜: Image capture & analysis, Carl Zeiss Micro-Imaging Inc., NY, USA; 电子扫描电镜: LEO 982 Field Emission Electron Microscope, LEO Electron Microscopy Inc. NY, USA; X-射线衍射仪: Scintag XDS 2000, USA; 差示量热扫描仪: DSC-7, Perkin Elmer, USA; 快速粘度测定仪: Rapid Visco-Analyser RVA-4(Newport Scientific Pty, Ltd, Warriewood, NSW, Australia); 电感耦合等离子体直读光谱仪: Jarrell-Ash 965 ICP instrument, USA; 紫外可见分光光度计: Spectronic Genesys 2, Spectronic Instruments Inc., USA。

1.3 试验方法

1) 化学成分测定

淀粉样品的化学成分, 即水分、脂肪、粗纤维的分析采用 AOAC(Association of Official Analytical Chemists, 美国官方分析化学师协会)方法[7], 灰分的测定采用 GB/T 12086- 1989[8]; 蛋白质测定参照 Etheridge and Pesti[9]的方法, 蛋白质系数6.25; 可溶性糖的测定参照 Whistler[10]的方法; 常量和微量元素的测定采用电感耦合等离子体直读光谱仪。

淀粉纯度按下列公式计算:

纯度% = 100% - (粗蛋白% + 脂肪% + 灰分% + 粗纤维% + 可溶性糖%)

2) 直链淀粉含量测定采用 Martinez[11,12]方法。

3) 淀粉颗粒度分布测定采用激光散射仪[13]。

4) 淀粉的形态学测定分别采用数码偏光显微镜和扫描电镜进行观察并成像。

5) 淀粉的晶体结构测定采用 X- 射线衍射法[14],淀粉样品与异丙醇混合,平铺于载玻片上,在饱和相对湿度、室温下放置 24 h。测定条件为 Cu 靶,工作电压 35 kV,电流 20 mA,发射及防反射狭缝 1°,接受狭缝 0.2 mm,扫描速度 2°/min,扫描范围 3°~35°,步宽 0.02°。

6) 藕淀粉的糊化温度和焓变测定采用差示量热扫描仪(Perkin Elmer DSC-7)。称取淀粉样品约 10 mg 置于已知质量的样品盘中,按照水与淀粉比例 2∶1,用微量调节注射器加入已计算好的水量,迅速密封并放置 1 h 以平衡水分。测试条件为温度范围 25~ 100℃, 升温速度 5℃/min。所得结果为重复三次的平均值。

7) 淀粉糊性质的测定是配制浓度为 8%(w/w,淀粉干重,淀粉乳液总重 28 g)于快速粘度仪中,初始温度为 30℃,以 6℃/min 升温至 95℃并保持 5 min,以同样的速度降温至 50℃并保持 5 min,搅拌速度为 160 r/min。结果为重复二次的平均值。

8) 淀粉的透明度测定是配制浓度为 1%(w/w,淀粉干重)的淀粉乳液,于沸水中加热 30 min,快速冷却至 25℃,以去离子水为对照,在 650 nm 波长的分光光度计中测定透光率,重复一次。

9) 参见文献[13]淀粉耐酶水解能力测定。

试验数据分析采用 DPS 统计软件[15]。

2 结果与分析

2.1 藕淀粉的化学成分

藕淀粉(重庆产)的化学组成见表 1,其中蛋白质(0.16%)和脂肪(0.07%)含量相当低。

表 1 藕淀粉和玉米淀粉的化学组成和直链淀粉含量

Table 1 Chemical composition and amylose content of lotus and corn starches %

淀粉	水分	蛋白质	粗脂肪	粗纤维	灰分	可溶性糖	直链淀粉	纯度	透明度
藕淀粉	15.32	0.16	0.07	0.02	0.54	0.05	30.61	99.16	57.9±0.6
玉米淀粉	11.93	0.29	0.07	0.03	0.09	0.03	23.19	99.49	24.1±0.4

采用兰值测定的藕淀粉直链淀粉含量为 30.61%,明显高于 Suziki 等人[4]的采用兰值和碘亲和测定日本藕淀粉的结果。这种结果差别可能主要来自于原料品种和(或)生长条件的不同。

淀粉在分离提取时采用的方法不同,淀粉中的次要化学成分和矿物质的含量取决于植物的来源和提取方法。藕淀粉中的次要成分含量见表 2(试验中采用的 Jarrell-Ash 965 ICP 仪器一次只能测定常见 20 种元素的含量)。磷的含量高低对淀粉性质影响很大,本试验的藕淀粉磷含量比 Suziki 等人[4]测定的结果高。尽管藕淀粉糊呈淡灰褐色,其透光值(见表 1)却高于木薯、葛根、玉米淀粉糊(前两者未列出),这可能与磷的含量有关。马铃薯淀粉糊的透光值高(91.5%),就是因其含有较高的单磷酸脂[16],而藕淀粉中磷的存在形态还需进一步研究。

表 2 藕淀粉微量组分

Table 2 Minor constituents of lotus starch

/mg·kg^{-1}

P	Ca	K	Na	Mg	Fe	Cu	Ba	Pb	Cd
530.0	410.09	50.58	72.83	8.09	5.67	0.18	1.47	0	0.23
Ni	Si	Zn	Sr	Mn	Cr	Co	B	As	Al
0.01	7.85	0	2.36	4.00	0.07	0	0.13	0	4.74

2.2 藕淀粉的粒度分布

藕淀粉粒度的大小和分布情况见图 1。藕淀粉的粒度分布为双峰型且分布宽,玉米淀粉为单峰型且分布窄。藕淀粉和玉米淀粉的中位径(大于和小于此粒径的淀粉粒各占 50%,median diameter)分别为 26.04 μm 和 13.14 μm,而藕淀粉和玉米淀粉的平均粒径为 50.27 μm 和 38.97 μm,藕淀粉的平均粒径比常见的植物淀粉中平均粒径最大的马铃薯淀粉还要大[17]。藕淀粉在提取过程中,其沉降速度极快,采用传统的沉淀池法或流槽法很难将细小的沙砾分离,这可能与藕中的胶质含量少和藕淀粉粒度分布宽及粒度大有关。

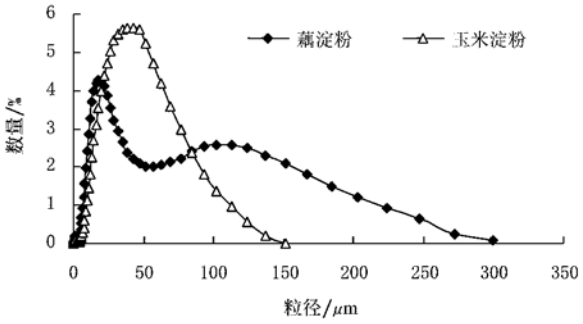


图 1 淀粉粒度分布

Fig. 1 Particle size distribution of starch

2.3 淀粉粒的显微观察

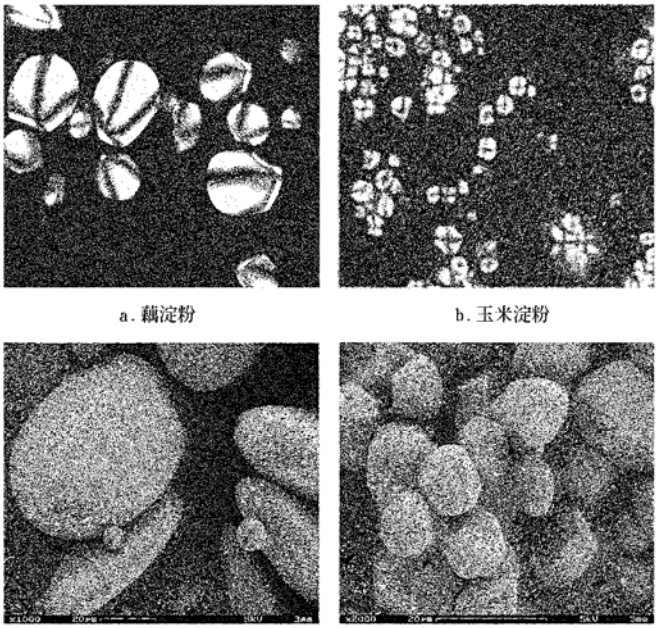
藕淀粉和玉米淀粉的偏光显微镜和扫描电镜结果见图 2a~d。藕淀粉 a 的双折射视强度大,偏光十字强烈偏向凹陷端,特征明显,而玉米淀粉 b 的偏光十字接近颗粒中心,视强度稍弱。

藕淀粉(图 2c, ×1000)呈小圆球形和典型的椭圆形或园盘形,表面光滑,一端有凹陷;而玉米淀粉(图 2d, ×2000)则呈多角形,表面有凹陷和突起。

2.4 淀粉的结晶特性

淀粉的 X-射线衍射图可揭示淀粉粒晶体结构特征,藕淀粉和玉米淀粉的 X-射线衍射谱见图 3。A 型淀粉在 2θ 为 15.3°、17.0°、18.0°、19.7°、22.2°、23.4°有衍射峰,B 型为 5.5~ 5.6°、15.0°、17.0°、19.7°、22.2°和 24.0°,而 C 型为 5.5°、17.0°、18.0°、20.0°和 23.5°[18]。A 型和 B 型淀粉 X-射线衍射图的差别就在于

B 型淀粉在 5~ 6℃有相对较强的峰出现, 而 A 型淀粉在此没有峰强。本试验中的藕淀粉为 B 型淀粉, 玉米淀粉为 A 型淀粉。日本的藕淀粉晶体存在 Cb 型和 B 型两种不同的结构[4], 研究表明[19]这种差异可能是藕淀粉的晶体结构易受生长环境温度和其它条件的影响。Hizukuri 等人[20]对大豆和红薯淀粉的研究表明, C 型淀粉对环境温度高度敏感。



a、b—偏光显微照片　c、d—扫描电镜照片

图 2　淀粉偏光显微和扫描电镜照片

Fig. 2　Scanning Electron Microscope(SEM) and polarizing microscope images of lotus and corn starches

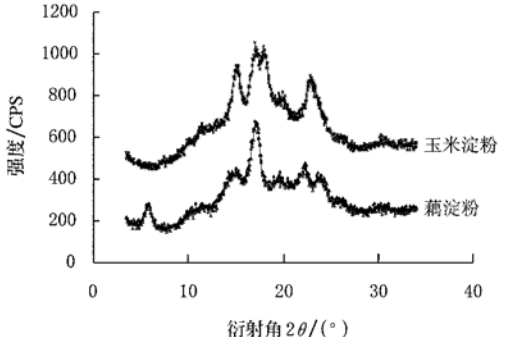


图 3　淀粉的 X-射线衍射图

Fig. 3　X-ray diffraction patterns of corn and lotus starches

2.5　淀粉的热力学性质

淀粉的差显量热扫描(DSC) 测定结果见表 3。淀粉糊化起始温度 (T_o)、糊化峰温(T_p)、糊化结束温度(T_c)、热焓(ΔH) 和糊化温度范围值($T_c - T_o$)。藕淀粉的糊化起始温度为 54.09℃, 要低于玉米淀粉的 60.67℃, 而藕淀粉的糊化温度范围值(13.65℃) 则比玉米淀粉的(9.35℃) 宽, 藕淀粉的热焓要高于玉米淀粉的。Noda 等人[21]推测, 淀粉的 DSC 参数受淀粉结晶区域分子结构的影响, 与支、直链淀粉的比例有关。

表 3　藕淀粉和玉米淀粉的热力学性质

Table 3　Thermal properties of lotus and corn starches

	T_o/℃	T_p/℃	T_c/℃	ΔH/J·g^{-1}
藕淀粉	54.09±0.09	60.30±0.45	67.74±0.34	5.77±0.12
玉米淀粉	60.67±0.32	65.04±0.51	70.02±0.11	2.61±0.20

注: T_o— 糊化起始温度; T_p— 糊化峰温; T_c— 糊化结束温度; ΔH — 热焓。结果为三次重复的平均值。

2.6　淀粉糊性质

采用快速粘度分析仪(RVA) 测定的淀粉糊性质见表 4 和图 4。藕淀粉糊有不太明显的峰值粘度, 其冷热糊稳定性都很好, 但凝胶性不强, 这表明, 藕淀粉粒脆性大, 在加热搅拌下容易破碎或变形, 与其它淀粉相比, 在糊温冷却时, 也不易形成凝胶。而玉米淀粉糊则有明显的峰值粘度, 在加热或冷却时, 淀粉糊粘度值变化很大, 表明玉米淀粉糊的稳定性差。

表 4　藕淀粉、玉米淀粉的 RVA 特性值

Table 4　Rapid visco-analyzer pasting profiles(8%, db) of lotus and corn starches

淀粉	成糊温度/℃	粘度峰值/CP	谷值/CP	破损值[1]/CP	终粘度[2]/CP	回老值[3]/CP
藕淀粉	70.20	396	299	97	473	174
玉米淀粉	73.70	1613	864	749	1879	1015

注: 1. 破损值= 峰值- 谷值; 2. 终粘度= 冷却终点粘度值; 3. 回老值= 终粘度- 谷值。

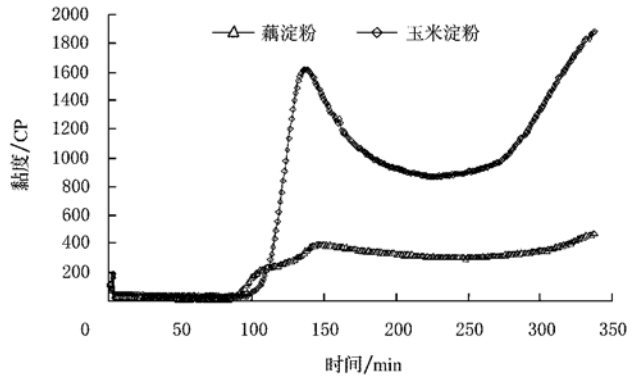


图 4　藕淀粉糊与玉米淀粉糊性质

Fig. 4　Pasting characteristics of lotus starch compared with corn starch

2.7　淀粉的耐酶水解能力

生淀粉粒被猪胰 α-淀粉酶水解的程度和作用方式见图 5, 6。藕淀粉对 α-淀粉酶有很强的抗水解能力, 从电镜图中可见, 经 72 h 作用后, 藕淀粉颗粒没有明显的变化, 仅是在表面出现一些微孔, 图 5a、b 中藕淀粉经 α-淀粉酶水解产生的总糖和还原糖的情况也说明了这一点, 与马铃薯淀粉的 α-淀粉酶水解相似[17]。而玉米淀粉则对 α-淀粉酶极为敏感, 经 24 h 水解产生的总糖和还原糖比经 72 h 作用藕淀粉产生的量还高, 酶解后玉米淀粉颗粒形态不完整。

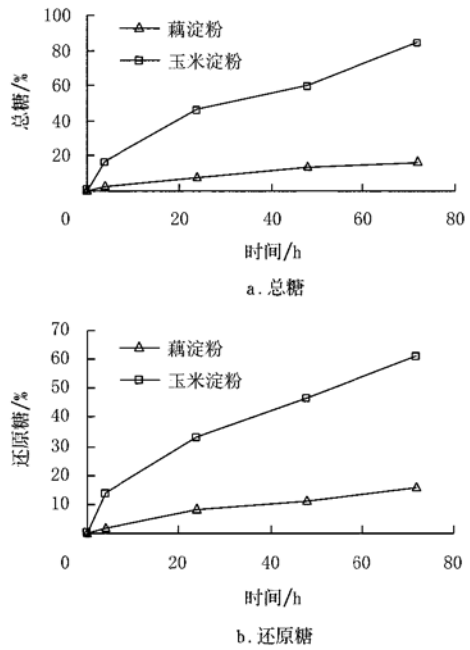


图 5 淀粉在 37℃被 α-淀粉酶水解

Fig. 5 Starches enzyme hydrolysised at 37℃ by α-amylase

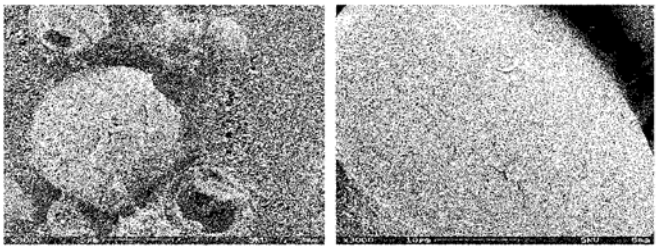


图 6 α-淀粉酶作用的淀粉颗粒扫描电镜图

Fig. 6 Scanning electron microscope images of action by porcine pancreatic α-amylase on lotus and corn starches

3 结 论

藕淀粉(重庆产)中直链淀粉的含量为 30.61%,淀粉颗粒呈小圆形和椭圆形,一端有凹陷,平粒径大且分布呈双峰型,对其要得到高的提取率和纯度难度大。与玉米淀粉的偏光十字相比,清晰度大,特征明显;X-射线衍射分析表明,藕淀粉晶体结构为 B 型;对 α-淀粉酶具有极强的抗水解能力,因此用于某些降糖型药物的填充剂,副作用小。

本研究报道了藕淀粉的颗粒形态、淀粉颗粒的大小及分布规律、热力学性质和耐酶水解的能力,对藕淀粉产品的鉴别、淀粉的提取工艺设计和设备选型、淀粉的应用有实际指导作用。

[参 考 文 献]

[1] Lee K, Choi Y M, Noh D O, et al. Antioxidant effect of Korean traditional lotus liquor (YunYuPju)[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2005, 40: 709- 715.

[2] Fan L L, O'Keefe D D, Powell W W J. Pharmacologic studies on radix puerariae: effect of puerarin on regional yocardial blood flow and cardiac hemodynamics in dogs with acute myocardial isochemia [J]. Chin Med J, 1985, 98: 821- 832.

[3] 佚名. 莲 藕 [EB/OL]. http://www. hzag. gov. cn/gcjs/2004618165446.

[4] Suzuki A, Kaneyama M, Shibanuma K, et al. Characterization of lotus starch[J]. Cereal Chemistry, 1992, 69: 309- 315.

[5] 秦志荣, 许荣年, 汪庆旗, 等. 藕淀粉颗粒性质的研究及藕粉产品的鉴定[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(1): 136- 138.

[6] 项丽霞, 田翠华, 李 洁, 等. 莲藕淀粉糊化温度的测定[J]. 研究与探讨, 2006, 27(2): 63- 67.

[7] A O A C. (1955, 1970, 1976). In official Methods of Analysis [S]. 8th ed., 11th ed., 12th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

[8] 中国标准出版社第一编辑室. 国内贸易部科技质量标准处编[S]. 粮油标准汇编, 测定方法上卷, 中国标准出版社, 1998: 197.

[9] Etheridge R D, Pesti G M. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and dumas combustion methodologies on samples typocal of an animal nutrition analytical laboratoryl J1. Animal Feed Sci and Technol. 1998. 73: 21- 28.

[10] Whistler R L. Methods in Carbohydrate Chemistry IV Starch[M]. New York: Academic Press Inc., 1964: 294.

[11] Martinez C, Prodolliet L J. Determination of amylose in cereal and non-cereal starches by a colorimetric assay: collaborative study [J]. Starch, 1996, 48: 81- 85.

[12] Morrison W R, Laignelet B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches[J]. Journal of Cereal Science, 1983, 1: 9- 20.

[13] 钟 耕, 李天真. 葛根淀粉颗粒性质的研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 10(5): 33- 37.

[14] 李 浪, 周 平, 杜平定. 淀粉科学与技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 356- 370.

[15] Tang Q Y, Feng M G. Practical Statistics and DPS Data Processing System[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 126- 230.

[16] Jane J, Kasemsuwan T, Chen J F. Phosphorus in rice and other starches[J]. Cereal Foods World, 1996, 41(11): 827- 832.

[17] Zhong G, Li T ZH, Zhang W M, et al. Rheological and thermal properties of potato starch[J]. Chinese Potato, 2005, (1): 1- 5.

[18] Jayakody L, Hoover Liu Q, Weber E. Studies on tuber and root starches. I. Structure and physicochemical properties of innala (*Solenostemon rotundif olius*) starches grown in Sri Lanka [J]. Food Research International, 2005, 38: 615- 629.

[19] Hizukuri S, Kaneko T, Takeda Y. Measurement of the chain length of amylopectin and its relevance to the origin of crystalline polymorphism of starch granules[J]. Biochim Biophys Acta, 1983, 760: 188.

[20] Hizukuri S, Takeda Y, Usami S, et al. Effect of aliphatic hydrocarbon groups on the crystallization of amylodextrin: model experiments for starch crystallization[J]. Carbohydrate Research, 1980, 83: 193.

[21] Noda T, Takahata Y, Sato T, et al. Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer[J]. Starch, 1996, 48: 395- 399.

Processing properties of lotus starch

Min Yanping[1], Chen Zongdao[1], Zhong Geng[1,2※], Chen Lian[1], Wang Chunyan[1]

(1. *College of Food Science, Southwest University, Chongqing* 400716, *China*;

2. *Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100094, *China*)

Abstracts: The object of this work is to investigate processing properties of the starch in details, including chemical components, particle size, paste, thermal properties, starch shape and surface structure, and resistant to enzyme hydrolysis. The results show that the chemical compositions of lotus starch are: 15.32% moisture, 0.16% protein, 0.07% fat, 0.02% fiber, 0.54% ash, 0.053% phosphorus, respectively. The amylose content is higher(30.61%) in lotus starch than in that of corn starch. The average particle size(diameters) are 50.27 μm and 38.97 μm for lotus and corn starches separately. The lotus starch granules are small rounded and typical oval shaped granules, but some have dents or hollows at one end. Lotus starch exhibite a B-type X-ray diffraction pattern. The gelatinization temperature is: 54.09℃, clarity 57.9%. The pasting property was also observed. The lotus starch is characterized by a plateau when the maximum viscosity is reached. And the peak viscosity of lotus starch paste is much lower than that of corn starch. This study contributes to the higher extraction rate and purity of lotus starch, and to its utilization.

Key words: lotus starch; morphological; thermal; processing properties