

# 慈姑淀粉的性质研究\*

王素雅,曹崇江,杨晓蓉,谢群,丁男

(南京财经大学食品科学与工程学院,江苏省粮油食品检测与深加工重点实验室,江苏 南京,210003)

**摘 要** 研究了慈姑淀粉性质,结果发现:慈姑淀粉粒多呈圆形,少数椭圆形,粒径范围为 4~25 $\mu\text{m}$ ,平均粒径 10 $\mu\text{m}$ ,X-射线衍射呈 C 型结晶图样。DSC 法测得慈姑的起始糊化温度  $T_i=52.330^\circ\text{C}$ ,峰值温度  $T_p=68.226^\circ\text{C}$ ,终止温度  $T_c=77.280^\circ\text{C}$ 。快速黏度测定仪测得慈姑淀粉的峰值黏度为 2 363.00  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ,最低黏度为 1 756.00 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。55 $^\circ\text{C}$  以下,慈姑淀粉的溶解度与膨润力低,糊化后溶解度与膨润力大大提高。与玉米淀粉、木薯淀粉和莲藕淀粉相比,慈姑淀粉糊透明度较低,冻融稳定性较强。

**关键词** 慈姑,淀粉,性质

慈姑又名燕尾草、剪刀草,属泽泻科,为多年生水生草本植物。原产我国,喜温和充足的阳光,常利用低洼水田种植<sup>[1]</sup>。据报道,慈姑的营养价值很高,是低脂肪、高碳水化合物副食品,每 100g 慈姑中含有碳水化合物 19.2 g,高于藕、荸荠与马铃薯;磷含量 1.86  $\text{mg/g}$ ,比红薯高出 11 倍<sup>[2]</sup>。此外,慈姑中硒与  $V_E$  的含量分别为 74  $\text{ng/g}$  和 21.8  $\mu\text{g/g}$ <sup>[3]</sup>,可代替玉米成为特殊的杂粮。慈姑性微寒,味甘苦,主要有行血通淋、润肺止咳、消暑、解毒等作用,对近视、夜盲、胰腺疾病、糖尿病、气管炎等也有很好的食疗作用<sup>[3]</sup>。最新研究表明,慈姑具有显著的抗氧化、抗肿瘤和抗肝纤维化的功效,是一种良好的药食两用原料<sup>[5]</sup>。

文中对慈姑淀粉颗粒的形态大小、晶体结构、溶解度、膨润力、透明度、凝沉性、冻融稳定性、黏度等进行研究,以期为更好的利用慈姑淀粉提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

慈姑与莲藕淀粉,市购新鲜原料,碱洗法提取;玉米淀粉与木薯淀粉,市售。

### 1.2 主要仪器与设备

TDL-80-2B 型离心分离机,上海安亭科学仪器厂;光学显微镜,江南光学仪器厂;BrukerD8 型 X-射线衍射仪,德国布鲁克 AXS 有限公司;DSC-7 型差示扫描量热仪,美国 Perkin-Elmer 公司;super3 型快速黏度测定仪,澳大利亚 Newport 公司;722N 型分

光光度计,上海精密科学仪器有限公司;HH-6 型恒温水浴锅,常州国华电器有限公司;干燥箱,上海实验仪器厂;AL204 型电子天平,上海梅特勒-托利多仪器有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 淀粉的实验室制备

新鲜慈姑→清洗→去皮→破碎→质量分数 0.05%NaOH 浸泡→分离纤维素→洗涤→脱水、干燥→成品。

#### 1.3.2 淀粉颗粒的形貌和大小

将淀粉粉末分散于水中,取适量滴于载玻片上,并滴加 1 滴碘液,盖上盖玻片,置于光学显微镜,并用显微镜上所带的微量标尺测量淀粉粒的大小。

#### 1.3.3 淀粉颗粒的结晶结构

采用粉末衍射法。X-射线衍射分析条件:特征射线  $\text{CuK}\alpha$ ,管压 40kV,管流 40mA,扫描范围  $2\theta=4^\circ\sim 60^\circ$ ,扫描速度  $12^\circ/\text{min}$ 。

#### 1.3.4 DSC 测定淀粉的糊化温度<sup>[6]</sup>

仪器先采用金属钢进行校正(钢的熔融焓  $\Delta H$  为 28.45J/kg,熔点为 156.4 $^\circ\text{C}$ )。准确称取淀粉样品(以干基计)于 DSC 铝坩埚中,以微量进样器加入 2 倍淀粉质量的水,坩埚中样品的总质量小于 10mg。坩埚加盖密封后,于室温平衡 24 h。以空坩埚作为参比,从 30 $^\circ\text{C}$  加热至 100 $^\circ\text{C}$ ,升温速率 5 $^\circ\text{C}/\text{min}$ ,样品室的  $\text{N}_2$  流量为 30  $\text{mL}/\text{min}$ ,测定糊化起始温度  $T_i$ ,峰值温度  $T_p$ ,终止温度  $T_c$  以及糊化热焓值  $\Delta H$ 。

#### 1.3.5 淀粉糊黏度的测定

快速黏度仪测定。准确称取样品,移入测量杯中,加入水并以 960  $\text{r}/\text{min}$  的速率搅拌。将测量杯置于黏度计上,启动仪器,使淀粉乳以 1.5 $^\circ\text{C}/\text{min}$  的速

第一作者:博士,副教授。

\* 江苏省高校自然科学基金资助(05KJB550034)

收稿日期:2008-07-22,改回日期:2008-09-16

率由室温升至 95℃,保温 45 min,再以 1.5℃/min 的速率冷却至 50℃,保温 45 min,获得黏度曲线。

### 1.3.6 溶解度与膨润力的测定<sup>[7]</sup>

配制质量分数为 2% 淀粉乳,在不同温度下搅拌 30 min,室温冷却,离心(3 000 r/min, 20 min),取上清液于 100℃ 蒸干,105℃ 烘干至恒重,称重得被溶解淀粉质量 A,计算出其溶解度 S;由离心管中淀粉质量 P,计算其膨胀度 B。

$$S/\% = A/m \times 100$$

$$B/\% = P/[m \times (1-S)] \times 100$$

其中:  $m$  为淀粉质量,以干基计。

### 1.3.7 淀粉糊的透明度<sup>[9]</sup>

准确称取一定质量的淀粉于磨口具塞试管中,加适量的水混匀配成质量分数 1% 的淀粉乳。将试管置于沸水浴中加热 30 min,其间每隔 5 min 充分振荡试管 1 次,再冷却至室温,用去离子水调整至原来体积。以蒸馏水为空白对照,在 620 nm 波长下测定淀粉糊的透光率,以透光率值表示淀粉糊的透明度。

### 1.3.8 淀粉糊的凝沉特性<sup>[10]</sup>

取 25 mL 刻度试管,各加入质量分数为 1% 的样品淀粉乳 25 mL 于沸水浴加热,加热过程中不停振荡至透明后,置 30℃ 恒温水浴静置,每隔 1 h 观察各试管中上清液的体积。

### 1.3.9 淀粉糊的冻融稳定性<sup>[9]</sup>

称取 2.1 g 淀粉样品加入 30 mL 水,混匀配制成质量分数 7% 的淀粉乳,分别置于已知质量的 10 mL 离心管中,称重后于沸水浴加热糊化至透明。将其冷却至室温后,于 -20℃ 冰箱中保存 24 h,取出室温解冻,以 3 000 r/min 离心 20 min,去除外部水分并称重,计算析水率。

$$\text{析水率}/\% = \frac{\text{淀粉糊质量} - \text{离心管中沉淀物质量}}{\text{淀粉糊质量}}$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 慈姑淀粉颗粒形貌及其大小

淀粉通常以淀粉粒的形式存在于自然界,每种淀粉具有特定的形状和大小。不同来源的淀粉由于原料品种、生长环境以及发育不同造成淀粉许多性质差异<sup>[10]</sup>,慈姑淀粉粒的形态见图 1。由图 1 可以看出,慈姑淀粉粒多呈圆形和椭圆形,颗粒较完整,没有裂缝和破损,大颗粒中心具有较大的脐点。慈姑淀粉颗粒大小差异显著,以小者居多,经测微尺测量,慈姑淀粉粒的直径在 4~25 μm 之间,平均粒径为 10 μm,属

于小型淀粉颗粒类型。

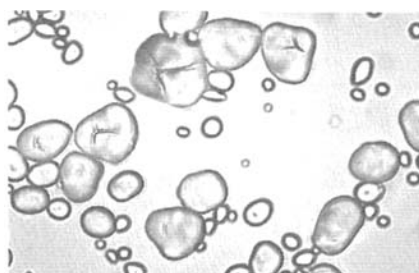


图 1 慈姑淀粉颗粒的显微照片

### 2.2 慈姑淀粉颗粒的结晶结构

根据天然淀粉的 X-射线衍射图谱的不同,将淀粉颗粒的结晶结构分为 A、B、C 3 种类型。A 型以谷类淀粉为代表,这类淀粉的粒径较小;B 型以薯类、根茎类淀粉为代表,淀粉的粒径较大;C 型包含 A、B 型 2 种晶型<sup>[11]</sup>。资料表明,玉米淀粉的 X-射线衍射图谱为 A 型,莲藕淀粉的 X-射线衍射图谱为 B 型<sup>[12]</sup>。由图 2 可知,慈姑淀粉的 X-射线衍射图谱与玉米相似,但其分别在  $2\theta$  为 5.06°、15.04°、17.32°、18.03°、23.37° 左右有明显的吸收峰,而玉米淀粉在 5.06° 附近没有明显吸收峰,因此,认为天然慈姑淀粉的 X-射线衍射图谱为 C 型。

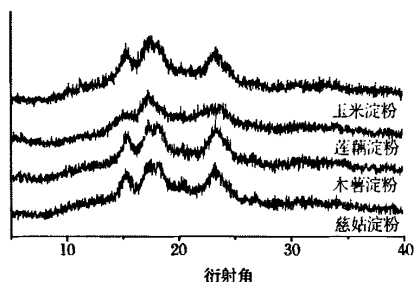


图 2 不同淀粉颗粒的 X-衍射图谱

### 2.3 慈姑淀粉的热力学分析

淀粉糊化,首先是无定形区的水合作用,然后是结晶区的熔融。在无定形区水合作用之前,无定形区为玻璃态,在玻璃态温度以下,无定形区处于冻结状态。温度升高到玻璃态温度时,处于无定形区的淀粉分子链段开始运动,无定形区的比热容、热膨胀系数、黏度、自由体积及弹性模量都要发生一个突变,表现在 DSC 曲线上基线向吸热方向移动而出现糊化峰。

图 3 表明,慈姑淀粉的糊化呈现典型的单一吸热峰,慈姑淀粉糊化的起始温度  $T_0 = 52.330^\circ\text{C}$ ,峰值温度  $T_p = 68.226^\circ\text{C}$ ,终止温度  $T_c = 77.280^\circ\text{C}$ ,糊化热焓  $\Delta H$  为 21.280 J/g。

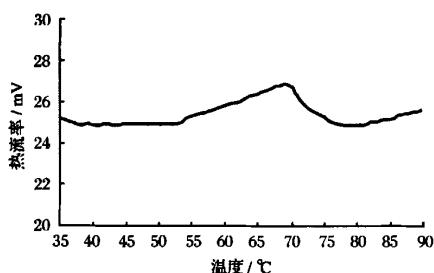


图3 慈姑淀粉的DSC曲线

表1 慈姑、玉米与木薯淀粉的黏度与糊化温度比较

	峰值黏度/ mPa·s	最低黏度/ mPa·s	最终黏度/ mPa·s	糊化温度/℃
慈姑淀粉	2 363.00	1 756.00	2 674.00	73.50
玉米淀粉	1 076.00	884.00	1 013.00	88.10
木薯淀粉	879.00	865.00	1 156.00	76.00

着温度升高呈上升趋势。在55℃以下时,水分子只是简单地进入淀粉粒的非结晶部分,慈姑淀粉的溶解度与膨润力低;当温度高于55℃(慈姑淀粉糊化起始温度  $T_0=52.330^{\circ}\text{C}$ ),慈姑淀粉开始糊化,淀粉粒吸收的能量可以破坏结晶胶束区的氢键,其溶解度与膨润度均快速增加。85℃时慈姑淀粉的溶解度与膨润力分别为3.97%与13.11%。

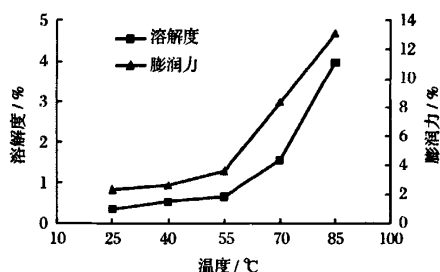


图4 不同温度慈姑淀粉的溶解度与膨润度

## 2.6 慈姑淀粉糊的透明度

不同种类的淀粉糊透明度因淀粉组成、淀粉粒大小不同而不同。由图5可知,慈姑淀粉糊的透明度为25.22%,与玉米淀粉相似,而远低于木薯淀粉糊和藕淀粉糊。这可能是慈姑淀粉的颗粒较小,特别是微小淀粉粒较多。相关研究表明,颗粒大的淀粉较易膨胀糊化,糊的透明度较高,颗粒小的淀粉较难膨胀糊化,糊的透明度就会偏低<sup>[13]</sup>。

## 2.7 慈姑淀粉糊的凝沉性

淀粉糊放置冷却成凝胶过程中,直链淀粉分子间趋向平行排列,经氢键结合成结晶结构,不溶于水并沉淀的现象称为凝沉。淀粉的凝沉性因直链淀粉含量及其聚合度不同而不同,慈姑淀粉凝沉曲线见图

## 2.4 慈姑淀粉糊黏度的研究

表1中比较了3种淀粉的黏度与糊化温度,结果表明慈姑淀粉的峰值黏度、最低黏度和最终黏度均高于玉米淀粉与木薯淀粉糊,而慈姑淀粉的糊化温度(73.5℃)较其他2种淀粉低。该结果表明慈姑淀粉中直链淀粉的比例较低。

## 2.5 慈姑淀粉的溶解度与膨润力

膨润力与溶解度反映了淀粉与水之间相互作用的能力。由图4可知,慈姑淀粉的溶解度与膨润力随

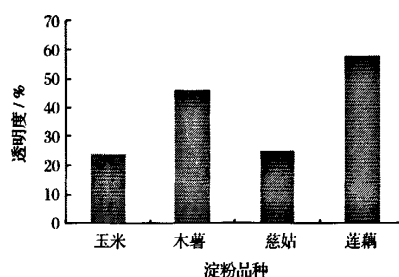


图5 四种淀粉糊的透明度

6。从图6可知,慈姑淀粉糊在实验初期凝沉速度快,放置6h时沉降体积达到15.1 mL,但8h后慈姑淀粉糊的沉降体积趋于稳定,静置12h后慈姑淀粉糊的沉降体积为18.7 mL。

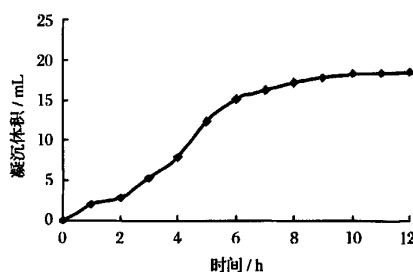


图6 慈姑淀粉的凝沉曲线

## 2.8 慈姑淀粉的冻融稳定性

研究表明慈姑淀粉的冻融稳定性较好,从图7可以看出,木薯淀粉的冻融稳定性最差,析水率为37.18%。玉米淀粉的冻融稳定性居中,慈姑淀粉和藕淀粉的冻融稳定性相对较好。慈姑淀粉析水率较低表明慈姑淀粉在冷冻保存时淀粉链间相互作用比较缓慢,重新结晶析出水分而发生老化的能力较弱。应用于冷冻食品的淀粉糊,需要在低温下冷冻,若淀

粉糊的冻融稳定性不好,经冷冻和重新融化后,胶体结构被破坏析出游离水分,使食品不能保证原有的质构,影响食品的品质。慈姑淀粉冻融稳定性较好,说明其适宜于制作冷冻食品。

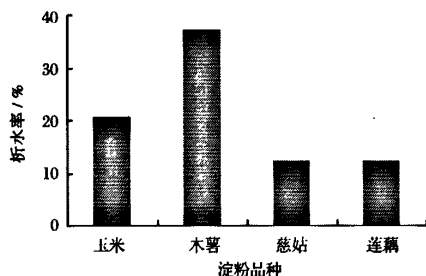


图7 不同种类淀粉糊的析水率

### 3 结论

(1)慈姑淀粉颗粒大小不均匀,粒径范围4~25 $\mu\text{m}$ ,平均粒径约为10 $\mu\text{m}$ 。淀粉粒多呈圆形,也有少数椭圆形,X-射线衍射图谱呈C型结晶图样。

(2)DSC法测得慈姑糊化的起始温度 $T_0=52.330^\circ\text{C}$ ,峰值温度 $T_p=68.226^\circ\text{C}$ ,终止温度 $T_c=77.280^\circ\text{C}$ 。用快速黏度测定仪测得慈姑淀粉的峰值黏度为2363.00 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ,最低黏度为1756.00 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ,最终黏度为2674.00 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

(3)在55 $^\circ\text{C}$ 以下时,慈姑淀粉的溶解度和膨润力较低,但随着温度升高而增加,85 $^\circ\text{C}$ 时慈姑淀粉的溶解度与膨润力分别为3.97%与13.11%。

(4)慈姑淀粉糊的透明度为25.22%,与玉米淀粉相似,远低于木薯淀粉糊和藕淀粉糊。

(5)慈姑淀粉糊的冻融稳定性较玉米淀粉糊和木

薯淀粉糊高,与藕淀粉糊相近,认为慈姑淀粉适宜用于冷冻食品。

### 参考文献

- 崔述生,张浩主编.精编本草纲目[M].北京:中医古籍出版社,1999
- 马龙江,段伟,张谷亮,等.现代食物成分与膳食营养[M].济南:黄河出版社,1998
- 陆祖福,吴小南,汪家梨,等.慈姑营养成分分析与抗氧化作用机理探讨[J].海峡预防医学杂志,2002,8(1):50~51
- 《全国中草药汇编》编写组.全国中草药汇编[M].北京:人民卫生出版社,1973.693
- 吴小南,汪家梨,黄芳.慈姑对镉致大鼠脂质过氧化反应干预作用的探讨[J].中国公共卫生学报,1999,18(6):348~350
- Takeda T, Hizukuri S and Juliano B O. Purification and structure of amylose from rice starch[J]. Carbohydrate Research, 1986, 148:299~308
- Tester R F and Morrison, W R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylase and lipids[J]. Cereal Chemistry, 1990, 67:551~557
- Craig S A, Maningat C C, Seib P A, et al. Starch paste clarity[J]. Cereal Chemistry, 1989, 66:173~182
- 高嘉安主编.淀粉与淀粉制品工艺学[M].北京:中国农业出版社,2001
- Tester R F, Karkalas J. The effects of environmental conditions on the structure features and physico-chemical properties of starches[J]. Starch, 2001, 53:513~519
- Gernat C, Radosta S, Damaschun G, et al. Supramolecular structure of legume starches revealed by X-ray scattering[J]. Starch, 1990, 42:175~178
- 秦志荣,徐荣年,王庆旗,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
- 黄来发.食品增稠剂[M].北京:中国轻工业出版社,2000

## Studies on Properties of Arrowhead Starch

Wang Suyu, Cao Chongjiang, Yang Xiaorong, Xie Qun, Ding Nan

(School of Food Science & Technology, Nanjing Finances and Economics University, Nanjing, 210003)

**ABSTRACT** Properties of arrowhead starch were studied in this paper. The results showed that arrowhead starch granules are commonly round shape, the range of starch granules size is 4~25 $\mu\text{m}$ , and its average size is 10 $\mu\text{m}$ . Its X-ray diffraction pattern is C type. Gelatinization temperature is measured by DSC, onset temperature  $T_0$ , peak temperature  $T_p$  and end temperature  $T_c$  are 52.330 $^\circ\text{C}$ , 68.226 $^\circ\text{C}$ , 77.280 $^\circ\text{C}$ , respectively. RVA measurement shows that the highest viscosity and lowest viscosity of arrowhead starch were 2363.00  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  and 1756.00  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ , respectively. Its solubility and swelling power were low below 55 $^\circ\text{C}$  and increased at the temperature over gelatinization. Compared to corn starch, tapioca starch and lotus root starch, arrowhead starch paste is lower in transparency but more stabilized in freeze-thawing condition.

**Key words** arrowhead, starch, properties