

奉化芋艿淀粉特性的研究

乔星, 许凤, 汤月昌, 戎群洁, 邵兴锋, 王鸿飞

(宁波大学海洋学院, 浙江宁波 315211)

摘要: 本文以奉化芋艿为研究对象, 采用氨水法提取芋艿淀粉, 通过对芋艿淀粉的组成成分、淀粉颗粒的形态、分子结构、淀粉的糊化温度及热稳定性等指标的测定研究了奉化芋艿淀粉的性质。通过碘量法测得奉化芋艿淀粉中直链淀粉的含量为 10.23%, 支链淀粉为 89.77%, 奉化芋艿淀粉中直链淀粉含量较其他淀粉中直链淀粉含量低; 电镜扫描观测出芋艿淀粉颗粒呈不规则形态, 表面光滑, 棱角分明; 通过激光粒度分布仪的检测分析, 得出芋艿淀粉的平均粒径为 4.113 μm , 相对于其它淀粉粒度较小; 通过 X 射线多晶粉末衍射仪检测分析, 显示淀粉的结晶类型为 A 型淀粉; 通过红外光谱分析, 表明奉化芋艿淀粉中含有伯、仲醇羟基的 α -D-吡喃环结构特征; 芋艿淀粉的糊化温度为 80~85 $^{\circ}\text{C}$, 具有较高的热稳定性。

关键词: 奉化芋艿; 淀粉; 性质

文章编号: 1673-9078(2014)11-182-188

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.11.032

Characterization of Fenghua Taro Starch

QIAO Xing, XU Feng, TANG Yue-chang, RONG Qun-jie, SHAO Xing-feng, WANG Hong-fei

(School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

Abstract: In this paper, the properties of Fenghua taro starch were examined. The starch was extracted by ammonia, and its composition, morphology, pasting temperature, thermal stability, and the molecular structure of its granules were investigated. An iodometric analysis showed that the amylose and amylopectin contents in taro starch were 10.23% and 89.77%, respectively. The amylose content was lower in Fenghua taro than in other starches. Scanning electron microscopy revealed that Fenghua taro starch granules had an irregular shape and angular morphology with a smooth surface. The laser particle size distribution analyzer showed that the average particle size of Fenghua taro starch was only 4.113 μm ; this was relatively small compared with other starch particles. X-ray diffraction indicated that Fenghua taro starch had an A-type starch-crystal form. An infrared spectroscopy analysis indicated that Fenghua taro had primary and secondary alcoholic hydroxyl groups in an α -D-pyran ring. The gelatinization temperature of taro starch was 80~85 $^{\circ}\text{C}$, and it demonstrated a high thermal stability.

Key words: Fenghua taro; starch; properties

芋艿 (*Colocasia esculenta* Schott) 天南星科, 多年生草本植物, 作一年生植物栽培, 别名芋头、毛芋、芋等, 其球状地下茎(块茎)可食用亦可入药^[1]。芋艿的类型可依生态条件和食用部位不同而加以区分。依生态条件不同, 分为水芋和旱芋。依食用部位不同, 分为叶用变种及球茎变种。江淮流域水芋、旱芋都有。叶用变种只有云南、四川、浙江等少数地方栽培。江淮流域多数属于球茎变种, 球茎变种又可分为: 魁芋类, 多子芋类, 多头芋类。中医认为, 芋艿性甘、辛、平, 入肠、胃, 具有益胃、宽肠、通便散结、补中益

收稿日期: 2014-05-22

基金项目: 国家自然科学基金(31301574); 国家星火计划的项目号(2013GA701038); 宁波市自然科学基金(2013A610159); 宁波大学学科项目(xk11344); 宁波大学人才引进项目(ZX2012000031)

作者简介: 乔星(1992-), 女, 本科生, 研究方向: 食品科学

通讯作者: 许凤(1983-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品科学; 王鸿飞(1964-), 男, 教授

肝肾、添精益髓等功效。对辅助治疗大便干结、甲状腺肿大、瘰疬、乳腺炎、虫咬蜂蜇、肠虫癖块、急性关节炎等病症有一定作用。芋艿最初由日本传入我国东南沿海地区, 奉化是我国最早栽培芋艿的地区之一, 奉化芋艿品质极佳, 个头大, 皮很薄, 品质好; 奉化芋艿肉质较细腻、粉质, 无明显红筋, 直链淀粉含量较高, 口感较糯滑, 风味独特, 营养丰富; 富含淀粉、蛋白质、氨基酸、维生素, 以及钙、磷、铁、钾、镁、钠、胡萝卜素、烟酸等, 其中淀粉含量可达70% (干基), 奉化芋艿的优良品质一直以来颇受广大消费者的青睐, 名声响彻海内外^[2]。

淀粉是植物光合作用的主要产物, 是人类及其它生物必需的营养物质, 也是重要的工业原料。淀粉被广泛应用于制糖、发酵、食品、饲料、医药、化工、造纸、纺织、铸造和皮革等行业。淀粉是一类生物高分子, 从不同生物材料中提取的淀粉有不同的化学组成、颗粒形状、大小和糊化温度, 淀粉糊又有其不同

的性能而导致其在应用领域有不同的价值。玉米、小麦、大麦、大米、马铃薯等淀粉的性能、组成及应用均有较深入的研究,而芋艿淀粉的研究少有涉及。本研究采用扫描电镜、x-射线衍射、激光粒度分布仪检测和红外光谱分析等方法对奉化芋艿理化性质进行了研究,为其有效利用提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

芋艿淀粉:均为自制。其中奉化芋艿和广东芋艿属魁芋类,山东芋子、福建芋子、四川芋子和奉化芋子属多子芋类。

玉米淀粉、马铃薯淀粉、玉米淀粉、木薯淀粉,均购自超市,食用淀粉。

标准马铃薯直链淀粉, Sigma 公司; 标准马铃薯支链淀粉, Fluka 公司; 氯化铵, 衢州巨化试剂有限公司; 氯化钠, 上海三鹰化学试剂有限公司; 牛血清蛋白, 国药集团化学试剂有限公司; 葡萄糖, 国药集团化学试剂有限公司; 氢氧化钠, 浙江兰溪市屹达化工试剂有限公司; 冰乙酸, 上海试剂四厂昆山分厂; 盐酸, 浙江盘龙化工试剂厂; 石油醚, 宜兴第二化学试剂厂; 氨水, 溧阳市光源工贸有限公司; 95%乙醇, 上海三鹰化学试剂有限公司; 甲醇, 无锡市龙吉利化工试剂有限公司; 硫酸, 衢州巨化试剂有限公司。

1.2 主要仪器

LXJ-IIIB 低速大容量多管离心机, 上海安亭科学仪器厂; MA50 水分快速测定仪, 德国赛多利斯公司; KW-330 捣碎机, 同济大学机电厂; NOVEL 显微镜, 宁波永新光学股份有限公司; CS101-1AB 电热鼓风干燥箱, 重庆银河试验仪器有限公司; DK-S26 电热恒温水浴锅, 上海精宏实验设备有限公司; BPZ11D 分析天平, 德国赛多利斯公司; 722N 可见分光光度计, 上海精密仪器有限公司; NDJ-1 旋转粘度计, 上海精科天平有限公司; MS2000 激光粒度分布仪, 马尔文公司; JSM-5610LV 扫描电镜, 日本电子株式会社; X'TRAX 射线多晶粉末衍射仪, 美国热电公司; NP460 傅立叶变换红外光谱仪, 美国尼高力公司。

1.3 实验方法

1.3.1 芋艿淀粉的提取、纯化及漂白

芋艿去皮→清洗→切分→粉碎→氨水溶液中浸泡 2 h→过筛(200目)→滤液离心(3000 r/min 15 min)→水洗并离心→干燥(40~50℃)→粗干淀粉→粉碎→甲醇脱脂 24 h→乙醇脱

脂 6 h→干燥→粉碎→加双氧水漂白→离心→水洗并离心→干燥→粉碎→装入密封袋中→置于干燥器内备用^[3]

1.3.2 芋艿及其淀粉组成成分的测定

水分的测定采用 GB/T 5009.3-2010; 灰分的测定采用 GB/T 5009.4-2010; 淀粉含量的测定采用 GB/T 5009.9-2008; 还原糖的测定采用 GB/T 5009.7-2008; 蛋白质的测定采用 GB/T 5009.5-2010; 粗脂肪的测定采用 GB/T 14772-2008。

1.3.3 直链淀粉含量的测定

采用碘量法。

马铃薯直链淀粉标准溶液的配制: 取直链淀粉 100 mg 于 100 mL 烧杯中, 加入 0.5 mol/L 的 KOH 溶液 10 mL 和磁力搅拌子, 用保鲜膜封住烧杯口, 在沸水浴中搅拌 30 min, 待样品完全溶解后, 加蒸馏水定容到 100 mL, 即为 1 mg/mL 马铃薯直链淀粉标准溶液。

标准曲线绘制: 取 6 个 100 mL 容量瓶, 分别加入 1 mg/mL 马铃薯直链淀粉标准溶液 0、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00 mL, 再依次加入 1 mg/mL 支链淀粉标准溶液 5.00、4.75、4.50、4.00、3.50、3.00 mL, 总量为 5 mL。另取 1 个 100 mL 容量瓶, 加入 0.09 mol/L 氢氧化钠溶液 5 mL 作空白。然后于各瓶中依次加入约 50 mL 水、1 mL 1 mol/L 乙酸及 1 mL 碘试剂。用水定容后显色 10 min, 在 620 nm 处读取吸光度。以直链淀粉毫克数为横坐标, 吸光度为纵坐标, 绘制标准曲线^[4]。

样品分散及测定: 称取相当于 0.10 g 样品淀粉(淀粉过 80 目筛)于 100 mL 容量瓶中, 加 1 mL 无水乙醇, 充分湿润样品, 再加入 9 mL 1 mol/L 氢氧化钠溶液, 于沸水浴中分散 10 min, 迅速冷却, 用水定容。吸取碱分散液 5.00 mL 于 100 mL 容量瓶中, 加水 50 mL, 再加入 1 mol/L 乙酸溶液 1 mL 及碘试剂 1 mL, 用水定容。显色 10 min 后, 在 620 nm 处读取吸光度^[5]。

1.3.4 淀粉颗粒形态及其粒度的分析

显微镜观察: 取少量淀粉于载玻片上, 铺成薄薄的一层, 置于显微镜下, 选择合适的倍数, 其中芋艿淀粉放大倍数为 1000 倍, 其余淀粉均为 400 倍, 观察淀粉颗粒形态。

电镜观察: 将干燥淀粉均匀撒在贴有双面胶的样品台上, 用日立离子溅射仪喷金固定 8 min, 在不同放大倍数下通过扫描电子显微镜观察并摄像^[6]。

称取约 1.00 g 淀粉, 置于样品池中, 加入蒸馏水, 用超声波振荡, 使微淀粉颗粒均匀分布, 当折光率达到 15~20%后, 测定粒度范围及分布。重复 2 次, 取平均值。

1.3.5 淀粉 X-射线衍射分析

采用粉末衍射法测定淀粉的衍射图^[7], X-射线衍射分析条件:特征射线 CuK α , 石墨单色器,管压 40 kV, 电流 20 mA, 测量角度 $2\theta=10\sim 70^\circ$, 步长 0.02/步, 扫描速度 4 $^\circ$ /min。

1.3.6 淀粉分子结构分析

取淀粉与溴化钾按照 1:50 的质量比混合, 一起在玛瑙研钵中研磨, 经过压片机压片后放入红外光谱仪进行红外表征测定^[8]。

1.3.7 淀粉糊化温度分析

将淀粉溶液在水浴中加热, 不断搅拌, 目测温度计读出淀粉糊化温度。以颗粒开始出现粘胶状为糊化温度开始, 溶液全部透明为糊化结束温度, 忽略少数异常的颗粒, 测定 3 次, 取平均结果, 并对不同淀粉作比较^[9]。

1.3.8 淀粉的热特性

称取一定量已知含水量的样品, 与适量的水混合于小烧杯中, 配成 30% 的淀粉乳, 放在漩涡器上混和均

匀。用小勺取一定量的淀粉乳, 放入已称重的铝锅中, 立即将样品池压紧密封, 称重后放入差示扫描量热仪 (DSC) 内的样品座, 用空的参比池做参比物, 通氮气, 开动仪器进行测定。扫描温度范围为 35~100 $^\circ\text{C}$, 扫描速率 10 K/min, 通氮气速率 30 mL/min^[10]。

1.3.9 数据分析

采用 SPSS 20 等统计软件分析试验数据, 以均数士标准差 ($\bar{x}\pm\text{SD}$) 表示, 各组间的均数差异性采用 t 检验。

2 结果与分析

2.1 奉化芋艿淀粉的组成成分分析

通过检测分析其结果见表 1。

从表 1 可以看出, 虽然经过纯化的淀粉尚含有蛋白质、脂类和矿物质等物质, 但含量都很低, 对淀粉的理化性质的影响很小, 表明所得到的芋艿淀粉纯度较高。

表 1 芋艿及其淀粉的组成成分

Table 1 Chemical composition of taro and taro starch

类别	水分/%	蛋白质/%	脂类/%	还原糖/%	淀粉/%	灰分/%
奉化芋艿	75.76 \pm 1.01	3.14 \pm 0.15	0.20 \pm 0.02	0.68 \pm 0.03	13.00 \pm 0.51	1.13 \pm 0.11
芋艿淀粉	2.60 \pm 0.08	0.36 \pm 0.02	0.11 \pm 0.01	-	96.46 \pm 1.65	0.43 \pm 0.03

2.2 奉化芋艿淀粉直链淀粉含量的分析

以 620 nm 处吸光度为纵坐标, 直链淀粉含量为横坐标, 得到直链淀粉标准曲线, 如图 1 所示。通过分析, 芋艿淀粉组成见表 2。

由表 2 可知, 奉化芋艿淀粉中的直链淀粉百分含量为 10.23%, 支链含量为 89.77%。莱阳芋艿淀粉直链淀粉含量为 14%, 无锡芋艿淀粉直链淀粉含量为 14.7%, 高雄一号芋淀粉直链淀粉含量为 23.03%, 荔浦芋淀粉直链淀粉含量为 10.50%。莱阳芋艿、无锡芋艿、高雄一号芋艿的淀粉组成与奉化芋艿有极显著性差异, 荔浦芋的组成与奉化芋艿无显著性差异。奉化芋艿淀粉中直链淀粉含量较其他淀粉中直链淀粉含量

低, 而糊化温度比这些淀粉高, 说明直链淀粉的含量高低会影响淀粉糊化特性^[11]。

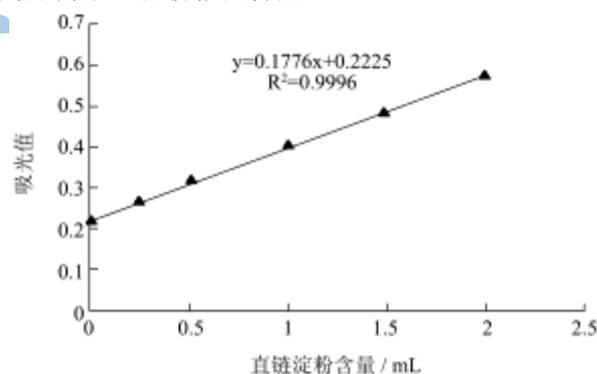


图 1 直链淀粉含量标准曲线

Fig.1 Standard curve of amylose content

表 2 不同产地的芋艿淀粉组成分析

Table 2 Composition of taro starch of various origins

名称	奉化芋艿	莱阳芋艿	无锡芋艿	高雄一号芋	荔浦芋
直链淀粉/%	10.2 \pm 0.01	14 \pm 0.08**	14.7 \pm 0.03**	23.0 \pm 0.05**	10.5 \pm 0.16
支链淀粉/%	89.7 \pm 0.01	86 \pm 0.08**	85.3 \pm 0.03**	76.9 \pm 0.05**	89.5 \pm 0.16

注: **表示与奉化芋艿具有极显著性差异 ($P<0.01$), *表示与奉化芋艿具有显著性差异 ($P<0.05$)。

2.3 奉化芋艿淀粉颗粒的形态分析

2.3.1 显微镜电镜观测

经过显微镜的观测, 其结果如图 2、图 3 所示。通过扫描电镜观测, 其结果如图 4 所示。

由图 2 可知, 马铃薯淀粉颗粒直径大小在

11.76~48.53 μm 之间,其形状主要呈三角形、椭圆形;木薯淀粉颗粒直径大小在 2.20~11.76 μm 之间,其形状主要以圆形为主,少数为多面体形状;玉米淀粉颗粒直径大小在 4.54~11.36 μm 之间,其形状较多,有三角形、菱形、圆形、矩形、不规则形状等;小麦淀粉颗粒直径大小在 3.45~28.74 μm 之间,其形状主要以圆形、椭圆形为主,表面不平滑。

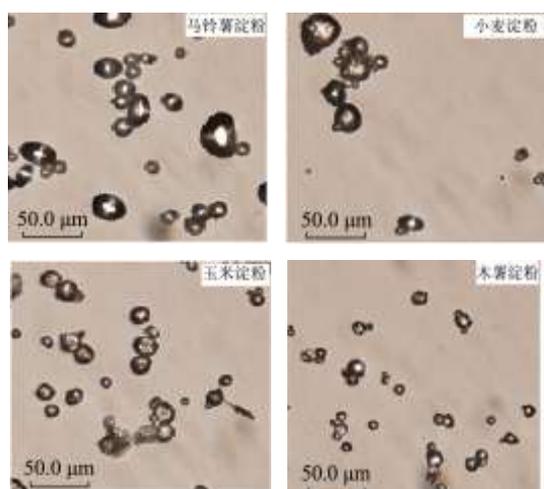


图 2 几种常见淀粉颗粒在光学显微镜下的形态

Fig.2 Morphology of several common starch granules under an optical microscope

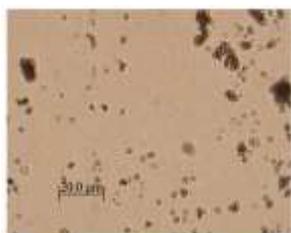


图 3 芋艿淀粉颗粒在光学显微镜下的形态

Fig.3 Morphology of starch granules under an optic microscope

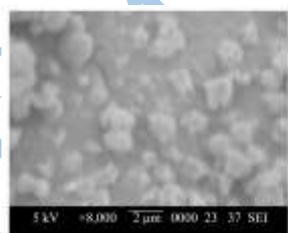


图 4 芋艿淀粉的电镜扫描图

Fig. 4 Scanning electron microscope image

由图 3、图 4 可知,芋艿淀粉颗粒非常小,其外形特征呈现多形状、不规则形态。奉化芋艿淀粉颗粒小,大小较整齐,这可能是芋艿生长过程中淀粉粒被蛋白质包的较紧,挤压较大。造成淀粉粒结构紧实、坚硬,这使得芋艿淀粉较玉米、马铃薯等大颗粒淀粉要难糊化。颗粒的大小是由遗传因素决定的,它与淀粉的生物合成机理有关,淀粉粒的性质及其成分的性

质与淀粉粒的大小也有关系^[12]。

2.3.2 奉化芋艿淀粉的粒度分布

通过激光粒度分布仪的检测,其结果如图 5 和表 3 所示。

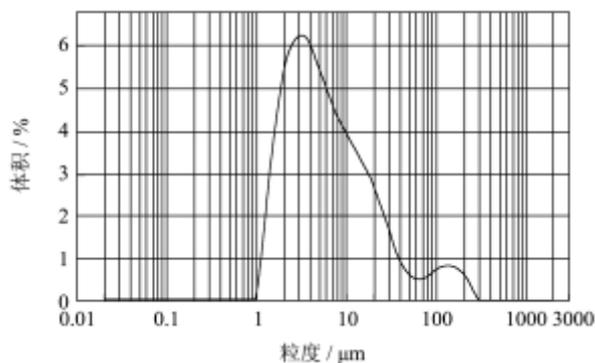


图 5 芋艿淀粉的粒度分布

Fig.5 Granule size distribution of taro starch

表 3 芋艿淀粉的粒度分析

Table 3 Analysis of the granularity of taro starch

	比表面积	径距	表面积平均粒径	体积平均粒径
芋艿淀粉	1.39 m ² /g	5.397 μm	4.113 μm	16.265 μm

从图 5 中可看出,芋艿淀粉粒度分布呈双峰型,而不连续,芋艿淀粉粒度分布的第一个峰出现在 3 μm 左右,说明芋艿淀粉粒径主要分布在 3 μm 左右。

由表 3 可知,芋艿淀粉平均粒径很小,仅为 4.113 μm,粒径比多数淀粉小,这可能与品种之间的差异以及芋艿的生长环境有关。

2.3.3 奉化芋艿淀粉 X-射线衍射分析

通过 X 射线多晶粉末衍射仪检测分析,其结果如图 6、7 和表 4 所示。

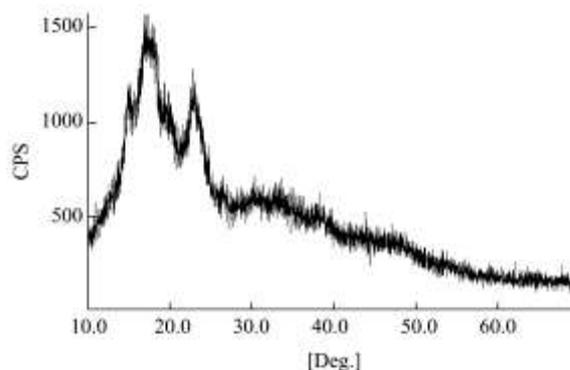


图 6 芋艿淀粉的 X-衍射图谱

Fig.6 X-ray diffraction curve of taro starch

由图 6、7 和表 4 得出,芋艿淀粉和玉米淀粉具有相同的特征谱线,结晶类型属于 A 型。通常谷物类淀粉呈现 A 型,大多数的块根和块茎类淀粉为 B 型,豆类淀粉多为 C 型,而 C 型被普遍认为是 A 型和 B 型的混合物。衍射线的位置和强度是淀粉结晶物质所固有的,它能反映出所测淀粉样品的晶体类型和晶化

程度。X 射线衍射图的不同特征反映淀粉结晶结构的差别，衍射图中的峰高（衍射强度）和半峰宽（衍射角）与颗粒内部结晶区中的晶粒大小形状有关，晶粒越大，衍射峰越高，半峰宽越小。

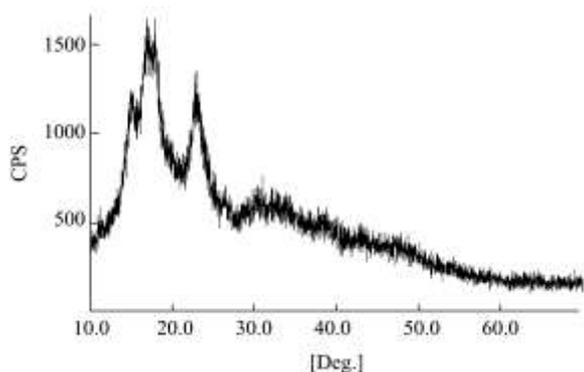


图 7 玉米淀粉的 X-衍射图谱

Fig.7 X-ray diffraction curve of maize starch

表 4 玉米淀粉和芋艿淀粉的 X-衍射曲线间距 d 及相对强度 I

Table 4 Summary of d-spacing and relative intensity in X-ray diffraction curves for corn starch and taro starch

d 值/Å	玉米淀粉强度	2θ	d 值/Å	芋艿淀粉强度	2θ
5.79	S	15.10	5.81	S	15.14
5.17	S	17.20	5.16	S	17.22
3.81	S	23.42	3.80	S	23.42
3.34	S	26.40	3.35	S	26.42

2.4 奉化芋艿淀粉分子结构分析

通过奉化芋艿淀粉的红外光谱分析，其结果如图 8 所示。

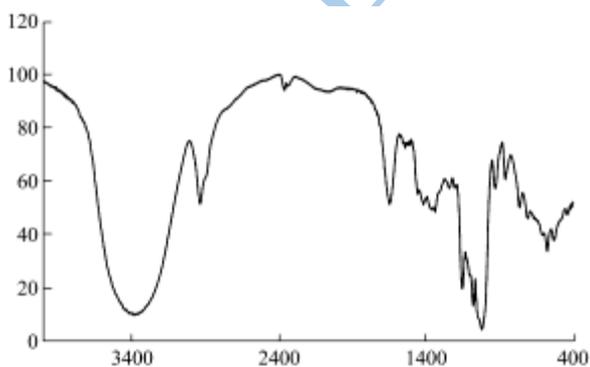


图 8 芋艿淀粉红外光谱图

Fig.8 Infrared spectrum of taro starch

从图 8 可以看出，对于未经化学改性的原淀粉而言，其基本组成单元是 α-D-(+)脱水葡萄糖单元，主要特征基团是 C₂ 和 C₃ 所连接的仲醇羟基，C₆ 连接的伯醇羟基以及 α-D-吡喃环结构。这些结构特征在红外光谱图中的红外吸收峰位置及结构归属分别为：3330 cm⁻¹ 为 O-H 伸缩振动；2931 cm⁻¹ 为 C-H 的

伸缩振动；1647 cm⁻¹ 为水 H₂O 的弯曲振动；1078 cm⁻¹ 为与仲醇羟基相连的 C-O 的伸缩振动；1020 cm⁻¹ 为伯醇羟基相连的 C-O 的伸缩振动；929 cm⁻¹ 为 D 吡喃葡萄糖的 1 型吸收带；862 cm⁻¹ 为 D 吡喃葡萄糖的 2α 型吸收带；765 cm⁻¹ 为 D 吡喃葡萄糖的 3 型吸收带。上述红外光谱特征表明，原淀粉中含有伯、仲醇羟基的 α-D-吡喃环结构特征^[13]。

2.5 奉化芋艿淀粉的糊化温度及热特性分析

通过对奉化芋艿淀粉的糊化温度及热特性分析，其结果见表 5 及图 9。

表 5 不同淀粉糊的性质比较

Table 5 Comparison of gelatinization properties of various starches

类别	糊化温度/℃	热粘度	透明情况
奉化芋艿淀粉	80~85	较高	半透明
玉米淀粉	67~77	较高	不透明
木薯淀粉	65~70	较高	透明
小麦淀粉	75~80	较低	不透明
马铃薯淀粉	57~65	很高	很透明

从表 5 可以看出，奉化芋艿的糊化温度最高，其次是小麦、玉米、木薯，马铃薯糊化温度最低。陆国权等研究表明^[1]，淀粉的糊化温度和淀粉中磷元素含量有关，糊化温度和磷元素含量成负相关，奉化芋艿的糊化温度较高，可能是因为奉化芋艿淀粉中磷含量较低。这也可能是因为奉化芋艿淀粉粒径小、颗粒结构紧密。根据 Ahmad F B 等对西谷椰子淀粉的理化性质研究，淀粉的糊化温度和焓变受淀粉颗粒结构、淀粉粒的结晶度、颗粒大小及直链和支链淀粉比例的影响^[14]。

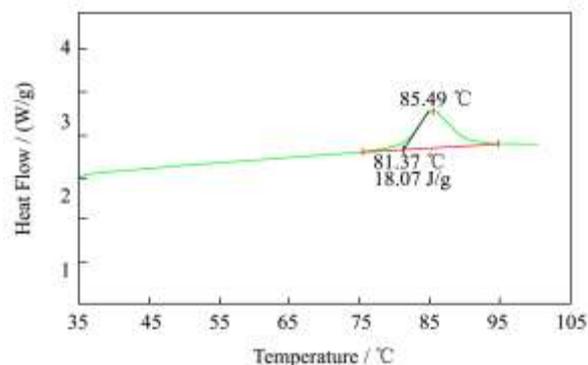


图 9 芋艿淀粉差示扫描量热分析图

Fig.9 Differential scanning calorimetry pattern of taro starch

淀粉糊化过程中，淀粉颗粒在水中因受热吸水膨胀，分子内和分子间氢键断裂，淀粉分子扩散。在此过程中伴随的能量变化在 DSC 分析图谱上表现为吸热峰。DSC 在研究淀粉糊化动力学、凝胶化过程中结

晶顺序的破坏以及在老化过程中结晶结构的重排方面具有重要的价值。

由图 9 可知, 芋艿淀粉的相变起始温度 (T_0) 为 81.37 °C, 相变高峰温度 (T_p) 为 85.49 °C, 和相变终了温度 (T_c) 为 93.81 °C, 吸热焓为 ΔH 为 18.07 J/g。这说明芋艿淀粉中含有数量较多的双螺旋链及颗粒结晶区内相邻支淀粉双螺旋链具有较强的相互作用力。

3 结论

奉化芋艿淀粉中直链淀粉含量为 10.23%, 较其他淀粉中直链淀粉含量低。采用显微镜、电镜扫描法对几种不同品种淀粉颗粒进行观测, 结果显示芋艿淀粉的颗粒较小, 平均粒径约 4.113 μm 。通过红外光谱分析, 结果表明奉化芋艿淀粉中含有伯、仲醇羟基的 α -D-吡喃环结构。通过对几种不同淀粉糊化温度和粘度的测定, 奉化芋艿的糊化温度较高, 可达 80~85 °C, 说明奉化芋艿具有较高热稳定性, 为奉化芋艿的广泛应用提供了理论依据。

参考文献

- [1] 陆国权, 唐忠厚, 郑遗凡. 主要根茎类作物淀粉特性研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(4): 67-71
LU Guo-quan, TANG Zhong-hou, ZHENG Yi-fan. Studies on the starch characteristics of three root and tuber crops [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(4): 67-71
- [2] 邵雪玲, 吴良欢, 林钊沐等. 芋艿残体降解物对芋艿生长、产量和品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2008, 20(6): 480-483
SHAO Xue-lin, WU Liang-huan, LIN Zhao-mu. Effects of ground parts of taro plants on the growth, yield and quality of taro [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2008, 20(6): 480-483
- [3] 董迪迪, 王鸿飞, 戎群洁等. 羧甲基芋艿淀粉的制备及其性质研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(1): 30-35
DONG Di-di, WANG Hong-fei, RONG Qun-jie. Preparation and characteristics research of carboxymethyl taro starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29(1): 30-35
- [4] Tattiyakul J, Pradipasena P, Asavasaksakul Asavasaksakul S. Taro Colocasia esculenta (L.) Schott amylopectin structure and its effect on starch functional properties [J]. Starch, 2007, 59(7): 342-347
- [5] Blennow A, Engelsen S B, Munck L. Starch molecular structure and phosphorylation investigated by a combined chromatographic and chemometric approach [J]. Carbohydrate Polymers, 2000, 2: 163-174
- [6] Perez E, Forrest S, Emperatriz P. Characterization of some properties of starches isolated from Xanthosoma sagittifolium (tannia) and Colocassia esculenta (taro) [J]. Carbohydrate Polymers, 2005, 2: 139-145
- [7] Julianti E, Lubis Z, Ridwansyah Yusraini, E et al. Physicochemical and functional properties of fermented starch from four cassava varieties [J]. Asian journal of agricultural research, 2011, 5(6): 292-299
- [8] Gonzalez-Soto R A, Vega B de la, Garcia-Suarez F J, Agama-Acevedo E, et al. Preparation of spherical aggregates of taro starch granules [J]. LWT-Food Science & Technology, 2011, 44(10): 2064-2069
- [9] 池晓菲, 吴殿星, 楼向阳. 五种谷类作物淀粉糊化特性的比较研究[J]. 作物学报, 2003, 2: 300-304
CHI Xiao-fei, WU Dian-xing, LOU Xiang-yang. Comparative studies on the starch gelatinization characteristics of five cereal crops [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 2: 300-304
- [10] Khongsak Srikaeo, Sukanya Mingyai, Sopade, P. A. Physicochemical properties, resistant starch content and enzymatic digestibility of unripe banana, edible canna, taro flours and their rice noodle products [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(10): 2111-2117
- [11] Fredrikssonh, Silverioj, Erssonr, et al. The influence of amylase and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches [J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 35: 119-134
- [12] Wang C R, Wu S P, Lai L S, et al. The change of composition of taro tuber and physicochemical properties of taro flour and starch during growth period [J]. Taiwanese Agric Chem Food Sci, 2001, 39 (2): 173-184
- [13] Korimoto, Kagoshima. Molecular structures of some Wheat Starches [J]. Carbohydrate Polymers, 1994, 25(2): 111-116
- [14] Ahmad F B, Williams P A, Doublier J L, et al. Physico-chemical characterization of sago