

赤小豆淀粉性质的研究

张元超, 李伟雄, 黄立新*

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640)

摘要: 本文研究测定了赤小豆淀粉的各种结构特性, 发现淀粉颗粒粒径范围为 18~80 μm , 平均粒径为 40.8 μm ; 偏光十字明显, 其 X-光衍射图样属 A 型晶体结构, 结晶度为 40.5%。淀粉碘复合物可见光吸收光谱的最大吸收波长为 618nm, 链淀粉含量 33.2%。赤小豆淀粉在水中的溶胀能力较玉米淀粉大, 比木薯淀粉小。赤小豆淀粉糊属于假塑性流体, 糊抗剪切能力和凝沉能力均比玉米淀粉、木薯淀粉强, 其冷、热糊粘度稳定性较好, 单甘酯对赤小豆淀粉糊的影响较为特别。

关键词: 赤小豆; 淀粉; 性质

Study on Properties of Adzuki Bean Starch

ZHANG Yuan-chao, LI Wei-xiong, HUANG Li-xin*

(College of Light Industry and Food, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The structure properties of the adzuki bean starch have been studied. The range of starch granule size is 18~80 μm and its mean granules diameter is 40.8 μm . Obvious birefringence been observed. Adzuki bean starch is attributed to A-type crystal structure and its degree of crystallinity is 40.5%. The compound of adzuki bean starch with I₂ has the maximal absorbance at the 618nm and its amylose content is 33.2%. The swelling ability and solubility of the adzuki bean starch is better than maize but not like that of cassava. Adzuki bean starch paste belongs to pseudoplastic fluid. The shear resistance and the setback capacity are stronger than maize and cassava. Adzuki bean starch has good hot and cold paste stability. Its monoglyceride has specific impact on adzuki bean starch paste.

Key words: adzuki bean; starch; properties

中图分类号: TS231

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)03-0044-04

赤小豆, 又称赤豆, 红小豆, 为豆科一年生草本植物种子, 一般为赤色, 呈椭圆或长椭圆形, 是亚洲主要的豆类作物之一, 以我国栽培最多, 主产地为东北及华北^[1]。

赤小豆含丰富的营养, 其中蛋白质含量 17.5%~23.3%, 淀粉 48.2%~60.1%, 膳食纤维 5.6%~18.6%^[2], 除用作粮食和副食外, 中医认为赤小豆具有消肿利尿、解毒排毒等功能, 主防水肿、脚气、热毒痈肿和湿热泻痢等症, 可供作食疗。赤小豆既是营养佳品, 也是食品和饮料加工业的原料。赤小豆主要的用途是制作豆沙、豆馅, 以加入糕点或面食中用^[3]。近年来有人研究将赤小豆制成软糖^[4]; 开发以赤小豆为原料经双歧杆菌发酵制取可口饮料, 其食疗兼备, 风味独特, 价格低廉, 备受消费者青睐^[5]。王海棠等^[6]从制作赤小豆豆沙的下脚

料中提取的红色素, 可作为食品、医药、化妆品的着色剂。本单位已经进行了赤小豆等淀粉糊糊丝长度的测定^[7], 本文主要研究测定赤小豆淀粉颗粒、糊等方面的性质。

1 材料与方法

1.1 材料

赤小豆淀粉 水磨法自制 玉米淀粉 长春大成玉米开发有限公司; 木薯淀粉 广西南宁银麦粉业公司; 蜡质玉米淀粉、高链玉米淀粉 天津顶峰淀粉开发有限公司提供。其它药品均为分析纯化学试剂。

1.2 仪器和方法

1.2.1 淀粉颗粒形貌、大小和粒度分析

收稿日期: 2005-04-25

*通讯作者

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(000452)

作者简介: 张元超(1984-), 女, 本科, 主要从事碳水化合物功能化研究。

用德国蔡司公司 AXTOSKOP-40 型显微镜观察拍摄淀粉颗粒的形貌和偏光十字, 用德国 LEO 1530VP 型扫描电镜拍摄观察淀粉的显微形貌。借助英国 MALVERN 公司 Mastersizer MS-2000 型激光衍射散射粒度分析仪测定颗粒的大小。

1.2.2 淀粉颗粒的结晶结构^[8,9]

1.2.3 淀粉溶胀能力的测定^[10]

分别在 95、85、80、70 与 60℃ 等温度下, 水浴搅拌加热 1.0% (W/W) 淀粉乳 30min, 以 3000r/min 在 TDL-40B 型离心机离心 20min, 分离上层清液, 烘干称重为水溶淀粉量, 计算溶解度, 下层为膨胀淀粉部分, 由膨胀淀粉重量计算膨胀度。

1.2.4 淀粉-碘复合物可见光吸收光谱^[11]

用上海 Unico 公司 UV-2102PC 型紫外可见光光度计, 选取从 420~800nm 的可见光波段测定淀粉-碘复合物的可见光吸收光谱。

1.2.5 链淀粉含量的测定^[12]

1.2.6 淀粉糊的流变特性

配制 4.0% (W/W) 浓度淀粉糊于 65、55、45、35℃, 室温 (28℃) 等不同温度用美国 DV-Brookfield 旋转粘度计不同的速率测定其表观粘度。

1.2.7 淀粉糊的抗剪切能力

配制 4.0% (W/W) 浓度淀粉糊于室温用食品搅拌器以 1200r/min 的转速分别剪切 5、10、20、35、50s, 用 Brookfield 旋转粘度计测定样品的表观粘度。

1.2.8 淀粉糊的冻融稳定性^[13]

1.2.9 淀粉糊的凝沉性质和沉降积^[8]

1.2.10 淀粉糊的粘度曲线^[14]

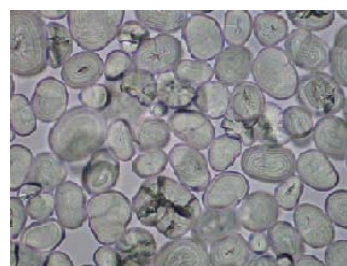
用 Viscograph-E 型布拉班德连续粘度仪进行测定, 测定程序为:

35℃ $\xrightarrow{1.5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 95℃ $\xrightarrow{30\text{min}}$ 95℃ $\xrightarrow{-1.5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 50℃ $\xrightarrow{30\text{min}}$ 50℃

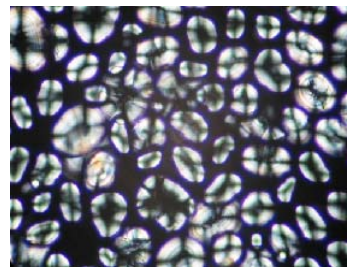
2 结果与讨论

2.1 淀粉颗粒形貌、大小和粒度分析

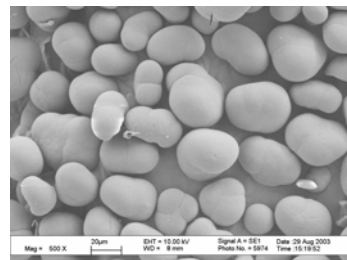
在光学显微镜下可观察到赤小豆淀粉颗粒大小不整齐, 主要为椭圆卵形, 也有少部分小颗粒呈球形, 有些颗粒可见到裂缝, 其裂缝形状不规则, 可见到较明显的轮纹有些类似树木的年轮。赤小豆淀粉颗粒的偏光十字明亮清晰, 但不是特别有规则, 有的呈“X”形或“十”字形, 或中间有偏光盲区。通过扫描电镜 (SEM) 可见到绝大多数的淀粉颗粒完整, 表面光滑, 象马铃薯粒。赤小豆淀粉颗粒的光学显微照片 (A)、偏光十字形貌照片 (B) 与 SEM 电镜照片 (C、D) 分别列于图 1。



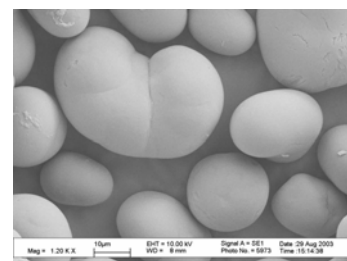
(A) $\times 250$



(B) $\times 250$



(C) $\times 500$



(D) $\times 1200$

图1 赤小豆淀粉颗粒的光学显微照片与扫描电镜照片

Fig.1 Optical microscopy and scanning electron micrograph of adzuki bean starch granules

另外, 用激光衍射散射粒度分析仪对赤小豆淀粉颗粒进行分析, 发现其粒径范围为 18~80 μm , 平均粒径为 40.8 μm 。而玉米淀粉和木薯淀粉的粒径范围分别是 5~25 μm , 5~35 μm ^[10], 可见赤小豆淀粉颗粒较大。

2.2 淀粉颗粒的结晶结构

赤小豆淀粉的 X-光衍射谱图如图 2 所示, 可以确定赤小豆的晶体构型为 A 型。。经 X 射线衍射分析测定, 赤小豆淀粉的结晶度为 40.5%, 玉米淀粉和木薯淀粉的结晶度分别为 39.5% 和 37.2%^[15], 赤小豆淀粉有稍大的结晶度。

2.3 淀粉溶胀能力和冻融持水性的测定

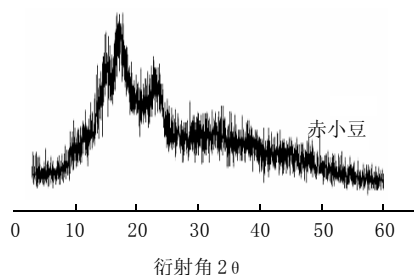


图2 赤小豆淀粉的X-光衍射图谱

Fig.2 The X-ray diffraction patterns of adzuki bean starch

表1 淀粉的溶胀度

Table 1 The solubility and swelling ability of starches

温度 (°C)	溶解度(%)			膨胀度(%)		
	木薯	玉米	赤小豆	木薯	玉米	赤小豆
95	24.11	17.58	16.18	55.24	21.42	27.60
85	23.08	6.96	15.26	50.91	13.25	25.08
80	19.64	6.55	14.88	46.65	12.71	24.20
70	15.44	5.65	8.78	35.36	10.34	17.52
60	3.41	0.83	2.00	11.08	4.03	5.84

表1 为淀粉在不同温度下的溶解度和膨胀度的结果, 赤小豆淀粉在60~85℃时的溶解度比玉米淀粉的大, 在95℃其溶解能力比玉米淀粉小, 但都比木薯淀粉的小。赤小豆淀粉的膨胀度比玉米淀粉大, 比木薯淀粉小。

赤小豆淀粉糊的冻融稳定次数为1次。表2是赤小豆、玉米及木薯淀粉糊冻融5次中每次的持水状况, 可以看出淀粉糊的持水能力随冻融次数的增加而降低, 对比玉米与木薯淀粉糊, 赤小豆淀粉糊的冻融稳定性相对较差。

表2 3.0%浓度淀粉糊冻融后的持水量(%)

Table 2 The moisture capacity after freeze and thaw of 3.0% starch pastes(%)

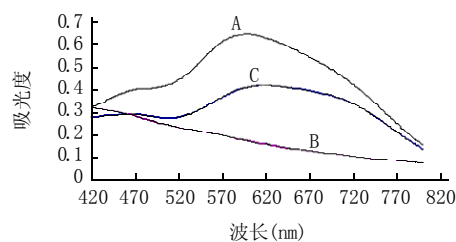
冻融次数(次)	1	2	3	4	5
赤小豆	13.29	12.34	11.32	11.25	11.30
玉米	14.08	12.54	12.06	11.45	11.32
木薯	35.66	33.36	20.48	15.83	12.90

2.4 淀粉链淀粉含量及其碘复合物可见光吸收光谱

测定得到赤小豆淀粉中链淀粉所占的相对含量为33.2%。图3是淀粉碘复合物的可见光吸收光谱图, 以蜡质玉米淀粉和高链玉米淀粉作比较, 发现赤小豆淀粉碘复合物的最大吸收波长为618nm, 其对应的光密度为0.420。高链玉米淀粉的最大吸收波长为605nm, 赤小豆淀粉中的链淀粉可能有比高链玉米淀粉更长的链状葡聚糖链的结构。

2.5 淀粉糊的流变特性和抗剪切能力

随着温度的增加, 赤小豆淀粉糊的剪切应力在相同的剪切速率下下降, 流变曲线凸向剪切应力。在3.5、



A: 高链玉米淀粉; B: 蜡质玉米淀粉; C: 赤小豆淀粉

图3 淀粉碘复合物的可见光吸收光谱图

Fig.3 Absorbed spectra of the compounds of starch and I₂

45、55、65℃下, 4.0%赤小豆淀粉糊的曲线幂方程指数分别为0.329、0.346、0.382和0.445, 表现为假塑型流体。

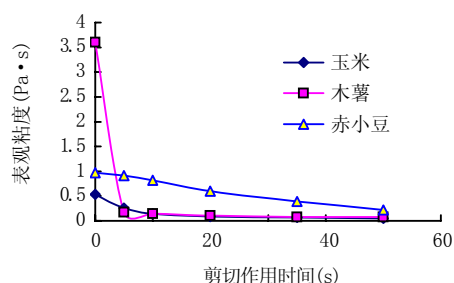


图4 4.0%浓度不同淀粉糊的抗剪切性质

Fig.4 Curve of shear resistance of 4.0% starch pastes

图4为在室温(28℃)下, 4.0%赤小豆淀粉糊与玉米、木薯淀粉糊在搅拌器内高速剪切时, 淀粉糊粘度与剪切时间的变化图。由图可以看出, 淀粉糊在剪切力的作用下粘度会下降, 木薯淀粉糊的抗剪切能力最弱, 赤小豆淀粉糊的抗剪切能力相对于玉米淀粉糊强些。

2.6 淀粉糊的凝沉性质和沉降积

1.0%(W/W)浓度赤小豆、玉米和木薯淀粉糊在室温(28℃)条件下的凝沉性质如图5所示。由图5可知, 它们的凝沉能力顺序为: 赤小豆>玉米>木薯, 静置24h后赤小豆、玉米、木薯淀粉糊的沉降积分别为: 30、38和93ml。

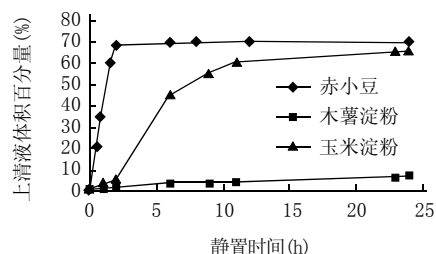


图5 1.0%浓度不同淀粉糊的凝沉性质

Fig.5 The settling capacity of 1.0% starch pastes

2.7 淀粉糊的粘度曲线

淀粉乳的测定浓度为6%(W/W), 然后分别在pH3.5、

表3 淀粉糊粘度曲线的特征值
Table 3 Characteristic values of starch viscosity curve

样品	G T (℃)	P V (mPa · s)	P T (℃)	A (mPa · s)	B (mPa · s)	C (mPa · s)	D (mPa · s)
6% 赤小豆原淀粉	70.8	1094.4	95.0	1088.7	1026.0	1675.8	1753.7
pH3.5	70.6	938.6	80.4	619.4	161.5	214.7	269.8
pH10.0	70.3	2055.8	76.6	1254.0	822.7	1299.6	1366.1
8.0% 蔗糖	71.9	1333.8	92.1	1328.1	1242.6	2095.7	2217.3
3.0% 氯化钠	77.4	1138.1	94.5	1134.3	1029.8	1578.9	1634.0
0.2% 硼砂	72.0	1411.7	78.0	1238.8	965.2	1824.0	1890.5
0.1% 明矾	72.2	1069.7	82.9	934.8	361.0	497.8	628.9
0.125% 单甘酯	80.6	1039.3	94.9	1031.7	972.8	2679.0	1145.7
0.25% 单甘酯	80.9	1105.8	94.9	1090.6	1083.0	2105.2	997.5

pH10.0, 8.0% 蔗糖, 3.0% 氯化钠, 0.2% 硼砂, 0.1% 明矾和 0.125%, 0.25% 单甘酯等条件下测定赤小豆淀粉糊的粘度曲线。其起糊温度 GT、峰值粘度 PV、峰值温度 PT、升温到 95℃ 时的粘度值 A、95℃ 保温 30min 后的粘度值 B、降温到 50℃ 时的粘度值 C 和 50℃ 保温 30min 后的粘度值 D 等特征值, 分别列于表 3。

从表 3 数据可见赤小豆淀粉有较好的热糊冷糊稳定性, 有较强的凝胶性。碱性环境会增加淀粉糊的峰值粘度, 同时也降低其糊的稳定性, 在酸性环境下糊的粘度大大地降低。

添加蔗糖、氯化钠会使淀粉的起糊温度稍微增大, 但加糖使糊粘度增大, 而加盐则使得糊的粘度略有下降。

添加了硼砂后, 赤小豆淀粉的起糊温度降低, 淀粉糊的峰值粘度显著上升; 在 95℃ 保温过程, 淀粉糊粘度迅速降低, 说明其络合结构的耐热稳定性差; 在冷却过程中淀粉糊粘度骤然上升, 冷糊粘度大为增高, 表明淀粉的凝胶性极强。

加入明矾, 赤小豆淀粉的起糊温度表现得略有增高, 明矾经水化后呈现一定的酸性, 会促进淀粉的水解, 从而降低淀粉的粘度。

赤小豆淀粉分别添加单甘酯后, 其起糊温度显著增大, 其峰值粘度与热糊粘度变化不大, 但在淀粉糊冷却的过程中, 淀粉糊粘度有一瞬间显著的上升, 随温度的继续下降至保温过程中, 粘度又陡然下降, 在布拉班德粘度曲线上表现为一陡然的峰值。

3 结 论

赤小豆淀粉颗粒粒径与相对结晶度较大, 属于 A 型晶型结构。它与碘的复合物在 618nm 处有最大的光谱吸收, 链淀粉含量为 33.2%。60~85℃ 时, 赤小豆淀粉在水中的溶胀能力较玉米淀粉强, 但不及木薯淀粉。赤小豆淀粉的膨胀度比玉米淀粉大, 比木薯淀粉小。

赤小豆淀粉糊属假塑性流体, 其抗剪切能力及凝沉

能力均比玉米淀粉、木薯淀粉强, 冻融稳定次数为 1 次, 其冷、热糊粘度稳定性较好。添加蔗糖、氯化钠会使淀粉的起糊温度稍微增大, 加糖使糊粘度增大, 加盐则使得糊的粘度略有下降; 添加硼砂, 赤小豆淀粉的起糊温度降低, 淀粉糊的峰值粘度显著上升; 在 95℃ 保温过程, 淀粉糊粘度迅速降低, 在冷却过程中淀粉糊粘度骤然上升。加入明矾, 赤小豆淀粉的起糊温度表现得略有增高。加入单甘酯后, 其起糊温度显著增大, 峰值粘度与热糊粘度变化不大, 在淀粉糊体系冷却过程, 淀粉糊粘度出现峰值。

参考文献:

- [1] 杨人俊. 野赤豆在我国的地理分布[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 906-908.
- [2] 韩涛, 孙献军, 李丽萍, 等. 红小豆蛋白与淀粉的提取和分离初探[J]. 食品工业科技, 1997, (5): 41-43.
- [3] 李乐清. 浅谈豆沙馅的制作[J]. 四川烹饪, 1996, (1): 35.
- [4] 刘光根. 赤豆软糖[J]. 食品科技, 1994, (2): 16-17.
- [5] 杨翔华, 杨金柱, 王芳玲. 赤豆双歧杆菌发酵饮料的研制[J]. 食品工业科技, 1996, (3): 43-45.
- [6] 王海棠, 张玉清, 马向东, 等. 赤豆红色素的性质研究[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(4): 54-57.
- [7] 黄悦雄, 刘振翔, 黄立新. 质构仪测定淀粉糊糊丝长度的方法[J]. 食品科学, 2005, 28(3): 83-86.
- [8] 王航, 黄立新, 高群玉, 等. 橡子淀粉性质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(7): 1-5.
- [9] 黄立新, 周家华, 周俊侠, 等. 酯化交联淀粉反应及性质的研究[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(1): 6-10.
- [10] 张力田. 变性淀粉[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1992. 1-8.
- [11] 杨光, 丁霄霖. 直链淀粉定量测定方法的研究[J]. 食品工业, 2000, (4): 40-41.
- [12] J A Rudely. Examination and analysis of starch and starch products[M]. London: Applied Science Publishers Ltd., 1976, 118: 155-157.
- [13] 黄立新, 高群玉, 周俊侠, 等. 酯化交联淀粉反应及性质的研究(III)——糊性质和应用[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(6): 1-5.
- [14] R J 惠斯特勒, J N 贝米勒, E F 斯卡帕尔. 淀粉的化学与工艺学[M]. 王雏文, 闵大诰, 杨家顺, 等译校. 北京: 中国食品出版社, 1987. 230-232, 350-362.
- [15] 王航. 酶法制备多孔交联淀粉及其性质的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2003. 49-54.