

不同品种南瓜淀粉的理化特性对比研究

周爱梅, 杨慧, 杨磊, 刘晓娟, 刘欣, 杨公明, 陈永泉

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

摘要: 对比研究了三种不同品种南瓜(蜜本、东升、翠粟)淀粉的理化特性。结果表明: 三种南瓜淀粉中脂肪和蛋白质含量分别在 0.15~0.25% 和 0.09~0.57% 之间; 直链淀粉和可溶性直链淀粉含量则依次在 26.4~29.0% 和 4.48~7.40% 之间, 东升淀粉中直链淀粉和可溶性直链淀粉的含量明显高于其他两种南瓜淀粉。淀粉颗粒大小均在 5~15 μm 之间, 平均直径为 10 μm , 属于偏小的淀粉颗粒, 且多为无规则的椭圆或卵圆形。结晶结构均属于 B 型, 结晶度分别为 30.9%、42.7%、43.3%。东升和翠粟淀粉的起始糊化温度和糊化终止温度范围分别为 73.21~82.76 $^{\circ}\text{C}$ 、78.66~89.88 $^{\circ}\text{C}$, 而蜜本淀粉出现双峰现象, 其糊化温度范围为 69.00~75.67 $^{\circ}\text{C}$ 和 77.70~86.17 $^{\circ}\text{C}$ 。蜜本淀粉具有较低的溶解度和膨胀度, 凝沉稳定性较差, 透光率最高; 东升淀粉的溶解度和透明度较低, 但凝沉性和冻融稳定性较好; 而翠粟淀粉的溶解度和膨胀度最高, 但冻融稳定性最差。

关键词: 南瓜; 淀粉; 理化性质

文章编号: 1673-9078(2013)8-1784-1790

Physicochemical Properties of Pumpkin Starches from Different Cultivars

ZHOU Ai-mei, YANG Hui, YANG Lei, LIU Xiao-juan, LIU Xin, YANG Gong-ming, CHEN Yong-quan

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The physicochemical characteristics of pumpkin starches from three cultivars (Miben, Dongshen and Cuili) were comparatively studied. The results showed that crude fat contents in three pumpkin starches varied between 0.15% and 0.25%, while crude protein varied between 0.09% and 0.57%. The amylose contents changed between 26.4% and 29.0%, and soluble amylose contents ranged between 4.48% and 7.40%. Dongshen pumpkin starch showed apparently higher contents of amylose and soluble amylose than the other two pumpkin starches. Scanning electron microscopy showed that pumpkin starches consisted of oval granules at the size of 5~15 μm with an average diameter around 10 μm . X-ray diffraction studies showed that all pumpkin starches exhibited a B-type diffraction pattern and the degrees of crystallinity were 30.9%, 42.7% and 43.3%, respectively. The ranges of initial and terminated gelatinization temperature of Dongsheng and Cuili pumpkin starches were 73.21~82.76 $^{\circ}\text{C}$ and 78.66~89.88 $^{\circ}\text{C}$, respectively. While MiBen pumpkin starch had a bimodal phenomena with two gelatinization temperature ranges being of 69.00~75.67 $^{\circ}\text{C}$ and 77.70~86.17 $^{\circ}\text{C}$. MiBen pumpkin starch had the lowest solubility, swellability and sediment stability, but the highest paste light transmittance. Dongsheng pumpkin starch had low solubility and paste light transmittance, but moderate to good sediment stability and freeze-thaw stability. CuiLi pumpkin starch had the highest solubility and swell-ability, but showed the lowest freeze-thaw stability.

Key words: pumpkin; starch; physicochemical properties

我国南瓜资源十分丰富, 每年产量约占世界总产量的 13% 以上, 居于世界第一位^[1]。南瓜果肉营养丰富, 含有淀粉、脂肪、维生素、氨基酸及多种矿质元素等营养成分, 还富含生物碱、尿素酶、葫芦巴碱、甘露醇等功能性成分^[2], 因此以南瓜为原料开发食品

收稿日期: 2013-04-08

基金项目: 广东省科技计划农业领域引导项目 (2010B020312008); 广州市科技计划项目 (2010Z1-E191)

作者简介: 周爱梅 (1971-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事食品化学与营养, 农产品与水产品加工与贮藏研究

通讯作者: 刘欣 (1958-), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事淀粉、食品添加剂的研究

有着资源、营养成分和保健功能上的优势。但目前南瓜的加工利用程度低, 除少量直接食用外, 大部分被作为饲料处理。南瓜果肉中淀粉含量高, 有些品种可高达 60%^[3~4], 是一种重要的淀粉资源。淀粉是一种重要的工业原料, 具有价廉、可再生、永不枯竭、生物可降解等优点, 与石油化工原料相比污染小、保护环境, 而且是自然界中最重要的可再生资源之一。近年来, 对天然淀粉独特品质的研究和利用已引起人们的广泛重视, 因此对南瓜开展淀粉的深加工研究具有重要意义。

目前国内外对南瓜淀粉的研究很有限, 且主要集中在对不同品种、不同生长期南瓜淀粉含量等化学成

分变化的研究方面, 而对其理化特性的研究不多, 尤其对我国广泛种植的三种南瓜(蜜本、东升、翠栗)的淀粉的理化性质的研究鲜见报道。徐丽珊等以 20 个不同品种成熟南瓜为材料, 主要测定水含量、淀粉含量与可溶性糖含量等^[5]。许小江等以 4 个印度南瓜和 2 个中国南瓜品种为试验材料, 分春秋二季进行果实生长发育过程中淀粉含量测定研究^[6]。郑诗超等对某种市售南瓜的淀粉进行了初步的理化性质研究^[7]。Singh 和 Stevenson 等人对几种印度南瓜的淀粉进行了研究^[8,9]。虽然这些研究工作取得了一定进展, 但仍存在很大的局限性, 对于南瓜淀粉的应用还远远不够, 有待对其进行更深一步的研究。为此, 本文系统研究了蜜本、东升、翠栗三种南瓜淀粉的理化性质, 分析不同品种南瓜淀粉性质的差异, 为其深加工提供有益的参考。

1 材料与方法

1.1 原料

蜜本、东升、翠栗南瓜, 由广东省农科院果蔬研究所提供; 果胶酶(35000 U/g), 无锡赛德生物有限公司; 其他所用化学试剂都为分析纯。

1.2 主要仪器设备

XL-30ESEM 电子扫描显微镜, 荷兰飞利浦公司; DSC8000 差示扫描量热仪, 德国 PerkinElmer 公司; L6522 型 Brabender 黏度计, 德国 Brabender 公司; DSZ-LT 型索氏提取装置, 上海砥实机械设备有限公司; D/Max2200VPC X-衍射分析仪, 日本 Rigaku 公司; KjeltecTM 2200 半自动凯氏定氮仪, 瑞典 FOSS; 101C-2 型电热鼓风干燥箱, 上海实验仪器厂有限公司; U-3010 紫外分光光度计, 日本 HITACHI 公司等。

1.3 试验方法

1.3.1 淀粉的提取

三种南瓜淀粉的提取根据杨磊等^[10]的方法进行。

1.3.2 淀粉主要化学成分的测定

淀粉的测定: 按 GB/T 5009.9-2003 采用酸水解法; 水分的测定: 按 GB/T 5009.3-2003 采用直接干燥法; 灰分的测定: 按 GB/T 5009.4-2003 采用灼烧称量法; 蛋白质的测定: 按 GB/T 5009.5-2003 采用凯氏定氮法; 脂肪的测定: 按 GB/T 5009.6-2003 采用索氏提取法; 直/支链淀粉参照标准 NY147-88 和洪雁等^[11]的方法。

1.3.3 淀粉颗粒形貌

采用 XL-30ESEM 电子扫描显微镜观察淀粉颗粒

外貌。将淀粉颗粒均匀的撒在贴有双面胶的样品台上, 并作标记, 然后进行喷金固定, 用扫描电镜观察, 并拍摄放大 1600 倍的照片, 比较三种南瓜淀粉颗粒的形貌特征。

1.3.4 淀粉颗粒的 X-射线衍射分析

用 X-射线衍射仪在 $2\theta=4\sim 70^\circ$ 范围扫描测得, 采用 Cu 靶, 石墨单色器、管电压 40 kv, 管电流 30 mA, 扫描速度 $10^\circ/\text{min}$ 。利用 Jade5.0 对数据结果进行分析。

1.3.5 淀粉溶解度与膨润度的测定

参照文献^[12]并加以改进, 配制 2% 的淀粉乳, 置于不同温度的水浴中加热搅拌 30 min, 在 3000 r/min 下离心 30 min, 取上清液在水浴上蒸干, 于 105°C 烘至恒重, 称重得被溶解淀粉重量 A, 按公式 (1) 计算淀粉的溶解度 S; 由离心管中膨胀淀粉重量 P 按公式

(2) 计算淀粉的膨胀度 B:

$$\text{溶解度 } S(\%) = A/W \times 100 \quad (1)$$

$$\text{膨胀度 } B(\%) = P/[W(1-S)] \times 100 \quad (2)$$

注: W 为淀粉质量, 以干基计。

1.3.6 淀粉的糊化特性测定

采用 DSC8000 差示热量扫描仪进行测定。将 5 mg 的淀粉样品置于特制的金碟中, 加入数微升的水或电解质溶液, 加盖密封后平衡一定时间, 然后将样品放在 DSC 的加热器上, 同时用一空碟作对照, 从 40°C 开始, 以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 加热到 100°C , 结果以吸热曲线表示, 测出淀粉糊化过程的起始温度、终止温度、热变峰值温度并计算焓变值。

1.3.7 淀粉粘度特性的测定

用布拉班德粘度计测定不同南瓜淀粉的粘度曲线。将浓度 6% 的淀粉乳置于容器中, 从 25°C 开始升温, 以 $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率加热到 95°C , 保温 30 min, 再以 $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率冷却到 50°C , 在此湿度下保温 30 min, 由布拉班德粘度计自动绘出随温度和时间变化的连续粘度曲线。

1.3.8 淀粉糊透明度的测定

参照文献^[12]并加以改进, 配制 1% 的淀粉乳, 置于沸水浴中加热搅拌 20 min, 并不时加入沸腾的蒸馏水保持原有体积, 然后冷至室温。以蒸馏水为空白, 在 620 nm 波长下测定淀粉糊的透光率。

1.3.9 淀粉糊凝沉性的测定

参照文献^[12]并加以改进, 配制 1% 的淀粉乳, 沸水浴中糊化后, 装入具塞量筒, 室温静置沉淀, 每隔一段时间记录上层清液或下方沉淀物的体积。用清液体积占糊总体积的百分比随时间的变化情况来表示淀粉糊的凝沉性。

1.3.10 淀粉糊冻融稳定性的测定

参照文献^[12]并加以改进,将6%的淀粉乳,在沸水浴中加热20 min,取出冷却至室温,保持体积不变。称取一定量的淀粉糊置于离心管中,在-20~-18℃的冰箱中放置24 h后取出,室温下解冻,以3000 r/min的转速离心15 min。弃去上清液,称取沉淀物的重量,按公式(3)计算析水率。

$$\text{析水率}/\% = (\text{糊重} - \text{离心管中沉淀重}) \times 100 / \text{糊重} (3)$$

2 结果与讨论

2.1 南瓜淀粉的基本化学组成

由表1可知,所提取的三种南瓜淀粉的灰分、脂肪、支链淀粉的含量存在一定的差异,但差异不明显($p > 0.05$),蛋白质和可溶性淀粉含量存在显著差异

($p < 0.05$)。东升淀粉的总淀粉含量明显高于翠栗淀粉($p < 0.05$),但与蜜本淀粉差异不明显($p > 0.05$)。南瓜淀粉的直链淀粉含量在26.40~29.00%之间,与竹芋淀粉(27.67%)^[12]、马蹄淀粉(27.81%)^[13]类似,其中东升淀粉的直链淀粉含量明显高于蜜本淀粉($p < 0.05$),但与翠栗淀粉不存在显著性差异($p > 0.05$)。蜜本淀粉和翠栗淀粉在总淀粉和直链淀粉含量上差异都不明显($p > 0.05$)。南瓜淀粉的不溶性直链淀粉含量为20.40~22.92%,以翠栗淀粉最高($p < 0.05$)。不可溶性直链淀粉的比例与淀粉食品的品质呈一定的相关性,其比例越大,淀粉食品的断条率以及煮沸损失越小。三种南瓜淀粉都具有较高的不可溶性直链淀粉比例,因此可能是一种很好的淀粉食品的原料来源。

表1 南瓜淀粉的基本化学组成(湿重)(%)

Table 1 Chemical composition of isolated starches from pumpkin (Wet weight)

淀粉品种	水分	总淀粉	灰分	脂肪	蛋白质	直链淀粉	支链淀粉	可溶性直链淀粉	不可溶性直链淀粉
蜜本	12.57±0.57 ^a	86.14±1.21 ^{ab}	0.22±0.04 ^a	0.20±0.08 ^a	0.21±0.06 ^b	26.40±0.50 ^b	73.60±0.50 ^a	6.00±0.26 ^b	20.40±0.19 ^b
东升	10.12±0.32 ^b	86.48±0.38 ^a	0.13±0.05 ^a	0.25±0.02 ^a	0.09±0.04 ^c	29.00±1.10 ^a	71.00±1.10 ^a	7.40±0.68 ^a	21.60±0.99 ^{ab}
翠栗	13.02±0.78 ^a	84.89±0.57 ^b	0.21±0.08 ^a	0.15±0.02 ^a	0.57±0.09 ^a	27.40±0.70 ^{ab}	72.60±0.70 ^a	4.48±0.16 ^c	22.92±1.17 ^a

注:同一列完全不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

2.2 南瓜淀粉颗粒的形貌

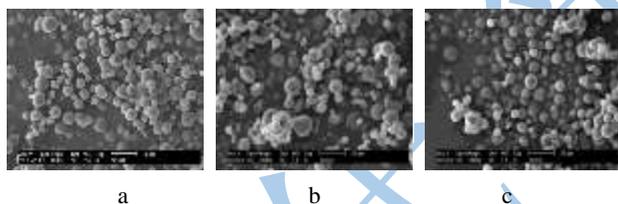


图1 南瓜淀粉颗粒外貌

Fig.1 Scanning electron images of pumpkin starch granules

注:a-蜜本淀粉×1600 SEM, b-东升淀粉×1600 SEM, c-翠栗淀粉×1600 SEM。

由图1可以看出,三个品种的南瓜淀粉颗粒大小均在5~15 μm之间,平均直径为10 μm,属于偏小的淀粉颗粒,多为无规则的椭圆形或卵圆形。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,且影响淀粉粒的性质及其组成成分的性质。研究表明,淀粉的许多理化性质,如透光率,直链淀粉含量,膨胀能力,水结合能力等都与淀粉的平均颗粒尺寸有关^[14]。一般淀粉颗粒越小,淀粉糊的透明度越低,直链淀粉含量越低,脂肪含量越高,淀粉糊化温度越高。

2.3 南瓜淀粉颗粒的X-射线衍射分析

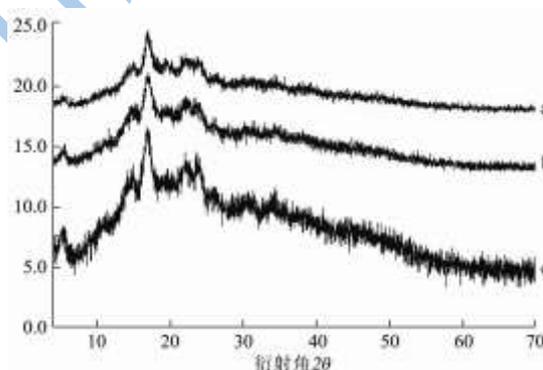


图2 南瓜淀粉颗粒X-射线衍射图谱

Fig.2 Pumpkin starch granule X - ray diffraction pattern

注:a-翠栗淀粉, b-东升淀粉, c-蜜本淀粉。

由图2可知,蜜本、东升、翠栗三种南瓜淀粉在5.6°时有个小峰,在17°只有一个峰值,在22°~24°之间有一个双峰,由此可以确定南瓜淀粉的晶体结构为B型。经测定,三种南瓜淀粉的结晶度依次为30.9%、42.7%、43.3%,其中蜜本淀粉的结晶度最低。淀粉结晶度是表征淀粉颗粒结晶性质的一个重要参数,其大小直接影响着淀粉产品的应用性能^[15],如结晶结构对淀粉的糊化性质、黏度性质和膨胀特性等都非常重要,一般淀粉结晶度越大,淀粉越难糊化,热糊稳定性越好,吸水膨胀性越高。

2.4 南瓜淀粉溶解度与膨润度

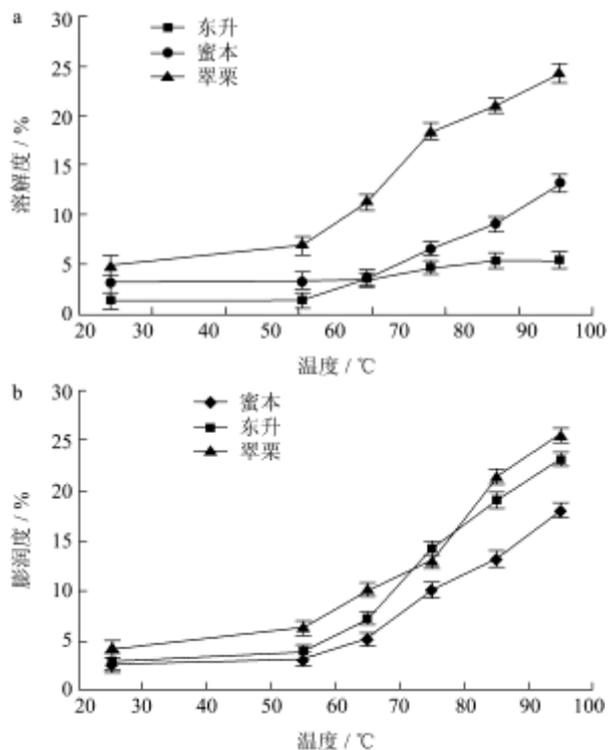


图3 南瓜淀粉在不同温度下的溶解度和膨润度

Fig.3 Effects of different temperatures on solubilities and swelling powers of three kinds of pumpkin starches

注：a-溶解度；b-膨润度。

不同温度下三种南瓜淀粉的溶解度和膨润度见图3。由图3a可知，三种南瓜淀粉的溶解度范围为1.24~24.39%，均随着温度的升高而显著增加 ($p < 0.05$)。当淀粉完全糊化以后即95℃时，翠栗淀粉溶解度最大(24.39%)，蜜本淀粉次之(13.11%)，东升最小(5.43%)，品种间存在显著性差异 ($p < 0.05$)。由图3b可知，三种南瓜淀粉的膨润度均较小，为2.51~25.63%，属限制型膨胀淀粉，说明南瓜淀粉颗粒内部结构比较紧密。三种南瓜淀粉在低于75℃时膨润度都较小，随着温度的增加，膨润度显著增加 ($p < 0.05$)。蜜本淀粉在75℃以后膨润度增加程度不及翠栗和东升淀粉 ($p < 0.05$)，表明蜜本淀粉颗粒内的结合键的力比翠栗和东升淀粉弱。当淀粉完全糊化以后即95℃时，翠栗淀粉的膨润度最大(25.63%)，东升淀粉次之(23.12%)，蜜本淀粉最小(18.15%)，品种间存在显著性差异 ($p < 0.05$)。

淀粉的溶解度与膨润度表明颗粒内部的相互结合能力和持水能力，并分别在一定程度上反映其淀粉食品在烹煮时的膨胀程度和糊汤状况。结果表明翠栗淀粉加热时溶解度大，吸水膨胀性高，因此翠栗淀粉食品易糊汤和断条，不耐煮。蜜本淀粉则具有较低的溶

解度和膨胀度，原因可能是由于其颗粒较小，分子间结合较紧，膨胀阻力较大。一般直链淀粉含量越高，膨润度越小，但蜜本淀粉的直链淀粉含量与膨润度呈正相关，原因可能是由于蜜本淀粉的直链淀粉含量虽然很低，但是它的可溶性直链淀粉含量却是三者中最高的。

2.5 南瓜淀粉的糊化特性

表2 南瓜淀粉的热特性参数

Table 2 Thermal parameters of pumpkin starches

	T ₀	T _p	T _c	ΔH/(J/g)
蜜本淀粉	69.00±1.41 ^c	71.78±1.00 ^c	75.67±1.57 ^d	2.9234±0.34 ^b
东升淀粉	77.70±1.77 ^a	81.05±1.91 ^a	86.17±3.12 ^b	3.5815±0.38 ^b
翠栗淀粉	73.21±1.22 ^b	77.11±1.35 ^b	82.76±1.69 ^c	14.1481±1.33 ^a
翠栗淀粉	78.66±1.74 ^a	82.94±1.81 ^a	89.88±1.70 ^a	16.0964±1.67 ^a

注：同一列完全不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

由表2可知，蜜本淀粉的糊化特性与东升淀粉和翠栗淀粉不同，东升和翠栗淀粉分别在77.11℃、82.94℃出现一个峰值，而蜜本淀粉则出现熔融双峰的现象，其起始糊化温度(T₀)为69.00℃和77.70℃，与东升淀粉存在明显差异 ($p < 0.05$)，最低T₀与翠栗淀粉也存在显著差异 ($p < 0.05$)。蜜本淀粉的顶峰温度(T_p)为71.78℃和81.05℃，与东升淀粉(77.11℃)存在明显差异 ($p < 0.05$)，最低T_p与翠栗淀粉(82.94℃)也存在显著差异 ($p < 0.05$)。蜜本淀粉的糊化终止温度(T_c)和热焓值(ΔH)与其它两种淀粉则都存在明显差异 ($p < 0.05$)。淀粉的糊化温度和焓受淀粉微粒结构、淀粉粒的结晶度、颗粒的大小以及支链与直链淀粉比例的制约^[16-18]。一般淀粉颗粒越小、直链淀粉含量高、内部结晶区越多，糊化比较困难，反之则较易。由上可知，三种南瓜淀粉结晶度顺序为翠栗>东升>蜜本，因此翠栗淀粉比其它两种南瓜淀粉更难糊化，糊化所需要的能量大，发生相变所需的热焓值最高。表中东升和翠栗一个峰值，而蜜本出现熔融双峰的现象，其原因可能是淀粉二次结晶，导致应力松弛造成。

2.6 南瓜淀粉粘度特性

图4为蜜本、东升、翠栗淀粉糊的布拉班德粘度曲线。结果表明，在95℃保温段，粘度差大小顺序为翠栗淀粉(BU=51)>蜜本淀粉(BU=-102)>东升淀粉(BU=-140)，在50℃保温段，粘度差大小顺序为东升淀粉(BU=-51)>翠栗淀粉(BU=-67)>蜜本淀粉(BU=-140)。95℃和50℃保温段淀粉糊的粘度差分别为降落值和回复值，降落值反映淀粉糊的热稳

定性, 回复值表示淀粉糊冷却过程中直链淀粉形成凝胶的能力或老化的趋势, 即反映淀粉糊的冷稳定性。降落值和回复值负值越小, 甚至为正值, 表明淀粉糊热稳定性和冷稳定性越好。95 °C保温段, 翠栗淀粉降落值最小, 说明其淀粉糊有较好的热稳定性, 而蜜本和东升淀粉则在蒸煮过程中不稳定, 容易溶出。50 °C保温段, 三种南瓜淀粉都出现粘泻现象(粘度下降), 说明这三种南瓜淀粉糊的冷糊稳定性都较差。热糊稳定性和冷糊稳定性是淀粉食品易断条和糊汤的一个重要因素。南瓜淀粉糊在高温下的热糊稳定性以翠栗淀粉糊的稳定性最好, 在低温的冷糊稳定性中三者都较不稳定, 淀粉食品可能易断条。

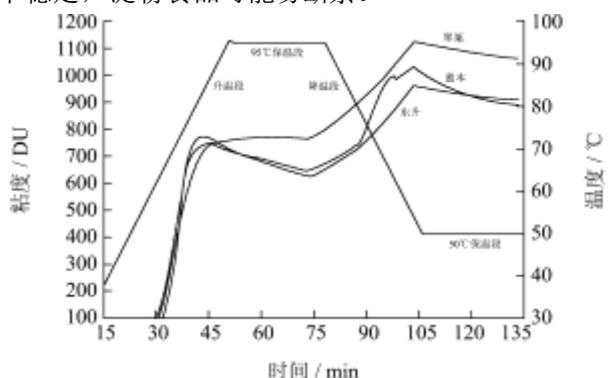


图4 南瓜淀粉糊粘度曲线

Fig.4 Viscosities of Pumpkin starches determined with Brabender viscograph

2.7 南瓜淀粉糊的透光率和冻融稳定性

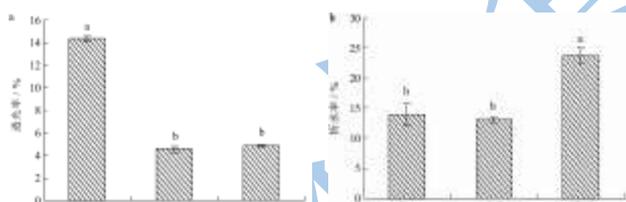


图5 南瓜淀粉的透光率和冻融稳定性

Fig.5 Percent transparencies and freeze-thaw stabilities of pumpkin starches

注: a-不同淀粉糊透光率, b-不同淀粉糊的冻融稳定性; 同一列完全不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

由图5a可知, 蜜本淀粉的透光率最高, 显著高于其它两种南瓜淀粉 ($p < 0.05$), 达到14.3%, 东升和翠栗淀粉的透光率则分别为4.7%和4.9%。不同种类的淀粉糊透光率因直链淀粉含量、颗粒大小、含磷量不同而不同。一般淀粉颗粒越小, 可溶性直链淀粉含量越高, 透光率越低^[19-20]。三种南瓜淀粉颗粒均较小, 不易完全糊化, 导致在淀粉糊中还残存未糊化的淀粉颗粒而影响淀粉糊的透明度。而蜜本淀粉可溶性直链

淀粉含量最低, 所以其透光率相比东升、翠栗淀粉要好。淀粉糊的透明度是完全糊化的淀粉糊所表现的特征之一, 该特性影响到淀粉类食品感观和可接受性。较好的透光率对于食品色泽和质地是有利的。

冻融稳定性用析水率表示, 析水率越高, 冻融稳定性越差。而淀粉糊发生析水, 可以认为是一种凝沉现象^[21]。从图5b中可知, 蜜本、东升、翠栗南瓜淀粉糊的析水率都较低, 分别为13.8%、13.0%、23.8%, 蜜本、东升南瓜淀粉糊的析水率显著低于翠栗淀粉 ($p < 0.05$)。三种南瓜淀粉在冻融中淀粉的胶体结构都不容易破坏, 冻融稳定性较好, 说明在低温条件下南瓜淀粉不容易老化。南瓜淀粉较好的冻融稳定性可能与南瓜淀粉直链淀粉含量较低有关, 低含量的直链淀粉分子与小支链淀粉分子使得其淀粉糊在冷却过程中回生速度更慢, 离心后析水率较小。与其它淀粉相比, 南瓜淀粉的冻融稳定性优于玉米淀粉、菱角淀粉、豌豆淀粉, 并和绿豆淀粉的冻融稳定性较为接近^[22-24]。在冷冻食品中, 淀粉糊的冻融稳定性尤为重要, 由此可见, 南瓜淀粉较适合应用于冷冻食品。

2.8 南瓜淀粉糊的凝沉性

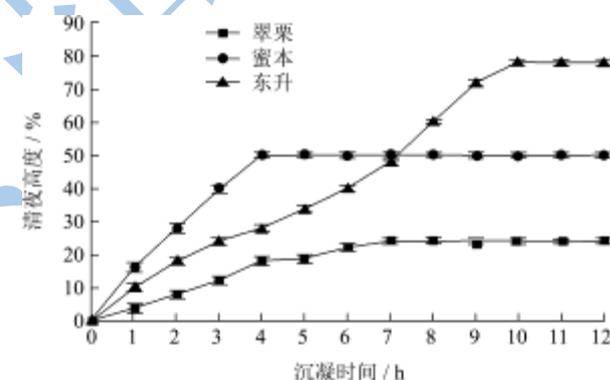


图6 南瓜淀粉糊的凝沉性

Fig.6 Coagulation and sedimentation of pumpkin starches

淀粉糊的沉降体积反映了淀粉糊形成凝胶能力的强弱, 沉降体积越小, 淀粉糊形成凝胶的能力就越强。由图6可知, 蜜本、翠栗、东升淀粉分别在静置前4 h、6 h和10 h过程中, 其淀粉糊的凝沉体积显著性增大 ($p < 0.05$), 随后逐渐趋于稳定。在同一凝沉时间下, 品种间的凝沉性体积也存在显著性差异 ($p < 0.05$)。东升淀粉的凝沉稳定性较好, 翠栗淀粉次之, 蜜本淀粉最差。影响淀粉老化的因素很多, 脂类含量、直链淀粉含量、直链淀粉的聚合度等, 这使得不同淀粉的老化速度相差非常大^[25]。从直链淀粉含量看: 东升 > 翠栗 > 蜜本, 这与三种南瓜淀粉凝沉稳定的时间的差异基本一致, 因而这三种南瓜淀粉中直链淀粉含量的差异可

能是造成凝沉稳定性的差异的重要因素。

3 结论

三种南瓜淀粉中脂肪和蛋白质含量在 0.15~0.25% 和 0.09~0.57% 之间;直链淀粉和可溶性直链淀粉含量在 26.4~29.0% 和 4.48~7.40% 之间,东升淀粉中直链淀粉和可溶性直链淀粉的含量明显高于其它两种南瓜淀粉。淀粉颗粒大小均在 5~15 μm , 平均直径为 10 μm , 属于偏小的淀粉颗粒,且多为无规则的椭圆或卵圆形。结晶结构均属于 B 型,结晶度分别为 30.9%、42.7%、43.3%。DSC 分析结果表明翠栗淀粉比其它两种南瓜淀粉更难糊化,相变所需的热焓值最高。东升和翠栗淀粉分别在 77.11 $^{\circ}\text{C}$ 、82.94 $^{\circ}\text{C}$ 出现一个峰值,其起始糊化温度和糊化终止温度范围分别为 73.21~82.76 $^{\circ}\text{C}$ 、78.66~89.88 $^{\circ}\text{C}$,蜜本淀粉则出现双峰的现象,其糊化温度范围为 69.00~75.67 $^{\circ}\text{C}$ 和 77.70~86.17 $^{\circ}\text{C}$ 。翠栗淀粉加热时吸水膨胀度最高,溶解度最大;蜜本淀粉具有较低的溶解度和膨胀度。高温下翠栗淀粉糊的稳定性最好,低温下三种南瓜淀粉糊都较不稳定。蜜本淀粉糊的透光率最高,达到 14.3%,东升和翠栗淀粉的透光率则分别为 4.7% 和 4.9%。蜜本、东升南瓜淀粉糊的析水率较低,分别为 13.8%、13.0%,这两种淀粉的冻融稳定性较好;翠栗淀粉糊的析水率最高,达到 23.8%,其冻融稳定性明显比其它两种南瓜淀粉差。东升淀粉糊的凝沉性稳定性最好,其次为翠栗和蜜本。

参考文献

- [1] 常伟.南瓜 *Cucurbitaspp* 成分分析及加工技术的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2004
Chang Wei. Pumpkin *Cucurbitaspp* Composition analysis and processing technology [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University of Science and Technology, 2004
- [2] 赵一鹏,李新峥,周俊国.世界南瓜生产现状及种群多样性特征[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2004,3: 112-115
Zhao Yipeng, Li Xinzheng, Zhou Junguo. Worldwide production and diversity characteristics of *Cucurbita* species [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (natural science edition), 2004, 3: 112-115
- [3] Merrow S B, Hopp R J. Storage Effects on Winter Squashes, Associations between the Sugar and Starch Content of, and the Degree of Preference for Winter Squashes [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 1961, 9(4): 321-326
- [4] Hurst P L, Corrigan V K, Hannan P J, et al. Storage rots, compositional analysis, and sensory quality of three cultivars of buttercup squash [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1995, 23: 89-95
- [5] 徐丽珊,俞金龙,杨越安.南瓜的含水量与淀粉含量的相关性研究[J].安徽农业科学,2009,13:5928-5930
Xu Lishan, Yu Jinlong, Yang Yue an. Analysis of the Relationship between the Content of Water and Starch of Pumpkin [J]. AnHui Agricultural Science, 2009, 13: 5928-5930
- [6] 许小江,沈吾山,黄伟忠,等.南瓜果实生长发育过程中淀粉含量的变化[J].吉林农业,2010,10:47-48
Xu Xiaojiang, Shen Wushan, Huang Weizhong, et al. Change of starch content in the growth process of pumpkin fruit [J]. Jilin Agriculture, 2010, 10: 47-48
- [7] 郑诗超,屠大伟,宋来庆.南瓜淀粉的性质研究[J].粮油加工与食品机械,2003,5:50-51
Zheng Shichao, Tu Dawei, Song Laiqing. Research on properties of pumpkin starch [J]. Machinery for cereals oil and food processing, 2003, 5: 50-51
- [8] Singh J, Mccarthy O J, Singh H, et al. Morphological, thermal and rheological characterization of starch isolated from New Zealand Kamo Kamo (*Cucurbita pepo*) fruit-A novel source [J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 67(2): 233-244
- [9] Stevenson D G, Yoo S H, Hurst P L, et al. Structural and physicochemical characteristics of winter squash (*Cucurbita maxima* D.) fruit starches at harvest [J]. Carbohydrate Polymers, 2005, 59(2): 153-163
- [10] 杨磊,刘晓娟,赵力超,等.果胶酶提取南瓜淀粉的工艺研究[J].农业机械,2012,3:79-81
Yang Lei, Liu Xiaojuan, Zhao Lichao, et al. Research on the extraction technology of pumpkin starch with pectinase [J]. Agricultural Machinery, 2012, 3: 79-81
- [11] 洪雁,顾正彪,刘晓欣.直链淀粉和支链淀粉纯品的提取及其鉴定[J].食品工业技术,2004,4:86-88
Hong Yan, Gu Zhengbiao, Liu Xiaoxin. Extraction and identification of amylose and amylopectin [J]. Science and Technology of Food industry, 2004, 4: 86-88
- [12] 陈晓,刘欣,赵力超,等.竹芋淀粉的性质研究[J].食品科学,2008,29(12):132-136
Chen Xiao, Liu Xin, Zhao Lichao, et al. Study on Properties of Arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) Starch [J]. Food Science, 2008, 29(12): 132-136
- [13] 苏建,龚丽,张林泉.马蹄淀粉废渣的处理和利用[J].现代农业装备,2003,4: 63-65
Su Jian, Gong Li, Zhang Linquan. The treatment and

- utilization of Water Chestnut starch waste [J]. Modern agricultural equipment, 2003, 4: 63-65
- [14] Raeker M O, Gaines C S, Finney P L, et al. Granule size distribution and chemical composition of starches from 12 soft wheat cultivars [J]. Cereal Chemistry, 1998, 75(5): 721-728.
- [15] 陈福泉,张本山,黄强,等.X 射线衍射测定淀粉颗粒结晶度的研究进展[J].食品工业科技,2010,1:432-435
Chen Fuquan, Zhang Benshan, Huang Qiang, et al. Research progress of determination crystallinity of starch granular by X-ray diffraction [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 1: 432-435
- [16] Valetudie J C, Guadeloupe L, Colonna P, et al. Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches [J]. Starch-Stärke, 1995, 47(8): 298-306
- [17] Ahamad F B, Williams P A, Doublier J L, et al. Physico-chemical characterisation of sago starch [J]. Carbohydrate Polymers, 1999, 38(4): 361-370
- [18] Tian S J, Rickard J E, Blanshard J. Physicochemical properties of sweet potato starch [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1991, 57(4): 459-491
- [19] Debet M R, Gidley M J. Three classes of starch granule swelling: influence of surface proteins and lipids [J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 64(3): 452-465
- [20] 高群玉,杨宜功.影响淀粉糊流变特性因素的研究[J].食品工业科技,1995,004:10-14
Gao Qunyu, Yang Yigong. Research on influent factors of rheological properties of starch paste [J]. Science and Technology of Food Industry, 1995, 004: 10-14
- [21] 卞希良,鄢应龙,夏凤清.淀粉糊凝沉特性的研究[J].粮油食品科技,2006,13(6):46-48
Bian Xiliang, Wu Yinglong, Xia Fengqing. Study on the property of retrogradation of starch paste [J]. Grain and Oil Food Science and Technology, 2006, 13(6): 46-48
- [22] 刘洵好,杨冯,赵小皖,等.不同品种菱角淀粉的理化特性研究[J].中国粮油学报,2010,25(10):46-51.
Liu Xunyu, Yang Feng, Zhao Xiaowan, et al. Physicochemical Properties of Water Caltrop (*Trapa* sp.) Starch for Three Cultivars [J]. Journal of The Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(10):46-51
- [23] 高群亚,黄立新,周俊侠,等.豌豆淀粉糊粘度性质的研究[J].粮食与饲料工业,2000,3:38-40
Gao Qunya, Huang Lixin, Zhou Junxia, et al. Studies on the Paste Viscosity of Pea Starch [J]. 2000, 3: 38-40
- [24] 高群玉,姜欣.绿豆淀粉糊粘度性质的研究[J].中国粮油学报,1999,14(5):22-25
Gao Qunyu, Jiang Xin. Studies on the Paste Viscosity of Mung Bean Starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1999, 14(5): 22-25
- [25] 张燕萍,颜燕.食品成分对淀粉糊性能的影响[J].无锡轻工大学学报,1997,16(1):24-28
Zhang Yanping, Yan Yan. The Influences of Some Food Ingredients on Pasting Characteristics of Starch [J]. Journal of WUXI University of Light Industry, 1997, 16(1): 24-28