

不同热处理方式对大蕉抗性淀粉理化性质的影响

陈平生, 黄智君, 王娟

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 研究了干热、湿热和微波加热在不同条件下处理大蕉抗性淀粉对其保留率、色泽、颗粒形貌、碘吸收曲线、溶解性、膨胀性和持水性等理化性质的影响。结果表明, 高温干热、湿热和微波加热均会减少抗性淀粉的含量; 湿热和微波加热不利于保护色泽; 三种热处理方式均使大蕉抗性淀粉的偏光十字减弱, 但没有改变最大碘吸收峰位置; 干热和湿热处理使抗性淀粉溶解度减少, 微波处理使溶解度增加; 干热处理使膨胀度减小, 微波加热使膨胀度增大, 湿热对膨胀度没有明显的影响。

关键字: 干热; 湿热; 微波加热; 大蕉; 理化性质

文章编号: 1673-9078(2012)1-9-13

Effects of Different Heat Treatments on the Physicochemical Properties of Plantain Resistant Starch

CHEN Ping-sheng, HUANG Zhi-jun, WANG Juan

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The effects of dry heating, moisture heating and microwave heating treatments on the physicochemical properties of plantain resistant starch (RS) were studied, which evaluated by RS retention rate, color, particle shape, iodine absorption curve, solubility and swelling ability, water-capacity of the treated plantain resistant starch. The results of experiments indicated that RS retention rates were reduced by the high temperature dry heating, moisture heating and microwave heating treatments; moisture heating and microwave heating treatments were not benefit for the color protection. The polarized light was weakened and the position of maximum absorption peaks of the iodine absorption curve was not changed by these three ways of heat treatments. Starch solubility was reduced by dry and moisture heating treatments, while increased by microwave heating treatments. Swelling ability was reduced by dry heating treatments, increased by microwave heating treatments, and was not changed significantly by moisture heating treatments.

Key words: dry heating; moisture heating; microwave heating; plantain; physicochemical properties

香蕉是世界上栽培最为广泛的热带亚热带水果之一, 它具有丰富的营养, 香甜的气味, 还有促进肠胃蠕动, 排便、美容、提高免疫力、抗癌、保护心血管等功能^[1-3]。

世界粮农组织(FAO)将健康者小肠中不吸收的淀粉及其降解产物定义为抗性淀粉。抗性淀粉不能在小肠消化吸收和提供葡萄糖, 可直接进入大肠被生理性细菌发酵, 产生多种短链脂肪酸(丁酸等)和气体, 还有刺激有益菌群生长、减少人体热量摄取、控制体重、增强免疫力等功能。目前, 将抗性淀粉分为4类: 物

收稿日期: 2011-08-21

项目来源: 广东高校优秀青年创新人才培养计划项目资助(LYM10016); 广东省大学生创新实验项目(1056111060)

作者简介: 陈平生(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 王娟(1981-), 女, 讲师, 研究方向: 食品化学与营养, 农产品加工

理包埋淀粉(RS₁)、抗性淀粉颗粒(RS₂)、回生淀粉(RS₃)、化学改性淀粉(RS₄)^[4]。

RS₂主要存在于生的马铃薯、生的豌豆和香蕉中。研究表明, 青香蕉富含天然颗粒淀粉, 平均占湿重15%以上, 这种天然颗粒淀粉, 是第二类抗性淀粉(RS₂)^[5]。然而有报道称香蕉天然抗性淀粉不耐热, 在60~80℃下, 淀粉颗粒发生溶胀, 结构崩溃而被糊化, 转化为可消化淀粉, 从而丧失抗性淀粉特有的生理功能^[6]。

常见的食品热处理方式有干热、湿热和微波加热。干热处理过程先是把淀粉进行初步干燥, 然后把干燥后的淀粉在一定的温度下热处理一段时间至无水或相对无水的状态。湿热是指在少量的水存在情况下, 即含水量小于35%(m/m), 在一定的温度范围(高于玻璃化转变温度但低于糊化温度)热处理的一种物理方法^[7]。微波是利用其中的交变电场使食品中的水分、蛋白质等极性分子之间发生强烈的摩擦和剧烈的热运动而使食物温度升高^[8]。在食品工业中, 干热可用于消

毒、预处理、物理改性淀粉等^[9-11], 湿热常用于淀粉的改性, 微波则有提取和消解的功能; 在日常生活中这三种加热方式的应用极其广泛, 常用于加热食物。

本研究以广东主产的香蕉品种之一-大蕉 (*Musa* AAB group, Plantain Subgroup) 为原料, 以抗性淀粉保留率、色泽、颗粒形貌、碘吸收曲线、溶胀性和持水性为主要指标, 分析和比较三种常用的加热方式(干热、湿热、微波加热) 对大蕉抗性淀粉保留率和其它理化性质的影响, 以期对大蕉抗性淀粉的应用奠定基础。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

大蕉(表皮青绿, 果指饱满), 购于广州农贸市场; 中温淀粉酶, 广州裕立宝生物科技有限公司; 复合果胶酶, 诺维信公司; 猪胰 α -淀粉酶, Sigma 公司; 胃蛋白酶, 广州市齐云生物技术有限公司; 3,5-二硝基水杨酸, 国药集团化学试剂有限公司; 无水葡萄糖, 上海伯奥生物科技有限公司; 柠檬酸, 亚硫酸氢钠、碘等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

Olympus Vanox BHS-2 多功能光学显微镜, 日本 Olympus 公司; UV-1800 紫外/可见分光光度计, 日本岛津; CR-400 色彩色差计, 日本 KONICAMINOLTA; LGJ-10 冷冻干燥机, 北京松原华兴科技发展有限公司; 恒温振荡培养箱, 深圳国华仪器厂; SHA-B 恒温振荡器, 常州澳华仪器有限公司; TDL-40B 型台式离心机, 上海安亭科学仪器厂; 101-1 型电热鼓风干燥箱, 上海锦屏仪器仪表有限公司通州分公司; HH-1 数显恒温水浴锅, 常州澳华仪器有限公司; 湿热反应器, 仪器公司定制; P70D2OTL-D4 微波炉, 格兰仕。

1.3 方法

1.3.1 大蕉抗性淀粉的提取工艺

大蕉 \rightarrow 去皮 \rightarrow 切片 \rightarrow 护色 \rightarrow 打浆 \rightarrow 酶解 \rightarrow 离心去水 \rightarrow 干燥 \rightarrow 粉碎

1.3.2 对大蕉抗性淀粉的不同热处理方式

干热处理: 称取 40 g 大蕉抗性淀粉, 调节水分含量为 10%, 分别进行温度和时间的单因素试验, 反应后冷却, 粉碎, 过 100 目筛。

湿热处理: 称取 40 g 大蕉抗性淀粉, 调节水分使淀粉的水分含量为 30%, 放入湿热反应器中密封, 室温下平衡 1 d, 分别进行温度和时间的单因素试验, 反应后冷却, 取出淀粉, 50 $^{\circ}\text{C}$ 烘干, 粉碎, 过 100 目筛。

微波加热处理: 称取 40 g 大蕉抗性淀粉, 调节水分使淀粉的水分含量为 15%, 放入密闭反应器中, 室

温下平衡 1 d, 再放入微波炉用中高火档 (600 W) 分别加热 3 min 和 5 min, 加热后冷却, 粉碎, 过 100 目筛。

对照样 CK 的处理: 1.3.1 提取的大蕉抗性淀粉不做任何热处理。

1.3.3 干热、湿热处理的单因素试验

干热、湿热处理的温度选用 50 $^{\circ}\text{C}$ 、70 $^{\circ}\text{C}$ 、90 $^{\circ}\text{C}$ 做单因素实验, 加热时间固定在 90 min, 其中干热的淀粉水分含量为 10%, 湿热的淀粉水分含量为 30%。

干热、湿热处理的时间选用 30 min、60 min、90 min 做单因素实验, 加热温度固定在 70 $^{\circ}\text{C}$, 其中干热淀粉水分含量为 10%, 湿热的淀粉水分含量为 30%。

1.3.4 分析方法

1.3.4.1 抗性淀粉含量及其保留率的测定

采用 Goni 法^[12]。

1.3.4.2 颜色测定

全自动色差计测定。

1.3.4.3 偏光显微镜的观察^[13]

选择不同淀粉样品, 分别按一定比例调成淀粉乳, 加一滴于载玻片上, 盖上盖玻片, 放入显微镜载物台上, 选择适当的放大倍数和光亮度, 在偏振光下观察, 并拍摄淀粉颗粒形貌, 与原淀粉进行比较, 考察不同热处理前后玉米淀粉偏光十字的变化情况。

1.3.4.4 抗性淀粉的碘吸收曲线^[14]

精确称取 50 mg 大蕉抗性淀粉于 50 mL 容量瓶中, 加入 90% 二甲基亚砜(DMSO)溶液 10 mL, 于 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中分散 10 min, 迅速冷却, 用水定容。取 2 mL 于 50 mL 容量瓶, 加入 25 mL 水及 1 mL 碘试剂, 定容, 立即混匀, 显色 10 min, 空白中不加淀粉, 其余步骤相同。用紫外分光光度计扫描, 波长 500~800 nm。

1.3.4.5 溶解度和膨胀性的测定^[15]

配制 20 mL 5 g/100 mL 的淀粉乳, 在 90 $^{\circ}\text{C}$ 的水浴温度加热并搅拌 30 min, 再以 3000 r/min 离心 20 min, 分离上层清液, 取上层清液蒸干, 沉淀于 105 $^{\circ}\text{C}$ 继续烘干至质量恒定后称质量, 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, 公式为:

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

$$\text{膨胀度 } P(\%) = 100D/W(100-S) \times 100\% = D/W(1-S/100)$$

注: A-上层清液蒸干后的质量, g; W-样品质量, g; D-离心后沉淀的质量, g。

1.3.4.6 持水性的测定^[15]

配制 20 mL 5 g/100 mL 的淀粉乳, 置于离心管中, 分别在 50 $^{\circ}\text{C}$ 、70 $^{\circ}\text{C}$ 和 90 $^{\circ}\text{C}$ 下水浴加热 15 min, 每 5 min 振荡 1 次。将水浴后的样品以 3000 r/min 的转速离心 15 min, 弃去上清液, 沉淀物倾斜 45 $^{\circ}$, 静置

10 min, 除去水分, 称其质量, 计算持水性:

$$\text{持水性} = (m_2 - m_1 - m_0) / m_0 \times 100\%$$

式中: m_0 -称取淀粉的质量, g; m_1 -管的质量, g; m_2 -去除水分后淀粉和管的质量, g。

1.3.5 数据处理

使用 EXCEL 对数据进行统计分析, 利用 SAS 8.1 软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 加热温度对大蕉抗性淀粉理化性质的影响

2.1.1 加热温度对大蕉抗性淀粉的保留率、色泽、溶解度, 膨胀度和持水性的影响

抗性淀粉含量可以说明淀粉中含有非可消化淀粉的量, 色泽中亮度(L^*)可以反映淀粉的外观品质, L^* 越大, 淀粉亮度越大, 溶解度和膨胀度的大小可以说明淀粉颗粒结构有序性、缔合性和紧密性; 持水性可以说明淀粉结构中亲水基团暴露的比例。

从表 1 可看出, 90 °C 的干热和湿热处理均显著降低抗性淀粉含量, 且湿热处理后的抗性淀粉减少的量比干热的多。干热处理对大蕉抗性淀粉的亮度没有显著影响, 而湿热处理明显降低大蕉抗性淀粉的亮度, 且热处理温度越高, 亮度越小。干热和湿热处理均显著降低大蕉抗性淀粉的溶解度, 热处理温度越高, 溶解度越小; 相同热处理温度下湿热处理后的抗性淀粉溶解度小于干热的。干热处理降低大蕉抗性淀粉的膨胀度, 且热处理温度越高, 膨胀度越小, 湿热处理降低大蕉抗性淀粉的膨胀度, 但没有干热降低的多。干热处理可增加大蕉抗性淀粉的持水性, 且热处理温度

越高, 持水性增加量越大; 湿热处理可显著增加 50 °C、70 °C 水浴加热时测定的持水性, 且热处理温度越高, 持水性也越大, 但 90 °C 水浴加热时, 测定的持水性与 CK 相比反而减小, 但差异不显著。

表 1 不同加热温度处理后的抗性淀粉保留率、色泽、溶解度、膨胀度和持水性

Table 1 The retention rate, color, solubility, swelling ability, water-capacity of plantain resistant starch treated by different heat temperature

项目	热处理方式	热处理温度			CK
		50°C	70°C	90°C	
抗性淀粉含量	干热	76.20*±0.42	76.70*±0.16	69.75*±0.16	75.10±0.29
	湿热	74.89*±0.27	77.05*±0.16	57.09*±0.41	
色泽(L^*)	干热	82.42±0.48	81.82±0.69	79.90±0.62	81.23±0.09
	湿热	78.28*±0.61	74.61*±0.64	73.47*±0.55	
溶解度 P/%	干热	5.00*±0.05	4.25*±0.07	4.20*±0.03	5.11±0.03
	湿热	4.76*±0.06	3.11*±0.04	2.43*±0.03	
膨胀度 P/%	干热	11.89±0.05	9.39*±0.04	7.28*±0.07	12.01±0.09
	湿热	12.58*±0.04	11.10*±0.05	11.10*±0.03	
持水性/(%) (50°C)	干热	1.34±0.03	1.46*±0.07	1.51*±0.04	1.27±0.03
	湿热	1.51*±0.02	1.63*±0.04	2.05*±0.05	
持水性/(%) (70°C)	干热	1.44±0.09	1.51±0.03	1.54*±0.04	1.36±0.06
	湿热	1.58*±0.11	1.73*±0.03	2.23*±0.05	
持水性/(%) (90°C)	干热	5.21±0.08	5.38*±0.03	5.68*±0.02	4.40±0.04
	湿热	3.73*±0.04	3.81*±0.03	4.38±0.05	

注: *表示与对照组 CK 比较差异显著 ($P < 0.05$)。持水性分别在 50 °C、70 °C 和 90 °C 下水浴加热测定。

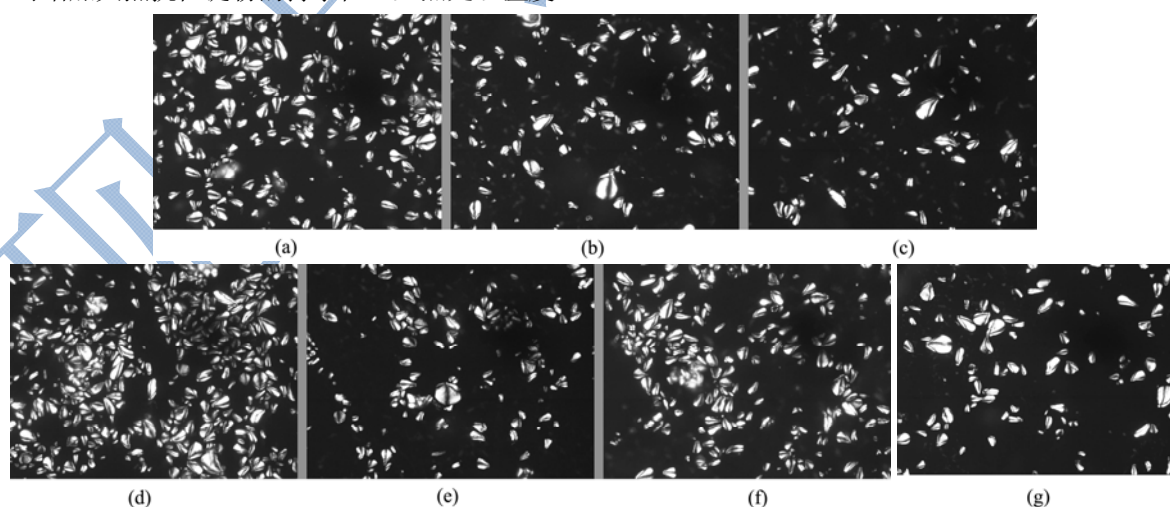


图 1 不同加热温度处理后的大蕉抗性淀粉偏光十字

Fig.1 The polarization cross analysis of plantain resistant starch treated by different heat temperature

注: a、b、c 分别为 50 °C、70 °C、90 °C 干热处理的大蕉抗性淀粉; d、e、f 分别为 50 °C、70 °C、90 °C 湿热处理的大蕉抗性淀粉; g 为 CK 大蕉抗性淀粉。

2.1.2 加热温度对大蕉抗性淀粉颗粒形貌的影响

偏光十字可以反映淀粉的种类, 形貌结构等信息。

从图 1 可看出,对照(CK)的大蕉抗性淀粉偏光十字很明显,颗粒的十字交叉点接近于颗粒一端,且呈斜十字。干热和湿热处理均减弱大蕉抗性淀粉的偏光十字,使淀粉结构变地松散。

2.1.3 加热温度对大蕉抗性淀粉碘吸收曲线的影响

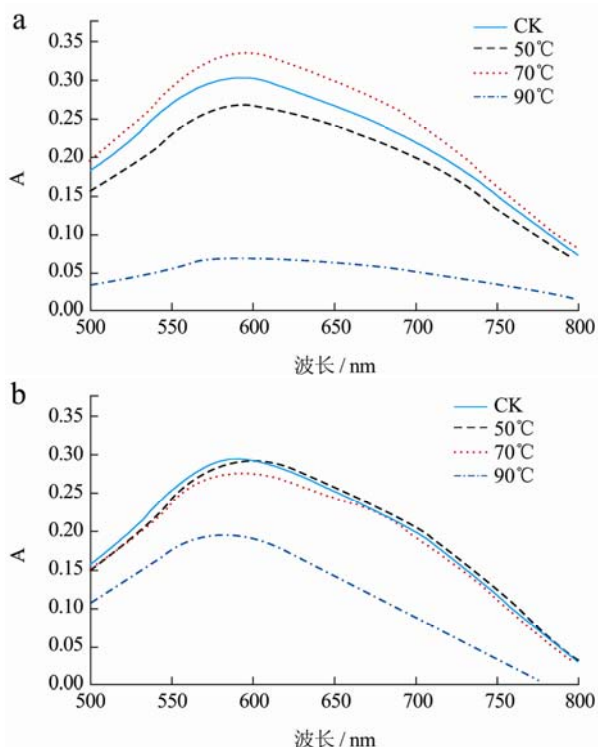


图 2 不同加热温度处理后的大蕉抗性淀粉碘吸收曲线

Fig.2 Iodine absorption curves of plantain resistant starch treated by different heat temperature

注: a 为 50℃、70℃、90℃下干热处理的大蕉抗性淀粉;

b 为 50℃、70℃、90℃下湿热处理的大蕉抗性淀粉。

直链淀粉的最大吸收峰在 600~640 nm,支链淀粉的最大吸收峰在 520~560 nm。从图 2 中可以看出,大蕉抗性淀粉的碘吸收曲线最大吸收峰在 580~600 nm,位于直链淀粉与支链淀粉之间。干热和湿热处理没有使最大碘吸收峰发生偏移,说明这两种加热方式下淀粉只是发生了物理变化,但是使淀粉的碘吸收峰的面积发生了变化,90℃干热和湿热处理的大蕉抗性淀粉碘吸收峰面积明显小于对照 CK。吸收峰面积可能与抗性淀粉含量有相关性,抗性淀粉含量差异较大时,碘吸收峰的面积也有较大的差异。

2.2 加热时间对大蕉抗性淀粉理化性质的影响

2.2.1 加热时间对大蕉抗性淀粉的保留率、色泽、溶解度、膨胀度和持水性的影响

从表 2 可看出,70℃下干热处理后抗性淀粉含量大于 CK,但随着加热时间的延长,会使抗性淀粉的含量降低,溶解度和膨胀度减小,而颜色亮度和持水性没有显著变化。70℃下湿热处理使 50℃、70℃水

浴加热测定的持水性显著增加,90℃水浴加热测定的持水性显著降低;随着湿热处理时间的延长,呈现大蕉抗性淀粉含量先增加后减小,亮度降低,溶解度减小,膨胀度增大的变化。

表 2 不同加热时间处理后的抗性淀粉保留率、色泽、溶解度、膨胀度和持水性

Table 2 The retention rate, color, solubility, swelling ability, water-capacity of plantain resistant starch treated by different

项目	热处理 方式	热处理时间/min			CK
		30	60	90	
抗性淀粉含量	干热	84.42*±0.28	80.54*±0.55	76.70*±0.16	75.10±0.29
	湿热	72.01*±0.42	78.31*±0.16	77.05*±0.16	
色泽 (L*)	干热	81.63±0.72	80.91±0.83	81.82±0.69	81.23±0.09
	湿热	76.22*±0.91	75.13*±0.63	74.61*±0.64	
溶解度 P/%	干热	4.92*±0.02	4.40*±0.03	4.25*±0.07	5.12±0.03
	湿热	3.31*±0.04	3.19*±0.03	3.11*±0.04	
膨胀度 P/%	干热	11.06*±0.12	9.69*±0.08	9.39*±0.11	12.01±0.09
	湿热	10.79*±0.14	10.89*±0.11	11.10*±0.15	
持水性/% (50℃)	干热	1.41*±0.04	1.42*±0.03	1.46*±0.07	1.27±0.03
	湿热	1.62*±0.04	1.63*±0.01	1.63*±0.04	
持水性/% (70℃)	干热	1.44±0.05	1.49*±0.02	1.51*±0.03	1.36±0.06
	湿热	1.74*±0.04	1.79*±0.02	1.73*±0.03	
持水性/% (90℃)	干热	5.21*±0.02	5.46*±0.05	5.38*±0.03	4.40±0.04
	湿热	3.79*±0.02	3.80*±0.02	3.81*±0.03	

注: *表示与对照组 CK 比较差异显著 (P<0.05)。持水性分别在 50℃, 70℃和 90℃下水浴加热测定。

表 3 不同微波处理时间和对照的抗性淀粉保留率、色泽、溶解度和膨胀度

Table 3 The retention rate, color, solubility, swelling ability, water-capacity of plantain resistant starch treated by different microwave heating time and control group starch

项目	微波加热 3min	微波加热 5min	CK
抗性淀粉含量	69.23*±0.42	62.06*±0.27	75.10±0.29
色泽	76.17*±0.83	75.36*±0.18	81.23±0.09
溶解度 P/%	5.53*±0.05	6.97*±0.06	5.12±0.03
膨胀度 P/%	12.81*±0.07	18.32*±0.03	12.01±0.09
50℃持水性/%	1.41*±0.03	1.49*±0.06	1.27±0.03
70℃持水性/%	1.50*±0.03	1.57*±0.04	1.36±0.06
90℃持水性/%	4.22*±0.07	4.16*±0.08	4.40±0.04

注: *表示与对照组 CK 比较差异显著 (P<0.05)。持水性分别在 50℃, 70℃和 90℃下水浴加热测定。

从表 3 可看出,随着微波加热时间的延长,大蕉抗性淀粉含量减少,色泽变暗,溶解度增加,膨胀度增大;与 CK 相比,微波加热能使大蕉抗性淀粉持水

性发生显著变化, 50 °C、70 °C水浴加热测定的持水性显著增加, 90 °C水浴加热测定的持水性显著降低。

2.2.2 加热时间对大蕉抗性淀粉颗粒形貌的影响

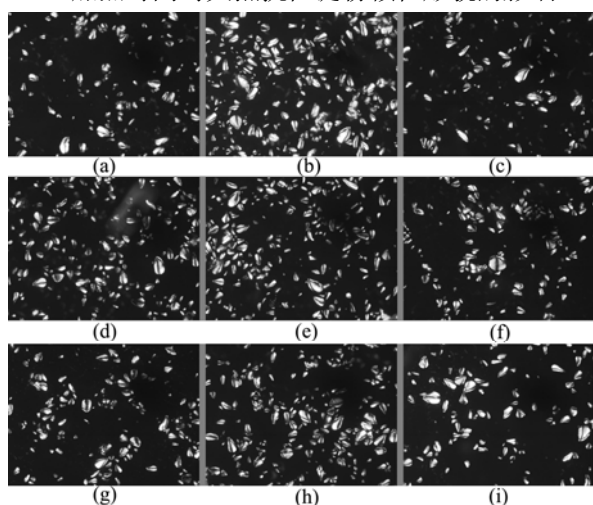


图3 不同加热时间处理后的大蕉抗性淀粉偏光十字

Fig.3 The polarization cross of plantain resistant starch treated by different heat time

注: a、b、c 分别为 30min、60min、90min 干热处理的大蕉抗性淀粉; d、e、f 分别为 30min、60min、90min 湿热处理的大蕉抗性淀粉, g、h 分别为 3min、5min 微波处理的大蕉抗性淀粉; i 为 CK 大蕉抗性淀粉。

从图3可看出, 与CK相比, 经70 °C干热和湿热处理后, 偏光十字均变弱, 但没有完全消失, 有部分淀粉结构变地松散, 但是热处理时间的延长, 淀粉的偏光十字未继续变弱。与CK相比, 经微波加热处理的偏光十字也减弱。

2.2.3 加热时间对大蕉抗性淀粉碘吸收曲线的影响

从图4可看出, 三种热处理都没有使大蕉抗性淀粉的最大碘吸收峰发生偏移; 干热处理后的大蕉抗性淀粉吸收峰面积大于CK, 且随着热处理时间的延长吸收峰面积增加; 湿热处理的吸收峰面积小于CK, 随着热处理时间延长吸收峰面积接近于CK的; 微波加热处理后的大蕉抗性淀粉碘吸收峰面积小于CK。

3 结论

3.1 干热处理温度升高会使大蕉抗性淀粉溶解度和膨胀度降低, 持水性增大, 偏光十字减弱, 而对色泽没有显著地影响; 干热温度达到90 °C时显著降低抗性淀粉的保留率和减少碘吸收峰面积。

3.2 湿热处理温度升高会降低大蕉抗性淀粉溶解度, 提高50 °C、70 °C水浴时的持水性, 降低90 °C水浴时的持水性, 降低颜色亮度, 而对偏光十字和膨胀度无明显的影响; 湿热处理温度达到90 °C时显著降低抗性淀粉的保留率和减少碘吸收峰面积。

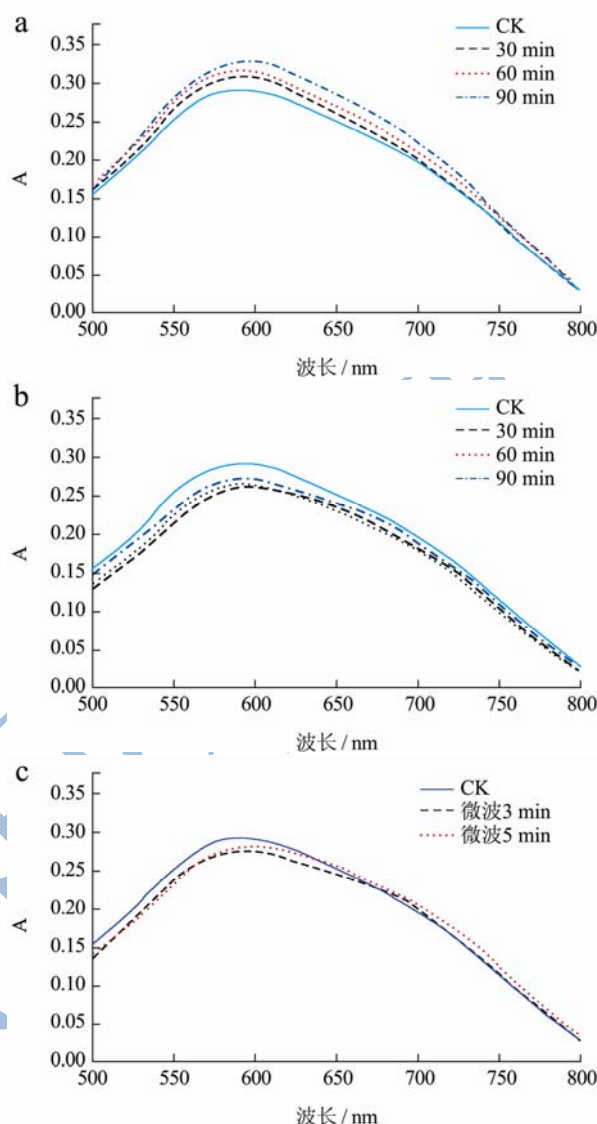


图4 不同加热时间处理后的大蕉抗性淀粉碘吸收曲线

Fig.4 Iodine absorption curves of plantain resistant starch treated by different heat time

注: a 为 30min、60min、90min 干热处理的大蕉抗性淀粉; b 为 30min、60min、90min 湿热处理的大蕉抗性淀粉; c 为微波处理 3min、5min 的大蕉抗性淀粉。

3.3 70 °C时, 随着干热时间的延长, 会使大蕉抗性淀粉的含量降低, 溶解度和膨胀度减小, 而对最大碘吸收峰位置、偏光十字、颜色和持水性无显著影响。

3.4 70 °C时, 随着湿热时间的延长会使大蕉抗性淀粉含量微量增加, 颜色亮度降低, 溶解度减小, 而对偏光十字强弱、最大碘吸收峰位置没有明显影响。

3.5 随着微波加热时间的延长, 使大蕉抗性淀粉含量减少, 色泽变暗, 溶解度增加, 膨胀度增大, 偏光十字减弱, 碘吸收峰面积减小, 而对最大碘吸收峰位置没有明显影响。微波加热促使大蕉抗性淀粉持水性发生显著变化, 50 °C、70 °C水浴加热测定的持水性显著

增加, 90 °C水浴加热测定的持水性显著降低。

参考文献

- [1] 杨公明,王娟,程燕锋.香蕉粉的功能、加工现状及新技术[J].食品与生物技术学报,2007,26(5):121-126
- [2] 陈平生,黄玮,张延杰,等.香蕉杏仁饼的配方研究[J].现代食品科技,2010,26(5):482-485
- [3] 李南薇,李宁,程富.香蕉橙混合果汁酸乳饮料的研制[J].现代食品科技,2009,25(1):62-65
- [4] 陈光,高俊鹏,王刚,等.抗性淀粉的功能特性及应用研究现状[J].吉林农业大学学报,2005,27(5):578-581
- [5] 杜冰,程燕锋,杨公明,等.不同干燥工艺对香蕉抗性淀粉的影响[J].食品科学,2009,30(12):31-34
- [6] 程燕锋,王娟,李尚新,等.香蕉抗性淀粉提取工艺优化研究[J].中国粮油学报,2008,23(2):73-76
- [7] 罗志刚,高群玉,杨连生.湿热处理对淀粉性质的影响[J].食品科学,2005,26(2):50-54
- [8] 李里特.微波在食品加工中应用的原理和特点[J].食品工业科技,1991,6:3-7
- [9] 胡毓畏,张榆珍.干热处理对瓜果类种子发芽率的影响[J].1994,6: 25-26
- [10] 长井雄治.蔬菜种子的干热消毒[J].国外农学,1987,4:39-41
- [11] 张帆,林鸳鸯,郑宝东.干热变性淀粉的研究进展[J].福建轻纺,2011,5:33-37
- [12] 程燕锋,王娟,李尚新,等.几种测定香蕉抗性淀粉含量方法的比较[J].食品与发酵工业,2007,33(8):153-156
- [13] 李素玲,林志荣,高群玉.湿热处理对玉米淀粉性质的影响[J].粮食与饲料工业,2010,2:19-21
- [14] 张守文,孟庆虹,杨春华.玉米抗性淀粉的结构和性质研究[J].食品工业科技,2006,27(6):64-69
- [15] 刘兰英,李新华,范媛媛.香蕉淀粉理化性质的研究[J].农产品加工,2005,11:30-32