

淀粉白度耐高温特性研究

张本山¹, 李为民¹, 侯成博¹, 汪建平², 屈哲辉²

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640) (2. 广州市高士实业有限公司, 广东广州 510640)

摘要: 本文以玉米、木薯、马铃薯、西米四种淀粉为原料, 采用 100~200 °C 高温加热的方式, 研究原淀粉以及经物理方法处理后的淀粉白度在高温下变化情况, 并用扫描电镜观察白度变化最明显的马铃薯淀粉颗粒形貌。结果表明, 经过 200 °C 加热, 马铃薯原淀粉白度从 85.88 降到 45.51, 变化最明显, 玉米原淀粉白度从 88.21 降到 79.10, 变化最小; 原淀粉经乙醇提纯后加热, 以及原淀粉在真空下加热, 白度变化趋势跟原淀粉差不多, 且 200 °C 下白度都比原淀粉同温下白度下降 2~6, 其中马铃薯淀粉白度变化最明显; 原淀粉分别在酸、碱性条件下加热, 白度变化更明显, 特别是碱性条件下, 此时 200 °C 下, 白度都降到 13.67~24.76; 原淀粉经过预糊化后高温加热, 不同淀粉白度变化大致相似, 且 200 °C 下白度都非常接近 39。说明淀粉中蛋白质和脂质对高温下淀粉白度影响不大, 不同淀粉白度耐高温特性的差异可能与淀粉颗粒大小有关。

关键词: 淀粉; 白度; 高温加热

文章编号: 1673-9078(2015)2-87-92

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.2.016

Study on the Thermostability of Starch Whiteness

ZHANG Ben-shan¹, LI Wei-min¹, HOU Cheng-bo¹, WANG Jian-ping², QU Zhe-hui²

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

(2. Guangzhou Glorystar Chemical Co., Ltd, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Using corn, cassava, potato, and sago starches as raw materials, high temperature treatment from 100 to 200 °C was adopted to investigate changes in the whiteness of original starches and starches treated with physical methods. Scanning electron microscopy (SEM) was used to observe the granular morphology of potato starch, which had the most obvious change in whiteness. Results showed that, after heating at 200 °C, the whiteness of potato starch decreased from 85.88 to 45.51, which was the largest change; corn starch whiteness reduced from 88.21 to 79.10, which was the smallest change. After purification by ethanol, the resultant and original starches showed similar changes in whiteness under vacuum heating. At 200 °C, the largest change in whiteness occurred in potato starch and the whiteness of all starches was lowered by 2 to 6 compared to their respective original starches. After heating under acidic or alkaline conditions, changes in whiteness were more obvious in the native starches, especially under alkaline condition. After heating at 200 °C, whiteness was reduced to a range of 13.67 to 24.76. When starches were pre-gelatinized and heated, the changes in whiteness were roughly the same for the different starches; whiteness was very close to 39 at 200 °C. These results demonstrate that the proteins and lipids in starch have little influence on the changes in its whiteness; however, variation in the thermostability of the whiteness of different starches might be related to their granular sizes.

Key words: starch; whiteness; high temperature treatment

淀粉作为一种重要的食品原料和工业原料, 来源广泛, 它以颗粒形式存在于植物的果实、块根、块茎、籽粒等中, 且不同来源的淀粉有不同的颗粒形态和大小^[1]。淀粉用途非常广泛, 特别是淀粉改性技术迅速发展后, 包括物理变性、化学变性、酶法变性等, 使得淀粉在各行业的应用前景扩大^[2]。目前, 对于淀粉

的研究大都基于淀粉改性工艺及改性后物理化学性质和应用性质, 而这种改性研究基本上是在低温、常温以及 100 °C 以下的高温进行^[3~5]。然而淀粉在生产 and 应用过程中, 白度是划分淀粉等级的最重要的理化指标之一, 直接影响着淀粉产品的销售和价位, 从而影响到企业的经济效益和市场竞争力^[6], 所以白度也是不可忽视的, 有不少研究提出了在淀粉提取过程中提高白度的措施或者在淀粉加工过程中保持白度的方法。但是在淀粉的加工过程中, 不少工艺是要在接触氧气的情况下经过 100 °C 以上高温处理的^[7], 而对这种高温下淀粉白度变化情况的研究却很少。

淀粉在不加水的条件下, 其白度在 100 °C 以上高

收稿日期: 2014-06-13

基金项目: 广东省国际合作项目 (2011B050800004)

作者简介: 李为民 (1989-), 男, 硕士, 研究生, 研究方向: 功能碳水化合物化学材料理论与技术

通讯作者: 张本山 (1964-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 功能碳水化合物化学材料理论与技术

温下烘烤会有怎样变化趋势,不同来源淀粉的白度变化趋势会是怎么样,哪种淀粉白度耐高温性好,有什么因素可以影响淀粉白度耐高温特性,这方面的研究报道非常少。本文主要以玉米、木薯、马铃薯及西米四种不同来源的淀粉为实验原料,采用100~200℃高温加热淀粉的方式,分别研究不同原淀粉和经过一些物理方法处理后淀粉白度变化情况,探究不同淀粉白度耐高温特性及影响淀粉白度耐高温特性的因素,为淀粉在高温条件下加工和应用提供借鉴和指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料与仪器

玉米淀粉,一级品,长春黄龙食品工业有限公司;木薯淀粉,一级品,北海市合浦瑞丰淀粉厂;马铃薯淀粉,一级品,北大荒马铃薯集团;西米淀粉A,马来西亚;西米淀粉B,马来西亚;95%乙醇,天津市富宇精细化工有限公司;其余药品分析纯,天津市富宇精细化工有限公司。

DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱,上海齐欣科学仪器有限公司;QLF-6020 真空干燥箱,北京乐谱纳机电公司;DFY-300 摇摆式高速万能粉碎机,温岭市林大机械有限公司;DELTA320PH 计,丹麦梅特勒公司;WSD-3C 全自动白度计,北京康光仪器有限公司;D&ADVANCE 型扫描电子显微镜,德国 Bruker 公司;IR35M-000230V1 红外快速水分测定仪,德国 Denver 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 不同原淀粉白度耐高温特性

分别称取30g玉米、木薯、马铃薯、西米原淀粉,均匀铺于烧杯底部,放入100℃干燥箱中,将温度计插入淀粉内部,待温度计示数到达100℃,30min后取出冷却,用白度计分别测量其白度3次,取平均值。按上述步骤分别测量125、150、175、200℃下不同原淀粉白度。

1.2.2 经乙醇提纯后不同原淀粉白度耐高温特性

分别称取200g玉米、木薯、马铃薯以及西米原淀粉,加入300g95%乙醇调成质量分数为40%的淀粉乳,搅拌30min,抽滤,同理进行第二次抽滤,将滤饼放在40℃干燥箱中干燥12h,粉碎后过100目筛。

不同原淀粉和经乙醇提纯后淀粉的水分测定,采用IR35M-000230V1红外快速水分测定仪;不同原淀粉和经乙醇提纯后淀粉的脂肪测定,采用索氏抽提法,

按GB9695.7-88;不同原淀粉和经乙醇提纯后淀粉的蛋白质测定,采用凯氏定氮法,按GB/T9695.11。

按1.2.1步骤,分别测量100、125、150、175、200℃下上述不同淀粉白度。

1.2.3 不同原淀粉在真空下白度耐高温特性

分别称取30g玉米、木薯、马铃薯、西米原淀粉,均匀铺于烧杯底部,放入100℃真空干燥箱中,将温度计插入淀粉内部,抽真空至0.09MPa后再加热,待温度计示数到达100℃,30min后取出冷却,用白度计分别测量其白度3次,取平均值。按上述步骤分别测量125、150、175、200℃下上述不同原淀粉白度。

1.2.4 不同原淀粉在酸、碱性条件下白度耐高温特性

称取200g玉米原淀粉,加入300g蒸馏水调成质量分数为40%的淀粉乳,用3%盐酸溶液调节pH为3.5,搅拌1h,抽滤后滤饼在40℃干燥箱中干燥12h,粉碎后过100目筛。

木薯、马铃薯、西米原淀粉按上述玉米原淀粉一样处理。

称取200g玉米原淀粉,加入300g蒸馏水调成质量分数为40%淀粉乳,用3%氢氧化钠溶液调节pH为10.5,搅拌1h,抽滤后取下滤饼,在40℃干燥箱中干燥12h,粉碎后过100目筛,待用。木薯、马铃薯、西米原淀粉按上述玉米原淀粉一样处理。

按1.2.1步骤,分别测量100、125、150、175、200℃下上述不同淀粉白度。

1.2.5 不同原淀粉经预糊化后白度耐高温特性

1.2.5.1 乙醇脱水法制备预糊化淀粉

参照文献^[8]中预糊化淀粉制备工艺,并作适当修改,称量100g玉米原淀粉于1000mL烧杯中,加入900g蒸馏水,搅拌配成质量分数为10%的淀粉乳溶液,在沸水浴中不断搅拌至其糊化完全,取出糊化后的淀粉,冷却至一定温度,倒入5000mL的量杯中,将95%乙醇:淀粉乳=1.5:1(V/V)的乙醇分3次洗涤烧杯,洗涤液全部倒入量杯中,搅拌,利用乙醇的脱水作用,将糊化后淀粉沉淀成小颗粒状,再进行真空抽滤,得到的滤饼转到烧杯中,同理进行第三次抽滤后所得滤饼放入40℃干燥箱12h,取出冷却,粉碎后过100目筛。木薯、马铃薯、西米原淀粉按上述玉米原淀粉一样处理。

按1.2.1步骤,分别测量100、125、150、175、200℃下上述不同淀粉白度。

1.2.5.2 滚筒干燥法制备预糊化淀粉

参照文献^[9]中预糊化淀粉制备工艺,称量500g玉米原淀粉于1000mL烧杯中,加入500g蒸馏水,

调成 50% 淀粉乳，倒入小型捏合机搅拌，升温到使其糊化成团，取出物料后放在小型滚筒干燥机上干燥，干燥条件为气压 0.6 MPa，转速 400 r/min，在干燥机刮刀下收集干燥后物料，粉碎，过 100 目筛。木薯、马铃薯、西米原淀粉按上述玉米原淀粉一样处理后，待用。

按 1.2.1 步骤，分别测量 100、125、150、175、200 °C 下上述不同淀粉白度。

1.2.6 扫描电镜观察马铃薯淀粉高温处理后颗粒结构

以白度变化最为明显的马铃薯淀粉为待测样品，置于 105 °C 烘箱中干燥 4~5 h，在红外灯下用双面胶将样品固定在样品台上，然后喷金并将处理后的样品保存在干燥器中，将样品置于扫描电子显微镜中，观察经不同物理方法处理的淀粉高温烘烤后颗粒形貌变化情况，并和原淀粉比较。

1.2.7 数据分析

所有实验均重复三次，数据均以平均值±标准偏差表示，采用 origin 8.5 进行作图分析。

2 结果与讨论

2.1 不同原淀粉白度耐高温特性

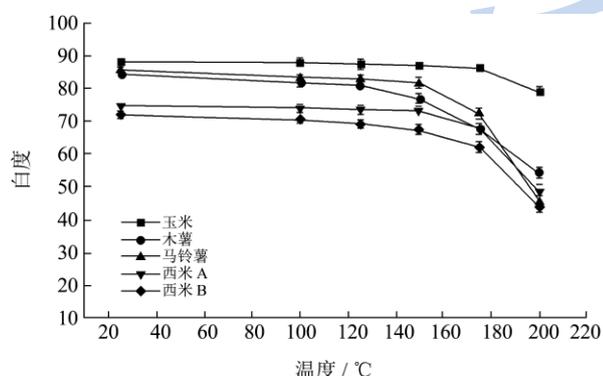


图 1 不同原淀粉白度

Fig.1 Whiteness of different original starches

由图 1 可知，经过 100~200 °C 高温处理，随着温度的升高，白度降低越来越多，特别是在 175 °C 以后，白度变化明显。玉米、木薯、马铃薯、西米 A、西米 B 五种不同的原淀粉中，马铃薯淀粉白度变化最明显，200 °C 高温处理 30 min 后，从 85.88 下降到 45.51，然后是木薯淀粉，两种西米淀粉白度变化差别不大，而玉米淀粉白度变化最小，从 88.21 降低到 79.10。事实上，淀粉在 100~200 °C 高温下加热，淀粉结晶结构被破坏甚至消失，淀粉降解，但颗粒依然存在^[9]，与热解糊精反应机理一样，且会发生水解反应和重聚合反

应，淀粉白度变化与这两种反应有很大部分关系。高温处理后，淀粉颗粒膨胀、破裂，直链淀粉双螺旋结构被破坏，水分从分子网络中释放出，最终重新融合形成大块的团聚体^[7]，实验中也发现淀粉高温烘烤后确实出现许多块状。并且温度越高，越容易发生重聚合反应，淀粉降解越来越严重，从而淀粉颜色越来越深，白度下降越来越明显。

马铃薯淀粉白度下降最快可能是因为马铃薯淀粉颗粒最大，为椭圆形，组织较松，内部作用力较小，在高温下最容易发生水解反应和重聚合反应而降解^[9]，耐高温性弱，且水解反应和重聚合反应的发生会导致深颜色聚合物的产生，因此白度降低最明显。四种淀粉白度下降顺序，由快到慢分别为马铃薯淀粉、木薯淀粉、西米淀粉及玉米淀粉，这可能是因为颗粒由大到小顺序分别为马铃薯淀粉、西米淀粉、木薯淀粉及玉米淀粉，而木薯淀粉比西米淀粉白度下降快可能是由于木薯淀粉起始白度比西米淀粉高 10 以上，相同条件下导致木薯淀粉比西米淀粉白度下降略微快一下。颗粒形状及大小影响淀粉白度，这可能是因为颗粒形状及大小影响到颗粒内部组织结构和淀粉链作用力，淀粉在高温下发生水解反应和重聚合反应而降解的情况也不同，从而影响淀粉白度。

2.2 经乙醇提纯后不同原淀粉白度耐高温特性

由表 1 可知，不同原淀粉和经乙醇提纯后淀粉的水分相比较，除马铃薯淀粉外，其他基本保持不变；脂肪和蛋白质含量都有一定减少，说明乙醇除去了一些醇溶性杂质，如部分脂质和醇溶蛋白等物质。

由图 2 和图 1 比较得出，经过乙醇提纯后，在 25 °C 时，五种淀粉白度较原淀粉都提高 1~3，特别是含蛋白质和脂肪比较多的玉米淀粉，表明淀粉中蛋白质和脂肪等杂质的存在稍微降低了淀粉白度。100~200 °C 高温处理时，五种淀粉白度变化趋势跟原淀粉差不多，依旧是马铃薯淀粉白度变化最明显，然后是木薯淀粉，两种西米淀粉白度变化差别不大，玉米淀粉白度变化最小，这表明五种淀粉高温下白度变化的不同与淀粉中蛋白质和脂质等的存在关系不是很大。但是在 200 °C 处理后，白度都比原淀粉相同温度下白度下降 2~6，可能是因为乙醇除去部分非淀粉杂质的过程中，也和淀粉分子发生脱水作用，对淀粉链之间氢键有一定破坏和重组，导致高温时淀粉降解较原淀粉容易，淀粉白度较没有经过乙醇提纯的原淀粉

降低。

表 1 不同淀粉中水分、脂肪和蛋白质含量

淀粉	乙醇提纯前含量/%			乙醇提纯后含量/%		
	水分	脂肪	蛋白质	水分	脂肪	蛋白质
玉米	11.82±0.42	0.54±0.08	0.88±0.10	13.03±0.47	0.23±0.03	0.35±0.04
木薯	12.03±0.39	0.17±0.02	0.14±0.03	10.82±0.37	0.12±0.02	0.07±0.02
马铃薯	17.91±0.57	0.23±0.02	0.21±0.03	10.29±0.40	0.13±0.02	0.09±0.02
西米 A	12.33±0.45	0.18±0.02	0.31±0.04	12.19±0.43	0.11±0.02	0.17±0.02
西米 B	14.48±0.44	0.12±0.01	0.26±0.04	14.26±0.48	0.07±0.01	0.11±0.02

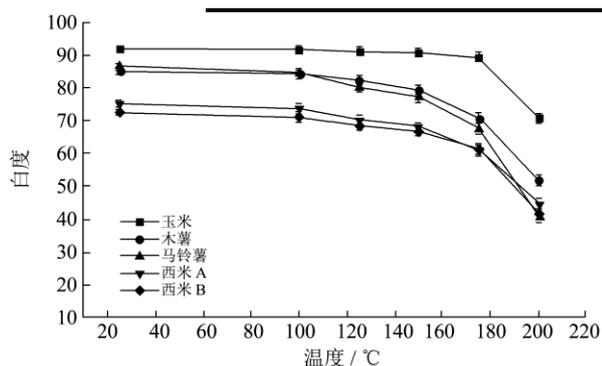


图 2 经乙醇提纯后不同原淀粉白度

Fig.2 Whiteness of different original starches after ethanol purification

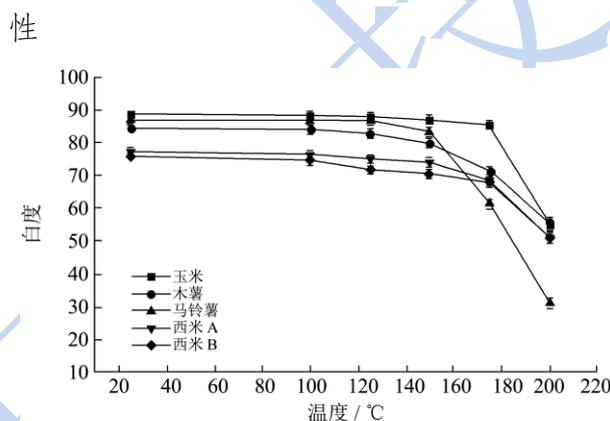


图 4 酸性条件下不同原淀粉白度

Fig.4 Whiteness of different original starches in acidic condition

2.3 真空下不同原淀粉白度耐高温特性

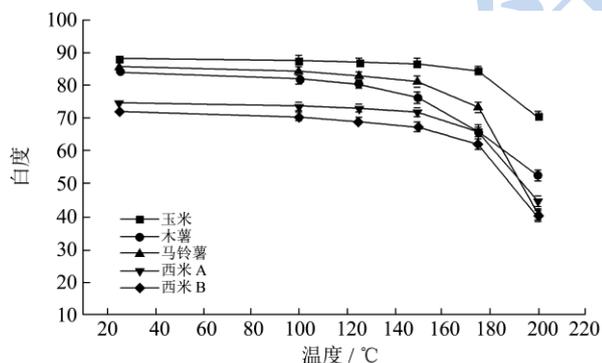


图 3 真空下不同原淀粉白度

Fig.3 Whiteness of different original starches in vacuum

由图 3 和图 1 比较可知, 五种原淀粉在真空干燥箱和热风干燥箱中高温处理后白度变化曲线相似, 这表明高温处理淀粉白度变化跟淀粉中杂质在空气中氧化反应关系不大, 且淀粉在真空干燥箱热处理时白度较原淀粉在热风干燥箱热高温处理时低 3~8, 这可能是由于在真空干燥箱高温加热时淀粉温度升高比较缓慢, 和热风干燥箱相比, 淀粉物料达到相同的高温所需时间要长些, 淀粉降解得更多, 所以淀粉白度低些。

2.4 酸、碱性条件下不同原淀粉白度耐高温特

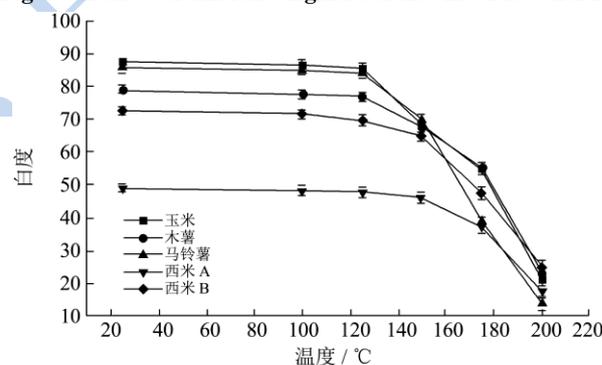


图 5 碱性条件下不同原淀粉白度

Fig.5 Whiteness of different original starches in alkaline condition

由图 4 和图 1 比较得到, 五种原淀粉在酸性条件下高温处理后白度变化较原淀粉高温处理更为明显, 尤其是马铃薯淀粉, 200 °C 高温后, 白度从 86.87 降为 31.03, 其他四种淀粉白度都降低到 52.82~55.8 之间。说明酸性条件对淀粉高温下白度影响比较明显, 这可能是因为酸处理对淀粉链之间氢键有破坏作用, 第一步快速水解无定形区域, 第二步缓慢水解结晶区域^[9], 而且由于离子基团同性相斥作用导致链间距离增大, 颗粒膨胀, 结晶结构破坏^[10], 淀粉降解更为容易, 白度降低得更多, 尤其是颗粒最大、内部作用力弱的马

铃薯淀粉。

由图 5 和图 1 可知, 五种淀粉在碱性条件下高温处理后白度变化较原淀粉高温处理非常明显, 尤其是马铃薯淀粉, 200 °C 加热后, 白度从 86.87 降为 13.67, 其他四种淀粉从不同起始白度都降低到 17.67~24.76, 说明碱性条件对淀粉高温下白度变化非常明显。这可能是因为淀粉中某些物质在碱性条件下颜色变深; 淀粉在碱性条件下形成带负电的淀粉钠^[11], 由于同性相斥, 导致淀粉链链间距离增大, 颗粒膨胀, 结晶结构破坏, 此时淀粉具有高度活性, 淀粉颗粒内部作用力很弱; 碱处理对淀粉链之间氢键有破坏作用, 以上原因导致淀粉降解非常容易, 白度降低较多。

2.5 经预糊化后不同原淀粉白度耐高温特性

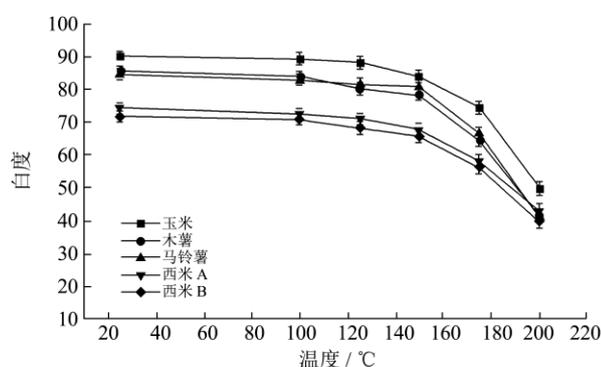


图 6 乙醇脱水预糊化后不同淀粉白度

Fig.6 Whiteness of different pre-gelatinized ethanol-dehydrated starches

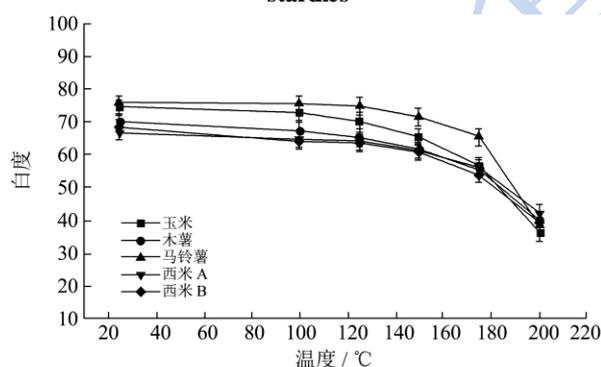


图 7 滚筒干燥预糊化后不同淀粉白度

Fig.7 Whiteness of different tumble-dried pre-gelatinized starches

由图 6 可知, 五种淀粉预糊化后高温处理, 白度变化曲线大致相似, 而且在 200 °C 下高温时, 除玉米淀粉外, 其他四种淀粉白度都非常接近 41 左右, 说明经预糊化, 淀粉颗粒被破坏后, 五种淀粉白度变化情况相近, 这与五种原淀粉白度变化情况完全不同。这可能是因为淀粉颗粒存在时, 五种淀粉颗粒有大有小, 内部作用力不同, 耐高温性不同, 从而五种淀粉

高温下白度变化不同, 其中马铃薯淀粉颗粒最大, 降解最易, 玉米淀粉颗粒最小, 降解最难。当通过先糊化后乙醇脱水的方法, 预糊化破坏淀粉颗粒后, 五种淀粉高温下白度变化情况接近, 说明淀粉颗粒的存在与不同淀粉高温下白度变化可能有重要关联。

由图 7 可知, 五种淀粉通过先糊化后滚筒干燥的方法, 预糊化破坏淀粉颗粒后, 高温处理时, 白度变化曲线大致相似, 而且在 200 °C 下高温时, 五种淀粉白度都非常接近 39, 与图 6 结果一致, 同样说明淀粉颗粒的存在可能与不同淀粉高温下白度变化有关。

2.6 扫描电镜观察马铃薯淀粉高温处理后颗粒形貌

本实验采用扫描电子显微镜在 1000 倍下对马铃薯原淀粉及经过不同物理方法处理的淀粉进行了颗粒形貌的观察分析, 具体分析图像如图 8 所示。

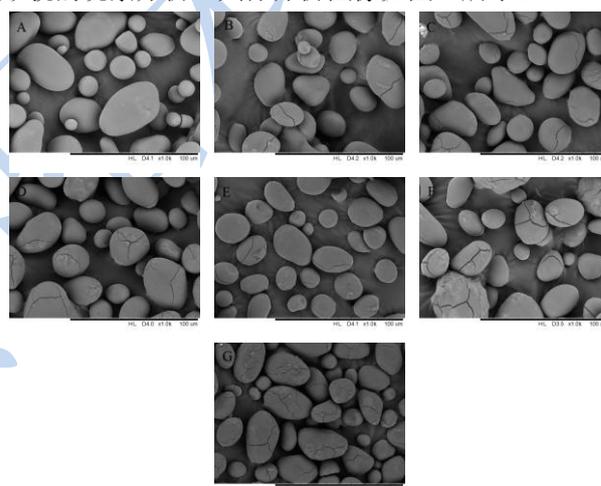


图 8 马铃薯淀粉高温处理后扫描电镜图片

Fig.8 SEM pictures of potato starches after high temperature treatment

注: A-马铃薯原淀粉; B-马铃薯淀粉 100 °C; C-马铃薯淀粉 150 °C; D-马铃薯淀粉 200 °C; E-马铃薯淀粉提纯后 200 °C; F-马铃薯淀粉酸性 200 °C; G-马铃薯淀粉碱性 200 °C

由以上马铃薯淀粉颗粒形貌图片可知, 马铃薯原淀粉在 100~200 °C 高温处理后, 颗粒结构依然存在, 颗粒较大的淀粉先出现裂纹, 颗粒较小的淀粉基本没有裂纹, 说明在同等温度下, 大淀粉颗粒比小颗粒淀粉容易裂解, 同理可以推出颗粒小的玉米淀粉比颗粒大的马铃薯淀粉裂解困难。随着温度的升高, 颗粒表面裂纹越来越多, 颗粒破坏越来越明显, 说明淀粉降解越来越严重, 淀粉白度降低越来越多。乙醇提纯后 200 °C 高温下淀粉颗粒较原淀粉 200 °C 高温下颗粒裂纹虽然没有明显增多, 但是部分颗粒表面有少许凹痕。

酸性条件下 200 °C 时, 淀粉颗粒较原淀粉 200 °C 高温下裂纹明显增加, 部分小淀粉颗粒也出现裂纹, 而且部分淀粉颗粒表面有少许外层剥落和凹痕。碱性条件下 200 °C 时, 淀粉颗粒较原淀粉 200 °C 高温下裂纹更为明显增加, 甚至绝大部分小颗粒淀粉也有裂纹, 且部分淀粉颗粒表面已经出现塌陷, 说明此条件下颗粒破坏明显, 淀粉降解非常严重, 淀粉白度明显降低。

3 结论

玉米、木薯、马铃薯、西米 A、西米 B 五种原淀粉中, 马铃薯原淀粉高温下白度变化最明显, 其次是木薯原淀粉, 西米 A 和西米 B 原淀粉白度变化差不多, 玉米原淀粉高温下白度变化最小, 说明玉米淀粉白度耐高温特性最好, 马铃薯淀粉最差。原淀粉中蛋白质和脂质等杂质对淀粉白度耐高温特性影响不大, 经过乙醇除去部分杂质后, 淀粉白度可提高 1~3, 且原淀粉白度耐高温特性与淀粉中杂质在空气的氧化反应关系也不大。比较经以上几种物理方法处理不同原淀粉后高温下白度, 发现淀粉在碱性条件下比在酸性条件下白度低很多, 且碱性条件下, 五种淀粉高温处理后白度降到最低, 尤其是马铃薯淀粉, 说明此条件下淀粉白度耐高温特性最差。这可能因为淀粉中存在某些在碱性条件下易颜色变深的杂质, 而且淀粉在碱性条件下变成淀粉钠, 具有高度活性。五种淀粉预糊化后, 高温下白度变化趋势相近, 且 200 °C 时白度都很接近, 这跟原淀粉白度变化情况完全不同, 说明不同淀粉白度耐高温特性的不同很可能与淀粉颗粒本身有关, 并且是颗粒大的淀粉降解容易, 白度变化大, 耐高温特性差, 颗粒小的淀粉降解困难, 白度变化小, 耐高温特性强。且任何能破坏淀粉链间作用力和颗粒结构的条件都可能对淀粉白度耐高温特性产生一定影响, 如酸性条件、碱性条件等。

参考文献

- [1] 张本山, 刘培玲. 几种淀粉颗粒的结构与形貌特征[J]. 华南理工大学学报, 2005, 33(6): 68-73
ZHANG Ben-shan, LIU Pei-ling. Structures and appearances of several different starch granules [J]. Journal of south China

- University of Technology, 2005, 33(6): 68-73
[2] Jobling S. Improving starch for food and industrial applications [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2004, 7(2): 210-218
[3] Adeleke Omodunbi Ashogbon, Emmanuel Temitope Akintayo. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: a review [J]. Starch/Stärke, 2014, 66(1-2): 41-57
[4] Kaur B, Ariffin F, Bhat R, et al. Progress in starch modification in the last decade [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 26(2): 398-404
[5] Haghayegh G, Schoenlechner R. Physically modified starches: a review [J]. Journal of Food Agriculture & Environment, 2011, 9(1): 27-29
[6] 杜秀芳. 臭氧处理对马铃薯淀粉白度及储藏品质影响的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010
DU Xiu-fang. Study on the effects of studies on starch whiteness and the storage quality by ozone treatment [D]. Huhehaote: Inner Mongolia Agricultural University, 2010
[7] 李新华, 穆静. 高温处理对玉米淀粉应用性质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 9(6): 83-85
LI Xin-hua, MU Jing. Impact of high-temperature processing on application characteristics of corn starch [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 9(6): 83-85
[8] 董海洲, 刘冠军, 侯汉学, 等. 预糊化淀粉制备新工艺的研究[J]. 粮食与饮料工业, 2006, 5(6): 15-16
DONG Hai-zhou, LIU Guan-jun, HOU Han-xue. et al. A study on new technology for preparation of pre-gelatinized starch [J]. Cereal & Feed Industry, 2006, 5(6): 15-16
[9] 张力田. 变性淀粉[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2000
ZHANG Li-tian. Modified starch [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2000
[10] S Tamaki, K Teranishi, T Yamaha. Inner structure of potato starch granules [J]. Starch, 1997, 49(9): 387-389
[11] XU Li-hong, ZHANG Ben-shan, YANG Lian-sheng. Crystalline structure changes of tapioca starch granule by a lcoholic-alkaline treatment [J]. Natural Product Research and Development, 2007, 19(1): 25-28