

葛根淀粉、百合淀粉掺伪快速鉴别技术研究

Research on rapid identification methods of edible starch

唐小兰 贺燕 黄燕

TANG Xiao-lan HE Yan HUANG Yan

(湖南省食品质量监督检验研究院, 湖南 长沙 410000)

(Hunan Institute of Food Quality Supervision Inspection and Research, Changsha, Hunan 410000, China)

摘要:采用普通光学显微镜镜检技术,通过对比研究葛根淀粉、蕨根淀粉、藕淀粉、百合淀粉、木薯淀粉、玉米淀粉、红薯淀粉、马铃薯淀粉颗粒的形态和大小,以鉴别淀粉的种类,解决淀粉掺假的难题。该法具有简便快速,仪器投资少,易维护,成本低等优点,尤其适合成批淀粉样品的快速鉴别检测,便于推广应用。

关键词:淀粉;镜检;掺假;颗粒特性;真假鉴别

Abstract: Using ordinary optical microscope technology, by comparing the granule shape and size of kudzu root starch, fern root starch, lotus root starch, lily starch, cassava starch, corn starch, sweet potato starch, potato starch, to identify the source and types of starch, solved the difficult problem of starch adulteration. This method is simple, less equipment investment, easy maintenance, low cost, batch testing, especially suitable for rapid supervision, inspection and a lot of starch samples for detection in business, facilitating the popularization.

Keywords: starch; microscopic examination; adulteration; characteristics of particles; adulterating identification

中国食用淀粉种类繁多,主要包括谷物淀粉、薯类淀粉、豆类淀粉等。不同类别的淀粉营养成分不同,形态差别也较大。由于五谷杂粮提取的淀粉市场价格差异大,因此在中国淀粉市场上存在严重的掺假现象,很多生产企业和商贩将低值淀粉添加到高值淀粉中以谋取高额利润,严重损害了消费者的利益,尤其在中国各大旅游区,葛根淀粉、蕨根淀粉作为特色旅游食品畅销国内外,掺假现象更为普遍。近年来,国内外对淀粉领域的研究颇丰,随着生物学、材料学、高分子科学方面研究技术的应用,以及现代化仪器的发展,对淀粉颗粒特性的研究取得了长足进展。田晓红等^[1]采用扫描电子显微镜对 20 种高粱淀粉的微观结构进行观察,发现高粱淀

粉颗粒多数为不规则体,颗粒较大,表面内凹,少部分颗粒表面有类蜂窝状结构,少数为球体,颗粒小,表面光滑。Bottose 等^[2]用 8% 的 HCl 溶液在 38 ℃ 条件下处理马铃薯 48 h,经过清洗、干燥后嵌入甲基丙烯酸酯中,用电镜观察马铃薯剖面的形态结构,发现非常明显的壳层结构。张慧等^[3]使用扫描电子显微镜对原淀粉及干法制备的不同取代度羧甲基淀粉颗粒表面形态进行研究,发现玉米原淀粉颗粒形状较规则,多为圆形或椭圆形,颗粒完整,表面平滑。张玉荣等^[4]利用偏光显微镜依次观察 6 个玉米样品的淀粉颗粒微观结构,发现原料玉米淀粉的颗粒外形为多角形,颗粒表面具有多个平面和棱角,存在明显的脐心,且能观察到明显的轮纹。秦志荣等^[5]采用多功能光学显微镜和偏光显微镜等研究藕淀粉显微形态,发现藕淀粉颗粒多为长 10~50 μm,宽 4~15 μm 的长粒形,平均粒径长为 24.5~26.8 μm,表面有轮纹,淀粉颗粒的一端有偏光十字。张本山等^[6]采用光学显微镜及扫描电子显微镜系统分析了马铃薯、木薯和玉米 3 种原淀粉颗粒的脐点、轮纹等结构及整体形貌,发现马铃薯、木薯和玉米的淀粉都有脐点和轮纹。王金华等^[7]采用扫描电子显微镜、粒度分析仪、差示扫描量热仪(DSC)等,对乌洋芋淀粉特性进行研究,发现乌洋芋淀粉颗粒均呈椭圆形且表面光滑,淀粉颗粒大小呈现明显的不均一性,脐点位于一侧。尽管对淀粉颗粒形态、大小的研究颇多,但因这些研究方法所采用的设备价格昂贵,成本高,不便推广。

研究^[8]发现,根据小麦淀粉粒形成先后及大小,可以将淀粉粒分为 3 种类型:A 型淀粉粒:开花后第 4 天开始形成,直径为 25~50 μm,平均直径大于 15.9 μm;B 型淀粉粒:开花后第 10 天开始形成,直径为 5.3~15.9 μm,平均直径仅为 9 μm,且差别不大;C 型:开花后第 21 天开始形成,平均直径为小于 5.3 μm。淀粉粒数量比分布为:A 型淀粉粒 4.8%,B 型淀粉粒 49.5%,C 型淀粉粒 45.7%。Manelius 等^[9]发现,与 A 型淀粉粒相比,B 型淀粉粒包含更多的线型片段,其平均链长较短。

张本山等^[6]虽采用普通光学显微镜观察马铃薯、木薯和

作者简介:唐小兰(1968—),女,湖南省食品质量监督检验研究院高级工程师。E-mail: tangxiaolan1968@163.com

通讯作者:贺燕

收稿日期:2015-05-08

玉米淀粉的脐点,但因没有采用稀薄层淀粉加蒸馏水的方法制备样品,未观察到清晰的淀粉立体形态。本研究采用普通光学显微镜,根据不同来源和不同种类的淀粉颗粒在大小和形态特性方面的差异来区别和鉴定淀粉的种类,旨为鉴别淀粉的种类、解决淀粉掺假等问题提供一种简单可行、检测快速、结果准确、易于推广的检测方法。

1 试材和方法

1.1 试材与仪器

通过客户送检、市场采样、山上采集等方式,收集了来自湖南(张家界、湘西自治州、邵阳、常德、郴州、岳阳)、福建、江西、安徽、广西、广东、山东、河南、四川、东北等中国各地 325 批次的葛根淀粉、蕨根淀粉、藕淀粉、百合淀粉、木薯淀粉、玉米淀粉、红薯淀粉、马铃薯淀粉。其中纯淀粉是委托生产企业加工或自购原料自制纯淀粉,野生、种植的葛根和蕨根淀粉系委托生产企业加工或提供原料自制而得。

光学显微镜:Nikon80i 型,日本尼康公司。

1.2 试验方法

将适量淀粉样品置于载玻片上,呈均匀的稀薄层,加几滴蒸馏水,盖上盖玻片,放在显微镜载物台上,选择 10×40 放大倍数,观察淀粉颗粒的形态,并用测微尺测量淀粉粒径。

2 分析与讨论

2.1 各种纯淀粉的显微图像分析

2.1.1 纯葛根淀粉显微图像分析 对来自湖南(邵阳、张家界)、广西、安徽、湖北葛根主产区的纯葛根淀粉样品进行显微成像分析(见图 1)可知,根据葛根淀粉的粒径大小具有 B 型和 C 型淀粉粒两类,B 型淀粉粒清晰可见呈规则的多面体,直径为 9~17 μm,通过显微镜一个视野观察,约占葛根淀粉粒数总量的 20%~40%;C 型淀粉粒直径<5 μm,隐约可见呈欠规则的多面体,约占葛根淀粉粒数总量的 60%~80%。不同地区野生纯葛根淀粉粒形状和大小基本一致;不同地区种植纯葛根淀粉粒形态和大小无明显区别;同一地区野生葛根的 B 型淀粉粒较种植葛根的小(见图 1)。可见葛根种植纬度等生态因素对葛根淀粉颗粒形态和大小没有明显影响,其显著特征为:不同地区葛根淀粉粒形态均为多面体,粒心大多为点状或星状,相对其他种类淀粉粒较小,野生淀粉相对种植淀粉大颗粒淀粉较小,粒径大的在 9~17 μm。

2.1.2 纯蕨根淀粉显微图像分析 对来自广西、湖南(张家界、邵阳)蕨根主产区的纯蕨根淀粉样品进行显微成像分析(见图 2)可知,根据蕨根淀粉的粒径大小具有 A 型、B 型和 C 型淀粉粒三类,A 型和 B 型淀粉粒呈不规则椭圆形态,可见欠清晰的轮纹,粒径为 15~31 μm,通过显微镜一个视野观察,约占蕨根淀粉粒数总量的 60%~80%;C 型淀粉粒粒径<5 μm,隐约可见呈椭圆形态,基本看不见轮纹,约占蕨根淀粉粒数总量的 20%~40%。不同地区野生、种植纯蕨根淀粉粒形态和大小分布基本一致(见图 2)。可见蕨根生长纬度等生态因素对蕨根淀粉颗粒形态和大小没有明显影响,其显著特征为:不同地区纯蕨根淀粉颗粒大小分布基本一致,呈不

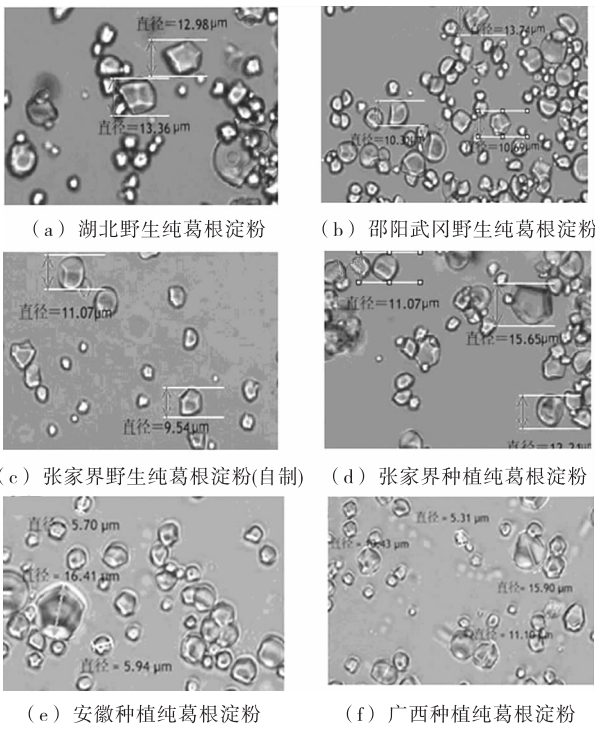


图 1 来自不同地区纯葛根淀粉显微成像图(×400)
Figure 1 Microscopic images of pure kudzu root starch from different regions

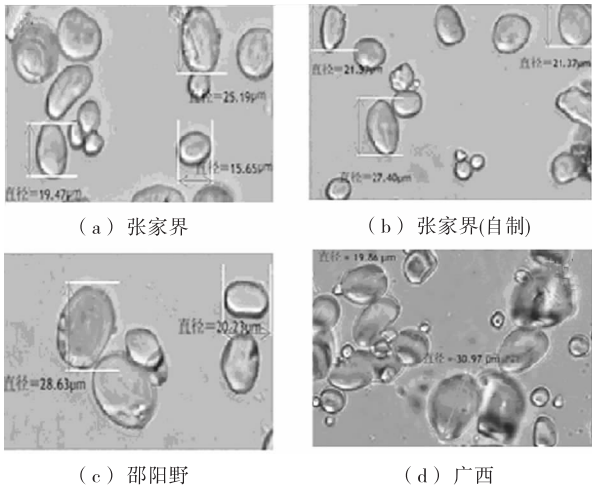


图 2 来自不同地区纯蕨根淀粉显微成像图(×400)
Figure 2 Microscopic images of pure fern root starch from different regions

规则椭圆形态,A 型和 B 型淀粉粒轮纹较清晰可见,相对其他种类淀粉粒大小为中等,粒径大的在 15~31 μm。

2.1.3 纯百合淀粉显微成像分析 对来自贵州、湖北、湖南(隆回县、邵阳县、龙山县、永州)百合主产区的纯百合淀粉样品进行显微成像分析(见图 3)可知,根据百合淀粉的粒径大小具有 A 型和 B 型淀粉粒两类,淀粉粒呈椭圆或扇状的鹅卵石形状、一端稍尖,粒径在 11~106 μm。A 型淀粉粒可见浅浅的细长轮纹,通过显微镜一个视野观察,A 型淀粉粒约占百合淀粉粒数总量的 60%~90%;B 型淀粉粒约占百合

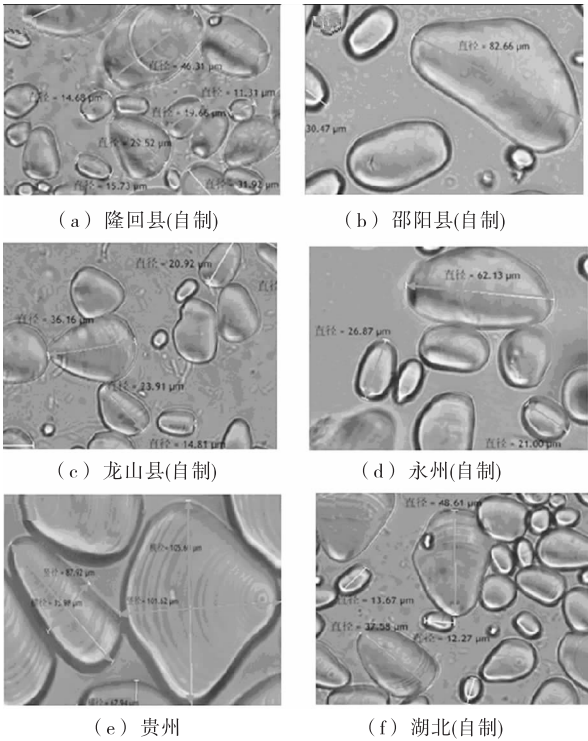


图 3 来自不同地区纯百合淀粉显微成像图(×400)

Figure 3 Microscopic images of pure lily starch of different regions

淀粉粒数总量的 10%~40%。不同地区百合淀粉颗粒大小相差悬殊,贵州的百合淀粉粒明显偏大,湖南龙山县的百合淀粉粒最小;同为湖南邵阳地区的邵阳县和隆回县种植的淀粉粒大小不一,邵阳县比隆回县的百合淀粉颗粒明显偏大(见图 3),说明百合淀粉颗粒大小受土壤环境影响,土质好,则淀粉颗粒大。百合淀粉显著特征为:淀粉粒形态呈椭圆或扇状的鹅卵石形状、一端稍尖,A 型淀粉粒可见围绕粒心辐射的浅浅细长轮纹,相对其他种类淀粉粒偏大,粒径在 11~106 μm,种植纬度等生态因素对百合淀粉颗粒形态和大小没有明显影响。

2.1.4 纯藕淀粉显微成像图分析 对来自湖北、浙江、湖南(长沙县、岳阳、常德)莲藕主产区的纯藕淀粉样品进行显微成像分析(见图 4)可知,根据藕淀粉的粒径大小具有 A 型和 B 型淀粉粒两类,粒径在 7~52 μm。A 型淀粉粒同心轮纹粗宽且深陷清晰可见,B 型淀粉粒轮纹欠清晰,通过显微镜一个视野观察,A 型淀粉粒偏多,占淀粉粒数总量的 50%~80%,B 型淀粉粒占淀粉粒数总量的 20%~50%。湖南长沙的莲藕大淀粉粒最大,湖北、浙江、湖南岳阳的大淀粉粒中等,湖南常德的大淀粉粒明显偏小(见图 4),说明藕淀粉颗粒大小受土壤环境等多因素影响。藕淀粉的显著特征为:淀粉颗粒形状不规则,大颗粒呈钝椭圆形,小颗粒为断头椭圆形,粒心偏于一端,同心轮纹粗宽且深陷清晰可见,粒径在 7~52 μm,种植纬度等生态因素对藕淀粉颗粒形态和大小没有明显影响。

2.1.5 纯玉米淀粉显微成像图分析 对来自东北、河北邢

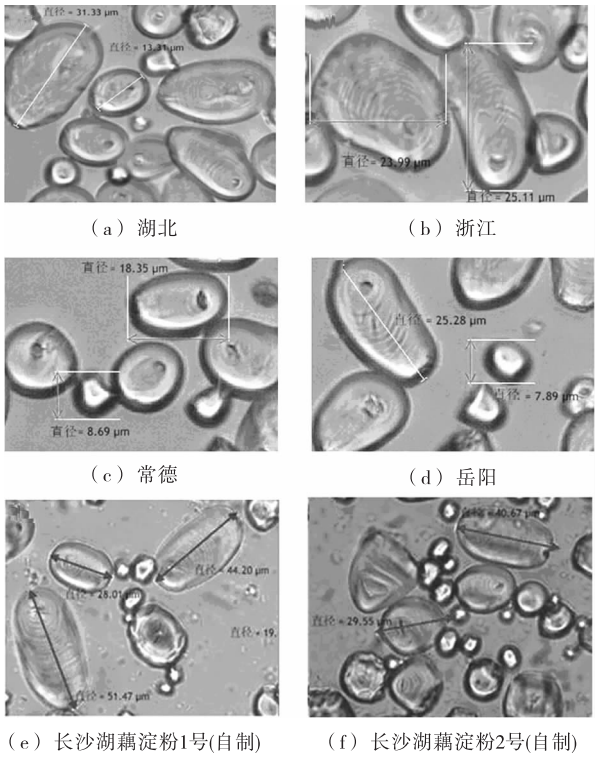


图 4 来自不同地区纯藕淀粉显微成像图(×400)

Figure 4 Microscopic images of pure lotus root starch from different regions

台、湖南(郴州、张家界)的玉米淀粉样品进行显微成像分析(见图 5)可知,根据玉米淀粉的粒径大小具有 A 型、B 型和 C 型淀粉粒三类,通过显微镜一个视野观察,A 型淀粉粒占淀粉粒数总量的 30%~50%,B 型淀粉粒占淀粉粒数总量的 20%~40%,C 型淀粉粒占淀粉粒数总量的 20%~40%,A 型和 B 型淀粉粒较易辨认,偏小的 C 型淀粉粒形状不太清晰,大淀粉颗粒粒径比葛根淀粉的稍偏大。不同地区纯玉米淀粉颗粒形状和大小基本相近(见图 5)。可见玉米种植纬度等生态因素对玉米淀粉颗粒形态和大小没有明显影响,其显

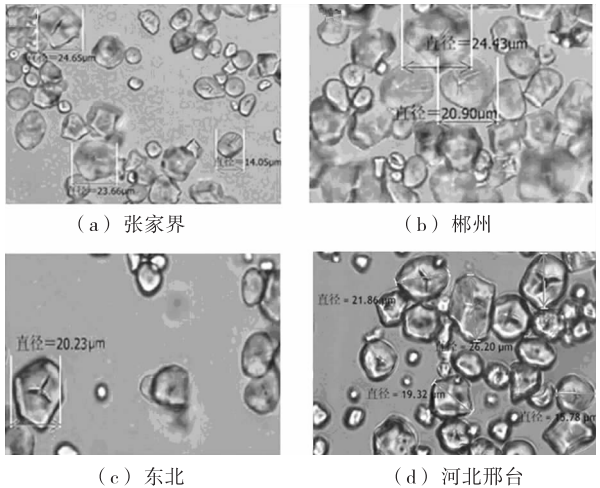


图 5 来自不同地区纯玉米淀粉显微成像图(×400)

Figure 5 Microscopic images of pure corn starch from different regions

著特征为:不同地区纯玉米淀粉颗粒形状和大小基本相近,呈不规则多角形或圆球形,粒心呈星状并伴有深陷星状纹,粒径大多在 14~27 μm ,中等大小。

2.1.6 纯木薯淀粉显微成像图分析 对来自广西、广东、湖南(张家界、郴州)木薯淀粉主产区的木薯淀粉样品进行显微成像分析(见图 6)可知,根据木薯淀粉的粒径大小具有 B 型和 C 型淀粉粒两类,B 型淀粉粒呈截头的圆形或球形、中心有一个脐点、隐约可见轮纹、易辨认,C 型淀粉粒形态欠规则,但隐约的球形轮廓基本可以辨识。通过显微镜一个视野观察,B 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 30%~50%,C 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 50%~70%,不同地区纯木薯淀粉颗粒大小稍有不同,广西、广东较湖南的淀粉颗粒偏小(见图 6)。从采集的样品来看,木薯种植纬度等生态因素对木薯淀粉颗粒形态和大小没有明显影响,其显著特征为:不同地区纯木薯淀粉颗粒大小稍有不同,呈截头的圆形或球形,中心有一个明显的脐点,粒径大的在 6~20 μm ,比红薯淀粉小,隐约可见轮纹。

2.1.7 纯红薯淀粉显微成像图分析 对来自河南、山东、湖南(长沙、邵阳)红薯主产区的纯红薯淀粉样品进行显微成像分析(见图 7)可知,根据红薯淀粉的粒径大小具有 A 型、B 型和 C 型淀粉粒三类,A 型淀粉粒、B 型淀粉粒呈扁头盔状、粒心为点状或星状在靠顶部一端,围绕粒心的轮纹清晰可见,C 型淀粉粒隐约可见头盔或椭圆轮廓,通过显微镜一个视野观察,A 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 10%~30%,B 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 40%~60%,C 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 20%~30%。山东、湖南邵阳的大淀粉颗粒较河南和湖南长沙的偏大(见图 7),说明红薯淀粉颗粒大小受土壤环境、气候、干旱、施肥等多因素影响。红薯淀粉显著特征为:中等大小,形状基本相同,呈扁头盔状,粒心为点状或星状在靠顶部一端,围绕粒心的轮纹清晰可见。大开口处或平、或为楔形,粒径大的集中在 15~32 μm ,红薯种植纬度等生态因素对红薯淀粉颗粒形态和大小没有明显影响。

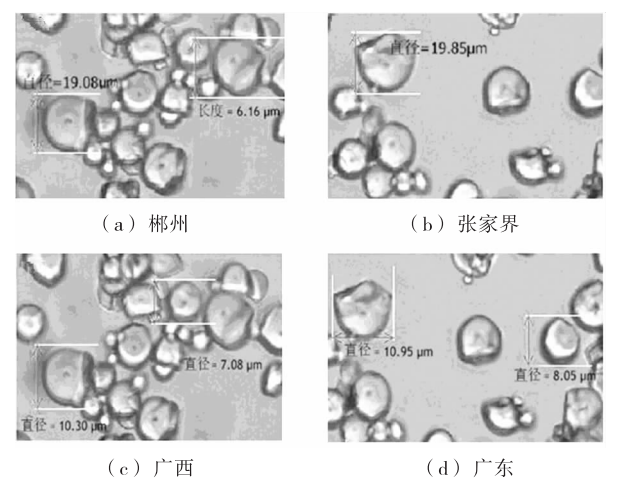


图 6 来自不同地区纯木薯淀粉显微成像图($\times 400$)
Figure 6 Microscopic images of pure cassava starch from different regions

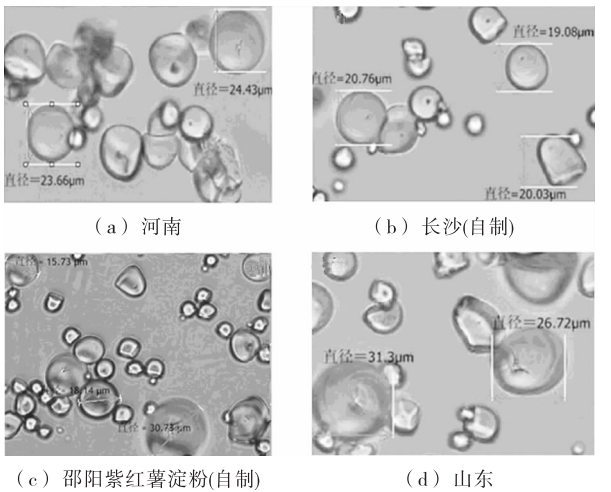


图 7 来自不同地区纯红薯淀粉显微成像图($\times 400$)
Figure 7 Microscopic images of pure sweet potato starch from different regions

2.1.8 纯马铃薯淀粉显微成像图分析 对来自甘肃、四川、湖南(张家界、郴州)马铃薯主产区的马铃薯淀粉样品进行显微成像分析(见图 8)可知,根据马铃薯淀粉的粒径大小具有 A 型和 B 型淀粉粒两类,A 型淀粉粒呈卵石或椭圆形,粒心在尖锐一端,围绕粒心辐射的轮纹明显,B 型淀粉粒隐约可见椭圆轮廓和粒心,通过显微镜一个视野观察,A 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 10%~30%,B 型淀粉粒约占淀粉粒数总量的 70%~90%。不同地区马铃薯淀粉颗粒大小相差不大,甘肃产的马铃薯淀粉颗粒略大(见图 8)。可见马铃薯种植纬度等生态因素对马铃薯淀粉颗粒形态和大小没有明显影响,其显著特征为:不同地区马铃薯淀粉颗粒大小相近,呈卵石形或椭圆形,粒心在尖锐一端,颗粒较大,大的粒径集中

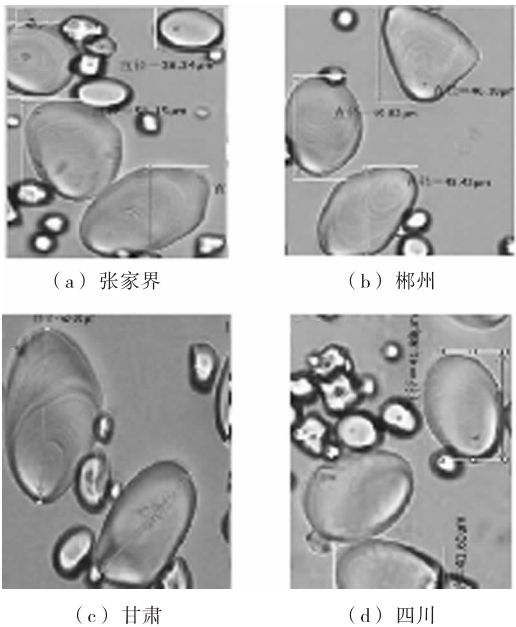


图 8 来自不同地区纯马铃薯淀粉显微成像图($\times 400$)
Figure 8 Microscopic images of potato starch from different regions

在 40~60 μm ,围绕粒心辐射的轮纹明显,呈螺旋^[6];比葛根淀粉、蕨根淀粉、红薯淀粉、木薯淀粉的大淀粉粒大,比百合淀粉大淀粉粒小。王金华等^[7]采用扫描电镜观察乌洋芋淀粉颗粒多呈椭圆形,形貌大小不一,有脐点,粒径范围 39.468~46.038 μm ,乌洋芋是马铃薯中一类特异变种,显微成像图中的形态、大小与此吻合。

从图 1~8 来看,各种淀粉粒形态、大小、轮纹、粒心都具有不同的特征。淀粉颗粒的形态是由淀粉的属性决定的,颗粒形态大致分为圆形、卵形和多角形。一般含水量高,蛋白质少的植物淀粉颗粒比较大,形状也比较整齐,多呈圆形和椭圆形^[10],如马铃薯淀粉、藕粉、百合淀粉、红薯淀粉;相反则颗粒小呈多角形,如葛根淀粉、木薯淀粉。淀粉颗粒的形状还受生长外部环境的影响,颗粒形状因生长部位和生长期间遭受压力的大小而不同,如玉米淀粉有圆球形和多角形两种,圆形的生长在玉米粒上部,多角形的长在胚芽两旁。同一植物的淀粉颗粒也不是固定不变的,随着植物的生长而发生变化,如马铃薯淀粉随薯块成熟长大,淀粉含量提高,淀粉粒径变大。淀粉也像树木年轮一样,有轮纹,如藕、马铃薯、红薯轮纹明显,木薯、百合也有隐约可见的轮纹。轮纹围绕的一点叫粒心或脐,粒心的大小和显著程度随植物而有所不同。如马铃薯、藕、百合淀粉粒的粒心常偏于一侧。

一般来说,通过 A 型、B 型淀粉粒可以辨识;C 型淀粉粒虽然形态、轮纹不太清晰,但也具有各自特殊的轮廓,通过轮廓基本可以识别;对于每种淀粉,A、B、C 型淀粉粒都有一定的比例,这也是识别不同淀粉的一个参考因素。

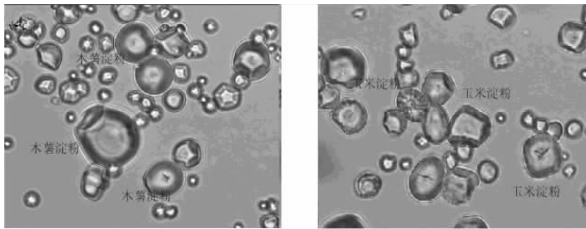
2.2 各种掺伪淀粉显微成像图分析

淀粉掺伪一般是将低值淀粉加入到高值淀粉,最常见的是葛根淀粉掺入玉米、木薯淀粉,百合淀粉中掺入玉米、木薯或马铃薯等低值淀粉,从各种纯淀粉的显微图像分析可知,有些淀粉的混入是明显可辨别的,如马铃薯淀粉、莲藕淀粉和百合淀粉。但有些淀粉从形态则不太好区分,而从 A、B、C 型淀粉粒的多少分布有助于分辨。

葛根淀粉中掺入木薯淀粉(图 9(a)),呈多面体的 B 型葛根淀粉和呈截头圆球形的 B 型木薯淀粉清晰可见,木薯淀粉中心特征脐点突出;C 型葛根淀粉、C 型木薯淀粉也凸显各自的多面体和断头球形;木薯淀粉较葛根淀粉稍大;通过显微镜一个视野观察,木薯淀粉占 60%,葛根淀粉占 40%,可描述为葛根淀粉中掺入大量木薯淀粉。

葛根淀粉中掺入玉米淀粉(图 9(b)),呈多面体的 B 型葛根淀粉和呈不规则多角形或圆球形的 B 型玉米淀粉清晰可见,玉米淀粉粒心呈星状并伴有深陷星状纹,特征突出;C 型葛根淀粉、C 型玉米淀粉也隐约凸显各自的多面体和圆球形轮廓;玉米淀粉较葛根淀粉稍大;通过显微镜一个视野观察,玉米淀粉粒占淀粉粒总数的 20%~50%,可描述为葛根淀粉中掺入大量玉米淀粉。

葛根淀粉、百合淀粉与玉米淀粉、马铃薯淀粉混合的显微呈像图如图 10 所示,呈多面体的葛根淀粉视野中可以分辨出来,呈椭圆形、粒心在尖锐一端的马铃薯淀粉清晰展现,大个的呈不规则椭圆鹅卵石形状的百合淀粉也易识辨,圆球



(a) 葛根淀粉中掺入大量木薯淀粉 (b) 葛根淀粉中掺大量玉米淀粉
图 9 掺假淀粉显微成像图($\times 400$)

Figure 9 Microscopic images of adulteration starch

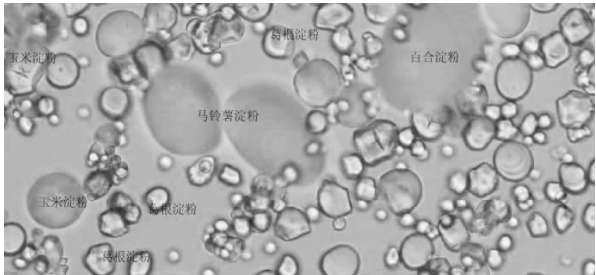


图 10 玉米淀粉、葛根淀粉、马铃薯淀粉与百合淀粉混合的显微成像图($\times 400$)

Figure 10 Microscopic images of the mixture with corn starch, kudzu root starch, potato starch, lily starch

形轮廓带深陷星状纹的玉米淀粉清晰显现,通过显微镜一个视野观察,葛根、百合淀粉中混有较多量的玉米淀粉和马铃薯淀粉。

根据淀粉粒的形状、大小、粒心及轮纹,通过对 325 个样品的显微观察淀粉粒的特征表明,马铃薯、百合、红薯、玉米淀粉普遍大于葛根淀粉,只有占少数的大粒葛根淀粉与之相当,葛根淀粉呈多面体,玉米淀粉为多角形或圆球形,其粒心区别较大,也易分辨。薯类淀粉中马铃薯淀粉大小和形态特征明显,易区别;红薯淀粉和木薯淀粉形态和大小相对接近,但红薯淀粉偏大、呈扁头盔状、轮文清晰,而木薯淀粉呈截头的圆形或球形,轮文不清晰等特征,通过仔细观察,也可以分辨。目前市场上主要是高值葛根淀粉、百合淀粉中掺入低值的木薯淀粉、马铃薯淀粉、玉米淀粉等,因此,采用显微观察淀粉粒的形状、大小、粒心及轮纹,可以分清葛根淀粉类别,辨别真伪;同时,根据各种淀粉粒的多少可以判断参杂量的多少。

3 结论

各种淀粉粒的显微成像在形态、大小、轮纹、粒心都具有不同的特征,因而可以利用光学显微镜,通过观察淀粉粒形态、轮纹、粒心、大小,可以确定淀粉类型,也可以辨别淀粉真伪,同时通过 A 型、B 型淀粉粒的多少,可以粗略进行掺伪量描述。显微成像分析鉴别淀粉的种类,能够有效解决淀粉掺假的难题。与现有方法相比,该方法具有简便快速,仪器投资少,易维护,成本低等优点,尤其适合成批淀粉样品的快速鉴别检测,在定性分析上具有独特优势,便于推广,但其定量分析精度低,只能做粗略分析淀粉含量。

(下转第 110 页)

Z0.3	
G1 Z-0.5 F0.05	
G0 Z30.0	
M04 S700 T0106	钻孔
G0 X0.0	
Z0.5	
G74 R0.2	
G74 Z-20.0 Q50000 F0.08	
G0 Z30.0	
N0090 M8	精车球头
M04 S1200 T0102	
G0 X9.0	
N0020 Z0.0	
N0030 G42 G1 X0.0 F0.08	
N0040 G0 W0.5	
G0 X6.659	
G1 Z0.0 F0.1	
G3 X10.74 Z-3.859 R5.4 F0.06	
G2 X11.398 Z-4.830 R1.546	
G3 X12.0 Z-5.569 R1.437	
G1 Z-5.7 F0.04	
G0 X14.0	
Z2.0	
G40 G0 Z40.0	
M04 S1000 T0103	倒角
G0 X0.0	
N0050 Z0.5	
G1 Z0.0 F0.05	
M9	
G0 Z60.0	
M5	
M9	
M0	
T0104	定位
G0 X5.0	
Z0.4	
M0	
G0 Z40.0	
M99	
编制完成的球接头加工程序通过审查后,将输入三轴车铣复合加工中心,对刀,进行程序校验,再启动程序进行自动切削,得球接头的加工成品(图 6)。	



图 6 球接头的加工成品

Figure 6 Processed products of ball joint

4 结论

通过对球接头的工艺性分析、定位基准与夹具方案的确定及编程加工,突破性地应用了一个封闭型回转曲面采用两次成型方法,较好地解决了使用数控批量生产时的加工效率及成本问题。但本设计还有不足之处,就是一个封闭型回转曲面采用两次成型后的同轴度问题,待以后的实践中加以研究解决。

参考文献

1 曹文杰,谷春瑞,韩广利. 机械制造工程实践[M]. 天津:天津大学出版社,2009:133~167.

2 潘培道,徐健. 基于数控加工的工艺设计[J]. 工艺与装备,2006(4):85~88.

3 宋莉莉. 数控车床车削加工工艺过程分析及编程[J]. 河北工业大学成人教育学院学报,2006,21(2):50~55.

4 王凯. 数控加工的工艺设计[J]. 煤炭技术,2006,25(8):32~33.

5 胡如祥. 数控加工编程与操作[M]. 大连:大连理工大学出版社,2008:41~60.

6 谢晓红. 数控车削编程与加工技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005:93~98.

(上接第 76 页)

参考文献

1 田晓红,谭斌毒,谭洪卓,等. 20 种高粱淀粉特性[J]. 食品科学,2010,31(15):13~20.

2 Buttrose M S. The influence of environment on the shell structure of starch granules[J]. The Journal of Cell Biology,1962,14(2):159~167.

3 张慧,董海洲,侯汉学,等. 干法羧甲基化反应对玉米淀粉颗粒性质影响的研究[J]. 中国粮油学报,2008,23(1):51~53.

4 张玉荣,周显青,成军虎,等. 干燥条件对玉米淀粉颗粒形态、色泽和糊化特性的影响[J]. 粮食与饲料工业,2012(3):21~24.

5 秦志荣,许荣年,汪庆旗,等. 藕淀粉颗粒性质的研究及藕粉产品的鉴定[J]. 食品与发酵工业,2005,31(1):136~138.

6 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(自然科学版),2005,33(6):68~73.

7 王金华,秦礼康,苏伟. 乌洋芋淀粉特性研究[J]. 食品与机械,2008,24(6):12~15.

8 Bechtel D, Zayas I, Kaleikau Aank Pomeranz. Size-distribution of wheat starch granules during endosperm development[J]. Cereal Chem., 1990, 67(1):59~63.

9 Manelius R, Zhu Qin, Avall A K, et al. The mode of action on granular wheat starch by bacterial alpha amylase[J]. Starch / Staerke,1997, 49(4):142~147.

10 余平,石彦忠. 淀粉与淀粉制品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:22~24.