

扫描电子显微镜原位观察可食用淀粉颗粒的超微形貌

王绍清, 范文浩, 王琳琳, 曹红, 曹宝森
(国家食品质量监督检验中心, 北京 100094)

摘要: 通过扫描电子显微镜, 对25种可食用淀粉颗粒的超微形貌进行原位观察, 与经典工艺提纯的淀粉颗粒形貌对比, 发现经典淀粉提纯工艺对淀粉颗粒的超微形貌几乎没有影响。另外, 根据对各淀粉的生长环境的观察, 发现生长空间对成熟谷物(小麦除外)淀粉颗粒形貌形成过程中有较大影响, 而对豆类和根茎类食品原料没有影响。

关键词: 可食用淀粉; 原位观察; 超微形貌; 扫描电子显微镜(SEM); 空间影响

in situ SEM Observation of Ultrastructural Morphology of Edible Starch Granules

WANG Shao-qing, FAN Wen-hao, WANG Lin-lin, CAO Hong, CAO Bao-sen
(China National Food Quality and Safety Supervision and Inspection Center, Beijing 100094, China)

Abstract: In this study, the ultrastructural morphology of starch granules from 25 kinds of crops was *in situ* observed by scanning electron microscopy (SEM) and compared with starch granules extracted from potato and corn by the classical method. The classic extraction procedure had hardly any effect on the ultrastructural morphology of starch granules. In addition, spatial effects played a vital role in the morphological formation of starch granules in mature cereal grains with the exception of wheat, but had no impact on beans and root crops.

Key words: food starch; *in situ* observation; microscopy morphology; scanning electron microscopy (SEM); spatial effect

中图分类号: TS210.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)01-0061-04

到目前为止, 所有国内外关于淀粉颗粒的研究, 多是对通过经典工艺提纯的淀粉颗粒进行研究, 如超微形貌观察^[1-4]、结晶程度测定与熔点测试^[5-9]等。这些研究采用经典淀粉提纯工艺包括原料洗涤、粉碎、过滤、沉降、除蛋白、重复洗涤、沉降、烘干等处理操作^[10-11]。但对于这些提纯工艺是否会对淀粉颗粒的形貌产生影响, 研究较少。在本课题研究中, 也对通过经典淀粉提纯工艺提纯的25种可食用淀粉颗粒的超微形貌特征进行了详细观察^[12-13], 但对提纯工艺是否会影响淀粉颗粒的形貌, 也未进行分析。虽然在扫描电子显微镜(SEM)下, 不同种类的淀粉颗粒显现出形态各异的超微形貌特征, 但这些特征是否与淀粉颗粒原始形貌特征一致, 仍需研究验证。因此本研究, 在对25种农作物经过简单的生物固定化处理后, 对其中的可食用淀粉颗粒的超微形貌, 通过SEM进行原位观察。

另外就前期研究^[13]中提到的淀粉颗粒超微形貌特征形成机理问题, 经对25种不同类别农作物中的淀粉颗粒超微形貌进行原位观察和分析, 发现一定的淀粉颗粒形貌特征规律。因此通过此项研究, 不仅可以了解淀粉颗

粒的原始形貌特征, 而且在对不同种类淀粉颗粒在食品原料中堆积结构的特征分析中, 探讨淀粉颗粒形貌与成长环境相互作用机理的新观点。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

所用淀粉提取原料采购于北京各大超市, 淀粉样品为本实验室自行提取。

所用化学试剂均为分析纯, 购自北京化工试剂公司。

1.2 仪器与设备

S3400N型扫描电子显微镜 日本日立高新技术有限公司; Rotofix 32A离心机 德国Hettich公司; GZX-9140 MBE鼓风干燥箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂。

1.3 方法

1.3.1 淀粉原料样品处理

对于含水量较高的块茎类淀粉原料, 切取25g左右块茎, 并切成2mm厚的薄片, 依次置于30%、50%、75%、

收稿日期: 2011-11-09

基金项目: 国家质检总局科技计划项目(2008QK28)

作者简介: 王绍清(1972—), 男, 高级工程师, 博士, 研究方向为食品分析和掺假鉴别。E-mail: wwwshq@yahoo.cn

95%的乙醇中进行梯度脱水,最终样品在烘箱中40℃条件下烘干过夜。对于含水量较低,淀粉含量较高的谷物类淀粉,如大麦、玉米、大米、小麦、豆类等,可以通过锤击或挤压等方式直接破碎样品,碎块可直接用于电镜观察。

1.3.2 淀粉提取

称取50g原料(马铃薯块茎或干玉米颗粒),经去离子水洗涤干净后,室温条件下于100mL 1g/100mL的亚硫酸氢钠溶液中浸泡过夜。样品粉碎后,浆液过100目标准筛,筛下的淀粉悬液经4000r/min离心20min,分离得淀粉沉淀。所得淀粉沉淀用超纯水反复洗涤、离心3次后,分散于0.2%的氢氧化钠溶液中放置3~5h。再在同样离心条件下分离出淀粉,并用去离子水反复清洗、离心3遍,最后所得沉淀再分散于去离子水中,静置沉降,倒掉上清液后,除去上面有颜色部分,将剩余的淀粉置于烘箱中,40℃条件下烘干过夜。

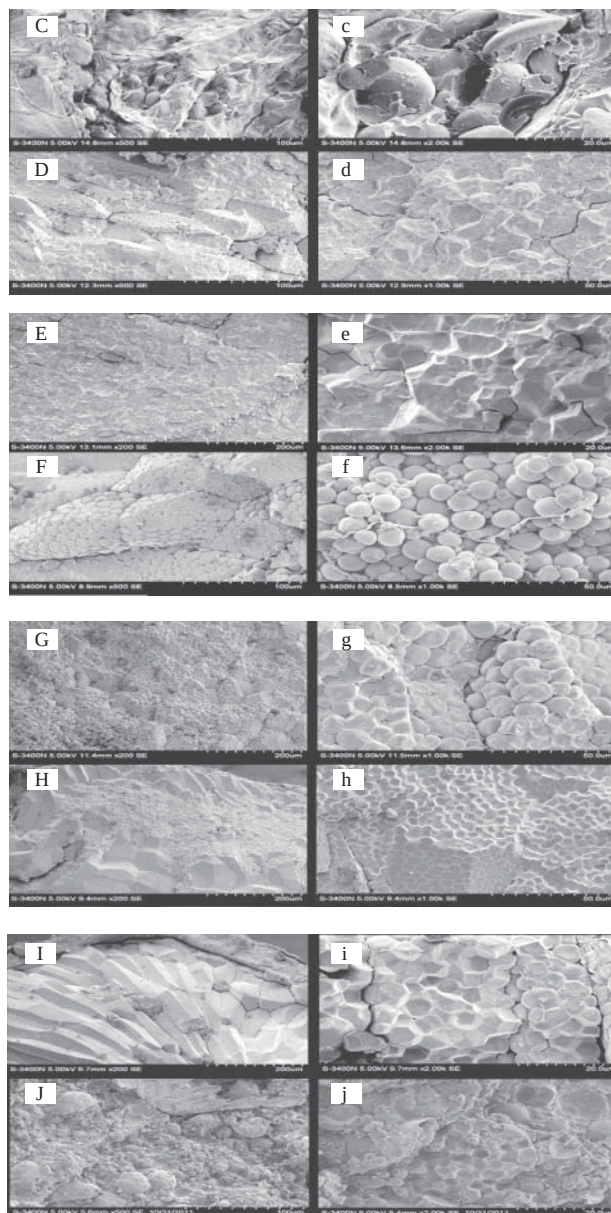
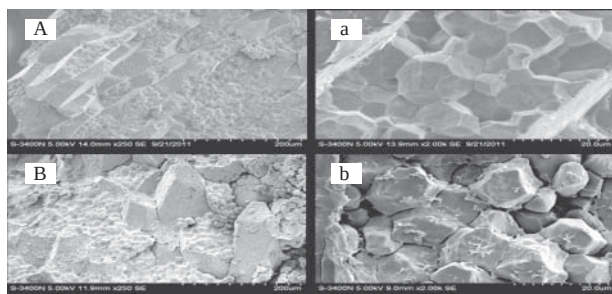
1.3.3 扫描电子显微镜制样和观察

对于大米、小麦、玉米及豆类等干燥的淀粉含量高的种子,采用直接破碎法,将碎块的断裂面朝上,通过导电胶带固定到样品台上,然后喷金制样。对经过逐级脱水的根茎类样品,将干燥好的样品片掰成碎块,断裂面朝上,通过导电胶带黏附在样品台上表面上,然后喷金制样。制好的电子显微镜样品置于电子显微镜样品仓中,在高真空度条件下,对样品各个部位,在不同倍率下分别进行观察拍照。

2 结果与分析

2.1 可食用淀粉颗粒的原位观察

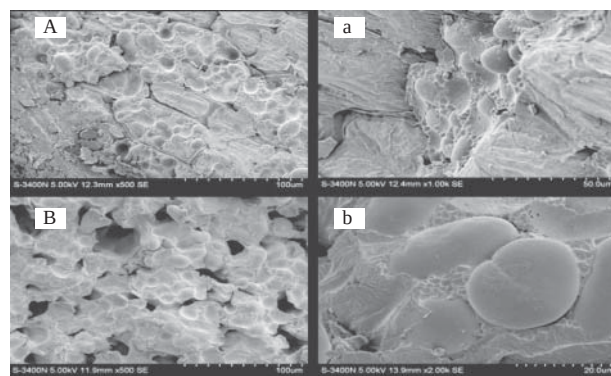
由图1可知,多数谷物种子里的淀粉颗粒紧密堆积,相互挤压,构成致密的或长或方的多面体结构体,外面由一层膜包裹着。这些包裹着的长条形簇在种子内有序紧密排列,构成种子的淀粉储藏单元。但在大米和紫米的断面里,由于其淀粉颗粒尺寸较小,很难看出有序排列的淀粉颗粒堆积结构。在铁饼形A型小麦淀粉颗粒的间隙里,填充着大量无定形的蛋白组织,在这些蛋白组织里又夹杂着尺寸较小的圆球形B型小麦淀粉颗粒。这种结构类似于图2中的豆类淀粉颗粒排列结构。

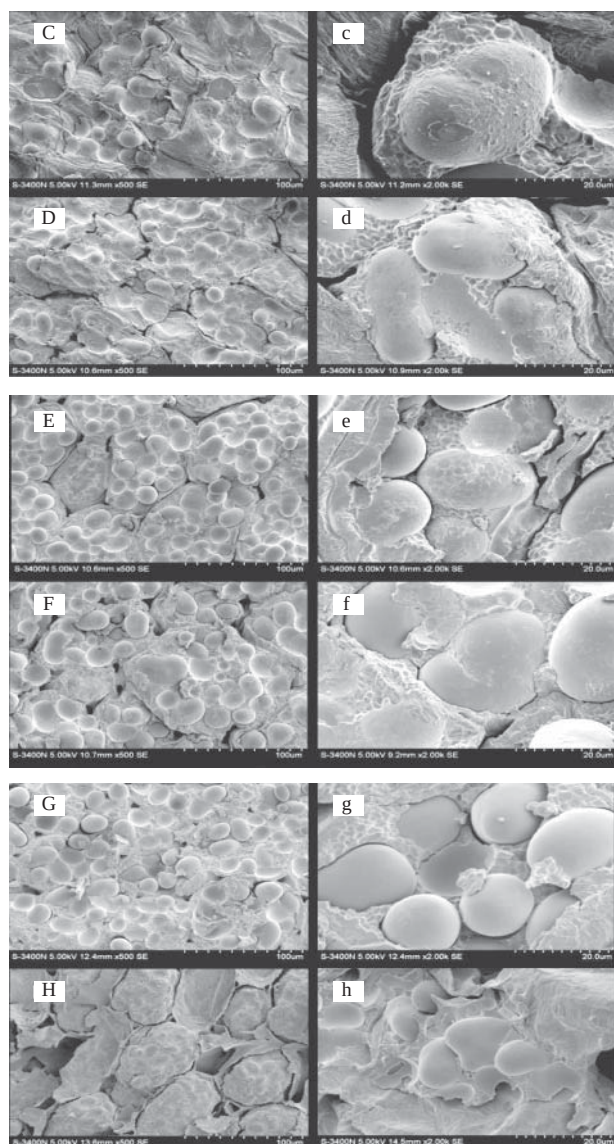


A、a.大米; B、b.玉米; C、c.小麦; D、d.糯米; E、e.紫米; F、f.高粱; G、g.糯高粱; H、h.甜荞麦; I、i.苦荞麦; J、j.燕麦。

图1 可食用谷物淀粉颗粒超微形貌原位观察

Fig.1 *in situ* Ultrastructural morphology of starch granules in cereal grains





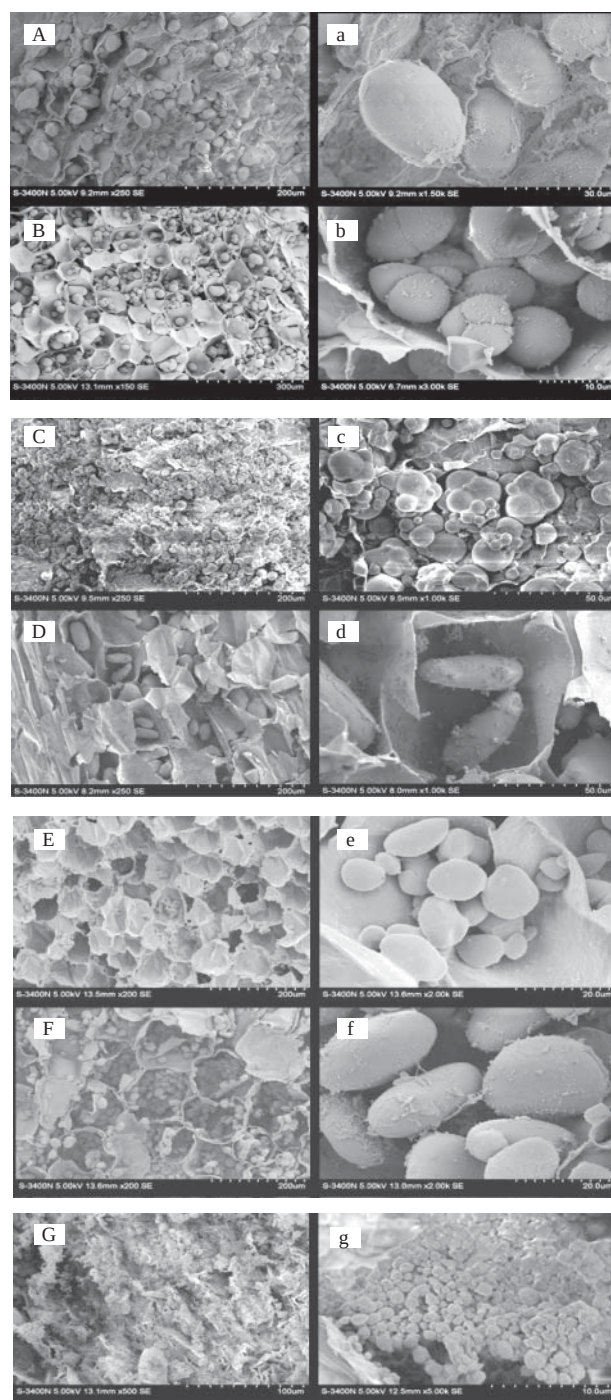
A、a.绿豆；B、b.蚕豆；C、c.红小豆；D、d.豌豆；
E、e.花芸豆；F、f.大豆；G、g.红芸豆；H、h.莲子。

图2 可食用豆类淀粉颗粒超微形貌原位观察

Fig.2 *in situ* Ultrastructural morphology of starch granules in edible legumes

由图2可知，所有的豆类淀粉颗粒的间隙里，都充满着大量的无定形蛋白组织。在周围包裹着的蛋白组织里，不仅可以看到成熟的大的豆类淀粉颗粒，而且还有些小的、不成熟的球形豆类淀粉颗粒。而且大量大大小小的豆类淀粉颗粒与大量间隙组织包裹在一个细胞中。莲子淀粉颗粒的堆积结构与豆类淀粉类似，只是堆积结构单元之间空隙更大一些，这可能与莲子含水量多有关。

由图3可知，经过生物固定干燥处理的根茎类食物块茎的断裂面照片中，断裂面呈蜂窝状，淀粉颗粒自由游离于各个巢穴中，因为在干燥之前，淀粉颗粒周围充满着水。淀粉颗粒表面附着的丝状物是充斥于淀粉颗粒间隙的细胞间质的水分在充分干燥后残留的部分物质。



A、a.马铃薯；B、b.红薯；C、c.木薯；D、
d.莲藕；E、e.荸荠；F、f.山药；G、g.芋头。

图3 可食用根茎类淀粉颗粒超微形貌的原位观察

Fig.3 *in situ* Ultrastructural morphology of starch granules in root crops

2.2 经典淀粉提纯工艺对淀粉颗粒超微形貌的影响

通过对比使用经典工艺提纯的淀粉颗粒的超微形貌与其在原料中原位观察的相貌，可以得出经典淀粉提纯工艺对淀粉颗粒超微形貌的影响。由图1~3可以清楚看到淀粉原料中的一颗颗淀粉颗粒，或游离或被其他成分包围，或紧密排列成规则的结构。但这些淀粉颗粒的超

微形貌都与前面采用经典工艺提纯的可食用淀粉颗粒的超微形貌一致^[12-13],如块茎型的马铃薯淀粉颗粒,有棱角的多面体型玉米淀粉颗粒,棱角圆滑的糯玉米淀粉颗粒,铁饼型的A型小麦淀粉颗粒,棒槌型的莲藕淀粉颗粒,半球或碎球块形的红薯和木薯淀粉颗粒,肾形的豆类淀粉颗粒等。这说明淀粉颗粒在经过经典提纯工艺过程处理后,其形貌并没有发生改变,即淀粉提纯的经典工艺不会对淀粉颗粒的超微形貌特征产生影响。

2.3 可食用淀粉颗粒的超微形貌与生长环境的相互作用

根据图1~3所给出的25种可食用淀粉颗粒的生长环境及排列结构的差异,可以看出,在影响淀粉颗粒的不同超微形貌特征的各种因素中,除了物种的决定因素外,淀粉颗粒的生长环境也对淀粉颗粒的形貌产生了一定的影响。如谷物种子中极高的淀粉含量使得每个淀粉颗粒的成长空间是有限的,最终淀粉颗粒之间的相互挤压作用使得淀粉颗粒形貌发生改变,呈现具有尖锐或钝化棱角的多面体结构。但小麦淀粉是一特例,其淀粉颗粒生长环境与豆类淀粉类似。被大量蛋白组织包裹着的豆类淀粉颗粒有着相对充足的成长空间,其超微形貌充分表达了豆类物种的基本特征^[1,4,6,14-16],如所有豆类淀粉颗粒都呈与其种子的形貌相似的肾形,而且不同种类的豆类淀粉,颗粒尺寸、表面结构等略有不同,如表面疙疙瘩瘩的蚕豆淀粉颗粒等。根茎类农作物由于含水量高,充斥于淀粉颗粒之间的水为淀粉颗粒提供了更加充足的成长空间,所以此类淀粉颗粒的最终形貌,也能充分表达物种的基本特征,如马铃薯块茎形的马铃薯淀粉颗粒,形似莲藕节的棒状莲藕淀粉颗粒等。

总而言之,充足的生长空间环境可以使淀粉颗粒在充分表达物种特征的前提下自由生长,如豆类和根茎类淀粉颗粒。而狭隘的淀粉颗粒生长环境,造成淀粉颗粒之间的相互挤压作用,从而使得成熟淀粉颗粒,在具有相同的内部基本构造^[14,17]的同时呈现出不规则的多面体形貌,尤其是谷物淀粉颗粒。

3 结 论

经典提纯工艺过程不会对淀粉颗粒的超微形貌特征产生影响,同时除了决定淀粉颗粒基本结构的物种因素外,生长环境空间是否充足也会对淀粉颗粒的形貌产生一定的影响。

参考文献:

- [1] 洪雁,顾正彪.淀粉及变性淀粉颗粒形貌结构的研究[J].食品与发酵工业,2006,32(7):19-23.
- [2] 张本山,梁勇,高大维,等.淀粉颗粒形貌与结构的研究[J].中国粮油学报,2002,17(3):47-50.
- [3] McDONOUGH C M, ROONEY L W. Use of the environmental scanning electron microscope in the study of cereal-based foods[J]. Cereal Foods World, 1999, 44(5): 342-347.
- [4] MISHRA S, RAI T. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches[J]. Food Hydrocolloids, 2006, 20: 557-566.
- [5] SINGH N, SINGH J, KAUR L, et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources[J]. Food Chemistry, 2003, 81: 219-231.
- [6] 陆国权,唐忠厚,郑遵凡.主要根茎类作物淀粉特性研究[J].中国食品学报,2006,6(4):67-71.
- [7] 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):119-127.
- [8] SINGH SANDHU K, SINGH N, KAUR M. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physico-chemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64: 119-127.
- [9] JANE J, KASEMSUWAN T, LEAS S, et al. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy[J]. Starch/Stärke, 1994, 46(4): 121-129.
- [10] ELIASSON A C. 食品淀粉的结构、功能及应用[M]. 赵凯,译.北京:中国轻工业出版社,2009.
- [11] 二国二郎.淀粉科学手册[M]. 王薇青,高寿清,任可达,译.北京:中国轻工业出版社,1990.
- [12] 王绍清,王琳琳,范文浩,等.扫描电子显微镜法分析常见可食用淀粉颗粒的超微形貌[J].食品科学,2011,32(15):74-79.
- [13] 王绍清,武士奎,穆同娜,等.扫描电子显微镜和稳定碳同位素比值谱法鉴别马铃薯淀粉中的掺假玉米淀粉[J].食品科学,2010,31(22):332-335.
- [14] FANNON J E, HAUBER R J, BEMILLER J N. Surface pores of starch granules[J]. Cereal Chemistry, 1992, 69(3): 284-288.
- [15] OATES C G. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis[J]. Trends in Food Science and Technology, 1997, 8: 375-382.
- [16] CHEN Pei, YU Long, CHEN Ling, et al. Morphology and microstructure of maize starches with different amylase/amylopectin content[J]. Starch/Stärke, 2006, 58: 611-615.
- [17] LINDEBOOM N, CHANG P R, TYLER R T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review[J]. Starch/Stärke, 2004, 56: 89-99.