

文章编号: 1005-0906(2006)02-0170-05

糯玉米淀粉的改性及其在轻工业中的应用

王 琴^{1,2}, 冯颖竹¹, 温其标²

(1. 仲恺农业技术学院, 广州 510225; 2. 华南理工大学轻工食品与生物工程学院, 广州 510640)

摘 要: 糯质玉米品质优良, 柔软香甜, 风味独特, 营养丰富, 是轻工业的上等原料; 糯玉米淀粉或其变性淀粉在制糖、酿造、食品和粘合剂生产等方面均有广泛的应用前景, 糯玉米是发展高产、优质、高效农业的重要经济作物之一。

关键词: 糯玉米; 变性淀粉; 轻工业; 应用

中图分类号: S513; TS23

文献标识码: A

Application of Waxy Maize Starch and Its Modified Starch in the Light Industry

WANG Qin^{1,2}, FENG Ying-zhu¹, WEN Qi-biao²

(1. Zhongkai Agriculture Technology College, Guangzhou 510225, China; 2. College of Technology Food and Biology Engineering, South China University of Science and Engineering, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Waxy corn is a very good material, fragrant and sweet, special flavor and rich nourishment. The waxy maize starch and its modified starch can be produced, and their application prospect is very widely in the industry of refine sugar, brewing, food, bond and so on. So waxy corn is one of high yield, high quality and effective important economical crops.

Key words: Waxy maize; Modified starch; Light industry; Application

糯玉米是玉米的一种特殊类型(亚种), 起源于中国, 最先在我国的西南地区发现, 是由当地种植的硬粒型玉米发生基因突变, 经过人工选择而保存下来的一种玉米特殊类型。1909 年传入美国, 二次大战期间, 美国开始用糯玉米淀粉取代从东南亚进口的木薯淀粉应用于纺织工业^[1]。后来由于糯玉米淀粉用途的不断发现, 糯玉米播种面积也迅速扩大。目前, 美国已成为世界上糯玉米种植面积最大、生产开发最快的国家, 种植面积达 40 万 hm^2 之多, 而且还在扩大^[2]。

1 糯玉米的特性

糯玉米又称蜡质玉米, 子粒颜色分为紫糯、黑糯、花糯、白糯、黄糯 5 种类型; 生育期分为早熟、中熟、晚熟 3 种类型。糯玉米的根、茎、叶、穗等形态上

和生物学特性上与普通玉米没有明显区别, 其区别在于^[3-5]: ①从子粒的外观上看, 糯玉米不透明, 种皮无光泽, 白粒糯玉米子粒外观呈蜡质状, 故又称蜡质玉米; ②子粒胚乳的淀粉组成与普通玉米不同, 普通玉米的淀粉中含有 2/3 支链淀粉和 1/3 直链淀粉, 而糯玉米中的淀粉基本上都是支链淀粉。普通玉米的胚乳遇到碘溶液很快呈现出深蓝色, 而糯玉米的胚乳遇到碘溶液则呈现出棕红色; ③由于糯玉米胚乳基本上都是支链淀粉, 蒸煮过程中非常容易糊化, 呈现出粘软稠糊状态, 因此, 人们也把糯玉米称为粘玉米; ④遗传方面, 糯玉米的糯性受隐性基因位点 *wx* 控制, 若与其它类型玉米杂交, 其子粒的糯性(粘性)就会丧失。

1.1 糯玉米的营养成分

与普通玉米相比, 糯玉米子粒中的水溶性和盐溶性蛋白的含量都较高, 而醇溶性蛋白含量较低, 且赖氨酸含量比普通玉米高, 糯玉米子粒中还含有大量的维生素及肌醇、胆碱、烟碱等, 两者营养成分的比较见表 1^[6]。

1.2 糯玉米淀粉糊的性质

收稿日期: 2005-03-24; 修回日期: 2005-04-15

基金项目: 粤财政支持项目“优质糯玉米标准化生产技术研究及示范推广”的部分内容

作者简介: 王 琴(1973-), 讲师, 在读博士, 从事粮油加工研究。

Tel: 13711130596 E-mail: qwang1230@126.com

糯玉米用于鲜食,具有柔软细腻、甜粘清香、皮薄无渣等特点,兼有水果、蔬菜的营养和风味,适口性好,营养丰富。糯玉米子粒胚乳中的淀粉基本上

都是支链淀粉,特别易糊化,加工成的食品有浓郁的香味,风味独特,普通玉米和糯质玉米淀粉糊的性质比较见表 2^[6]。

表 1 普通玉米与糯质玉米的营养成分含量比较

类 型	蛋白质	赖氨酸	粗脂肪	淀 粉	支链淀粉	还原糖	消化率
普通玉米	11.97 ± 1.06	0.274	4.88 ± 0.62	68.21 ± 1.77	71.24	0.8	69
糯质玉米	12.26 ± 1.24	0.310	5.20 ± 0.61	66.74 ± 2.08	95.74	1.6	85

表 2 普通玉米和糯质玉米淀粉糊的性质比较

类 型	蒸煮难易程度	粘度峰值	蒸煮稳定性	冷却中的逆转	冷糊稠性	增稠性	抗剪切性	透明度	糊丝长度	糊化温度(℃)
普通玉米	慢	中等	好	极高	高稠度易凝固	中等	良	不透明	短	73
糯质玉米	快	极高	优	极低	粘附性不凝固	中等	劣	半透明	长	69

1.3 糯玉米淀粉的特性

一般的玉米淀粉含有支链淀粉和直链淀粉两种成分,分别占 70%~80%和 20%~30%,而糯玉米淀粉中几乎 100%是支链淀粉。和普通玉米淀粉相比,糯玉米淀粉有 3 个突出特性,即较大的膨胀力(是普通玉米的 2.7 倍)、较高的透明度和较强的粘滞性,也具有较好的适口性,因此糯玉米具有较好的食用价值和广泛的用途。在美国,糯玉米淀粉产量占整个湿磨淀粉产量的 8%~10%,年生产量大约为 160 万 t~203 万 t,价格比普通玉米淀粉高 1 倍以上^[1]。

利用生产普通玉米的加工设备,以糯玉米为原料,在不增加任何人力物力的条件下,可生产含 95%~100%的天然支链淀粉。用糯玉米生产出的支链淀粉,糯性强而稳定,用于食品、造纸、纺织和医药等方面能大幅度降低成本,提高质量^[7];在食品工业中,可使食品增粘、保型,稳定冷冻食品的内部结构;在天然果汁中可悬浮果肉,如用来作罐装八宝粥、黑芝麻糊、糯玉米片、元宵等食品;用来酿酒,可生产出优质的白酒、黄酒和啤酒,而且出酒率高,风味好^[8~10]。由于糯玉米具有比普通玉米高得多的消化率,因而也有较高的饲料转化率,一些养猪、养肉牛、奶牛、养羊和养鸡试验都证明使用糯玉米的优越性:喂养糯玉米的乳牛,不仅产奶量提高,奶中的奶油含量也有所提高^[11];Braman 等^[12]发现,喂养糯玉米的羔羊日增重比普通玉米高 20%,饲料效率高 14.3%;Preston 研究表明^[13],用糯玉米饲养的肥肉牛,饲料效率比普通玉米高 10%以上。许多美国的牲畜饲养场和奶牛场都在用糯玉米来取代普通玉米。

2 糯玉米淀粉的改性及其应用

尽管糯玉米淀粉具有广泛的利用前景,但未经过任何化学处理的糯玉米原淀粉存在着对温度、pH

值和储藏时间的不稳定性,因而优越性难于发挥,用途仍然受到限制^[14~16]。在糯玉米淀粉加工过程中,引入一些特定化学基因,和淀粉的羟基发生反应,通过形成酯键或醚键而实现交联作用,从而极大改进了原淀粉的性能,包括淀粉的凝胶特征,对水分的结合性,对温度变化、冻融变化、pH 值变化时的稳定性和抗剪切能力等^[17~19,43]。在工业方面,主要利用经过化学改性的糯玉米淀粉作为增稠剂、乳化剂、粘合剂、悬浮剂而广泛用于香肠、汤羹罐头、甜玉米糊状罐头、凉拌菜佐料、冷冻食品和各类快餐方便食品的加工部门^[20~21,44]。改性糯淀粉也广泛用于造纸工业、纺织工业和粘合剂工业^[26]。因此,糯玉米淀粉及其变性淀粉具有不可替代的商业价值。

2.1 酸改性糯玉米淀粉

糯质玉米淀粉是主要工业化生产酸变性淀粉的原淀粉。将糯质玉米淀粉悬浮液进行低于糊化温度下的酸改性处理,其产物具有与原淀粉颗粒外形相同,双折射性和冷水中基本不溶等相类似的特性,酸处理淀粉具有较低的热糊粘度、较高的碱值、较高的氢氧化钠临界吸附值、较低的特征粘度、较低的碘亲合能力、较高的持水性和较高的糊化温度等特性^[22~23]。利用这一特性,Kurakake 等人研究^[24]将酸改性淀粉应用于软糖、淀粉果冻等食品工业中,如在淀粉糖、砂糖、香料中添加 10%的酸改性淀粉,用高压釜在 130℃下连续蒸煮使其溶解后注入淀粉铸模内,室温放置即可凝固成适当的形状。如果将酸改性淀粉与砂糖、淀粉糖浆和水一起蒸煮,水分蒸发冷却后可形成凝胶,将该热凝胶放于模型中冷却和熟化,即可制成具有一定组织结构的胶皮糖果。酸改性淀粉作为经纱上浆剂可以增加纱布强度和降低纺织过程中的摩擦阻力。这种淀粉还用于织物精整,主要用于全棉织品,能够增加最终产品的挺度。酸改性淀粉也可用于制造无灰浆墙壁结构用

的石膏板。酸改性淀粉还常用于优质纸张的辊法表面施胶,并能增加牛皮纸挂面纸板的强度及改善纸板的印刷适应性。在压光辊组上施用,一般能改善表面强度和印刷时的着墨性能。这种淀粉还用于瓦楞纸板的制造。

2.2 氧化糯玉米淀粉

氧化淀粉浆比酸变性淀粉浆有更好的清晰度和稳定性。氧化淀粉的薄膜性能优于酸变性淀粉和原淀粉,并且易溶于水^[25]。现在已成为造纸、纺织等多种行业中新的替代原料。这种淀粉约有 80%~85%用于造纸工业^[26],它主要用作纸张表面涂层的粘合剂。还用于纸和纸板表面上胶,封闭微孔,栓系表面松散纤维,改善表面强度,提供印刷油墨的保持能力。氧化淀粉还可以和另一种填料组成混合物用于纺织品的背面,填平缝隙,使之不透气,加强挺度。低粘度氧化淀粉穿透织物的强度大于高粘度淀粉。用于上光可以使纺织品增加重量,改善手感和悬垂性能。这种淀粉在棉织品印染中所形成的膜透明度较高,不致使花色暗淡。氧化淀粉用在建筑材料方面,例如绝缘板、墙板和隔音板中,可提供粘着、结合和施胶等功能。在食品工业中氧化淀粉主要用作添加剂,代替阿拉伯树胶和琼脂,制造胶冻和软糖类食品^[27]。

2.3 交联糯玉米淀粉

在需要一种高粘度而又稳定的淀粉糊,特别是当这种分散系要经受高温、剪切或者低 pH 值的条件下,就要使用交联淀粉^[28]。用糯质玉米制成的食物淀粉,常常用磷酸酯、醋酸酯或羟丙基醚类使它们交联,以获得适宜的糊化粘度和结构组织等性质,包括膏状短稠度^[29,30]。色拉调味汁要用交联淀粉,以便起到增稠作用,使在酸性 pH 值条件下和均化过程产生的高剪切力下仍能保持所需粘度。用蒸汽杀菌的罐头食品开始时粘度低,传热快,升温迅速。瞬间杀菌后用交联淀粉增稠,以赋予罐头食品的悬浮性和结构组织化。交联淀粉也用于罐装的汤、汁、酱、婴儿食品和奶油玉米等产品中,还用于甜饼果馅、布丁和油炸食面的面料中^[31,32]。在滚筒干燥以前形成的交联淀粉能够增大糕点的体积以及酥脆、柔软性和耐储藏性能。用 β -淀粉酶处理已交联的糯质淀粉,能够加强其水分散体的低温稳定性,这对于食品体系所要求的提供最佳的增稠和流变学性质是有作用的^[33]。侯汉学等^[34]研究显示,糯玉米淀粉羟丙基磷酸交联复合变性后,峰粘度、谷粘度和终粘度显著增大;羟丙基化大大提高了糯玉米淀粉的透光率,而交联反应则使糯玉米淀粉的透光率显著降

低,复合变性后冻融稳定性显著提高。将其添加到普通面粉中制作面条,以面条煮熟后的色泽、亮度、口感等进行综合评价。结果表明,在面粉中添加 1.0%羟丙基磷酸交联糯玉米淀粉,可明显改善面团的流变学特性,并大幅度降低面条的溶出率和改进面条的感官品质,使面团色泽白亮、光滑,富有弹性,并柔软适口。张钟等^[35]人采用混合酸酐(己二酸和醋酸酐)的交联法,用糯玉米淀粉制备糯玉米交联淀粉,并着重研究了糯玉米交联淀粉的性质,如交联度、冻融稳定性、膨胀度、透明度和凝沉性。实验表明,通过交联作用制成的糯玉米交联淀粉,极大改进了原淀粉的性能,使其具有交联度高、冻融稳定性好、抗凝沉性强以及具有一定的膨胀力和较高透明度。

在肉类罐头、肉肠、火腿、鱼肉糜等的加工过程中,常需要添加交联淀粉来改善产品的质量与风味^[36]。交联淀粉糊化温度高,在加热初期仍具有良好的流动性,有利于热的传导,传热效率高,杀菌升温快,缩短加热时间可以减少营养损失。并且交联淀粉糊化温度较肉蛋白变性温度高,当交联淀粉糊化时,肌肉蛋白早已完成凝胶过程,形成网络结构。交联淀粉会将网络中的水分子固定并促进肉块间的粘合,填充孔洞并赋予产品以细腻的组织结构。张钟等^[37]研究将糯玉米交联淀粉与普通玉米交联淀粉和普通玉米淀粉在午餐肉中的应用效果进行对比。结果表明,添加 10%糯玉米变性淀粉的产品在色泽、弹性、口感,组织状态及储藏稳定性方面明显优于其他两种。

交联淀粉还用在纺织物的碱性印花浆中,使印花浆具有高粘度和所要求的不粘着的短稠度。交联淀粉也用在瓦楞纸板粘合剂中,使之在强碱性条件下具有高粘度,在其它方面的应用还有石油钻井泥浆、印刷油墨、煤饼和木炭饼的粘合剂、干电池中固定电解质的介质、玻璃纤维上浆和纺织品上浆^[26]。

2.4 醋酸糯玉米淀粉

这种淀粉在食品中的用途主要是增稠。醋酸酐淀粉是淀粉用醋酸或醋酸乙烯在碱性条件下酯化而成的一种变性淀粉,其特点是糊的凝沉性低,对酸、碱、热的稳定性高,糊透明度高,冻融稳定性好,分子间不易形成氢键^[23]。Freitas 等研究发现,低取代度的淀粉醋酸酯含乙酰 0.5%~2.5%,在食品加工中用作增稠剂,具有粘度高、澄清度高、凝沉性弱、储存稳定等优点。这种稳定性在低温 -18℃~5℃下不混浊^[38]。用于罐头中淀粉,有利于均匀装罐和加热时粘度下降,可加速杀菌时的热渗透,并且最终粘度

较低^[39]。它具有比玉米淀粉更为优良的性质,可用于烘烤、冷冻、罐头及干燥食品中作为增稠剂,也可用于水果馅饼填料及肉汁中,例如用于低脂香肠中,能有较好的持水性,延缓老化,能改善产品的组织结构和坚实度,使香肠吃起来更劲道,应用十分广泛^[40]。醋酸淀粉用在纺织和造纸工业中,其糊浆具有分散快速、粘度稳定、不凝结等特点,便于制备、储藏和使用。醋酸淀粉用于纺织中的经纱上浆,具有很好的粘附纱线的特性,抗张强度以及柔韧性。在造纸工业中,醋酸淀粉能够改善纸张的可印刷性,还能够使纸张具有较低而均匀的孔隙性,增加表面张度,耐磨性,保油性,抗溶剂性,以及把分散的纤维粘合在底纸上,从而改善纸张的功能和性质^[41,42]。

还有研究开发出其它各具特性的变性淀粉,有羟丙基化淀粉和羧甲基化淀粉等^[45~49]。如董海洲等^[48]研究采用环氧丙烷制备羟丙基化糯玉米变性淀粉,以提高淀粉的透明度和冻融稳定性。姜绍通等^[49]以乙醇为溶剂,采用二次加碱法对糯玉米淀粉进行羧甲基化变性,合成了CMS (羧甲基淀粉钠 Sodium Carboxymethyl Starch),并对在食品中的应用进行了详细的研究。结果表明,羧甲基化后的糯玉米淀粉,具有糊粘度高、冻融稳定性好、透明度高、抗生物降解性强等优良品质,且 pH 值、蔗糖、氯化钠及钙离子对羧甲基淀粉糊的粘度影响较小,可广泛应用于食品工业中作增稠剂和稳定剂。

3 展 望

由于天然糯玉米原淀粉具有良好的可变量能,为制取变性淀粉提供了极有利的条件。更重要的是变性淀粉具有优异特性、独具作用及低廉价格等诸多优点,因而成为造纸工业的重要原料、食品工业的优良稳定剂、纺织工业的良好上浆剂和用途广泛的粘合剂等,是越来越多行业的主要用料和首选替代品。近年来已研究成功将淀粉变性应用于塑料工业,制成可降解树脂,对解决“白色污染”有重大突破,并引起世界性极大关注。将变性淀粉研制成替代食盐的化雪剂,不仅可以加快冰雪融化速度,而且可以减轻对环境的污染。变性淀粉还被用作石油开采系统第三代添加剂。此外,还应用于医药工业、建材工业、甜味剂和精细化工等方面。

根据我国优越的自然条件和巨大的需要量,加上国家在宏观上的引导与鼓励,在未来 10 年之内,糯玉米播种面积发展到 20 万 ~ 33.3 万 hm^2 (占玉米总面积的 1% ~ 1.7%)是可能的。很可能有一天,我国糯玉米种植面积会超过美国。与糯玉米有关的糯玉

米淀粉深加工工业、食品工业和一系列相关工业也会发展起来。因此在我国大面积发展糯玉米种植,并进行深加工,形成自己的产业,应是势在必行。糯玉米淀粉不仅对整个食品工业多个部门的商品品质的提高有重要作用,对我国纺织工业、造纸工业以及粘合剂工业的发展也都是必需的。因此,在我国发展糯玉米变性淀粉工业具有非常广阔的前景。

参考文献:

- [1] Watson S A. Corn marketing, processing and utilization, In Sprague, G. F. and Duclley, J. W. Corn and Corn Improvement, Am, Soc.of Ag. Inc. Madison, Wisconsin 1988, 885-940.
- [2] Collins G N. A new type of Indian corn from china [M]. USDA. Bur. Plant Ind. Bul, 1993. 167.
- [3] 尤 新. 玉米的综合利用及深加工[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1995. 64.
- [4] 袁宝玉,韩向阳. 糯玉米的生产及开发利用研究[J]. 洛阳农业高等专科学校学报, 2001, 21(3):165-167.
- [5] 魏风乐,孙 玲. 糯玉米的综合利用及栽培技术[J]. 吉林农业科学, 1994, (4):16-17.
- [6] 黄明良. 粮食作物品质鉴定与评价[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1992.
- [7] 宋同明. 发展我国特用玉米产业的意义、潜力与前景[J]. 玉米科学, 1996, 4(4):6-11.
- [8] 朱传合,明永华,杜金华. 用糯玉米制作速冻汤圆的可行性研究[J]. 粮油食品科技, 2001, 9(2):25-27.
- [9] 张 钟,汪 红. 应用糯玉米淀粉生产玉米种子种衣剂的研究[J]. 种子, 2002, (6):55-56.
- [10] 唐明霞,杨 明. 苏玉(糯)1 号糯玉米罐头的研制[J]. 食品工业科技, 1998, (2):39-40.
- [11] Mc Donald T A. Waxy corn feeding trail resuts, In proceeding of the 28th Corn Sorghum Research Conference, ASTA, Washington, D. C 1973, 98-107.
- [12] Braman W L. Influence of waxy corn and nitrogen source on feed lot performance of steers fed all concentrate diets[J]. J. Anim. Sci., 1972, 35: 260.
- [13] Preston R L, Zuber M S, P fander W. High amylose com for lambe[J]. J. Animal Sci., 1964, 23: 1182.
- [14] 许崇香,李长文. 糯质玉米的研究进展[J]. 玉米科学, 1995, 3(3): 16-19.
- [15] 孙世贤,张 凯,杨映辉. 我国甜、糯玉米的发展现状与对策[J]. 中国农技推广, 2004, (3):27-29.
- [16] 刘 正,王 波,谷业理,等. 糯质玉米的利用价值[J]. 安徽农业技术师范学院学报, 1994, 8(1):22-26.
- [17] 朱晓康,朱 晶. 蜡质玉米淀粉和变性淀粉[J]. 淀粉与淀粉糖, 1999, (2):14-16.
- [18] 张力田. 变性淀粉[M]. 广州:华南理工大学出版社, 1999. 106-111.
- [19] M. Hixon R. Waxy starch or maize and other cereals[M]. Ind. Eng. Chem, 1994, (34): 959-96.
- [20] PermansJ. Modified starch for fresh and frozen pie fillings[J]. Food Marketing & Technology, 1997, (11): 8-10.

- [21] Garzon G A, Gaines C S, Palmquist D E. Use of wheat flour-lipid and waxy maize starch-lipid composites in wire-cut formula cookies[J]. *J. of Food Sci.*, 2003, 68 (2): 654-659.
- [22] 周中凯. 改性淀粉—酸改性淀粉[J]. 农业产品开发, 1999, (3): 31-32.
- [23] 张友松. 变性淀粉的生产和应用手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [24] Kurakake M, Noguchi M, Fujioka K. Effects on maize starch properties of heat-treatment with water-ethanol mixtures. *J. Cereal Sci.*, 1997, 25: 253-260.
- [25] 张燕萍. 变性淀粉制造与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [26] 韩家宜译. 淀粉和纸—优质产品的粘合剂[J]. 玉米加工及应用, 1992, (2): 43-44.
- [27] Betancur A D, Chel G L, Canizares H E. Acetylation and characterization of canavalia ensiformis starch [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(2): 378-382.
- [28] 惠斯特勒 R. L.(美), 王维文译. 淀粉化学与工艺学[M]. 北京: 中国食品出版社, 1987. 261-265.
- [29] 刘邹渭. 交联改性淀粉膜[J]. 食品工业, 1995, (3): 11-12.
- [30] Nayouf M, Loisel C, Doublier J L, et al. Effect of thermomechanical treatment on the rheological properties of crosslinked waxy corn starch [J]. *J. of Food Engineering*, 2003, 59 (2-3): 209-219.
- [31] Matler A M. Technological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components [J]. *Carbohydr. Poly.*, 1997, (3): 132-147.
- [32] Jane J L, Xu A, Radosavljevic M, Seib P A. Location of amylose in normal starch granules. I. Susceptibility of amylose and amylopectin to cross-linking reagents. *Cereal. Chem.*, 1992, 69: 405-409.
- [33] Zheng G H, Han H L, Bhatti R S. Functional properties of cross-linked and hydroxypropylated waxy hull-less barley starches [J]. *Cereal Chem.*, 1999, 76: 182-188.
- [34] 侯汉学, 董海洲, 汪建民, 等. 羟丙基磷酸交联糯玉米淀粉的性质及其作为面条品质改良剂的研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(6): 17-21.
- [35] 张 钟, 刘 正, 蔡治华, 等. 糯玉米交联淀粉的制备及性质研究[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(2): 31-33.
- [36] 阮美娟, 田 颖. 变性淀粉在午餐肉中的应用效果研究[J]. 食品工业科技, 1999, 20(1): 36-37.
- [37] 张 钟, 刘 正, 杨 苹. 糯玉米交联淀粉在午餐肉罐头中的应用效果研究[J]. 食品科学, 2002, 23(5): 54-57.
- [38] Whistle R L, Michael A M. Surface derivatization of corn starch granules[J]. *Cereal Chem.*, 1998, 75(1): 72-74.
- [39] Freitas R A, Gorin P A J, Neves J. A rheological description of mixtures of a galactoxylloglucan with high amylose and waxy corn starches [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 51(1): 25-32.
- [40] 陈 刚, 高群玉, 陈慧音, 等. 食用糯玉米醋酸酯淀粉的研制及特性[J]. 粮食与饲料工业, 2002, (10): 38-41.
- [41] Kumar V G, Bhandari M V, Bhat A N. Modifications of tapioca starch properties by polyethylene glycol (4000) and polyethylene glycol (4000)stearate additives[J]. *Starch*, 1991, 43: 93-98.
- [42] Lundqvist H, Nilsson G S, Eliasson A C, Gorton L. Changing the amylopectin-sodium dodecyl sulfate interaction by modifying the exterior chain length[J]. *Starch*, 2002, 54: 100-107.
- [43] Meuser F, Klinger R W, Niedeck E A. Characterization of mechanically modified starch[J]. *Starch*, 1978, 30: 376-384.
- [44] Wu Y, Seib P A. Acetylated andhydroxylated distarch phosphates from waxy barley: paste properties and freeze-thaw stability[J]. *Cereal Chem*, 1990, 62: 202-208.
- [45] 温其标, 陈 玲. 高取代度羟丙基基薯淀粉制备条件的研究[J]. 食品工业科技, 1997, (1): 30-32.
- [46] 林红秀. 小麦羧甲基淀粉的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1996, 17 (2): 15-23.
- [47] Mua J P, Jackson D S. Relationship between functional attributes and molecular structures of amylose and amylopectin fractions from waxy corn starch [J]. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, 45: 3848-3854.
- [48] 董海洲, 侯汉学, 汪建民, 等. 食用级羟丙基糯玉米淀粉制备条件的研究[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(1): 9-12.
- [49] 姜绍通, 黄 静, 潘丽军. 糯玉米淀粉羧甲基化变性及其在食品中的应用研究[J]. 食品科学, 2003, 24(10): 23-25.

欢迎订阅 2006 年《玉米科学》

《玉米科学》是理论与实践相结合、普及与提高相结合的刊物。主要报道: 遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、植物保护、专家论坛、国内外玉米科研动态、新品种信息等方面的内容。适合科研、教学、生产及管理方面的人员参考。

《玉米科学》为双月刊, 双月 15 日出版。大 16 开本, 176 页, 每期定价 15 元, 全年 90 元。国内外公开发行人, 邮发代号: 12-137, 全国各地邮局(所)均可订阅, 漏订者可直接向本刊编辑部补订。地址: 吉林省公主岭市科贸西大街 303 号, 邮编: 136100。

《玉米科学》刊登广告, 广告经营许可证: 2200004434018。有意者请与本刊编辑部联系, Tel: 0434-6283137 E-mail: ymkx@cjaas.com。