



陈佩, 张晓, 赵冰, 等. 湿热处理对糯小麦淀粉理化性质的影响[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(2): 85-89.

湿热处理对糯小麦淀粉理化性质的影响

陈佩, 张晓, 赵冰, 肖南, 李远志

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

摘要:【目的】研究不同湿热处理条件,包括时间、温度和水分含量,对糯小麦淀粉性质的影响.【方法】以糯小麦淀粉糊的透明度、溶解度和膨胀度、冻融稳定性、颗粒形貌及颗粒结晶性质的变化考察湿热处理对糯小麦淀粉的影响.【结果和结论】与原淀粉相比,经湿热处理后,糯小麦淀粉糊的透光率,溶解度,冻融稳定性指标均有一定程度的降低,而膨胀度有一个先降低后增加的过程.湿热处理后糯小麦淀粉的颗粒形状和大小基本没有发生改变,但颗粒表面变得不均匀,中央部位变得模糊,出现了裂纹和压痕,偏光十字强度减弱. X 射线衍射分析数据也证实了偏光显微镜得到的结果,淀粉的相对结晶度降低,但湿热处理未改变糯小麦淀粉的结晶结构类型,仍为 A 型.

关键词:湿热处理; 糯小麦; 淀粉; 理化性质

中图分类号:TS236;S512

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2015)02-0085-05

Effect of heat-moisture treatment on the physicochemical properties of waxy wheat starch

CHEN Pei, ZHANG Xiao, ZHAO Bing, XIAO Nan, LI Yuanzhi

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】The effect of heat-moisture treatment (HMT) including time, temperature and water content, on the physicochemical properties of waxy wheat starch was investigated. 【Method】The pasting properties such as clarity, solubility, swelling power, freeze-thaw stability, morphology, and X-ray crystallinity of the starch were evaluated. 【Result and conclusion】HMT reduced the transparency, solubility and freeze-thaw stability of waxy wheat starch. However, the swelling power of waxy wheat starch decreased and then increased. HMT did not obviously change the particle shape and size of starch granules, but the surface of starch granules became uneven, and the central of the granules became blurred; some crack and indentation appeared. HMT reduced the birefringence intensity of starch granules. The X-ray diffractometry result revealed that HMT promoted a reduction in the starch relative crystallinity, but the native and HMT starch maintained the A diffraction pattern.

Key words:heat-moisture treatment; waxy wheat; starch; physicochemical property

小麦是种植面积仅次于玉米的世界第二大谷物作物. 其籽粒中所含的淀粉成分对小麦面粉制品品质有重要影响. 普通小麦淀粉中含 w 为 20% ~ 30% 的直链淀粉. 然而,某些突变的小麦籽粒中直链淀粉含量很低,甚至不含直链淀粉,通常称为糯小麦. 目

前获得糯小麦的途径通常有 3 条:1)通过部分糯质突变体 Kanto 107(缺 W_x-A1 和 W_x-B1)与白火麦(缺 W_x-D1)杂交^[1];2)利用甲磺酸乙酯作诱导有机体突变物质处理 Kanto107 种子^[2];3)利用单倍体育种的方法迅速除去突变体系的低直链淀粉特性^[3]. 我国

收稿日期:2013-12-20 优先出版时间:2015-01-21

优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20150121.0948.019.html>

作者简介:陈佩(1983—),女,讲师,博士,E-mail:peichen@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(31101340)

学者利用不同的育种方法选育出了一系列糯小麦种子材料,并在基因资源的筛选和鉴定、糯性基因的遗传和品质评价等方面做了不少研究.与普通小麦相比,糯小麦具有独特的物理和化学特性,使其在淀粉加工业、食品工业以及其他工业上有着重要的用途.湿热处理是指水质量分数低于35%,在高于糊化温度的温度范围内处理淀粉的一种方法.湿热处理是改变淀粉物理化学性质的一种常用方法.经湿热处理后,淀粉糊的性质,淀粉的颗粒形貌、晶体性质、糊化特性等都发生了变化^[4].湿热处理对环境不会造成任何污染,产品安全性高,因此湿热处理法是生产绿色食品以及清洁生产的一个重要手段.目前对玉米、马铃薯,普通小麦等的特性研究偏多,而对糯小麦淀粉特性的研究报道还较少.而关于湿热处理对糯小麦淀粉糊的性质及颗粒结构影响的报道更少.本文旨在研究不同时间、温度、水分含量等湿热处理条件对糯小麦淀粉糊的透明度、溶解度、膨胀度、冻融稳定性、颗粒形貌及颗粒结晶性质的影响,以期对糯小麦淀粉的深度开发与应用提供更多理论指导.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

糯小麦面粉由江苏里下河地区农业科学研究所提供,淀粉由水洗法制备,直链淀粉质量分数为2.6%.JA2003A型电子分析天平,上海精科天美贸易有限公司产品;WM-98B型离心机,皇冠电器有限公司产品;752N型紫外可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司产品;DHG-9053B5-III型电热恒温鼓风干燥箱,上海新苗医疗器械有限公司产品;DK-8D型电热恒温水浴槽,上海森信实验仪器有限公司产品;Axioskop 40 Pol/40 A Pol型偏光显微镜,德国ZEISS公司产品;Bruker D8型X射线衍射仪,德国Bruker公司产品.

1.2 糯小麦淀粉湿热处理方法

分别称取糯小麦淀粉5 g(干基,对照),将糯小麦淀粉的水质量分数调节至20%、25%、30%,各自混合均匀,放入密闭耐高温不锈钢湿热反应釜中,密闭条件下平衡水分24 h.将平衡好水分的糯小麦淀粉分别放入设定好温度(100、110、120℃)的烘箱中处理1、8和16 h,每处理重复3次.处理后的淀粉静置冷却,烘干后粉碎,过100目筛,即得到样品.

1.3 透明度的测定

称取0.5 g淀粉样品,配制成质量分数为1%的淀粉乳,密封后沸水浴加热糊化30 min,冷却至室

温,以蒸馏水为空白,利用分光光度计在波长620 nm处测其透光率,平行测定3次,取平均值.

1.4 膨胀度、溶解度的测定

在离心管中加入淀粉样品1.0 g(干基)和蒸馏水50 mL,配成质量浓度为20 g·L⁻¹的淀粉乳,将其分别置于55℃条件下加热30 min,并不时震荡.待其冷却至室温后,置于离心机中,以3 000 r·min⁻¹离心15 min,将上清液置于105℃烘箱中烘至恒质量,称其质量为 a ,离心管中膨胀淀粉的质量为 b ,其溶解度(S)和膨胀度(P)分别按下列公式计算:

$$S = a \times 100\%, \quad (1)$$

$$P = b/(1 - S). \quad (2)$$

1.5 冻融稳定性的测定

称取1.0 g淀粉样品加入49 mL蒸馏水,沸水浴加热30 min,冷却后转移到离心管中,在温度-18℃条件下冷冻12 h后自然解冻12 h,以3 000 r·min⁻¹离心15 min,测量上清液体积,该过程反复数次,至无水析出为止,测量析出水的体积,平行试验3次,取平均值.

1.6 颗粒形貌观察

淀粉经100目过筛,配制质量浓度为20 g·L⁻¹的淀粉乳,置于载玻片上,分别在普通光和偏光条件下观察淀粉颗粒形态.

1.7 X射线衍射分析

采用连续扫描法,扫描速率为4°·min⁻¹,扫描范围2°~40°,步长0.1,管压、管流分别为30 kV和30 mA,靶电极为Cu.采用Origin7.0软件进行分析.

相对结晶度 $= I_c / (I_a + I_c) \times 100\%$,其中 I_a 是X射线衍射图谱中非结晶区的面积, I_c 是结晶区的面积.

1.8 数据处理

利用Excel对数据进行统计分析,并用SPSS Statistics Version 19进行显著性分析($P < 0.05$).

2 结果与分析

2.1 湿热处理对糯小麦淀粉透光率的影响

由图1可看出,湿热处理使糯小麦淀粉糊的透明度明显下降,且随着湿热处理水分含量的增加、处理温度的升高、处理时间的延长,淀粉糊透明度呈现逐渐下降的趋势.这是由于湿热处理过程中,水分和热能的相互作用破坏了支链淀粉中的部分糖苷键,使糯小麦淀粉中的支链淀粉分支结构断裂,形成的直链淀粉和短链淀粉增多,同时形成更多直链淀粉-脂质复合物^[5],从而降低了淀粉糊的透明度.

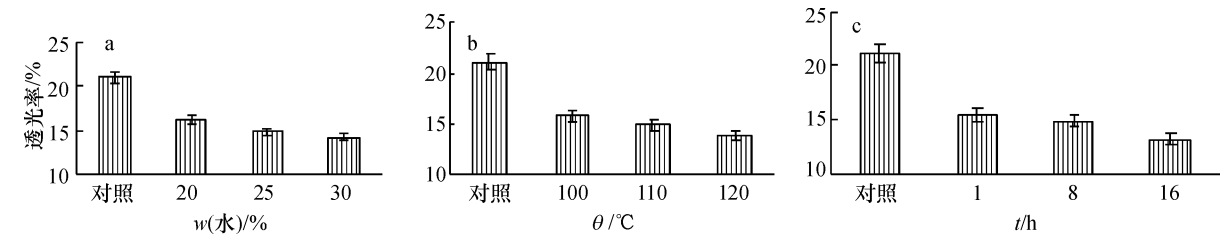


图1 湿热处理与糯小麦淀粉透光率的关系

Fig. 1 The relationship between heat-moisture treatment and transmittance of waxy wheat starch

2.2 湿热处理对糯小麦淀粉溶解度和膨胀度的影响

由图2可以看出,经过湿热处理后的糯小麦淀粉,其溶解度和膨胀度均低于原淀粉(对照).随着湿热处理水分含量的增加、处理温度的升高和处理时间的延长,糯小麦淀粉的溶解度逐渐下降,且水分含量越多、处理温度越高、处理时间越长,其溶解度下降越明显.

湿热处理条件对糯小麦淀粉膨胀度的影响则不同:当处理温度由110℃上升至120℃,处理时间由8h延长到16h时,糯小麦淀粉膨胀度呈现回升的趋势,但仍明显低于原淀粉.原因是随着湿热处理温度的升高和处理时间的延长,生成直链淀粉的含量先增加后降低^[4],而直链淀粉含量对淀粉膨胀度起决定作用.

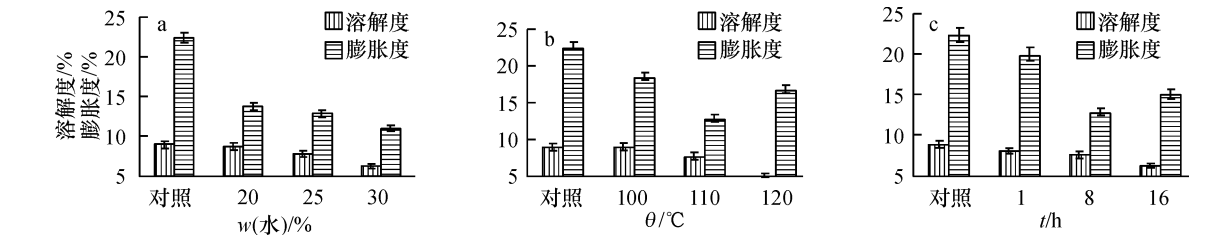


图2 湿热处理与糯小麦淀粉溶解度和膨胀度的关系

Fig. 2 The relationship between heat-moisture treatment and solubility, swelling power of waxy wheat starch

2.3 湿热处理对糯小麦淀粉冻融稳定性的影响

淀粉的冻融稳定性与淀粉中直链淀粉含量有关,因为直链淀粉容易重新排列和缔合而发生凝沉现象,因此直链淀粉含量越高,淀粉冻融稳定性越

差.从图3可以看出,随着湿热处理水分含量增加、温度升高和处理时间延长,糯小麦淀粉的析水率逐渐增大,即冻融稳定性越低,这与湿热处理增加了直链淀粉含量的研究结果相一致.

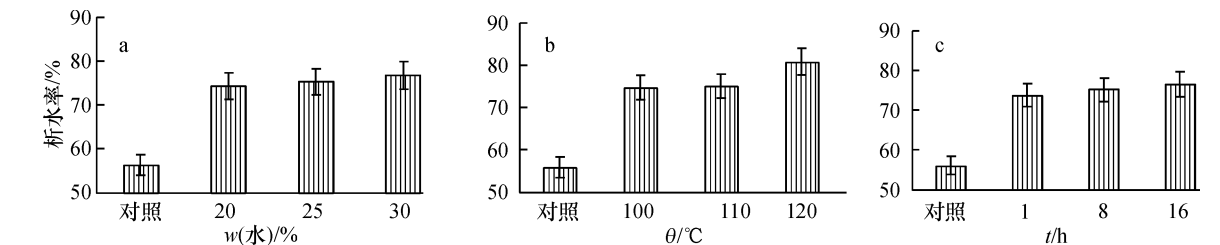


图3 湿热处理与糯小麦淀粉冻融稳定性的关系

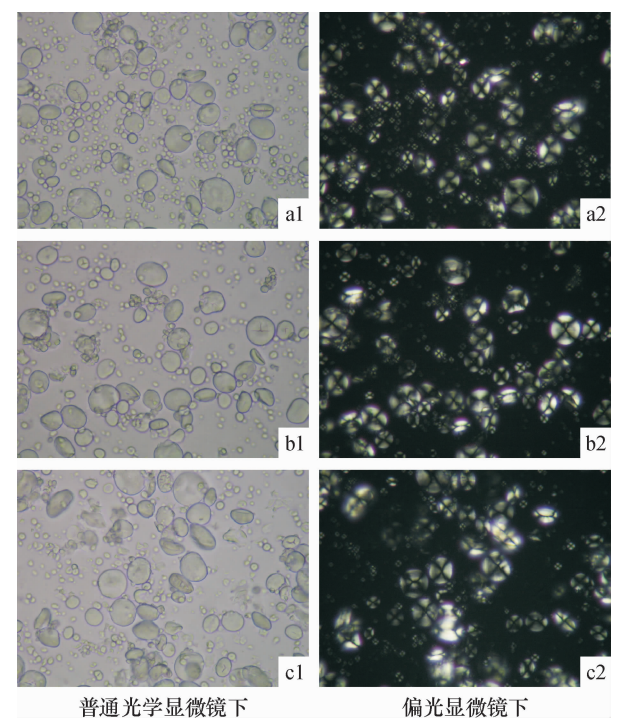
Fig. 3 The relationship between heat-moisture treatment and freeze-thaw stability of waxy wheat starch

2.4 湿热处理对糯小麦淀粉颗粒形貌的影响

图4所示为普通光和偏光显微镜下观察到的不同样品的颗粒形貌,可以看出糯小麦原淀粉颗粒分为较大的A型和较小的B型,颗粒形态为椭圆形和圆形较多.经过湿热处理之后,糯小麦淀粉的形状和

大小基本没有发生改变,但可以看出颗粒表面变得不均匀,中央部位变得模糊,出现了裂纹和压痕.随着湿热处理条件的加强,淀粉颗粒不均匀的状况增加.原淀粉的偏光十字非常清晰地地位于颗粒中央.湿热处理后,淀粉的偏光十字仍然存在,但是部分颗粒

的偏光十字中央部位强度减弱,十字形状扭曲变形,一些颗粒的偏光十字强度增大.



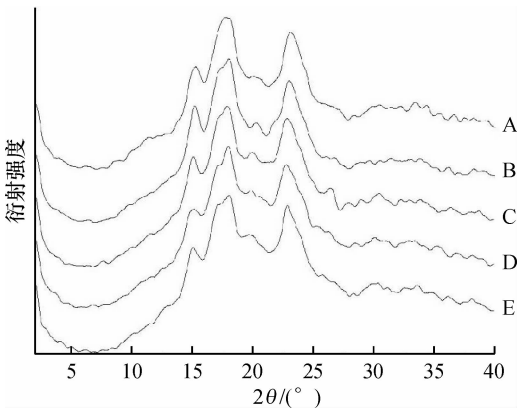
a1、a2:糯小麦原淀粉;b1、b2 :湿热处理(水质量分数 25%,110 ℃,8 h)的糯小麦淀粉;c1、c2: 湿热处理(水质量分数 25%,110 ℃,16 h)的糯小麦淀粉.

图4 糯小麦原淀粉和湿热处理的糯小麦淀粉颗粒形貌 (×340)

Fig. 4 Granular structures of native and heat-moisture treatment of waxy wheat starch under a light microscope with/without polarized light (×340)

2.5 湿热处理对糯小麦淀粉结晶性质的影响

图 5 为糯小麦原淀粉及湿热处理后样品的 X 射线衍射图谱. 从图 5 中可以看出糯小麦淀粉呈现典型的 A 型结晶结构,在 2θ 角 15 °、17 °和 23 °有较强的衍射峰. 在 2θ 角 20 °左右有 1 个较弱的峰,是由于直链淀粉-脂质复合物的存在而产生的^[8]. 湿热处理没有改变糯小麦淀粉的结晶结构类型,仍然为 A 型结晶,但 X 衍射强度变弱. 随着湿热处理强度的增加,2θ 角 17 °的特征峰强度降低,但 20 °左右的峰则更加明显. 湿热处理使糯小麦淀粉的相对结晶度下降. 样品 3 (水分质量分数 30%,110 ℃,8 h),样品 6 (水分质量分数 25%,120 ℃,8 h)和样品 9(水分质量分数 25%,110 ℃,16 h)的相对结晶度均低于样品 2(水分质量分数 25%,110 ℃,8 h),表明湿热处理水分含量增加、处理温度升高、处理时间延长都会使糯小麦淀粉的相对结晶度降低更明显.



A:糯小麦原淀粉;B:样品 2(水质量分数 25%,110 ℃,8 h);C:样品 3(水质量分数 30%,110 ℃,8 h);D:样品 6(水质量分数 25%,120 ℃,8 h);E:样品 9(水质量分数 25%,110 ℃,16 h).

图5 糯小麦原淀粉和湿热处理后的糯小麦淀粉的 X 射线衍射图谱

Fig. 5 X-ray diffractograms of native and heat-moisture treatment of waxy wheat starch

3 讨论与结论

糯小麦淀粉经湿热处理后,其淀粉糊及淀粉颗粒的性质发生了改变. 湿热处理使糯小麦淀粉糊的透明度、溶解度、冻融稳定性指标均有一定程度的降低,且随着湿热处理水分含量的增加,处理温度的升高,处理时间的延长,呈现逐渐下降的趋势. 这是由于湿热作用使淀粉内部的键合作用增强,双螺旋结构结合得更加紧密,不利于淀粉分子从颗粒内部溶出^[9]. 这与 Yagishita 等^[10]研究木薯淀粉在湿热处理后溶解度降低的结果相一致. 而膨胀度是一个先降低后增加的过程. 这是由于湿热处理过程中,水分和热能的相互作用破坏了支链淀粉中的部分糖苷键,使糯小麦淀粉中的支链淀粉分支结构断裂,形成的直链淀粉和短链淀粉增多,同时形成更多直链淀粉-脂质复合物,从而降低了淀粉糊的透明度. 同时淀粉内部的键合作用增强,双螺旋结构结合得更加紧密,不利于淀粉分子从颗粒内部溶出使淀粉的溶解度降低. 湿热处理后直链淀粉含量的增高,导致淀粉冻融稳定性变差,因为直链淀粉容易重新排列和缔合而发生凝沉现象. 张二娟等^[11]的研究也指出,随着湿热处理温度升高和时间延长,慢消化淀粉的含量有一个先降低后增加的过程,也是导致膨胀度有相似变化的原因.

湿热处理后糯小麦淀粉的颗粒形状和大小基本没有发生改变,但颗粒表面变得不均匀,中央部位变得模糊,出现了裂纹和压痕,偏光十字强度减弱. 这

主要是由于湿热处理过程中,热能和水分使淀粉颗粒发生膨胀,破坏了颗粒的有序结构,而淀粉颗粒的中央部位主要是由无定形结构组成,因此在处理的过程中最容易受到破坏^[12]。

X射线衍射分析数据显示淀粉的相对结晶度降低,但湿热处理未改变糯小麦淀粉的结晶结构类型,仍为A型。主要由于湿热处理使淀粉颗粒的结晶区被破坏,双螺旋结构发生变化,同时形成了更多直链淀粉-脂质复合物^[13]。湿热处理水分含量增加、处理温度升高、处理时间延长都会使糯小麦淀粉的相对结晶度降低更明显。这与Lee等^[14]研究马铃薯淀粉的相对结晶度随湿热处理条件变化的结果相一致。由此可知,湿热处理使糯小麦淀粉的内部结构发生了改变,其理化性质也发生了改变。

参考文献:

- [1] NAKAMURA T, YAMAMORI M, HIRANO H, et al. Production of waxy (amylose-free) wheats[J]. *Mol Gen Genet*, 1995, 248(3): 253-259.
- [2] YASUI T, SASAKI T, MATSUKI J, et al. Waxy endosperm mutants of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and their starch properties[J]. *Breeding Sci*, 1997, 47(2): 161-163.
- [3] KIRIBUCHI-OTOBE C, NAGAMINE T, YANAGISAWA T, et al. Production of hexaploid wheats with waxy endosperm character[J]. *Cereal Chem*, 1997, 74(1): 72-74.
- [4] DA ROSA ZAVAREZE E, DIAS A R. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review [J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 83(2): 317-328.
- [5] 谢碧霞, 钟秋平, 李安平, 等. 湿热处理对橡实淀粉特性影响的研究[J]. *食品科学*, 2007, 28(3): 104-106.
- [6] TESTER R F, MORRISON W R. Swelling and gelatinization of cereal starches: Effects of amylopectin, amylose, and lipids[J]. *Cereal Chem*, 1990, 67(6): 551-557.
- [7] CHUNG H J, LIU Q, HOOVER R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches [J]. *Carbohydr Polym*, 2009, 75(3): 436-447.
- [8] ZOBEL H F. Starch crystal transformations and their industrial importance[J]. *Starch-starke*, 1988, 40(1): 1-7.
- [9] 高群玉, 林志荣. 湿热处理玉米淀粉的溶胀和水解性质初探[J]. *中国粮油学报*, 2007, 22(6): 27-30.
- [10] YAGISHITA T, ITO K, YOKOMIZO E, et al. Physicochemical properties of monosodium glutamate-compounded tapioca starch exceeds those of simple heat-moisture treated starch[J]. *J Food Sci*, 2011, 76(7): C980-C984.
- [11] 张二娟, 何小维. 湿热处理法制备慢消化淀粉及其性质研究[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(5): 121-124.
- [12] FANNON J E, GRAY J A, GUNAWAN N, et al. Heterogeneity of starch granules and the effect of granule channelization on starch modification[J]. *Cellulose*, 2004, 11(2): 247-254.
- [13] VARATHARAJAN V, HOOVER R, LIU Q, et al. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physiochemical properties of normal and waxy potato starches[J]. *Carbohydr Polym*, 2010, 81(2): 466-475.
- [14] LEE C J, KIM Y, CHOI S J, et al. Slowly digestible starch from heat-moisture treated waxy potato starch: Preparation, structural characteristics, and glucose response in mice[J]. *Food Chem*, 2012, 133(4): 1222-1229.

【责任编辑 李晓卉】