

微波对马铃薯淀粉性质的影响*

罗志刚

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州, 510640)

摘 要 研究微波辐射前后马铃薯淀粉物化性质的变化。采用微波对 30% 水分含量的马铃薯淀粉进行处理。结果表明:微波淀粉颗粒表面出现凹坑,降低了膨胀度和溶解度、冻溶稳定性。主要 X-射线衍射峰的强度增大,晶型由 B 型转为 A 型,马铃薯淀粉经处理后糊化起始温度升高、粘度降低,粘度曲线由 A 型变为 C 型。试验表:在淀粉颗粒内无定形区和结晶区的直链淀粉与直链淀粉、直链淀粉与支链淀粉发生交互作用,微波处理使淀粉分子发生一定程度的降解。

关键词 微波辐射,马铃薯淀粉,性质

微波是一种频率从 300MHz 至 300GHz 的电磁波。基于其高效、节能等特殊的加热特征,已经开始作为一种方便、节时的加热能源广泛应用在食品、化工领域中。淀粉作为食品的主要有效成分之一,研究微波加热过程中对淀粉性质的影响,具有重要的意义。国外对微波加热影响淀粉性质的研究较多,Ndife 等人^[1]把水与淀粉质量比分别为 1.0:1.0、1.5:1.0 和 2.0:1.0 的小麦、玉米和米淀粉放在微波炉中加热 15~30s,微波 15~25s 的玉米淀粉明显比小麦和米淀粉的糊化速率低且慢,超过 25s 后,3 种淀粉的糊化速率没有明显的区别。Lewandowicz 等人^[2]考察了微波对水分含量低于 35% 的块茎淀粉性质的影响,发现其糊化温度升高,溶解度降低等。目前国内,大多研究集中在将微波作为一种合成化学反应的强化手段研究^[3,4]。笔者考察了低水分含量下马铃薯淀粉在微波加热后性质的变化,以期微波处理淀粉的工业化应用积累数据。

1 材料和方法

1.1 材料和仪器

马铃薯淀粉,美国国民淀粉(化学)有限公司广州办事处;微波炉,WD800D,广东省顺德市格兰仕电器实业有限公司;离心机,800,上海手术器械厂;扫描电子显微镜,LEO1530VP,德国 LEO 公司;X-射线衍射仪,D/Max-III A,日本 Rigaku 公司;布拉本德粘度计,Brabender Viscograph-E,德国 Brabender 公司。

第一作者:博士,讲师。

* 广东省科技攻关项目(No. 2005B20401006),广东省自然科学基金启动基金(No. 5300170)和华南理工大学自然科学基金资助项目(No. E51051040)

收稿日期:2007-03-13,改回日期:2007-05-28

1.2 方 法

1.2.1 微波加热淀粉

将马铃薯淀粉调到含 30% 水分,放在专用微波炉器皿中密封平衡一段时间,然后置于微波炉中加热一定时间,功率按 1 W/g(淀粉)计算。取出后冷却至室温,干燥、粉碎。

1.2.2 淀粉扫描电子显微结构研究

将待测样品充分分散于无水乙醇中,取适量涂于玻璃片上,晾干后用导电双面胶将附有样品玻片固定在载物台上,在真空条件下进行镀金处理,然后将处理好的样品台放入扫描电子显微镜中观察,并拍摄具有代表性的样品颗粒形貌。

1.2.3 淀粉的 X-射线衍射研究

采用连续扫描法,扫描速率为 12°(2 θ)/min,扫描范围为 4~60°,步长为 0.08,管压管流分别为 30 kV 和 30 mA。

1.2.4 淀粉的膨胀度和溶解度

配制质量分数为 2% 淀粉乳,取 50 mL 在一定温度下搅拌加热 30 min,置于离心管中以 3 000 r/min 离心 20 min,将上层清液置于烘箱中蒸干,烘于恒重称量为 A;离心管中膨胀淀粉质量表示为 P, W 为试样的干重。按下列公式计算其溶解度和膨胀度^[5]。

$$\text{溶解度}(S)/\% = 100A/W$$

$$\text{膨胀度}(B)/\% = 100P/[W(100-S)]$$

1.2.5 淀粉的冻溶稳定性^[6]

一定浓度的淀粉乳在 95 °C 糊化 30 min 再冷却到室温,将其放在 4 °C 冷藏 16 h,在 -16 °C 冷冻 24 h,取出凝胶在 25 °C 下解冻 6 h,再放入 -16 °C 下冷冻 24 h,如此反复 5 次,最后离心测定冻溶稳定性。

1.2.6 淀粉的粘度性质

称取适量淀粉样品,加入蒸馏水配制成质量分数

为6%的淀粉乳460g,混合均匀后置于布拉本德粘度仪的测量杯中,从30℃开始升温,升温速率为1.5℃/min,升温到95℃后保温30min,以1.5℃/min的速率冷却到50℃,保温30min,得到一条粘度随时间和温度连续变化的布拉本德粘度曲线。

2 结果与讨论

2.1 淀粉的扫描电子显微结构

由图1可知,淀粉经过微波处理后,其形状和大小没有发生改变,但其表面变得粗糙,部分颗粒脐点表面呈现凹坑。淀粉的脐点是淀粉颗粒生长的起始

点,脐点处一般是由链淀粉构成的无定形结构,分子间排列杂乱,没有规律性,该区的结构较弱,容易受到外界环境的影响^[5,7]。在微波辐射过程中,颗粒内部产生的热量使表面受到由内到外的强大作用,由于脐点部位的结构比其他部位弱,容易被破坏,故颗粒脐点出现凹坑,而其他部位表面则变得粗糙。

2.2 淀粉的X-射线衍射

淀粉的X-射线衍射见表1。表1中衍射峰数据显示,原马铃薯淀粉的晶型为B型。微波处理后,对应位置淀粉的衍射强度增大,而衍射角2θ为16.1°的衍射峰消失,产生了衍射角2θ为4.93°的衍射峰,即

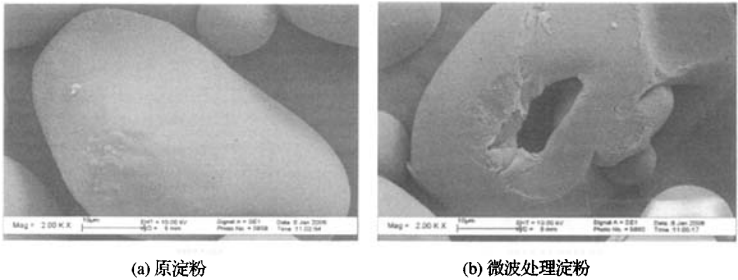


图1 马铃薯淀粉的扫描电子显微照片

马铃薯淀粉的晶型由B型转为A型。这是由于微波处理过程中淀粉内部分子处于非常活跃的状态,其直链淀粉和支链淀粉分子发生迁移,直链淀粉分子与周围附近的直链淀粉、支链淀粉分子末端,支链淀粉与支链淀粉分子末端相互缠绕形成双螺旋结构,导致分子排列更加有序、结晶性更强。微波使B型马铃薯淀粉变为A型是由于:(1)在B型晶体内存在中间隧道中的36个水分子蒸发,发生脱水;(2)原来被水分子占据的空间被双螺旋结构占据。

表1 淀粉主要衍射峰的X-射线衍射强度

种类	衍射角 2θ(强度 cps)				
原淀粉	16.1(172)	5.86(306)	5.18(501)	—	3.96(379)
微波淀粉	—	5.84(334)	5.26(533)	4.93(456)	3.86(386)

2.3 淀粉的膨胀度和溶解度

淀粉颗粒的膨胀是从相对松散的无定形区开始,然后是靠近结晶区的无定形区,最后才是结晶区^[8]。淀粉的膨胀度和溶解度为颗粒内键的结合程度提供了有力证据。高含量直链以及较强或者大量的中等分子结合会降低膨胀度^[9]。Tester等人^[10]认为膨胀是支链淀粉的特性,直链淀粉在其中充当稀释剂的作用。表2和表3中分别列出了原淀粉和微波淀粉在不同温度下的膨胀度和溶解度。由表2、表3可知,随着温度的升高,2种样品的膨胀度和溶解度增大,

但微波处理淀粉在不同温度下的膨胀度和溶解度比相应的原淀粉低。由此可知微波一方面降低了淀粉特别是支链淀粉的分子质量,形成更多的直链淀粉;另一方面导致了颗粒中直链淀粉的快速迁移,最终在直链淀粉之间或直链淀粉与支链淀粉之间产生分子交互作用,其颗粒内键的结合更加牢固。

表2 原淀粉和微波淀粉在不同温度的膨胀度

淀粉种类	膨胀度/g·g ⁻¹				
	55℃	65℃	75℃	85℃	95℃
原淀粉	13.5	33.39	49.93	80.18	—
微波淀粉	6.76	9.62	10.98	14.5	26.23

表3 原淀粉和微波淀粉在不同温度的溶解度

淀粉种类	溶解度/%				
	55℃	65℃	75℃	85℃	95℃
原淀粉	6.28	7.97	11.65	66.04	—
微波淀粉	1.77	4.08	5.17	7.38	12.5

2.4 淀粉的冻溶稳定性

原淀粉的析水率为71.5%,微波淀粉的析水率为14.6%。通过3种不同直链淀粉含量的玉米淀粉冻融稳定性的比较分析发现,支链淀粉凝胶比直链淀粉凝胶弱,当凝胶离心后,水很容易从支链淀粉凝胶中析出,即支链淀粉的析水率比直链淀粉大,冻融稳定性低^[11]。微波淀粉的析水率比原淀粉低,即微波淀粉的冻融稳定性好。由于微波能具有很好的穿透性能,在处理淀粉的过

程中其热量具有快速、均匀性。这种处理使微波淀粉颗粒内部无定形区的直链与直链、直链与支链的相互作用增强,在无定形区内分开的直链比原淀粉少;另外,微波也能使淀粉分子发生一定程度的降解,增加了直链淀粉含量,因此,当淀粉糊化冷冻后,微波淀粉析出水的量较原淀粉少。微波淀粉析水率的降低也表明淀粉在微波过程中支链淀粉交联的程度低。

2.5 淀粉的粘度性质

由图2可知,微波处理使淀粉的起始糊化温度增加,保持30 min的热糊粘度、冷糊粘度增加,而没有出现糊化最高温度。根据Brabender粘度曲线的形状,可将其分为A、B、C和D型^[12]。微波处理使马铃薯淀粉的粘度曲线A型变为C型,微波作用增强了淀粉分子内和分子间氢键连接,淀粉颗粒变得不容易膨胀,达到95℃时淀粉颗粒也没有完全糊化,到95℃保持30 min后淀粉才达到较大值。

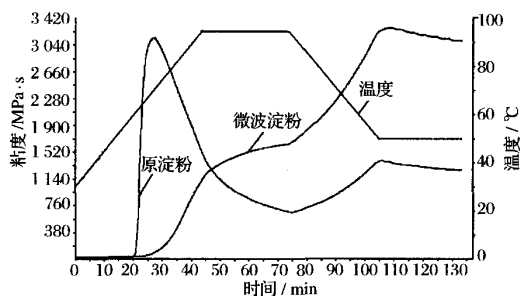


图2 6%浓度的淀粉 Brabender 粘度曲线

3 结 论

微波处理使马铃薯淀粉的颗粒表面、膨胀度和溶解度、结晶性质、糊化转变温度、冻溶稳定性以及 Brabender 粘度性质发生不同程度的改变。在微波

处理过程中淀粉颗粒内直链淀粉的快速迁移和重排导致直链淀粉与直链淀粉之间、直链淀粉与支链淀粉之间产生了一定程度的交互作用,形成结晶体。

参 考 文 献

- 1 Ndife M, Sumnu G, Bayindirli L. Differential scanning calorimetry determination of gelatinization rates in different starches due to microwave heating[J]. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 1998, (31):484~488
- 2 Lewandowicz G, Jankowski T, Fornal J. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of potato and tapioca starches[J]. *Carbohydrate Polymers*, 1997, (34):213~220
- 3 孙平,张文勤. 微波对玉米淀粉酯化反应的催化作用[J]. *中国食品添加剂*, 2003, (5):62~64
- 4 项爱民,赵玉玲. 微波法合成淀粉——丙烯酸接枝高吸收性树脂[J]. *现代塑料加工应用*, 2001, (3):7~9
- 5 Shinji T, Makoto H. Structural change of potato starch granules by ball-mill treatment[J]. *Starch*, 1997(49):431~438
- 6 Hoover R, Ratnayake W S. Starch characteristic of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada[J]. *Food Chemistry*, 2002(78):489~498
- 7 何小维,黄强,罗发兴,等. 超声处理后的玉米淀粉与环氧丙烷的反应机理[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2005, (8):91~93
- 8 Gunaratne A, Hoover R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches[J]. *Carbohydrate Polymer*, 2002, (49):425~437
- 9 Delpeuch F, Favier J C. Characteristics of starches from tropical food plants; alpha amylase hydrolysis swelling and solubility patterns[J]. *Ann Technol Agric*, 1980, (29):53~67
- 10 Tester, R F, Morrison W R. Swelling and gelatinization of cereal starches. 1. Effects of amylopectin, amylose and lipids[J]. *Cereal Chem*, 1990, (67):551~559
- 11 Zhigang L, Xiaowei H, Xiong F, et al. Effect of microwave radiation on the physicochemical properties of normal maize, waxy maize and amylomaize V starches[J]. *Starch*, 2006, 58:468~474
- 12 Miyoshi E. Effect of heat-moisture treatment and lipids on gelatinization and retrogradation of maize and potato starches[J]. *Cereal Chemistry*, 2002, (1):72~77

Effect of Microwave Radiation on the Properties of Potato Starches

Luo Zhigang

(College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640)

ABSTRACT The change of physicochemical properties of potato starches was studied after microwave radiation. Potato starches were treated at a moisture content of 30% by microwave radiation. The results showed that a concavity in the surface could be clearly observed at the center of starches. Microwave treatment decreased the swelling power, solubility and syneresis. The X-ray intensities of the major d-spacing of starch was increased and the X-ray pattern of (B to A) potato starch was changed. The rise in pasting temperature and the drop in viscosity of potato starches were observed and viscosity curve pattern was changed from A to C after microwave irradiation. The foregoing data showed starch chains (amylose - amylose and amylose - amylopectin) with the amorphous and crystalline regions of the granule associated and starch molecule decomposed at a certain extent during microwave treatment.

Key words microwave radiation, potato starch, properties