

米发糕蒸煮工艺对大米淀粉颗粒特性的影响研究

陈德文^{1,2}, 沈伊亮¹, 吴 鹏¹, 李秀娟¹, 徐晓云¹, 潘思轶^{1,*}

(1. 华中农业大学食品科技学院, 湖北 武汉 430070; 2. 义乌市产品质量监督检验所, 浙江 义乌 322000)

摘 要: 探讨蒸煮工艺对大米淀粉颗粒特性的影响, 为米发糕的工业化生产提供科学依据。应用扫描电子显微镜(SEM)、X-射线衍射和差示扫描量热仪(DSC)对米发糕进行了分析测试。随着压热的不断增大, 淀粉的颗粒形貌逐渐崩溃, 特征衍射峰逐渐变弱并消失, 结晶度也逐渐降低, 吸热焓变小。当压力达到0.2 MPa时, 其结晶区域完全消失。蒸煮工艺对大米淀粉颗粒形貌影响较大, 压热处理会破坏大米淀粉的结构。

关键词: 米发糕; 蒸煮工艺; 淀粉颗粒; 特性

Effect of Steaming Process on Characteristics of Starch Granule in Steamed Rice Sponge Cake

CHEN De-wen^{1,2}, SHEN Yi-liang¹, WU Peng¹, LI Xiu-juan¹, XU Xiao-yun¹, PAN Si-yi^{1,*}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Yiwu Institute of Quality Supervision and Test on Products, Yiwu 322000, China)

Abstract: The characteristics of starch granule in steamed rice cakes at different pressures were analyzed by using SEM, X-ray and DSC. Results indicated that with the pressure increasing, the starch granule structure was damaged gradually, and the characteristic diffraction peaks fell down and even disappeared, meanwhile the crystallinity declined and endothermic enthalpy reduced as well. When the pressure was 0.2 MPa, no crystal region was observed in the starch granule. In conclusion, high pressure could damage the starch granule structure in steamed rice cake.

Key words: steamed rice sponge cake; steaming process; starch granule structure; characteristics

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)10-0114-04

米发糕由粳米经浸泡、磨浆、发酵并利用水蒸汽汽蒸糊化而成型, 其成品具有蜂窝状结构、口感暄软, 有发酵产生的特殊、令人愉悦的风味, 易于被人体消化吸收, 是集营养性、风味性和安全性于一体的、具有中华民族特色的传统风味食品。发糕生产历史悠久, 深受人们喜爱, 但由于其传统手工作坊生产周期长, 生产效率低, 特别是生产过程中技术难于掌握, 使得产品质量不稳定, 产量小。且其生产源于民间经验的积累, 系统的理论基础研究几乎处于空白, 尚无科学理论的指导, 难以满足日益增长的消费需求。采用现代食品高新技术对特色风味传统食品加工业进行改造、提升和工业化, 使其向着安全、营养、美味、快捷、方便、多样化的方向发展, 是大势所趋也是最终必然的选择。

大米中淀粉含量高达80%(干基)以上, 是大米的主要成分之一。淀粉颗粒形貌的研究方法主要是显微镜法。与玉米淀粉、木薯淀粉、马铃薯、藕淀粉相比, 大米淀粉颗粒比较小, 平均粒径在3~5 μm, 且颗粒分布均匀, 呈多角形。X-射线衍射和差示扫描量热仪(DSC)是目前测定晶体结构和晶体热特性的重要手段。大米淀粉的衍射图在15°、17°、23.6°附近有特征衍射峰, 是典型的A型X射线衍射图^[2-7]。虽然国内外对淀粉的结构报道不少, 但迄今为止, 有关米发糕加工工艺对大米淀粉颗粒形貌影响的报道很少, 不同压热处理对大米淀粉的颗粒特性的影响缺乏系统研究。本实验通过研究米发糕蒸煮工艺对大米淀粉颗粒特性的影响, 以期对米发糕的工业化生产提供科学的理论支持。

1 材料与方法

收稿日期: 2008-08-27

基金项目: 湖北省农业科技创新中心-特色农产品深加工及综合利用创新团队项目(2007AA003)

作者简介: 陈德文(1978-), 男, 工程师, 博士研究生, 研究方向为食品加工化学。E-mail: dewenc@hotmail.com

*通讯作者: 潘思轶(1965-), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工化学。E-mail: pansiyi@mail.hzau.edu.cn

1.1 材料与仪器

早籼米购于徐东粮油批发市场。

JL-100 型电动多用磨浆机 重庆友昌机械制造有限公司；SH045 型恒温湿热实验箱 上海实验仪器总厂；电子天平 赛多利斯科学仪器有限公司；蒸锅 苏泊尔公司；0.4 型精密压力表 西安自动化仪表一厂；JSM-5610 型电子扫描显微镜；D/max-RA 型 X-射线衍射仪 12kW 旋转阴性 X-射线衍射仪；DSC 差示扫描量热仪 德国耐驰公司。

1.2 方法

1.2.1 发糕制备

早籼米经浸泡、磨浆、发酵后(早籼米经浸泡 12h 后,洗净沥干,加水磨浆(料液比 1:1.2, V/V),再加入老酵,在 28℃ 的恒温环境下发酵 4h,将 35g 米浆注入直径 55mm、高 15mm 的模具内,在不同的压力下用蒸汽加热 20min,即得不同的成品。然后从中提取淀粉备用。

1.2.2 淀粉颗粒形貌的扫描电镜观察

将待测样品表面喷涂钼金后,用电子扫描显微镜拍摄压热处理后淀粉颗粒的照片。

1.2.3 X-射线衍射分析

样品过 300 目筛,经压片后,用 X-射线衍射仪进行扫描。测定条件:石墨单色器,特征射线 $\text{CuK}\alpha$,管压 36kV,电流 30mA,发射狭缝 2°,扫描区间 5~50°,扫描速度:1°/min。

1.2.4 差示扫描量热分析仪研究

称取 5mg 左右的样品,保护气体为氮气,扫描区间为 20~120℃,扫描速率为 10℃/min,降温速率为 10℃/min。

1.2.5 数据处理

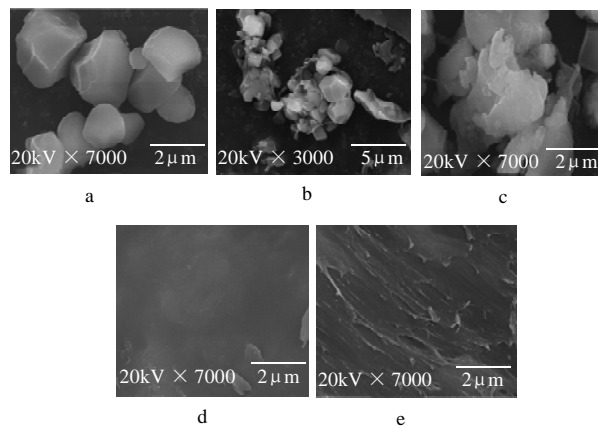
用 Origin5.0 软件绘图及数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 电子扫描显微镜(SEM)结果

经不同压热处理 20min 后的大米淀粉颗粒的 SEM 照片见图 1。从图 1(a)可以看出,自然发酵的未经蒸煮的大米淀粉颗粒表面较光滑,较小颗粒呈圆形,较大颗粒呈不规则的多角形。其粒径范围 3~15 μm 。从图 1(b)中可以发现,与自然发酵的大米淀粉图 1(a)相比,经过 0.1MPa 压热处理后的大米淀粉颗粒仍保持原来的形态,但是淀粉颗粒的棱角明显被腐蚀或被破坏,淀粉颗粒变得比较圆滑。从图 1(c)~1(e)可以发现,大米淀粉经过 0.2~0.5MPa 压热处理后,颗粒形貌发生了很大的变

化,具体表现在颗粒度以及颗粒表面状态都与原淀粉有明显差别。压热处理使淀粉分子间氢键断裂,经历了糊化-老化循环,颗粒完全破碎,重新融合,整个视野中已无完整淀粉颗粒存在,说明压热处理对大米淀粉的颗粒形貌具有很大影响。经过压热处理后的淀粉,已经无法从扫描电子显微镜中观察的颗粒形貌来判断不同种类的淀粉。

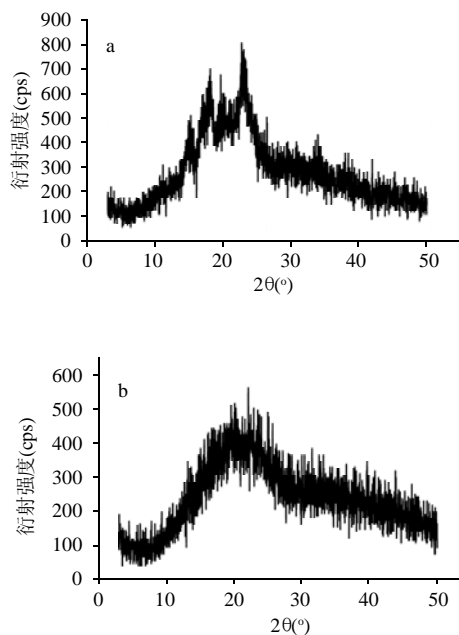


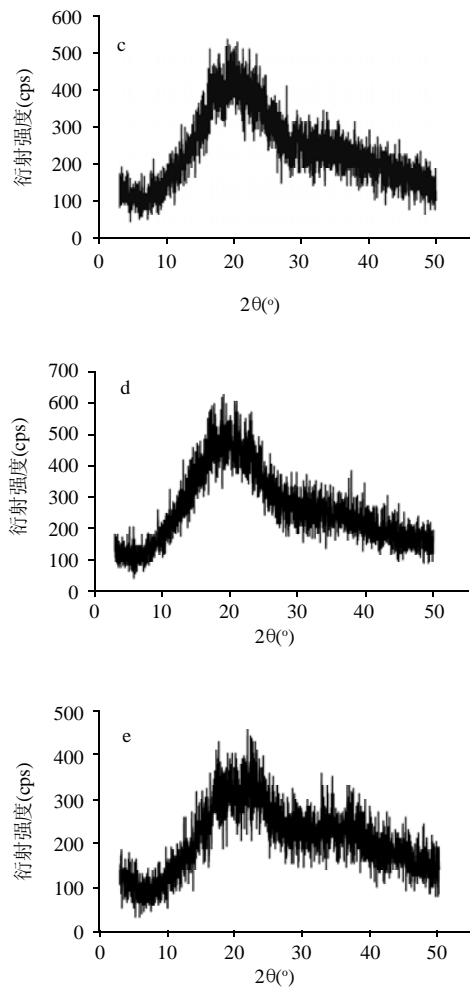
a.自然发酵的未经蒸煮的大米淀粉; b.0.1MPa 水蒸汽处理的大米淀粉; c.0.2MPa 水蒸汽处理的大米淀粉; d.0.3MPa 水蒸汽处理的大米淀粉; e.0.5MPa 水蒸汽处理的大米淀粉。

图 1 不同压热处理的大米淀粉的 SEM 图

Fig.1 SEM of images rice starch steamed at different temperatures

2.2 X-衍射结果





a.自然发酵的未经蒸煮的大米淀粉；b.101kPa水蒸汽处理的大米淀粉；c.201kPa水蒸汽处理的大米淀粉；d.301kPa水蒸汽处理的大米淀粉；e.501kPa水蒸汽处理的大米淀粉。

图2 不同压热处理的大米淀粉的X-射线衍射图

Fig.2 X-ray diffraction pattern of rice starch steamed at different pressures

从图2可以看出，大米淀粉经过压热处理后的X射线衍射图谱与自然发酵的未经压热处理的大米淀粉有很大差别。自然发酵的大米淀粉晶型为A型结晶结构， 2θ 角度为 15° 、 17° 、 18° 、 22° 、 23° 。不同压热处理的大米淀粉的X-射线衍射随着压力的升高，衍射曲线上 15° 、 17° 、 18° 和 23° 的峰强度不断降低，当处理压力达到201kPa时，衍射曲线上各衍射峰已完全消失，表明在0.2~0.5MPa压力下，大米淀粉颗粒内部的结晶区域已经被破坏。不同压力处理的大米淀粉的X-射线衍射数据分析见表1，从表1可看出，随着处理压力的增大，大多数衍射峰的强度不断降低，衍射峰宽也不断缩小，各样品的相对结晶度也逐渐降低，并最终趋于完全糊化，结晶度也变为0值。

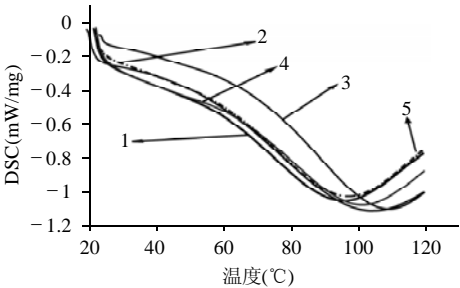
表1 米发糕处理后的大米淀粉X射线衍射参数

Table 1 X-ray diffraction parameters of rice starch steamed at different pressures

| 处理条件 | 2θ ($^\circ$) | 衍射峰 宽度($^\circ$) | 衍射峰 强度(cps) | I/I _{max} (%) | 结晶度 (%) |
|------------|---------------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|------------|
| 自然发酵 | 14.96 | 5.92 | 419 | 60 | 14.71 |
| | 17.06 | 5.19 | 559 | 74 | |
| | 18.14 | 4.89 | 597 | 66 | |
| | 19.60 | 4.52 | 510 | 73 | |
| | 22.72 | 3.91 | 684 | 98 | |
| | 23.08 | 3.85 | 698 | 100 | |
| 101kPa压热处理 | 16.18 | 5.48 | 360 | 83 | 7.23 |
| | 19.65 | 4.51 | 431 | 100 | |
| | 20.46 | 4.34 | 418 | 97 | |
| | 22.48 | 3.95 | 432 | 100 | |
| | 23.74 | 3.74 | 400 | 93 | |
| | 15.36 | 5.76 | 322 | 70 | |
| 201kPa压热处理 | 17.88 | 4.96 | 424 | 93 | 5.41 |
| | 19.36 | 4.58 | 457 | 100 | |
| | 23.74 | 3.74 | 397 | 85 | |
| | 16.64 | 5.32 | 456 | 88 | |
| | 19.98 | 4.44 | 521 | 100 | |
| | 22.22 | 4.00 | 474 | 91 | |
| 301kPa压热处理 | 23.08 | 3.85 | 470 | 90 | 1.48 |
| | 16.88 | 5.25 | 323 | 90 | |
| | 19.92 | 4.45 | 347 | 98 | |
| | 21.82 | 4.07 | 356 | 100 | |
| | 23.06 | 3.85 | 332 | 93 | |
| | 23.06 | 3.85 | 332 | 93 | |
| 501kPa压热处理 | 16.88 | 5.25 | 323 | 90 | 0.24 |
| | 19.92 | 4.45 | 347 | 98 | |
| | 21.82 | 4.07 | 356 | 100 | |
| | 23.06 | 3.85 | 332 | 93 | |
| | 23.06 | 3.85 | 332 | 93 | |
| | 23.06 | 3.85 | 332 | 93 | |

注：I/I_{max}表示相对衍射强度。

2.3 DSC 处理结果



1.自然发酵的未经蒸煮的大米淀粉；2.101kPa水蒸汽处理的大米淀粉；3.201kPa水蒸汽处理的大米淀粉；4.301kPa水蒸汽处理的大米淀粉；5.501kPa水蒸汽处理的大米淀粉。

图3 不同压热处理的大米淀粉的DSC图

Fig.3 DSC curves of rice starch steamed at different pressures

表2 DSC分析数据

Table 2 Data from DSC curves of rice starch steamed at different pressures

| 处理条件 | 起始点($^\circ\text{C}$) | 拐点($^\circ\text{C}$) | 终止点($^\circ\text{C}$) | $\Delta H(\text{J/g})$ |
|------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 自然发酵 | 59.15 | 77.26 | 91.29 | 6.561 |
| 101kPa压热处理 | 62.69 | 78.40 | 99.19 | 3.072 |
| 201kPa压热处理 | 62.56 | 76.21 | 94.81 | 3.660 |
| 301kPa压热处理 | 61.72 | 75.74 | 93.97 | 3.557 |
| 501kPa压热处理 | 66.09 | 79.79 | 98.85 | 3.571 |

注： ΔH 表示热焓。

图3所示为不同压热处理的大米淀粉的DSC曲线图,表2为DSC曲线计算得出的玻璃化转变温度与比热变化值。自然发酵而未经压热处理的淀粉的玻璃化转变温度比经压热处理的淀粉温度低,而比热变化值较大。说明经过压热处理后,大米淀粉的结晶区遭到破坏,淀粉分子趋于有序状态,所需糊化焓值小;而自然发酵的未经压热处理的大米淀粉的无定形区受到一定程度的破坏,水分更易进入淀粉颗粒内部而与淀粉分子结合,降低了糊化温度,发酵过程中产生的小分子物质不断向外溶出,相对地增加了结晶区的比例,提高了糊化吸热焓。

3 讨 论

淀粉颗粒是一种天然的多晶体系,在淀粉的颗粒结构中包含着结晶相和非晶相两大组成部分。对淀粉颗粒结晶结构及性质的研究一直是淀粉科研工作者感兴趣的热门研究课题之一^[7]。在一定压力范围内,淀粉发生糊化与淀粉的结晶结构和结晶类型有一定的相关性。一般来说,随着压力和含水量的增加,高压处理淀粉的X-射线衍射图谱的峰值下降,峰形逐渐消失,结晶度下降,糊化度增加^[8-9]。

本研究表明,蒸煮工艺对大米淀粉颗粒形貌影响较大,随着压力的不断增大,淀粉的颗粒形貌逐渐崩溃,特征衍射峰逐渐变弱并消失,结晶度也逐渐降低,当压力达到0.2MPa时,其结晶区域完全消失。

4 结 论

蒸煮工艺对大米淀粉颗粒形貌影响较大,压热处理会破坏大米淀粉的结构。自然发酵未经压热处理的不会引起大米淀粉颗粒的崩溃及可溶性物质的过度流失;当压力不大于0.2MPa时处理的淀粉颗粒结晶结构的晶型仍为A型。

参考文献:

- [1] 张燕萍,檀亦兵.用差示量热扫描方法研究米粉糊的老化[J].无锡轻工大学学报,2000,19(1):69-71.
- [2] 赵凯,张守文,方桂珍,等.不同热处理方式对绿豆淀粉颗粒特性影响研究[J].中国粮油学报,2007,22(6):71-73.
- [3] 刘延奇,李昌文,赵光远.超高压对玉米淀粉颗粒结构的影响研究[J].农产品加工:学刊,2006,79(10):44-46.
- [4] 王锋,鲁战会,薛文通.自然发酵对大米淀粉颗粒特性的影响[J].中国粮油学报,2003,18(6):25-28.
- [5] STUTE R, KLINGLER R W, BOGUSLAWSKI S, et al. Effects of high pressures treatment on starches [J]. Starch, 1996, 48: 399-408.
- [6] COLLADO L S, CORKE H. Heat - moisture treatment effects on sweet potato starches differing in amylose content[J]. Food Chemistry, 1999, 65: 339-346.
- [7] TAMAKI S, TERANISHI K, YAMAHA T. Inner structure of potato starch granules[J]. Starch, 1997, 49 (9): 387-389.
- [8] BAUER B A, KNORR D. Electrical conductivity: A new tool for the determination of high hydrostatic pressure-induced starch gelatinization [J]. Innovative food science and Emerging Technologies, 2004(5): 437-442.
- [9] KATOPO H, SONG Y, JANE J. Effect and mechanism of ultra-high hydrostatic pressure on the structure and properties of starches[J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 47: 233-244.