

乳酸菌发酵对大米淀粉物理化学性质的影响

闵伟红¹, 李里特², 王朝辉¹

(1. 吉林农业大学食品工程学院, 吉林 长春市 130118

2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘 要: 本文采用早籼稻为原料, 利用乳酸菌发酵, 研究发酵对大米淀粉物理化学性质的影响。对比发酵前后的大米粉, 发现发酵后其保水力和溶解度以及凝胶体积膨胀率都有不同程度的增加。扫描电镜分析, 发酵后大米淀粉颗粒被腐蚀, 小颗粒淀粉增多。RVA 和 DSC 结果表明: 发酵后淀粉糊化过程中最高峰值粘度下降了 692cp, 糊化起始温度提前, 糊化所需时间延长, 糊化焓升高。X-射线衍射图谱显示发酵没有改变大米淀粉的晶型, 但使结晶度由 28% 降低到 22%。

关键词: 乳酸菌; 淀粉; 发酵

Effects of Lactic Acid Bacteria Fermentation of Rice Starch on Physical Properties

MIN Wei-hong¹, LI Li-te², WANG Zhao-hui¹

(1. College of Food Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper focuses on Indica, effects of lactic acid bacteria fermentation of rice starch on physical properties was studied in this paper. The analyses of scanning electron microscope showed that the granule of rice starch was eroded after fermentation. The small starch granule increased. the swelling power, the solubility and dilatibility of gel volume increased respectively after fermentation. The results of RVA and DSC indicated that the peak viscosity decreased 692 cp after pasting. The onset gelatinization temperatures were brought forward. The time of gelatinization was longer than control sample, the gelatinization enthalpy was increased. The result of X-ray diffraction showed that the crystal type of rice starch is unchanged after the fermentation, but the ratio of crystal area to amorphous area declined from 28% to 22%.

Key words: lactic acid bacteria; fermentation; starch

中图分类号: TS231

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2004)10-0073-04

淀粉是食物的主要成分, 在其加工中要经历很多工序, 如焙烤、挤压、凝胶化、干燥等。在这些过程中淀粉颗粒要经历糊化和老化过程, 而淀粉糊化和老化对凝胶品质尤其是凝胶质地有很大影响。本文采用乳酸菌发酵来改善大米淀粉凝胶的品质。发现发酵改变了大米淀粉的结构^[1]。淀粉结构的改变会相应引起淀粉物理化学性质的改变, 进而影响淀粉凝胶的物性。本文从乳酸菌发酵的角度来探讨发酵对淀粉凝胶膨胀率、保水力和溶解度的影响, 并通过 RVA、DSC 研究发酵对淀粉糊化特性的影响, 通过 X-衍射研究发酵对淀粉结晶结构和通过扫描电镜研究发酵对淀粉颗粒形态等的影响。多方位探讨乳酸菌发酵对淀粉的改性作用以及淀粉结构与其物理化学性质之间的关系。

1 材料与方法

1.1 实验材料

早籼稻: “中早 1 号”, 中国水稻研究所提供, 2001 年 8 月浙江产。

乳酸菌: 筛选于湖南省常德市自然发酵米粉的发酵液中。

1.2 实验仪器

快速粘度分析仪 RVA-3D, Newport Scientific Pty Ltd, 澳大利亚; 扫描电镜 KYKY-2800, 中国科学院科学仪器厂, 北京; X-射线衍射仪 X-2000 X-RD, RIGAKU 株式会社, 日本; 差示扫描热分析仪 Micro DSC III, Setaram Group Sfm, 法国。

收稿日期: 2004-05-08

作者简介: 闵伟红(1971-), 女, 博士, 研究方向为粮食深加工。

1.3 实验方法

1.3.1 样品

对照样品: 取 50g 大米加入 100ml 蒸馏水中, 30℃ 下浸泡 3h。

乳酸菌发酵米粉样品: 取乳酸菌发酵悬液 100ml (10^8 个/ml) 加入盛有 50g 大米的三角瓶 (150ml) 中, 30℃ 兼性厌氧培养 3d。

1.3.2 发酵对淀粉颗粒形态的影响

采用 KYKY-2800 型扫描电镜, 把干燥好的大米粉样品镀金后进行扫描。

1.3.3 发酵对淀粉溶解度、凝胶膨胀率和保水力的影响

取待测大米粉 0.4g 加入 12.5ml 水, 置于 15ml 带刻度的离心管(先称好其重量)中(2个平行样品)在 25℃ 下平衡 5min 加热到 92.5℃ 保持 30min, 然后放在冰水中 1min, 在 25℃ 下再平衡 5min, 离心 ($3000 \times g$, 10min), 把上清液小心倒在铝铂(事先在烘箱中干燥, 105℃, 1h)中, 放在烘箱中干燥 (105℃, 2h), 分别称干燥好的铝铂及离心管的质量, 测量凝胶体积。

溶解度(Solubility)=离心后取上清液烘干称重/原大米粉质量

保水力(Swelling power)=离心后沉淀称重/原大米粉质量

凝胶体积膨胀率(Flour swelling volume)=凝胶体积/大米粉质量

1.3.4 发酵对大米粉糊化特性 RVA 的影响

测定方法按照国际谷物科学与技术学会的方法 (ICC Standard No.162)^[2] 和美国谷物化学家学会的方法 (AACC 66-21)^[3] 进行测定。根据大米粉实际水分, 按 14% 水分校正, 以确定称样量。称取样品 3.000g(干基)于样品盒中, 加水 25ml, 50℃ 保温 3min, 以 6℃/min 的速率加热到 95℃, 保温 5min, 以 6℃/min 的速率降温到 50℃。用仪器配套软件分析所得曲线。

1.3.5 发酵对大米淀粉晶体结构的影响

采用日本产的 RIGAKU DMAX-2000 X-RD 型 X-射线衍射仪, 方法参照 Jane(1992)^[4]。

测定条件: 石墨单色器, 特征射线 $\text{CuK}\alpha$, 管压 40kV, 电流 120mA, 发射狭缝 $1/2^\circ$, 防散射狭缝 $1/2^\circ$, 接受狭缝 0.3mm, 扫描区间 $3\sim 40^\circ$, 扫描速度 $6^\circ/\text{min}$ 。

1.3.6 发酵对淀粉 DSC 糊化特性的影响

样品经研钵研磨后过 200 目筛, 测定水分含量。称取相当于干物质 50mg 的样品, 加 1ml 蒸馏水, 置于 2ml 离心管内用 Vortex 高速振荡混匀 1min。移取 800 μl 所得样品液于 DSC 样品池内, 密封静置 1h 后测定。同时移取等量蒸馏水加于另一样品池中做为对照。保护气体为

氮气, 扫描区间为 20~110℃, 扫描速率为 1℃/min, 降温速率为 1℃/min。

2 结果与分析

2.1 发酵对淀粉颗粒形态的影响

从以下二图的电镜扫描照片可以看出, 大米淀粉颗粒形状为多角形, 颗粒大小为 5 μm 左右。对照样品淀粉颗粒完整, 乳酸菌发酵处理的淀粉颗粒表面都有明显的被腐蚀的空洞, 颗粒形状不完整, 颗粒中小颗粒的淀粉有所增加, 发酵是在颗粒的内部进行。

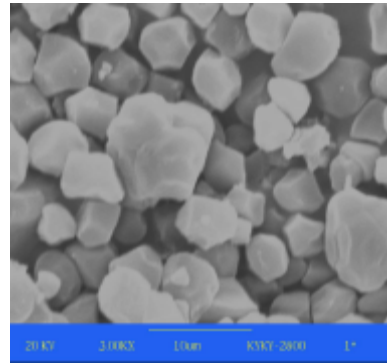


图1 对照样品

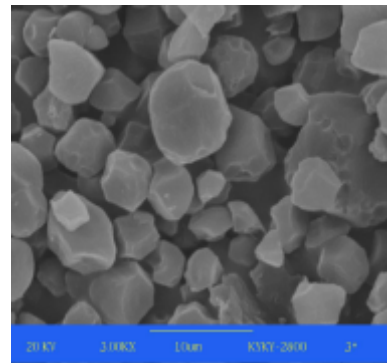


图2 乳酸菌发酵

2.2 发酵对淀粉保水力、溶解度和凝胶膨胀率的影响

图 3、4 是发酵与对照样品的淀粉凝胶体积膨胀率、保水力和溶解度的比较结果。从图可知: 乳酸菌发酵处理的淀粉凝胶体积膨胀率、保水力和溶解度在 92.5℃ 高于对照, 并显著差异 ($p < 0.01$), 保水力也称淀粉吸水膨胀力。Richard F. 和 William R.^[5] 研究表明淀粉吸水膨胀能力不仅与淀粉支链、直链含量的比例有很大关系, 而且还与支链淀粉的分子结构相关, 这与作者已经证明的经过乳酸菌发酵, 大米淀粉的支链降解, 直链淀粉有明显的增加相一致^[1]。而发酵后的淀粉具有较高的保水力也说明支链淀粉的分子结构改变, 高的保水力意味着在凝胶中淀粉颗粒能吸收更多的水分, 淀粉颗粒吸收

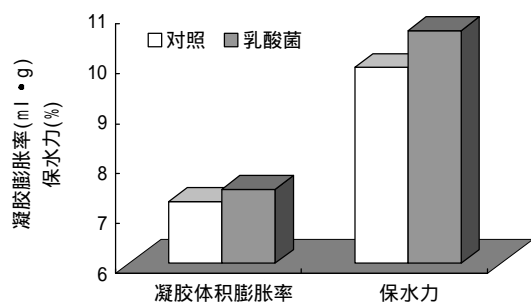


图3 不同处理对大米粉凝胶膨胀率和保水力的影响

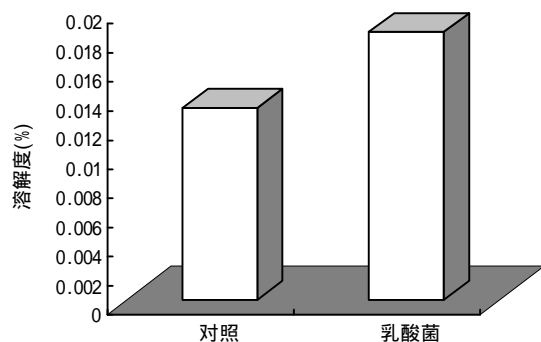


图4 不同处理对大米粉溶解度的影响

更多水分将会有利于凝胶的形成或凝胶可以在较低温度下进行^[6]。而凝胶体积膨胀率愈大, 凝胶的弹性愈好^[6], 这与其流变性质的改善相一致^[7]。

2.3 发酵对大米粉糊化特性的影响

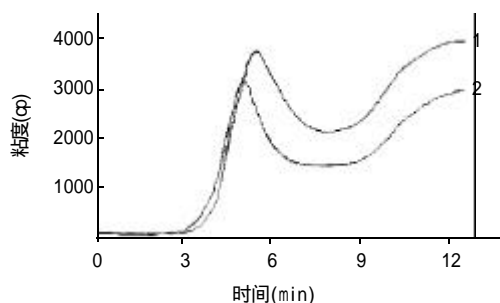


图5 乳酸菌发酵对大米淀粉RVA的影响

图5和表1是大米粉经发酵处理后糊化曲线和特性指标。可以看出: 经乳酸菌发酵处理的样品在糊化过程中的峰值粘度比对照样品低692cp, 这是因为, 一方面乳酸菌发酵使支链淀粉平均聚合度和平均链长降低,

淀粉分子变小, 空间位阻减小。另一方面, 发酵使大米粉中的蛋白质溶出。在米粉中, 蛋白质包裹在淀粉分子的外层, 这样颗粒空间位阻大, 抗剪切能力增大, 而蛋白质溶出后, 淀粉得到释放, 在剪切力的作用下更易形成有规则的排列, 抗剪切能力减弱。最后乳酸菌发酵使淀粉部分糖化, 综合以上因素, 峰值粘度下降。

从图中明显地可以看出, 乳酸菌发酵处理的大米粉糊化温度提前, 糊化所需时间缩短, 说明经过发酵的大米粉更易糊化。这因为乳酸菌发酵处理的大米粉, 一方面包裹在淀粉外面的蛋白质含量溶出, 易于淀粉吸水, 另一方面大米粉保水力增强, 吸水量增加, 因此糊化温度提前。

对照样品峰值粘度与低谷粘度相差2012cp, 乳酸菌发酵相差1574cp, 这说明发酵后淀粉糊与对照相比剪切稀化的程度小, 剪切稀化是因为淀粉颗粒在高温吸水后膨胀崩溃和剪切力的作用。即显示了乳酸菌发酵的淀粉糊有较强的抵抗高温下剪切力的能力。

2.4 发酵对大米淀粉晶体结构的影响

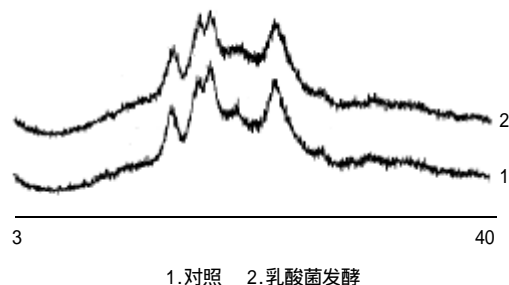


图6 乳酸菌发酵对大米淀粉晶体结构的影响

从图6可知, 淀粉经过乳酸菌发酵后晶型没有发生改变, 依旧是典型的A型结晶结构。从表2中可以看出乳酸菌发酵后的淀粉颗粒的结晶度与对照相比减小, 淀粉是部分结晶物, 包括结晶区、部分结晶区和非结晶区。结晶度变小, 则非结晶区增大, 而非结晶区主要

表2 不同处理的淀粉颗粒的X-衍射结晶结构

Table 2 X-diffraction of starch granule			
样品名称	总面积	结晶区面积	结晶度
对照	1718778	483589	28%
乳酸菌发酵	1911770	421737	22%

表1 大米粉样品RVA糊化特性指标

Table 1 RVA properties of the samples rice flour

	峰值粘度(cp)	胶凝值(cp)	崩溃值(cp)	最终粘度(cp)	低谷粘度(cp)	峰值时间(min)	糊化温度T(°C)
对照	3983.5	2210	1773.5	4181.5	1971.5	5.805	64.90
乳酸菌发酵	3291.5	1373.5	1918	3090.5	1717	5.345	64.30

表3 不同处理大米粉的DSC结果
Table 3 Results of DSC measurements

样品名称	糊化开始温度 T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	峰值温度 T_p ($^{\circ}\text{C}$)	糊化终了温度 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	终了至开始($^{\circ}\text{C}$)	吸热焓 ΔH (J)
对照	72.76	77.21	80.79	8.03	0.5701
乳酸菌发酵	72.23	75.97	80.39	8.16	0.6937

是由直链淀粉构成,部分结晶区和结晶区主要是由支链淀粉构成。这说明发酵对淀粉分子结构有所改变,增大了淀粉的非结晶区从而改变了淀粉的分子结构。进而影响其宏观品质^[8~10]。

2.5 发酵对大米淀粉 DSC 的影响

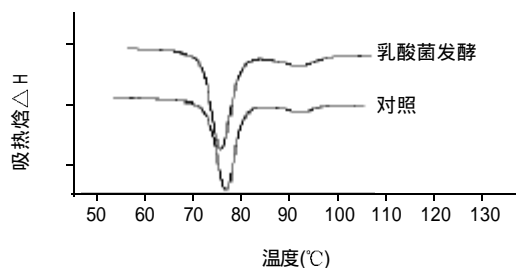


图7 不同处理大米粉的DSC糊化曲线

图7是乳酸菌发酵对大米淀粉DSC曲线的影响,从图中可知,乳酸菌发酵处理的大米粉糊化开始温度低于对照,即经过处理后的大米粉更易糊化,这与RVA结果一致。从表3可知,发酵后大米粉糊化过程中吸收焓明显高于对照样品,是因为发酵使直链淀粉含量增加,在糊化过程中,会有更多的直链淀粉溶出并与脂类结合成复杂的双螺旋结构,这样就会增加了糊化过程中需要的热量,即增加了糊化过程中的吸热焓。

3 结 论

3.1 电镜照片表明乳酸菌发酵使淀粉颗粒不完整,颗粒变小,发酵是在颗粒的内部进行的。

3.2 乳酸菌发酵使大米淀粉保水率、凝胶体积膨胀率以及溶解度增加,

3.3 RVA和DSC结果表明发酵处理后的淀粉糊化过程

中粘度下降,糊化温度提前,糊化时间延长,糊化焓增加。

3.4 X-射线衍射说明发酵并没有改变大米淀粉结晶类型,但改变了淀粉的结晶度,使非结晶区域增加。

参考文献:

- [1] 闵伟红,等.乳酸菌发酵改善米粉食用品质的机理研究[J].食品发酵工业,2003,41-46.
- [2] 美国谷物化学协会的方法(AACC 76-21).
- [3] 国际谷物科学与技术协会的方法(ICC Standard No.162).
- [4] Jane Y L, Chen J F. Effect of amylose molecular size and amylose branch chain length on paste properties of starch [J]. Cereal Chem, 1992, 69(1): 60-65.
- [5] Richard F, William R, Acquistucci R. Physiochemical and rheological characterization of sorghum starch [J]. J Food Sci, 1992, 57: 1024-1028.
- [6] Sadig Rahman, Rudi Apples Evaluation of the 40mg swelling Test for measuring starch functionality [J]. Starch/atarke, 2001, 53(1): 14-20.
- [7] 乳酸菌发酵改善米粉食用品质机理的研究[D]. 博士学位论文,中国农业大学,2003.
- [8] 黄瑞美,张为甯,吕政义,Annealing处理对米淀粉之影响[J].食品科学,1993,20(4): 402-415.
- [9] 郭煌林.蛋白质与多糖类之交互作用在食品系统上之应用[J].食品工业,1994,26(10): 45-56.
- [10] Knutson C A. Annealing of maize starches at elevated temperatures [J]. Cereal Chem, 1990, 67(4): 376-383.



摩洛哥柑桔产量下降出口减少

摩洛哥柑橘生产者协会日前发表的公报说,2003~2004生产年度的柑橘产量下降13%,出口将减少10%左右。报告提供的数字说,在2003年10月~2004年6月摩洛哥的柑橘总产量为113万吨,柑橘出口量为43.55万吨,其中晚橙占40%,橘子占33%。

摩洛哥目前的柑橘种植面积约为7.65万公顷,主要集中在西部沿海地区。

报告认为,摩洛哥柑橘生产之所以连年下降,主要是缺少必要的灌溉设施。另外,品种不佳和树龄老化,也是导致柑橘减产的重要原因。