

# $\gamma$ -聚谷氨酸对玉米淀粉糊化性质的影响

徐淑霞,王杰,姬晓月,赵凯亚,张世敏,吴坤\*

(河南农业大学 生命科学院,河南 郑州,450002)

**摘 要** 淀粉是食品工业发展的基础原料,淀粉糊的性质直接影响食品的品质和加工特性,适当的添加物可以对淀粉糊的性质产生影响。通过分析  $\gamma$ -聚谷氨酸对玉米淀粉凝沉性的影响,确定了  $\gamma$ -聚谷氨酸的最适浓度为 0.08%,进而研究了  $\gamma$ -聚谷氨酸对糊化淀粉膨胀度、溶解度、冻融稳定性、颗粒形状、黏度的影响。结果表明, $\gamma$ -聚谷氨酸使糊化后淀粉的上清液体积减少,延缓了淀粉的老化;淀粉中添加 0.08% 的  $\gamma$ -PGA 之后,改变了淀粉颗粒的形态,淀粉颗粒体积变大并呈现出不规则形状;淀粉的溶解度升高,增强了淀粉的溶解能力;膨胀度增大,淀粉颗粒吸水能力增强;降低了淀粉糊的析水率,增强了淀粉糊的结构稳定性; $\gamma$ -聚谷氨酸的添加显著提高了淀粉糊的谷值黏度和最终黏度。综上所述, $\gamma$ -聚谷氨酸对淀粉的糊化性质有较大的影响。 $\gamma$ -聚谷氨酸可作为一种食品改良剂,在淀粉制品和含淀粉食品中具有很好的应用前景。

**关键词** 玉米淀粉; $\gamma$ -聚谷氨酸;糊化;老化

淀粉是一种可再生、可生物降解的多羟基天然高分子物质,它与非淀粉类亲水性胶体是食品中两类重要的组成成分,在现代食品工业中,通常将两者共用食品体系中,以起到控制水分流动,提高产品质量,简化生产工艺等作用<sup>[1]</sup>。淀粉糊化后形成具有一定弹性和黏性的凝胶,凝胶的黏弹性、强度等特性直接影响淀粉制品的加工性能和品质<sup>[2]</sup>。因此,研究淀粉与亲水胶体的复配体系极为重要。在各类淀粉中,玉米淀粉由于价格低廉,良好的增稠、黏结等特性,在食品工业中被广泛应用。美中不足的是玉米淀粉易老化,冻融稳定性差,限制了其在长货架期和冷冻食品中的应用。因此,需要对玉米淀粉进行适当的修饰以满足市场的需求。

$\gamma$ -聚谷氨酸[Poly( $\gamma$ -glutamic acid),  $\gamma$ -PGA]是由 D-/L-谷氨酸通过  $\gamma$ -酰胺键聚合而成的一种高分子阴离子多肽聚合物<sup>[3]</sup>。 $\gamma$ -PGA 主链上有大量游离的羧基,可发生交联、螯合、衍生化等生物反应;易溶于水且呈黏性,具有保水性能<sup>[4]</sup>。在食物中添加  $\gamma$ -PGA 能够抗氧化,维持食品风味,使食品口感更佳<sup>[5]</sup>;面包烘焙后使其富含水份,体积增加,更膨松,有效防止变形,延长保存期限<sup>[6]</sup>;在饮料中添加  $\gamma$ -PGA,有效改善益生菌的生存条件<sup>[7]</sup>。到目前为止,国内外已

有较多  $\gamma$ -PGA 在食品领域的应用研究<sup>[8-10]</sup>,但对  $\gamma$ -PGA 影响淀粉糊化的研究较少,对其理化性质的影响研究还未见报道。

本文通过对玉米淀粉和  $\gamma$ -PGA-玉米淀粉混合物的糊化试验,研究  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊膨胀度、溶解度、冻融稳定性、黏度及淀粉颗粒形态的影响,从而分析  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊化性质的影响,为  $\gamma$ -PGA 在淀粉制品和含淀粉食品中的应用提供相应的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

玉米淀粉(含水量 9%),无锡市天之源食品有限公司; $\gamma$ -PGA(相对分子质量在 101.86 ~ 235.55kDa 之间),河南农业大学生命科学学院环境微生物实验室发酵提纯。

### 1.2 仪器与设备

HH-4 数显恒温水浴锅,金坛市华峰仪器有限公司;漩涡混合器 H-60-II,北京北方同正生物科技发展有限公司;101-OAB 型电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;79-1 磁力加热搅拌器,常州翔天实验仪器厂;RVA-SM2 快速黏度分析仪,波通瑞华科技仪器(北京)有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 $\gamma$ -PGA 浓度的确定

分别在质量分数为 0.00%、0.05%、0.06%、0.07%、0.08%、0.09%、0.10% 的  $\gamma$ -PGA 溶液中加入

第一作者:副教授(吴坤教授为通讯作者, E-mail: wukun63@126.com)。

基金项目:河南省科技攻关重点项目(122102110120)

收稿日期:2015-08-12,改回日期:2015-11-10

入玉米淀粉,制成质量浓度 2% 的淀粉乳液。将淀粉乳液置于 90℃ 水浴中搅拌加热 20min 使其充分糊化,倒入 25 mL 具塞比色管中,冷却至室温。每隔 2 h 记录上层清液体积,在室温下静置 24 h 后观察上清液体积变化。每组设 3 个平行(下同),计算上清液体积百分率(公式),分析  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉凝沉性的影响,以凝沉性最小的  $\gamma$ -PGA 浓度做为淀粉糊化性质测定的添加浓度。

$$\text{上清液体积分数}/\% = (\text{糊液体积} - \text{沉淀物体积}) / \text{糊液体积} \times 100 \quad (1)$$

### 1.3.2 $\gamma$ -PGA 对糊化玉米淀粉颗粒的影响

在一定浓度的  $\gamma$ -PGA 水溶液(0.00%  $\gamma$ -PGA 为对照,下同)中加入玉米淀粉,充分混匀制成质量浓度 2% 的淀粉乳液。在 90℃ 水浴锅中搅拌加热 10min,将糊化的淀粉冷却至室温,沉淀的淀粉糊用蒸馏水稀释 2 倍,加入 15% 的碘液染色。取 20  $\mu$ l 混合液至载玻片上盖好盖玻片,在光学显微镜下( $\times 400$ )观察。

### 1.3.3 膨胀度与溶解度的测定

在一定浓度的  $\gamma$ -PGA 水溶液中加入玉米淀粉,于 90℃ 恒温水浴锅中加热并持续搅拌 20 min 使其充分糊化后,移出冷却至室温,在 3 500 r/min 转速下离心 20 min。倾倒入上清液至平皿中,剩余的沉淀物用于膨胀度的计算。培养皿中上层清液放入 60℃ 烘箱烘干至恒重。上清液烘干称重是被溶解淀粉的量,与原淀粉干基重的比值为淀粉的溶解度(g/g),沉淀物与原淀粉干基重比值为淀粉的膨胀度(g/g)<sup>[11]</sup>。

### 1.3.4 冻融稳定性的测定

称取一定量的玉米淀粉加入到一定浓度的  $\gamma$ -PGA 溶液中配制成质量浓度 2% 的淀粉乳液,在 90℃ 恒温水浴锅中不停搅拌加热 20 min 后取出冷却至室温,然后置于 -20℃ 冰箱中冷冻 24 h,取出自然解冻后 3 500 r/min 离心 15 min。弃去上清液,称取沉淀物重量,计算析水率(公式 2)。

$$\text{析水率}/\% = (\text{糊重} - \text{沉淀物重}) / \text{糊重} \times 100 \quad (2)$$

### 1.3.5 $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊黏度的影响

将玉米淀粉加入到装有一定浓度的 25g  $\gamma$ -PGA 溶液的铝罐中,用旋转桨充分搅拌形成质量浓度 2% 的淀粉乳液,置于快速黏度测定仪(rapid visco analyzer, RVA)样品台上,最初 10s 以 960 r/min 搅拌形成均匀的悬浊液后保持 160 r/min 转速至实验结束。RVA 初始温度为 50℃ 保持 1 min,然后以 12℃/min 提高到 95℃ 并保持 2.5 min,再以 12℃/min 降至

50℃ 保持 2 min,整个测定过程历时 13 min。

## 2 结果与分析

### 2.1 $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉凝沉性的影响

已有研究表明,糊化的淀粉放置一段时间后,会发生凝沉现象,即不同淀粉链又自动排列成有序状态,葡萄糖单位上的羟基形成氢键,重新聚集成致密不溶性的淀粉分子微晶束<sup>[12]</sup>。稀淀粉糊放置一段时间,会逐渐变浑浊,随之分层,即上方清液下方沉淀物(凝沉),上清液体积越大,其凝沉性越强。由图 1 可知,纯玉米淀粉在放置一段时间后上清液析出体积明显增加,说明玉米淀粉凝沉性较强,糊化后不易久置,加入  $\gamma$ -PGA 之后玉米淀粉糊的凝沉速度明显减慢,上层清液析出的体积减少。随着  $\gamma$ -PGA 量的增加,上清液体积分数逐渐降低,在 8 h 和 14 h 时,添加  $\gamma$ -PGA 质量浓度为 0.08%、0.09%、0.10% 的淀粉析水体积基本相同;放置 14~22 h 期间, $\gamma$ -PGA 添加质量浓度为 0.09% 时淀粉析水体积小于  $\gamma$ -PGA 添加质量浓度为 0.08% 和 0.10% 的淀粉析水体积;在 16 h 时  $\gamma$ -PGA 添加质量浓度为 0.08% 和 0.10% 的淀粉析水体积基本相同,22 h 之后  $\gamma$ -PGA 添加质量浓度为 0.09% 和 0.10% 的淀粉析出的上清液体积持平且不再增加,以上结果说明  $\gamma$ -PGA 能够延缓玉米淀粉的凝沉。CHEN 等<sup>[13]</sup>研究发现,普鲁兰多糖对大米淀粉短期和长期回生具有延缓作用,认为是普鲁兰多糖在淀粉糊放置过程中阻碍了淀粉大分子链的移动,降低了大分子链重结晶的机会。 $\gamma$ -PGA 亦是大分子物质,在水中具有良好的分散性能,其对玉米淀粉的凝沉性降低也可能是  $\gamma$ -PGA 对淀粉分子链的移动和重排形成了阻碍作用。从以上结果可以看出, $\gamma$ -PGA 质量浓度为 0.08%、0.09%、0.10% 时对玉米淀粉的凝沉作用三者之间无明显差异。基于此,选择 0.08% 作为测定淀粉糊化性质的  $\gamma$ -PGA 添加浓度。

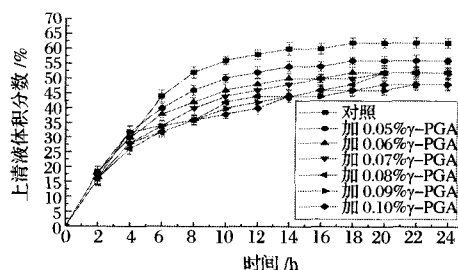
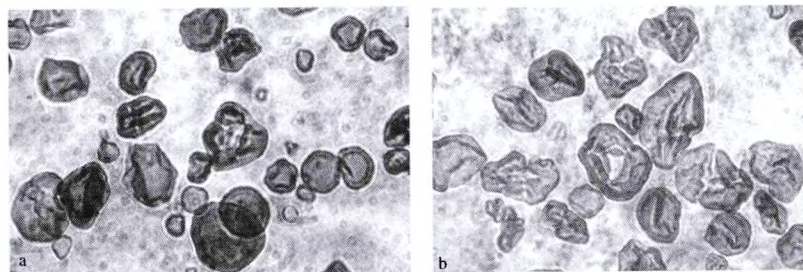


图 1  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉凝沉性的影响

Fig. 1 Effect of  $\gamma$ -PGA on the retrogradation of corn starch

## 2.2 $\gamma$ -PGA 对糊化玉米淀粉颗粒的影响

通过实验观察,分散在水中的淀粉颗粒是透明的。已有研究表明,淀粉在受到外界机械或热作用时,颗粒内部结构会发生一系列的变化,淀粉颗粒的表观现象也会有所不同<sup>[14]</sup>。如图2,淀粉在加热10 min后放置至室温,沉淀中仍有未完全糊化的淀粉颗粒, $\gamma$ -PGA对玉米淀粉颗粒形貌的影响用光学显微镜( $\times 400$ )观察显得更加明显。由图可知,在糊化相



a - 对照; b - 添加 0.08%  $\gamma$ -PGA 的玉米淀粉; 90℃ 糊化 10 min

图2  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉颗粒形状的影响

Fig. 2 Effect of  $\gamma$ -PGA on the shape of corn starch granules

## 2.3 $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉膨胀度和溶解度的影响

图3是玉米淀粉溶于质量浓度0.08%的 $\gamma$ -PGA溶液中淀粉糊溶解度和膨胀度的测定结果。膨胀度反映的是淀粉颗粒在淀粉加热膨胀过程中吸水的能力,由图2可知,原淀粉的膨胀度为71%,加入 $\gamma$ -PGA后淀粉的膨胀度为77%,说明在 $\gamma$ -PGA溶液中淀粉的吸水能力提高;与此同时,淀粉中加入 $\gamma$ -PGA后溶解度由7%变为11%,相对空白淀粉提高了57.14%,说明在 $\gamma$ -PGA溶液中玉米淀粉的溶解能力增强。LI等<sup>[15]</sup>认为膨胀度和溶解度是受淀粉颗粒的结合力、粒径分布、颗粒形态、直链淀粉含量等因素的影响。加入 $\gamma$ -PGA使玉米淀粉膨胀度和溶解度增加,可能是 $\gamma$ -PGA使淀粉颗粒的结合力、粒径分布、颗粒形态发生了改变形成的。从图2a与2b亦能看出,加入 $\gamma$ -PGA可使玉米淀粉颗粒体积变大,颗粒形态由原来的圆形变为多角形。

## 2.4 $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉冻融稳定性的影响

冷冻和解冻淀粉糊会出现脱水收缩,此现象可以看成是淀粉糊的凝沉,这是由于冷冻是个剧烈的过程,会对淀粉糊的结构造成严重的破坏,从而影响到食品的品质。冻融稳定性的评判指标为析水率,析水率越小说明淀粉的冻融稳定性越好,凝胶的持水性就越好,淀粉不易凝沉<sup>[16]</sup>。由表1可看出,添加0.08%  $\gamma$ -PGA的玉米淀粉的析水率较空白淀粉有所降低,说

同的时间后,对照玉米淀粉颗粒多为多角形,还有少许球形,表面有多个平角和棱角,纹理清晰,有些颗粒中间有脐点(一般有一个);添加质量浓度0.08%的 $\gamma$ -PGA之后的淀粉颗粒呈多角形,颗粒正面有多处裂痕,纹理不清晰,脐点增多,相同视野下与原淀粉颗粒相比体积变大。结果显示 $\gamma$ -PGA可在一定程度上破坏淀粉颗粒的结构,并能促进淀粉颗粒的吸水膨胀。

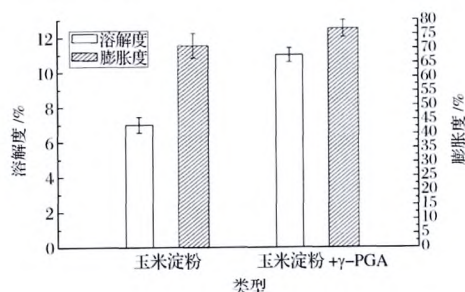


图3  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉膨胀度和溶解度的影响

Fig. 3 Effects of  $\gamma$ -PGA on the swelling and solubility of corn starch

明经过冻融,添加有 $\gamma$ -PGA的玉米淀粉糊表现出较好的稳定性,淀粉糊的凝沉性降低。黄原胶可提高糊化后玉米淀粉的冻融稳定性,蔡旭冉等<sup>[17]</sup>认为是由于黄原胶的高黏性和亲水性能所致; $\gamma$ -PGA亦具有高黏性和亲水性能,加入玉米淀粉中冻融稳定性提高可能是由于 $\gamma$ -PGA在混合溶液中具有一定的黏性,能在淀粉颗粒周围形成一种薄膜使淀粉内部分子链无法重排,从而抑制了淀粉的重结晶,降低了析水率。

表1  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉冻融稳定性的影响

Table 1 Effect of  $\gamma$ -PGA on the stability of corn starch

| 淀粉              | 析水率 / % | 糊液表观变化    |
|-----------------|---------|-----------|
| 空白              | 74.28   | 大量析水,呈海绵状 |
| 加 $\gamma$ -PGA | 71.09   | 析水,呈海绵状   |

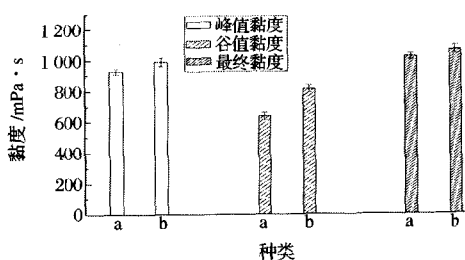
## 2.5 $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊黏度的影响

RVA 是研究淀粉糊化的常用工具,根据黏度上升、下降的过程讨论淀粉晶体熔融、颗粒润胀、破裂和直链淀粉的有序化过程<sup>[18]</sup>。添加与不添加  $\gamma$ -PGA 的玉米淀粉的糊化性质见表 2,从表中可以看出  $\gamma$ -PGA 明显影响了玉米淀粉的糊化。与对照相比, $\gamma$ -PGA 降低了淀粉的糊化温度,缩短了淀粉达到峰值黏度所需的时间,增加了峰值黏度,谷值黏度和最终黏度。图 4 是质量浓度为 0.08% 的  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊黏度的影响。结合表 2 和图 4,淀粉的最终黏度高于峰值和谷值黏度,添加 0.08%  $\gamma$ -PGA 的玉米淀粉的峰值黏度增加了 6.80%,谷值黏度增加了 27.27%,最终黏度增加了 4.12%。 $\gamma$ -PGA 使玉米淀粉的衰减性降低了 38.54%,提高了整个体系的稳定性;回生性降低了 34.55%,延缓了淀粉的老化。原因是淀粉糊化是淀粉颗粒在加热过程中吸水溶胀的过程, $\gamma$ -PGA 的添加可使淀粉颗粒吸水膨胀甚至破裂,淀粉颗粒体积更大,导致淀粉糊液黏度增加,整个体系的糊化特性也发生了改变。

表 2  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊化性质的影响

Table 2 Effects of  $\gamma$ -PGA on the pasting properties of corn starch

| $\gamma$ -PGA<br>浓度/<br>% | 峰值<br>黏度/<br>(mPa·s) | 谷值<br>黏度/<br>(mPa·s) | 最终<br>黏度/<br>(mPa·s) | 衰减值/<br>(mPa·s) | 回生值/<br>(mPa·s) | 峰值<br>时间/<br>min | 糊化<br>温度/<br>℃ |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| 0                         | 926                  | 638                  | 1 020                | 288             | 382             | 5.85             | 85.8           |
| 0.08                      | 989                  | 812                  | 1 062                | 177             | 250             | 5.65             | 84.3           |



a - 对照; b - 添加 0.08%  $\gamma$ -PGA 的玉米淀粉

图 4  $\gamma$ -PGA 对玉米淀粉糊黏度的影响

Fig. 4 Effect of  $\gamma$ -PGA on the viscosity of the gelatinized corn starch

## 3 结论

通过对玉米淀粉和添加  $\gamma$ -PGA 的玉米淀粉的对比分析, $\gamma$ -PGA 在很大程度上影响了淀粉的糊化性质。 $\gamma$ -PGA 使糊化后淀粉的上清液体积减少,延缓了

淀粉的老化。 $\gamma$ -PGA 添加浓度为 0.08% 时,玉米淀粉糊的膨胀度增加了 8.45%;溶解度大幅度增加,达到了 57.14%;析水率由 74% 降到 71%,淀粉糊的稳定性增强;淀粉颗粒形态改变,受到不同程度的破坏;淀粉吸水膨胀,峰值黏度、谷值黏度和最终黏度分别增加了 6.80%、27.27% 和 4.12%。总体上讲, $\gamma$ -PGA 对淀粉的糊化性质有较大的影响,使其在淀粉制品和含淀粉食品中具有很好的应用前景。

$\gamma$ -PGA 源于纳豆食品,被认为是安全的,它在食品中的应用也有较多研究,有望成为新的食品添加剂。文中  $\gamma$ -PGA 的添加量为 0.08%,多糖和多肽(如瓜尔胶、黄原胶或大豆多肽、面筋蛋白等)在淀粉中的含量一般为 0.6% ~ 1.8% 质量浓度,少量的  $\gamma$ -PGA 在食品中的作用和表象类似于多糖类或多肽但又有很多不同。因此,进一步加强研究其与多种淀粉、蛋白等相关食品成分的相互作用,对于了解其功能机制和拓展用途具有积极意义。

## 参 考 文 献

- [1] KIM C, YOON B. Rheological properties of rice starch - xanthan gum mixtures[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 75 (1): 120 - 128.
- [2] WATERSCHOOT J, GOMAND S V, DELCOUR J A. Impact of swelling power and granule size on pasting of blends of potato, waxy rice and maize starches[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 52: 69 - 77.
- [3] 王浩, 杨丽萍, 乔君, 等.  $\gamma$ -聚谷氨酸的研究进展[J]. 山东食品发酵, 2012 (4): 30 - 34.
- [4] LEE N R, GO T H, LEE S M, et al. In vitro evaluation of new functional properties of poly- $\gamma$ -glutamic acid produced by *Bacillus subtilis* D7[J]. Saudi J Biol Sci, 2014, 21 (2): 153 - 158.
- [5] SHYU Y S, HWANG J Y, HSU C K. Improving the rheological and thermal properties of wheat dough by the addition of  $\gamma$ -polyglutamic acid[J]. LWT-food science and technology, 2008, 41 (6): 982 - 987.
- [6] OKOIGAWA K, SATO M, SODA K. Simple improvement in freeze-tolerance of bakers' yeast with poly- $\gamma$ -glutamate[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2006, 102 (3): 215 - 219.
- [7] BHAT A R, IRORERE V U, BARTLETT T, et al. Improving survival of probiotic bacteria using bacterial poly- $\gamma$ -glutamic acid[J]. International Journal of Food Microbiology, 2015, 196: 24 - 31.
- [8] MOHAMED A, HARRY-OKURU R E, GORDON S H, et

- al. Phospholipids and poly( $\gamma$ -glutamic acid)/hydrolysed gluten: Interaction and kinetics [J]. *Food Chemistry*, 2009, 114 (3): 1 056 – 1 062.
- [9] SHIH I L, VAN Y T. The production of poly-( $\gamma$ -Glutamic Acid) from microorganisms and its various applications[J]. *Bioresource Technology*, 2001, 79(3): 207 – 225.
- [10] 鞠蕾, 马霞.  $\gamma$ -聚谷氨酸的应用进展[J]. *中国酿造*, 2011(9): 1 – 4.
- [11] LEACH H W, MCCOWEN L, SCHUCH T J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches [J]. *Cereal Chem*, 1959, 36 (6): 534 – 44.
- [12] 吴磊, 石英, 高群玉. 淀粉凝沉的机理与抑制方法 [J]. *食品研究与开发*, 2008 (8): 170 – 174.
- [13] CHEN L, REN F, ZHANG Z, et al. Effect of pullulan on the short-term and long-term retrogradation of rice starch [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 115: 415 – 421.
- [14] 洪雁, 顾正彪. 淀粉及变性淀粉颗粒形貌结构的研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32 (7): 19 – 23.
- [15] LI W, BAI Y, ZHANG Q, et al. Effects of potassium alum addition on physicochemical, pasting, thermal and gel texture properties of potato starch [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, 46 (8): 1 621 – 1 627.
- [16] CHEN H M, FU X, LUO Z G. Effect of gum arabic on freeze-thaw stability, pasting and rheological properties of tapioca starch and its derivatives [J]. *Food Hydrocolloids*, 2015, 51: 355 – 360.
- [17] 蔡旭冉, 赵传家, 徐忠东, 等. 玉米淀粉与黄原胶复配体系糊化及回生特性的研究 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35 (11): 73 – 76.
- [18] LEI F U, TIAN J C, SUN C L, et al. RVA and farinograph properties study on blends of resistant starch and wheat flour [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2008, 7 (8): 812 – 822.
- [19] CHEN J S, DENG Z Y, PENG W U. Effect of gluten on pasting properties of wheat starch [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2010, 9 (12): 1 836 – 1 844.

## Effect of poly ( $\gamma$ -glutamic acid) on the gelatinization properties of corn starch

XU Shu-xia, WANG Jie, JI Xiao-yue, ZHAO Kai-ya, ZHANG Shi-min, WU Kun \*

( College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**ABSTRACT** Gelatinized starch is one of the basic raw materials for food industry. The properties of the gelatinized starch directly affect the quality and processing characteristics of the starch. Appropriate additives can affect the properties of the gelatinized starch. By analyzing the effects of poly ( $\gamma$ -glutamic acid) on the retrogradation of corn starch, the optimal concentration of poly ( $\gamma$ -glutamic acid) was 0.08%. The effects of poly  $\gamma$ -glutamic acid on the particle shape, swelling power, solubility, freeze-thaw stability, viscosity of corn starch were also studied. Results showed that the volume of the supernatant of the gelatinized starch was reduced, aging of the starch delayed. After 0.08% of poly  $\gamma$ -glutamic acid added to the starch, it not only changed the morphology of starch granules but also changed the size and shape. Swelling power and solubility of corn starch increased, which enhanced the water absorption capacity and the solubility of corn starch. The structure stability was enhanced by reducing the leaching water rate of the starch paste. The stability of the gelatinized starch was also enhanced. In addition, poly  $\gamma$ -glutamic acid significantly increased the valley viscosity and final viscosity of the corn starch. In summary, poly  $\gamma$ -glutamic acid had a great impact on the pasting properties of starch. Poly  $\gamma$ -glutamic acid can be used as a food modifier, which will have good prospects in starch products and starch-containing foods.

**Key words** poly ( $\gamma$ -glutamic acid); corn starch; gelatinization; retrogradation