

文章编号 :1009-038X(2002)05-0499-04

## 转谷氨酰胺酶对牛乳酪蛋白功能性质的影响

王 淼 , 范崇东 , 徐榕榕

(江南大学 食品学院,江苏 无锡 214036)

**摘 要 :**采用微生物转谷氨酰胺酶(TG)对牛乳中的酪蛋白进行了酶法改性,并对改性后牛乳中酪蛋白功能性质如溶解性、起泡性、泡沫稳定性和持水性进行了研究.结果表明,牛乳经 TG 作用后,其酪蛋白功能性质发生了较大变化,酪蛋白的起泡性、泡沫稳定性和持水性都有不同程度的增加,而溶解性略有下降.实验中考察了 TG 作用的时间、温度、剂量等因素对酪蛋白功能性质的影响,结果显示,要获得综合性能优良的酪蛋白,TG 最佳的作用条件为:pH 7.0,50 ℃,60 min,酶的添加量 0.1~0.2 U/mL.

**关键词 :**转谷氨酰胺酶 酪蛋白 功能特性

中图分类号 :TS 205

文献标识码 :A

## The Effects of Transglutaminase on Functional Properties of Casein in Milk

WANG Miao , FAN Cong-dong , XU Rong-rong

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract :**Casein in milk was modified by transglutaminase(TG)from microorganism. Modified casein was analyzed for their functional properties, such as solubility, foaming capacity, foam stability, and water capacity ability. The results showed that the functional properties of casein greatly changed after milk was modified by transglutaminase. Foaming capacity, foam stability and water capacity ability of casein were improved to different degrees. Solubility of modified casein was reduced slightly. In addition, the optimum conditions of TG reaction were obtained: pH 7.0, incubation time 60 min, enzyme concentration 0.1~0.2 U/mL, and reaction temperature 50 ℃.

**Key words :**Transglutaminase; modified casein; functional properties

转谷氨酰胺酶(EC 2.3.2.13,简称 TG)是一种新型食品酶制剂,它通过催化谷氨酰胺的酰基转移反应,使蛋白质(或多肽)之间发生共价交联,使含有  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub> 的赖氨酸交联到蛋白质分子上,也可使蛋白质分子脱酰胺.

蛋白质经 TG 改性后其胶凝性、塑性、持水性、

水溶性、稳定性等会得到一定程度的改善<sup>[1~4]</sup>.TG 通过将赖氨酸分子交联到蛋白质大分子上,可保护食品中的赖氨酸免受各种加工过程的破坏;TG 也可用于包埋脂类和脂溶性物质,它可使蛋白质形成耐热性、耐水性的膜;采用 TG 处理后,在蛋白质形成凝胶过程中不需要热处理.因此,TG 作为一种新

收稿日期 2002-03-04; 修订日期 2002-06-26.

作者简介:王淼(1962-),女,江苏扬州人,工学博士,副教授.

万方数据

型的食品酶制剂在食品中具有广阔的应用前景。

酪蛋白是牛乳中最主要的蛋白质,乳制品及其酪蛋白制品的许多功能性质(如酸乳的凝胶强度、酪蛋白的溶解性、起泡性等)与其结构密切相关。实验采用转谷氨酰胺酶对牛乳进行改性,并考察改性后牛乳中的酪蛋白功能性质的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验方法

#### 1.1.1 酪蛋白的制备

为了了解在实际的全脂牛乳体系中酪蛋白受TG作用后的性质变化,根据现有实验条件,本实验的酪蛋白制备方法如下:

纯鲜牛奶用盐酸调节pH到4.6,静置沉淀,以3 000 r/min离心分离15 min得到沉淀,该沉淀物采用冷冻干燥后乙醚脱脂,即得酪蛋白。

**1.1.2 改性酪蛋白的制备** 牛乳中加入一定量的TG,在一定的温度、pH条件下反应一定时间后,终止酶反应,然后按1.1.1的方法制备得到改性酪蛋白。

**1.1.3 蛋白质起泡性、泡沫稳定性的测定** 见参考文献[5]。

**1.1.4 蛋白质持水性的测定** 见参考文献[5]。

**1.1.5 蛋白质溶解度的测定** 见参考文献[5]。

**1.1.6 蛋白质的SDS-PAGE法** 见参考文献[6]。

### 1.2 实验材料

牛奶:市售鲜奶;

转谷氨酰胺酶:江南大学生物工程学院提供。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酶浓度对酪蛋白性质的影响

在酶促反应中,当酶的添加量增加到一定的量后,酶添加量对反应速度的影响很小。采用TG对酪蛋白改性时,酶的添加量不仅影响产品的成本,而且影响产品的功能性质。因此,酶的添加量与底物(蛋白质)质量浓度之间应该选择一个最佳比例。鉴于研究采用的是直接对牛乳中的酪蛋白进行改性,然后将改性后的酪蛋白提取出来,而牛乳中的酪蛋白含量又是一定的,故只需确定一个最佳酶的添加量。

研究中采用不同的酶添加量(0.006, 0.012, 0.060, 0.120, 0.241, 0.601 U/mL)对酪蛋白进行改性,酶的作用条件分别为50℃, pH 7.0, 反应时间为60 min。

酪蛋白经转谷氨酰胺酶的作用后功能性质发生了较大的变化,从图1、2中可以看出,当酶的添

加量在0~0.2 U/mL范围内时,酶的添加量对酪蛋白的溶解度、起泡性、泡沫稳定性、持水性的影响较大。在这个范围内,随着酶的添加量的增加,溶解性迅速下降,起泡性和持水性明显增加。而当酶添加量大于0.2 U/mL时,酪蛋白溶解性的下降、起泡性和持水性的增加变得较缓。这表明要获得某种功能性质优越的改性酪蛋白时,酶添加量的控制极为重要。酶添加量偏低改性效果不佳,而较高的酶添加量不但成本高,而且效果也没有明显提高,对于起泡性反而有所降低。

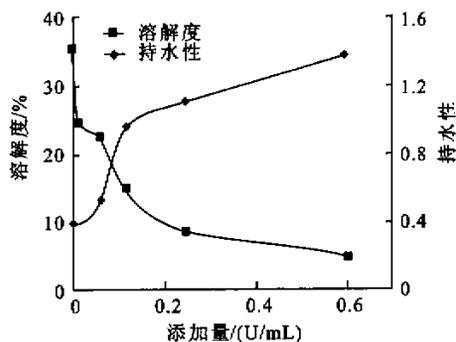


图1 酶的添加量对酪蛋白溶解性和持水性的影响  
Fig.1 The effect of Enzyme concentration on solubility and water capacity of casein

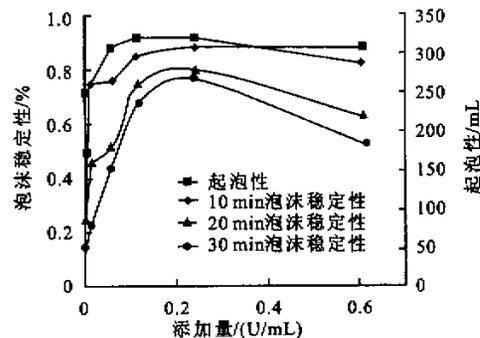


图2 酶的添加量对起泡性和泡沫稳定性的影响  
Fig.2 The effect of Enzyme concentration on foaming and foaming stability of casein

### 2.2 TG作用的时间对酪蛋白性质的影响

在酶的作用下,随着酶反应时间的延长,TG的交联作用也不断增加。酶作用的时间不同,蛋白质之间在TG催化下交联度也不同,这就给改性蛋白质带来了一系列性质上的差异。在一定条件下(50℃, 0.120 U/mL, pH 7.0)酶作用时间分别为0, 20, 40, 60, 100, 200 min,得到的改性酪蛋白性质变化如图3、4所示。

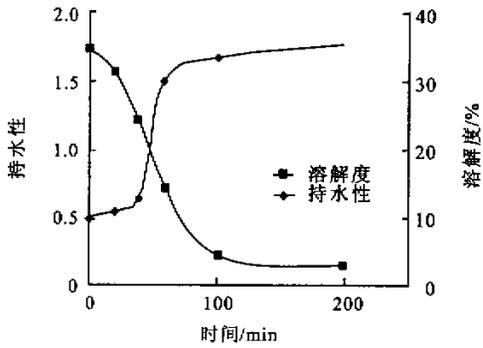


图 3 酶作用的时间对蛋白质溶解性和持水性的影响  
Fig.3 The effect of Enzyme reaction time on solubility and water capacity of casein

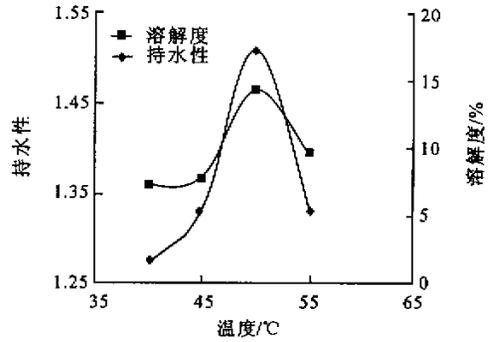


图 5 酶作用的温度对蛋白质溶解性和持水性的影响  
Fig.5 The effect of Enzyme reaction temperature on solubility and water capacity of casein

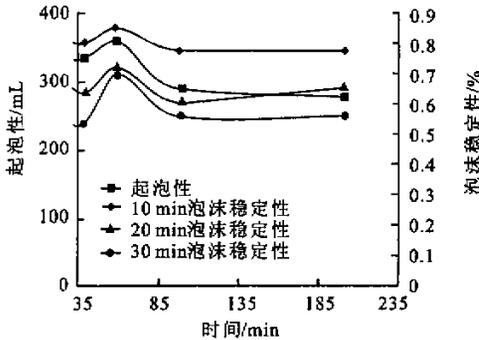


图 4 酶作用的时间对起泡性和泡沫稳定性的影响  
Fig.4 The effect of Enzyme reaction time on foaming and foaming stability of casein

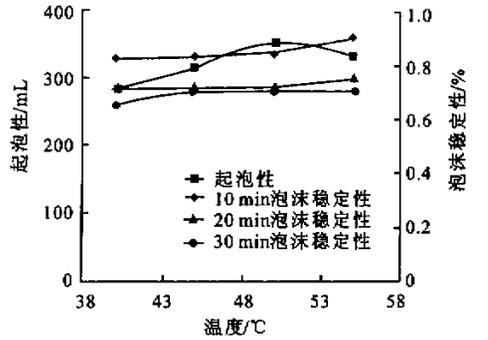


图 6 酶作用的温度对起泡性和泡沫稳定性的影响  
Fig.6 The effect of Enzyme reaction temperature on foaming and foaming stability of casein

从图 3、4 中可以看出,酶作用的时间在 60~100 min 范围以内,蛋白质的溶解度迅速下降,而起泡性和泡沫稳定性迅速增加,酪蛋白的持水性在酶作用时间小于 60 min 时变化不大,在 60~100 min 内变化最大,而超过 100 min 后,酪蛋白的持水性变化较小。

由此可见,要得到起泡性、泡沫稳定性和持水性能较好的改性酪蛋白,TG 的作用时间在 60~100 min 为最佳。

### 2.3 TG 作用时的温度对酪蛋白性质的影响

实验所用的 TG 来源于微生物的转谷氨酰胺酶,理论上它的最适 pH 为 7.0,最适酶反应温度为 50 °C。由于在不同的反应体系中酶的最适反应条件会发生一定的变化,为此对 TG 在酪蛋白反应体系的作用温度进行了研究。当酶的添加量为 0.121 U/mL 时,分别在 40、45、50、55 °C 反应 60 min,反应体系的 pH 为 7.0,得到的改性酪蛋白功能性质见图 5、6。

由图 5、6 可见,当酶反应的温度在 40~55 °C 范围内,对酪蛋白的起泡性、泡沫稳定性影响不大。对于酪蛋白的持水性,当温度低于 50 °C 时,随着温度升高,持水性逐渐上升;而 50 °C 后,由于酶的热稳定性变差,酶活力迅速降低,酪蛋白的持水性也下降。对于酪蛋白的溶解度,与持水性具有基本相同的规律,原因尚不明确。

纵观不同酶作用条件对酪蛋白性质的影响,酶作用程度对酪蛋白各性质的影响差异较大。就酪蛋白的溶解度而言,随着酶反应的进行,蛋白质的交联程度不断提高,由于蛋白质分子变大,表现为溶解度不断下降,特别是在反应初期(或者说交联的初级阶段),由于蛋白质相对分子质量变化大,溶解度下降迅速,随着反应的不断进行,可发生反应的基团减少,使得交联反应难度增大,蛋白质相对分子质量变化趋缓。酪蛋白经 SDS-PAGE 电泳,显示了牛乳添加 TG 作用后其酪蛋白相对分子质量发生了明显变化,相对分子质量高的酪蛋白组分明显增

加,在实验中还观察到牛乳经 TG 作用后,样品有相当一部分蛋白质由于相对分子质量过大而不能通过分离胶。

对酪蛋白的持水性而言,随着酶作用程度的提高,蛋白质的交联度增加,持水性呈现上升趋势。TG 作用于蛋白质后一方面使蛋白质分子之间发生交联,形成网络状结构;另一方面会使谷氨酰胺脱酰

胺而进一步使氨基酸侧链的亲水性增强。这两种变化都有可能导导致蛋白质的持水性增加。对酪蛋白的起泡性和泡沫稳定性而言,适当的交联会使酪蛋白的起泡性和泡沫稳定性增加,但继续提高交联度(即酶反应程度)酪蛋白的起泡性和泡沫稳定性反而降低,这可能与蛋白质的溶解度随着交联度的增加而下降有关。

## 参考文献:

- [1] 张红城,彭志英,赵谋明等.转谷氨酰胺酶在食品中的应用[J].2000,21(6):73-80.
- [2] KOJI IKURA, TAKASHI KOMETANI, MASAOKI YOSHIKAWA. Crosslinking of casein components by transglutaminase [J]. *Agric Biol Chem*, 1980, 44(7):1567-1573.
- [3] LOGAN. Crosslinking of whey protein by transglutaminase [J]. *Journal of Dairy*, 1990, 73(2):256-263.
- [4] NORKIKI NIO, MASAO MOTOKI, KOICHI TAKINAMI. Gelation of casein and soybean globulins by transglutaminase [J]. *Journal of Dairy Science*, 1990, 73(2):2283-2286.
- [5] 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1997.99-105.
- [6] 郭尧君.蛋白质电泳实验技术[M].北京:科学出版社,1999.

(责任编辑 杨萌)

(上接第498页)

## 参考文献:

- [1] MAUGHAN REX G. Method to increase color fastness of stabilized aloe vera [P]. US No. 4465629, August, 1984.
- [2] LAURILA E, KERVINEN, AHVENAINEN R. 果汁非酶素性褐变及其抑制方法(上). *食品工业* [J], 1992, 24(1):45-46.
- [3] 郭胜伟.芦荟乙醇提取液脱涩方法研究[J]. *食品研究与开发*, 2000, 21(3):17-19.
- [4] O. R. 菲尼马. *食品化学* [M]. 王璋译.北京:中国轻工业出版社,1991.360-362.
- [5] 罗自生.果蔬原料加工时的变色和护色措施[J]. *食品科技*, 1997(6):50-53.
- [6] 杨文鸽.果蔬制品的变色及其防止措施[J]. *广州食品工业科技*, 2000, 16(3):63-65.
- [7] 陈清泉.果汁非酶素性褐变及其抑制方法(上)[J]. *食品工业*, 1992, 24(2):45-53.
- [8] 杨明.浅色蔬菜盐渍保鲜中变色反应及色泽控制[J]. *食品工业科技*, 1997(4):64-66.

(责任编辑 杨勇)