

# 糖盐对大豆浓缩蛋白起泡能力及泡沫稳定性的影响

伊 赛 袁其朋\*

(北京化工大学 生命科学与技术学院, 北京 100029)

**摘 要:** 本文旨在研究盐类( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CH}_3\text{COONa}$  和  $\text{NaNO}_2$ )及糖类(蔗糖和乳糖)对大豆浓缩蛋白起泡能力及泡沫稳定性的影响。实验结果表明,加入蔗糖或乳糖后起泡能力有所降低。在不加糖和加入蔗糖或乳糖的条件下,起泡能力均在  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  质量分数为 5% 时达到最佳。另外,对于不同的盐来说,随着盐的质量分数的增加,泡沫稳定性均呈上升趋势。

**关键词:** 大豆浓缩蛋白; 起泡能力; 泡沫稳定性; 盐; 糖

**中图分类号:** TS201.2

## 引 言

蛋白质的起泡性质是食品所需的一个非常重要的功能特性,它可以通过起泡能力和泡沫稳定性两方面表示。搅打或起泡过程,包括气泡在固相或半固相中的分散及稳定,可以使食品材料中产生气孔结构,是食品加工过程中的一个单元操作<sup>[1]</sup>。起泡操作一般用于制作轻质食品,并通过改变内聚力及柔韧性等方面来改进食品的表现及质地。起泡操作利用零成本的空气作为原料,已经制作出了很多适合消费者选择的食品。食品的起泡性质不仅取决于气体膨胀率及泡沫大小分布,还与气泡的微观结构及主体与气相界面组分的分散度有关<sup>[2]</sup>。

大豆蛋白质是蛋白质的一个廉价来源,可以看作是具有较高的附加值的配料,常用于肉制品的加工,烘烤食品的制备等以提高产品的保温性,延长其有效期。蛋白质泡沫在饮料及食品工业的许多过程中都发挥着重要作用,这也激发了研究者对其起泡能力及泡沫稳定性的研究兴趣<sup>[3]</sup>。化学结构及功能特性的研究进展使大豆浓缩蛋白在食品工业中的应用有了更多的选择性,而盐和糖作为食品工业中的常用添加剂,会影响大豆浓缩蛋白的功能特性,通常氯化钠可提高蛋白质的起泡能力,但降低其稳定性,而糖类则正好相反。因此本文研究了盐和糖对大豆

浓缩蛋白起泡性质的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与试剂

大豆种子去皮并研磨,在正乙烷中脱脂、干燥,最后所得的脱脂大豆粉按质量比 1:10 加至 65% 乙醇水溶液中,室温下搅拌 1 h,转速 3 500 r/min 下离心 30 min,所得沉淀水洗并冷冻干燥,即得大豆浓缩蛋白。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{NaNO}_2$ , 分析纯。蔗糖,乳糖。

### 1.2 蛋白质起泡性质实验

盐对样品功能特性的影响实验按文献[4]方法进行测定。分别称取一定质量的盐溶解在一定体积的去离子水中,配制成不同质量分数的盐溶液。并以未加盐和糖的大豆浓缩蛋白作对照。

在研究糖对大豆浓缩蛋白起泡性质的影响时,每 1 g 大豆浓缩蛋白中加入 0.5 g 糖及 100 mL 去离子水或不同质量分数的盐溶液,对起泡性质进行测定。

### 1.3 蛋白质起泡能力和泡沫稳定性的测定

起泡能力及泡沫稳定性参照 Coffman 和 Garcia (1977)的方法进行测定。将 2 g 样品加至 100 mL ( $V_i$ ) 盐溶液中,快速搅拌 5 min,移至 250 mL 量筒,立即记录泡沫体积( $V_f$ )。起泡能力( $C$ )通过式(1)计算

$$C = V_f/V_i \quad (1)$$

泡沫稳定性( $S$ )通过式(2)计算

$$S = V'_f/V_i \quad (2)$$

其中  $V'_f$  为 2 h 后的泡沫体积。所有实验均在室温

收稿日期: 2009-03-09

第一作者: 男,1973 年生,卢旺达硕士研究生

\* 通讯联系人

E-mail: yuanqp@mail.buct.edu.cn

下进行,且所有实验值均为重复实验的平均值,并进行了方差分析(ANOVA)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 实验条件对蛋白质起泡能力的影响

大豆浓缩蛋白的起泡能力取决于其化学分子结构,受其内在固有性质的影响,但外界条件的改变(pH值、温度、盐、糖等)也会影响其起泡能力。理解外界因素对起泡能力影响的原因有助于改善其起泡能力。蛋白质结构在糖存在的情况下会由于水合作用而发生变化,因而会在空气/水表面被吸收。盐、糖对大豆浓缩蛋白起泡能力的影响如图1所示。方差分析结果表明,图1的组间 $p$ 值均大于0.05,说

明糖对起泡能力的影响不显著。

由图1(a)可以看出,对于不同的盐来说,在未加糖时,大豆浓缩蛋白的起泡能力均随着盐的质量分数的增加先增加后减小,盐的质量分数为5%时达到最大值。该现象与 Fangbmi 等的实验结果类似<sup>[5]</sup>。盐的加入在增加起泡能力的同时可能会改善大豆浓缩蛋白的功能性<sup>[6]</sup>。在相同的质量分数下, $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 对起泡能力的改善作用要优于其它三种盐。盐的加入会使蛋白质部分变性,从而增加蛋白质的溶解度,进而增加其起泡能力<sup>[7]</sup>。在实验选择的盐质量分数范围内,大豆浓缩蛋白的起泡能力有所提高,这有助于在食品(如蛋糕)中的应用。在食品生产中,较低的盐质量分数应用价值较高,而过高的质量分数则会产生不好的口味且不利于健康。

由图1(b)和图1(c)可以看出,加入乳糖或蔗糖后,起泡能力的变化曲线未发生变化,但是在盐的质量分数一定时,乳糖和蔗糖的加入会使起泡能力有所降低。许多文献都报道了类似的结果<sup>[3,8-9]</sup>。但是与未加任何盐和糖的对照实验相比,糖与盐同时加入时则会改善起泡能力,使其仍保持在较高水平。该结果有一定的应用价值,因为盐和糖在食品中都是很常见的物质。随着大豆浓缩蛋白在食品中的应用越来越广泛,有关改进大豆浓缩蛋白制备过程及功能特性的研究也越来越多。在许多泡沫应用中都建议慢慢加入盐和糖并持续搅拌以期获得稳定的泡沫<sup>[10]</sup>。

糖对起泡能力的影响可以解释为糖抑制或降低了表面活性分子在空气/水表面的吸附作用。泡沫在微小气泡分散的连续水相中热稳定性较差<sup>[11-12]</sup>,该体系会受很多因素,如pH值、温度、蛋白质性质、盐、糖等的影响。

### 2.2 实验条件对蛋白质泡沫稳定性的影响

泡沫稳定性结果如图2所示。方差分析结果表明,图2中的组间 $p$ 值均小于0.05,说明糖对泡沫稳定性的影响较为显著。

由图2(a)可以看出,对于不同的盐来说,在未加糖时,泡沫稳定性均随着盐的质量分数的增加而增加。在未加入任何盐或糖的对照实验中,大豆浓缩蛋白的泡沫稳定性非常低,仅为105%。

由图2(b)可以看出,加入乳糖后泡沫稳定性仍随着盐质量分数的增加而增加。但是与未加糖时相比,泡沫稳定性有所降低。尽管如此,与未加入任何盐或糖的对照实验相比,在糖与盐混合加入时均会

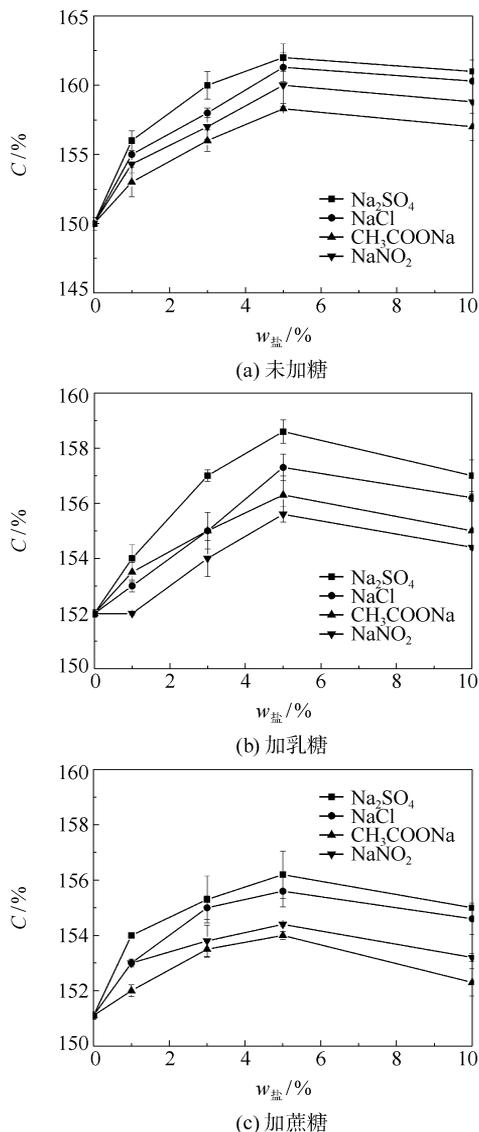


图1 盐的质量分数对起泡能力的影响

Fig. 1 Salt concentration effecting on foam

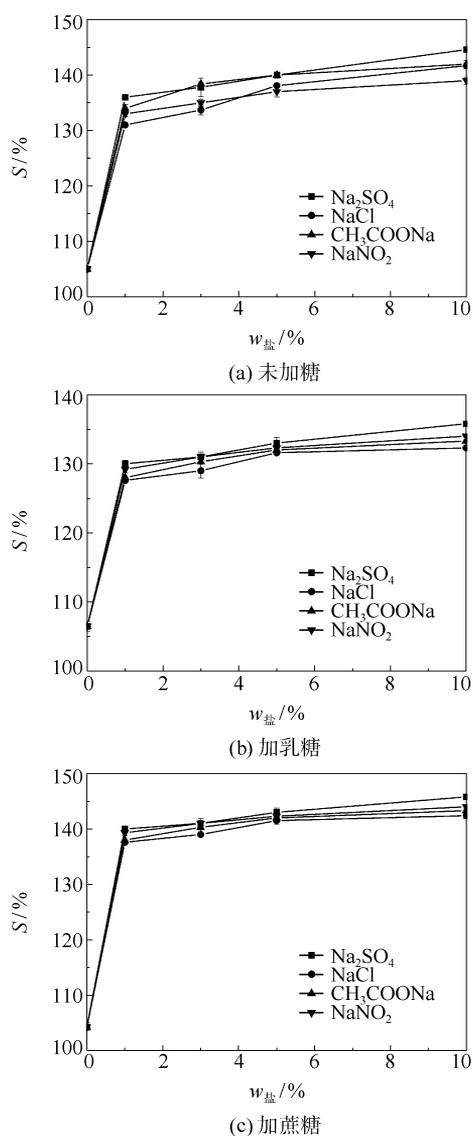


图2 盐的质量分数对泡沫稳定性的影响

Fig.2 Salt concentration effecting on foam stability  
使泡沫稳定性增加。

由图2(c)可以看出,加入蔗糖后泡沫稳定性的变化趋势与加入乳糖时相同。与乳糖不同的是,在相同盐的质量分数下,蔗糖的加入会使泡沫稳定性有所增加。许多研究者都发现蔗糖有助于提高泡沫稳定性,而对起泡能力却起负面作用<sup>[13]</sup>。泡沫稳定性的增加可能与特定黏度的增加有关。另外,蛋白质结构在糖存在时会发生变化,因为它们会发生优先水合作用,被吸附在水相表面,这可能是它改变起泡能力和泡沫稳定性的原因。

在食品的加工过程中一般都会加入一些添加剂,添加剂的加入可以改变蛋白质的性质。本实验之所以选择糖作添加剂,是因为糖在食品工业中经

常与蛋白质同时使用。实验结果表明,蔗糖的效果要优于乳糖。

### 3 结论

糖(蔗糖或乳糖)的加入不利于大豆浓缩蛋白起泡能力的增加,而有利于其泡沫稳定性的增加。在不加糖和加入蔗糖或乳糖的条件下,起泡能力均在Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的质量分数为5%时达到最佳。随着盐的质量分数的增加,泡沫稳定性呈上升趋势。蔗糖的加入有利于泡沫稳定性的增加,而乳糖则起负面作用。

### 参考文献:

- [1] Narchi I, Vial C, Djelveh G. Effect of protein-polysaccharide mixture on the continuous manufacturing of foamed food products[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 188-201.
- [2] Stanley D W, Goff H D, Smith A K. Texture-structure relationship in foamed dairy emulsions[J]. Food Research International, 1996, 29(1): 1-13.
- [3] Mepba H D, Achinewhu S C, Ademiluyi T. Solubility, emulsion and foaming properties of coconut (*cocos nucifera*) protein concentration[J]. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, 2008, 8(2): 170-191.
- [4] Ogungbenle H N, Oshodi A A, Oladimeji M O. Effect of salts on the functional properties of benniseed (*Sexamum radiatum*) seed flour[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2002, 53(1): 5-14.
- [5] Fagbemi T N, Oshodi A A, Ipinmoroti K O. Effect of processing and salts on some functional properties of cachewnut (*Anarchadium occidentale*) flour[J]. Food Agriculture and Environment, 2004, 2(2): 121-128.
- [6] Ogungbenle H N, Oshodi A A, Oladimeji M O. The proximate and effect of salts application on some functional properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour[J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2009, 8(1): 49-52.
- [7] Vani B, Zayas J F. Foaming properties of selected plant and animal protein[J]. Journal of Food Science, 1995, 60(5): 1025-1028.
- [8] Sathe S K, Desphande S S, Salunkhe D K. Functional properties of winged bean [*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC] proteins[J]. Journal of Food Science, 1982, 47(2): 503-509.
- [9] Gujska E, Khan K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and

- corn meal blended with legume high protein fractions[J].  
Journal of Food Science, 1991, 56(2): 431 - 435.
- [10] Dickson E. Introduction to food colloids [M]. New York: Oxford University Press, 1992.
- [11] Patino J M R, Delegado M D N, Fernández J A L. Stability and mechanical strength of aqueous foams containing food proteins[J]. Colloids and Surfaces A: Physico-chemical and Engineering Aspects, 1995, 99(1): 65 - 78.
- [12] Davis J P, Doucet D, Foegeding E A. Foaming and interfacial properties of hydrolyzed  $\beta$ -lactoglobulin [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2005, 288(2): 412 - 422.
- [13] Zhu H M, Damodaran S. Proteose peptones and physical factors effect foaming properties of whey protein isolate [J]. Journal of Food Science, 1994, 59(3): 554 - 560.

## Foaming capacity and stability of soybean protein concentrate influenced by carbohydrates and salts

MUSHIMIYIMANA Isaie YUAN QiPeng

(College of Life Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The objective of this work was to investigate the effect of different salt mass fraction ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  and  $\text{NaNO}_2$ ) and carbohydrates (sucrose and lactose) on the foam capacity and foam stability. The results showed that foam capacity decreased when sucrose or lactose was added, and the highest foam capacity was recorded for  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  at 5% salt mass fraction and at the same salt mass fraction with sucrose or lactose. In addition, the foam stability increased with salt mass fraction.

**Key words:** soy protein concentrate; foam capacity; foam stability; salts; carbohydrates