

# 湿热-胶体改性 对小麦面筋蛋白功能性质的影响

许慧<sup>\*</sup>, 包海蓉<sup>\*</sup>, 邓义书, 齐知耕  
(上海海洋大学, 上海 201306)

**摘要:** 研究了在湿热条件下将羧甲基纤维素钠(CMC)、明胶、海藻酸钠、果胶、瓜尔胶这几种不同胶体作为添加剂添加到小麦面筋蛋白中, 测定了其对小麦面筋蛋白功能性质的影响, 主要以小麦面筋蛋白的粘稠性、乳化性和乳化稳定性、溶解性、起泡性这几个指标作为参考。实验结果表明, 与简单混合相比, 羧甲基纤维素钠、明胶、海藻酸钠、果胶在湿热条件下使小麦面筋蛋白的溶解性、乳化性和粘稠性都有一定幅度的提高, 但是对小麦起泡性和乳化稳定性的影响不大; 瓜尔胶在湿热条件下对小麦蛋白性质的影响与简单混合相比基本持平。

**关键词:** 小麦面筋蛋白 胶体 功能性质

## Effect of heat-moisture and hydrocolloid on functionalities of wheat gluten protein

XU Hui, BAO Hai-rong<sup>\*</sup>, DENG Yi-shu, QI Zhi-geng

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Wheat gluten was heat-moisture treated at first and then carboxymethyl cellulose sodium(CMC), gelatin, sodium alginate, pectin and guar gum were added in. The influences on wheat gluten performance were studied. Solubility, foaming, emulsifying and emulsifying stability, stickiness of gluten were evaluated after hydrocolloids added. Compared with simple mixed carboxymethyl cellulose sodium(CMC), gelatin, sodium alginate, pectin in heat-moisture conditions made the solubility, emulsifying and stickiness of wheat gluten certain increase, but on the foaming and emulsifying stability of wheat gluten was not significant. Guar gum in heat-moisture conditions on the properties of wheat protein compared with the simple mixed was basically the same.

**Key words:** gluten; hydrocolloid; functional properties

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)07-0147-04

小麦面筋蛋白又称谷朊粉, 是以小麦粉为原料, 用水洗去淀粉和其它水溶性物质后剩下未变性的面筋经烘干制成的粉体。小麦面筋蛋白具有独特的黏弹特性、乳化性、延伸性、起泡性等功能特性, 其蛋白质含量在 75% 以上。目前, 对植物蛋白的改性方法有化学改性法、物理改性法、酶改性法和生物工程改性法<sup>[1]</sup>。亲水胶体是高分子量长链亲水聚合物, 在水中可以分散、膨胀。其主要功能包括: 凝胶、增稠、成膜、稳定、促进粘性、附着、抑制脱水收缩。亲水胶体的加入会影响面团的流变学特性<sup>[2]</sup>, 在面粉中加入低含量的亲水胶体(<1%, w/w)会提高面团持水性, 增大面包的体积, 降低面团的硬度, 抑制面粉的回生<sup>[3]</sup>。纤维素衍生物类物质如羟丙基甲基纤维素可提高面团的吸水性, 并且能使面团和面包的感官特

性和货架期得到提高<sup>[4]</sup>。Collar 和 Armero 发现, 羧甲基纤维素会降低面团的内聚性, 提高面团的硬度<sup>[5]</sup>。添加大于 1% 的高脂果胶到面团中会使面团的稳定性和发酵后的体积得到明显的提高<sup>[6]</sup>。我国是小麦生产大国, 近几年来又连续获得丰收, 年产量达一亿多吨, 但由于种种原因, 我国对小麦的深加工和转化研究很少, 对小麦面筋蛋白在工业用途的开发研究还基本处于起步阶段。本文主要探讨海藻酸钠、果胶、CMC、明胶、瓜尔胶这几种不同胶体对小麦面筋蛋白溶解性、起泡性、乳化性和粘稠性的影响, 旨在为小麦面筋蛋白的进一步开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

小麦面筋蛋白 安徽安特生物化学有限公司;  
果胶 上海顺勃生物工程技术有限公司; CMC 华盛食化有限公司; 海藻酸钠 上海精析化工科技有限公司; 瓜尔胶 北京矿冶研究总院; 明胶 星和食

收稿日期: 2010-07-05 \* 通讯联系人

作者简介: 许慧(1984-) ,女, 在读硕士, 研究方向: 食品科学与工程。

品(上海)有限公司。

DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 巩义市予华仪器责任有限公司; CPA124S 型电子天平 德国 sartorius 公司; Anke TDL-40B 离心机 上海安亭科学仪器厂; FE20 型 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; 81-2 型恒温磁力搅拌仪 上海司乐仪器有限公司; UV-1800PC 紫外可见分光光度计 上海美谱达仪器有限公司; XHF-1 高速分散机 上海金达生化仪器厂; TA-XTPlus 质构仪。

## 1.2 小麦面筋蛋白基本品质指标测定

1.2.1 含水量测定 按 GB/T5479 测定。

1.2.2 灰分的测定 按 GB/T5512 测定。

1.2.3 粗脂肪的测定 按 GB/T5512 测定。

1.2.4 粗蛋白的测定 按 GB/T5511 测定。

## 1.3 小麦面筋蛋白功能特性的测定

1.3.1 小麦面筋蛋白溶解性的测定<sup>[7]</sup> 以上清液蛋白质浓度为小麦面筋蛋白溶解性指标, 蛋白质浓度的测定采用 Folin-酚法 称取一定量改性小麦面筋蛋白溶于蒸馏水, 然后在 3000r/min 的转速下离心 20min, 取上清液, 按一定倍数稀释, 取 1mL 稀释液, 加入 5mL Folin-酚试剂 A, 混匀后在室温下放置 10min, 加入 0.5mL Folin-酚试剂 B, 立即混匀, 室温下放置 30min, 测定 OD<sub>650</sub>。测定已知浓度的牛血清白蛋白( BSA) 在同样条件下的吸光度, 绘制标准曲线(见图 1) , 经标准曲线转换为每毫升溶液中溶解蛋白的毫克数。

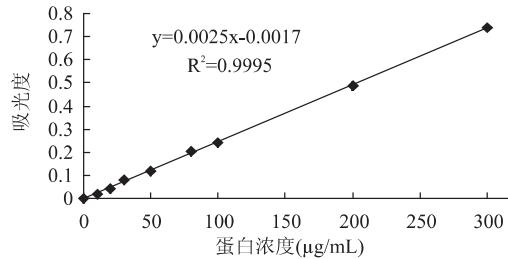


图 1 牛血清白蛋白标准曲线

1.3.2 起泡性和泡沫稳定性的测定<sup>[8]</sup> 用 pH7.0 的缓冲液配制浓度为 1% 的改性前后小麦面筋蛋白悬浮液, 充分溶解后, 移入分散机以 10000r/min 搅打 2min, 搅打结束后将溶液倒入量筒, 记下泡沫体积( V<sub>1</sub>) , 即为起泡能力( mL) ; 30min 后, 记下泡沫剩余体积( V<sub>2</sub>) 。

$$\text{泡沫稳定性( min)} = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \times 30$$

1.3.3 乳化性及乳化稳定性的测定<sup>[9]</sup> 乳化性和乳化稳定性测定采用浊度法, 以磷酸盐缓冲液分别配制 0.25% 改性前后的小麦面筋蛋白溶液 30mL , 用分散机以 10000r/min 分散 1min , 再加入 10mL 大豆油, 于 10000r/min 转速下分散 30s 后, 立即从溶液底部吸取 40μL 乳浊液, 用 5mL 0.1% SDS 溶液稀释, 以 0.1% SDS 溶液为对照, 于 500nm 处测定 0min 时的吸光度值( A<sub>0</sub>) , 即为乳化性( EA) ; 静置 15min 后重新取样测定吸光度值( A<sub>t</sub>) , 乳化稳定性( ES) 用乳化稳定性指数( ESI) 表示:

$$\text{ESI( min)} = A_0 \times \Delta T / (A_0 - A_t)$$

其中: ΔT 为两次测定乳化活性时间间隔( min) 。

1.3.4 粘性的测定<sup>[10]</sup> 称取改性前后的小麦面筋蛋白 5g 加适量蒸馏水揉成面团, 取适量放入模具, 测定样品粘度。测试参数设定为: 测试前速度 0.5mm/s , 测试速度 0.5mm/s , 测试后速度 10.0mm/s , 返回高度 8mm , 力度 40g , 停留时间 0.1s 。每个样品测定 5 次, 取平均值。

## 1.4 样品制备

1.4.1 湿热-胶体改性样品的制备 称取适量胶体加入 30mL 蒸馏水, 搅拌至胶体完全溶于蒸馏水, 待用。称取 20g 小麦面筋蛋白溶于 170mL 蒸馏水, 调节 pH 后于一定温度下反应 30min , 然后加入溶解好的胶体溶液, 搅拌一段时间后倒入大培养皿, 放入冰箱冷冻, 冷冻成固体状后放入真空冷冻干燥箱干燥 24h。将干燥好的改性小麦面筋蛋白打磨成粉状, 过 100 目筛, 待用。海藻酸钠、果胶、CMC、明胶、瓜尔胶对谷朊粉进行改性的代码依次为 b、c、d、e、f , 原谷朊粉代码为 a。

1.4.2 简单混合样品 是将胶体粉末和小麦面筋蛋白粉末按一定比例在干燥环境下进行混合所得。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦面筋蛋白的品质指标

经测定可知小麦面筋蛋白的化学组成如表 1 所示。小麦面筋蛋白的蛋白质含量为 78.93% , 符合实验要求。

表 1 小麦面筋蛋白的基本指标

指标 含量(%)	水分	灰分	脂肪	蛋白
6.92	0.68	1.47	78.93	

### 2.2 溶解性

小麦面筋蛋白的溶解性非常低, 只有 9.08mg/mL , 这主要是因为小麦面筋蛋白含有较多的疏水性氨基酸, 分子内疏水作用区域较大。由图 2 可知, 小麦面筋蛋白在湿热条件下添加海藻酸钠、果胶、CMC 和明胶后, 其溶解性与原小麦面筋蛋白相比提高了 13 倍之多, 相比之下小麦面筋蛋白与这几种胶体简单混合后的溶解性提高幅度较小, 这可能是在湿热条件下胶体分子与疏水性氨基酸相互作用, 减少了小麦面筋蛋白中暴露的疏水性基团, 从而减少了疏水作用区域, 使小麦面筋蛋白的溶解度得到了提高。添加瓜尔胶的小麦面筋蛋白的溶解性基本没变, 原因可能是瓜尔胶分子没有和小麦面筋蛋白中的疏水基团发生相互作用。

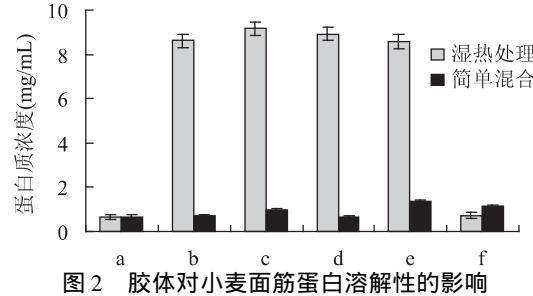


图 2 胶体对小麦面筋蛋白溶解性的影响

### 2.3 起泡性及泡沫稳定性

在一定条件下蛋白质溶解经处理能够形成泡

沫,它是蛋白质液体膜包裹气体的两相体系<sup>[1]</sup>。起泡性常用起泡能力和泡沫稳定性来表达。如图3所示,添加海藻酸钠、果胶、CMC、明胶的小麦面筋蛋白在湿热处理和简单混合条件下其起泡能力都有所提高,但相差不大,表明这几种胶体在湿热处理下对小麦面筋蛋白起泡性的影响不大。但是湿热条件下添加瓜尔胶的小麦面筋蛋白其起泡能力降低了40%,简单混合却有所提高,具体原因有待进一步研究。

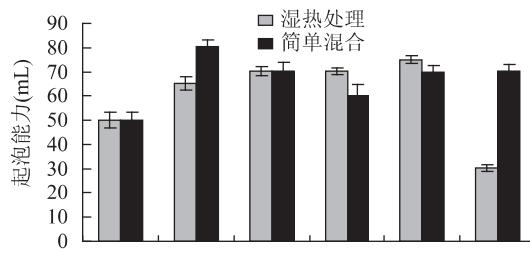
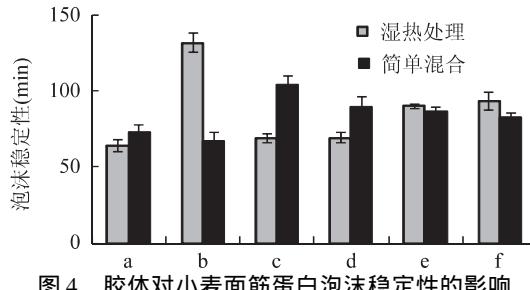


图3 胶体对小麦面筋蛋白起泡能力的影响

各胶体对小麦面筋蛋白泡沫稳定性的影响如图4所示,湿热条件下海藻酸钠的添加使小麦面筋蛋白的泡沫稳定性提高了106.17%,而简单混合对小麦面筋蛋白的乳化稳定性基本没有影响;明胶和瓜尔胶的添加在两种处理条件下对小麦面筋蛋白的泡沫稳定性的影响相差不大;果胶和CMC对小麦面筋蛋白泡沫稳定性的影响在湿热条件下较小,简单混合反而有一定幅度的增加。



## 2.4 乳化性及乳化稳定性

实验结果(图5)表明,在湿热条件下几种亲水胶体对小麦面筋蛋白的粉乳化性都有明显的提高。海藻酸钠、明胶的添加使小麦面筋蛋白的乳化性提高了6倍多,果胶、CMC的添加使小麦面筋蛋白的乳化性提高了5倍多。虽然小麦面筋蛋白和胶体简单混合对乳化性也都有所提高,但基本都在2倍左右,因此,可认为在湿热条件下海藻酸钠、果胶、CMC和明胶对小麦面筋蛋白的结构有所改变,使其乳化性得到大幅度的提高;瓜尔胶在两种处理条件下乳化性相差不大。

如图6所示,海藻酸钠、果胶、CMC、明胶在简单混合条件下对小麦面筋蛋白的影响比湿热处理条件下高,瓜尔胶结果相反。

## 2.5 粘稠性

粘稠性测定实验结果(图7)显示,在湿热条件下对小麦面筋蛋白粘稠性有积极作用的胶体,其作用大小的依次顺序是CMC>海藻酸钠>果胶>明胶,最大粘稠力值为108.517g;只有瓜尔胶对小麦面筋蛋

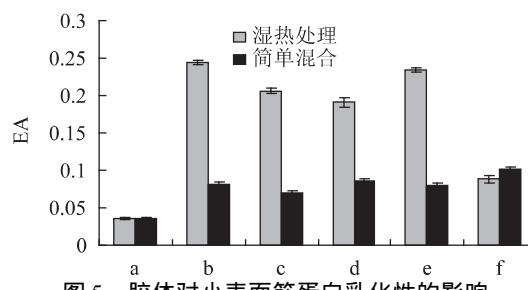


图5 胶体对小麦面筋蛋白乳化性的影响

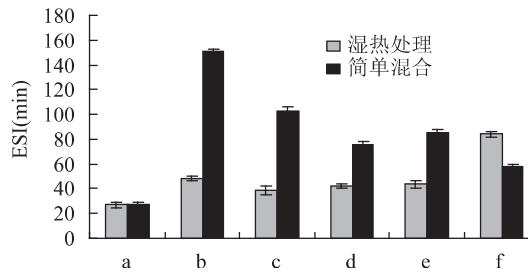
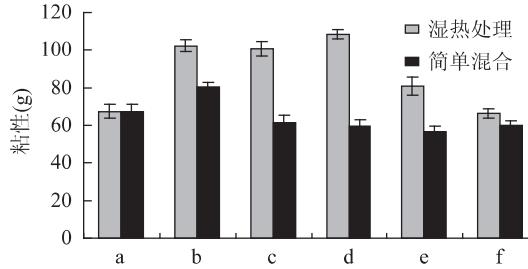


图6 胶体对小麦面筋蛋白乳化稳定性的影响

白的粘稠度有消极影响。胶体和小麦面筋蛋白简单混合处理结果显示,除海藻酸钠对小麦面筋蛋白的粘稠性有一点提高外,其他几种胶体对小麦面筋蛋白的粘稠性有负面影响。



## 3 结论

根据以上实验结果可知,海藻酸钠、果胶、CMC、明胶在湿热条件下使小麦面筋蛋白的溶解性、乳化性和粘稠性都有一定幅度的提高,对小麦起泡性和乳化稳定性的影响不大;瓜尔胶在湿热条件下对小麦蛋白性质的影响与简单混合相比基本持平。海藻酸钠、果胶、CMC和明胶对小麦面筋蛋白功能性质的影响强度不同,强度差异可以归因于蛋白与亲水胶体相互作用的方式(共价键、静电作用、或不相容混合物)不同,以及混合物中各组分的相行为差异。

## 参考文献

- [1] 史新慧,王兰.植物蛋白的改性[J].郑州粮食学院学报,1996,17(4):60-62.
- [2] Armero E, Navarro A, De Diego A, et al. ICC Jubilee Conference 1995 [C]. Vienna, Austria (poster presentation), 1995.
- [3] Brümmer J. Getreide [M]. Mehl und Bröt, 1977, 31: 296-299.
- [4] Collar C, Armero E, Martínez J. Lipid binding of formula bread doughs Relationships with dough and bread technological performance [J]. Z Lebensm Untersuchung Forschung, 1998, 207: (下转第153页)

能代表了水分在已开始糊化的发芽糙米中的转移比未开始糊化的糙米中更快。

表3 不同温度下Arrhenius方程的参数

原料	温度(℃)	E(kJ·mol⁻¹)	R²
发芽糙米	25~55	29.92	0.9854
	55~65	10.34	0.9999
糙米	25~65	35.74	0.9934

2.3.4 Peleg方程中容量常数K₂评价 发芽糙米和糙米的K₂变化并不相同。发芽糙米K₂在25~55℃表现为先上升,在65℃又下降。其变化趋势和V.A.Jideani等人<sup>[18]</sup>,Sopade & Obekpa<sup>[13]</sup>以及Hung等人<sup>[19]</sup>的研究结论一致;而糙米K₂随温度提高而下降,其结果和Turhan等人<sup>[2]</sup>以及Cunningham等人<sup>[20]</sup>研究结果较为一致。容量常数K₂与温度的关系变化尚无统一的结论,其变化可能与样品材质有关。

### 3 结论

3.1 糙米发芽后,总淀粉含量、直链淀粉含量以及水分含量下降,还原糖含量和食味品质有所提高。

3.2 由于糙米发芽过程中发生了复杂的化学变化,糙米和发芽糙米呈现不同的吸水特性,其原因可能和大米的直链淀粉含量、蛋白质含量以及颗粒的大小有关。

3.3 糙米和发芽糙米的浸泡曲线能较好地拟合Peleg数学模型,从浸泡曲线和Peleg方程中的速率常数K₁均可以反映出,样品初始吸水速率随着温度升高而增大,且达到预设水分含量的时间明显缩短。K₁随着温度的升高而减小,与国内外多数学者结论相一致;而K₂变化趋势并不明显。

### 参考文献

- [1] Peleg M. An empirical model for the description of moisture sorption curves [J]. Journal of Food Science, 1988, 53: 1216~1219.
- [2] Turhan M, Sayar S, Gunasekaran S. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 53(2): 153~159.
- [3] Peng G L, Chen X G, Wu W F, et al. Modeling of water sorption isotherm for corn starch [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(2): 562~567.
- [4] Lomauro C J, Bakshi A S, Labuza T P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I. Fruit, vegetable and meat products [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 1985, 18: 111~119.
- [5] Collar C, Armero E. Recent Research Developments in Nutrition [J], 1996(1): 115~143.
- [6] Collar C, Andreu P. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study [J]. Food Hydrocolloids, 1999, 13: 467~475.
- [7] 宁正祥.食品成分分析手册 [M].北京:中国轻工业出版社, 1998: 119~124.
- [8] Philipsetal. Effects of neutral salts on the stability of whey
- [5] 黄迪芳.糙米萌发工艺及发芽糙米功能饮料的研究 [D].江南大学, 2005.
- [6] Moongngarm A, Saetung N. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice [J]. Food Chemistry, 2010, 122(3): 782~788.
- [7] Maskan M. Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 52(4): 337~341.
- [8] Bello M, Tolaba M P, Aguerre R J, et al. Modeling water uptake in a cereal grain during soaking [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 97(1): 95~100.
- [9] Resio A, Aguerre R J, Suarez C. Analysis of simultaneous water absorption and water-starch reaction during soaking of amaranth grain [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 68(2): 265~270.
- [10] Resio A C, Aguerre R J, Suarez C. Hydration kinetics of amaranth grain [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 247~253.
- [11] Wardhani D H, Vazquez J A, Pandiella S S. Kinetics of daidzin and genistin transformations and water absorption during soybean soaking at different temperatures [J]. Food Chemistry, 2008, 111(1): 13~19.
- [12] 余世锋, 马莺, 张海玲. 糜米、粳米及泰国香米吸水性质及其动力学研究 [J]. 食品工业科技, 2009(9): 86~90.
- [13] Sopade P A, Obekpa J A. Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(4): 1084~1087.
- [14] Tang J, Sokhansanj S, Sosulski F W. Moisture absorption characteristics of laird lentils and hardshell seeds [J]. Cereal Chemistry, 1994, 71(5): 423~428.
- [15] Bello M O, Tolaba M P, Suarez C. Water absorption and starch gelatinization in whole rice grain during soaking [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(2): 313~318.
- [16] Jideani V A, Mpofokwana S M. Modeling of water absorption of Botswana bambara varieties using Peleg's equation [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 92(2): 182~188.
- [17] Hung T V, Liu K H, Black R G, et al. Water absorption in chickpea (*C. arietinum*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using the Peleg mode [J]. Journal of Food Science, 1993, 58: 848~852.
- [18] Cunningham S E, McMinn W, Magee T, et al. Modeling water absorption of pasta during soaking [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(4): 600~607.

(上接第149页)

110~121.

- [5] Petruccelli S, Anon M C. Soy protein isolate components and their interactions [J]. Agfic Food Chem, 1994, 43: 1762~1767.
- [6] León A, Durán E, Benedito de Barber C. A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage [J]. Z Lebensm Untersuchung Forschung, 1997, 204: 316~320.
- [7] Damodaran S, Paraf A. Food protein and their applications [J]. International Dairy Journal, 1997, 7: 487.
- [8] protein isolate foams [J]. Food Science, 1974, 39: 368.
- [9] Cunningham S E, McMinn W, Magee T, et al. Modeling water absorption of pasta during soaking [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(4): 600~607.
- [10] Philipsetal. Effects of neutral salts on the stability of whey