

小麦面筋蛋白-果胶复合物的制备及功能特性研究

冀世敏, 张连富*

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为了提高小麦面筋蛋白的溶解度,通过单因素和正交实验在湿热条件下制备了一种小麦面筋蛋白-果胶复合物,并研究了其功能特性的变化。结果表明:果胶添加量为 1%,pH 4.5,温度 50 ℃,反应时间 60 min,小麦面筋蛋白-果胶复合物的溶解度达到 10.44 mg/mL;与对照样品和混合物相比,该条件下所制备的小麦面筋蛋白-果胶复合物持水性、泡沫稳定性、乳化性和乳化稳定性均显著提高,持油性和起泡性显著降低。

关键词: 小麦面筋蛋白;果胶;复合物;功能特性

中图分类号:TS 201.1 文章编号:1673-1689(2019)08-0084-07 DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.08.012

Study on the Preparation and Functional Properties of Wheat Gluten-Pectin Complexes

Ji Shimin, ZHANG Lianfu*

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to improve the solubility of wheat gluten, the author prepared a kind of wheat gluten-pectin complexes under the hygrothermal conditions by single factor and orthogonal experiments. And studied the changes of its functional properties. The experiment results showed that: pectin added 1%, pH 4.5, temperature 50 ℃, reaction time 60 min. The solubility of the complexes under the optimum preparation conditions was 10.44 mg/mL. Compared with the mixture and control sample, the complexes obtained under the optimum preparation conditions increased significantly in water holding capacity, foaming stability, emulsibility and emulsion stability. Meanwhile, it decreased significantly in oil-holding capacity and foaming ability.

Keywords: wheat gluten, pectin, complexes, functional property

小麦面筋蛋白(又称谷朊粉),作为一种小麦加工副产品,是一种蛋白质含量高,氨基酸种类齐全,且来源广泛的植物性蛋白^[1-2]。小麦面筋蛋白具有应用范围广、价格低廉、经济性好、自然资源丰富等诸

多优点,但低的溶解性却限制了其在食品工业中的应用。因此,提高小麦面筋蛋白的溶解性对小麦面筋蛋白的进一步应用具有重大的意义。Kato 等^[3]通过在小麦面筋蛋白溶液中加入无机盐酸,研究发现

收稿日期:2017-03-04

基金项目:科技部十三五重点研发计划(2017YFD0400200);江苏省重点研发计划项目(BE2017374);江苏省食品安全与质量协同创新中心行业发展计划。

* 通信作者:张连富(1967—),男,博士,教授,博士研究生导师,主要从事功能性食品研究。E-mail:lianfu@jiangnan.edu.cn

引用本文:冀世敏,张连富.小麦面筋蛋白-果胶复合物的制备及功能特性研究[J].食品与生物技术学报,2019,38(08):84-90.

利用无机盐酸对小麦面筋蛋白进行脱酰胺改性,虽然能提高一些功能特性,但是容易生成有害物质,对小麦面筋蛋白的结构造成严重破坏。Ribotta 等^[4]研究发现卡拉胶可与小麦面筋蛋白形成亲水复合物,强化小麦面团的筋力,此外海藻酸钠和果胶能改善面包体积,所有测试的胶体均降低了面包屑的初始坚硬性和咀嚼感。Leon 等^[5]利用 SDS-PAGE 和 FTIR 等手段对小麦面筋蛋白与卡拉胶的复合物进行分析,研究发现这种复合物的功能性质发生变化,且持水性明显提高。张红印等^[6]采用乙酸酐对小麦面筋蛋白质进行酰化改性,其溶解度、乳化能力和起泡能力均得到了提高。

果胶作为一种常见的多糖在食品行业具有广泛的应用^[7]。余映慧等^[8]利用高甲氧基果胶所制成的面制品货架期能大大提高。在果胶的实际应用中,陶民强^[9]发现低酯果胶可以减小面包的比容;而高酯果胶酯化度与面包比容正相关。现有资料表明,特定多糖能显著提高蛋白的溶解性,国内外学者利用果胶和大豆多糖等多糖对面粉中主要成分小麦面筋蛋白和淀粉的影响已经做了一些研究。所以研究一种高溶解度的小麦面筋蛋白-果胶复合物具有实际应用意义。

本文通过研究小麦面筋蛋白-果胶复合物湿热条件下的最优制备工艺,探讨评价该条件下复合物的持水性、持油性、起泡性与泡沫稳定性,以及乳化性与乳化稳定性等功能性质,为小麦面筋蛋白的改性研究提供相应的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦面筋蛋白:河南雪梨花有限公司;果胶:烟台安德利果胶股份有限公司;大豆油:益海嘉里食品有限公司;氢氧化钠、柠檬酸三钠、盐酸、柠檬酸等分析纯:国药集团化学试剂公司。

1.2 仪器与设备

多功能数显恒温水浴锅:江苏荣华仪器制造有限公司;DELTA320 型 pH 计:梅特勒-托利多仪器上海有限公司;真空冷冻干燥机:德国 CHRIST 公司;ME204E 型电子天平:梅特勒-托利多仪器上海有限公司;EBA20 型离心机:德国 CHRIST 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 标准曲线的绘制

吸取一定量的 10 mg/mL

牛血清蛋白溶液放置在试管中,分别加蒸馏水至 1 mL,然后加 4 mL 双缩脲试剂,充分混匀后室温下放置 30 min,然后于 540 nm 测定其吸光度。以浓度为横坐标,吸光值为纵坐标,绘制标准曲线。

1.3.2 样品溶解度的测定 配制 1% 的样品溶液,室温静置 30 min,在离心机上于 3 000 r/min 下离心 30 min,取上清液 1 mL 于试管中,再添加 4 mL 双缩脲试剂,混合均匀,室温下静置 30 min,测定 540 nm 波长处的吸光度,将所得数值代入 1.3.1 节标准曲线中,计算蛋白浓度。同时测定 1% 的小麦面筋蛋白的溶解度。

1.3.3 小麦面筋蛋白-果胶复合物的制备 参考孙涟漪等^[10]的方法,并做适当的修改。精确称取 10 g 小麦面筋蛋白溶解于 100 mL 蒸馏水中,称取一定质量的果胶溶解于上述溶液中并调整其 pH,500 r/min 条件下反应一定时间后,把悬浮液倒入培养皿中,冷冻干燥。最后将冷冻干燥好的复合物粉碎,过 100 目筛,待用。

1.3.4 小麦面筋蛋白-果胶复合物最佳制备工艺的确定 以复合物的溶解度为评价指标,分别考察果胶添加量、pH、温度、反应时间这 4 个因素对小麦面筋蛋白-果胶复合物溶解度的影响。

1) 果胶添加量的确定。分别配制果胶质量分数为 0%、0.5%、1%、1.5%、2%、2.5%、3% 的反应体系,调整溶液 pH 至 4.5,于 45 ℃,500 r/min 条件下搅拌 120 min,按照 1.3.3 节的方法制备小麦面筋蛋白-果胶复合物,并测定所得复合物的溶解度,筛选最佳果胶添加量。

2) pH 的确定。将筛选的最佳果胶添加量,分别配制 pH 为 2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0 的反应体系,500 r/min 条件下反应 120 min,按照 1.3.3 节的方法制备小麦面筋蛋白-果胶复合物,并测定所得复合物的溶解度,筛选最佳 pH。

3) 反应温度的确定。以上述最佳果胶添加量和最佳 pH,将反应体系分别于 20、30、40、50、60 和 70 ℃ 下反应,搅拌 120 min,按照 1.3.3 节的方法制备小麦面筋蛋白-果胶复合物,并测定所得复合物的溶解度,筛选最佳反应温度。

4) 反应时间的确定。以上述最佳果胶添加量和最佳 pH,将反应体系置于最佳反应温度下分别反应 15、30、60、90、120、150 和 180 min,按照 1.3.3 节的方法制备小麦面筋蛋白-果胶复合物,并测定所

得复合物的溶解度,筛选最佳反应时间。

1.3.5 小麦面筋蛋白-果胶复合物制备工艺的优化 为进一步优化小麦面筋蛋白-果胶复合物的制备工艺条件,选取 A:果胶添加量(%),B:pH,C:温度(℃),D:反应时间(min)为实验因素,进行 4 因素 3 水平的正交实验(表 1)。

表 1 因素水平表

Table 1 Table of factors and levels

水平	A	B	C	D
1	1.2	4.5	45	75
2	1.0	5.0	55	60
3	0.8	5.5	50	45

1.3.6 小麦面筋蛋白-果胶混合物的制备 将果胶粉末和小麦面筋蛋白粉末按小麦面筋蛋白-果胶复合物最佳质量分数在干燥环境下混匀。以不添加果胶的小麦面筋蛋白为对照样品。

1.3.7 持水性的测定 持水性的测定参照 Zhao 等^[11]的方法,并做适当修改。称取 0.10 g(m_1)样品置于离心管中并称重(m_2)。以 1:20 质量比的比例加入蒸馏水,搅拌 30 min 后于 3 000 r/min 条件下离心 10 min,倒去上清液后记录离心管和沉淀物的质量(m_3)。根据式(1)计算小麦面筋蛋白的持水性。

$$\text{持水性} = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \quad (1)$$

1.3.8 持油性的测定 持油性的测定参考 Javier 等^[12]的方法,并进行修改。称取 0.50 g(m_1)样品置于离心管中并称重(m_2)。加 5 mL 大豆油,用玻璃棒搅均,于 2 200 r/min 条件下离心 25 min,倒去上清液后记录离心管和沉淀物的质量(m_3)。根据式(2)计算小麦面筋蛋白的持油性。

$$\text{持油性} = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \quad (2)$$

1.3.9 起泡性与泡沫稳定性的测定 配制 1%的样品溶液 100 mL,10 000 r/min 剪切 2 min,然后立刻将溶液倒入量筒中,并记录泡沫与液体的总体积(V_0)。上述起泡性(FC)的测定参考 Bernardi 等^[13-14]的方法,并做适当的修改。按式(3)计算 FC。

$$\text{FC} = \frac{V_0 - 100}{100} \times 100\% \quad (3)$$

泡沫稳定性(FS)的测定:将上述剪切后的溶液室温静置 30 min 后,记录泡沫与液体的总体积(V_{30}),按照式(4)计算 FS。

$$\text{FS} = \frac{V_{30} - 100}{V_0 - 100} \times 100\% \quad (4)$$

1.3.10 乳化性与乳化稳定性的测定 乳化性的测定:参考赵冬艳等^[15-16]的方法,并做适当的修改。配制 0.2%的样品溶液 20 mL 于离心管中,加入 20 mL 大豆油,10 000 r/min 剪切 60 s,于 1 500 r/min 离心 300 s 后,静置,记录液体总高度(h)和乳化层高度(h_1)。按式(5)计算乳化性。

$$\text{乳化性} = \frac{h_1}{h} \times 100\% \quad (5)$$

乳化稳定性的测定:将上述离心管置于 85 ℃ 水浴锅中加热 30 min,室温静置 20 min 后,再次在离心机上用 1 500 r/min 离心 5 min,记录此时的离心管中乳化层高度(h_2)及总高度(h_3)。按式(6)计算乳化稳定性。

$$\text{乳化稳定性} = \frac{h_2}{h_3} \times 100\% \quad (6)$$

2 结果与分析

2.1 小麦面筋蛋白-果胶复合物制备条件的确定

2.1.1 果胶添加量对小麦面筋蛋白-果胶复合物溶解度的影响 由图 1 可知,随着果胶添加量的增加,复合物的溶解度逐步升高,在果胶添加量为 1% 时,复合物溶解度达到最大,达到 9.80 mg/mL,相比未添加果胶的对照样品(溶解度 2 mg/mL),溶解度提高了 3.7 倍。这是由于果胶的加入,使亲水集团增加,从而使复合物稳定;果胶含量大于 1% 时,复合物的溶解度呈现下降趋势,但基本保持不变,其原因可能是过量果胶使复合物生成反应饱和,从而导致其溶解度出现下降。故果胶的最佳添加量为 1%。

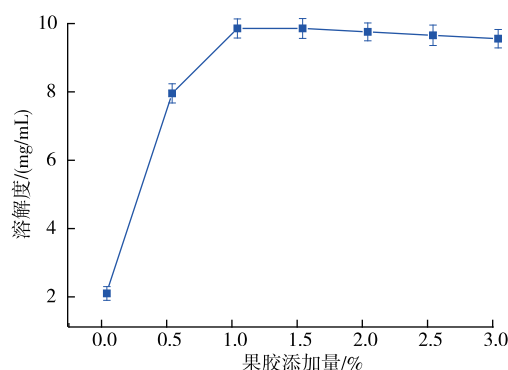


图 1 果胶添加量对复合物溶解度的影响

Fig. 1 Effect of pectin addition on the solubility of wheat gluten-pectin complexes

2.1.2 pH 对小麦面筋蛋白-果胶复合物溶解度的影响 从图 2 中看出,随着 pH 的升高,复合物与对照样品的溶解度均呈先升高后降低趋势。在 pH 为 5 时,复合物溶解度达到最大,达到 9.81 mg/mL,相比对照样品,提高了 38.0%。其原因可能是在强酸的环境下,面筋蛋白的肽键断裂,此时多糖所带电荷也较少,不宜发生静电相互作用,而 pH 为 5 左右时,多糖所带的负电荷明显增多,小麦面筋蛋白与多糖发生了静电相互作用。当 pH 大于 5 时,溶解度随着 pH 的升高而降低,分析其原因:小麦面筋蛋白的等电点大约为 6~8^[17-18],当 pH 在等电点附近时,蛋白质分子带电量减少,此时溶解度较小。因此,最佳 pH 为 5.0。

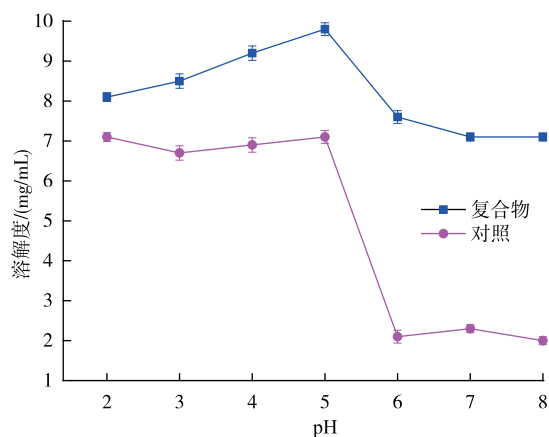


图 2 pH 对复合物溶解度的影响

Fig. 2 Effect of pH on the solubility of wheat gluten-pectin complexes

2.1.3 温度对小麦面筋蛋白-果胶复合物溶解度的影响 由图 3 可知,随着反应温度的升高,复合物的溶解度呈先升高后降低趋势,而对照样品的溶解度变化趋势不显著。在 50 ℃时,复合物溶解度达到最大,为 10.09 mg/mL。分析其原因可能是温度升高,小麦面筋蛋白分子构象轻微改变,立体结构伸展开来,这样可以使得小麦面筋蛋白和水分之间的相互作用提高,从而使其溶解性升高;但当温度再继续升高会使小麦面筋蛋白的溶解度降低。因此,最佳反应温度为 50 ℃。

2.1.4 反应时间对小麦面筋蛋白-果胶复合物溶解度的影响 由图 4 可以看出,随着反应时间的增加,复合物的溶解度呈先快速升高再缓慢降低的趋势,而对照样品溶解度变化趋势不显著。在 60 min 时,溶解度达到最高值 9.90 mg/mL。分析其原因:随

着反应时间的增加,蛋白质分子的结构会变得疏松,面筋蛋白分子与果胶分子结合得更多,复合物溶解度得到稳定;时间过长,产生大量的热量,使蛋白发生热聚集,反而对复合物的结构产生一定的影响,导致其疏水基团更加暴露造成溶解度下降。故 60 min 为最佳反应时间。

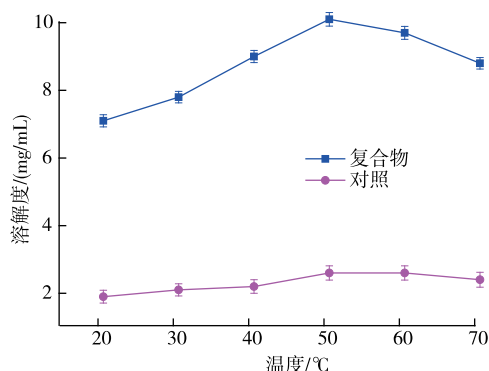


图 3 反应温度对复合物溶解度的影响

Fig. 3 Effect of temperature on the solubility of wheat gluten-pectin complexes

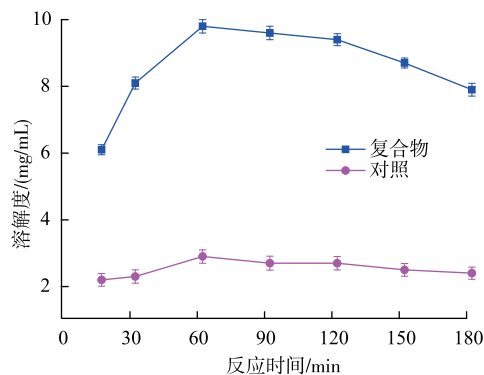


图 4 时间对复合物溶解度的影响

Fig. 4 Effect of reacting time on the solubility of wheat gluten-pectin complexes

2.2 制备工艺的优化

在单因素实验基础上,通过正交实验,考察了 1.3.4 节中的各个因素对溶解度的影响,结果分别见表 2 和表 3。

由表 2 正交实验结果可知,影响小麦面筋蛋白溶解度的因素主次关系为:果胶添加量, pH, 温度, 反应时间, 其中果胶添加量是最重要指标。另外,最佳反应组合为 A₂B₂C₃D₂, 即当果胶添加量为 1%, pH 4.5, 温度 50 ℃, 反应时间 60 min 时能最大限度地提高小麦面筋蛋白-多糖复合物的溶解度。

由表3方差分析结果可知,果胶添加量、pH和反应温度对小麦面筋蛋白的溶解度影响显著,而反应时间影响不显著。

表2 正交实验设计与结果

Table 2 Orthogonal test design and results

实验号	A	B	C	D	溶解度/(mg/mL)
1	1	1	1	1	8.15
2	1	2	2	2	8.36
3	1	3	3	3	7.78
4	2	1	2	3	9.47
5	2	2	3	1	10.39
6	2	3	1	2	9.33
7	3	1	3	2	7.80
8	3	2	1	3	7.12
9	3	3	2	1	6.82
K_1	8.10	8.47	8.20	8.45	
K_2	9.73	8.62	8.22	8.50	
K_3	7.25	7.98	8.66	8.12	
R	2.48	0.64	0.46	0.38	

表3 方差分析表

Table 3 Analysis of variance

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
果胶添加量	29.749	2	95.963	3.55	*
pH	22.949	2	74.029	3.55	*
温度	1.249	2	4.029	3.55	*
反应时间	0.692	2	2.231	3.55	
误差	2.790	18			

按上述结果所得的最佳组合方案 $A_2B_2C_3D_2$ 进行验证实验,经3次平行重复实验,求得平均溶解度为 10.44 mg/mL,与正交实验结果相符。

2.3 最优制备工艺条件对小麦面筋蛋白-果胶复合物功能性质的影响

2.3.1 溶解度 从图5可以看出,与对照组相比,混合物和复合物的溶解度均显著提高 ($p < 0.05$),分别为 6.10 和 10.23 mg/mL。相比混合物,复合物溶解度增加了 67.7%,且二者差异显著。分析其原因:果胶分子中多羟基的亲水基团使得整个复合物的亲水性增加,同时小麦面筋蛋白分子之间的空间位阻增大,从而防止了面筋蛋白分子的聚集,故小麦面筋蛋白溶解度显著提高。

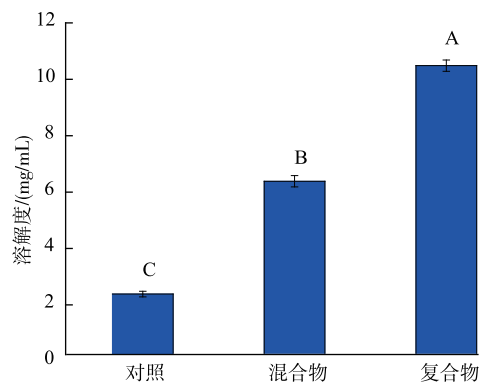


图5 溶解度

Fig. 5 Solubility

2.3.2 持水性与持油性 从图6可以看出,与对照组相比,混合物和复合物的持水性均显著提高 ($p < 0.05$),分别为 1.50 和 2.22。相比混合物,复合物持水性增加了 48.1%,且二者差异显著。持水性增加是因为果胶是亲水性分子,加入后使得小麦面筋蛋白组织结构变得疏松,其比表面积增大,从而更易与水结合,显著增大其持水能力。与对照组相比,混合物和复合物持油性有所下降。混合物的持油性为 1.80,比对照样品的 1.85 下降了 2.7%,而复合物持油性则下降到 1.20,下降了 35.1%。持油性下降是因为复合物使小麦面筋蛋白的可溶性蛋白含量增加,二级结构发生改变,疏水性减小,故持油性下降。

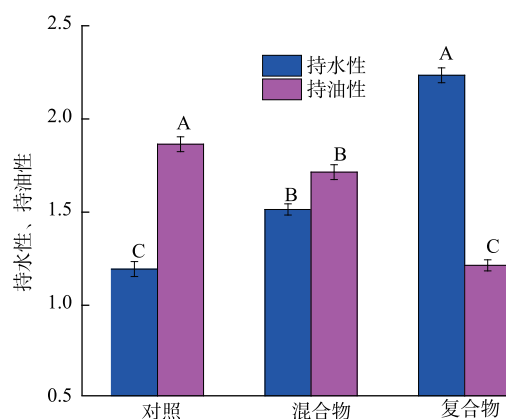


图6 持水性与持油性

Fig. 6 Water holding capacity and oil-holding capacity

2.3.3 起泡性与泡沫稳定性 从图7中看出,与对照组相比,混合物和复合物起泡性有所下降。混合物的起泡性由原来的 150.1%下降到 145.0%,下降了 5.1%。而复合物起泡性出现了进一步的下降,其起泡性为 138.2%。起泡性下降是因为加入果胶使体

系的黏度增加,而泡沫结构中薄层液体的排出速度与体系黏度呈负相关,即黏度增加,速度减慢,从而导致起泡性下降。与对照组相比,混合物和复合物泡沫稳定性均显著提高($p < 0.05$)。混合物的泡沫稳定性由原来的 60.1% 上升到 73.1%,增加了 13.0%。而复合物的泡沫稳定性进一步升高最终到达 88.2%,比对照样品的泡沫稳定性增加了 28.1%,在混合物的基础上又增加了 15.1%。这是因为果胶的加入使蛋白质吸附、展开和形成稳定的膜,使界面膜加厚,并且增加了泡沫结构中薄层液体的黏度,从而泡沫稳定性提高。

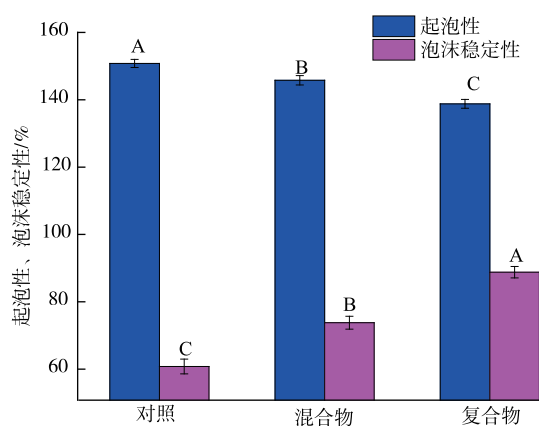


图7 起泡性与泡沫稳定性

Fig. 7 Foaming and foaming stability

2.3.4 乳化性与乳化稳定性 从图8中看出,与对照组相比,混合物和复合物乳化性与乳化稳定性均显著提高($p < 0.05$),混合物的乳化性由 8.4% 上升到 35.8%,是对照样品的 4.3 倍;而复合物的乳化性达到了 61.3%,是对照样品的 7.3 倍。混合物的乳化稳定性由原来的 2.3% 上升到 15.6%,是对照样品的 6.8 倍,而复合物的乳化稳定性达到了 26.3%,是对照样品的 11.4 倍。分析其原因是果胶的加入提高了

蛋白质的溶解度,使参与乳化作用的分子大大增加,从而提高了小麦面筋蛋白的乳化性与乳化稳定性。

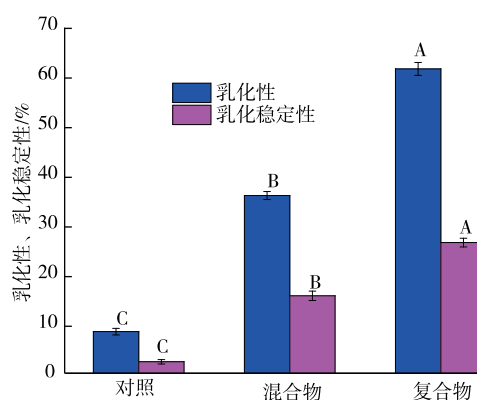


图8 乳化性与乳化稳定性

Fig. 8 Emulsibility and emulsion stability

3 结语

通过在小麦面筋蛋白溶液中加入果胶,从而制备了一种小麦面筋蛋白-果胶复合物来提高其溶解度,并且对制备工艺进行了优化;另外,还探究了该复合物的一些功能性质,得出如下结论:

1) 本实验最佳制备工艺:果胶添加量为 1%,pH 4.5,温度 50 °C,反应时间 60 min。在此条件下小麦面筋蛋白的溶解度达到 10.44 mg/mL。

2) 最佳制备工艺条件下所得小麦面筋蛋白-果胶复合物与混合物和对照组相比,乳化性与乳化稳定性、泡沫稳定性、持水性方面均显著提高,而起泡性和持油性显著降低。

3) 本实验制得的小麦面筋蛋白-果胶复合物能较好地改善小麦面筋蛋白的溶解度,并且制备工艺简单,条件温和,故其有很大市场应用性。

参考文献:

- [1] ZHANG Ruichang, XU Zhihong, LIU Linwei. The research progress of wheat protein modification technology[J]. *The Food and Feed Industry*, 2006(2): 25-27. (in Chinese)
- [2] KRUIF C G, WEINBRECK F, VRIES R. Complex coacervation of proteins and anionic polysaccharides[J]. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2004, 9(5): 340-349.
- [3] KATO A, SHIMOKAWA K, KOBAYASHI A K. Improvement of the functional properties of insoluble gluten by pronase digestion followed by dextran conjugation[J]. *J Agric Food Chem*, 1991, 39(6): 1053-1056.
- [4] RIBOTTA P D, AUSAR S F, BELTRAMO D M, et al. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins [J]. *Food Hydrocolloids*, 2005, 19(1): 93-99.

- [5] LEON A E, RIBOTTA P D, AUSAR S F, et al. Interactions of different carrageenan isoforms and flour components in breadmaking[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2000, 48(7): 2634-2638.
- [6] ZHANG Hongyin, WANG Lan, XI Yufang, et al. Acetylated modification of wheat gluten protein [J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**, 2002, 21(3): 242-243. (in Chinese)
- [7] RIBOTTA P D, AUSAR S F, BELTRAMO D M. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins [J]. **Food Hydrocolloids**, 2005, 19(1): 93-99.
- [8] YU Yinghui, GAO Xue. Pectin production technology and its application in the food [J]. **Modern Agricultural Sciences and Technology**, 2009(23): 351-352. (in Chinese)
- [9] TAO Minqiang. Effect of modified pectin and CMC on bread quality[J]. **The Food Industry**, 2001(6): 30-31. (in Chinese)
- [10] SUN Lianyi, ZHANG Lianfu, LI Jing, et al. Pectin-gluten compounds affect gluten dispersion stability [J]. **The Food Industry Science and Technology**, 2014(18): 245-248+252. (in Chinese)
- [11] ZHAO X, YANG Z, GAI G, et al. Effect of superfine grinding on properties of ginger powder[J]. **Journal of Food Engineering**, 2009, 91(2): 217-222.
- [12] JAVIER V, RAUL S V, ALFONSO C. Partially hydrolyzed rapeseed protein isolates with improved functional properties[J]. **JAACS**, 2000, 77(4): 447-450.
- [13] BEMARDI D L S, PILOSO F A M R, BARTHOLOMAL G B. Enzymatic modification of soy protein concentrates by fungal and bacterial proteases[J]. **J Am Oil Chem Soc**, 1991, 68: 102-105.
- [14] LI Weiyao, HE Zhiyong, XIONG Youling, et al. The effects of temperature on soybean separation protein foaming ability[J]. **The Food Industry Science and Technology**, 2010, 31(2): 86-88. (in Chinese)
- [15] ZHAO Dongyan, WANG Jinshui, LIU Yuchen. Emulsification of damp heat treatment to improve wheat gluten [J]. **Cereal & Feed Industry**, 2003(4): 45-47. (in Chinese)
- [16] 柳小军. 冻藏对面筋蛋白性能的影响及脱水机理研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011.
- [17] KOTSMAR C, PRADINES V S. Thermodynamics, adsorption kinetics and rheology of mixed protein-surfactant interfacial layers [J]. **Advances in Colloid and Interface Science**, 2009, 150(1): 41-54.
- [18] MALDONADO V J, PATINO J M R. Interfacial rheology of protein-surfactant mixtures [J]. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, 2010, 15(4): 271-282.

科技信息

印度 FSSAI: 垃圾食品必须贴上警告标签

2019 年 7 月 17 日, 据印度食品安全标准局(FSSAI)消息, 印度食品安全标准局最近公布了 2019 年《食品安全和标准(标签和展示)条例》草案, 草案主要内容为要求垃圾食品必须贴上警告标签。

该草案提议强制申报食品中的卡路里、盐、添加糖、饱和脂肪、转化脂肪和胆固醇的含量。

[信息来源] 食品伙伴网. 印度 FSSAI: 垃圾食品必须贴上警告标签 [EB/OL]. (2019-7-19). <http://news.foodmate.net/2019/07/527007.html>