

臭氧处理对小麦面筋蛋白功能和流变学性质的影响

钱建亚, 吴秋艳, 高晓燕

(扬州大学 食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 研究臭氧对小麦面筋蛋白功能和流变学性质的影响。结果发现, 臭氧处理可引起面筋蛋白结构改变, 蛋白质分子展开, 亲水基团和疏水基团外露, 使面筋蛋白的溶解度、起泡性、泡沫稳定性、持水力和持油力均得到提高; 随臭氧处理强度增加, 面筋蛋白的弹性模量和粘性模量增强, 表现出较强的弹性特征, 复合黏度变化幅度增大; 经臭氧处理后, 面筋蛋白分散液的剪切稳定性下降, 结构恢复能力随着臭氧处理的增强而明显下降。结果表明, 臭氧处理可改善小麦面筋蛋白粉的品质与功能。

关键词: 臭氧处理; 小麦面筋蛋白; 功能特性; 流变学特性

中图分类号: TS 211.4⁺³

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2017)01-0051-05

小麦面粉在人们的正常饮食结构中占有较大的比重。面筋蛋白是小麦籽粒的储藏蛋白, 含量 80%, 其氨基酸组成比较齐全, 是营养丰富、物美价廉的植物性蛋白源, 可作为面粉品质改良剂、营养添加剂使用^[1-2]。面筋蛋白由麦谷蛋白和麦醇溶蛋白组成, 这两种蛋白独特的氨基酸组成使面筋蛋白形成网络结构, 构成了优良的粘弹性、吸水性、延伸性、吸脂乳化性、热凝固性及薄膜成型性等性质^[3-6]。

白度是面粉分级的重要指标。以前工业中添加过氧化苯甲酰作为增白剂, 但其衍生物对人体有害^[7]。臭氧是一种强氧化剂, 来源于氧气且分解后生产氧气, 具有氧化性强、半衰期短、无害、无污染的特点^[8-9]。20世纪90年代以来, 臭氧在农产品及食品加工储藏中的应用受到广泛重视。2001年, FDA规定, 臭氧可作为直接和食品接触的添加剂使用^[10]。面筋蛋白独立的组成和性质是食品原料中独一无二的, 也决定着面粉的品质和用途, 任何针对面粉感官性质的处理, 都必须不使面筋品质变坏。前期工作^[11]了解了臭氧处理的增白效果, 本文探讨臭氧处理对面筋蛋白功能

和流变学特性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

材料: 面筋蛋白粉由河南新乡封丘县华丰粉业生产, 水分 $\leq 8\text{g}/100\text{g}$; 干基成分: 粗蛋白(N $\times 5.7$) $\geq 75\text{g}/100\text{g}$, 灰分 $\leq 1.0\text{g}/100\text{g}$, 脂肪 $\leq 1.0\text{g}/100\text{g}$; 细度: CB30号筛通过率 $\geq 99.5\%$ 且CB36筛通过率 $\geq 95\%$; 吸水率(干基) $\geq 160\%$ 。

1.2 实验方法

1.2.1 臭氧处理

称取80g面筋蛋白粉两份, 置于自制反应器中, 使用臭氧浓度为18mg/L。一份以2L/min的臭氧流量分别处理0~60min, 间隔10min; 另一份处理20min, 臭氧流量为0、1L/min、2L/min、3L/min、4L/min、5L/min。

1.2.2 溶解度测定

将1.00g面筋蛋白粉用蒸馏水配制成1% (m/v)的分散液, 磁力搅拌器上慢速搅拌1h, 2120g离心25min。采用考马斯亮蓝比色法^[12]测定上清液蛋白质的浓度(mg/mL), 以此值表示面

收稿日期: 2017-01-10

作者简介: 钱建亚(1964-), 男, 江苏泰州人, 扬州大学食品科学与工程学院教授, 博士, 博导, 从事食品化学与营养研究和粮油高效精深加工与综合利用研究;

吴秋艳(1991-), 女, 山东临沂人, 扬州大学食品科学与工程学院在读硕士研究生, 从事粮食非热加工研究。

筋蛋白的溶解度。

1.2.3 起泡性与泡沫稳定性测定

参照文献^[13]，称取0.50g面筋蛋白粉，用蒸馏水配制成100mL的分散液，组织捣碎机中10000r/min搅拌1min，倒入量筒中，测总体积记为 V_1 (mL)。静置30min，测定泡沫的体积，记为 V_2 (mL)。

$$\text{起泡性}(\%) = \frac{V_2}{V_1} \times 100$$

$$\text{泡沫稳定性}(\%) = \frac{V_2}{V_1} \times 100$$

1.2.4 持水力测定

称取1.00g面筋蛋白粉，移至离心管，称重，记为 W_1 (g)，缓慢加入5mL蒸馏水，静置20min，2120g离心15min，弃去上清液，称离心管和沉淀物重，记为 W_2 (g)^[14]。

$$\text{持水力}(\text{g/g}) = (W_2 - W_1) / 1$$

1.2.5 持油力测定

参照刘国琴等的方法^[14]，称取1.00g面筋蛋白粉，移至离心管，称重，记为 W_3 (g)，缓慢加入5mL大豆油，静置20min，2120g离心15min，弃去上清液，称离心管和沉淀物重，记为 W_4 (g)。

$$\text{持油力}(\text{g/g}) = (W_4 - W_3) / 1$$

1.2.6 弹性模量、粘性模量和复合黏度测定

称取3.00g面筋蛋白粉，加入3mL蒸馏水，

充分揉和，取适量湿面筋进行频率扫描，测定弹性模量、粘性模量和复合黏度。设定温度25℃，应力1.0Pa，频率0.1~10Hz。

1.2.7 触变性测定

参照陈秉彦等的方法^[15]，称取3.00g面筋蛋白粉，用蒸馏水配制成3%(m/v)分散液，搅拌1h后，设定温度25℃，测定时间在3min内样品剪切应力和剪切速率0.1~100s⁻¹递增和100~0.1s⁻¹递减的变化。

1.2.8 数据统计与处理

采用Excel进行数据统计分析并作图，结果以3次重复实验的平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 臭氧处理对面筋蛋白功能性质的影响

2.1.1 臭氧处理对面筋蛋白溶解度的影响

图1反映了臭氧处理对面筋蛋白溶解度的影响。与对照组相比，臭氧处理使面筋蛋白的溶解度上升。处理60min后蛋白溶解度为1.22mg/mL，相比对照组增加了48.8%(图1a)；臭氧流量对溶解度的影响与处理时间对蛋白含量的影响相似(图1b)。臭氧处理使蛋白溶解度增加，表明臭氧处理对面筋蛋白结构有破坏作用，面筋蛋白的亲水基团暴露。

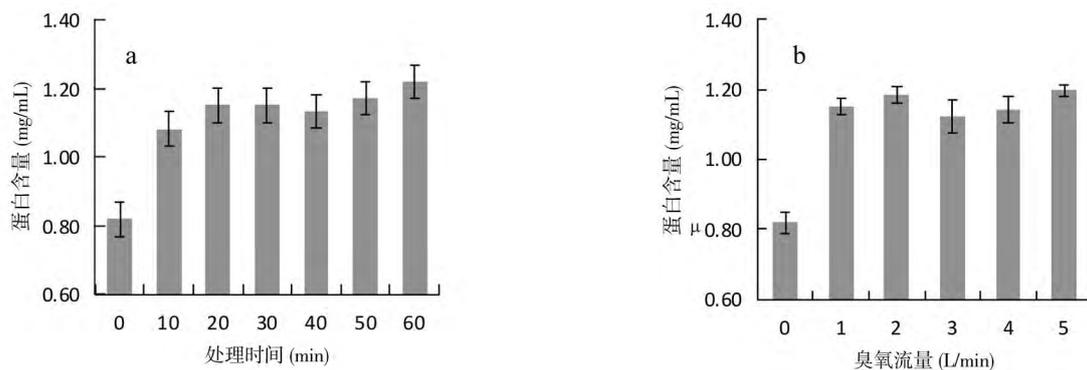


图1 臭氧处理对面筋蛋白溶解度的影响

2.1.2 臭氧处理对面筋蛋白起泡性能的影响

面筋蛋白的起泡性和泡沫稳定性随臭氧处理强度增加而增加(图2)。由图2a可知，随着臭氧处理时间延长，面筋蛋白的起泡性缓慢增强，处理60min后起泡性相比对照组增强了16%，臭氧处理时间对泡沫稳定性的影响与起泡性相似；由图2b可知，臭氧流量为1L/min时，起泡性显著增

强，相比对照组增强了11%，之后随臭氧流量增加变化幅度不大。相比于臭氧流量，处理时间对面筋蛋白起泡性能的影响更大。面筋蛋白起泡性能改善表明臭氧的氧化作用使蛋白分子内部的部分非极性基团暴露，降低了界面张力。

2.1.3 臭氧处理对面筋蛋白持水力的影响

臭氧处理显著提高面筋蛋白的持水力(图

3)。由图 3a 可知,随处理时间延长,面筋蛋白持水力持续上升,处理 10min 后持水力比对照组增加了 7.9%,处理 60min 后持水力比对照组增加了 19.6%;由图 3b 可知,臭氧流量对面筋蛋白持水力的影响较小。相比对照组,臭氧流量为 1L/

min 时面筋蛋白持水力增加了 10.4%,随着臭氧流量的进一步增加,面筋蛋白持水力不再升高。面筋蛋白持水力的提高可能与臭氧氧化使面筋蛋白内部的亲水基团暴露有关。

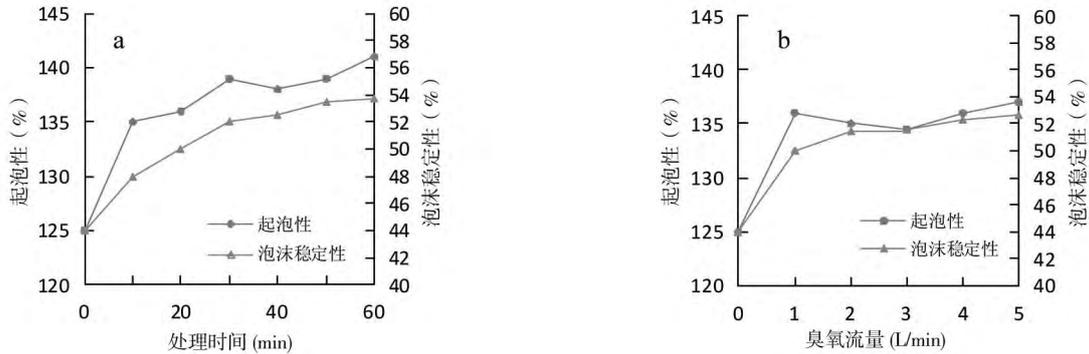


图 2 臭氧处理对面筋蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

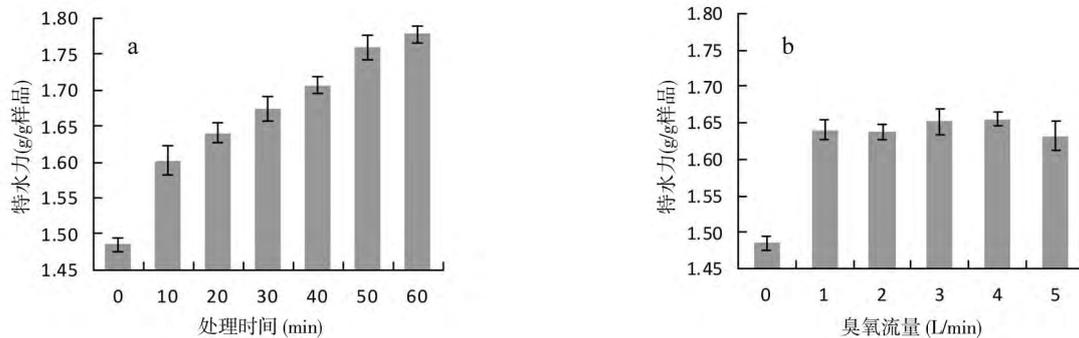


图 3 臭氧处理对面筋蛋白持水力的影响

2. 1. 4 臭氧处理对面筋蛋白持油力的影响

臭氧处理对面筋蛋白持油力有较显著的影响(图 4) 相比于臭氧流量,处理时间对持油力的影响较显著。由图 4a 可知,处理 10min 后持油力为

1.241g/g 相比对照组增加了 8.6%,处理 60min 后持油力相比对照组增加了 22.7%。臭氧处理可能导致蛋白内部的疏水基团外露,增强油和面筋蛋白间的作用力,从而提高其持油力。

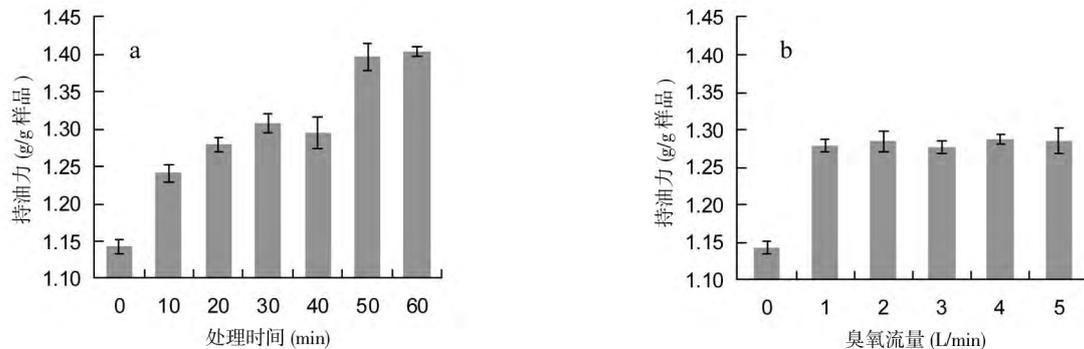


图 4 臭氧处理对面筋蛋白持油力的影响

2. 2 臭氧处理对面筋蛋白流变学特性的影响

2. 2. 1 臭氧处理对弹性模量、粘性模量和复合黏度的影响

图 5 反映了臭氧处理后频率扫描面筋蛋白弹

性模量的变化。臭氧处理与否均使面筋蛋白弹性模量增加。弹性模量代表面筋蛋白的弹性大小,臭氧处理时间越长,分子之间形成的缠绕就越强,其弹性模量也就越大。相比于臭氧流量,处理时

间对弹性模量的影响更大。

图6反映了臭氧处理后频率扫描面筋蛋白粘性模量的变化。由图6可知,臭氧处理后面筋蛋白粘性模量均增加;随着处理时间的延长和臭氧流量的增加,面筋蛋白的粘性模量均呈显著增强趋势。

由图7可知,臭氧处理与否面筋蛋白复合黏度均呈下降趋势。由图7a可知,对照组的复合黏

度从2770000cp下降了96.0%到113000cp,处理60min后的面筋蛋白的复合黏度从8508000cp下降了97.0%到258600cp。处理时间越长,复合黏度下降幅度越大;由图7b可知,处理20min,随着臭氧流量的增加,复合黏度下降趋势幅度增大,臭氧流量5L/min时,复合黏度从8030000cp下降了97.1%到233700cp。



图5 臭氧处理后频率扫描面筋蛋白弹性模量的变化

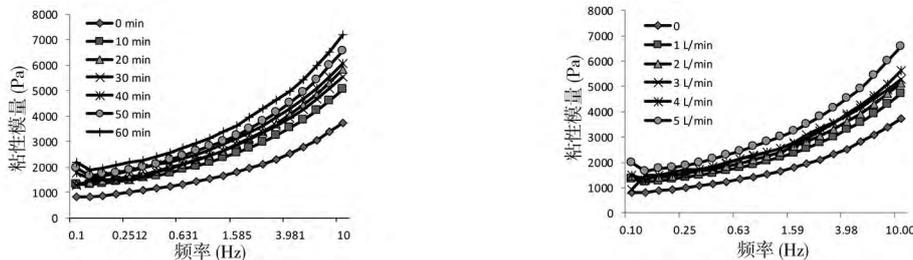


图6 臭氧处理后频率扫描面筋蛋白粘性模量的变化

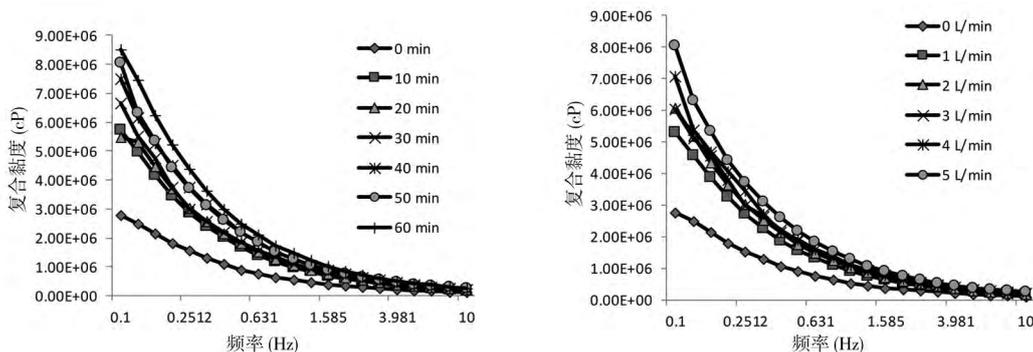


图7 臭氧处理后频率扫描面筋蛋白复合黏度的变化

2.2.2 臭氧处理对触变性的影响

表1 臭氧处理对触变性的影响

处理时间 (min)	触变环面积 N/(S·m ²)	臭氧流量 (L/min)	触变环面积 N/(S·m ²)
0	8.323	0	8.323
10	9.179	1	10.52
20	10.52	2	10.81
30	10.44	3	11.08
40	10.40	4	10.68
50	10.73	5	11.32
60	10.98		

流体的触变性是体系在恒温下“凝胶-溶胶”之间相互转换的重要表现,可衡量食品加工的稳定性^[14]。触变环面积数值越大触变性越大。臭氧处理对触变性的影响如表1所示。处理时间20min内触变环面积显著增大,20min后变化不明显。处理60min后触变环面积从对照组的8.323N/(S·m²)上升至10.98N/(S·m²)；臭氧流量增加,触变环面积也变大,臭氧流量为5L/min时,触变环面积从对照组的8.323N/(S·m²)

上升至 $11.32\text{N}/(\text{S} \cdot \text{m}^2)$ 。表明臭氧处理使面筋蛋白的剪切稳定性下降。

3 结论

臭氧处理可引起面筋蛋白分子展开,使蛋白质分子内部的亲水基团和疏水基团外露,降低界面张力,导致面筋蛋白的溶解度、起泡性、泡沫稳定性、持水力和持油力提高。臭氧处理亦改变了面筋蛋白的流变特性,即弹性模量和粘性模量增强,表现出较强的弹性特征;复合黏度变化幅度增大。静态流变特性研究表明,面筋蛋白具有明显的触变性。臭氧处理后,面筋蛋白的剪切稳定性下降,剪切结构恢复力随着臭氧处理增强而明显下降。

参考文献:

- [1] 刘国琴,阎乃瑛,陈璐瑶. 动态高压微射流对小麦面筋蛋白功能性质影响的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(5): 936-940.
- [2] 王怡然,王金水,赵谋明,等. 小麦面筋蛋白的组成、结构和特性[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 228-231.
- [3] 李桂江,周仕学,吕英海. 谷朊粉特性与应用[J]. 粮食与饲料工业, 2011(4): 31-33.
- [4] 严忠军,卞科,司建中. 谷朊粉应用概述[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(5): 16-19.
- [5] 徐颖,汪璇,刘小丹,等. 谷朊粉的功能特性及应用现状[J]. 粮食与饲料工业, 2010, 10: 29-33.
- [6] 王亚平,安艳霞. 小麦面筋蛋白组成、结构和功能特性[J]. 粮食与油脂, 2011(1): 3-4.
- [7] 袁涛,张文玲,任婷婷,等. 面粉增白剂的毒性和检测技术的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2012, 20: 41-45.
- [8] 沈群,王群. 臭氧的特性及其应用[J]. 食品科技, 2000(6): 70-71.
- [9] 蓝慎善,张有林,王若瑒. 臭氧处理对小麦储藏品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(3): 257-259.
- [10] 姜雪,于鹏. 臭氧在食品行业中的发展和应用[J]. 食品科技, 2014, 39(4): 110-111.
- [11] 高晓燕,钱建亚. 臭氧对小麦面粉增白的效果及品质的影响. 美食研究, 2015, 32(2): 61-64.
- [12] 赵静,傅泽田,路勇,等. 4种蛋白质分析方法在液态乳中的适用性研究[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(6): 43-45.
- [13] 赵伟,杨瑞金,张文斌,等. 高压脉冲电场作用下蛋清蛋白功能性质和结构的变化[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 91-96.
- [14] 刘国琴,李琳,桂林,等. 卡拉胶对大豆分离蛋白功能特性影响的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2004, 25(3): 20-23.
- [15] 陈秉彦,郭泽镇,许丽宾,等. 微波处理对莲子淀粉理化性质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(3): 217-218.

Effect of ozone on functional and rheological properties of wheat gluten protein

QIAN Jianya, WU Qiuyan, GAO Xiaoyan

(School of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225127 China)

Abstract: Ozone was used to whiten wheat flour. The effect of ozone on the functional and rheological properties of wheat gluten protein was investigated. The results showed that ozone made gluten protein molecules unfolded and the hydrophilic and hydrophobic groups exposed, causing increased solubility, foamability, foam stability, water holding capacity and oil holding capacity. The elastic modulus, viscosity modulus and compound viscosity of gluten protein increased with intensity of ozone treatment. The shear stress stability of gluten protein dispersion, being a thixotropic fluid, declined for ozone treatment.

Key words: ozone treatment; wheat gluten protein; functional properties; rheological properties

(责任编辑:赵勇)