

臭氧水润麦生产低菌化小麦粉的研究

周建新*, 黄永军, 张杜鹃, 樊艳

(南京财经大学食品科学与工程学院, 江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心, 江苏高校粮油质量安全控制及深加工重点实验室, 南京 210023)

摘要: **目的** 优化臭氧水润麦生产低菌化小麦粉工艺条件。**方法** 用不同浓度臭氧水和温度润麦, 并对小麦粉进行微生物和品质指标检测。**结果** 20 °C润麦时, 浓度为 5.5 mg/L 的臭氧水能显著降低小麦粉中微生物含量($P<0.05$), 且对小麦粉脂肪酸值和色彩色差值等品质指标无负面影响; 同一臭氧水浓度润麦时, 温度与小麦粉中微生物含量之间基本呈极显著的正相关($P<0.05$), 温度较低时, 对小麦粉品质指标未产生负面影响。综合考虑减菌效果和对小麦粉品质的影响, 润麦时选择臭氧水浓度为 5.5 mg/L, 温度为 10 °C, 在此工艺下小麦粉中的细菌总数、需氧芽孢数和霉菌量分别为 310、210、230 cfu/g, 蜡样芽孢杆菌和大肠杆菌均 <10 cfu/g。**结论** 本方法能够生产低菌化小麦粉。

关键词: 臭氧水; 润麦; 工艺条件; 低菌化小麦粉

Study on producing flour of less bacterium with wheat tempered by ozone water

ZHOU Jian-Xin*, HUANG Yong-Jun, ZHANG Du-Juan, FAN Yan

(College of Food Science and Engineering, Nanjing University of Finance and Economics, Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety, Key Laboratory of Grains and Oils Quality Control and Processing, Nanjing 210023, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the process of the flour of less bacterium with domestic wheat tempered by ozone water. **Methods** The microbial and qualitative indicators of wheat flour were determined by the different concentrations of ozone water and temperature tempering before wheat milling. **Results** Tempering with 5.5 mg/L concentration of ozone water could significantly reduce microbial contents in wheat flour ($P<0.05$) and the quality properties did not change at 20 °C. The microbial content of wheat flour were significantly positively correlated ($P<0.05$) with temperature when tempering in the same concentration of ozone water. The qualities of wheat flour did not have a negative impact as the tempering temperature. The optimal conditions of tempering based on effect of reducing bacteria and quality of wheat flour were as follow: the concentration of ozone water 5.5 mg/L and temperature 10 °C. The amounts of aerobic bacteria, aerobic bacterial spores and moulds were 310 cfu/g, 210 cfu/g and 230 cfu/g respectively and the number of *Bacillus cereus* and *Escherichia coli* were <10 cfu/g in wheat flour producing in the technological conditions. **Conclusion** This method can produce wheat flour of less bacterium.

KEY WORDS: ozone water; tempering; technological conditions; wheat flour of less bacterium

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB24490003)、江苏高校优势学科建设工程资助项目

Fund: Supported by Agricultural Science and Technology Achievements Transformation Project of Ministry of Science and Technology (2011GB24490003), and the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions

*通讯作者: 周建新, 教授, 主要研究方向为食品微生物学和粮食储藏。E-mail: zhoujx1964@163.com

*Corresponding author: ZHOU Jian-Xin, Professor, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China. E-mail: zhoujx1964@163.com

1 引言

小麦从田间生长到流通过程中不可避免地要与土壤和其他物体接触,使之表面携带有大量的且种类繁多的微生物。在小麦粉生产过程中,小麦破碎后其皮层将和胚乳接触,这些微生物大部分会在这个过程中进入小麦粉^[1],加工过程特别是润麦过程,会造成微生物的显著增加^[2],由于我国小麦带菌量高,小麦粉标准中没有微生物限量指标,导致小麦粉中微生物含量较高,一旦环境条件适宜,即造成发热霉变,且在使用时无法淘洗和大量杀菌,烘焙时也不能完全杀灭耐热菌,从而严重影响食品安全。为此国内大型食品加工企业对原料小麦粉的微生物指标提出了明确要求(芽孢数 5.0×10^2 cfu/g、细菌总数 2.0×10^3 cfu/g、霉菌数 3.0×10^2 cfu/g),但目前国内尚无低菌小麦制粉技术的情况下,难以用国产小麦加工出满足微生物限量要求的小麦粉^[3]。为此,除对原料小麦进行减菌化处理外^[4-6],控制润麦过程的微生物滋生也是一种有效的选择。

近年来,臭氧气体在粮食、食品保鲜与加工中得到了广泛应用^[7-12]。而臭氧水是由臭氧气体与水充分混合后所得,张鸿等^[13]将不同浓度的臭氧水作用于鲜苹果表面的微生物,结果表明浓度为 0.694 mg/L 的臭氧水能杀死苹果表面 56.34% 的微生物,效果显著。Gaou 等^[14]用大鼠研究了臭氧水润麦的安全性,结果表明臭氧水处理小麦后生产的小麦粉经大鼠口服后与对照组无差异。谭静等^[15]采用不同浓度臭氧水润麦,结果表明,臭氧水浓度超过 8 mg/L 时能显著降低小麦粉及其副产物中的细菌和霉菌量,并且对小麦粉品质指标无负面影响,但未对最影响食品安全的耐热芽孢菌、大肠杆菌和蜡样芽孢杆菌进行检测,更未考虑润麦温度对这些有害微生物的影响。因此,本研究对于开发小麦绿色加工技术和保障小麦粉及其加工品的食用安全具有现实意义。

2 材料与方法

2.1 实验材料

小麦:白硬麦,二等,2011年收获,常规储藏3个月,含水量12.5%,南京铁心桥国家粮食储备库石埠桥库区。

2.2 仪器与设备

JR-Y10 型臭氧水一体机:南京金仁环保科技有限公司;Quadrumat Junior 型磨粉机:德国 Brabender 公司;SW-CJ-1F 型单人双面净化工作台:苏州净化设备有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;SYQ-DSX-280B 型不锈钢压力蒸汽灭菌器:上海申安医疗器械厂;GNP-9160 型隔水式恒温培养箱:上海三发科学仪器有限公司;HY-4 型调速多用振荡器:国华电器有限公司;CM-5 型分光测色计,柯尼卡美能达公司。

2.3 实验方法

2.3.1 臭氧水浓度对润麦后小麦和小麦粉微生物和品质指标的影响

每份经清理小麦 1 kg 放入 1000 mL 的无菌烧杯中,分别用浓度 1.5、5.5、9.5 mg/L 臭氧水(臭氧发生器以氧气源产生臭氧气体后,压入含水的专用容器中,形成臭氧水,通过控制臭氧气体流量和时间调节臭氧水浓度,以下同)喷洒,要求边喷洒边搅拌,使样品与臭氧水均匀混合后,含水量达到 15% 的入磨要求,对照组采用无菌水润麦。双层保鲜膜封口,放置于 20 °C 的培养箱润麦。每隔一段时间颠动烧杯使润麦均匀,润麦 24 h,制粉过筛 80 目,进行指标检测。

2.3.2 臭氧水润麦温度对小麦和小麦粉微生物和品质指标的影响

每份经清理小麦 1 kg 放入 1000 mL 的无菌烧杯中,分别用浓度为 5.5 mg/L 臭氧水润麦,对照组采用无菌水润麦,放置于 10、20、30、40 °C 的恒温培养箱润麦,每隔一段时间颠动烧杯使润麦均匀,润麦 24 h,制粉过筛 80 目,进行指标检测。

2.3.3 测定指标

反映低菌化小麦粉和食品安全的微生物指标有菌落(细菌)总数、需氧芽孢数、蜡样芽孢杆菌、霉菌量、大肠杆菌,反映小麦粉品质指标的包括脂肪酸值和色彩色差值。

菌落总数的测定按照 GB 4789.2-2010;需氧芽孢数按照 NY/T1331-2007;蜡样芽孢杆菌按照 SN 0176-92;霉菌量按照 GB 4789.15-2010;大肠杆菌按照 GB 4789.3-2010 平板计数法;脂肪酸值按照 GB/T 15684-1995;色彩色差值:按照仪器说明书中的使用方法进行测定;臭氧水浓度按照 GB 28232-2011 碘量法。

2.4 数据处理

每个实验重复 3 次, 每个指标测定重复 3 次, 测定数据通过 Excel 处理, 结果报告采用平均值±标准差, 并用 SPSS 软件进行显著性分析。

3 结果与讨论

3.1 臭氧水浓度对润麦后小麦和小麦粉微生物和品质指标的影响

不同浓度臭氧水润麦(温度 20 °C)时, 小麦和小麦粉中微生物含量变化如表 1 所示。由表 1 可知, 与对照组相比, 臭氧水能有效控制润麦环节的微生物滋生, 显著降低润麦后小麦、小麦粉中的微生物含量, 且臭氧水浓度越高, 效果越显著。臭氧水浓度为 5.5 mg/L 时, 小麦粉中的细菌、需氧芽孢数、蜡样芽孢杆菌、大肠杆菌和霉菌量分别下降 13.4%、17.1%、100%、100%和 15.6%; 臭氧水浓度为 9.5 mg/L 时, 分别下降 21.8%、30.0%、100%、100%和 24.1%; 臭氧水对蜡样芽孢杆菌和大肠杆菌的杀菌效果最好。对臭

氧水浓度和小麦粉带菌量做相关性分析, 结果如表 2 所示, 从中可以看出, 小麦粉中的细菌、需氧芽孢数、蜡样芽孢杆菌和霉菌量与臭氧水浓度之间呈极显著负相关($P<0.05$), 大肠杆菌与臭氧水浓度之间为显著负相关($P<0.05$)。

脂肪酸值反映小麦粉中脂肪分解成脂肪酸的程度, 脂肪酸升高, 意味着小麦粉品质下降。色彩色差值可评价小麦粉, L , a , b 是反映小麦粉色度的指标, L 为亮度值, L 为 0-100, L 值越大说明小麦粉越白, a 表示小麦粉红绿值, b 为黄蓝值, a 或 b 越大说明小麦粉颜色越差。不同浓度臭氧水润麦对小麦粉品质指标的影响如 3 所示, 从中可知, 1.5、5.5 mg/L 浓度时对小麦粉的脂肪酸值和色彩色差值无明显的负面影响。但臭氧水浓度为 9.5 mg/L 时, 对小麦粉的脂肪酸值和色彩色差值有明显的负面影响。因此在使用臭氧水润麦时, 其浓度不能太高。综合考虑臭氧水对终产品小麦粉微生物和品质指标的影响, 以 5.5 mg/L 浓度为宜。

表 1 不同浓度臭氧水润麦对小麦和小麦粉中微生物含量影响(单位: 1 g cfu/g)

Table 1 Effect on the changes of microbial counts by tempering with different concentration of ozonated water(1 g cfu/g)

微生物类别	臭氧水浓度/mg·L ⁻¹	润麦前小麦	润麦后小麦	小麦粉
菌落总数	0		4.47±0.02 ^a	3.50±0.01 ^a
	1.5	4.46±0.01	4.43±0.01 ^b	3.26±0.01 ^b
	5.5		4.41±0.02 ^c	3.03±0.01 ^c
	9.5		4.12±0.02 ^d	2.74±0.01 ^d
0	4.36±0.00 ^a		3.33±0.03 ^a	
需氧芽孢数	1.5	4.19±0.02	4.31±0.01 ^b	2.85±0.01 ^b
	5.5		4.29±0.02 ^c	2.76±0.05 ^c
	9.5		3.48±0.02 ^d	2.33±0.01 ^d
	0		3.00±0.02 ^a	2.56±0.03 ^a
蜡样芽孢杆菌	1.5	2.95±0.02	2.84±0.01 ^b	1.00±0.01 ^b
	5.5		2.16±0.04 ^c	<1.00 ^c
	9.5		1.48±0.02 ^d	<1.00 ^c
	0		3.27±0.01 ^a	1.92±0.17 ^a
大肠杆菌	1.5	3.10±0.02	<1.00 ^b	<1.00 ^b
	5.5		<1.00 ^b	<1.00 ^b
	9.5		<1.00 ^b	<1.00 ^b
	对照		3.29±0.02 ^a	3.20±0.02 ^a
霉菌量	1.5	3.27±0.02	2.73±0.02 ^b	2.94±0.02 ^b
	5.5		2.60±0.01 ^c	2.70±0.02 ^c
	9.5		2.35±0.02 ^d	2.43±0.01 ^d

注: 润麦后小麦及小麦粉各微生物指标同列数据右肩字母表示差异显著性, 字母相同为差异不显著($P>0.05$), 字母不同为差异显著($P<0.05$)。

表2 小麦粉中微生物量和臭氧水浓度的相关性分析

Table 2 Correlative coefficient between microbial counts of wheat flour and the concentration of ozonated water

	细菌总数	需氧芽孢总数	蜡样芽孢杆菌	大肠杆菌含量	霉菌含量
臭氧水浓度	-0.960**	-0.806**	-0.928**	-0.711*	-0.960**

注: *表示二者显著相关; **表示二者极显著相关($P<0.05$)。

表3 不同浓度臭氧水润麦对小麦粉品质指标的影响

Table 3 Effect on quality properties of wheat flour by tempering with different concentration of ozonated water

臭氧水浓度/mg·L ⁻¹	脂肪酸值 KOH mg/100 g 干基	小麦粉色彩色差值		
		L(亮度)	a(红色指数)	b(黄色指数)
对照	25.50±0.01	93.50	0.39	8.55
1.5	25.80±0.01	92.43	0.50	9.54
5.5	26.46±0.01	92.51	0.50	9.24
9.5	32.53±0.01	85.43	0.61	10.38

3.2 臭氧水润麦温度对小麦和小麦粉微生物和品质指标的影响

同一浓度臭氧水(5.5 mg/L)在不同温度润麦, 微生物含量分别如图 1~5、品质指标变化如表 4 所示。随着润麦温度的升高, 小麦粉中的各微生物指标基本呈增加趋势; 臭氧水润麦获得的小麦粉各微生物指标低于相应对照组; 在较低温度臭氧水润麦时, 对小麦粉的脂肪酸值和色彩色差值无明显的负面影响。

小麦粉微生物量和臭氧水润麦温度相关性分析结果如表 5 所示, 小麦粉中的细菌总数、需氧芽孢数和蜡样芽孢杆菌与润麦温度之间呈极显著正相关($P<0.05$), 这说明随着润麦温度的升高, 这些指标值也随之升高, 润麦温度对其有极显著的影响。对于大肠杆菌, 其用臭氧水润麦后, 未被检出; 对于霉菌量, 由于其最适生长温度为 25 °C~28 °C, 与润麦温度之间无正相关。

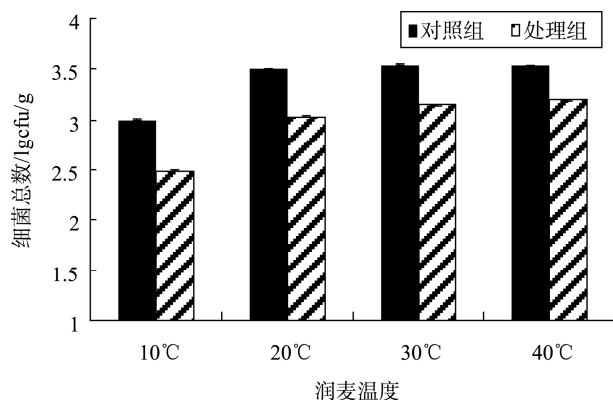


图1 润麦温度对小麦粉中细菌总数的影响

Fig. 1 Effect of tempering temperature on aerobic bacteria of wheat flour

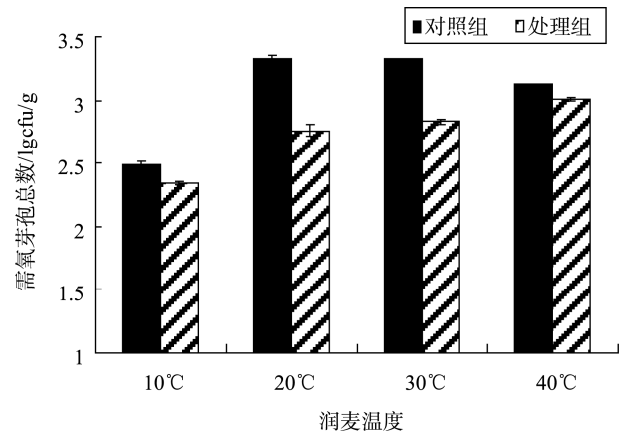


图2 润麦温度对小麦粉中需氧芽孢总数的影响

Fig. 2 Effect of tempering temperature on aerobic bacterial spores of wheat flour

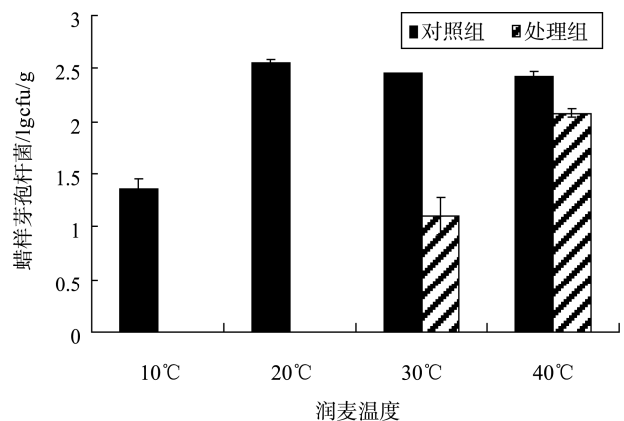


图3 润麦温度对小麦粉中蜡样芽孢杆菌的影响

Fig. 3 Effect of tempering temperature on *Bacillus cereus* of wheat flour

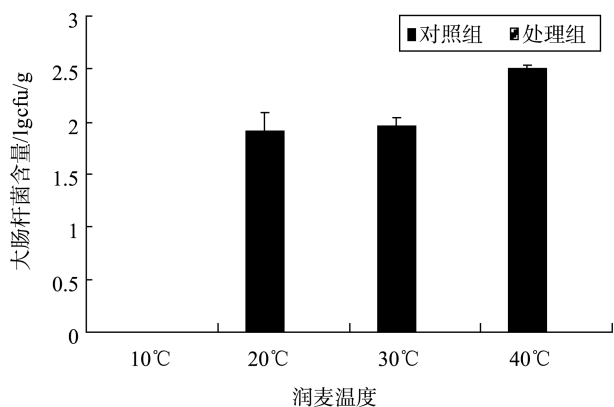


图 4 润麦温度对小麦粉中大肠杆菌的影响

Fig. 4 Effect of tempering temperature on *Escherichia coli* of wheat flour

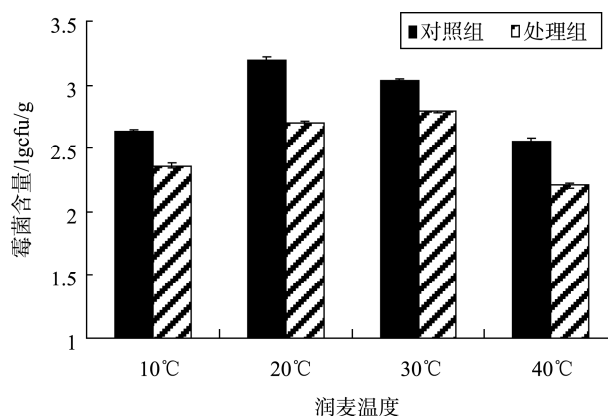


图 5 润麦温度对小麦粉中霉菌含量的影响

Fig. 5 Effect of tempering temperature on moulds of wheat flour

表 4 润麦温度对小麦粉品质指标的影响

Table 4 Effect of tempering temperature on quality properties of wheat flour

润麦温度	类别	脂肪酸值 KOH mg/100 g 干基	小麦粉色彩色差值		
			L(亮度)	a(红色指数)	b(黄色指数)
10 °C	对照	25.70±0.03	92.69	0.54	9.53
	处理	26.14±0.01	92.73	0.51	9.50
20 °C	对照	25.50±0.01	93.50	0.39	8.55
	处理	26.46±0.01	92.51	0.50	9.24
30 °C	对照	28.02±0.03	92.60	0.49	9.66
	处理	28.23±0.01	92.82	0.45	9.34
40 °C	对照	27.59±0.03	92.69	0.47	9.64
	处理	28.42±0.01	92.93	0.41	9.08

表 5 小麦粉带菌量和臭氧水润麦温度的相关性分析

Table 5 Correlative coefficient between the microbial counts of wheat flour and tempering temperature

	细菌总数	需氧芽孢数	蜡样芽孢杆菌
臭氧水润麦温度	0.890**	0.946**	0.946**

注: *表示二者显著相关; **表示二者极显著相关(P<0.05)。

4 结 论

臭氧水能有效控制润麦环节的微生物滋生, 降低最终产品小麦粉中的微生物含量, 20 °C 润麦时, 浓度为 5.5 mg/L 的臭氧水能显著降低小麦粉中微生物含量(P<0.05), 且对小麦粉脂肪酸值和色彩色差值等品质指标无负面影响; 同一臭氧水浓度润麦时, 温度与小麦粉中微生物含量之间基本呈极显著的正相关(P<0.05), 温度较低时, 对小麦粉品质指标未产生负

面影响。综合考虑减菌效果和对小麦粉品质的影响, 润麦时选择臭氧水浓度为 5.5 mg/L, 温度为 10 °C, 在此工艺下小麦粉中的细菌总数、需氧芽孢数和霉菌量分别为 310、210、230 cfu/g, 蜡样芽孢杆菌和大肠杆菌均 < 10 cfu/g, 达到了国内大型食品加工企业对原料小麦粉的微生物指标的要求。

参考文献

[1] Arvanitoyannis ISA, Traikou A. A comprehensive review of the

- implementation of hazard analysis critical control point (HACCP) to the production of flour and flour-based products [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2005, 45(5): 327–370.
- [2] 曾朝珍, 张晓琳, 俞建民, 等. 小麦粉生产过程中微生物的变化规律研究[J]. *现代食品科技*, 2008, 24(9): 861–864.
Zeng CZ, Zhang XL, Yun JM, *et al.* Quantitative changes of microorganism in wheat flour processing [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2008, 24(9): 861–864.
- [3] 刘小平, 王璐. 新型除菌设备在小麦制粉中的应用研究[J]. *现代面粉工业*, 2011, 25(3): 21–24.
Liu XP, Wang L. Applicative Research of New Aseptic Equipment in wheat flour Processing [J]. *Mod Flour Milling Ind*, 2011, 25(3): 21–24.
- [4] 周建新, 张杜鹃, 林姣. 臭氧处理小麦生产低菌粉的研究[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(6): 15–19.
Zhou JX, Zhang DJ, Lin J, *et al.* Study on producing flour of less bacterium with wheat treated by ozone [J]. *J Chin Cereals Oils Assoc*, 2013, 28(6): 15–19.
- [5] 张杜鹃. 低菌小麦粉生产关键技术研究[D]. 南京: 南京财经大学, 2012.
Zhang DJ. Study on key technology of producing the flour of less bacterium [D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2012.
- [6] 周建新, 包月红, 张杜鹃, 等. 臭氧处理对小麦带菌量和脂肪酸值影响的研究[J]. *粮食储藏*, 2013, 42(3): 27–29.
Zhou JX, Bao YH, Zhang DJ, *et al.* Ozonization effect on microbial counts and fatty acid value of wheat [J]. *Grain Storage*, 2013, 42(3): 27–29.
- [7] Algirdas R, Albinas L, Dainius S, *et al.* Application of ozone for reduction of mycological Infection in wheat grain [J]. *Ann Agric Env Med*, 2006, 13: 287–294.
- [8] Wu JN, Doan H, Cuenca MA. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat [J]. *Chem Technol Biotechnol*, 2006, 81: 1288–1293.
- [9] 秦宁, 郭道林, 王双林, 等. 臭氧对两种主要储粮真菌的抑制作用研究[J]. *粮食储藏*, 2011, 40(5): 3–6.
- Qin N, Guo DL, Wang SL, *et al.* Inhibition effect of ozone on two kinds of main fungi in stored grain [J]. *Grain Storage*, 2011, 40(5): 3–6.
- [10] Kells SA, Mason LJ, Maier DE, *et al.* Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize [J]. *J Stored Prod Res*, 2001, 37(4): 371–382.
- [11] Tiwari BK, Brennan CS, Curran T, *et al.* Application of ozone in grain processing [J]. *J Cereal Sci*, 2010, 51(3): 248–255.
- [12] 耿玉秋, 农绍庄, 伊霞, 等. 臭氧对脱水蔬菜杀菌效果的影响[J]. *保鲜与加工*, 2006, 6(5): 40–42.
Geng YQ, Nong SZ, Yi X, *et al.* Effect of sterilization effect of ozone on several dehydrated vegetable [J]. *Storage Process*, 2006, 6(5): 40–42.
- [13] 张鸿, 饶景萍, 韩军岐. 臭氧水对鲜食苹果表面微生物的影响[J]. *陕西农业科学*, 2009, 55(5): 65–66, 141.
Zhang H, Rao JP, Han JQ. The effects of ozone water on the surface of a fresh apple microorganisms [J]. *Shaanxi J Agric Sci*, 2009, 55(5): 65–66, 141.
- [14] Gaou I, Dubois M, Pfohlleszkowic A, *et al.* Safety of Oxygen an ozone treatment on wheat grains. Part 1. A four-week toxicity study in rats by dietary administration of treated wheat [J]. *Food Addit Contam*, 2005, 22(11): 1113–1119.
- [15] 谭静, 张晓琳, 陶浩瀚, 等. 臭氧水润麦对小麦粉及其副产物中微生物和品质指标的影响[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(10): 76–79.
Tan J, Zhang XL, Tao HH, *et al.* Effect of tempering with ozone water on the microorganism and quality properties of wheat flour and its by-products [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2009, 30(10): 76–79.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



周建新, 教授, 主要研究方向为食品微生物学和粮食储藏。
E-mail: zhoujx1964@163.com