

文章编号:1673-1689(2009)02-0150-06

麦苗粉的微波杀菌

王瑞^{1,2}, 张慤^{*1,2}, 范柳萍^{1,2}, 孙金才³

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 3. 海通食品集团有限公司, 浙江 宁波 315300)

摘要: 研究了微波功率、杀菌时间、物料量对麦苗粉杀菌效果的影响,在此基础上,以菌落总数和 a^* 值为考察指标,采用正交试验进一步优化了麦苗粉微波杀菌的最佳条件,并与常规加热杀菌方法相比较;分析了麦苗粉杀菌前及经过最优工艺微波杀菌后的品质变化。结果表明,微波功率、杀菌时间对杀菌效果有重要影响,试验所得的麦苗粉最佳微波杀菌工艺为:微波功率 510 W,时间 120 s,物料用量 12 g。与常规加热处理相比,麦苗粉采用微波杀菌不仅能达到较好的杀菌效果,而且品质保持良好。微波杀菌后麦苗粉的外观、色泽变化小;水分、灰分、总糖等理化指标基本不发生变化;叶绿素、维生素 C 等营养成分损失少。

关键词: 麦苗粉; 微波; 杀菌

中图分类号: TS 255. 3

文献标识码: A

Study on Barley Grass Powder Sterilization by Microwave Heating

WANG Rui^{1,2}, ZHANG Min^{*1,2}, FAN Liu-ping^{1,2}, SUN Jin-cai³

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Haitong Food Group Ltd. Co, Ningbo 315300, China)

Abstract: In this study, microwave was used to sterilize the barley grass powder. The influence of microwave power, heating time and material dosage on sterilization were investigated by the single factor experiment, then an orthogonal experiment was designed to optimize the processing of microwave sterilization using the microbial count and " a^* " value as experimental target. In addition, we also studied the quality variety of the sterilized barley grass powder comparing traditional sterilizing method with microwave sterilization. The results indicated that microwave power, heating time exhibit an important influence on the sterilizing effect, and the optimal parameter combination is list as follows: microwave power is 510 W, heating time is 120 s, material dosage is 12 g. Compared with traditional heating method, microwave sterilization of barley grass powder could achieve a preferable sterilizing effect with little quality deterioration. The barley grass powder sterilized with microwave heating contains higher Vc content, chlorophyll content and total sugar content than the one by traditional sterilizing method.

Key words: barley grass powder, microwave, sterilization

收稿日期: 2007-10-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062); 国家 863 计划项目(2007AA100406)。

作者简介: 王瑞(1981-), 女, 河南新郑人, 食品科学与工程博士研究生。

* 通讯作者: 张慤(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

果蔬粉是脱水果蔬的延伸产品。脱水果蔬是新鲜果蔬经过干燥脱水加工成的方便食品,但在加工、储运过程中由于各种原因,如原料本身含菌量高,生产加工过程中难以杀灭害虫虫卵和微生物,原料或成品保管不善,生产过程中的污染等^[1-3],很容易造成微生物超标,并由此造成巨大损失。由于脱水果蔬食品本身的特殊性,一般的加热或化学杀菌方法均不适用,为达卫生指标,目前脱水果蔬粉杀菌处理应用最多的是 γ 射线辐照杀菌技术。辐照在一定程度上可有效地控制微生物,提高果蔬粉卫生质量,但其存在以下缺点:受辐射源的地点限制,产生辐照异味或辐照物残留,使食品特有香气损失,一些产品辐照处理后色泽变化较大。另外,辐照产品的安全性问题许多人存在顾虑,尽管目前国内对辐照食品的安全性尚无定论,但日韩及欧盟等国家却严格限制进口经过辐照处理的食品原料。因此,寻求替代的杀菌方法显得比较重要。

微波杀菌是近年新兴的一项辐射杀菌技术,它不同于X射线和 γ 射线,是一种非电离辐射。微波杀菌的原理在于由微波产生的温度场热效应和电磁场非热效应均能杀菌^[4-5]。研究微波能对食品进行杀菌,国外已有40多年。自20世纪70年代以来,我国微波杀菌技术在食品行业中的应用亦已达20项之多。近年来微波杀菌方面的研究所涉及到的食品有牛乳^[6]、面包^[7]、肉制品^[8-10]、调味品^[11-12]等,而对脱水蔬菜粉的杀菌及效果,国内外的报道还很少。本课题采用单因素试验和正交试验,研究了麦苗粉微波杀菌效果,并分析了微波杀菌对其品质的影响,以探索微波在脱水蔬菜制品杀菌中应用的可行性。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

麦苗粉:浙江海通集团提供。

微波炉为海尔MF-2485EGS(N)型,输出功率850 W;另有恒温培养箱、高压灭菌锅、无菌操作台、电热干燥箱、紫外-可见分光光度计、Kangguang SC-80C型全自动色差计。

1.2 实验方法

先用单因素试验研究了微波功率、杀菌时间、物料量对麦苗粉杀菌效果的影响,在此基础上设计了正交试验,进一步优化了麦苗粉微波杀菌的最佳条件。之后用微波杀菌最佳条件与常规加热杀菌方法相比较,研究了微波杀菌对麦苗粉品质的影响。

麦苗粉的微波杀菌方法及要点为:称取麦苗粉置于经过灭菌的培养皿(ϕ 90 mm)中,放微波炉中杀菌,每次杀菌都放在同一位置,杀菌后检测微生物指标。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 微生物检测

菌落总数的测定:参见GB/T 4789.2-2003。

大肠菌群的测定:参见GB/T 4789.3-2003。

1.3.2 品质检测

色泽测定^[13]:采用食品工业中常用的CIE $L^*a^*b^*$ 均匀色空间表色系统,应用Kangguang SC-80C型全自动色差计测定麦苗粉的色泽。其中 L^* 代表亮度(白-黑),其值越小表明越暗; a^* 代表红-绿程度,其值越小表明越绿; b^* 代表黄-蓝程度,其值越小表明越蓝。总色差:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

水分含量测定:直接干燥法^[14]。

维生素C测定:2,6-二氯酚滴定法^[15]。

叶绿素测定:分光光度法^[15]。

总糖测定:蒽酮比色法^[14]。

灰分测定:见文献[14]。

2 结果与讨论

2.1 麦苗粉微波杀菌

2.1.1 微波功率对杀菌效果的影响 麦苗粉6 g,在5种不同微波功率(850、680、510、340、170 W)下杀菌90 s,分别测定微生物指标。麦苗粉杀菌效果见表1。

表1 微波功率对麦苗粉微生物数量的影响

Tab. 1 Effect of microwave output power on the microbial count

功率/W	菌落总数(cfu)/ g ⁻¹	大肠菌群(MPN)/ hg ⁻¹
850	2 200	<30
680	2 500	<30
510	3 800	<30
340	15 000	40
170	21 000	40
对照	35 000	230

由表1可看出,微波功率对麦苗粉杀菌效果有着重要影响,随着微波功率的增加,杀菌后麦苗粉中的菌落总数和大肠菌群逐渐减少,但是由于微波功率过高(850 W)导致了麦苗粉出现焦糊现象,因此选定680、510、340 W作为下面正交优化试验的水平值。

2.1.2 微波杀菌时间对麦苗粉杀菌效果的影响

取麦苗粉同量(6 g),在同微波功率(510 W)条件下,用不同的杀菌时间(30、60、90、120、150 s)进行微波杀菌,杀菌效果见表2。

表2 微波杀菌时间对麦苗粉微生物数量的影响

Tab. 2 Effect of microwave heating time on the microbial count

时间/s	菌落总数(cfu)/ g ⁻¹	大肠菌群(MPN)/ hg ⁻¹
30	5 300	230
60	4 400	40
90	3 400	<30
120	2 400	<30
150	1 900	<30
对照	35 000	230

由表2可看出,与对照相比各组试验都有较好的杀菌效果,并且随着微波处理时间延长,麦苗粉的杀菌程度逐渐提高,菌落总数逐渐下降,90 s后大肠菌群 MPN 值<30 hg⁻¹。同时观察到,微波时间过长(150 s)虽然杀菌效果最好,但麦苗粉出现了部分焦糊现象,这可能是由于麦苗粉中水分含量较低,加热时间过长使水分蒸发,产品局部过热引起。因此下一步优化试验时选择杀菌时间水平为60、90、120 s。

2.1.3 物料量对麦苗粉微波杀菌效果的影响 分别称取麦苗粉3、6、9、12、15 g,在相同的微波功率510 W条件下,杀菌90 s,物料量对麦苗粉杀菌效果的影响见表3。

表3 物料量对麦苗粉微生物数量的影响

Tab. 3 Effect of material dosage on the microbial count

物料量/g	菌落总数(cfu)/ g ⁻¹	大肠菌群(MPN)/ hg ⁻¹
3	22 000	230
6	3 400	<30
9	3 600	<30
12	3 750	<30
15	4 150	90
对照	35 000	230

从表3可以看出,麦苗粉量对杀菌效果的影响比较复杂。在物料量为6、9、12 g时,麦苗粉的微波杀菌效果较好,与未杀菌的麦苗粉相比,其菌落总数大约可降原来的90%,大肠菌群 MPN 值都降至<30 hg⁻¹,这主要是由于在微波场的一定穿透深度下,物料量对微波杀菌的影响不大。而由于在相同

时间内微波炉中的微波能是一定的,物料量过多时(15 g)杀菌效果也不好。物料量为3 g时含有较高的菌落总数,杀菌效果差,这可能是由于物料量太少时,微波杀菌时麦苗粉中水分快速蒸发,使其含水量过低,可吸收的微波能减少,而水分含量对杀菌效果影响是比较大的,水分的存在能明显提高杀菌效果^[16],且低含水量时细菌的耐热性比高含水量时更好。

2.1.4 麦苗粉微波最佳杀菌条件的确定 在前面单因素试验的基础上,按表4所确定的试验因素与水平安排三因素三水平正交试验,以菌落总数和a*值作为试验指标进行分析,以确定微波杀菌的最佳工艺条件。表4给出了正交试验方案及结果,结果分析见表5和表6,正交试验直观分析图如图1和图2所示。

表4 正交试验方案、结果

Tab. 4 The design and results of the orthogonal experiment

试验号	A 微波功率	B 杀菌时间	C 样品量	指标		
				菌落总数/ g ⁻¹	大肠菌群/ hg ⁻¹	a*值
1	1 (340 W)	1 (120 s)	1 (6 g)	9 800	40	7.65
2	1	2 (90 s)	2 (9 g)	15 000	90	5.82
3	1	3 (60 s)	3 (12 g)	23 500	150	4.05
4	2 (510 W)	1	2	2 480	<30	9.27
5	2	2	3	3 500	<30	7.24
6	2	3	1	4 400	<30	12.75
7	3 (680 W)	1	3	1300	<30	17.38
8	3	2	1	2 500	<30	20.10
9	3	3	2	4 540	<30	15.72

注:对照菌落总数(cfu)35 000 g⁻¹,大肠菌群(MPN)230 hg⁻¹,a*=3.84

表5 正交试验结果分析

Tab. 5 Analysis of the orthogonal experiment results

k值	菌落总数(cfu)/g ⁻¹			a*值		
	A	B	C	A	B	C
K ₁	48 300	13 580	16 700	17.52	34.30	40.50
K ₂	10 380	21 000	22 020	29.26	33.16	30.81
K ₃	8 340	32 440	28 300	53.20	32.52	28.67
k ₁	16 100	4 527	5 567	5.84	11.43	13.5
k ₂	3 460	7 000	7 340	9.75	11.05	10.27
k ₃	2 780	10 813	9 433	17.73	10.84	9.56
R	13 320	6 286	3 866	11.89	0.59	3.94

表 6 按极差大小决定因素的主次顺序

Tab. 6 Important orders of the factors determined by the range

指标	主——→次		
菌落总数	A	B	C
a^* 值	A	C	B

由上述试验结果、直观图以及因素的主次顺序可以看出:

因素 A(微波功率)对菌落总数和 a^* 值的影响均处于主要地位,从菌落总数来看,以 A_3 为最好,但

是 A_3 水平对麦苗粉色泽的破坏太大,因此选择菌落总数较小且色泽保持较好的水平 A_2 ;

因素 B(杀菌时间)对菌落总数的影响处于第二位,而对 a^* 值的影响处于次要位置,可由菌落总数来决定,以 B_1 为最好;

因素 C(物料量)对菌落总数的影响最小,而对 a^* 值影响处于第二位置,可由 a^* 值来决定,以 C_3 为最好。

从而组成最佳的工艺条件 $A_2B_1C_3$,即在微波功率 510 W,时间 120 s,麦苗粉用量 12 g 时进行微波杀菌是最佳的工艺条件。

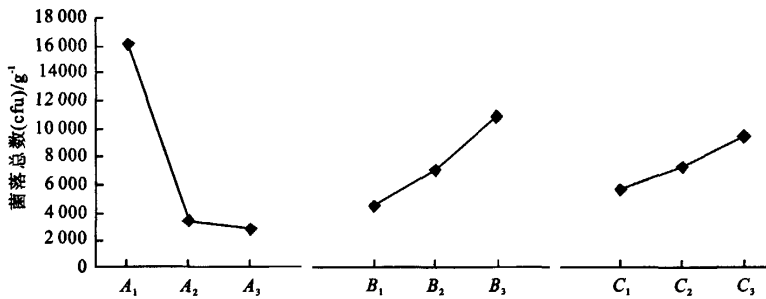


图 1 菌落总数与试验因素的关系

Fig. 1 Relationship between experimental parameter and aerobic bacterial count

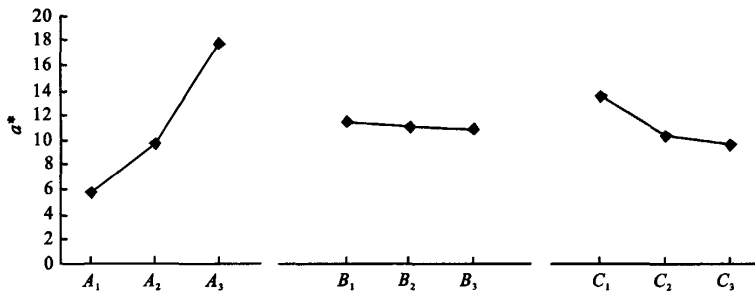


图 2 a^* 值与试验因素的关系

Fig. 2 Relationship between experimental parameter and " a^* " value

2.2 微波杀菌对麦苗粉品质的影响

2.2.1 微波杀菌与常规杀菌的比较 选择微波杀菌最佳条件与麦苗粉常规干热杀菌(100 °C、30 min)后的麦苗粉作品质比较,以研究微波杀菌对麦苗粉感官及理化品质的影响。进行微波杀菌最佳条件处理及干热杀菌(麦苗粉 12 g 置于灭菌培养皿中,置电热干燥箱于 100 °C 杀菌 30 min)比较研究,测各项指标变化。二者杀菌效果比较见表 7。

由表 7 可见,麦苗粉微波杀菌效果明显好于 100 °C、30 min 干热杀菌。

表 7 微波杀菌与常规杀菌效果比较

Tab. 7 Comparison on effect of traditional sterilization and microwave sterilization

微生物指标	处理情况		
	对照	100 °C、30 min	微波最佳条件
菌落总数 (cfu)/g ⁻¹	35 000	8 200	2 500
大肠菌群 (MPN)/hg ⁻¹	260	40	<30

2.2.2 微波杀菌对麦苗粉感官品质的影响 微波杀菌对麦苗粉感官品质的影响见表 8。从表 8 可看出,与未经杀菌处理的麦苗粉相比,微波杀菌处理

后外观上与不杀菌时相比看不出什么变化,而100℃、30 min干热杀菌处理后麦苗粉明显变色,色泽测定及分析结果也证实了这一点。微波最佳条件杀菌后麦苗粉的总色差 ΔE^* 值较小,说明与原样较接近,而100℃干热杀菌30 min后麦苗粉的总色差值 ΔE^* 明显较大,说明其色泽与原样差异较

大。 a^* 代表红—绿程度,其值越小表明越绿,从麦苗粉的 a^* 值变化看,微波杀菌后麦苗粉 Δa^* 较小,而100℃干热杀菌30 min后麦苗粉的 Δa^* 值较大,麦苗粉变为黄褐色,说明常规加热处理对麦苗粉的色泽破坏较大。

表8 微波杀菌对麦苗粉感官品质的影响

Tab. 8 Effect of microwave sterilization on sensory quality of barley grass powder

处理情况	感官指标	色值						
		L^*	a^*	b^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
麦苗粉不杀菌	麦苗粉应有的鲜绿色泽、清香味	37.48	3.84	10.65				
微波最佳条件	麦苗粉应有的鲜绿色泽、清香味,外观看不出变化	40.07	7.87	13.89	5.78	2.59	4.03	3.24
100℃、30 min	麦苗粉绿色褪去,变为黄褐色	68.34	21.39	23.65	37.81	30.86	17.55	13

2.2.3 微波杀菌对麦苗粉理化品质的影响 微波杀菌对麦苗粉理化品质的影响见表9。由表9可看出,总糖、灰分等成分比较稳定,微波杀菌及加热处理后其含量基本不发生变化,微波杀菌后样品水分含量有所下降,而常规加热变化较小,这是由于微波的内部加热作用,加热速度快,使其水分快速蒸发。微波杀菌后麦苗粉的营养成分损失较少,维生素C和叶绿素的保存率分别为80.23%和80.69%,而由于维生素C和叶绿素受热的影响比较大,100℃、30 min的干热杀菌处理就使麦苗粉中的这两种营养成分严重损失,保存率仅为29.67%和25.29%。由此可见,微波杀菌更有利于产品品质和营养成分的保持。

3 结 语

1) 利用微波能对麦苗粉杀菌是可行的,影响麦苗粉微波杀菌效果的主要因素是微波功率和杀菌时间。

2) 以菌落总数和色差 a^* 值为考察指标,采用正交试验所得的麦苗粉最佳微波杀菌工艺:微波功

率510 W,时间120 s,物料用量12 g。

表9 微波杀菌对麦苗粉理化品质的影响

Tab. 9 Effect of microwave sterilization on physical and chemical quality of barley grass powder

指标	对照	微波最佳条件	干热杀菌(100℃、30 min)
水分质量分数/%	8.080	5.553	7.120
维生素C质量分数/ 10^{-5}	176.55	141.65	52.38
维生素C保存率/%		80.23	29.67
总叶绿素/(mg/g)	6.01	4.85	1.52
叶绿素保存率/%		80.69	25.29
总糖质量分数/%	12.09	11.88	11.76
灰分质量分数/%	1.37	1.36	1.37

3) 与常规加热处理相比,麦苗粉采用微波杀菌不仅在很短时间内能达到较好的杀菌效果,而且品质保持较好。微波杀菌后麦苗粉的外观、色泽变化小;水分、灰分、总糖等理化指标基本不发生变化,叶绿素、维生素C等营养成分损失少。

参考文献(References):

- [1] 杜晓明. 净菜及脱水蔬菜加工企业生产中微生物的控制[J]. 中国食品工业, 2005(11): 60—61.
DU Xiao-ming. Microorganism control in dehydrated vegetables processing enterprise[J]. *China Food Industry*, 2005(11): 60—61. (in Chinese)
- [2] 郑坚武. 出口脱水蔬菜生产加工中存在的问题[J]. 检验检疫科学, 2000, 10(3): 45—46.
ZHENG Jian-wu. Problems existing in dehydrated vegetables production for export[J]. *Inspection and Quarantine Science*, 2000, 10(3): 45—46. (in Chinese)
- [3] 陈炜, 王德军, 乔惠同. 出口脱水蔬菜中微生物的污染及其控制[J]. 检验检疫科学, 2003, 13(3): 35—36.
CHEN Wei, WANG De-jun, QIAO Hui-tong. Microbial contamination and control of dehydrated vegetables for export[J].

- Inspection and Quarantine Science**,2003,13(3): 35-36. (in Chinese).
- [4] 刘钟栋.微波技术在食品工业中的应用[M].北京:中国轻工业出版社,1998:2.
- [5] 王绍林.微波加热技术的应用——干燥和杀菌[M].北京:机械工业出版社,2003:10.
- [6] 肖森鑫,张仲欣.牛乳微波杀菌工艺试验研究[J].中国乳品工业,2005,33(5):21-23.
XIAO Miao-xin, ZHANG Zhong-xin. Study on milk sterilization procedure by microwave heating[J]. **China Dairy Industry**, 2005,33(5):21-23. (in Chinese).
- [7] 宋茹,徐依景,杜建艳.微波杀菌保鲜面包的技术研究[J].食品工业科技,2005,26(4):74-76.
SONG Ru, XU Yi-jing, DU Jian-yan. Study on extending shelf life of bread by microwave sterilization[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2005,26(4):74-76. (in Chinese).
- [8] 孙承锋,南庆贤.微波杀菌在酱牛肉保鲜中的应用研究[J].食品工业科技 2001,22(3): 11-13.
SUN Cheng-feng, NAN Qing-xian. Study on application of microwave sterilization in Chinese spiced beef preservation[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2001, 22(3):11-13. (in Chinese)
- [9] 赵凯,孔书敬.卤猪肝微波杀菌工艺的研究[J].肉类工业,2001(3): 18-21.
ZHAO Kai, KONG Shu-jing. Study on sauced pig liver sterilization procedure by microwave heating[J]. **Meat Industry**, 2001(3): 18-21. (in Chinese).
- [10] 郑琳,刘玖梅,高洪飞.微波杀菌处理牛肉干效果研究[J].安徽技术师范学院学报,2002,16(4): 55-57.
ZHENG Lin, LIU Jiu-mei, GAO Hong-fei. Study on effect of microwave sterilization disposed beef-jerky[J]. **Journal of Anhui Teachers College**,2002,16(4): 55-57. (in Chinese).
- [11] 刘岩,张丽华.塑料袋装榨菜的微波杀菌效果研究[J].中国调味品, 2003(3): 22-23.
LIU Yan, ZHANG Li-hua. Study on the microwave's appliance for killing the bacteria of preserved szechuan pickle in the plastic bags[J]. **Chinese Condiment**,2003(3): 22-23. (in Chinese)
- [12] 周勇生.微波在调味粉杀菌中的应用[J].中国调味品,2004(2):16-18.
ZHOU Yong-sheng. Application of microwave in the sterilization of powdered flavoring[J]. **Chinese Condiment**, 2004(2): 16-18. (in Chinese).
- [13] 徐艳阳,张懋.真空冷冻与热风联合干燥毛竹笋[J].无锡轻工大学学报(食品与生物技术),2004,23(6): 27-31.
XU Yan-yang, ZHANG Min. Experimental studies on moso bamboo shoot treatment by a combination drying of hot-airflow and vacuum freeze[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry(Food Science and Biotechnology)**, 2004,23(6):27-31. (in Chinese)
- [14] 张水华.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,2004.
- [15] 杨增军,张华云.果蔬贮藏学实验指导[Z].莱阳:莱阳农学院.2000:9-46.
- [16] 张鸿发,张卫斌,陈荷凤.不同食品介质对微波杀菌效果比较[J].肉类工业, 1999(10):31-33.
ZHANG Hong-fa, ZHANG Wei-bin, CHEN He-feng. Comparison of different food media sterilization by microwave heating[J]. **Meat Industry**, 1999(10):31-33. (in Chinese)

(责任编辑:秦和平,杨萌)