

贮藏期间干豆腐微生物指标和感官品质的变化

王勃, 朱力杰, 刘贺, 惠丽娟, 马涛*

渤海大学化学化工与食品安全学院 渤海大学粮油科学与技术研究所 (锦州 121013)

摘 要 利用脉冲强光杀菌技术对干豆腐进行灭菌处理, 试验结果表面其贮藏时间比未灭菌空白组干豆腐多3 d。经过电子鼻测试表明, 未灭菌干豆腐在贮藏第5天起气味发生明显变化, 而经过脉冲强光灭菌的干豆腐在贮藏7 d内气味并没有发生明显变化。说明脉冲强光杀菌技术可以有效杀灭干豆腐表面的微生物, 延长其货架期并且不影响其感官品质。

关键词 干豆腐; 脉冲强光; 灭菌; 电子鼻

Changes of Microorganisms and Sensory Qualities of Dry Bean Curd during Storage

Wang Bo, Zhu Lijie, Liu He, Huilijuan, Ma Tao*

Grain and Oil Science and Technology Institute, Bohai University, College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety (Jinzhou 121013)

Abstract To sterilize dry bean curd by using pulsed light sterilization technology. After pulsed light sterilization treatment, the storage time of dry bean curd was 3 days longer than non-sterilized dry bean curd. Electronic nose test showed that, the smell of non-sterilized dry bean curd changed obviously since the 5th day. After pulsed light sterilization, the smell of dry bean curd in 7 d storage had not changed obviously. Pulse light sterilization technology can extend the shelf life of dry bean curd effectively and does not affect the sensory quality.

Keywords dry bean curd; pulsed light; sterilization; electronic nose

电子鼻 (Electronic nose, EN) 是一种用于分析、识别、检测复杂气味和挥发性成分的新型仪器, 能够客观、准确、快捷地评价气味, 并且重复性好的特点, 越来越得到人们的重视^[1-2]。柴春祥等用电子鼻技术检测了猪肉在不同试验条件下挥发性成分的变化, 考察了保存温度和时间对猪肉挥发性成分的影响^[3]。田怀香与孙宗宇利用电子鼻比较了金华火腿原料和调配的金华火腿香精的总体香气轮廓^[4]。与普通成分分析仪器相比, 电子鼻技术不需进行样品前处理, 很少或者几乎不用任何有机溶剂, 可以快速提供被测样品的整体信息, 指示样品的隐含特征^[5]。通过建立模型参数可以快速观察到食品在贮藏期间的气味变化, 进而预测产品货架期。

干豆腐在长时间放置, 微生物大量滋长, 除了会影响其卫生质量和质构性质, 还会产生令人不愉快的气味, 因此试验选用电子鼻对空白干豆腐和脉冲强光照射处理的干豆腐在贮藏期间的气味进行测定, 以此来探究脉冲强光是否能够有效杀灭干豆腐表面的微生物, 达到延长其货架期的目的。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

干豆腐: 市售, 试验当天购买, 带回实验室后

立即放入4℃冰箱内冷藏以备后续试验使用; 平板计数琼脂培养基 (PCA): 北京奥博星生物技术有限公司; 月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤 (LST): 北京奥博星生物技术有限公司; 煌绿乳糖胆盐肉汤 (BGLB): 北京奥博星生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

AR224CN 电子天平: 奥豪斯仪器 (上海) 有限公司; YXQ-LS-75S11 立式全自动压力灭菌锅: 北京科创百万科技发展有限公司; DHG-9055A 电热鼓风干燥箱: 上海一恒科学仪器有限公司; HH-6 数显恒温水浴锅: 金坛市鑫鑫实验仪器厂; LA50-800H 脉冲强光表面杀菌实验柜: 宁波中物光电杀菌技术有限公司; SW-CJ-2FD 洁净工作台: 苏净集团苏州安泰空气技术有限公司; LRH-150 生化培养箱: 上海一恒科学仪器有限公司; PEN3 便携式电子鼻: 德国 A irsense 公司。

1.3 试验条件

1.3.1 溶液与培养基的配制

按照食品安全国家标准GB 4789.2—2010“食品微生物学检验: 菌落总数测定”和GB 4789.3—2010“食品微生物学检验: 大肠菌群计数”进行试验所需的溶液及培养基的配制^[6-7]。

1.3.2 试验样品预处理

从冰箱取出当天购买的干豆腐,分成两份,其中一份样品经脉冲强光照射处理,灭菌条件设定:能量为300 J,照射距离为10 cm,照射时间为16 s。另一份样品不做任何处理,作为空白对照组^[8-10]。两份样品分别为100 g/袋,立即装入聚乙烯袋内并进行普通热封包装。然后贮藏于4℃冰箱中,在接下来的8 d里,每天取出作为对照的两组样品进行微生物指标和感官品质的测定。

1.3.3 微生物的培养与测定

菌落总数的培养与测定根据食品安全国家标准GB 4789.2—2010“食品微生物学检验:菌落总数测定”进行。

大肠菌群的培养与测定根据食品安全国家标准GB 4789.3—2010“食品微生物学检验:大肠菌群计数”第一法:大肠菌群最可能数(MPN)计数法进行。

1.3.4 灭菌率的计算^[11]

杀菌效果用灭菌率表示,计算公式为:

$$\text{灭菌率} = (N - N_0) / N \times 100\% \quad (1)$$

式中: N —灭菌前的菌落总数或大肠菌群最可能数; N_0 —灭菌后的菌落总数或大肠菌群最可能数。

1.3.5 电子鼻检测

取5 g干豆腐于40 mL顶空瓶内,密封30 min,采用顶空抽样的方法用电子鼻进行检测。每个样品检测3个平行。电子鼻参数的设定:传感器清洗时间为100 s;调零时间为10 s;进样准备时间为5 s;样品采集时间为100 s;进样流量为350 mL/min。

数据处理方法:使用PEN3电子鼻自带软件中的线性判别法(Linear Discriminant Analysis, LDA)和负荷加载分析法(Loadings)对试验数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间干豆腐表面微生物的变化

表1 贮藏期间干豆腐表面微生物的变化

时间/ d	菌落总数/ $\lg(\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$		大肠菌群/MPN $\cdot \text{g}^{-1}$	
	未处理	处理	未处理	处理
0	4.93±0.02 ^f	2.84±0.01 ^e	1.33±0.21 ^b	0.42±0.16 ^c
1	5.64±0.04 ^e	2.81±0.03 ^e	2.87±0.60 ^b	0.34±0.03 ^c
2	6.89±0.05 ^d	3.14±0.02 ^f	3.63±0.15 ^b	0.98±0.54 ^c
3	7.16±0.12 ^{cd}	4.66±0.05 ^e	3.87±0.40 ^b	1.15±0.23 ^c
4	7.17±0.26 ^{cd}	5.44±0.02 ^d	27.33±2.89 ^a	1.40±0.26 ^c
5	7.39±0.05 ^{bc}	6.28±0.09 ^c	>110	3.53±0.75 ^b
6	7.66±0.17 ^b	6.33±0.15 ^c	>110	3.87±0.40 ^b
7	8.53±0.29 ^a	6.85±0.16 ^b	>110	23.00±1.73 ^a
8	8.92±0.13 ^a	7.35±0.19 ^a	>110	>110

注:同列不同小写字母代表在5%水平上差异显著。

食品安全国家标准GB 2711—2003“非发酵性豆制品和面筋卫生标准”规定菌落总数 $\leq 10^5$ CFU/g,大肠菌群 ≤ 150 MPN/100 g,以此为标准来衡量贮藏期间干豆腐的卫生状况。干豆腐表面微生物在贮藏期间的

变化情况见表1。试验结果表明,未经脉冲强光灭菌照射处理的干豆腐在贮藏第1天菌落总数和大肠菌群就超过了食品安全国家标准规定的数值。经过脉冲强光能量300 J,照射距离10 cm和照射时间16 s处理的干豆腐在贮藏第4天菌落总数开始大于 10^5 CFU/g,大肠菌群从第5天开始超过国家标准。

2.2 贮藏期间干豆腐气味的变化

PEN3电子鼻系统是一种通过模拟生物的嗅觉来进行识别、分析和检测挥发性物质的仪器,它由气味取样系统、气体传感器阵列和信号处理系统三部分组成^[12]。PEN3电子鼻是由10个传感器单元组成的传感器阵列,每个传感器单元都有对应的敏感气体,这些传感器单元及其属性描述如下^[13]:

(1) W1C—芳香成分; (2) W5S—氮氧化合物; (3) W3C—氨水,芳香成分; (4) W6S—氢气; (5) W5C—烷烃,芳香成分; (6) W1S—甲烷; (7) W1W—硫化物; (8) W2S—乙醇; (9) W2W—芳香成分,有机硫化物; (10) W3S—烷烃。

图1为典型样品检测过程中,电子鼻10个传感器信号响应曲线,曲线代表干豆腐挥发性物质通过传感器时,其响应值(相对电阻率 G/G_0)随时间的变化情况,每条曲线代表1根传感器。从图可以看出,随着干豆腐挥发性物质在传感器表面的富集,在24 s内10个传感器信号值均出现峰值,随后逐渐趋于平缓,最终达到相对稳定的状态。与其他传感器相比,传感器2、7、9具有更高的相对电阻率值。由此可以看出电子鼻对干豆腐挥发性成分的响应很明显,并且每一个传感器对干豆腐挥发性物质的响应各不相同。

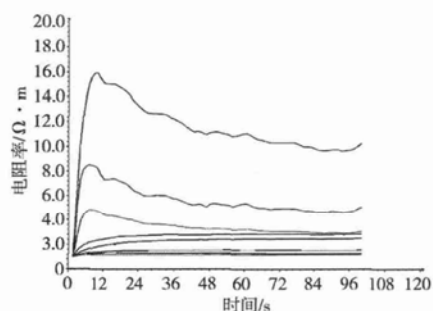


图1 传感器对干豆腐挥发性物质的特征响应图

Loadings分析可用来分析电子鼻各传感器贡献率,帮助区分在当前模式下各传感器的相对重要性。如果某个传感器在坐标轴上的位置距原点(0,0)越远,其负载参数值就越大,说明该传感器在识别时的贡献就越大;反之,贡献率就越小。当某个传感器在模式识别中的负载参数接近0时,那么该传感器的识别能力可以忽略不计;若传感器的响应值很高,则该传感器就是识别传感器^[14]。图2为干豆腐的Loadings传感器贡献率分析图。由图可知,传感器2、6、7和8距离原点较远,响应值较大,因此传感器2、6、7和8在

识别干豆腐时作用较大。

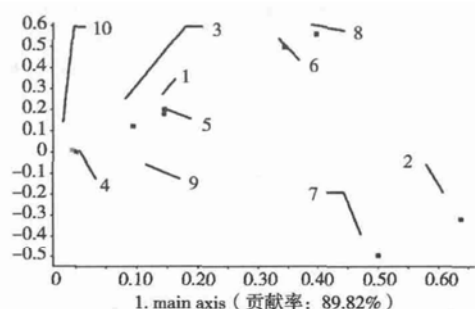


图2 电子鼻传感器贡献率的Loadings分析图

贮藏期间空白组干豆腐的LDA分析见图3。对于空白组干豆腐，每天的区分非常明显，判别式1的贡献为90.13%，判别式2的贡献为5.91%，总贡献率达到96.04%。随着贮藏时间的延长，贮藏后期的干豆腐与新鲜的干豆腐距离越来越远。从图中可以看出，第0~第4天的干豆腐和第5~第7天的干豆腐已经被分为2个集团，分别位于图的两侧，很明显的将感官上已经发生很大变化的干豆腐分开了。LDA分析方法注重气味速率变化分析（图中各类中心点之间的距离），所以从图中可以看出空白组干豆腐气味的变化速率^[15]。从第0~第2天速率变化较小，但到第3和第4天的过程中速率变化明显变大，由于第5~第7天的干豆腐气味变得不能接受，所以和其他贮藏期干豆腐明显分离。

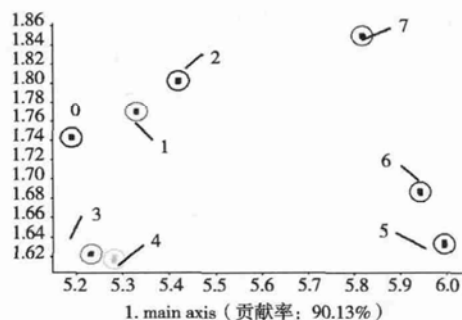


图3 贮藏期间空白组干豆腐的LDA分析

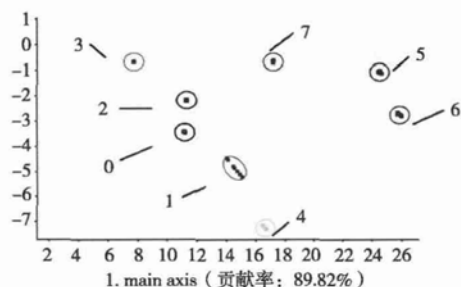


图4 贮藏期间试验组干豆腐的LDA分析

图4显示的是贮藏期间试验组干豆腐的LDA分析。采用此法可以区分贮存期内的干豆腐样品，不同贮藏期的干豆腐位于不同的坐标区域内。从图可以看

出每天的区分非常明显，判别式1贡献89.82%，判别式2贡献8.34%，总贡献率达到98.16%。经过脉冲强光处理过的干豆腐在贮藏的7 d里气味并没有发生太大的变化。

3 结论

在贮藏第1天发现未灭菌组干豆腐的菌落总数和大肠菌群均不符合食品安全国家标准。经过脉冲强光能量300 J，照射距离10 cm和照射时间为16 s灭菌后，干豆腐的菌落总数在贮藏第4天超过国家标准规定的数值 10^5 CFU/g，大肠菌群从第5天开始大于150 MPN/100 g。经过脉冲强光灭菌的干豆腐的贮藏时间比未灭菌的干豆腐多3 d。

随着贮藏时间的延长，未灭菌的干豆腐在第5天气味发生较大的改变，与前4 d差别明显。而经优化条件灭菌的干豆腐在贮藏的7 d里气味并没有发生太大的变化。综上所述，脉冲强光可以有效杀灭干豆腐表面的微生物，并且对干豆腐的气味没有太大的影响。

参考文献:

- [1] 顾赛麒, 王锡昌, 刘源, 等. 电子鼻检测不同贮藏温度下猪肉新鲜度变化[J]. 食品科学, 2010, 31(6): 172-176.
- [2] 孙钟雷. 电子鼻技术在猪肉新鲜度识别中的应用[J]. 肉类研究, 2008(2): 50-53.
- [3] 柴春祥, 杜利农, 范建伟, 等. 电子鼻检测猪肉新鲜度的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 444-447.
- [4] 田怀香, 孙宗宇. 电子鼻在金华火腿香精识别中的应用[J]. 中国调味品, 2008(11): 61-63.
- [5] 唐月明, 王俊. 电子鼻技术在食品检测中的应用[J]. 农机化研究, 2006(10): 169-1721.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.2—2010 食品微生物学检验:菌落总数测定[S]. 中华人民共和国国家标准, 2010.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.3—2010 食品微生物学检验:大肠菌群计数[S]. 中华人民共和国国家标准, 2010.
- [8] 刘昕, 马涛, 王勃, 等. 脉冲强光对面包表面霉菌杀菌效果的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(3): 116-120.
- [9] 谈慧芷, 马涛, 王勃, 等. 脉冲强光对鲜牛奶细菌杀菌效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 241-244.
- [10] 唐明礼, 王勃, 刘贺, 等. 脉冲强光对煎饼中细菌的杀菌效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 272-275.
- [11] 王鑫鑫, 马涛, 王勃, 等. 响应面法优化脉冲强光杀灭干豆腐大肠杆菌条件的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 306-309.
- [12] 陈晓明, 李景明, 李艳霞, 等. 电子鼻在食品工业中的应用研究进展[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(4): 8-11.
- [13] 赵丹, 张玉荣, 林家永, 等. 电子鼻在小麦品质控制中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2012(3): 10-15.
- [14] 王玉凤, 夏吉庆, 孙培灵. 糙米低温储藏技术的发展及应用前景[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(4): 136-140.
- [15] 胡桂仙, 王俊, 海铮, 等. 不同贮藏时间柑橘电子鼻检测研究[J]. 浙江农业学报, 2006, 18(6): 458-4611.