

生鲜香豆干常温保鲜工艺研究

Research on fresh bean curd packaging technology at room temperature

丁晓彤 杨福馨 邱艳娜 张炯炯

DING Xiao-tong YANG Fu-xin QIU Yan-na ZHANG Jiong-jiong

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

摘要:利用聚酰胺(PA)薄膜包装经不同浓度白砂糖、食醋、食盐处理的新鲜香豆干,并对其常温保鲜工艺进行研究。通过单因素试验分别确定白砂糖、食醋、食盐的最佳浓度,利用正交试验确定相对理想的保鲜液浓度配比。结果表明:在保鲜液配比为白砂糖 1 g/L、食醋 3 g/L、食盐 7 g/L,沸水处理时间为 0.5 min 时,香豆干的贮存保鲜时间最长。

关键词:香豆干;常温保鲜;保鲜液

Abstract: The preservation at room temperature of fresh bean curd using polyamide (PA) packaging films with different concentrations of sugar, vinegar and salt was researched in this study. The single factor experiment was used to determine the optimal concentration of sugar, vinegar and salt. The orthogonal test showed that preservative solution ratio of 1 g/L sugar, 3 g/L vinegar, 7 g/L salt, treated with boiling water for 0.5 min, the fresh bean curd could be stored longest.

Keywords: fresh bean curd; preservation at normal temperature; preservative solution

豆制品营养丰富,为微生物的生长提供了必要的蛋白质、水分和脂肪。因此未处理过的香豆干常温下极易变质^[1],尤其是生鲜香豆干等豆制品,夏季无冷链情况下 3 h 左右就会出现菌落超标现象^[2-4]。在豆干生产、运输及售卖过程中,无严格的加工条件及包装很容易受到污染,给豆干的卫生程度和人们的健康带来安全隐患^[5]。目前,香豆干在生产及贮存过程中由微生物污染导致的腐败变质问题已成为制约豆制品规模化生产的瓶颈之一^[6]。

白砂糖、食醋、食盐作为传统家用调味品,其抑菌防腐及

保健价值一直被人们所知晓。糖渍能破坏酶活性,防止食品氧化和褐变^[7]。食醋被广泛应用于果蔬腌制及沙拉酱等酱类,具有减少亚硝酸盐产生,消化糖和脂肪,保持蔬菜色泽,减少 V_C 损失等功效^[8-9]。食盐可降低食品的水分活度,防止食品腐败;抑制微生物和酶的活性^[10-11]。

目前,多采用超高压杀菌^[12-13]、微波杀菌^[14-16]、真空包装^[17-19]等形式来延长香豆干货架期,但超高压设备价格高昂,不利于小型食品厂工业化,微波杀菌会在一定程度上破坏食物的营养,而真空包装不适用于大批量生产。防腐剂单独或复配浸泡或直接添加于香豆干是目前研究最多的香豆干防腐方法^[20-22],但防腐剂的积累对人体可能有潜在危害。本课题拟通过配制不同浓度的白砂糖水溶液、食醋水溶液、食盐水溶液作为保鲜液对香豆干进行预处理,再利用阻隔性较好的聚酰胺(Polyamide, PA)薄膜进行包装,分别对不同存放时间的香豆干进行测试分析,得到不同因素对生鲜香豆干保鲜的效果;同时通过正交试验对不同因素进行优化配比获得最佳的方法,以期延长香豆干等生鲜豆制品的货架期提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜香豆干:上海海洋大学附近农贸市场清美专柜;
PA 薄膜:实验室自制;
无碘盐:食品级,上海中盐莫顿盐业有限公司;
食用陈醋(总酸含量 ≥ 6.0 g/100 mL):食品级,上海宝鼎酿造有限公司;
白砂糖:食品级,菏泽市玉华堂食品有限公司。

1.2 主要仪器设备

电子天平:JY5002 型,上海舜宇恒平科技有限责任公司;
硬度测试仪:HLL-600 型,上海伦捷机电仪表有限公司;
色差分析仪:NR1103nh 型,苏州诺威特测控科技有限公司;

基金项目:国家 863 项目(编号:2012AA0992301);上海市科委工程中心建设(编号:11DZ2280300);上海市助推计划资助项目(编号:2013CL1312HY)

作者简介:丁晓彤,女,上海海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:杨福馨(1958—),男,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: fxyang@shou.edu.cn

收稿日期:2017-07-04

塑料薄膜封口机:FR-300A 型,上海翔一包装机械有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 香豆干预处理 挑取长宽(约 140 mm×75 mm)、厚度均匀的香豆干若干,置于不同保鲜液中煮沸 1 min〔香豆干平铺于保鲜液,固液比为 1∶12(g/mL)〕。处理完后取出,晾干表面水分、然后称重,装入自制尼龙薄膜袋(148 mm×83 mm)内封口,置于常温(温度 20~26 ℃,相对湿度 75%)下贮藏、观察,测试贮藏 12 d 的参数。

分组情况:经 1,3,5,7 g/L 白砂糖处理的样品分别编号为 A₁、A₂、A₃、A₄;经 1,3,5,7 g/L 食醋处理的样品分别编号为 B₁、B₂、B₃、B₄;经 1,3,5,7 g/L 食盐处理的样品分别编号为 C₁、C₂、C₃、C₄;以清水处理的样品编号为 CK。

1.3.2 失重率的测定 贮藏期间每天对香豆干进行称重,并记录其质量变化情况。其失重率按式(1)^[23]计算:

$$W = \frac{m - m_i}{m} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

W——失重率,%;

m——包装前香豆干的质量,g;

m_i——存放第 i 天香豆干的质量,g。

1.3.3 总色差的测定 将色差仪紧贴于待测香豆干表面,每个样品测出 4 组亮度值 L*、红绿值 a* 和黄蓝值 b*,按式(2)^[24]计算香豆干的总色差。

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \tag{2}$$

式中:

ΔE——总色差;

ΔL*——样品与标准品明度的差值;

Δa*——样品与标准品红绿的差值;

Δb*——样品与标准品黄蓝的差值。

1.3.4 感官评定 主要以香豆干的胀袋、色泽变化、气味及滋味和表面状态作为评定指标,评定指标与方法具体见表 1。参考 GB 2712—2014 及王栋等^[25]的方法,评定小组由上海海洋大学食品学院食品科学与工程专业 10 名学生组成,均具备食品感官评定专业技能,每位评定人员对同一样品进行评分,每评定完 1 个样品休息 30 min,取评定平均值为试验得分。

1.3.5 菌落总数的测定 按 GB 4789.2—2010 执行。

1.3.6 大肠菌群的测定 按 GB 4789.3—2010 执行。

表 1 香豆干感官评定指标

Table 1 Sensory evaluation method of fresh bean curd				
分值	胀袋	色泽	气味及滋味	表面状态
0~3	未胀袋	外表黄色,内 部乳白色	滑、软、弹性好、 豆香味浓	表面光滑,无气孔
4~7	微胀袋	外表黄色,内 部暗白色	松弛、轻微发酵 味、口感较差	表面有水渗出,但 不浑浊,无霉变
8~10	袋内有大量 气体	外表淡褐色, 内部微黄色	豆渣感,腐败 酸味	表面出现浑浊黏 液和霉变

1.3.7 致病菌的测定 沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、志贺氏菌分别按 GB 4789.4—2016、GB 4789.10—2016、GB 4789.5—2012 执行。

2 结果与分析

2.1 处理液对香豆干变质程度的影响

经不同保鲜液处理后不同贮存时间香豆干的失重率、色差和感官情况见表 2~4。

由表 2~4 可知,经不同保鲜液处理过的不同贮存时间生鲜香豆干的失重率和感官评分整体呈上升趋势,各试验组的上升趋势要明显低于对照组的(P<0.05)。

表 2 保鲜液对香豆干失重率的影响

Table 2 The effects of different solutions on the weight loss rate of dried tofu %							
组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	0	1.24	1.57	1.51	2.42	2.46	2.61
A ₂	0	1.45	1.74	1.89	2.77	2.75	2.91
A ₃	0	1.29	1.62	1.66	2.31	2.46	2.78
A ₄	0	1.41	1.61	1.65	2.09	2.92	3.16
B ₁	0	1.70	1.75	2.30	2.78	2.44	2.60
B ₂	0	1.32	1.43	1.93	2.02	2.07	2.31
B ₃	0	1.28	1.67	1.62	2.35	2.24	2.37
B ₄	0	1.55	1.84	2.92	3.57	2.93	3.03
C ₁	0	1.18	1.89	2.12	2.37	2.38	2.45
C ₂	0	1.12	1.45	1.74	2.01	2.12	2.32
C ₃	0	1.17	1.35	1.59	1.97	2.37	2.41
C ₄	0	1.18	1.37	1.88	1.95	2.41	2.50
CK	0	1.66	1.66	2.30	2.81	3.01	3.23

表 3 保鲜液对香豆干色差的影响

Table 3 The effects of different solutions on the chromatic aberration of dried tofu							
组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	7.9	8.0	8.2	8.3	8.3	8.5	8.7
A ₂	7.8	8.1	8.3	8.5	8.7	8.7	8.8
A ₃	7.9	8.1	8.3	8.3	8.5	8.8	8.7
A ₄	7.8	8.2	8.5	8.4	8.6	8.8	8.8
B ₁	7.9	8.3	8.5	8.7	8.6	8.8	8.9
B ₂	7.9	8.2	8.4	8.4	8.5	8.8	8.8
B ₃	7.9	8.2	8.4	8.4	8.5	8.8	8.8
B ₄	7.8	8.4	8.6	8.7	8.7	8.9	8.9
C ₁	7.8	8.3	8.4	8.5	8.5	8.8	8.9
C ₂	7.9	8.3	8.4	8.4	8.6	8.8	8.9
C ₃	7.9	8.2	8.3	8.5	8.5	8.7	8.8
C ₄	7.8	8.2	8.4	8.5	8.7	8.7	8.9
CK	7.9	8.2	8.7	8.7	8.9	8.8	8.9

表 4 保鲜液对香豆干感官品质的影响
Table 4 The effects of different solutions on the sensory of dried tofu

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	0	0.0	1.8	3.6	5.1	6.2	7.2
A ₂	0	1.1	2.3	4.4	6.6	7.8	9.4
A ₃	0	0.8	2.2	4.0	5.6	6.9	8.0
A ₄	0	1.0	2.2	4.3	5.9	7.1	8.2
B ₁	0	1.5	3.3	5.2	6.5	7.4	8.5
B ₂	0	0.5	1.8	4.1	5.3	6.2	7.3
B ₃	0	1.3	2.8	4.3	6.1	7.0	7.9
B ₄	0	2.2	3.9	5.2	7.2	8.3	9.4
C ₁	0	2.0	3.6	5.5	6.8	8.1	9.3
C ₂	0	1.2	3.0	5.1	6.3	7.7	8.6
C ₃	0	0.2	2.1	4.0	5.0	6.3	7.5
C ₄	0	1.0	2.4	4.4	5.8	7.1	8.2
CK	0	3.6	4.4	6.9	8.1	9.3	9.6

1 g/L 的白砂糖水溶液与对照组相比保水率达到 19.2%,说明低糖可以附着于香豆干表面形成保护膜,有效维持香豆干中水分,减少水分流失。3 g/L 的食醋水溶液与对照组相比保水率达到 34.1%,酸度过大或过小都不能很好地锁住香豆干中的水分。5 g/L 食盐水溶液处理过的香豆干失重率也明显优于对照组,可能是在高渗透状态下,微生物菌体原生质脱水,与细胞膜分离导致死亡^[26],延缓了豆干的变质程度,使其锁水性变强。

经不同保鲜液处理过的香豆干在贮藏过程中与新鲜香豆干(0 d)相比,表面颜色并没有发生显著变化,利用色差仪测得的数据与感官评价中观察到的结果大致相同,同时,其感官评分也很好地验证了香豆干失重率的变化。因此,白砂糖水溶液、食醋水溶液、食盐水溶液都可以保持香豆干的表面色泽,维持香豆干的品质。

2.2 香豆干微生物指标

经不同保鲜液处理后香豆干的菌落总数及大肠菌群数量变化见表 5~7。

表 5 保鲜液对香豆干菌落总数的影响
Table 5 The effects of different solutions on the total number of colonies during storage of dried tofu

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	0	0	48	710	3.3×10 ³	1.0×10 ⁴	5.1×10 ⁵
A ₂	0	0	121	1.5×10 ³	2.9×10 ⁴	8.6×10 ⁵	多不可计
A ₃	0	0	81	936	2.1×10 ³	4.8×10 ⁵	多不可计
A ₄	0	0	82	952	3.6×10 ³	6.6×10 ⁵	多不可计
B ₁	0	0	73	987	1.1×10 ³	5.3×10 ⁵	多不可计
B ₂	0	0	43	790	955	9.8×10 ³	6.6×10 ⁵
B ₃	0	0	52	868	973	8.7×10 ⁴	多不可计
B ₄	0	0	103	1.2×10 ³	3.1×10 ⁴	9.8×10 ⁵	多不可计
C ₁	0	0	98	1.0×10 ³	2.8×10 ⁴	8.8×10 ⁵	多不可计
C ₂	0	0	68	959	1.6×10 ³	7.3×10 ⁴	6.9×10 ⁵
C ₃	0	0	39	681	980	6.5×10 ³	2.1×10 ⁵
C ₄	0	0	49	790	998	5.4×10 ⁴	3.1×10 ⁵
CK	0	300	765	9.6×10 ⁴	7.6×10 ⁵	多不可计	多不可计

表 6 不同浓度保鲜液对香豆干大肠菌群的影响
Table 6 The effects of different solutions on the coliform bacteria during storage of dried tofu

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	0	0	8	22	73	132	360
A ₂	0	0	26	50	113	121	510
A ₃	0	0	18	39	69	154	510
A ₄	0	0	19	41	72	169	620
B ₁	0	0	17	36	69	132	5.5×10 ³
B ₂	0	0	6	23	58	103	440
B ₃	0	0	10	30	65	110	4.9×10 ³
B ₄	0	0	22	43	100	130	4.6×10 ⁴
C ₁	0	0	19	39	108	120	3.9×10 ⁴
C ₂	0	0	16	30	54	169	4.4×10 ³
C ₃	0	0	6	19	49	98	230
C ₄	0	0	11	28	63	132	1.1×10 ³
CK	0	16	46	160	1.5×10 ³	2.3×10 ⁵	多不可计

表 7 不同浓度保鲜液对香豆干致病菌的影响[†]

Table 7 The effects of different solutions on the pathogenic bacteria during storage of dried tofu

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d	12 d
A ₁	—	—	—	—	—	+	+
A ₂	—	—	—	+	+	+	+
A ₃	—	—	—	—	+	+	+
A ₄	—	—	—	—	+	+	+
B ₁	—	—	—	—	+	+	+
B ₂	—	—	—	—	—	+	+
B ₃	—	—	—	—	+	+	+
B ₄	—	—	—	+	+	+	+
C ₁	—	—	—	+	+	+	+
C ₂	—	—	—	—	+	+	+
C ₃	—	—	—	—	—	+	+
C ₄	—	—	—	—	+	+	+
CK	—	—	+	+	+	+	+

[†] “+”表示检出致病菌，“—”表示没有检出致病菌。

参考 GB 2711—2003 对香豆干中微生物指标进行评定。由表 5 可知,白砂糖处理液处理的样品第 6 天开始出现菌落超标的现象,此后微生物开始大量繁殖。且处理组与对照组差异显著($P<0.05$),从数据看,1 g/L 白砂糖溶液处理的抑菌效果优于对照组和其他样品组。

由表 6 可知,经食醋处理液处理的样品与对照组菌落变化差异显著($P<0.05$),食醋在 7 g/L 表现出的抑菌效果较差。食醋的杀菌机理,是由于食醋中的醋酸可改变蛋白构型,而扰乱多肽链的折叠方式,造成蛋白变性、导致细菌死亡^[27]。表 6 的数据显示,食醋 1 g/L 时的杀菌效果并没有 3 g/L 和 5 g/L 时好,可能是酸度过大不仅使细菌变性,也破坏了香豆干中蛋白质的原有结构,使香豆干中残留的耐热性腐败菌繁殖^[28]。食醋 3 g/L 时的抑菌效果最好。

由表 7 可知,食盐处理液对生鲜香豆干中的菌落抑制效果明显($P<0.05$),5 g/L 食盐溶液处理的香豆干在 0~12 d

的菌落增长情况均优于其他组,可能是微生物的耐盐性不同^[29],较大的盐浓度,抑制了大部分微生物生长,而一些耐盐性酵母菌会继续生长,最终导致香豆干变质^[30]。食盐浓度为 5 g/L 时对生鲜香豆干中的菌落抑制效果最佳。

2.3 正交试验结果与分析

2.3.1 正交试验设计 为进一步优化单因素试验结果,获得保鲜液的最佳浓度配比,采用四因素二水平的 $L_8(2^4)$ 正交试验,研究各因素对生鲜香豆干变质程度和菌落变化的影响。从节约能源的角度将时间的水平在单因素的基础上向上浮动 0.5 min。用加权综合评分法对指标进行综合评价。两个指标权重均为 0.5,且指标越小越好。正交试验因素水平编码表见表 8。采用 Spss 17.0 进行试验数据处理和分析,方差分析使用完全随机型,使用 Duncan($P<0.05$)法进行多重检验。采用 Origin 8.0 进行图像处理。

表 8 因素和水平

Table 8 Factors and levels

水平	A 白砂糖浓度/ (g · L ⁻¹)	B 食醋浓度/ (g · L ⁻¹)	C 食盐浓度/ (g · L ⁻¹)	D 时间/ min
1	1	3	5	0.5
2	3	5	7	1.0

试验数据和极差分析结果见表 9。方差分析结果(表 10)显示,所有因素对综合评分的影响都不显著($P>0.05$)。由表 9 可知,因素影响的主次顺序是白砂糖浓度、食醋浓度和食盐浓度的交互作用、食盐浓度、白砂糖浓度和食盐浓度的交互作用、食醋浓度、时间、白砂糖浓度和食醋浓度的交互作用,最优组合是 A₁B₁C₂D₂。由于因素 D 对试验指标影响不大,从降低成本方面来考虑,确定 D 的最优水平为 D₁,即白砂糖浓度 1 g/L,食醋浓度 3 g/L,食盐浓度 7 g/L,时间 0.5 min,此配比下生鲜香豆干第 6 天仍保存完好,第 8 天开始出现菌落超标现象。

2.3.2 验证实验结果 以最优组合 A₁B₁C₂D₁的工艺条件,按照相同的试验流程和方法,进行验证实验,结果见表 11。由表 11 可知,验证结果与正交试验结果一致。

表 9 正交试验结果与分析

Table 9 Results oforthogonal design and analysis

序号	A	B	空列	C	A×C	B×C	D	感官评分	菌落总数	评分
1	1	1	1	1	1	1	1	7.80	9.00	8.40
2	1	1	1	2	2	2	2	6.00	7.20	6.60
3	1	2	2	1	1	2	2	7.80	8.00	7.90
4	1	2	2	2	2	1	1	7.28	8.00	7.64
5	2	1	2	1	2	1	2	7.85	8.80	8.33
6	2	1	2	2	1	2	1	7.00	9.00	8.00
7	2	2	1	1	2	2	1	7.55	9.50	8.53
8	2	2	1	2	1	1	2	7.64	10.00	8.82
k ₁	7.64	7.83	8.09	8.29	8.28	8.30	8.14			
k ₂	8.42	8.22	7.97	7.77	7.78	7.76	7.91			
R	0.78	0.39	0.12	0.52	0.50	0.54	0.23			

表 10 方差分析[†]
Table 10 Analysis of variance

变异来源	Ⅲ型平方和	自由度	均方	F 值
校正模型	3.316 ^a	7	0.474	19.022
截距	515.526	1	515.526	17 900.210
A	1.232	1	1.232	42.793
B	0.304	1	0.304	10.563
C	0.551	1	0.551	19.141
A×C	0.510	1	0.510	17.710
B×C	0.583	1	0.583	20.250
D	0.106	1	0.106	3.674
误差	0.029	1	0.209	
总和	518.842	8		

[†] $F_{0.01(1,1)}=161.00$ 。

表 11 验证实验结果
Table 11 Results of the verification experiment

时间/d	感官评分	菌落总数/ (CFU·g ⁻¹)	大肠菌群/ (10 ⁻² MPN·g ⁻¹)	致病菌
0	0.0	0	0	—
2	0.0	0	0	—
4	1.2	21	0	—
6	2.6	231	18	—
8	5.3	898	39	+
10	8.1	1.3×10 ⁴	71	+
12	9.3	4.4×10 ⁵	130	+

3 结论

对生鲜香豆干常温保鲜进行了研究,利用不同浓度白砂糖水溶液、食醋水溶液、食盐水溶液作为保鲜液,对生鲜豆干进行不同时间的处理,用聚酰胺膜进行包装。结果表明:保鲜液的最佳配比及高温杀菌时间组合为 1 g/L 白砂糖、3 g/L 食醋、7 g/L 食盐的保鲜液,沸水高温杀菌 0.5 min,与对照组相比,在此组合保鲜处理下,生鲜香豆干的保质期延长了 4 d 左右。

本试验材料为白砂糖、食盐、食醋,均为家用厨房调味品,用其水溶液处理豆干安全易得,可以保持豆干的原汁原味,降低成本的同时还能延长保质期,可为生鲜香豆干的常温贮藏提供一定的依据。

参考文献

[1] 何丽华. 豆制品防腐保鲜技术的研究进展[J]. 现代预防医学, 2007, 34(2): 294-296.

[2] KATAOKA S. Functional effects of Japanese style fermented soy sauce and its components[J]. Journal of Bioscience and Bio-engineering, 2005, 100(3): 227-234.

[3] 翟优子. 生鲜豆制品冷链物流发展问题与对策探索[J]. 产业与科技论坛, 2015(11): 12-13.

[4] 王春叶. 豆干感官品质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 8-11.

[5] 张长贵, 吴雨, 魏源, 等. 豆干加工的微生物污染途径研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(10): 53-56.

[6] 石彦国, 任莉. 大豆制品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996: 13-25.

[7] 黄丽, 高月明, 杨君. 低糖佛手瓜蜜饯加工技术研究[J]. 食品工

业, 2012, 33(4): 64-67.

[8] 卢太平. 四类菜必须多放醋才能保护营养[J]. 农村百事通, 2014 (11): 61.

[9] 阳飞, 张华山. 食醋及其营养保健功能研究进展[J]. 中国调味品, 2017, 42(5): 171-175.

[10] SANTOS B A D, CAMPAGNOL P C B, FAGUNDES M B, et al. Generation of volatile compounds in Brazilian low-sodium dry fermented sausages containing blends of NaCl, KCl, and CaCl₂, during processing and storage[J]. Food Research International, 2015, 74: 306-314.

[11] 张平. 食盐用量对四川腊肉加工及贮藏过程中品质变化的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2014: 1-11.

[12] NORTON T, SUN Da-wen. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry [J]. Food and Bioprocess Technology, 2008, 1(1): 2-34.

[13] MOOTIAN G K, FLIMLIN G E, KARWE M V, et al. Inactivation of Vibrio parahaemolyticus in hard clams (Mercanaria) by high hydrostatic pressure (HHP) and the effect of HHP on the physical characteristics of hard clam meat[J]. Journal of Food Science, 2013, 78(2): E251-E257.

[14] 沈海亮, 宋平, 杨雅利, 等. 微波杀菌技术在食品工业中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 361-365.

[15] DECAREAU R V. The microwave sterilization process[J]. Microwave World, 1994, 15(2): 12-15.

[16] 杭锋, 陈卫, 龚广予, 等. 微波杀菌机理与生物学效应[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 333-337.

[17] 武杰, 朱飞, 赵颖. 五香豆干微波杀菌真空包装加工工艺研究[J]. 大豆科学, 2011, 30(4): 697-699.

[18] 谢丽娟, 张月团, 王洪娟, 等. 即食五香豆干生产工艺的优化[J]. 中国调味品, 2011, 36(7): 89-92.

[19] 叶韬, 王云, 尹琳琳, 等. 即食豆干加工过程中挥发性风味物质的研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 271-280.

[20] 黄丽金, 童优芸, 曹建平, 等. 市售非发酵性豆制品质量状况调查与分析[J]. 食品科技, 2014(8): 114-116.

[21] 迟明梅, 池玉静. 防腐剂在卤豆干中的应用[J]. 中国调味品, 2017, 42(6): 105-108.

[22] 牛欣. 食品防腐剂尼泊金酯检测方法的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 1-36.

[23] 杨福馨, 陈基玉, 陆秀萍, 等. 生物调节保鲜膜对山药/大蒜组合的保鲜包装研究[J]. 包装学报, 2015(1): 7-11.

[24] 杨学岩, 周维. 色差的测量和评定方法及应用[J]. 现代涂料与涂装, 2014(9): 1-4, 29.

[25] 王栋, 李崎. 食品感官评价原理与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 6.

[26] 孙长颖. 营养与食品卫生学[M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 105.

[27] 马志春. 食醋中醋酸对食品指标微生物的作用研究[J]. 食品安全导刊, 2015(16): 30-32.

[28] 郭佳婧. 非发酵豆制品中耐热细菌的分离鉴定及耐热性能研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012: 1-40.

[29] 韩景田, 叶路, 屈野, 等. 食盐对十三种细菌标准菌株最低抑菌浓度测定[J]. 中国卫生检验杂志, 1999(6): 481.

[30] 柴洋洋, 葛菁萍, 宋刚, 等. 传统发酵豆酱中酵母菌的分离、筛选及功能酵母的鉴定[J]. 中国食品学报, 2013(3): 183-188.