

正交设计优化海藻酸钠涂膜方式保鲜冷藏鸡肉

马青青, 白云, 徐幸莲, 周光宏*

(南京农业大学 教育部肉品加工与质量控制重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要: 以干耗率、丙二醛值为评价指标, 采用正交设计法研究海藻酸钠涂膜对鸡胸肉保鲜效果的影响。结果表明: 当海藻酸钠质量浓度 2g/100mL、氯化钙质量浓度 2g/100mL、钙化时间 2min 时, 涂膜对鸡胸肉的保鲜效果最好。

关键词: 鸡胸肉; 涂膜; 海藻酸钠; 保鲜

Optimization of Alginate-Based Coating Formulation for Chicken Breast during Storage at 4 °C

MA Qing-qing, BAI Yun, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong*

(Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Orthogonal array design method was used to optimize the formulation of sodium alginate and calcium chloride based coatings for chicken breast based on water loss rate and MDA content. The results showed that soaking in 2 g/100 mL alginate and then calcification with 2 g/100 mL calcium chloride for 2 min exhibited the best fresh-keeping effect on chicken breast.

Key words: chicken breast; coating; sodium alginate; preservation

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)12-0290-04

肉类涂膜保鲜是近年来兴起的一项新技术, 它是将肉类涂抹或浸泡特殊的保鲜剂, 在肉的表面形成一层保护性涂膜。可食用膜可以调控水分、氧气或溶质的迁移, 因而能够在一定程度上减少食品在贮藏过程中的汁液流失和干耗, 与腐败微生物的接触, 并可与被包装食品一起食用, 不会造成环境污染^[1-3]。

海藻酸钠是凝胶效果较好且价格较便宜的一种, 但由于其本身是亲水性的, 形成的凝胶是水溶性的, 单独使用不适宜作为一种包装材料。Pavlati 等^[4]研究发现, 钙离子与海藻胶作用后可以使凝胶不溶, 从而降低海藻酸钠膜的水溶性。这可能是因为交联作用使海藻酸钠高分子链形成网状结构, 限制了高分子链的自由运动, 钙离子交联于聚合链的缔合链段之间, 产生了抑制水分流动的三维结构, 从而使膜的水溶性降低^[5]。Rhim 等^[6]研究了两种不同的 CaCl_2 处理方法下所形成的海藻酸钠膜的物理和机械性质。结果表明: 将 CaCl_2 与海藻酸钠直接混合所制备成的膜, 在抗拉强度(tensile strength, TS)、延展性(elongation, E)、水蒸气的渗透性(water

vapor penetration, WVP)和水溶性(water solubility, WS)等方面的效果远不如将海藻酸钠膜浸渍在 CaCl_2 溶液中凝胶化后形成的膜效果好。汪学荣等^[7]利用正交试验对钙化条件进行了筛选, 采用最优涂膜条件对 4 °C 贮藏的牛肉进行保鲜, 使其保鲜期达到了 28d, 菌落总数、挥发性盐基氮和 pH 值仍然符合国家鲜肉二级鲜度标准。曾庆祝等^[8]报道了海藻酸钠涂膜可以明显减少鱼、虾、贝的冷藏干耗率, 延缓脂肪氧化并可延长保鲜期。

本实验以正交设计优化钙盐交联海藻酸钠涂膜冷藏鸡胸肉的条件, 并对其保鲜效果进行验证, 以延长其保鲜时间, 为工业应用提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

三黄鸡 (公鸡, 日龄 45d, 活质量 2.2~2.5kg) 南京卫岗农贸市场。

海藻酸钠(食品级) 青岛奥福隆生物科技有限公司; 氯化钙(食品级, $\geq 93\%$) 浙江大成钙业有限公司; 甘

收稿日期: 2011-05-28

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项; 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 马青青(1985—), 女, 硕士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: 2009108081@njau.edu.cn

* 通信作者: 周光宏(1960—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: ghzhou@njau.edu.cn

油(食品级, $\geq 99.5\%$) 南京博奥化工有限公司; MDA 试剂盒 南京建成生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

ZKSY-600型智能恒温水浴箱 南京科尔仪器设备有限公司; AU120型电子天平、UV-2450型紫外分光光度计 日本岛津公司; AvantiJ-E型落地式离心机 美国 Beckman 公司。

1.3 方法

1.3.1 鸡肉分割处理

活体鸡放血后将两块胸大肌取下, 分割时做好标记, 放置在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 冷库成熟 7h。

1.3.2 基础成膜剂的配制

配制溶液时将海藻酸钠颗粒缓慢加入不断搅动的蒸馏水中, 水浴加热至溶液呈透明、均一状态后, 冷却至室温, 加入一定量的甘油待用(最后溶液中的甘油质量浓度 $10\text{g}/100\text{mL}$)。根据曾庆祝等^[9]的研究及预试验, 涂膜所采用的海藻酸钠溶液的质量浓度分别为 0.5、1、2g/100mL, 氯化钙溶液质量浓度为 1、2、4g/100mL。

1.3.3 鸡胸肉被膜工艺

成熟后的鸡胸肉切分称量, 放入海藻酸钠溶液中浸泡 1min, 捞出并在空气中沥干 1min 后, 立即放入相应质量浓度的氯化钙溶液中按照试验设计浸泡相应时间。捞出沥干后放入 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 冷库贮藏。

1.3.4 单因素试验

将鸡胸肉修整, 随机分成 3 组, 每组 60 块($n=3$)。

1.3.5 正交试验

胸大肌修整后取 10 块质量约为 $(30 \pm 5)\text{g}$ 的肉样, 将 9 块分配于设计好的正交设计表 $L_9(3^4)$, 剩余 1 块作为对照, 测定 MDA 之前需将肉样表面被膜去除, 再进行测定^[10]。

1.3.6 验证实验

胸大肌修整后, 随机分成 2 组, 每组 36 块($n=3$)。在 1.3.3 节最佳被膜工艺基础上进行验证实验。

1.3.7 指标测定

1.3.7.1 鸡肉干耗率测定

干耗是由于水分的散失而造成物料质量的损失。贮藏一段时间后, 物料都会出现不同程度的干耗。干耗率用称量法^[11]计算, 称量时必须尽量将被膜去除干净, 贮藏期间约每隔 3d 测定 1 次, 每次 3 组重复。

$$\text{干耗率}/\% = \frac{\text{贮藏前质量} - \text{贮藏后质量}}{\text{贮藏前质量}} \times 100$$

1.3.7.2 鸡肉中 MDA 含量的测定

取不同贮藏期的鸡肉样品, 去除表面被膜后, 取表

面以下约 $2\sim 3\text{mm}$ 肉样 2g, 加入 18mL 0.86% 的生理盐水, 制成 10% 匀浆液, 2500r/min 离心 10min, 取上清液, 严格按照 MDA 测定试剂盒说明书操作测定样品的 MDA 值。

通过单因素试验确定各条件对鸡肉保鲜效果的影响。根据其试验结果, 用正交试验对其进行优化。

1.4 数据分析

每个处理重复 3 次, 统计软件使用 SPSS 16.0。单因素试验中的差异性分析采用 one-way ANOVA 中的 Duncan 程序, 正交试验中的多因素方差分析采用 General Linear Model 的 Univariate 程序。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 氯化钙质量浓度对贮藏过程中鸡胸肉干耗率的影响
由图 1 可知, 选取 2g/100mL 氯化钙溶液较好, 因

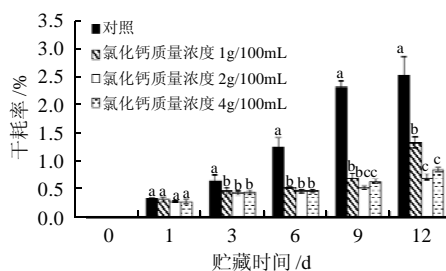


图 1 氯化钙质量浓度对鸡胸肉干耗率的影响

Fig.1 Effect of calcium chloride concentration on water loss rate of chicken breast

为此时干耗率最小。这可能是因为海藻酸钠质量浓度相对较低, 即使增加氯化钙质量浓度到 4g/100mL, 也不会改善海藻酸钠高分子链形成的网状结构。此外, 试验中发现, 若氯化钙质量浓度太低, 形成的膜在贮藏过程中容易破裂; 并且, 由于膜本身是可食性的, 若氯化钙质量浓度太高, 摄入钙离子的质量浓度较高(成人每天摄取钙量范围为 800~1000mg)会影响人体内钙离子的平衡, 影响人体健康^[12]。

2.1.2 海藻酸钠质量浓度对贮藏过程中鸡胸肉干耗率的影响
由图 2 可知, 2g/100mL 的海藻酸钠质量浓度条件下

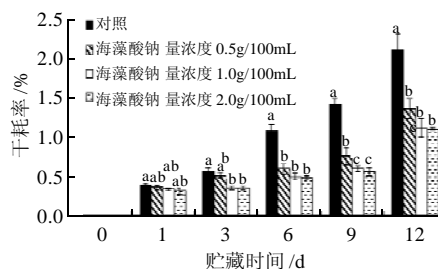


图 2 海藻酸钠质量浓度对鸡胸肉干耗率的影响

Fig.2 Effect of sodium alginate concentration on water loss rate of chicken breast

鸡胸肉的干耗率最小。这可能是氯化钙质量浓度相对于海藻酸钠质量浓度较高, 较低质量浓度的海藻酸钠与2g/100mL的钙离子交联度不够造成的。但是统计分析的结果显示, 使用1g/100mL和2g/100mL海藻酸钠贮藏鸡胸肉, 在贮藏的第3天开始并无显著性差异($P > 0.05$), 因此从减少原材料, 降低成本的角度考虑, 选取1g/100mL海藻酸钠质量浓度即可。

2.1.3 钙化时间对贮藏过程中鸡胸肉干耗率的影响

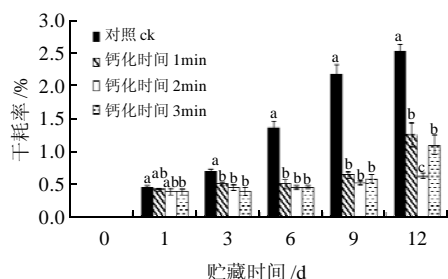


图3 钙化时间对鸡胸肉干耗率的影响

Fig.3 Effect of calcification time on water loss rate of chicken breast

由图3可知, 钙化时间为2min时鸡胸肉的干耗率最小。这可能是因为反应时间太短, 交联时间不充分造成的^[6], 使形成的膜在贮藏过程中易破裂。而反应时间过长, 形成的膜过厚且颜色较白, 影响了鸡肉的外观, 同时也增加实验操作时间。

2.2 正交试验设计

以干耗率、MDA值为测定指标, 通过 $L_9(3^4)$ 正交试验筛选涂膜条件, 正交试验结果与极差分析见表1, 方差分析见表2。

根据单因素试验结果, 采用正交试验设计, 以干耗率和MDA值作为评定贮藏效果优劣的指标, 对成膜剂配方和钙化时间进行优化, 以不涂膜组为空白, 通过试验方案对鸡胸肉贮藏12d后的数据进行分析。

由表1可知, 通过比较极差的大小, 鸡胸肉贮藏期间干耗率和MDA值的影响因素主次顺序一致, 依次为海藻酸钠、氯化钙、钙化时间。对于干耗率, 涂膜的最佳条件为 $A_3B_2C_2$, 即海藻酸钠2g/100mL、氯化钙2g/100mL、钙化时间2min; 对于MDA值, 海藻酸钠保鲜剂使用的最适条件为 $A_3B_3C_2$, 即海藻酸钠2g/100mL、氯化钙2g/100mL、钙化时间2min。由此可见, 对于这两个指标而言, 只有因素B的水平不同, 即氯化钙质量浓度不一样。试验发现, 使用4g/100mL氯化钙时形成的被膜会使鸡肉略显白色, 使其在感官上与正常鸡肉有区别, 因而还是选择2g/100mL氯化钙较合适。并且, 在冷却鸡肉的贮藏过程中, 干耗是最主要的问题, 因此干耗率为考察主要指标。因此, 根据综合平

衡法^[13], 选取最适涂膜条件 $A_3B_2C_2$, 即海藻酸钠2g/100mL、氯化钙2g/100mL、钙化时间2min。

表1 涂膜工艺优化 $L_9(3^4)$ 试验设计与结果

Table 1 $L_9(3^4)$ orthogonal array design, results and analysis

测定指标	试验号	A海藻酸钠质量浓度/(g/100mL)	B氯化钙质量浓度/(g/100mL)	C钙化时间/min	干耗率/%	MDA值/(nmol/mg)
干耗率	1	1(0.5)	1(1)	1(1)	2.66	0.346
	2	1	2(2)	2(2)	1.47	0.343
	3	1	3(4)	3(3)	2.45	0.296
	4	2(1)	1	3	2.39	0.280
	5	2	2	1	2.23	0.269
	6	2	3	2	1.43	0.237
	7	3(2)	1	2	0.64	0.238
	8	3	2	3	0.52	0.262
	9	3	3	1	0.31	0.228
MDA值	k_1	2.19	1.90	1.20		
	k_2	2.02	1.41	0.96		
	k_3	0.49	2.81	1.1		
	R	1.7	1.4	0.24		
	因素主次 $A > B > C$ 最优组合 $A_3B_2C_2$					
	k_1	0.329	0.288	0.281		
	k_2	0.262	0.291	0.273		
	k_3	0.243	0.254	0.280		
	R	0.086	0.038	0.008		

因素主次 $A > B > C$

最优组合 $A_3B_2C_2$

表2 正交试验结果方差分析表

Table 2 Analysis of variance for water loss rate and MDA content with various independent variables

分析指标	变异来源	离均差平方和	自由度	均方	F值	P值
干耗率	海藻酸钠	15.784	2	7.892	39.272	0.000
	氯化钙	1.474	2	0.737	3.667	0.044
	钙化时间	2.037	2	1.018	5.068	0.017
	误差	4.019	20	0.201		
	总计	23.314	26			
MDA值	海藻酸钠	0.036	2	0.018	5.133	0.016
	氯化钙	0.008	2	0.004	1.107	0.350
	钙化时间	0.000	2	0.000	0.050	0.951
	误差	0.071	20	0.004		
	总计	0.116	26			

注: $n = 3$, $\alpha = 0.05$ 。

由表2可知, 氯化钙质量浓度和钙化时间对干耗率均有显著影响($P < 0.05$), 海藻酸钠质量浓度还具有极显著影响($P < 0.001$), 这可能是因为钙离子与海藻胶交联形成聚合大分子, 使得膜的局部流动性减小, 从而使水蒸气透过率明显下降^[14], 因而减少肉中水分的干耗。但对于MDA值来说, 只有海藻酸钠质量浓度对其产生显著影响($P < 0.05$), 氯化钙质量浓度和钙化时间均对其均没有显著影响($P > 0.05$), 这可能是误差自由度过小, 分析的灵敏度不高的缘故; 加之这种分析方法的误差实际上是由空列来估计的, 而有时空列并不空, 而是包含了一些互作效应, 所以误差的平方和相对较大, 从而使因素的效应达不到显著水平。

2.3 最优涂膜方式的验证实验

由于正交试验所筛选出的最佳涂膜方式 $A_3B_2C_2$ 并不在正交设计的 9 个处理组中, 因此, 有必要对此结果进行验证实验。将鸡胸肉经过两种涂膜处理进行贮藏试验, 即正交试验筛选出的最佳涂膜条件 $A_3B_2C_2$ 以及正交表中出现的保鲜效果最好的组合 $A_3B_3C_1$, 结果见图 4。

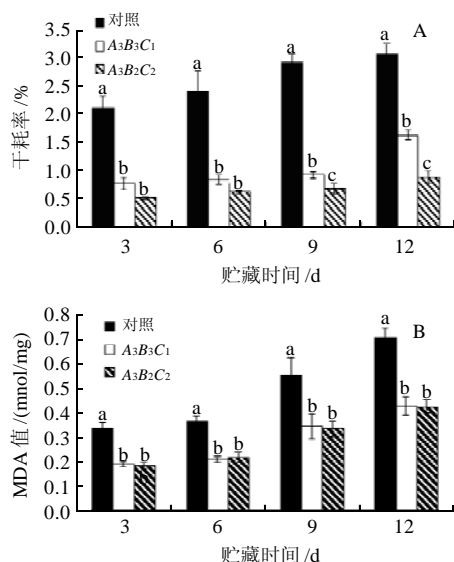


图 4 保鲜 12d 过程中鸡肉干耗率(A)和 MDA 值(B)的变化

Fig.4 Change in waste loss rate (A) and MDA content (B) chicken breast during 12 days of storage

由图 4A 可以看出, 由正交试验分析出的最佳方案 $A_3B_2C_2$ 以及 9 组中的最优条件 $A_3B_3C_1$ 均可以在一定程度上减少鸡肉的干耗, 但 $A_3B_3C_1$ 效果不如 $A_3B_2C_2$ 好, 这可能是因为钙盐交联时间太短, 凝胶中的 Ca 的比例较低, 凝胶持水力下降, 形成的膜凝胶强度不够^[9]。由图 4B 可知, 两种涂膜方式皆可以在一定程度上延缓脂肪氧化, 但两者的效果并无明显差异。因此综合图 4 结果选择 $A_3B_2C_2$, 即海藻酸钠质量浓度 2g/100mL、氯化钙质量浓度 2g/100mL、钙化时间 2min 为最好涂膜方式。

3 结 论

经以上分析, 单因素试验各条件的选择比较合理, 利用正交设计所筛选出的最优涂膜方式, 即 2g/100mL、海藻酸钠与 2g/100mL、氯化钙经 2min 钙化的涂膜条件对贮藏于 4℃ 的鸡胸肉进行涂膜保鲜, 能够明显降低鸡胸肉的干耗率, 这与余小领^[14]的研究结果一致。但另一方面, 涂膜对延缓鸡胸肉脂肪氧化的效果并不十分明显, 这可能是因为钙盐交联海藻酸钠后大大降低了膜对

水蒸气的透过率^[6], 但并不能较好的改善膜对氧气的透过率。为在减少肉类干耗的同时延缓其脂肪氧化。目前, 国外已有很多学者^[15-17]尝试在单一成分的可食用涂膜剂中添加抗氧化剂制成功能性可食用膜, 并在改善生鲜肉和肉制品的干耗和脂肪氧化上皆取得了良好的效果, 可以在后续的实验对此进行相关研究。

参考文献:

- [1] GENNADIOS A, HANNA M A, KURTH L B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 1997, 30(4): 337-350.
- [2] CHIDANANDAIAH, KESHRI R C, SANYAL M K. Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) storage[J]. Journal of Muscle Food, 2009, 20(3): 275-292.
- [3] KANG H J, JO C, KWON J H, et al. Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty[J]. Food Control, 2007, 18(5): 430-435.
- [4] PAVALTHAE, VOISIN A, ROBERTSON G H. Pectin-base biodegradable water insoluble films[J]. Macromolecular Symposium, 1999, 140(1): 107-113.
- [5] 邓靖, 谭兴和, 刘雨华, 等. 增稠剂和交联剂对海藻酸钠膜性能的影响[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 18-20.
- [6] RHIM J W. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2004, 37(3): 323-330.
- [7] 汪学荣, 阚建全, 汪水平. 海藻酸钠涂膜保鲜牛肉的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 475-477.
- [8] 曾庆祝, 许庆陵. 鱼、虾、贝可食性涂膜保鲜技术的研究[J]. 大连水产学院学报, 1997, 12(2): 37-42.
- [9] 曾庆祝, 许庆陵. 褐藻酸钠涂膜剂的特性研究[J]. 大连水产学院学报, 1996, 11(1): 65-69.
- [10] SONG Yonglin, LIU Lei, SHEN Huixian, et al. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*)[J]. Food Control, 2010, 22(3/4): 1-8.
- [11] LU Fei, LIU Donghong, YE Xingqian et al. Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4°C [J]. Journal of Science Food Agric, 2009, 89(5): 848-854.
- [12] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 135-144.
- [13] 李云雁, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2008: 132-134.
- [14] 余小领. 冷冻和解冻工艺对猪肉保水性和组织结构的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [15] ARMITAGE D B, HETTIARACHCHY N S, MONSOOR M A. Natural antioxidants as a component of an egg albumen film in the reduction of lipid oxidation in cooked and uncooked poultry[J]. Food Science, 2002, 67(2): 631-634.
- [16] HONG Y H, LIM G O, SONG K B. Physical properties of gelidium corneum-gelatin blend films containing grapefruit seed extract or green tea extract and its application in the packaging of pork loins[J]. Food Science, 2009, 74(1): 6-10.
- [17] GIMENEZ B, GOMEZ-GUILLEN M C, PEREZ-MATEO P, et al. Evaluation of lipid oxidation in horse mackerel patties covered with borage-containing film during frozen storage[J]. Food Chemistry, 2011, 124(4): 1393-1403.