

姜精油对明胶-CaCO₃可食膜理化及抑菌特性影响的研究

王跃猛, 刘安军, 李鑫, 韩悦, 滕安国, 王丽霞

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 为开发出一种具有抑菌活性的明胶-碳酸钙可食膜, 测定添加 0%、1%、3% 姜精油的明胶-碳酸钙可食膜的厚度、机械性能、水溶性、水蒸气透过系数、色泽、透明度和透光率、抑菌活性、表面形态微观结构及可食膜在冷藏温度为 4 °C 时对冷鲜肉的保鲜效果等特性。结果表明: 加入姜精油后, 姜精油与明胶相互作用导致可食膜的外观颜色变暗, 抗拉强度、水溶性和水蒸气透过系数均有所降低, 而可食膜的厚度、断裂伸长率、抑菌活性均有所提高; 原子力显微镜表征可食膜的微观结构及粗糙度结果表明随着姜精油浓度的增加, 可食膜表面更粗糙。此外, 对冷鲜肉的保鲜实验表明随着姜精油添加量的增加, 可食膜对冷鲜肉的保鲜效果越好。综上所述, 姜精油添加到明胶-碳酸钙可食膜中开发出的姜精油可食膜在食品包装方面具有潜在的开发价值。

关键词: 明胶; 碳酸钙; 姜精油; 可食膜; 抑菌

文章编号: 1673-9078(2015)2-57-62

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.2.011

Effect of Ginger Essential Oil on the Physicochemical and Antibacterial Properties of a Gelatin-Calcium Carbonate Edible Film

WANG Yue-meng, LIU An-jun, LI Xin, HAN Yue, TENG An-guo, WANG Li-xia

(College of Food Science and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: In order to develop gelatin-calcium carbonate edible films with antibacterial activity, gelatin-calcium carbonate edible films were incorporated with 0%, 1%, and 3% ginger essential oils. The thickness, mechanical properties, water solubility (WS), water vapor permeability (WVP), color, light transmission and transparency, antibacterial activity, surface morphology, and microstructure of the prepared edible films were measured. Additionally, the freshness-preserving effect of edible films on chilled pork stored at 4 °C was also investigated. The results showed that after the addition of ginger essential oil, the appearance of the films became darker due to interactions between gelatin and ginger essential oil; also, the tensile strength, WS, and WVP were all decreased to some extent, while the thickness, elongation at break, and antibacterial activity of the edible films were all increased to some extent. Atomic force microscopy (AFM) was used to characterize the microstructure and roughness of the edible films and the results showed that the surface roughness of the ginger essential oil-treated films increased with increasing ginger essential oil concentration. In addition, the preservation experiment on chilled fresh pork showed that the preservative effect of the modified films was improved upon increasing the amount of added ginger essential oil. In summary, the ginger essential oil-edible film, which was developed by the addition of ginger essential oil to gelatin-calcium carbonate edible films, has potential applications in food packaging.

Key words: gelatin; calcium carbonate; ginger essential oil; edible film; antibacterial

可食膜通常是以天然可食性物质, 如蛋白质、多

收稿日期: 2014-06-23

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2013AA102204); 农业部项目(201303082-3); 天津市科技支撑计划项目(14ZCZDNC00015); 天津市科技型中小企业专项资金(周转资金)项目(11kqzznc280)

作者简介: 王跃猛(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品专用蛋白基料及功能食品的研究与开发

通讯作者: 刘安军(1963-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水产品、畜产(副产)品高附加值的开发利用及功能性食品研究等

糖、脂肪等一种或多种物质为原料, 通过分子间相互作用或交联形成的具有多孔网络结构的薄膜, 具有绿色环保、生物降解、无毒无害、能够提高食品的保质期和提高食品的质量等优点, 主要包括膜和涂层^[1]。这种新型包装中可以加入抑菌剂和(或)营养物质等活性成分, 提供传统包装所不具备的功能^[2]。

碳酸钙是一种稳定、安全的天然物质, 主要来源于海洋生物、岩石和蛋壳等。在自然环境中具有使机体免受外界机制和微生物损伤的物理屏障作用^[3]。一

般情况下,它被用来做生物可降解填充料的天然来源。除此之外,自从钙在心脏、神经系统、肌肉和强壮骨骼的重要性被证明之后,碳酸钙就作为一种食物强化剂被认可^[4]。近年来,碳酸钙在微胶囊、药片^[3,5]和复合膜^[6]等方面应用广泛。

精油,又称为挥发性芳香油,是从植物的花、叶、茎、根或果实中提炼萃取的挥发性芳香物质,是一类具有挥发性且可随水蒸气蒸馏出来的油状液体,多呈无色或淡黄色,具有特殊气味(多为香气)或辛辣味,精油作为食品香精被广泛应用^[7]。姜精油是由复杂的天然化合物组成的混合物。精油的主要成分是萜烯类、芳香族化合物(醛、醇、酚、甲氧基衍生物等)和萜类(类异戊二烯)。精油的存在,不仅可以改善可食膜的机械性能、水蒸气透过系数等各项性能,而且还具有抑菌效果,还可以通过降低脂质过氧化,提高食品的保质期^[8]。

本研究通过在明胶-碳酸钙可食膜中加入天然抑菌剂-姜精油以提高明胶-碳酸钙新型包装材料的抑菌活性,以及对可食膜的厚度、机械性能、水溶性、水蒸气透过系数、表面粗糙度等性能的测定和冷鲜肉的保鲜实验,开发出了具有一定潜在价值的活性食品包装材料。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

购自超市的新鲜猪肉于4℃条件下冰箱贮藏,并分别在采购的第1、3、6、9d进行取样分析。

明胶,阿拉丁试剂公司;碳酸钙,天津大学科威公司;甘油,天津大学科威公司;姜精油,成都麦卡希试剂公司;硼酸,天津大学科威公司;NaOH,天津大学科威公司;盐酸,天津大学科威公司。

枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*),沙门氏菌(*Salmonella*),大肠杆菌(*Escherichia coli*)购于天津科技大学微生物种保藏管理中心。

LB琼脂培养基,北京奥博星生物技术有限公司。所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TA-XT 2i 质构仪,英国 Stable Micro System 公司; DC-P3 全自动测色色差计,北京市兴光测色仪器公司; 752 紫外-可见分光光度计,天津市普瑞斯仪器有限公司; JSPM-5200 原子力显微镜,日本电子株式会社; Vector22 付立叶变换红外光谱仪,德国布鲁克光谱仪

公司; 0-10-30 型测厚仪,上海川陆量具有限公司。

1.3 方法

1.3.1 膜的制备

可食膜的制作采用流延法。称取一定量的明胶、碳酸钙,加入蒸馏水,静置溶胀后于45℃水浴中边搅拌边加入甘油至胶液混合均匀。同时制备不同浓度的姜精油溶液,待胶液混合均匀后分别加入不同浓度的姜精油水溶液,得到均匀的成膜溶液(最终浓度分别为明胶5%(m/V)、碳酸钙0.5%(m/V)、甘油2%(m/V)、姜精油1%、3%(m/V),然后将混合均匀的成膜溶液真空脱气后迅速薄摊在有机玻璃平板(11cm×11cm)上,30℃鼓风干燥箱中处理4h,揭膜^[9-10]。测定前将干燥后的可食膜放在装有饱和Mg(NO₃)₂溶液(相对湿度=50%±1%)的干燥器中处理48h。同样方法制备不含姜精油的对照膜。

1.3.2 可食膜厚度测定

用测厚仪(精确到0.001mm)在裁切好的膜上均匀取10个点,测厚度,取平均值。

1.3.3 可食膜机械性能测定

测试方法根据GB 13022-1991将膜切成大小为20.0mm×60.0mm长条形,使用质构仪测定其拉伸性能。触发力设5.0g,夹具上下距离为30.0mm,拉伸速度为0.8mm/min。厚度使用测厚仪(精确到0.001mm)随机测定膜上的10个位置,其平均值作为其厚度^[11]。按式(1)计算膜的拉伸强度(TS)、式(2)断裂伸长率(EAB)。

$$\sigma / \text{MPa} = \frac{F}{b \times d} \quad (1)$$

注:σ为抗拉强度/MPa;F为膜样品在断裂时所能承受的最大应力/N;b为膜的宽度/mm;d为膜的厚度/mm。

$$E / \% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (2)$$

注:E为断裂伸长率/%;L为膜样品在断裂时所达到的长度/mm;L₀为初始长度/mm。

1.3.4 水溶性测定

将膜切成40.0mm×40.0mm的正方形,在干燥器中干燥至恒质量。称重后放入300mL去离子水中,于室温(25℃)下溶解24h。再将膜在60℃的条件下干燥至恒质量,称其质量变化。根据其质量变化按式(3)计算膜的水溶性(WS):

$$\text{WS} / \% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

注:m₁为溶解前膜的质量/g;m₂为溶解后膜的质量/g。

1.3.5 水蒸气透过系数测定

根据 GB 1037-88, 采用杯式法^[12], 在 25 °C 温度条件下, 在杯子中放入烘干的无水 CaCl₂ (相对湿度=0)。把薄膜蒙在杯口, 密封, 再把杯子置于底部有一定量饱和 NaNO₂ 溶液的干燥器中 (相对湿度=65%), 使试样两侧保持一定的蒸汽压差, 测量通过试样的蒸汽量, 计算水蒸气透过系数。

水蒸气透过系数 (WVP) 按式 (4) 计算:

$$WVP/[g(Pa \cdot s \cdot m) \times 10^{-10}] = \frac{\Delta m \times d}{t \times S \times \Delta P} \quad (4)$$

注: $\Delta m/t$ 为在稳定透过时, 单位时间内透湿杯增加重量的算术平均值/(g/s); d 为试样厚度/m, 本实验采用同一张膜 5 个以上不同部位测量值的平均值; S 为试样的试验面积, 本试验中薄膜面积 $3.14 \times 10^{-4} m^2$; ΔP 为试样两侧的蒸汽压差/Pa。

1.3.6 可食膜色泽测定

利用全自动测色色差计测定可食膜的色泽, 以白板作为色差测定参比, 每个样测定 3 次, 取平均值。分别记录可食膜的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE 值。按式 (5) 计算膜的总色差 ΔE :

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (5)$$

注: ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 为可食膜相应的颜色参数差异, 白板标准 $L^*=94.54$ 、 $a^*=-0.21$ 、 $b^*=0.79$ 。

1.3.7 透光率和透明度测定

利用紫外-可见分光光度计测定 200 nm~800 nm 范围内可食膜对紫外光和可见光的阻隔性能, 分光光度计使用前, 将空比色杯放入调零、调满, 然后将膜剪成 40.0 mm×40.0 mm 的正方形, 放入比色杯中, 使其贴于比色杯光面的一侧。利用一下方程计算可食膜的透明度:

$$\text{透明度} = -\frac{\log T_{600}}{x} \quad (6)$$

注: T_{600} : 600 nm 处可食膜的透光率; x : 膜的厚度/mm。

1.3.8 抑菌活性测定

可食膜的抑菌活性用纸片扩散培养法测定^[13], 无菌条件下用打孔器将可食膜制成直径 6 mm 的圆形片。将制好的可食膜在无菌条件下放置在预先已经接种 100 μL 实验菌浓度为 10^8 CFU/mL 的 LB 琼脂培养基上, 每个培养基上放置 4 片, 一片为对照膜, 另外 3 片为同一梯度重复膜。于 37 °C 培养箱中倒置培养 24 h, 培养后取出平板, 测量抑菌区域面积 (mm^2)。抑菌圈的边缘以肉眼看不到细菌明显生长为限。

1.3.9 微观结构测定

将可食膜固定于气垫平衡台上, 用 JSPM-5200 原子力显微镜观察可食膜的微观结构, 探针悬臂共振频率为 32 kHz, 弹性常数为 0.5 nm^{-1} , 接触模式进行扫

描。

1.3.10 可食膜对冷鲜肉的保鲜效果

实验采用超市购买的新鲜猪肉 4 °C 的储藏条件, 按 GB/T 5009.44-2003 中半微量蒸馏法。分别在贮藏第 1、3、6、9 测定未包装、对照膜包装、加入 1%、3% 姜精油可食膜包装的肉样挥发性盐基氮的变化^[14]。取肉样一块, 剪细研匀, 称取肉样 10.0 g, 用 10 倍 (100 mL) 无氨蒸馏水浸抽 30 min, 其间不断振摇, 然后过滤, 即成 10% 样品浸抽液, 加 2% 硼酸溶液和 5~6 滴混合指示剂后, 将吸收容器置于冷凝管下端插入液面下, 然后取浸抽液 2 mL, 置于蒸馏器的反应室中, 加入 1% NaOH 溶液 5 mL, 迅速盖塞, 通过蒸汽, 待蒸汽充满蒸馏器时, 即关闭蒸汽出口管, 由冷凝管出现第一滴凝结水开始计算, 蒸馏 5 min 停止, 吸收溶液用 0.01 mol/L 盐酸标准溶液滴定, 终点呈蓝色, 同时也做平行试验与空白试验, 按下式计算:

$$\text{挥发性盐基氮}(mg/100g) = \frac{V_1 - V_2}{W} \times N \times 14 \times 100$$

注: V_1 : 样品溶液所消耗 0.01 mol/L HCl 标准溶液 mL 数; V_2 : 空白溶液所消耗 0.01 mol/L 溶液 mL 数; W : 样品的重量 (g); 14 为 1.0 mol/L HCl 标准溶液相当于氮的 mg 数。

2 结果与分析

2.1 可食膜性能分析

由表 1 可以看出, 姜精油的加入改变了可食膜的厚度、力学性能、水溶性、水蒸气透过系数各项性能。

2.1.1 厚度

随着姜精油浓度的增加, 可食膜的厚度从 0.067 mm 增加至 0.081 mm。然而与对照相比, 姜精油浓度为 1% 的可食膜厚度增加不显著 ($p>0.05$), 而姜精油浓度为 3% 时, 增加显著 ($p<0.05$), 其原因是因为姜精油中不同的化学成分与明胶相互作用导致可食膜中有序结构降低所致^[2, 15]。

2.1.2 可食膜机械性能

随着姜精油浓度的增加, 可食膜的抗拉强度逐渐降低, 而断裂伸长率不断增加。这是因为精油的加入导致非均相膜基质的增加, 导致可食膜网络结构的不连续性增加。此外, 姜精油在成膜液中与明胶不混溶, 阻碍明胶肽链之间的相互作用, 还可以降低可食膜网络之间的结合, 导致可食膜抗拉强度降低, 而断裂伸长率增加^[15]。

与对照膜相比, 姜精油浓度为 1% 时, 可食膜的机械性能没有显著改变 ($p>0.05$), 而当姜精油浓度增加到 3% 时, 可食膜的机械性能才有显著改变

($p < 0.05$)。这可能是由于姜精油的浓度直接决定了可食膜的机械性能^[16]。

表 1 姜精油对明胶-碳酸钙可食膜各项性能的影响 ($n \geq 3$)

Table 1 Effect of ginger essential oil on the properties of gelatin-CaCO₃ edible films ($n \geq 3$)

指标	样品		
	对照	1%姜精油	3%姜精油
厚度/mm	0.067±0.003 ^b	0.071±0.004 ^b	0.081±0.007 ^a
抗拉强度/MPa	19.84±0.72 ^a	17.08±2.20 ^{ab}	14.76±1.03 ^b
断裂伸长率/%	14.82±3.81 ^b	20.94±1.63 ^b	34.52±4.43 ^a
水溶性/%	38.61±2.23 ^a	32.82±1.38 ^a	34.02±3.09 ^a
水蒸气透过系数 /[G/(Pa s m)]	6.69×10 ⁻⁹ ±5.44×10 ^{-8a}	5.43×10 ⁻⁹ ±8.18×10 ^{-8b}	4.94×10 ⁻⁹ ±4.90×10 ^{-8c}

注：同行不同肩标字母表示显著性差异($P < 0.05$)。

2.1.3 可食膜的水溶性和水蒸气透过系数

随着姜精油浓度增加，可食膜的水溶性有所降低，由 38.61% 降至 34.02%，但改变不显著 ($p > 0.05$)；而可食膜的水蒸气透过系数也越低 ($p < 0.05$)，由 $6.69 \times 10^{-9} \text{ G/(Pa s m)}$ 降低至 $4.94 \times 10^{-9} \text{ G/(Pa s m)}$ 。由于姜精油中含有萜类等疏水性物质^[17]，姜精油的加入导致可食膜中疏水性物质含量提高、可食膜的水溶性和水蒸气透过系数降低。一般来说，蛋白可食膜水溶性和水蒸气透过系数随着可食膜中疏水性物质（如脂质或烃）含量的增加而降低^[18]。

2.2 可食膜色泽分析

表 2 姜精油对明胶-碳酸钙可食膜色度的影响 ($n \geq 3$)

Table 2 Effect of ginger essential oil on the

色泽	样品		
	对照	1%姜精油	3%姜精油
L*	92.76±0.20 ^a	87.78±0.22 ^b	84.17±0.40 ^c
a*	-0.48±0.09 ^b	0.31±0.05 ^b	2.43±0.04 ^a
b*	5.61±0.06 ^c	32.20±0.30 ^b	50.02±1.46 ^a
ΔE*	5.15±0.12 ^c	32.13±0.24 ^b	50.38±1.53 ^a

注：同行不同肩标字母表示显著性差异($P < 0.05$)。

表 3 姜精油对明胶-碳酸钙可食膜透光率和透明度的影响 ($n \geq 3$)

Table 3 Effect of ginger essential oil on the light transmission and transparency values of gelatin-CaCO₃ edible films ($n \geq 3$)

样品	波长/nm								透明度
	200	280	350	400	500	600	700	800	
对照	0.10	0.30	16.50	19.47	23.63	28.10	31.30	34.23	6.55±0.21 ^c
1%姜精油	0.00	0.20	5.50	8.47	20.93	24.67	27.03	30.03	7.23±0.019 ^b
3%姜精油	0.00	0.10	1.55	3.50	21.03	27.13	29.43	32.50	8.38±0.06 ^a

注：同列不同肩标字母表示显著性差异($P < 0.05$)。

2.4 可食膜抑菌活性分析

由表 4 可以看出，对照膜对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、沙门氏菌均有效果。随着姜精

加入姜精油后可食膜的 L*、a*、b*、ΔE* 与对照膜相比均有显著性差异 ($p < 0.05$)，随着姜精油浓度的增加，L* 显著性降低，而 a*、b*、ΔE* 有所提高 (表 2)。这一结果表明姜精油直接影响可食膜的色泽，导致可食膜的颜色变黄、亮度增加。

2.3 可食膜透光率和透明度分析

食品包装薄膜需保护食物免受光线的影响，尤其是紫外辐射。由表 3 可以看出，200 nm 和 280 nm 波长处所有可食膜均具有优良的阻隔性能。在可见光区 (350~800 nm)，随着波长的增加，可食膜对可见光的传输能力也逐渐提高。然而，与对照膜相比，姜精油浓度越高，可食膜对光的阻隔性能越好、透光率越低。透光率的降低可能是因为分散在可食膜网络结构中的油滴对光的散射作用^[18]。

在所有选定波长范围内进行的测试结果显示，随着姜精油浓度的增加，可食膜的透明度显著性增加 ($p < 0.05$)，这一结果说明姜精油浓度越高，可食膜对光的阻隔性能越好，这可能是由于姜精油中的着色成分和可食膜有序网络结构减少所致^[2]。因此，姜精油的加入能够影响可食膜的外观和光阻隔性。

油浓度的增加，可食膜对四种菌的抑菌效果显著性增加 ($p < 0.05$)，其中对金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌两种革兰氏阳性菌的抑菌效果更加明显。

姜精油已作为食品添加剂广泛应用于蔬菜、大

米、水果、奶制品、鱼、肉等食品的保存。精油抑制微生物活性的机理是攻击细胞膜上的磷脂，进而增加细胞膜的渗透性，使得细胞质向外渗透，而革兰氏阴性菌细胞壁周围覆盖有脂多糖和外膜蛋白对细胞具有保护作用，能够限制疏水性化合物通过脂多糖层扩散^[19]。因此，姜精油对食品腐败菌和食源性致病菌的抑菌效果是对革兰氏阳性菌比革兰氏阴性菌效果好^[20]。

表4 姜精油对明胶-碳酸钙可食膜抑菌活性的影响 (n≥3)

Table 4 Effect of ginger essential oil on the antibacterial activities of gelatin-CaCO₃ edible films (n≥3)

菌种	样品		
	对照/mm ²	1%姜精油/mm ²	3%姜精油/mm ²
金黄色葡萄球菌	0.00±0.00 ^c	33.58±12.09 ^b	70.23±14.61 ^a
枯草芽孢杆菌	0.00±0.00 ^b	19.97±2.87 ^a	94.62±29.53 ^a
大肠杆菌	0.00±0.00 ^c	12.11±2.68 ^b	22.00±0.00 ^a
沙门氏菌	0.00±0.00 ^b	16.84±1.43 ^b	35.87±1.55 ^a

注：同行不同肩标字母表示显著性差异(P<0.05)。

2.5 可食膜微观结构分析

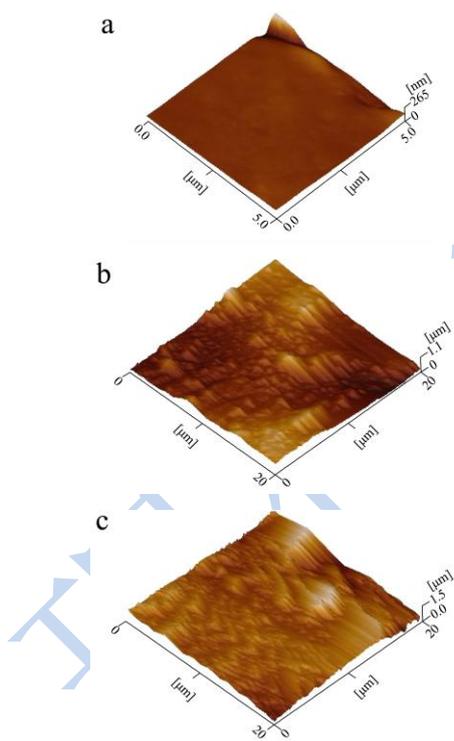


图1 可食膜表面形貌 AFM 图

Fig.1 Typical AFM images of the surface topography of the edible films

注：a 对照膜，b 1%姜精油，c 3%姜精油。

由图1可以看出，对照膜的表面更加光滑，姜精油含量越高，可食膜的表面越粗糙，平均粗糙度(R_a)由20.90 nm增加至69.90 nm，均方根粗糙度(R_q)也由27.03 nm增加至79.60 nm。姜精油具有疏水性且密

度较低，在可食膜烘干过程中从水相中分离，以晶体形式非均匀的分布在可食膜的表面，从而形成双分子层的微观结构，导致可食膜表面更加粗糙^[21]。

表5 可食膜粗糙度参数 (n≥3)

Table 5 Roughness parameters of the edible films obtained from AFM images (n≥3)

粗糙度	样品		
	对照/nm	1%姜精油/nm	3%姜精油/nm
R _a	20.90±1.10 ^c	47.50±3.09 ^b	69.90±3.88 ^a
R _q	27.03±2.67 ^c	56.80±3.19 ^b	79.60±3.61 ^a

注：同行不同肩标字母表示显著性差异(P<0.05)。

2.6 可食膜保鲜效果分析

肉类在贮藏过程中，由于酶和细菌的作用，会发生腐败现象，使蛋白质分解而产生氨以及胺类等含氮物质。挥发性盐基氮是检验肉腐败与否的一个重要指标^[22]。

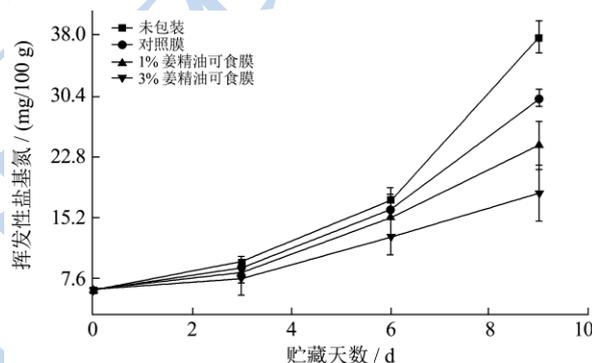


图2 冷藏过程中挥发性盐基氮的变化

Fig.2 Changes in the TVB-N of meat during cold storage

由图2可以看出，未包装、对照膜包装、1%姜精油可食膜包装、3%姜精油可食膜包装的肉在贮藏过程中挥发性盐基氮均有所增加，增加最显著的是未包装的肉，3%姜精油可食膜包装的肉变化最小，肉质最新鲜。这说明添加姜精油的可食膜可以延缓冷鲜肉的蛋白分解，延长产品货架期。

3 结论

3.1 添加姜精油的明胶-碳酸钙可食膜的成膜特性表明：随着姜精油含量的增加，可食膜的厚度和断裂伸长率越来越大，当姜精油的含量达到3%时，可食膜的厚度和断裂伸长率达到最大值；与对照膜相比可食膜的抗拉强度、水溶性和水蒸气透过系数均有所降低，可食膜对光的阻隔性能逐渐提高，外观颜色越来越暗，表面越来越粗糙。

3.2 当明胶-碳酸钙可食膜中添加姜精油时，能够抑制金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、沙门氏菌、大肠

杆菌的生长, 而且对枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌具有更明显的抑菌效果。

3.3 使用添加姜精油的明胶-碳酸钙可食膜包装冷鲜猪肉能够减缓冷鲜肉的挥发性盐基氮含量, 从而提高对肉的保鲜效果。

参考文献

- [1] 张赟彬, 江娟. 大豆分离蛋白可食膜的生产工艺及性能表征 [J]. 食品科学, 2012, 33(6): 100-104
ZHANG Yun-bin, JIANG Juan. Preparation and performance characterization of soy protein isolate edible film [J]. Food Science, 2012, 33(6): 100-104
- [2] Tongnuanchan P, Benjakul S, Prodpran T. Physico-chemical properties, morphology and antioxidant activity of film from fish skin gelatin incorporated with root essential oils [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117(3): 350-360
- [3] Long Y, Song K, York D, et al. Engineering the mechanical and physical properties of organic-inorganic composite microcapsules [J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2013, 433: 30-36
- [4] Umaretiya P J, Thacher T D, Fischer P R, et al. Bone mineral density in Nigerian children after discontinuation of calcium supplementation [J]. Bone, 2013, 55(1): 64-68
- [5] Xuan Q L, Hua C Z. Calcium carbonate nanotablets: bridging artificial to natural nacre [J]. Advanced Materials, 2012, 24(47): 6277-6282
- [6] Dongya Y, Hanqing Z, Fengxian Q, et al. Investigation of polyurethane (urea)/modified nano-calcium carbonate hybrid aqueous dispersions and their films [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 125(4): 2896-2901
- [7] Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review [J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 94(1): 223-253
- [8] Gutiérrez J, Bary-Ryan C, Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients [J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 124(1): 91-97
- [9] Tongnuanchan P, Benjakul S, Prodpran T. Characteristics and antioxidant activity of leaf essential oil-incorporated fish gelatin films as affected by surfactants [J]. International Journal of Food Science Technology, 2013, 48(10): 2143-2149
- [10] Abdollahi M, Rezaei M, Farzi G. Improvement of active chitosan film properties with rosemary essential oil for food packaging [J]. Journal of Food Science Technology, 2012, 47(4): 847-853
- [11] GB13022-1991. 塑料薄膜拉伸性能试验方法[S]
GB13022-1991. Plastics-determination of tensile properties of films [S]
- [12] GB1037-1988. 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法-杯式法[S]
GB1037-1988. Test method for water vapor transmission of plastic film and sheet-cup method [S]
- [13] Aguirre A, Borneo R, León A E. Antimicrobial, mechanical and barrier properties of triticale protein films incorporated with oregano essential oil [J]. Food Bioscience, 2013, 1: 2-9
- [14] GB/T 5009.44-2003. 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]
GB/T 5009.44-2003. Method for analysis of hygienic standard of meat and meat products [S]
- [15] Tongnuanchan P, Benjakul S, Prodpran T. Structural, morphological and thermal behaviour characterisations of fish gelatin film incorporated with basil and citronella essential oils as affected by surfactants [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 41(1): 33-43
- [16] Atarés L, Bonilla J, Chiralt A. Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(4): 678-687
- [17] Pires C, Ramos C, Teixeira G, et al. Characterization of biodegradable films prepared with hake proteins and thyme oil [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(3): 422-428
- [18] Hoque M S, Benjakul S, Prodpran T. Properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin incorporated with cinnamon, clove and star anise extracts [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 1085-1097
- [19] Sharma P C, Jain S, Yadav G, et al. Natural preservatives: current insights and applications [J]. Der Pharmacia Sinica, 2010, 1(3): 95-108
- [20] Emiroglu Z K, Yemis G P, Coskun B K, et al. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 283-288
- [21] Karbowiaka T, Debeaufort F, Voilley A. Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(5-6): 879-888
- [22] 马美湖, 林亲录, 张凤凯. 冷却肉生产中保鲜技术的初步研究-溶菌酶、Nisin、Gna 液保鲜效果的比较试验[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 235-241
MA Mei-hu, LIN Qin-lu, ZHANG Feng-kai. Study on the

fresh-keeping technology of cooling meat production-the
fresh-keeping effect of lysozyme, nisin and Gna solution [J].

Food Science, 2002, 23(8): 235-241

现代食品科技