

网络出版时间:2016-04-07 09:00

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.05.026

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160407.0900.052.html>

肉桂精油壳聚糖纳米粒在冷却肉保藏中的应用

刘占东,李璐,全国芬,丁武

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**制备肉桂精油壳聚糖纳米粒,以扩大肉桂精油(CEO)在冷却肉保鲜中的应用范围,克服其易挥发的缺陷。**【方法】**采用离子凝胶法制备肉桂精油壳聚糖纳米粒。通过透射电镜(TEM)、扫描电镜(SEM)对肉桂精油壳聚糖纳米粒的形态进行表征,测定其包封率。分别配制质量分数为3%和6%的肉桂精油壳聚糖纳米粒保鲜剂(CEO质量分数分别为0.2%和1.0%),用其处理冷却猪肉,检测其对肉样色泽(L 值、 a^* 值、 b^* 值)、TBARS值、pH和菌落总数的影响。**【结果】**制备的肉桂精油壳聚糖纳米粒颗粒大小均匀、形态饱满、呈规则球形,冻干后形态仍较为均匀,包封率为 $(37.5 \pm 2.1)\%$ 。通过对冷却肉色泽、TBARS值、pH及菌落总数的分析得知,包埋质量分数1.0%肉桂精油的肉桂精油壳聚糖纳米粒试验组的冷却肉在 $(4 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 时储藏期可达到6 d。**【结论】**制备的肉桂精油壳聚糖纳米粒表征良好,可在一定程度上延长冷却肉的贮藏期。

[关键词] 肉桂精油;壳聚糖;纳米粒;冷却肉

[中图分类号] TS205.7

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)05-0193-07

Application of cinnamon essential oil loaded chitosan nanoparticles in chilled meat preservation

LIU Zhan-dong, LI Lu, QUAN Guo-fen, DING Wu

(College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** This study used cinnamon essential oil (CEO) loaded chitosan nanoparticles to expand its application in preservation of chilled meat by overcoming its volatility. **【Method】** The CEO loaded chitosan nanoparticles were prepared using ionic gelation process. Then they were characterized by TEM and SEM and encapsulation efficiency was measure. Preservatives of CEO loaded chitosan nanoparticles with mass fractions of 3% and 6% (CEO mass fractions were 0.2% and 1.0%) were prepared. Chilled pork was then processed with preservatives, and color (L value, a^* value, b^* value), TBARS value, pH and total number of colonies were detected. **【Result】** CEO loaded chitosan nanoparticles had a spherical and plump shape with uniform particle size after freeze-drying. The encapsulation efficiency (EE) was $(37.5 \pm 2.1)\%$. Based on the analysis of color, TBARS, pH and total number of colonies of chilled meat, preservation of chilled meat by 1% CEO loaded chitosan nanoparticles reached 6 days at $(4 \pm 0.5)^\circ\text{C}$. **【Conclusion】** The CEO loaded chitosan nanoparticles had good characterization and can extend the preservation of chilled meat.

Key words: cinnamon essential oil; chitosan; nanoparticles; chilled meat

[收稿日期] 2014-09-26

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(K33202096)

[作者简介] 刘占东(1990—),男,吉林松原人,在读硕士,主要从事畜产食品深加工与安全控制研究。E-mail:454061077@qq.com

[通信作者] 丁武(1971—),男,陕西吴堡人,教授,博士生导师,主要从事畜产食品深加工与安全控制研究。

E-mail:dingwu10142000@hotmail.com

纳米颗粒(Nanoparticles, NPs)是运用纳米技术将物质制作成粒径大小在 1~100 nm 的粒子,其具有表面效应、小尺寸效应、量子效应等特性,表现出许多不同于传统材料的新的物理、化学和生物学特性^[1]。将食品材料纳米化,与宏观状态下食品性质与功能相比,可以赋予食品许多优良的性质,包括质构、风味、加工性能以及货架期的稳定性等^[2]。因此纳米技术在医药卫生、生物技术、食品工业等领域大放异彩^[3]。

壳聚糖(Chitosan, CS)即聚(1,4)-2-乙酰氨基-2-脱氧- β -D-葡聚糖,是从甲壳素原料中提取出来的一种安全无毒的天然碱性多糖,作为目前自然界中发现的唯一大量存在的阳离子聚合物,壳聚糖具有良好的生物相容性、抗菌性、可降解性和成膜性,已广泛应用于食品、医疗和化学工业^[4]。壳聚糖是一种广谱型抗菌剂,对几十种真菌和细菌的生长都有明显的抑制作用^[5]。

肉桂精油(Cinnamon essential oil, CEO)由桂皮等提取而得,具有明显的抗氧化和抑菌活性,可以作为天然食品防腐保鲜剂用于食品工业^[6]。但由于精油的易挥发性,在应用过程中容易受环境影响,导致精油有效成分流失。因此研制包埋的缓释型精油保鲜剂对食品保鲜意义重大,目前将精油与具备抑菌潜能的缓释基质壳聚糖粒子或壳聚糖纳米粒子结合逐渐成为微生物控制方面新的发展趋势^[7-8]。本试验以壳聚糖纳米粒为载体包埋肉桂精油,以包封率为指标,研究了影响壳聚糖包埋肉桂精油形成纳米粒的因素,并探究了最优工艺下制备的肉桂精油壳聚糖纳米粒(CEO-CS-NPs)的表征、缓释性能及对冷却肉的保鲜作用,以期对冷却肉保鲜研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂 肉桂精油(纯度 90%),郑州麦雪龙食品香料有限公司生产;壳聚糖(中等分子量,脱乙酰度 $\geq 90\%$),上海阿拉丁试剂有限公司生产;新鲜猪肉,购自陕西杨凌好又多超市。试剂包括冰醋酸(HAc,分析纯)、三聚磷酸钠(TPP,分析纯)、吐温-80(AR,分析纯)、无水乙醇、95%乙醇、二氯甲烷、蒸馏水和超纯水。

1.1.2 仪器与设备 78-1 型磁力加热搅拌器,上海浦东物理化学仪器厂;HC-3018R 高速冷冻离心机,安徽中科中佳科学仪器有限公司;LGJ-10D 真空冷

冻干燥机,北京四环科学仪器厂有限公司;UV-1700 紫外可见分光光度计,SHIMADZU CORPORATION;pHS-3C 精密 pH 计,上海日岛科学仪器有限公司;HANGPINGJA2003 天平(感量 100~0.000 1 g),上海天平仪器厂;HT7700 透射电子显微镜,日立高新技术公司;S4800 扫描电镜,日本日立公司;WSC-S 测色色差计,上海精密科学仪器有限公司;超净工作台,富康空气净化公司;智能恒温恒湿培养箱,宁波海曙赛福试验仪器厂;灭菌锅,上海博讯实业有限公司;WG-43 鼓风干燥箱,天津泰斯特仪器有限公司。

1.1.3 培养基 采用营养琼脂培养基。1 L 煮沸并冷却的蒸馏水中加入胰蛋白胨 5 g,酵母浸膏 2.5 g,葡萄糖 1.0 g,琼脂 15 g,pH 调至 7.0,加 NaCl 8.5 g,121 °C 高压灭菌 15 min。

1.2 肉桂精油壳聚糖纳米粒(CEO-CS-NPs)的制备与检测

1.2.1 制备 参照 Calvo 等^[9]和 Hosseini 等^[10]的方法并加以改进,利用离子凝胶结合 O/W 乳液的方法制备肉桂精油壳聚糖纳米粒。称取 CS 粉末,20 °C 下溶于体积分数 1%的 HAc 溶液中,1 μ m 微孔滤膜过滤,用 5 mol/L NaOH 调 pH 为 4,加入吐温-80(亲水亲油指数(HLB)15.9)至其体积分数为 1%,60 °C 加热 2 h,制得 5.0 mg/mL 的 CS 溶液。将交联剂 TPP 溶于超纯水,用 0.45 μ m 微孔滤膜过滤,配成 1.5 mg/mL 的 TPP 溶液。称取肉桂精油,溶于适量的二氯甲烷中,得油相,然后缓慢逐滴将其加入到水相 CS 溶液中,使肉桂精油质量浓度为 0.5 mg/mL(以 CS 溶液体积计算),20 °C 温和搅拌(300 r/min)30 min,得 O/W 乳液。然后逐滴加入 TPP 溶液至 CS 与 TPP 溶液体积比为 2:1,滴加速度为 2 滴/秒,同前条件搅拌乳液 30 min,所得乳白色悬液即为肉桂精油壳聚糖纳米粒(CEO-CS-NPs),离心(12 000 r/min)15 min,取下层,蒸馏水冲洗,-40 °C 真空冷冻干燥备用。用相同的制备方法,向 CS 溶液中滴加 TPP 溶液,但不加入肉桂精油,制得 CS/TPP 微粒(CS-NPs),作为空白对照。

1.2.2 包封率(Encapsulation efficiency, EE)检测

将制备的 CEO-CS-NPs 悬液用超滤器(超滤膜 Mr 截留值为 10 000)在 12 000 r/min 条件下离心 30 min,取截留的 CEO-CS-NPs 颗粒,加入等体积的 2 mol/L 盐酸溶液破碎纳米粒,用体积分数 95%乙醇溶解定容至 10 mL 容量瓶中。用紫外分光光度计在 275 nm 处测定吸光度,根据标准曲线确定肉桂

精油的质量浓度,计算包封率(EE)。以相同方法制备的破碎的 CS-NPs 为对照。

$$EE(\%)=(m_2/m_1)\times100\%$$

式中: m_1 为制备纳米粒加入的总的肉桂精油的量, m_2 为包埋在纳米粒中的肉桂精油的量。

1.2.3 透射电镜观察 取上述制备的 CEO-CS-NPs 溶液,用体积分数 1% 的醋酸溶液稀释 10 倍后取 1 滴,用质量分数 2% 的磷钨酸(PTA)复染后置于铜网上,自然干燥,最后用透射电镜观察粒子的形态、数量及大小。

1.2.4 扫描电镜观察 将 CEO-CS-NPs 和 CS-

NPs 粉末分别均匀置于云母片上,固定后喷金。用扫描电镜(电压 5 kV)观察其形态和大小。

1.3 CEO-CS-NPs 对冷却肉的保鲜效果

1.3.1 肉样的处理 将购买的新鲜猪肉于 4 ℃冰箱中储藏 24 h 以充分排酸并使中心温度降至 4 ℃后分割成规则小块,准确称取肉样数份,每份 100 g,分别浸入 100 mL 保鲜剂中处理约 30 s,取出沥干,用聚乙烯保鲜膜包好置于聚苯烯托盘放于(4±0.5)℃冰箱中储藏待测。试验设计见表 1。根据预试验结果,本研究选用质量分数 0.2% 和 1.0% 的 CEO 添加量进行试验。

表 1 肉桂精油壳聚糖纳米粒保鲜效果试验设计

Table 1 Experimental design on preservation effects of CEO-CS-NPs

试验 Test	CEO-CS-NPs 质量分数/% Content of CEO-CS-NPs	CEO 质量分数/% Content of CEO	CS-NPs 质量分数/% Content of CS-NPs
对照(CK)	0	0	0
I	0	0.2	0
II	0	1.0	0
III	3(0.2)	0	0
IV	6(1.0)	0	0
V	0	0	3
VI	0	0	6

注:括号中的数据为 CEO 的质量分数。
Note:Data in parentheses are the mass fractions of CEO.

1.3.2 测定指标与方法 分别于储藏 2,4,6,8,10 和 12 d 取样测定肉样的色泽、TBARS 值,在储藏 1,3,5,7,9 d 取样测 pH,在储藏 1,3,5,7,9 和 11 d 取样测菌落总数。

(1)色泽。用 WSC-S 测色色差计测定肉样色泽,用白板对设备进行校准,测定指标为 L 值、 a^* 值和 b^* 值。 L 值表示样品的亮度, a^* 值表示肉样的红色度, b^* 值表示肉样的黄度。每组肉样随机取 2 个点测定,每个点重复测定 3 次,结果取平均值。

(2)TBARS 值。TBARS 值以每千克肉样品中丙二醛的毫克数表示。取 10 g 待测肉样研细,置于三角瓶中,加入 50 mL 体积分数 7.5% 的三氯乙酸溶液(含体积分数 0.1% 的 EDTA),振荡摇匀 30 min,用双层滤纸过滤。取 5 mL 滤液,加入 5 mL 0.02 mol/L 的 2-硫代巴比妥酸溶液,沸水浴 40 min,冷却 1 h 后,1 600 r/min 离心 5 min,取上清液,准确加入 5 mL 氯仿,摇匀,静置分层后取上清液,分别在 532 和 600 nm 处测吸光值 OD_{532} 、 OD_{600} ,计算 TBARS(单位:mg/kg)。

$$TBARS=\frac{(OD_{532}-OD_{600})}{155\times10}\times72.6\times1\,000。$$

(3)pH。用 PHS-3C 型精密 pH 计测肉样 pH

值。取待测肉样 10 g,剪碎后加入煮沸并冷却的双蒸水 90 mL,振荡 20 min,双层纱布过滤,用 pH 计测过滤液 pH 值,重复测 3 次,结果取均值。

(4)菌落总数。菌落总数按 GB4789.2—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检测 菌落总数测定》^[11]中的琼脂平板计数法进行测定。

1.4 统计分析

数据用 Excel 2007 和 Minitab 16.0 统计软件进行分析,采用 ANOVA 分析各处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 肉桂精油壳聚糖纳米粒的表征

2.1.1 包封率 在壳聚糖质量浓度 5.0 mg/mL、TPP 质量浓度 1.5 mg/mL、肉桂精油 0.5 mg/mL、pH 为 4.0 的条件下,制得的悬液呈乳白色,包封率为(37.5±2.1)%。

2.1.2 透射电镜(TEM)观察 通过透射电镜对纳米粒进行表征分析,结果显示,CEO-CS-NPs 呈球形,粒径较为均匀,形态饱满,大小约为 180 nm(图 1-a),空白纳米粒 CS-NPs 同样呈球形,形态规则(图 1-b)。

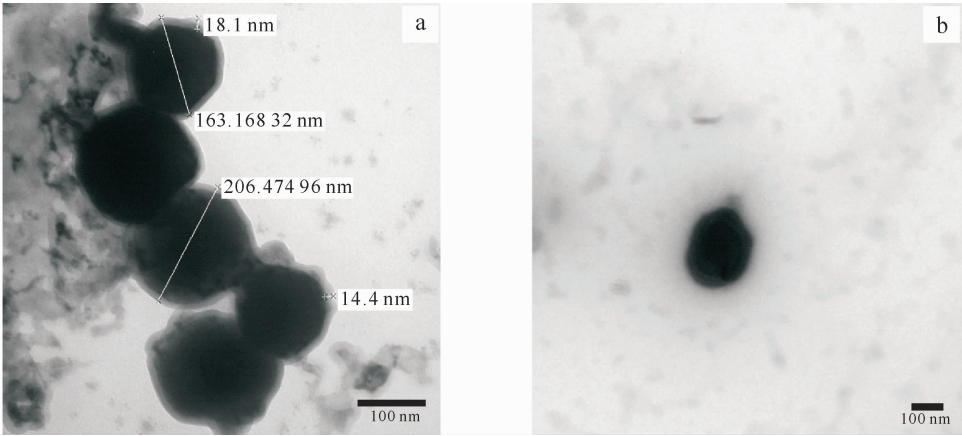


图 1 CEO-CS-NPs(a)和 CS-NPs(b)的透射电镜图

Fig. 1 TEM micrograph of CEO-CS-NPs (a) and CS-NPs(b)

2.1.3 扫描电镜(SEM)观察 图 2 结果显示, 粒大小较为均匀。
CEO-CS-NPs 和 CS-NPs 冻干后,仍呈球形颗粒,颗

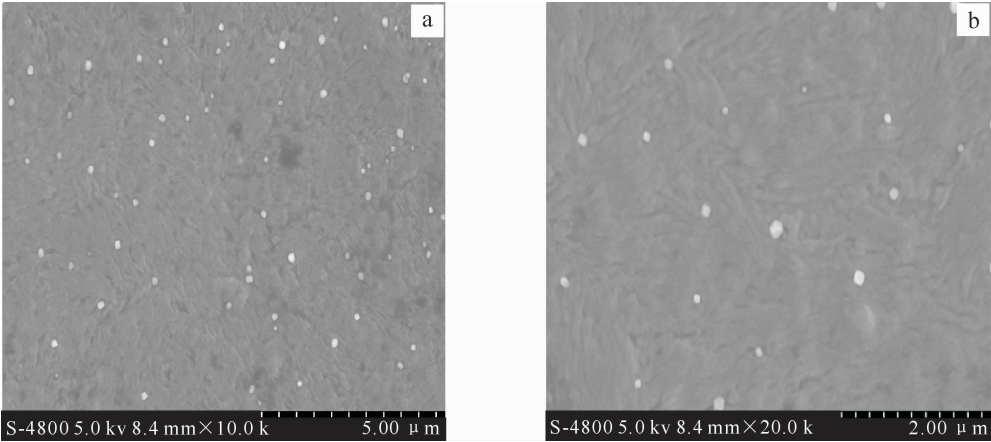


图 2 CEO-CS-NPs(a)和 CS-NPs(b)的 SEM 图

Fig. 2 SEM micrograph of CEO-CS-NPs(a) and CS-NPs(b)

2.2 CEO-CS-NPs 对冷却肉色泽的影响

色泽能在一定程度上反映出肉的新鲜度和健康状况,并与消费者的购买意愿直接关联^[12]。由表 2 可以看出,随着储藏期的延长,各处理 *L* 值减小,即冷却肉亮度下降;在储藏后期,对照组 *L* 值下降较大,颜色较浅,缺乏光亮。试验第 4,8,10 和 12 天,

处理Ⅳ *L* 值显著高于其他处理组($P<0.05$),较其他处理组光亮度好;第 6 天,处理Ⅳ *L* 值低于处理Ⅲ,但仍显著高于其他处理($P<0.05$)。试验期内,Ⅲ、Ⅳ处理的 *L* 值分别显著高于Ⅰ、Ⅱ处理($P<0.05$),分析原因为肉桂精油包埋后能减少精油的挥发损失,使其保鲜作用得以延长。

表 2 保鲜剂处理的冷却肉在储藏期内色泽的变化

Table 2 Effect of CEO,CEO-CS-NPs and CS-NPs on color of chilled pork during storage

处理 Treatment	<i>L</i>	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]	处理 Treatment	<i>L</i>	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
CK2	51.03±1.13 e	12.45±0.53 e	5.91±0.11 b	Ⅲ 8	49.49±0.71 b	12.81±0.54 a	7.86±0.38 bc
CK4	49.78±0.99 e	11.41±0.34 f	6.41±0.42 c	Ⅲ 10	48.31±0.19 d	11.25±0.25 a	8.57±0.49 c
CK6	48.69±1.07 e	10.96±0.5 f	8.32±0.37 a	Ⅲ 12	47.78±0.51 b	10.31±0.29 d	10.41±0.51 e
CK8	46.26±0.51 f	10.07±0.35 e	8.91±0.36 a	Ⅳ 2	52.59±1.41 b	13.21±0.51 ab	5.91±0.32 b
CK10	45.77±0.53 g	9.96±0.31 f	10.24±0.42 a	Ⅳ 4	52.07±1.09 a	12.81±0.28 d	6.37±0.29 b
CK12	43.41±0.34 g	8.07±0.24 g	12.07±0.42 a	Ⅳ 6	51.21±1.41 b	13.04±0.76 b	6.91±0.35 e
Ⅰ 2	51.09±1.05 e	13.09±0.43 bc	5.89±0.23 bc	Ⅳ 8	50.77±0.53 a	11.98±0.79 b	7.84±0.51 bc

续表 2 Continued table 2

处理 Treatment	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *	处理 Treatment	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *
I 4	50.79±1.41 d	12.86±0.29 b	6.31±0.39 c	IV 10	49.42±0.61 a	11.21±0.31 b	8.51±0.57 c
I 6	49.29±1.21 d	12.09±0.56 c	7.67±0.26 b	IV 12	48.09±0.35 a	11.07±0.22 a	9.87±0.29 f
I 8	47.80±0.31 e	11.87±0.78 c	7.54±0.49 c	V 2	52.49±0.98 b	12.92±0.47 d	6.21±0.36 a
I 10	46.87±0.42 f	9.54±0.51 g	8.99±0.51 b	V 4	51.87±1.02 b	12.31±0.37 e	6.49±0.17 bc
I 12	45.01±0.27 f	9.91±0.33 e	11.30±0.54 b	V 6	50.05±0.98 c	12.01±0.43 d	7.27±0.30 c
II 2	51.29±1.02 d	13.24±0.29 a	5.87±0.21 bc	V 8	49.07±0.29 c	11.03±0.36 d	8.09±0.42 b
II 4	50.73±1.21 d	12.97±0.26 c	6.32±0.33 b	V 10	46.88±0.54 e	10.95±0.39 d	8.36±0.61d
II 6	49.33±0.97 d	13.07±0.54 a	7.01±0.51 de	V 12	45.67±0.46 e	9.88±0.53 f	10.72±0.29 d
II 8	48.24±0.78 d	11.99±0.63 b	7.93±0.39 bc	VI 2	53.24±1.07 a	12.97±0.31 cd	5.84±0.19 c
II 10	48.09±0.29 c	11.09±0.34 c	8.54±0.36 c	VI 4	51.90±1.13 b	12.79±0.56 d	6.40±0.39 b
II 12	46.23±0.41 d	10.77±0.36 b	10.21±0.39 e	VI 6	51.15±1.71 b	11.95±0.63 e	7.07±0.45 d
III 2	52.27±1.48 c	13.26±0.28 a	5.90±0.19 b	VI 8	49.43±0.56 b	11.86±0.59 c	7.98±0.53 bc
III 4	51.54±1.21 c	13.01±0.51 a	6.71±0.45 a	VI 10	48.21±0.42 b	10.91±0.51 e	8.01±0.59 e
III 6	51.44±0.79 a	12.11±0.39 c	6.99±0.49 de	VI 12	47.33±0.29 c	10.54±0.30 c	11.06±0.37 c

注:CK2 代表对照组储藏 2 d 处理,其他处理代号依此类推;同一储藏时间同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note:CK2 represents control group stored for 2 days,other treatments are similar. Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$) between storage times.

由表 2 可知,试验第 2,4,6,8 和 12 天,各处理组 a^* 值显著高于对照组($P<0.05$),第 10 天除了处理 I 外其他处理也均显著高于对照组;试验第 6~12 天,含 1.0%CEO 的处理 II 和 IV 的 a^* 值显著高于不含精油的处理 V 和 VI ($P<0.05$),这可能是受肉桂精油本身颜色的影响。第 12 天,含 1.0% CEO 的处理 IV a^* 值为 11.07,显著高于其他处理 ($P<0.05$),说明在储藏后期该处理可以良好地保持肉的红色。

表 2 结果显示,随着储藏期的延长,各处理 b^* 值总趋势为增加;6~12 d,对照组 b^* 值显著高于其他处理($P<0.05$);第 12 天,处理 IV b^* 值为 9.87,显著低于其他处理($P<0.05$),效果最好。

2.3 CEO-CS-NPs 对冷却肉 TBARS 值的影响

TBARS 值是评价脂质氧化程度的一个指标^[13-14]。一般当冷却肉的 TBARS 值大于 0.5 mg/kg 时,会有氧化异味产生。由图 3 可知,从储藏的第 6 天开始,各处理 TBARS 值显著低于对照组 ($P<0.05$),说明各保鲜剂处理均可在一定程度上抑制脂肪氧化;III、IV 处理的 TBARS 值分别显著低于处理 I、II,说明肉桂精油被壳聚糖包埋后,其抗氧化作用大于游离的精油,该结果与包埋酚类物质用于面粉抗氧化的研究结果^[15]具有一致性;随着 CEO 含量的增加,TBARS 值增幅减小,但由预试验得知,如果继续增加精油含量,会有明显的精油味道,因此 CEO 对肉感官品质的影响好坏还有待进一步研究,所以不建议继续增大肉桂精油的含量;处理 IV 的 TBARS 值极显著低于其他各处理($P<0.01$),

说明在本试验条件下,处理 IV 控制脂肪氧化的效果最佳。处理 IV 储藏前 6 天的 TBARS 值始终不超过 0.5 mg/kg,而对照组在储藏 3 d 后即超过 0.5 mg/kg。

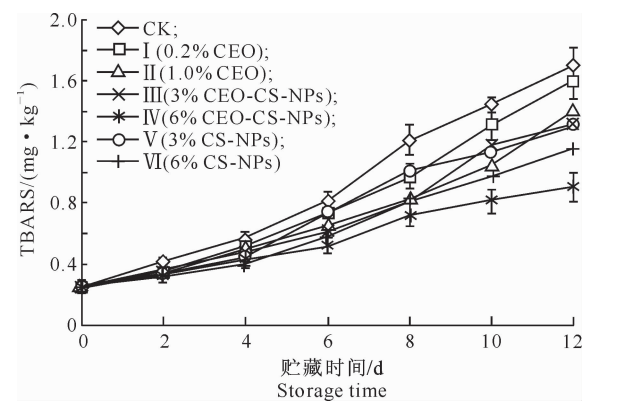


图 3 CEO-CS-NPs 对冷却肉 TBARS 的影响
Fig. 3 Effect of CEO-CS-NPs on TBARS value of chilled meat

2.4 CEO-CS-NPs 对冷却肉 pH 的影响

肉的新鲜程度与 pH 值的关系复杂,pH 值在一定程度上能反应出肉的新鲜度,通常新鲜肉 pH 为 5.8~6.2,次鲜肉 pH 为 6.3~6.6,变质肉 pH 在 6.7 以上。由图 4 可知,在储藏的前 7 d,处理 III 和 IV 的 pH 相对稳定,变化幅度小,符合新鲜肉的 pH 标准,而其他组 pH 变化幅度较大;从第 7 天开始,处理 IV pH 值显著低于处理 III ($P<0.05$),表现最佳,说明随着 CEO 含量的增加,其对肉的保鲜效果增强。

2.5 CEO-CS-NPs 对冷却肉菌落总数的影响

图 5 显示,各试验组在贮藏前 3 d 的菌落总数

上升缓慢,对照组与其他处理组之间差异不显著 ($P>0.05$);3 d 后,菌落总数增长速度明显加快,其中对照组增长最快,但处理Ⅲ与处理Ⅳ的菌落总数增长相对较慢,显著低于无 CEO 的处理 V 和 VI ($P<0.05$);贮藏至 9 d 后,处理Ⅱ和Ⅳ的菌落总数分别显著低于处理Ⅰ和Ⅲ ($P<0.05$),说明随着

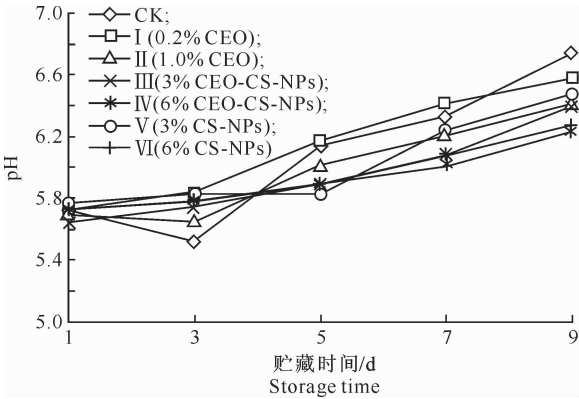


图 4 CEO-CS-NPs 对冷却肉 pH 值的影响

Fig. 4 Effect of CEO-CS-NPs on pH value of chilled meat

3 讨论与结论

本试验中,肉桂精油经过壳聚糖包埋后,有效地克服了其易挥发的缺点;同时,因其具有缓释作用,有效地延长了肉桂精油的保鲜作用时间,这与包埋山梨酸用于香肠保鲜的结果^[16]具有一致性。肉桂精油壳聚糖纳米粒对冷却肉的保鲜机制为:纳米粒表面吸附的肉桂精油因其可以快速从体系中解析出来而先发挥作用;而纳米粒内部的肉桂精油因纳米粒需吸胀、溶解、解吸后肉桂精油才能被释放^[17],所以发挥保鲜作用的时间可以得到有效延长。本试验中不同批次制备的纳米粒存在一定差异,可见条件的控制还不够完善,若要将其应用到实际生产中,还需要进一步的研究。肉桂精油壳聚糖纳米粒作为一种新型的抑菌体系,可进一步研究其与其他保鲜处理(如气调等)相结合使用后的效果,以更好地发挥其保鲜作用。

本试验制备了肉桂精油壳聚糖纳米粒(CEO-CS-NPs),并研究了其对冷却猪肉储藏期间理化指标和微生物指标的影响。由试验结果可知,制备的纳米粒颗粒饱满,大小均一,冻干后颗粒大小仍较为均匀,包封率为 $(37.5\pm2.1)\%$ 。包埋肉桂精油的 CEO-CS-NPs 能有效保护肉品色泽,抑制冷却肉表面细菌的增长,其中以包埋质量分数 1.0%CEO 的 CEO-CS-NPs 效果最好,具有改善肉贮藏品质的作

用。CEO 含量的增加,其抑菌效果增强;储藏 7 d 后,处理Ⅳ的菌落总数始终处于最低水平,抑菌效果最好。空白纳米粒处理 V 和 VI 的菌落总数增长较快的原因可能是,空白纳米粒溶液处理有水分,使样品表面保持湿润状态,而高湿条件有利于微生物的生长。

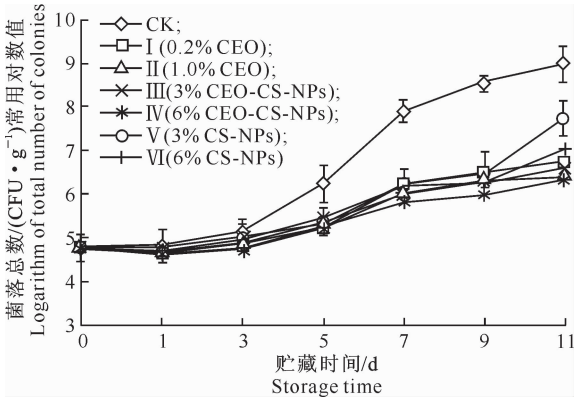


图 5 CEO-CS-NPs 对冷却肉菌落总数的影响

Fig. 5 Effect of CEO-CS-NPs on total bacterial count of chilled meat

用。通过分析肉样的 L 值、 a^* 值、TBARS、pH 及菌落总数等指标得出,CEO-CS-NPs 对冷却肉保藏的有效性表现为:随着包埋的 CEO 质量分数增加到 1.0%,其在色泽和菌落总数指标上的表现优于其他试验组。包埋质量分数 0.2%CEO 的 CEO-CS-NPs 的效果略弱于包埋质量分数 1.0%CEO 的 CEO-CS-NPs。综合理化指标和微生物指标(特别是 TBARS 值)得出,经包埋质量分数 1.0%CEO 的 CEO-CS-NPs 处理的冷却猪肉,在 $(4\pm0.5)^\circ\text{C}$ 条件下储藏时保存时间可达到 6 d,明显优于对照组 3 d 的储藏期。

[参考文献]

[1] 杨安树,陈红兵. 纳米技术在食品加工中的应用 [J]. 食品科技,2007(9):12-15.
Yang A S, Chen H B. Application of nanotechnology in food processing [J]. Food Science and Technology, 2007(9): 12-15. (in Chinese)
[2] Huang Q R, Yu H L, Ru Q M. Bioavailability and delivery of nutraceuticals using nanotechnology [J]. Journal of Food Science, 2010, 75(1): 51-57.
[3] 何金岚,罗理勇,曾亮. 茶多酚纳米级微粒的制备技术及其应用研究进展 [J]. 食品科学, 2011, 32(15): 317-322.
He J L, Luo L Y, Zeng L. Recent advances in research on preparation technologies and applications of tea polyphenol nanoparticles [J]. Food Science, 2011, 32(15): 317-322. (in Chinese)
[4] 郑连英. 甲壳低聚糖的研究进展 [J]. 材料科学与工程, 1999,

- 17(3):97-100.
- Zheng L Y. The development of study on Chitooligosaccharides [J]. Materials Science& Engineering, 1999, 17(3):97-100. (in Chinese)
- [5] Li Z, Liu X F, Zhang X P, et al. Manufacture and properties of chitosan/N,O-carboxymethylated chitosan/viscose rayon antibacterial fibres [J]. Journal Applied Polymer Science, 2002, 4(11):2049-2059.
- [6] 钟瑞敏,王羽梅,曾庆孝. 芳香精油在食品保藏中的应用性研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2005, 1(3):94.
- Zhong R M, Wang Y M, Zeng Q X. Study progress on application of aromatic oils in food preservation [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 1(3):94. (in Chinese)
- [7] Changerath R, Nair P D, Mathew S, et al. Poly(methyl methacrylate)-grafted chitosan microspheres for controlled release of ampicillin [J]. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 2009, 89(1):65-76.
- [8] Arriola O C, Rocha M O C, Hernandez A B, et al. Controlled release matrices and micro/nanoparticles of chitosan with antimicrobial potential: development of new strategies for microbial control in agriculture [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93:1525-1536.
- [9] Calvo P, Remúnán-López C, Vila-Jato J L. Novel hydrophilic chitosan polyethylene oxide nanoparticles as protein carrier [J]. Journal of Applied Polymer Science, 1997, 63:125-132.
- [10] Hosseini S F, Mojgan Z. Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: preparation, characterization and *in vitro* release study [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 1(95):50-56.
- [11] 中华人民共和国卫生部. GB/T 4789. 2—2010 国家食品安全标准 食品微生物学检验 菌落总数测定 [S/OL]. [2014-08-30]. <http://www.doc88.com/p-141668333392.html>. Ministry of Health of PRC. GB/T 4789. 2—2010 National food safety standard Food microbiological examination: aerobic plate count [S/OL]. [2014-08-30]. <http://www.doc88.com/p-141668333392.html>. (in Chinese)
- [12] Mancini R A, Hunt M C. Current research in meat color [J]. Meat Science, 2005, 71(1):100-123.
- [13] Nishimoto J, Suwetja I K. Estimation of keeping freshness period and practical storage life of mackerel muscle during storage at low temperatures [J]. Memoirs of Faculty of Fisheries Kagoshima University, 1985, 34(1):92-96.
- [14] 王爱枝. 食品中脂肪酸的酸败及检测 [J]. 肉类工业, 1998(8):34.
- Wang A Z. Detection and rancidity on fatty acids in foods [J]. Meat Industry, 1998(8):34. (in Chinese)
- [15] Woranuch S, Yoksan R Y. Eugenol-loaded chitosan nanoparticles: II. application in bio-based plastics for active packaging [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90:7-12.
- [16] 王佳奕,武 陶,李 璐,等. 山梨酸纳米粒在中式香肠中抑菌及抗氧化作用 [J]. 肉类研究, 2014(7):23-27.
- Wang J Y, Wu T, Li L, et al. Study of sorbic acid nanoparticle on the bacteriostasis and antioxidative capability of Chinese sausage [J]. Meat Research, 2014(7):23-27. (in Chinese)
- [17] Wu Y, Yang W, Wang C C, et al. Chitosan nanoparticles as a novel delivery system for ammonium glycyrrhizinate [J]. International Journal of Pharmaceutics, 2005, 295(1/2):235-245.