肉桂提取物降低哈尔滨风干肠中亚硝胺作用的研究

李暮春，孔保华，孙方达，韩齐
（东北农业大学食品学院，食品营养与安全协同创新中心，黑龙江哈尔滨 150030）

摘要：本研究是将肉桂提取物添加于哈尔滨风干肠中，采用高效液相色谱法测定第 0、2、4、6、8、10 d 样品中亚硝胺的含量及其相关理化指标（pH 值、亚硝酸残留量、过氧化物值(POV)、硫代巴比妥酸值(TBARS)和挥发性盐基氮(TVB-N)），研究它们与阻断亚硝胺生成的之间联系。结果表明：肉桂提取物对风干肠中多种亚硝胺具有显著的阻断作用（P<0.05），并且随着添加量的增加，阻断作用越显著。在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对亚硝基二甲胺(NDMA)、亚硝基哌啶(NPIP)、亚硝基二丙胺(NDPA)、亚硝基酰胺(NDBA)和亚硝基二苯胺(NdphA)的抑制率分别为 26%、63%、50%、59%和 55%。肉桂提取物阻断亚硝胺的能力与 pH 值没有联系。而它能够使风干肠中的 TBARS、POV、TVB-N 值和亚硝酸盐的残留量降低（P<0.05），说明脂肪氧化程度与胺类物质的含量以及亚硝酸盐的残留与亚硝胺的生成具有密切的联系。

关键词：哈尔滨风干肠；亚硝胺；理化指标；肉桂提取物

文章篇号：1673-9078(2015)3-228-234 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.3.038

Analyzing the Effect of Cassia Extracts on the Decrease in Nitrosamine Content of Harbin Dry Sausages

LI Mu-chun, KONG Bao-hua, SUN Fang-da, HAN Qi
（College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China）

Abstract: In this study, cassia extracts were added to Harbin dry sausages. The nitrosamine content and related physicochemical properties, such as the pH value, nitrite residue content, peroxide value (POV), thiobarbituric acid (TBARS) content, and total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in the sausages was determined 0, 2, 4, 6, 8, and 10 days after addition of extracts, by high performance liquid chromatography, in order to determine their relationship with the inhibition of nitrosamine production. The results of these analyses revealed that cassia extract exerted a significant inhibitory effect ($P < 0.05$) on a number of nitrosamines in the dried sausages. This effect was observed to be more significant with the increase in the quantity of extract added. The rate of inhibition of nitrosodimethylamine (NDMA), nitroso piperidine (NPIP), nitroso-propylamine (NDPA), nitroso amide (NDBA), and nitroso diphenylamine (NDphA) was determined to be 26%, 63%, 50%, 59%, and 55%, respectively, in the group treated with 0.3 g/kg cassia extracts on day 10. The inhibitory effect of cassia extract on nitrosamines was not affected by the pH value. The cassia extract significantly ($P < 0.05$) reduced the TBARS, POV, and TVB-N values and nitrite residue in Harbin dry sausages. This showed that the lipid oxidation, amine content, and nitrite residue content was closely linked with nitrosamine formation.

Key words: Harbin dry sausages; nitrosamines; physicochemical property; cassia extract

亚硝酸钠和硝酸钠在肉制品中的广泛应用，不仅有助于颜色和风味的形成而且可以抑制微生物的生长[1]。哈尔滨风干肠是我国传统腌腊肉制品之一，主要产于东北地区，深受消费者亲睐。在传统风干肠的生产工艺中，为达到发色、抑菌、抗氧化和增加风味等目的，一直沿用传统方法，即在腌制过程中添加亚硝酸盐。但是，肉制品中亚硝酸盐和胺类物质反应会产生一种强致癌性物质－亚硝胺。亚硝胺是一类对动物和人类具有潜在致癌、致突变和致畸的化合物[2]。这类化合物一次或多次过量摄入，可损伤肝脏和破坏血小板，导致急性中毒。如果长期食用含有亚硝胺类物质的食品，则会造成慢性中毒，导致肝硬化。因此，在肉类加工领域 N-亚硝胺的控制技术备受重视。

国内外有一些学者对肉制品中亚硝胺的阻断作用进行了一些研究。研究表明，对亚硝酸盐残留量具有降低作用的一些添加物对亚硝胺也具有一定的阻断的

收稿日期：2014-06-17
基金项目：公益性行业（农业）科研专项经费(201303082)；黑龙江省科技计划项目(GC13B212)；国家十二五科技支撑计划(2012BAD28B02)
作者简介：李暮春(1990-)，女，硕士研究生，研究方向：畜产品加工
通讯作者：孔保华(1963-)，女，教授，博士生导师，研究方向：畜产品加工

作用，主要包括 Vc 及其盐、异抗坏血酸盐和 V_E 等[3]。近几年来，对一些天然植物提取物抑制亚硝胺形成的研究也有一些报道。研究表明，柚子皮、桂皮、生姜、大蒜等香辛料的提取物对阻断亚硝基二甲胺（NDMA）合成具有良好的作用。王永辉等[4]研究表明柚皮中提取的活性物质具有明显的降低亚硝胺的作用。杨华等[5]研究表明洋葱和柚子皮、桂皮和白芷以及茶多酚复配物能降低西式火腿中亚硝胺的形成。此外，还有一些植物提取物也能阻断 NDMA 的形成，如酸柚汁、中华猕猴桃汁、沙棘汁、苦瓜汁、大枣汁、壳聚糖及其衍生物、茶多酚、茶叶等。一些水果和蔬菜提取物富含还原性成分，它们也具有阻断亚硝胺合成及抑制其毒性的作用。Choi 等[6]还研究了大蒜、草莓和甘蓝对 NDMA 的抑制作用，发现他们都能阻断亚硝胺的形成，并且甘蓝的阻断效果不如草莓和大蒜汁。这些研究对抑制肉制品中的亚硝胺产生提供了一定的指导。

本试验采用高效液相色谱法测定风干肠中亚硝胺的含量。将肉桂提取物添加到风干肠中，研究其对风干肠中亚硝胺的阻断作用，并测定产品的理化指标（pH 值、亚硝酸残留量、过氧化值、硫代巴比妥酸值和挥发性盐基氮）。为提高食用安全性，延长产品的货架期提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

臀肉购于大润发超市；肉桂购于哈尔滨市宝丰药店；含有 8 种亚硝胺化合物的标样，包括 NDMA、亚硝基吡咯烷(NPYR)、亚硝基二乙胺(NDEA)、亚硝基吗啉(NMor)、亚硝基酰胺(NDBA)、亚硝基哌啶(NPIP)、亚硝基二丙胺(NDPA)、亚硝基二苯胺(NDPHA）购于美国 Sigma 公司；二氯甲烷用全玻璃仪器重蒸；乙腈购于德国 Merck 公司；氯化钠、硫酸、亚硝酸钠、冰乙酸、醋酸铵、硫代巴比妥酸、氯仿、三氯乙酸、盐酸、甲醇、硫氰酸铵。以上试剂除乙腈为色谱纯外，其余为分析纯，水为超纯水。

1.2 仪器与设备

Agilent1100 高效液相色谱仪配备四元梯度泵与紫外检测器，美国 Agilent 公司；K-D 浓缩仪、水蒸气蒸馏装置，天津盛淼科技有限公司；冷冻离心机，美国 Beckman 公司；721 型可见分光光度计，上海元析仪器有限公司；自动定氮仪，上海纤检仪器有限公司；PHS-3C 精密 pH 计，上海雷磁仪器厂；HWS-系列恒温恒湿培养箱，天津市泰藏斯特仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 哈尔滨风干肠的制作方法

配料：

瘦肉（猪臀肉）90.0 kg，肥肉（猪背脂）10.0 kg，黏酒 1 L，糖 0.5 kg，姜 0.5 kg，淀粉 0.5 kg，味素 0.15 kg，盐 2.5 kg，混合调料 0.2 kg（混合调料包括：花椒，大料，桂皮，丁香等）。

工艺流程：

原料肉（剔除淋巴，筋腱，血管等结缔组织）→腌制（加盐和亚硝）→绞肉（瘦肉绞碎，肥肉切丁）→加调味料→拌馅（加水）→灌制→风干(2d)→发酵→成品

1.3.2 亚硝胺的测定

1.3.2.1 高效液相色谱条件

参考罗茜等[7]的方法略有改进。采用 C18 柱（依利特，4.6 mm×250 mm，填料为 Hypersil ODS25 μm）色谱柱，二元梯度洗脱，水相流动相 A 为 5 mmol/L 醋酸铵－醋酸缓冲液(pH 4)，有机流动相 B 为乙腈。流速 1 mL/min，进样体积 20 μL，柱温为 35 ℃。梯度洗脱程序如表 1 并用紫外检测器在 240 nm 处测定。

表 1 洗脱程序

Table 1 Elution program

时间/min	流动相	
	A/%	B/%
0.00	85	15
5.00	85	15
25.00	0	100
30.00	0	100

1.3.2.2 样品处理

样品前处理根据 GB/T 5009.26-1996 方法。称取 200 g 切碎后的样品，置于水蒸气蒸馏装置的蒸馏瓶中，加 100 mL 超纯水，120 g 氯化钠，摇匀，在锥形瓶中加入 40 mL 二氯甲烷及少量冰块，进行蒸汽蒸馏，收集 400 mL 馏出液，在锥形接收瓶中加入 80 g 氯化钠和 3 mL 的硫酸（浓硫酸与水体积比为 1:3），然后转移到 500 mL 的分液漏斗中，振荡 5 min，静置分层，将二氯甲烷分至另一锥形瓶中，再用 120 mL 二氯甲烷分 3 次提取水层，合并 4 次提取液，总体积为 160 mL。将有机层转移到 K-D 浓缩器中于 50 ℃水浴上浓缩至 1 mL，备用。

1.3.3 pH 的测定

pH 值的测定按照 GB/T 9695.5-2008 肉与肉制品 pH 测定进行。取 10 g 风干肠样品剪碎后加入含有 90 mL 蒸馏水中，摇床振摇 30 min，然后过滤，用 pH 计

测定滤液的 pH 值。

1.3.4 过氧化物值(POV)的测定

根据 Hultin 的方法略作修改[8]。取 2 g 样品放入 50 mL 具塞试管中，加入冰冷的 15 mL 氯仿:甲醇（2:1，*V/V*）混合物，高速均质（11000 r/min，30 s），加入 3 mL 0.5% NaCl 溶液，然后在 4 ℃下 3000 g 离心 10 min，样品分成两相。在下面液相中取出 5 mL 样品液并转移至试管中，向试管中加入 5 mL 冰冷的氯仿：甲醇（2:1，*V/V*）溶液，使最终体积达到 10 mL，加入 25 μL 硫氰酸铵溶液，漩涡混合 3 s，再加入 25 μL 二价铁离子溶液混合 3 s。样品在室温下反应 5 min，然后在 500 nm 处测吸光度。

1.3.5 硫代巴比妥酸值(TBARS)值的测定

TBARS 的测定参照 Wang 等[9]方法，略作修改。取 2 g 样品放入试管中，加入 1.5 mL 硫代巴比妥酸溶液，7.5 mL 三氯乙酸-盐酸溶液，混匀后沸水浴中反应 30 min，冷却，取 5 mL 样品加入等体积的氯仿，1000*g* 下离心 10 min，532 nm 处读取吸光值。TBARS 值以每升脂质氧化样品溶液中丙二醛的毫克数表示。计算公式如下：

$$\mathrm{TBARS}(mg/kg) = A_{532}/W \times 9.48$$

注: A_{532} 为溶液的吸光值; W 为称量样品的质量（g）; 9.48 为常数。

1.3.6 TVB-N 的测定

按照 GB5009.7-85 中的半微量凯氏定氮法进行测定。

1.3.7 亚硝酸盐的测定

按照 GB5009.33 中的盐酸萘乙二胺法测定。

1.3.8 肉桂提取物的制备

将肉桂置于恒温干燥箱中，在 45 ℃下烘干 8 h，之后利用超微细粉碎机进行捣碎处理并称取 50 g 的香辛料粉末，将粉末加入至 500 mL 烧杯中并缓缓注入 400 mL 95%的食用酒精。利用恒温水浴电子搅拌器在 55 ℃条件下搅拌 12 h，所得滤液用 Whatman 2 号滤纸进行过滤，剩余残渣可再加 200 mL 相同酒精进行重提 12 h 并再次过滤。将两次所得的滤液在 50 ℃用旋转蒸发仪蒸发浓缩，浓缩液利用真空冷冻干燥器-50 ℃条件下进行冻干处理，真空度为 7 Pa。最后将冻干物在-20 ℃的冰箱中保存待用。

1.4 数据统计分析

所得数据均为三次实验的平均值，数据统计分析采用 Statistix 8.1（分析软件, St Paul, MN）软件包中 Linear Models 程序进行，差异显著性（P<0.05）分析使用 Tukey HSD 程序，采用 Sigmaplot 11.0 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 肉桂提取物对风干肠中亚硝胺的阻断

本实验研究不同肉桂提取物添加量对风干肠中亚硝胺含量的影响，如图 1 所示。图 1a 为不同肉桂提取物添加量对风干肠中 NDEA 含量的影响。从图中可以看出，肉桂提取物对风干肠中的 NDEA 有抑制作用，随着肉桂提取物添加量的增加，NDEA 的生成量总体呈减少趋势且差异显著（P<0.05）；添加肉桂提取物为 0.3 g/kg 的风干肠中只在 6、8、10 d 时检出 NDEA，添加肉桂提取物为 0.1 g/kg 和 0.2 g/kg 的风干肠中只有在 4、6、8、10 d 检出 NDEA，0 d 时对照组和实验组中都没有检出 NDEA，说明肉桂提取物对 NDEA 有一定的抑制作用。在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对 NDEA 的抑制率为 26%。风干肠在发酵过程中 NDEA 的含量较低，说明风干肠中不易形成 NDEA。

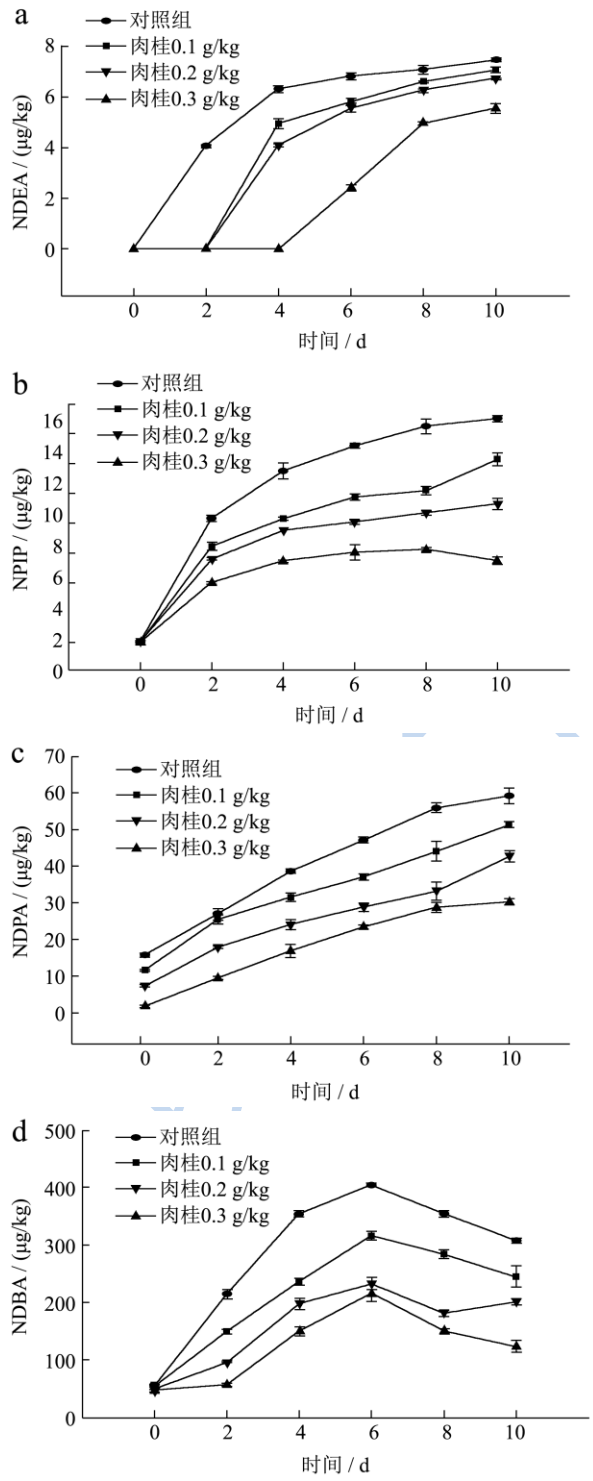
图 1b 和 c 为不同肉桂提取物添加量对风干肠中 NPIP 和 NDPA 含量的影响。从图中可以看出，在风干肠发酵期间，随着发酵时间的延长，NPIP 和 NDPA 总体呈增加趋势。肉桂提取物对风干肠中的 NPIP 和 NDPA 具有抑制作用，随着肉桂提取物添加量的增加，NPIP 和 NDPA 的生成量总体呈减少趋势；在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对 NPIP 和 NDPA 的抑制率分别为 63%和 50%；对照组与实验组在 0 d 时都没有检出 NPIP 且肉桂提取物对 NPIP 和 NDPA 的抑制作用显著（P<0.05）。

图 1d 为不同肉桂提取物添加量对风干肠中 NDBA 含量的影响。从图中可以看出，肉桂提取物对风干肠中的 NDBA 具有抑制作用，随着肉桂提取物添加量的增加，NDBA 的生成量总体呈减少趋势；在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对 NDBA 的抑制率为 59%；从图中可以看出肉桂提取物对 NDBA 的抑制作用显著（P<0.05）且随着天数的增加 NDBA 的含量总体呈先增加后减小的趋势。

图 1e 为不同肉桂提取物添加量对风干肠中 NDphA 含量的影响。从图中可以看出，肉桂提取物对风干肠中的 NDphA 具有抑制作用，随着肉桂提取物添加量的增加，NDphA 的生成量总体呈减少趋势；在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对 NDphA 的抑制率为 55%；从图中可以看出肉桂提取物对 NDBA 的抑制作用显著（P<0.05）且随着天数的增加 NDphA 的含量呈逐渐增加的趋势。

综上所述，随着肉桂提取物添加量的增加，风干

肠在发酵过程中 NDEA、NPIP、NDPA、NDBA、NDphA 含量都有所下降，且在对照组中检测到了 NDMA、NMor 和 NPYR，分别是在第 6 d 检测到了 NMor 和 NPYR，含量分别为 7.92 μg/kg 和 1.39 μg/kg 且在第 10 d 检测到 NDMA，其含量为 4.73 μg/kg，而在添加肉桂提取物的风干肠中没有检出，这说明肉桂提取物对这三种亚硝胺有一定的抑制作用。这与李晓雁等[10]的研究相类似，研究表明究桂皮、洋葱和茶多酚对猪肉香肠中的亚硝胺具有阻断的效果。



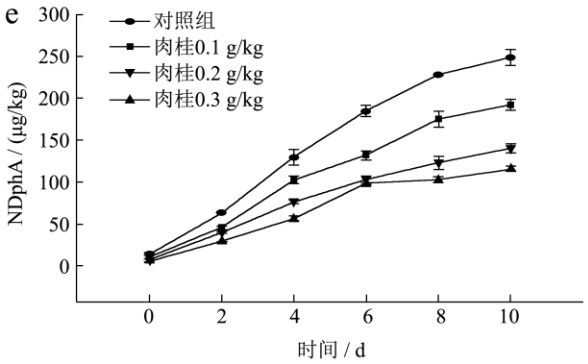


图 1 不同肉桂提取物添加量对风干肠中亚硝胺含量的影响

Fig.1 The effect of addition of varying amounts of cassia extract on the nitrosamine content in dry fermented sausages

在传统工艺的风干肠中没有检出 NDMA、NMor 和 NPYR 这三种亚硝胺，这可能是由于在传统工艺中添加有香辛料，抑制了这三种亚硝胺的生成。

2.2 肉桂提取物对风干肠中 pH 值的影响

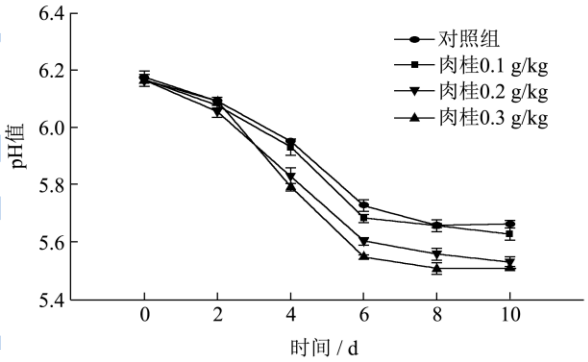


图 2 不同肉桂提取物添加量对风干肠中 pH 值的影响

Fig.2 The effect of addition of varying quantities of cassia extract on the pH of dry fermented sausages

添加肉桂提取物于风干肠中，对 pH 值的影响如图 2 所示，从图中可以看出，各处理组风干肠的 pH 值，在发酵过程中随时间的延长均呈现下降趋势且发酵初期下降较快（$P<0.05$），在发酵后期下降速度慢且有回升的趋势。这可以是由于随着发酵时间的延长，其他需氧菌成为优势菌株，进一步分解蛋白质导致 pH 值的提高。肉桂提取物处理组在发酵过程中，在添加量为 0.2 g/kg 和 0.3 g/kg 的处理组 pH 值较对照组低（$P<0.05$），而添加量为 0.1 g/kg 的处理组与对照组差异不显著（$P>0.05$）。这可能是肉桂提取物在风干肠的发酵过程中发挥了抗氧化的及抑菌的效果。这与何瑞琪等[11]的研究相类似，研究表明肉桂能够有效的控制冰鲜鸡在贮藏过程中 pH 值的上升。结合图 1 可知，肉桂提取物能够抑制多种亚硝胺的形成且肉桂提取物使风干肠中的 pH 值降低，这与先前的研究不一致，先前许多学者的研究表明 pH 值以一定范围内越低越

利于亚硝胺的生成，这可能是由于肉桂提取物对亚硝胺的阻断作用并不是由于改变了风干肠中 pH 值的原因。

2.3 肉桂提取物对风干肠中 POV 的影响

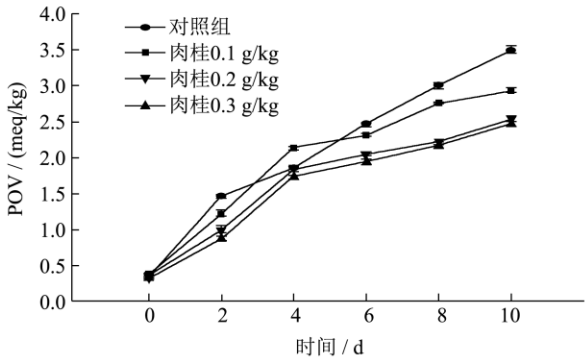


图 3 不同肉桂提取物添加量对风干肠中 POV 的影响

Fig.3 The effect of addition of varying amounts of cassia extract on the POV in dry fermented sausages

脂肪氧化反应是一种自由基链式反应，包括引发、传递和终止三个阶段。脂肪氧化反应在起始和延长阶段会形成一些基团，这些基团很容易抽取相邻分子处的质子，形成脂肪氧化的初级产物即过氧化物，再经过分裂过氧化物会形成较低分子量的醛、酮和环氧衍生物等终产物[12]。添加肉桂提取物于风干肠中，对过氧化物值的影响如图 3 所示，由图可知，随着发酵天数的增加，过氧化物值均逐渐增加，说明脂肪氧化程度随发酵时间的延长而升高；在发酵后期，添加肉桂提取物的各组样品过氧化物值显著低于对照组（P<0.05），说明肉桂提取物对脂肪氧化有显著的抑制作用，但是在发酵第 4 d 时，添加量为 0.1 g/kg 的处理组的 POV 值高于对照组（P<0.05），这是因为有研究表明，随着发酵时间的延长，POV 值的变化主要为先增加再减小再增加的趋势，4 d 时，由于对照组发生脂肪氧化程度较大，一些初级氧化产物会进一步氧化为次级氧化产物，使得此时对照组的 POV 值反而比有些处理组的 POV 值小。结合图 1 可知，肉桂提取物能够抑制多种亚硝胺的形成且肉桂提取物使风干肠中的 POV 降低，说明肉桂提取物能够抑制脂肪初级氧化产物的形成从而抑制了亚硝胺的生成。

2.4 肉桂提取物对风干肠中 TBARS 的影响

香辛料的成分很复杂，起抗氧化作用的往往是多种成分的混合物，主要含有黄酮类、类萜、有机酸等多种抗氧化成分，它们能切断油脂的自动氧化链、螯合金属离子，有机酸具有协同增效作用。图 4 描述了不同肉桂提取物添加量对风干肠中 TBARS 值的影响。从图中可以看出，随发酵时间的延长，各处理组的 TBARS 值均呈上升趋势，说明脂肪氧化程度随发酵天数增加而升高。在第 0~2 d 时，各处理组的 TBARS 值与对照组差异并不显著（P>0.05），这是由于此阶段是初级氧化产物的生成阶段，其分解速度相对较慢，因此，次级产物含量之间没有逐渐累积。而之后随着发酵时间的延长各处理组的 TBARS 值显著小于对照组（P<0.05），说明添加肉桂提取物对脂肪氧化有显著的抑制作用。肉桂提取物在相同发酵时间内，其 TBARS 值均随着其浓度的增加而显著的降低（P<0.05）。这与 Hongxia Du 等[13]研究类似，他研究了肉桂精油对炸牛肉在油炸过程的抗氧化作用，结果表明肉桂精油使炸牛肉的过氧化值和硫代巴比妥酸值降低，说明肉桂精油可以抑制脂肪的氧化。结合图 3-11 可知，肉桂提取物能够抑制多种亚硝胺的形成且肉桂提取物使风干肠中的 TBARS 值降低，说明肉桂提取物能够抑制脂肪次级氧化产物的形成从而抑制了亚硝胺的生成。

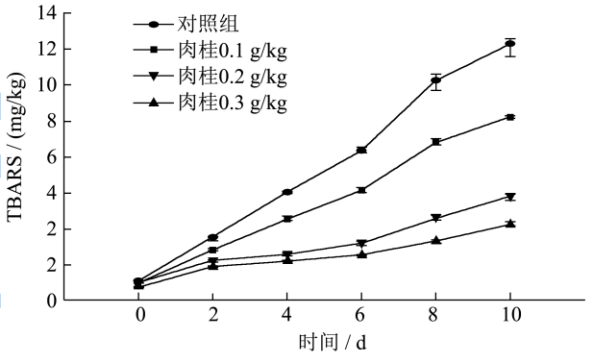


图 4 不同肉桂提取物添加量对风干肠中 TBARS 的影响

Fig.4 The effect of addition of varying amounts of cassia extract on the TBARS level in dry fermented sausages

2.5 肉桂提取物对风干肠中 TVB-N 的影响

挥发性盐基氮是评价肉制品新鲜度的重要指标。添加肉桂提取物于风干肠中，对挥发性盐基氮的影响如图 5 所示，由图可知，随着发酵天数的增加，各组 TVB-N 值逐渐增加；肉桂提取物在相同发酵时间内，其 TVB-N 值均随着其浓度的增加而显著的降低（P<0.05），在发酵后期，添加肉桂提取物的各组样品 TVB-N 值显著低于对照组（P<0.05），说明肉桂提取物能够有效抑制风干肠中蛋白质分解产生的碱性含氮物质氨、胺类等物质。这与刘蒙佳等[14]的研究类似，此研究在冷却肉中添加肉桂的水提取液，测定 TVB-N 值，结果表明，在整个保藏期间，肉桂保鲜液处理的肉样的 TVB-N 值总体呈上升趋势且 0.05%肉桂保鲜液对冷却猪肉的保鲜效果较好，添加肉桂提取液的处

理组均低于空白组。结合图 1 可知，肉桂提取物能够抑制多种亚硝胺的形成且肉桂提取物使风干肠中的 TVB-N 值降低，说明肉桂提取物能够抑制风干肠中产生的一些胺类物质，而这些物质可能作为亚硝胺形成的前体物，从而肉桂提取物抑制了亚硝胺的生成。

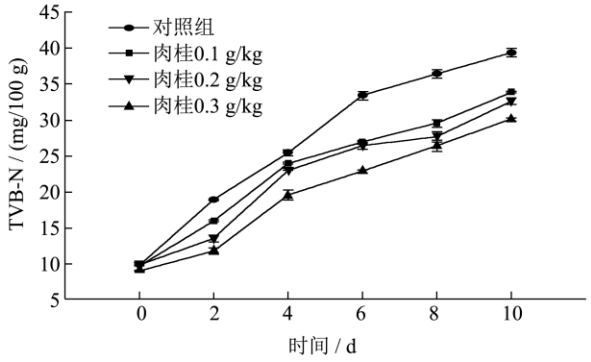


图 5 不同肉桂提取物添加量对风干肠中 TVB-N 的影响

Fig.5 The effect of addition of varying amounts of cassia extract on TVB-N content in dry fermented sausages

2.6 肉桂提取物对风干肠中亚硝酸盐残留量的影响

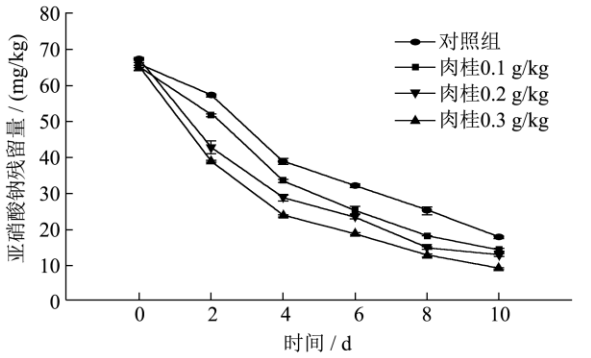


图 6 不同肉桂提取物添加量对风干肠中亚硝酸盐残留量的影响

Fig.6 The effect of addition of varying amounts of cassia extract on the residual nitrite content in dry fermented sausages

风干肠中亚硝酸盐的残留量与亚硝胺有着密切的联系。图 6 描述了不同肉桂提取物添加量对风干肠中亚硝酸盐残留量的影响。从图中可以看出，随着发酵时间的延长，各处理组的亚硝酸盐残留量均呈下降趋势，说明亚硝酸盐残留量随发酵天数增加而降低。在第 0 d 时，各处理组的亚硝酸盐残留量与对照组差异并不显著（P>0.05）。随着发酵时间的延长处理组亚硝酸盐残留量显著小于对照组（P<0.05），说明添加肉桂提取物对亚硝酸盐具有清除的作用且肉桂提取物在相同发酵时间内，其亚硝酸盐残留量均随着其浓度的增加而降低。这与梁鹏等[15]的研究类似，此研究表明桂皮、茶多酚、抗坏血酸钠可以明显降低香肠中的亚硝酸盐残留量。结合图 1 可知，肉桂提取物能够抑制多种亚硝胺的形成且肉桂提取物使风干肠中的亚硝酸盐残留量显著降低，这可能是由于肉桂提取物中某些物质与亚硝酸盐发生氧化还原反应而达到阻断亚硝胺的效果。

3 结论

本研究是对肉桂提取物在风干肠中亚硝胺的阻断作用进行了分析，并测定一些理化指标（pH 值、亚硝酸残留量、POV、TBARS 和 TVB-N），研究它们与阻断亚硝胺的生成的联系。结果表明：肉桂提取物对风干肠中多种亚硝胺具有显著的阻断作用（P<0.05），并且随着添加量的增加，阻断作用越显著。在发酵第 10 d 肉桂提取物添加量为 0.3 g/kg 的处理组对 NDMA、NPIP、NDPA、NDBA 和 NDphA 的抑制率分别为 26%、63%、50%、59%和 55%。肉桂提取物阻断亚硝胺的能力与 pH 值没有联系。而它能够使风干肠中的 TBARS 和 POV 和 TVB-N 值降低，说明它能够抑制脂肪氧化产物的形成和产生的一些胺类物质，从而阻断了亚硝胺的生成。除此之外，肉桂提取物能够降低亚硝酸盐的残留量，对亚硝酸盐具有清除能力，所以与阻断亚硝胺的生成具有密切的联系。

参考文献

[1] Honikel K. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products [J]. Meat Science, 2008, 78(1-2): 68-76

[2] Crews C. Processing contaminants: n-nitrosamines [J]. Encyclopedia of Food Safety, 2014, 2: 409-415

[3] Vladimiro C, Maria T R, Fabio C, et al. Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-loeic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions [J]. Meat Science, 2011, 88(2): 271-279

[4] 王永辉,马俪珍,张建荣,等.柚皮浸提液对阻断西式火腿中亚硝胺合成的作用效果[J].肉类研究,2006,2:45-48
WANG Yong-hui, MA Li-zhen, ZHANG Jian-rong, et al. Study on Blocking Nitrosamine Synthesizing in Westem-style ham by adding extraction of citrus grandis peel [J]. Meat Reaserch, 2006, 2: 45-48

[5] 杨华,马俪珍,王永辉.茶多酚和柚子皮等复配对阻断西式火腿中 N-亚硝基化合物合成的效果研究[J].肉类工业,2006,5:22-27
YANG Hua, MA Li-zhen, WANG Yong-hui. Study on the nitrosamine reduction in western ham by adding tea polyphenol

and citrus grandis peel [J]. Meat Industry, 2006, 5: 22-27

[6] Choi S Y, Chung M J, Sung N J. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic [J]. Food Control, 2007, 18(5): 485-491

[7] 罗茜,王东红,王炳一,等.超高效液相色谱串联质谱快速测定饮用水中 9 种 N-亚硝胺的新方法[J].中国科学,2011, 41(1):82-90
LUO Qian, WANG Dong-hong, WANG Bing-yi, et al. Rapid and sensitive method for simultaneous determination of nine N-nitrosamines in drinking water by UPLC-MS/MS [J]. Science China, 2011, 41(1): 82-90

[8] Vareltzis P, Hultin H O, Autio W R. Hemoglobin-mediated lipid oxidation of protein isolates obtained from cod and haddock white muscle as affected by citric acid,calcium chloride and pH [J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 64-74

[9] Wang L L, Xiong Y L. Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato protein is related to its reducing and radical scavenging ability [J]. J. Agric. Food Chem., 2005, 53(23): 9186-9192

[10] 李晓雁,马俪珍,王艳梅,等.几种添加物复配阻断香肠中亚硝胺生成的效果研究[J].肉类研究,2006,10:32-35
LI Xiao-yan, MA Li-zhen, WANG Yan-mei, et al. Study on the effect s to inhibit nit rosamine production in the sausage by several kinds of complex additives [J]. Meat Reaserch, 2006, 10: 32-35

[11] 何瑞琪,魏素红,郭善广,等.白胡椒和肉桂对冰鲜鸡的保鲜效果研究[J].肉类研究,2010,5:43-36
HE Rui-qi, WEI Su-hong, GUO Shan-guang, et al. Study on the preservation effect of white pepper and cinnamon on chilled chicken [J]. Meat Reaserch, 2010, 5: 43-36

[12] Faustman C, Sun Q, Mancini R, et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control [J]. Meat Science, 2010, 86(1): 86-94

[13] Hongxia Du, Hongjun Li. Antioxiant effect of Cassia essential oil on deep-fried beef during the frying process [J]. Meat Science, 2008, 78(4): 461-468

[14] 刘蒙佳,周强,林海虹.三种天然香辛料液对冷却肉保鲜效果的研究[J].肉类工业,2013,11:43-48
LIU Meng-jia, ZHOU Qiang, LIN Hai-hong. Study on effects of three natural spices liquid on chilled pork preservation [J]. Meat Industry, 2013, 11: 43-48

[15] 梁鹏,马俪珍,王艳梅.添加物对香肠中亚硝酸钠残留量的影响[J].肉类工业,2007,3:22-26
LIANG Peng, MA Li-zhen, WANG Yan-mei. Effects of additives on nitrite residue level in sausage [J]. Meat Industry, 2007, 3: 22-26