



不同种类的蛋白肽对香肠抗氧化能力的影响

刁静静, 张丽萍

(黑龙江八一农垦大学, 黑龙江省农产品加工工程技术研究中心, 黑龙江 大庆 163319)

摘要: 对不同种类的蛋白肽进行筛选, 将其添加到香肠中并在4℃条件下贮藏7d。测定贮藏期间各处理组及对照组的pH值、红度值(a^*)、TBARS值和感官评定指标。结果表明: 添加蛋白肽的处理组的脂肪氧化程度显著低于对照组, 其中玉米蛋白肽在香肠中的抗氧化能力较强; 乳清蛋白肽在香肠中既能抑制氧化反应的发生, 又可改善香肠的组织结构; 麦胚蛋白肽则对香肠的 a^* 有一定的影响。

关键词: 蛋白肽; 抗氧化性; 香肠; 脂肪氧化

Antioxidant Effect of Peptides of Different Origins on Sausages

DIAO Jing-jing, ZHANG Li-ping

(Agri-food Processing and Engineering Technology Research Center of Heilongjiang Province, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: The antioxidant effect of adding peptides of different origins (pea, corn, milk whey and wheat germ and bone proteins) on sausages during 7 days of storage at 4 °C was evaluated in this study. The pH, a^* , TBARS and sensory characteristics of sausages were measured. The results showed that lipid oxidation was significantly lower in sausages with added peptides than control samples (no added peptides). Corn peptides had stronger antioxidant effect on sausages than peptides of other origins. Milk whey peptides could not only inhibit the occurrence of oxidation, but also improve the texture of sausages. Wheat germ peptides had a certain effect on the redness value of sausages.

Key words: peptides; antioxidant effect; sausage; lipid oxidation

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2012)07-0005-05

抗氧化剂是指能够清除氧自由基, 抑制或清除以减缓氧化反应的一类物质。它广泛地应用于食品、医药、饲料、化工等领域, 其生产技术一直受到人们的重视与关注, 近几年发展迅速。目前虽然在食品工业中已广泛使用大量的抗氧化剂, 但绝大多数属人工合成的, 随着人们越来越关注食品安全及合成抗氧化剂的安全问题, 人们把目光逐渐转向了天然抗氧化剂, 如生育酚、VC、多酚类化合物及各种香料等^[1]。许多动植物蛋白质及其肽类也已被发现具有显著的抗氧化性, 如大豆蛋白、乳清蛋白、鱼肉蛋白、肌肽、谷胱甘肽等。研究表明蛋白和肽在熟肉制品中可抑制氧化反应的发生^[2-3]。

据报道, 乳清蛋白和大豆蛋白肽在脂质氧化体系中抑制TBARS值的形成达到了65%以上。目前, 我们在前期的研究已经表明玉米蛋白肽^[4]、豌豆蛋白肽、乳清蛋白肽^[5]、麦胚蛋白肽^[6]和骨蛋白肽^[7]具有抗氧化能力。这些水解产物作为潜在的抗氧化剂, 在食品中的应用研究并

不广泛, 因此, 这些肽可作为肉制品生产中的潜在的氧化剂, 本研究的目的是将这5种肽分别添加在香肠中, 考察其pH值、 a^* 、TBARS值和感官评定值, 评价蛋白肽在香肠中的抗氧化能力。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

猪腿骨 哈尔滨市北大荒肉业有限公司。

豌豆蛋白 山东烟台东方蛋白有限公司; 麦胚蛋白 北大荒丰缘麦业责任有限公司; 乳清蛋白 美国Prolint公司; 玉米蛋白 黑龙江省昊天玉米责任有限公司; Alcalase 丹麦Novo公司; 大豆卵磷脂、抗坏血酸钠、3-(2-吡啶基)-5,6-双(4-苯磺酸)-1,2,4-三嗪(ferrozine)、三吡啶三吡嗪(2,4,6-tris(2-pyridyl)-S-triazine, TPTZ) 美国Sigma公司; 组氨酸、L-酪氨酸 北京索莱宝科技有限公

收稿日期: 2012-06-08

作者简介: 刁静静(1981—), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为农产品加工。E-mail: diaojing--62@163.com



司; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、氯仿、硫代巴比妥酸等均为分析纯 哈尔滨市万太生物药品公司。

DK-S24型电热恒温水浴锅 上海森信试验仪器有限公司; T-6紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; MLS-3020型真空冷冻干燥机 三洋电机有限公司; LD4-1.8台式离心机 北京京立离心机有限公司; LNK-871型凯式定氮仪 江苏省宜兴市科教仪器研究所; AL104精密电子天平、DELTA 320 pH计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; LGJ-1冷冻干燥机 上海医用分析仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 蛋白肽的制备

利用单因素试验分别考察豌豆蛋白、玉米蛋白、乳清蛋白、麦胚蛋白和骨蛋白在不同酶、pH值、底物质量浓度、加酶量($[E]/[S]$)条件下水解0.5~6h后对其水解度以及TBARS值的影响,从而确定以不同蛋白质为原料制备抗氧化肽的最佳水解条件与其抗氧化能力。

分别取不同的蛋白粉(分别为豌豆蛋白、玉米蛋白、乳清蛋白、麦胚蛋白与骨蛋白)与适量的水混合,配制质量浓度为5g/100mL的溶液,放入三颈瓶中,用1mol/L NaOH调节溶液pH 9.0,加入1%的碱性蛋白酶,于50℃水浴条件下振荡水解,反应过程中不断加入1mol/L NaOH,使pH值保持恒定,记录耗碱量,用于计算水解度(DH)。待水解结束后调节pH 7.0,95℃灭活10min。水解液用来测定抗氧化能力。

经前期实验得出:豌豆蛋白肽的制备条件为:底物质量浓度7g/100mL、pH8.5、加酶量1%、温度55℃,DH为14.5%时,水解物的抗氧化活性最强。玉米蛋白肽的制备条件为:底物质量浓度5g/100mL、pH9.0、加酶量1%、温度50℃,DH为14.8%时,水解物的抗氧化活性最强。乳清蛋白肽的制备条件为:底物质量浓度5g/100mL、pH8.5、加酶量2%、温度65℃,DH为35.3%时,水解物的抗氧化活性最强。麦胚蛋白肽的制备条件为:底物质量浓度5g/100mL、pH9.0、加酶量2%、温度55℃,DH为17.1%时,水解物的抗氧化活性最强。骨蛋白肽的制备条件为:碱性蛋白酶、pH 9.0、加酶量1%、底物质量浓度7g/100mL, DH为17%时,水解物的抗氧化活性最强。

1.2.2 不同蛋白肽的抗氧化活性测定

1.2.2.1 卵磷脂脂质氧化体系的制备

参照Decker等^[8]的方法,并稍作修改。称取一定量的大豆卵磷脂溶于0.12mol/L KCl, 5mmol/L组氨酸缓冲溶液(pH 6.8)中,制成含有0.2mg/mL卵磷脂溶液,均质,并用超声波在4℃条件下超声处理45min。然后取5mL的卵磷脂脂质体,加入1mL不同蛋白的水解产物,向脂质体和蛋白质水解液的混合物中加入0.1mL 50mmol/L FeCl_3 和

0.1mL 10mmol/L抗坏血酸钠引发脂质氧化,然后将样品放在37℃水浴中保温1h,通过测定硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)研究脂肪氧化情况。

1.2.2.2 TBARS的测定

TBARS的测定参照Sinnhuber等^[9]的方法,并作适当修改。取1mL样品加入3mL硫代巴比妥酸溶液、17mL三氯乙酸-盐酸溶液,混匀后,沸水浴中反应30min,冷却,取5mL样品加入等体积的氯仿,3000r/min离心10min,532nm波长处测吸光度。TBARS值以每升脂质氧化样品溶液中丙二醛的毫克数表示。按照公式(1)计算。

$$\text{TBARS}/(\text{mg/L}) = \frac{A_{532\text{nm}}}{V_s} \times 9.48 \quad (1)$$

式中: $A_{532\text{nm}}$ 为溶液的吸光度; V_s 为样品的体积/mL; 9.48为常数。

1.2.2.3 还原能力的测定

还原能力的测定参照Benzie等^[10]的方法取3.0mL新配的FRAP试剂(由30mmol/L pH 3.6的醋酸盐缓冲液2.5mL, 10mmol/L TPTZ溶液2.5mL, 20mmol/L $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 溶液2.5mL组成)加热到37℃,向其中加入0.1mL不同蛋白质的水解产物,0.3mL H_2O ,反应10min,593nm波长处测吸光度,以100~1000 $\mu\text{mol/L}$ $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 制作标准曲线,样品抗氧化活性以达到同样吸光度所需的 FeSO_4 微摩尔数表示。

1.2.2.4 POV的测定

参照Kong Baohua等^[11]的方法,1mL的卵磷脂脂质氧化体系样品与10mL的醋酸-氯仿(体积比3:2)混合,混匀后加入0.3mL饱和碘化钾,摇匀,加入30mL蒸馏水和0.3mL的0.1%的淀粉指示剂。用2mmol/L硫代硫酸钠滴定,直到蓝色消失。没加脂质体的作为空白。按公式(2)计算。

$$\text{POV}/(\text{meq/L}) = \frac{(V_1 - V_2) \times c}{V_s} \quad (2)$$

式中: V_1 为滴定样品所消耗的硫代硫酸钠体积/mL; V_2 为滴定空白样品所消耗的硫代硫酸钠体积/mL; c 为硫代硫酸钠的浓度/(mmol/L); V_s 为样品体积/mL。

1.2.3 不同蛋白肽对香肠贮藏期间的影响

1.2.3.1 猪肉香肠的制备

添加质量分数3%不同蛋白肽



原料肉的选择→修整与切块→腌制→瘦肉绞肉→拌馅→灌制→烘烤→煮制→熏制

1.2.3.2 理化指标的测定

色差的测定(打开包装30min后测):用色差仪测定,先按照间歇测试方式进行色差仪的调试,然后取一定量的肉馅,将其放入比色皿中,并将测试探头放在比色皿上进行测定。使用O/D测试头,可测定物体本身的颜色和光泽及各检测样之间的色度差值。 a^* 表示肉样的红色度,该值越高,说明颜色越红。

pH值：采用pH计，按照GB/T 9695.5—1998《肉与肉制品pH测定》进行。10g肉样磨后加入90mL蒸馏水，过滤后的滤液用pH计测定pH值。

TBARS的测定：同1.2.2.2节方法。

1.2.3.3 感官指标的评价

感官评定：选定8位实验人员，对贮藏过的香肠进行感官指标的评价，包括颜色、酸败味、变味和总体可接受性的评定，香肠感官评价标准如图1所示：香肠的组织结构主要是从切面的光滑程度来进行评定；色泽：7分=肌肉色泽鲜红，有光泽；4分=色泽较鲜红，较有光泽；1分=色泽暗褐色，不可接受。酸败味：7分表示具有不可接受的异味；4分具有香肠气味，无明显酸败味；1分香肠特有的气味，无任何酸败味。异味是考察加入蛋白肽后是否存在添加物的味道，从而影响肉饼的气味。

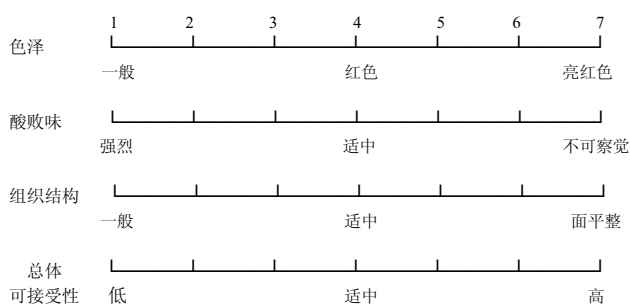


图1 香肠感官评价标准

Fig.1 Standards of sensory evaluation

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质肽的抗氧化活性

由表1可知，5种肽的抗氧化能力为：玉米蛋白肽的抗氧化能力较强，其TBARS值和POV值显著低于其他4种肽($P < 0.05$)，而FRAP值则显著高于其他4种肽；豌豆蛋白肽具有较低的TBARS值，但POV高于其他4种肽，FRAP值显著低于其他4种肽；乳清蛋白肽具有较高的FRAP值，但TBARS值和POV值相对较高，抗氧化活性较玉米蛋白肽和骨蛋白肽弱；麦胚蛋白肽的POV较低，TBARS值较高，说明一级氧化过程中抗氧化能力较强；骨蛋白肽的抗氧化活性较乳清肽高。因此总体看来，各种蛋白肽的抗氧化能力为：玉米蛋白肽>骨蛋白肽>乳清蛋白肽>麦胚蛋白肽>豌豆蛋白肽。各种肽的抗氧化

能力不同可能是因为不同种类、不同分子量范围的蛋白肽由于氨基酸组成和序列不同，具有抗氧化性氨基酸端残基数量不同，导致其与—COOH的结合能力不同。而且据研究表明，蛋白水解产物具有很强的还原能力是由于蛋白肽链的断裂增加了有效的氢离子、以及水解后的蛋白结构及其肽链断裂位置有关。因此，这5种蛋白肽具有不同的抗氧化活性是由于其水解程度不同、水解后结构的变化等造成的。

2.2 不同蛋白肽在香肠贮藏期间对其抗氧化能力的影响

2.2.1 不同蛋白肽对香肠pH值的影响

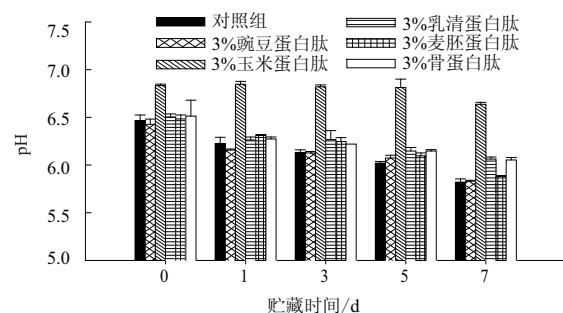


图2 不同蛋白肽在香肠贮藏期间对pH值的影响

Fig.2 Effect of different peptides on the pH of sausages during storage

由图2可知，各处理组的pH值总体是随着贮藏时间的延长呈下降趋势。对照组的最初pH值为6.4，添加玉米蛋白肽的处理组其pH值为6.7，其他处理组的pH值约为6.45。随着贮藏时间的延长，各处理组的pH值均有所下降，添加玉米蛋白肽的处理组在整个贮藏期间的pH值均高于其他处理组。

2.2.2 不同蛋白肽对香肠 a^* 值的影响

由图3可知，各处理组与对照组在整个贮藏时期的 a^* 值随着时间的延长而下降，而且0d时各个处理组的 a^* 值与对照组差异不显著($P > 0.05$)，添加麦胚蛋白肽和乳清蛋白肽的处理组的 a^* 值差异不显著，添加玉米蛋白肽和骨蛋白肽的处理组的 a^* 值差异不显著。到5d时，对照组的 a^* 值明显降低，而各个处理组的 a^* 值没有显著变化，这可能是这5种肽对香肠起到了一定的护色效果。到7d时，各个处理组之间的 a^* 值与5d相比没有显著差异，但添加麦胚蛋白肽、骨蛋白肽的处理组在贮藏时间内的 a^* 值变化不大，说明麦蛋白肽具有一定的护色效果。

表1 不同蛋白肽5g/100mL时的抗氧化能力($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 1 Antioxidant effect of different peptides (5 g/100 mL) on sausages ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

指标	豌豆蛋白肽	玉米蛋白肽	乳清蛋白肽	麦胚蛋白肽	骨蛋白肽
TBARS值/(mL/L)	0.59 ± 1.2^b	0.35 ± 0.57^c	2.20 ± 0.10^a	2.4 ± 0.21^a	0.77 ± 0.02^b
POV/(meq/L)	3.23 ± 1.20^a	1.62 ± 0.70^d	2.73 ± 0.05^b	2.14 ± 2.14^{bc}	1.89 ± 0.05^c
FRAP/(μ mol/L)	551 ± 135.00^c	1600 ± 3.57^a	1170 ± 5.13^a	986 ± 37.00^b	1120 ± 203.7^a

注：同行字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

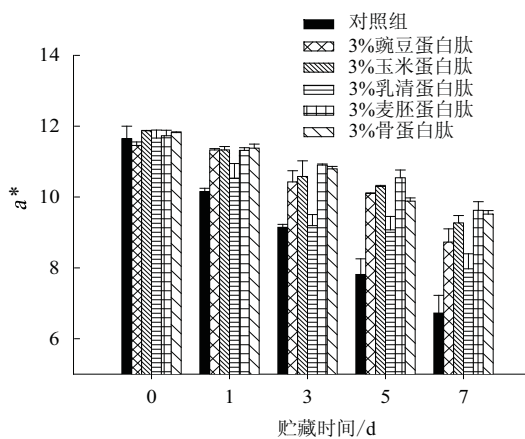


图3 不同蛋白肽在香肠贮藏期间对a*值的影响

Fig. 3 Effect of different peptides on the a* of sausages during storage

2.2.3 不同蛋白肽对香肠TBARS值的影响

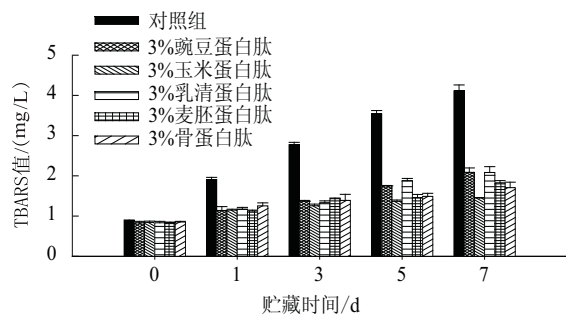


图4 不同蛋白肽在香肠贮藏期间对TBARS值的影响

Fig. 4 Effect of different peptides on the TBARS of sausages during storage

由图4可知，各处理组与对照组在整个贮藏期内的

表2 不同蛋白肽在香肠贮藏期间对感官质量的影响

Table 2 Effect of different peptides on the sensory quality of sausages during storage

指标	组别	贮藏时间/d					
		0	1	3	5	7	
色泽	对照组	6.78±0.05 ^a	6.18±0.15 ^a	5.16±0.11 ^c	3.81±0.14 ^d	3.16±0.10 ^e	
	豌豆蛋白肽	6.74±0.42 ^a	6.10±0.57 ^a	6.00±0.61 ^a	5.60±0.75 ^a	4.53±0.51 ^a	
	玉米蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.58±0.38 ^{ab}	5.75±0.27 ^a	4.58±0.49 ^a	3.92±0.49 ^a	
	乳清蛋白肽	6.86±0.04 ^a	6.43±0.17 ^b	5.69±0.21 ^a	4.84±0.11 ^a	4.29±0.17 ^a	
	麦胚蛋白肽	6.80±0.03 ^a	6.23±0.17 ^b	5.36±0.21 ^a	5.14±0.11 ^a	4.43±0.17 ^a	
	骨蛋白肽	6.70±0.45 ^a	5.70±0.67 ^a	5.00±0.61 ^a	4.90±0.55 ^a	4.50±0.50 ^a	
酸败味	对照组	6.95±0.05 ^a	6.31±0.16 ^b	5.17±0.10 ^c	3.83±0.10 ^c	3.14±0.14 ^d	
	豌豆蛋白肽	7.00±0.07 ^a	6.68±0.27 ^{ab}	6.21±0.19 ^a	5.48±0.15 ^a	5.12±0.19 ^a	
	玉米蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.67±0.41 ^{ab}	6.25±0.27 ^a	5.17±0.26 ^a	4.58±0.38 ^a	
	乳清蛋白肽	6.91±0.07 ^a	6.58±0.17 ^{ab}	6.26±0.14 ^a	5.18±0.15 ^a	4.51±0.18 ^a	
	麦胚蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.47±0.43 ^{ab}	6.05±0.37 ^a	5.37±0.49 ^a	4.21±0.57 ^a	
	骨蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.90±0.22 ^b	6.40±0.55 ^a	5.20±0.57 ^a	4.70±0.27 ^b	
组织结构	对照组	6.92±0.05 ^a	6.39±0.16 ^b	5.20±0.12 ^b	3.75±0.10 ^c	2.52±0.17 ^d	
	豌豆蛋白肽	7.00±0.84 ^a	6.65±0.93 ^a	6.20±0.45 ^{ab}	5.17±0.35 ^a	4.60±0.37 ^a	
	玉米蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.67±0.41 ^{ab}	6.25±0.27 ^a	5.17±0.26 ^a	4.58±0.38 ^a	
	乳清蛋白肽	6.83±0.05 ^a	6.63±0.13 ^a	6.20±0.15 ^a	5.19±0.17 ^a	4.74±0.14 ^a	
	麦胚蛋白肽	6.87±0.25 ^a	6.53±0.63 ^a	6.24±0.05 ^a	5.38±0.19 ^a	4.46±0.12 ^a	
	骨蛋白肽	6.90±0.84 ^a	6.20±0.89 ^a	5.70±0.45 ^{ab}	5.10±0.55 ^a	4.80±0.27 ^a	
总体可接受性	对照组	6.82±0.04 ^{ab}	6.25±0.18 ^{ab}	5.37±0.27 ^b	4.09±0.22 ^c	3.29±0.25 ^b	
	豌豆蛋白肽	6.87±0.08 ^a	6.15±0.14 ^a	6.02±0.19 ^a	5.29±0.09 ^a	4.40±0.08 ^a	
	玉米蛋白肽	7.00±0.00 ^a	6.51±0.41 ^a	6.08±0.20 ^a	4.83±0.26 ^a	4.53±0.41 ^a	
	乳清蛋白肽	6.86±0.07 ^a	6.65±0.15 ^a	6.02±0.17 ^a	5.19±0.16 ^a	4.42±0.18 ^a	
	麦胚蛋白肽	6.78±0.04 ^a	6.35±0.05 ^a	6.12±0.13 ^a	5.13±0.21 ^a	4.22±0.16 ^a	
	骨蛋白肽	5.80±0.57 ^a	6.10±0.42 ^a	5.30±0.45 ^a	5.30±0.67 ^a	4.70±0.45 ^a	

注：同性质比较中字母不同表示差异显著($P<0.05$)。



TBARS值呈上升趋势。在0d时处理组和对照组的TBARS值差异不显著,随着贮藏时间的延长,对照组的硫代巴比妥酸反应物值在整个贮藏期内都显著高于处理组($P<0.05$)。在0、1d时,各处理组间的硫代巴比妥酸反应物质差异不显著,到3、5d时,各处理组与对照组间有了明显的差异,而且不同种类的蛋白肽在香肠中的抗氧化活性也不同,骨蛋白肽与麦胚蛋白肽处理组间的反应物质没有明显差异($P>0.05$),抗氧化活性较对照组和添加豌豆蛋白肽、乳清蛋白肽的处理组强,但显著低于玉米蛋白肽处理组。7d时,对照组明显高于处理组,各个处理组的抑制氧化效果好于对照组,说明添加蛋白肽可起到抑制氧化的作用。

2.2.4 不同蛋白肽对香肠感官质量的影响

对于香肠的感官质量从色泽、酸败味、组织结构以及总体可接受性几方面进行评定。由表2可知,随贮藏时间的延长,香肠的各项感官评定值逐渐降低。在贮藏3d时,各个组别的色泽仍然保持稳定的色泽,有光泽的状态,但随着贮藏时间的延长色泽逐渐变为浅粉色。在贮藏初期香肠没有任何酸败味,而且组织结构也比较好。在贮藏初期,处理组之间以及处理组和对照组之间在各项感官指标上无显著差异($P>0.05$)。但随着时间的增长,对照组的评定值越来越小,与其他处理组之间的差异越来越大,7d后,对照组的颜色已经失去光泽,而处理组中的分值还比较高。总体可接受性也显示添加肽的香肠效果最佳,而且,通过比较可以看出,添加这5种肽的处理组中,玉米蛋白肽、骨蛋白肽和乳清蛋白肽的总体可接受性较高。

3 结 论

将这5种蛋白肽添加在香肠中不但可以提高香肠的 a^* 值,而且在贮藏期间内还能起到抑制脂质氧化物质的生

成。通过对几种蛋白肽处理后的香肠进行比较得出:添加等质量浓度的不同种类的蛋白肽,其各自发挥作用的能力不同,玉米蛋白肽、骨蛋白肽和乳清蛋白肽在抗氧化能力方面起到了主要作用,而麦胚蛋白肽不仅抑制氧化发生,而且在护色方面的效果显著;通过感官评定指标得出,乳清蛋白肽对香肠的组织状态影响较大,因此可利用其改善肌肉食品加工质量。

参考文献:

- [1] 包斌, 德力格尔桑, 许勤. 抗氧化肽的研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25(1): 121-124.
- [2] DECKER E A, CRUM A D. Antioxidant activity of carnosine in cooked ground pork[J]. Meat Science, 1993, 34: 245-253.
- [3] MCCARTHY T L, KERRY J P, KERRY J F, et al. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties[J]. Meat Science, 2001, 57: 45-52.
- [4] 王晶, 孔保华, 熊幼翎, 等. 玉米蛋白酶水解物对生肉糜脂肪氧化的抑制研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(2): 63-66.
- [5] 刁静静, 栾金刚, 王雪, 等. 制备麦胚抗氧化多肽酶解条件优化的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2011, 23(5): 54-59.
- [6] 彭新颜, 孔保华. 乳清分离蛋白水解物对猪肉糜抗氧化作用的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 14-18.
- [7] 刁静静, 孔保华, 刁新平, 等. 骨蛋白水解物抗氧化活性及其作用模式[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 238-244.
- [8] DECKER E A, HULTIN H O. Factors influencing catalysis of lipid oxidation by the soluble fraction of mackerel muscle[J]. Journal of Food Sciences, 1990, 55: 947-950; 953.
- [9] SINNHUBER R O, YU T C. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II. The quantitative determination of malonaldehyde[J]. Food Technology, 1958, 12: 9-12.
- [10] BENZIE I F, STRAIN J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power" the FRAP assay [J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239: 70-76.
- [11] KONG Baohua, XIONG Youling L. Antioxidant activity of zein hydrolysates in a liposome system and the possible mode of action[J].