

富硒锗酵母添加量对延边黄牛肉风味特性的影响
Effects of yeast enriched selenium and germanium on flavor
characteristics of Yanbian Beef

林 墨¹ 申佳洁¹ 王增凯¹ 于 帅¹ 牟柏德^{1,2}

LIN Mo¹ SHEN Jia-jie¹ WANG Zeng-kai¹ YU Shuai¹ MU Bai-de^{1,2}

杨咏洁^{1,2} 张恩旭³ 梁成云^{1,2} 李官浩^{1,2}

YANG Yong-jie^{1,2} ZHANG En-xu³ LIANG Cheng-yun^{1,2} LI Guan-hao^{1,2}

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学食品研究中心, 吉林 延吉 133002;

3. 延边出入境检验检疫局, 吉林 延吉 133000)

(1. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China; 2. Food Research Center, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China; 3. Yan Bian Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Yanji, Jilin 133000, China)

摘要:选取生长发育良好的 30 月龄的延边黄牛公牛 20 头, 体重(350±20) kg, 随机分为 4 组, 分别为: 对照 A 组(基础日粮)、试验 B 组(基础日粮中添加 0.1% 富硒锗酵母)、试验 C 组(基础日粮中添加 0.2% 富硒锗酵母)、试验 D 组(基础日粮中添加 0.3% 富硒锗酵母), 供试牛进行为期 100 d 的饲养试验。经标准化屠宰后, 在(4±1) °C 下排酸 48 h, 取外脊和臀肉进行后续指标测定。利用电子鼻和电子舌分析不同组延边黄牛肉的风味变化, 通过主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)和传感器贡献率(Loadings), 探究肉中不同硒锗含量对延边黄牛肉风味的影响。试验结果表明: 富硒锗酵母对牛肉气味有一定影响, 对照组与试验组气味的差异主要来自氮氧化合物及硫化物; 富硒锗酵母对滋味有一定影响, 与对照组相比外脊和臀肉试验组鲜味及鲜味回味输出值更高。

关键词:富硒; 富锗; 电子舌; 电子鼻; 黄牛肉; 风味

Abstract: In this study, 20 Yanbian yellow cattles (350±20) kg about 30 months' age were randomly divided into four groups: the control group A (basal diet); test group B (0.1% yeast enriched selenium-germanium supplemented in basal diet); test group C (0.2% yeast enriched selenium-germanium supplemented in basal diet); test group D (0.3% yeast enriched selenium-germanium supplemented in basal diet). After the test cattle were feed for 100 days, they were standardized slaughtered and then stored at (4±1) °C for 48 h for acid discharge. The rump and striploin were picked for follow-up

index measurement. In this experiment, the flavor changes of Yanbian beef were analyzed by electronic nose and electronic tongue using principal component analysis, linear discriminant analysis and Sensor contribution rate to explore the effect of different selenium and germanium content on the flavor of yanbian beef. The results showed that the yeast enriched selenium and germanium affected beef odor, and the differences between the control group and the test group were mainly from nitrogen, oxygen compounds and sulfide. The yeast enriched selenium and germanium affected beef taste, compared with the control group, the rump and striploin from test groups had a higher output value.

Keywords: rich selenium; rich germanium; electronic tongue; electronic nose; cattle beef; flavor

中国是一个缺硒较严重的国家, 全国低硒地区占全国总面积的 72%, 其中黑龙江、吉林、辽宁均为中国严重缺硒省份, 且肉用畜禽缺硒症屡有发生^[1]。硒是动物机体必需微量元素之一, 可阻止细胞膜氧化, 改善肉品质量。研究^[2]表明, 硒具有促生长、抗氧化、抗应激等多重作用。此外, 硒的富集不仅可以改善畜禽的健康状况, 还能够提高畜禽产品的价值^[3-4]。

锗(Ge)属于典型的稀有元素, 具有参与免疫调节、消除体内自由基、抗氧化作用、影响脂类代谢等生物学功能^[5]。目前, 锗元素通过富集作用作为矿物质添加剂居多, 以二氧化锗为锗源, 利用酵母对锗有良好的富集能力, 将锗吸收到细胞内部, 而不是吸附滞留在细胞表面, 使含锗酵母生物活性丰富。刘孟洲等^[6]研究发现富硒饲料饲喂的猪与普通猪肉相比肌肉组织中硒含量显著提高; 徐娥等^[7]在育肥牛的饲料中添加了有机硒, 结果发现试验组肉中的硒含量显著增

作者简介:林墨, 女, 延边大学在读硕士研究生。

通信作者:李官浩(1975—), 男, 延边大学副教授, 博士。

E-mail: ghli@ybu.edu.cn

收稿日期:2017-03-04

加。Panter 等^[8]研究证明有机硒比无机硒更容易在动物体组织中沉积。温萍等^[9]在肉鸡日粮中分别添加无机锗和有机锗,发现随着锗含量的增加,在胸肌的沉积不断增加,并且有机锗的沉积量要高于无机锗的沉积。

在对牛肉品质评价过程中除了外观,气味也是一个很重要的评价指标。目前对其评价还停留在感官评定,存在较大的人为因素、重复性差等缺点。随着传感器、纳米等技术的发展,电子舌与电子鼻技术应运而生。电子舌因具有重复性、高灵敏性、可靠性等优点,使其更多地应用在肉与肉制品的检测中,在食品行业中电子舌系统主要应用在食品新鲜度、成分鉴定、定量分析等方面^[10]。易宇文等^[11]利用电子舌对微冻鲢鱼新鲜度进行了识别。曹仲文等^[12]证明电子舌技术可用于鸡汤与人工勾兑高汤及其混合样品的识别。陈全胜等^[13]证明电子舌技术与适当的模式识别方法相结合可以成功地评判茶叶的质量等级。电子鼻技术是一门新兴的气体分析技术,因其具有响应速度快、检测时间短等优点,被广泛应用于医疗诊断、农副产品与食品的检测中^[14]。张瑶等^[15]研究发现电子鼻能够有效地区分添加不同浓度抗生素的羊奶。陈辰等^[16]证明电子鼻技术可用于玫瑰香葡萄贮藏期的快速判别。

本试验拟以添加富硒锗酵母饲料饲喂延边黄牛,再以含硒锗的牛肉为检测对象,利用电子鼻和电子舌分别对延边牛肉进行挥发性成分及滋味的测定,探索延边牛肉中的硒、锗元素的沉积量对牛肉中挥发性成分的影响,为今后研究延边牛肉风味特性奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

牛肉:吉林省琿春市旭春肉牛养殖场提供;

盐酸:分析纯,韩国 Duksan 公司;

浓硫酸、甲苯、高氯酸、甲酸:分析纯。

1.1.2 主要仪器与设备

分析天平:JA10003N 型,上海民桥精密科学仪器有限公司;

高速冷冻离心机:Z400K 型,德国 Hermle 公司;

高速分散均质机:FJ-200 型,上海标本模型厂;

电子鼻系统:PEN3 型,德国 Airsense 公司,

味觉分析系统:SA-402B 型,日本 Insent 公司。

1.2 方法

1.2.1 试验分组 选取生长发育良好的 30 月龄的延边黄牛公牛 20 头,体重(350±20) kg,随机分为 4 组,分别为:对照 A 组(基础日粮)、试验 B 组(基础日粮中添加 0.1%富硒锗酵母)、试验 C 组(基础日粮中添加 0.2%富硒锗矿酵母)、试验 D 组(基础日粮中添加 0.3%富硒锗酵母),供试牛按以上分组进行为期 100 d 的饲喂试验。经标准化屠宰后,在(4±1)℃下排酸 48 h,取外脊和臀肉进行后续指标测定。

1.2.2 电子鼻测定延边黄牛肉风味 本试验使用的电子鼻系统含有 10 个不同的金属氧化物传感器组成传感器阵列。将样品用绞肉机搅碎后,装入密封杯子中,测试时直接将进样针头插入含样品的密封杯子中进行测定。测定条件:温度 25℃,清洗时间 90 s,测定时间 90 s,试验重复 5 次平行。

1.2.3 电子舌测定延边黄牛肉风味 将样品用绞肉机搅碎后取 5 g 加入 25 mL 蒸馏水中,混合,将混合后的样品均质 1 min,于 25℃,5 000 r/min 离心 10 min,将离心后的样品用滤纸过滤,将滤液进行风味测定。

1.2.4 统计分析 采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 延边黄牛肉中硒元素、锗元素沉积量

由表 1、2 可知:外脊的试验组中硒、锗元素的含量显著高于对照组(P<0.05)。臀肉试验组与对照组相比,试验组牛肉中硒元素含量均显著高于对照组(P<0.05);试验组锗元素的含量均显著高于对照组(P<0.05),试验 C、D 组显著高于试验 B 组,但试验 C、D 组间无显著性差异。说明富硒锗酵母的添加能够提高硒、锗元素在延边黄牛肉中的沉积。

本试验外脊和臀肉试验组硒元素、锗元素沉积量均显著高于对照组(P<0.05),且试验 C 组含量最高,与申小云^[17]试验结果相似。延边黄牛肉中硒元素、锗元素沉积量试验结果表明饲喂富硒锗牛能显著提高牛肉中硒锗含量。

表 1 延边黄牛肉中硒元素沉积量[†]
Table 1 Organic selenium deposition in Yanbian cattle beef mg/kg

项目	组别			
	对照 A 组	试验 B 组	试验 C 组	试验 D 组
外脊	0.081 3±0.001 5 ^c	0.100 3±0.000 4 ^b	0.114 1±0.005 2 ^a	0.108 4±0.003 9 ^a
臀肉	0.088 1±0.000 9 ^d	0.093 2±0.001 9 ^c	0.114 0±0.001 7 ^a	0.109 3±0.001 9 ^b

† 同行上标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

表 2 延边黄牛肉中锗元素沉积量[†]
Table 2 Organic germanium deposit in Yanbian cattle beef mg/kg

项目	组别			
	对照 A 组	试验 B 组	试验 C 组	试验 D 组
外脊	0.001 9±0.000 3 ^c	0.003 6±0.000 3 ^b	0.006 0±0.000 2 ^a	0.005 5±0.000 4 ^a
臀肉	0.001 9±0.000 2 ^c	0.003 8±0.000 4 ^b	0.005 5±0.005 0 ^a	0.005 2±0.000 3 ^a

† 同行上标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

2.2 富硒锗酵母对延边黄牛肉气味的影响

电子鼻传感器性能见表 3。

由图 1(a)可知,延边黄牛外脊中 4 组肉样在 Correlation 相关性矩阵模式下:第一主分贡献率为94.398%,第二主分

表 3 传感器性能描述

Table 3 Sensor performance description

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分
2	W5S	对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	烷烃芳香成分
6	W1S	对短链烷烃灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对乙醇灵敏
9	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
10	W3S	对短链烷烃灵敏

贡献率为 4.221%,2 个主成分累积区分贡献率为 98.619%,基本上涵盖了样品的原始信息。外脊对照组与其他 3 组肉样在气味上存在差异,对照组与试验组的差异来自第一主成分。

由图 1(b)可知,对照 A 组与试验 B、C、D 组间的肉样均能较好区分。

由图 1(c)可知,由于各组间的气味差异主要表现在第一主成分上,2、7 号传感器对第一主成分区分贡献率最大,即对照组与试验组在氮氧化合物、硫化物成分上差异较大。

由图 2(a)可知,延边黄牛臀肉中 4 组肉样在 Correlation 相关性矩阵模式下:第一主分贡献率为 86.094%,第二主分贡献率为 10.546%,2 个主成分累积区分贡献率为 96.640%,所以这 2 个主成分已经完全代表了样品的主要信息特征。由图 2(a)可见,臀肉对照组与试验 B、C、D 组肉样在气味上存在差异,对照组与试验组的差异来自第一主成分。

由图 2(b)可知,各组间的肉样均能较好区分。

由图 2(c)可知,由于各组间的气味差异主要表现在第一主成分上,2、7 号传感器对第一主成分区分贡献率较大,即对照组与试验组在氮氧化合物、硫化物成分上差异较大。

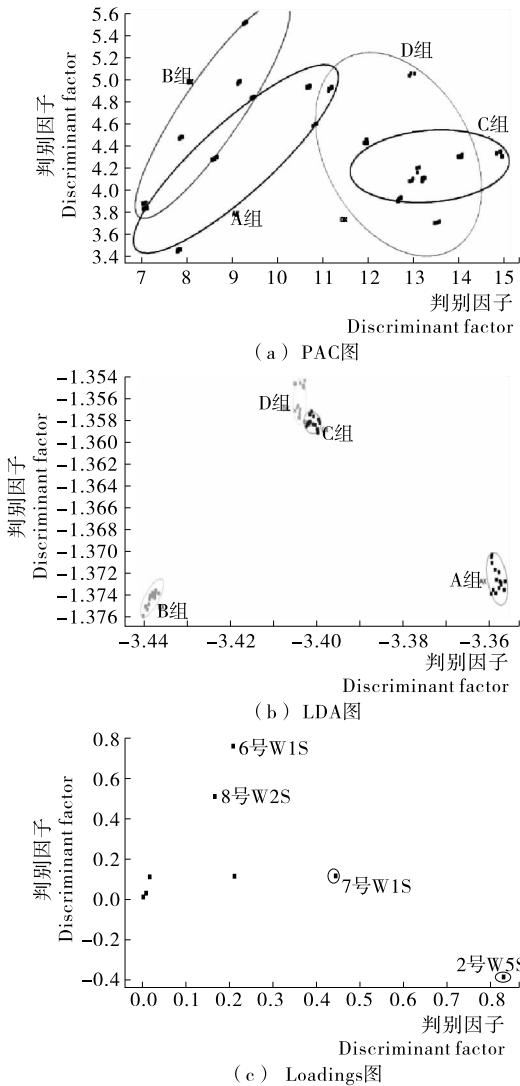


图 1 外脊主成分、线性判别、传感器贡献率分析图

Figure 1 Analysis of PCA, LDA, Loadings of outer ridge

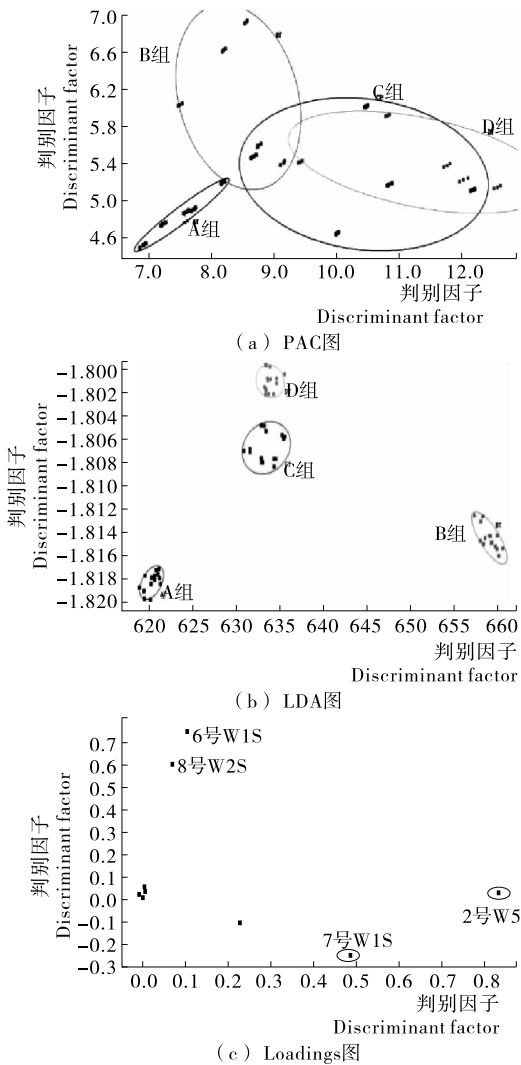


图 2 臀肉主成分、线性判别、传感器贡献率分析图

Figure 2 Analysis of PCA, LDA, Loadings of buttocks

通过 LDA 判别分析可以看出,电子鼻可有效地将各组牛肉的气味区分开。富硒锳酵母对牛肉气味有一定影响,对
照组与试验组气味的差异主要来自氮氧化合物及硫化物。与马小明等^[18]的研究结果相似。通过 Loadings 分析发现外脊和臀肉对照组与试验组间挥发物质的差异主要来自氮氧化合物和硫化物。张虹艳^[19]利用电子鼻对鸡肉的挥发性物质进行研究,发现区分鸡肉的挥发性物质主要来自硫化物和

氮氧化物,与本试验结果相似。

2.3 富硒锳酵母对延边黄牛肉滋味的影响

由于基准液由氯化钾和酒石酸配制而成,所以咸味的无味点为-6,酸味的无味点为-13,无味点以下的项目可以认为是该肉样没有的味道。由表 4 可知,外脊和臀肉各组咸味和酸味输出值升高,但咸味和酸味输出值均在无味点以下,因此可以认为对照组与试验组的外脊和臀肉无咸味和酸味。

表 4 延边黄牛肉咸味、酸味、涩味、鲜味、鲜味回味输出值变化[†]

Table 4 Change in salty, sourness, astringency, umami and richness in Yanbian cattle beef

部位	分组	咸味	酸味	涩味	鲜味	鲜味回味
外脊	对照 A 组	-12.59±0.07	-40.53±0.13	1.24±0.22	0.94±0.10	19.66±0.24
	试验 B 组	-12.01±0.02	-48.54±0.21	1.39±0.10	22.01±0.04	25.59±0.33
	试验 C 组	-11.83±0.07	-47.10±0.24	0.53±0.02	20.43±0.07	22.87±0.49
	试验 D 组	-12.50±0.07	-41.63±0.23	0.61±0.02	17.37±0.10	20.48±0.26
臀肉	对照 A 组	-12.76±0.35	-42.33±0.27	1.29±0.03	16.50±0.02	18.32±0.06
	试验 B 组	-12.64±0.07	-42.02±0.07	1.04±0.01	16.55±0.06	18.39±0.14
	试验 C 组	-12.95±0.06	-46.30±0.69	0.68±0.05	17.84±0.06	19.48±0.07
	试验 D 组	-12.68±0.17	-43.58±0.47	0.94±0.10	16.79±0.03	18.38±0.37

† 同列间输出值之差大于 1,差异通过人类味觉可以区分出来,表示差异显著。

由表 4 可知:外脊对照组与试验组涩味输出值差异均在 1 刻度以下,因此外脊试验组与对照组涩味输出值无显著性差异。臀肉对照组涩味输出值高于试验组,但对照组与试验组涩味输出值差异均在 1 刻度以下,因此试验组与对照组无显著性差异。

电子舌测定延边黄牛肉风味结果表明:外脊和臀肉试验组的鲜味输出值均高于对照组;臀肉试验组的鲜味输出值高于对照组,且试验 C 组的鲜味输出值最高;试验组的鲜味回味输出值均高于对照组;臀肉试验组的鲜味回味输出值均高于对照组,且试验 C 组鲜味回味输出值高于其他 3 组。说明富硒锳酵母对滋味有一定影响,与对照组相比外脊和臀肉试验组鲜味及鲜味回味输出值更高。廖兰等^[20]研究表明肉的鲜味主要来源于肌肉水溶性前体物,其中游离氨基酸的影响最重要,其含量与风味的浓厚程度密切相关。郭淑珍等^[21]研究表明高谷氨酸含量,会改善肉的风味,是很多风味食品的重要原料。葛长荣等^[22]发现谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、精氨酸有增强肌肉滋味和香气的作用。伏映萍等^[23]研究发现硒能使肉质细嫩、脂肪分布均匀、风味鲜美多汁。陶妍等^[24]研究证明,食物中蛋白质营养价值的高低取决于食物所含有的必需氨基酸的量和种类。

3 结论

对电子鼻测定所获数据分析表明,不同添加量的富硒锳酵母对延边黄牛肉中氮氧化合物以及硫化物成分影响较大。对电子舌测定所获数据分析表明,不同添加量的富硒锳酵母对延边黄牛肉中氨基酸成分影响较大。肉的鲜味主要来源于肌肉水溶性前体物,其中游离氨基酸具有重要的影响作用,其含量与风味的浓厚程度密切相关。肉中谷氨酸含量高,会改善肉的风味,是很多风味食品的重要原料。

谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、精氨酸有增强肌肉滋味和香气的作用,有研究发现硒能使肉质细嫩、脂肪分布均匀、风味鲜美多汁。后续可以气质联用为手段研究影响风味成分的来源和组成。

参考文献

[1] 张海棠,王自良,赵坤. 硒的营养机理及其在肉用畜禽生产中的应用[J]. 粮食与饲料工业, 1999(10): 34-36.

[2] ARTEEL G E, SIES H. The biochemistry of selenium and the glutathione system[J]. Enviromental Toxicology and Pharmacology, 2001, 10(4): 153-158.

[3] 李丽辉,林亲录. 我国富硒食品的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2007(2): 23-25.

[4] 贾洪锋,贺稚非,刘丽娜. 富硒酵母的研究进展[J]. 四川食品与酵, 2015(3): 8-12.

[5] 王慧明. 硫磺负离子复合制剂对延边黄牛生长性能及牛肉品质的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2014: 22-24.

[6] 刘孟洲,权群学,王玉安,等. 富硒饲料对肥育猪生长和胴体肉质影响的研究[J]. 养猪, 2016(5): 46-48.

[7] 徐娥,夏先林,张运国,等. 添加有机硒对育肥牛肉质和血液生理生化指标的影响[J]. 畜牧科学, 2011(4): 65-66.

[8] PANTER K E, HARTLEY W J, JAMES L F, et al. Comparative toxicity of selenium from seleno-DLmethionine, sodium selenate and Astragalus bisulcatus in pigs[J]. Fundam. Appl. Toxico, 1996, 32: 217-223.

[9] 温萍,赵希彦,敖越. 添加两种锳化合物对肉仔鸡生产性能的影响[J]. 饲料博览, 2000(4): 4-6.

[10] LAURA Escuder-Gilabert, MIGUEL Peris. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis [J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 665: 15-25.

(下转第 30 页)

fluence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1): 267-275.

[8] 董庆利, 屠康. 猪肉腌制过程中亚硝酸钠添加量对其质构的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 62-66.

[9] 刘文娟, 木尼热, 吴春华, 等. 胡柚皮粉对带鱼肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(1): 77-83.

[10] XIONG Y L. Role of myofibrillar Proteins in water-binding in brine enhanced meats[J]. Food Research International, 2005, 38(3): 281-287.

[11] CHERROUD S, CACHALDORA A, FONSECA S, et al. Microbiological and physicochemical characterization of dry cured Halal goat meat. Effect of salting time and addition of olive oil and paprika covering[J]. Meat Science, 2014, 98(2): 129-134.

[12] VLADIMIR F, LJUBINKO L, BILJANA C, et al. Optimisation of Mass Transfer Kinetics during Osmotic Dehydration of Pork Meat Cubes in Complex Osmotic Solution[J]. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 2014, 20(3): 305-314.

[13] 杜垒. 盐水鸭老卤腌制特性与传质动力学分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.

[14] 李忠, 周路明, 陈俊, 等. HACCP 在广汉缠丝兔生产中的应用[J]. 肉类工业, 2009(6): 36-40.

[15] XIONG Y L, LOU Xing-qiu, WANG Chang-zheng, et al. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(1): 96-100.

[16] WESTPHALEN A D, BRIGGS J L, LONERGAN S M. Influence of muscle type on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat-induced gelation[J]. Meat Science, 2006, 72(4): 697-703.

[17] BARAT J M, GALLART-JORNET L, ANDRÉS A, et al. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 73(1): 9-19.

[18] NGUYEN M V, ARASON S, THORARINSDOTTIR K A, et al. Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin (*Gadus morhua*) during brine salting[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(2): 225-231.

[19] GRAIVER N, PINOTTI A, CALIFANO A, et al. Mathematical modeling of the uptake of curing salts in pork meat[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 95(4): 533-540.

[20] PEGG R B, SHAHIDI F. Nitrite curing of meat, the N-nitrosamine problem and nitrite alternatives[M]. Trumbull, Connecticut, USA: Food & Nutrition Press, 2000: 23-104.

[21] YASHODA K P, SURYANARAYANA-RAO S V. Studies on textural and histological changes in cured fish muscle[J]. Journal of Food Science Technology, 1998, 35(1): 21-24.

[22] THORARINSDOTTIR K A, ARASON S, BOGASON S G, et al. The effects of various salt concentrations during brine curing of cod (*Gadus morhua*)[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2004, 39(1): 79-89.

[23] SHAO Jun-hua, DENG Ya-min, JIA Na, et al. Low field NMR determination of water distribution in meat batters with NaCl and polyphosphate addition[J]. Food Chemistry, 2016, 200: 308-314.

[24] 常晨曦, 邹玉峰, 曹锦轩, 等. 谷氨酸螯合钙替代部分食盐对兔肉肌原纤维蛋白热凝胶和乳化特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 1-6.

[25] 戚军. 反复冻融对羊肉品质的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 49-50.

[26] 李敏. 腊鱼腌制过程中内源蛋白酶的变化及其对品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014: 5-25.

[27] 吕卫金, 赵进, 汪金林, 等. 茶多酚延缓冷藏大黄鱼肌原纤维蛋白变性降解机理研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 60-67.

[28] XI Feng, SEBRANEK J G, LEE H Y, et al. Effects of adding red wine on the physicochemical properties and sensory characteristics of uncured frankfurter type sausage[J]. Meat Science, 2016, 121: 285-291.

(上接第 24 页)

[11] 易宇文, 范文教, 贾洪峰, 等. 基于电子舌的微冻鲢鱼新鲜度识别研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 142-145.

[12] 曹仲文, 张晓燕, 周晓燕. 电子舌对鸡汤和人工勾兑高汤及其混合样品的识别[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 14-17.

[13] 陈全胜, 江水泉, 王新宇. 基于电子舌技术和模式识别方法的茶叶质量等级评判[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 124-126.

[14] 万赐晖, 贾文坤, 王纪华, 等. 基于人工神经网络算法的电子鼻系统在食品无损检测中的应用[J]. 食品与机械, 2016, 32(10): 221-225.

[15] 张瑶, 丁武. 利用电子鼻区分羊奶中不同浓度抗生素[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 144-146.

[16] 陈辰, 鲁晓翔, 张鹏, 等. 基于电子鼻技术的玫瑰香葡萄贮藏期快速判别[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 137-141.

[17] 申小云, 杨培林, 陈灼, 等. 锗硒对高原牦牛抗氧化功能系统的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2002, 37(4): 437-441.

[18] 马小明, 丁伟. 电子鼻对不同饲料配方饲喂后羊肉风味的评价[J]. 现代农业科技, 2015(2): 258-260.

[19] 张虹艳. 电子鼻技术对鸡肉、鸡蛋、羊奶贮藏时间的快速检测[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012: 23-30.

[20] 廖兰, 赵谋明, 崔春. 肽与氨基酸对食品滋味贡献的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(12): 107-113.

[21] 郭淑珍, 牛小莹, 赵君, 等. 甘南牦牛肉与其他良种牛肉氨基酸含量对比分析[J]. 中国草食动物, 2009(3): 58-60.

[22] 葛长荣, 马美湖. 肉与肉制品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 78-79.

[23] 伏映萍. 日粮中添加硒对滩羊肉品质的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2013: 22-26.

[24] 陶妍, 王槌. 乳状鱼蛋白的营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2005, 27(1): 19-21.