

富硒锗酵母对延边黄牛肉贮藏品质影响

Effects of selenium-enriched germanium yeast on quality of Yanbian cattle beef meat during storage

赵婉竹¹ 高毅刚¹ 王增凯¹

ZHAO Wan-zhu¹ GAO Yi-gang¹ WANG Zeng-kai¹

于 帅¹ 李官浩¹ 玄英晨²

YU Shuai¹ LI Guan-hao¹ XUAN Ying-chen²

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学工学院, 吉林 延吉 133002)

(1. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China;

2. College of Engineering, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

摘要:以延边黄牛公牛为研究对象,考察富硒锗酵母对牛外脊和臀肉的硒、锗元素沉积量及牛肉品质的影响。结果表明:富硒锗酵母可以提高黄牛肉中硒、锗元素在肉中的沉积量,随着富硒锗酵母添加量的增加,延边黄牛肉中硒、锗元素的沉积量也增加,贮藏期间的亮度值、pH、TVB-N、滴水损失值呈下降趋势;红色度值呈上升趋势。

关键词:富硒;富锗;黄牛;贮藏期;牛肉品质

Abstract: The effects of selenium germanium yeast on the deposition of selenium and germanium and the quality of Yanbian cattle beef were studied. Test results showed that: selenium enriched germanium yeast could significantly increase the accumulation of selenium and germanium in the striploin and rump. With the increase of the amount of selenium-enriched germanium yeast, the deposition amount of selenium and germanium in Yanbian cattle beef also increased, and the brightness value, pH, TVB-N and drip loss decreased during storage. Red value is on the rise.

Keywords: rich selenium; rich germanium; cattle; storage period; beef quality

牛肉在贮藏加工过程中很容易发生腐败变质^[1]。所以,越来越多的学者加入到研究如何安全有效地延长黄牛肉贮藏期的队伍中。卢秀花等^[2]通过向宰后延边黄牛肉中添加天然防腐剂从而延长牛肉的贮藏时间;金海莉等^[3]通过向宰后延边黄牛肉中添加葡萄柚籽提取物延长牛肉的贮藏时间。但添加剂的使用不容易控制,且多数消费者不认可。

作者简介:赵婉竹,女,延边大学在读硕士研究生。

通信作者:玄英晨(1962—),男,延边大学副教授,本科。

E-mail: ycxuan@ybu.edu.cn

收稿日期:2017-03-06

有机硒和锗对提高机体的抗氧化能力具有积极促进的作用^[4]。有研究^[5]表明,动物通过饲料采食方式摄取锗,主要靠胃肠黏膜吸收,之后被盐酸或相应的酶溶解,消化吸收后经血液循环到达各个组织器官,进而发挥生理生物功能。酵母是有机硒和有机锗的良好载体。人和动物试验研究结果表明,富硒酵母中的硒生物效力是无机硒的10~20倍^[6]。林墨等^[4]利用酵母对锗有良好的富集能力,将锗吸收到细胞内部,使含锗酵母生物活性丰富,从而作为一种矿物质添加剂。温萍等^[7]的试验研究发现,随着肉鸡日粮中锗元素含量的增加,其胸肌中锗元素的沉积亦不断增加。

本试验以在日粮中添加富硒锗酵母进行饲喂延边的黄牛作为试验材料,通过对肉硒和锗元素含量、pH值、肉色、滴水损失以及TVB-N值的测定,探究富硒锗酵母对延边黄牛肉贮藏期间品质的影响。旨在改善延边黄牛肉品质,为生产优质黄牛肉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 试验材料

延边黄牛:(350±20) kg,吉林省珲春市旭春肉牛养殖场。供试牛按表1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后,取外脊和臀部肉进行后续试验。

富硒锗酵母添加剂、基础日粮:延边大学农学院动物营养与饲料科学实验室。

1.1.2 主要仪器设备

便携式酸度计:pH-STAR型,梅特勒-托利多仪器有限公司;

表1 试验分组

Table 1 Experimental group objects

组别	饲料
A	基础日粮
B	基础日粮+富硒锗酵母 0.1%
C	基础日粮+富硒锗酵母 0.2%
D	基础日粮+富硒锗酵母 0.3%

分光测色仪:CM-5型,柯尼卡美能达投资有限公司;
六门冰箱:KRF65-6型,青岛特博尔科技发展有限公司;
恒温水浴锅:HH-S6型,江苏金坛市科析仪器有限公司;

电子精密天平:FA1104N型,上海精密科学有限公司;
电热鼓风干燥箱:DHG-9240A型,上海一恒医疗器械有限公司。

1.2 方法

1.2.1 硒元素含量的测定 参照文献[8]的方法,并稍做修改。将去除筋腱的牛肉置于105℃下烘干,研磨成粉。取牛肉干粉0.2g于烧杯中,加入10mL消化液(高氯酸:浓硫酸:双氧水体积比为2:2:1),加热至其由浅黄色到透明状为止,待冷却后,用甲酸和NaOH调节pH值至2.0左右,移至50mL容量瓶中用蒸馏水定容,放置待测。将上述处理的样品分别取10mL于分液漏斗中,用甲酸调节pH至2.0左右,加入5mL 0.2%的EDTA-2Na,为防止其他离子的干扰,再加入10mL甲苯萃取分层,将所得混合物摇匀,于避光条件下静置3h至分层。将所得有机层用脱脂棉过滤至比色皿中,用分光光度计测定其吸光值(420nm),代入标准曲线,求得牛肉中硒元素含量。重复3次,取平均值。

标准曲线的制作:取6个50mL容量瓶,依次加入0.0,0.5,1.0,2.0,3.0,4.0,5.0mL的硒标准溶液,用蒸馏水定容,按上述1.3.1操作显色,制备标准曲线。

1.2.2 锗元素含量的测定 参照GB/T 5009.151—2003中苯酚分光光度法进行,并稍做修改。取牛肉干粉0.1g于坩埚中,加入4mL浓硫酸,在通风橱内碳化至无烟为止,碳化完成后小心加入足量的H₂O₂,将其小火煮至透明状,加入10mL 1mol/L NaOH溶液,加热充分溶解上述溶液,再用1mol/L的硫酸调节pH至5.5~6.0,此时溶液为透明状,将所得溶液,移至50mL容量瓶中,蒸馏水定容,放置待测。移

取上述液体至比色皿中,采用苯酚分光光度法测定吸光值(505nm),代入标准曲线,可得到牛肉样品中锗含量。重复3次,取平均值。

标准曲线的制作:取6个50mL容量瓶,依次加入0.0,0.5,1.0,2.0,3.0,4.0,5.0mL的锗标准溶液,用蒸馏水定容,按上述1.3.2操作显色,制备标准曲线。

1.2.3 pH值的测定 参照文献[9]方法,将便携式酸度计直接插入肉样中,每次插入2cm的深度,待读数稳定不变时记录数据,重复3次,取平均值。

1.2.4 肉色的测定 参照文献[10]的方法。结果用CIE L*值(亮度)、CIE a*值(红色度)、CIE b*(黄色度)表示。

1.2.5 滴水损失的测定 将每份肉样切成3cm×2cm×2cm(长×宽×厚)的肉块。每个样品分别进行称量,记录质量(W₁),将肉样用灭菌以后的夹子夹住后套入塑料瓶中,且肉样与塑料瓶壁不发生接触,置于(4±1)℃冰箱内。每隔24h取出,对肉样再次称重,记录质量(W₂)。滴水损失(R)按式(1)计算:

$$R = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.6 TVB-N值的测定 将肉样进行处理后,按GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》执行,重复3次,取平均值。

2 结果与分析

2.1 对牛肉中硒、锗沉积量的影响

由表2可知,试验组B、C、D的外脊硒、锗元素沉积量均显著高于对照组A(P<0.05),且B组显著低于C、D组(P<0.05);试验组B、C、D的臀肉硒元素含量显著高于对照组A(P<0.05),且C组显著高于B、D组(P<0.05);对照组A锗元素含量显著低于试验组B、C、D(P<0.05),且C、D组显著高于B组(P<0.05)。说明富硒锗酵母对延边黄牛牛肉中硒、锗元素的沉积起到了显著促进作用。于福清^[11]的研究表明,臀肉中的硒含量随着日粮硒水平的上升逐渐增加;温萍等^[7]的研究结果显示,有机锗可以在胸肌中沉积。以上的研究结果与本试验的相符。

2.2 对牛肉pH值的影响

肉的pH值不仅影响肉的颜色、嫩度、风味等品质,还能间接反映微生物的污染状况^[12-13]。pH值下降会引起肉变得苍白、持水性差^[14]。

表2 富硒锗酵母对延边黄牛牛肉中硒、锗元素沉积量影响[†]

Table 2 Effects of rich selenium-germanium yeast on the deposition of selenium and germanium in Yanbian cattle beef

部位	元素	组别			
		A	B	C	D
外脊	硒	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
	锗	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 5 ^a
臀肉	硒	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
	锗	0.001 9±0.000 1 ^c	0.003 8±0.000 4 ^b	0.005 5±0.000 5 ^a	0.005 2±0.000 3 ^a

[†] 同行数据中不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

由图 1~2 可知,随着贮藏时间的延长,延边黄牛外脊和臀肉的 pH 值逐渐上升,与华晶忠^[15]的研究结果一致。pH 值没有下降的过程,可能是本试验前期已对牛肉进行低温排酸处理。外脊:贮藏 1~4 d,各组 pH 值平稳上升,在贮藏 4~14 d,对照组 A 的 pH 值上升速度较快,且对照组 A 的 pH 值高于试验组 B、C、D($P<0.05$);B 组的 pH 值高于 C、D 组的($P<0.05$);在贮藏趋近于 10 d 时,A、B 组的 pH 值达到 6.6(一般认为当 pH 值达到 6.6 以上时,为变质肉,不能食用^[16]),而在贮藏期 10 d 之后,C、D 组的 pH 值达到 6.6。臀肉:贮藏 1~4 d,各组 pH 值平缓上升;对照组 A 和试验组 B 在贮藏期趋于 10 d 时,pH 值达到 6.6,而试验组 C、D 在 10 d 之后牛肉 pH 值达到 6.6。由于富硒锗酵母提高了延边黄牛外脊和臀肉中硒、锗元素的沉积,而硒、锗元素能提高对畜产品的抗氧化能力与清除机体自由基能力,从而影响延边黄牛肉贮藏过程中的 pH 值。例如,申小云等^[17]研究发现,硒锗能够提高机体抗氧化功能。

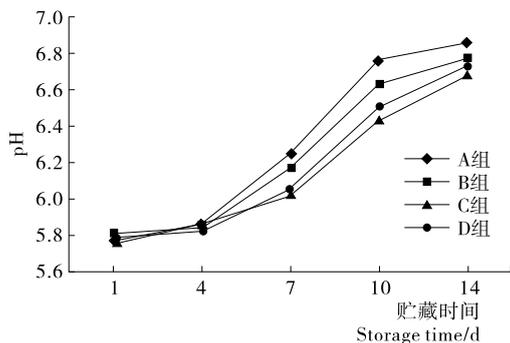


图 1 富硒锗酵母对延边黄牛外脊贮藏期间 pH 值影响

Figure 1 Effects of rich selenium-germanium yeast on the pH during storage in Yanbian cattle beef

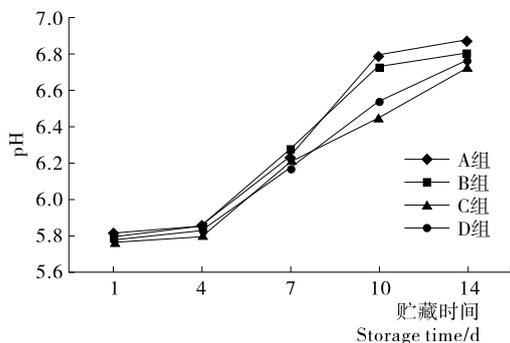


图 2 富硒锗酵母对延边黄牛臀肉贮藏期间 pH 值影响

Figure 2 Effects of rich selenium-germanium yeast on the pH during storage in Yanbian cattle beef

2.3 对牛肉色泽的影响

肉色是衡量肉品质的重要参数,其中 L^* 值越大,肉的光泽度越好; a^* 值越大,肉越新鲜; b^* 值越高,肉越不新鲜^[18-19]。由表 3~4 可知,随贮藏时间的延长,外脊和臀肉的亮度值呈先上升后下降的趋势,试验组外脊和臀肉的亮度值整体高于对照组,但各组之间无显著差异($P>0.05$)。刘佳东等^[20]研究发现,牛肉的亮度值在整个过程中呈现先上

升后下降的趋势,与本试验结果相符。延边黄牛外脊和臀肉红色度值随着贮藏时间的延长呈先上升后下降的趋势,外脊在贮藏前 10 d,各组的红色度值并无显著差异($P>0.05$);第 10 天时,试验组 C、D 的红色度值显著高于对照组 A 的($P<0.05$);第 14 天时,试验组 C、D 的红色度值显著高于对照组 A 的($P<0.05$)。延边黄牛外脊和臀肉的黄色度值在整个贮藏期内逐渐升高,但各组之间无显著差异($P>0.05$)。说明富硒锗酵母对贮藏后期外脊的红色度值有一定影响,但对贮藏过程中外脊和臀肉的亮度值、黄色度值无显著影响。这与 Lavieri 等^[21]的研究结果一致。

2.4 对牛肉滴水损失的影响

滴水损失与牛肉的嫩度和多汁性有着密切的关系,是评价肌肉保水性的重要指标^[22]。由表 5 可知,随着贮藏时间的延长,延边黄牛外脊和臀肉的滴水损失逐渐增加。由于是排酸 48 h 后试验,所以在试验 1 d 滴水损失值不计在内。外脊:贮藏前期各组滴水损失没有显著差异($P>0.05$),但在贮藏中后期,试验组的滴水损失值显著低于对照组 A 的($P<0.05$);臀肉:贮藏期内,各组的滴水损失逐渐上升,但各组间无显著差异($P>0.05$),在第 14 天时,对照组 A 的滴水损失显著高于试验组的($P<0.05$),且试验组 D 显著高于 B、C 组($P<0.05$)。说明在贮藏的中后期富硒锗酵母对延边黄牛外脊和臀肉滴水损失值起到了明显的抑制作用。这与何宏超等^[22]研究结果相符。

表 3 富硒锗酵母对延边黄牛外脊贮藏期间色度值影响[†]

Table 3 Effects of rich selenium-germanium yeast on the colour during storage in Yanbian cattle beef

色度 (CIE)	贮藏天 数/d	组别			
		A	B	C	D
L^*	1	43.17±1.31	43.78±1.17	43.40±1.68	43.20±1.25
	4	44.18±1.10	44.08±1.13	44.16±1.11	44.14±1.25
	7	40.14±1.05	40.53±1.49	40.65±1.34	40.33±1.28
	10	37.66±1.35	38.02±0.73	39.41±0.93	38.43±1.05
	14	37.79±1.57	37.48±1.06	37.93±1.23	37.86±1.28
a^*	1	7.62±0.47	7.63±0.50	7.62±0.49	7.65±0.47
	4	8.86±0.31	8.71±0.40	8.76±0.43	8.80±0.25
	7	8.52±0.34	8.54±0.10	8.53±0.37	8.51±0.33
	10	6.59±0.13 ^b	6.64±0.14 ^{ab}	6.88±0.11 ^a	6.80±0.18 ^a
	14	6.21±0.10 ^b	6.20±0.11 ^b	6.56±0.25 ^a	6.57±0.11 ^a
b^*	1	4.83±0.13	4.78±0.22	4.80±0.13	4.81±0.17
	4	5.20±0.23	5.35±0.32	5.28±0.26	5.36±0.25
	7	6.38±0.12	6.31±0.24	6.32±0.26	6.37±0.15
	10	6.98±0.16	6.93±0.42	6.89±0.20	6.88±0.30
	14	7.54±0.25	7.55±0.42	7.52±0.34	7.55±0.35

[†] 同行数据中标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),没有标注代表差异不显著($P<0.05$)。

表4 富硒锗酵母对延边黄牛臀肉贮藏期间色度值影响[†]

Table 4 Effects of rich selenium-germanium yeast on the colour during storage in Yanbian cattle beef

色度 (CIE)	贮藏天 数/d	组别			
		A	B	C	D
L*	1	43.37±1.04	43.20±1.48	43.55±1.28	43.37±1.09
	4	43.21±1.24	43.68±1.33	44.21±1.02	43.48±1.12
	7	42.57±1.12	42.48±1.50	42.56±1.05	42.54±1.18
	10	35.44±1.57	35.34±1.52	35.73±1.55	35.62±1.05
	14	35.44±1.57	35.34±1.52	35.73±1.55	35.62±1.05
a*	1	7.77±0.17	7.81±0.16	7.71±0.44	7.86±0.14
	4	8.64±0.16	8.61±0.22	8.67±0.13	8.68±0.14
	7	8.10±0.18	8.08±0.27	8.27±0.22	8.24±0.21
	10	6.91±0.18	7.26±0.15	7.28±0.15	7.26±0.20
	14	5.97±0.11 ^b	6.02±0.08 ^b	6.23±0.09 ^a	6.29±0.13 ^a
b*	1	5.15±0.13	5.07±0.10	5.12±0.17	5.14±0.18
	4	5.29±0.20	5.26±0.22	5.35±0.14	5.17±0.21
	7	6.16±0.11	6.14±0.11	6.15±0.13	6.14±0.18
	10	6.73±0.21	6.77±0.13	6.80±0.13	6.78±0.34
	14	7.65±0.16	7.61±0.21	7.59±0.23	7.55±0.15

† 同行数据中标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),没有标注代表差异不显著(P>0.05)。

表5 富硒锗酵母对延边黄牛肉贮藏期间滴水损失值影响[†]

Table 5 Effects of rich selenium-germanium yeast on the dripping loss during storage in Yanbian cattle beef

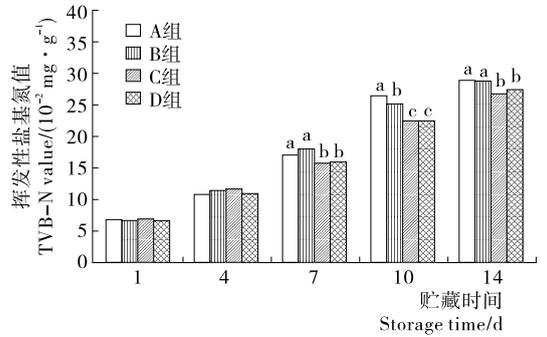
部位	贮藏天 数/d	组别				/%
		A	B	C	D	
外脊	1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	
	4	4.87±0.03	4.84±0.05	4.83±0.03	4.85±0.03	
	7	7.84±0.05 ^a	7.11±0.03 ^b	6.96±0.11 ^b	7.08±0.19 ^b	
	10	11.52±0.16 ^a	11.15±0.14 ^b	10.20±0.04 ^c	10.38±0.21 ^c	
	14	11.02±0.02 ^a	10.24±0.26 ^b	10.07±0.10 ^b	10.07±0.08 ^b	
臀肉	1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	
	4	6.78±0.20	4.73±0.17	4.70±0.15	4.72±0.04	
	7	8.15±0.17	8.12±0.11	8.11±0.05	8.13±0.08	
	10	11.56±0.57	10.87±0.36	10.56±0.88	10.45±0.72	
	14	10.76±0.21 ^a	10.36±0.06 ^b	10.53±0.05 ^b	10.13±0.11 ^c	

† 同行数据中标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),没有标注代表差异不显著(P>0.05)。

2.5 对牛肉 TVB-N 值的影响

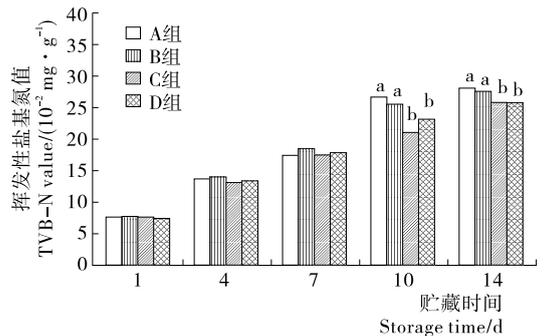
蛋白质分解产生的碱性含氮物质越多,动物性食品腐败程度越高,TVB-N 值越大。由图 3~4 可知,随着贮藏时间的延长,延边黄牛外脊和臀肉的 TVB-N 值逐渐上升,与王志琴等^[23]研究结果相一致。延边黄牛外脊在贮藏前期,对照组和试验组之间无显著差异(P>0.05);第 7 天时,对照组的 TVB-N 值显著高于试验组 C、D 的(P<0.05);在贮藏趋近于 10 d 时,对照组 A 的 TVB-N 值达到 25 mg/100 g,且对照

组的 TVB-N 值显著高于试验组的(P<0.05),而试验组 C、D 的 TVB-N 值在 10 d 之后到达 25 mg/100 g。延边黄牛臀肉在贮藏前 7 d,对照组与试验组的 TVB-N 值无显著差异(P>0.05),但在贮藏第 10 天,对照组 A 和试验组 B 的 TVB-N 值显著高于试验组 C、D 的,且对照组 A 和试验组 B 的 TVB-N 值到达 25 mg/100 g,而试验 C、D 组臀肉的 TVB-N 值到达 25 mg/100 g 是在贮藏 10 d 之后(TVB-N 含量参考标准^[24]:变质肉>25 mg/100 g)。说明富硒锗酵母对延边黄牛外脊和臀肉贮藏过程中的 TVB-N 具有显著影响。这与刘雯雯^[25]研究结果相似。



同天不同小写字母代表差异显著(P<0.05),没有标注代表差异不显著(P>0.05)

图3 富硒锗酵母对延边黄牛外脊贮藏期间 TVB-N 值影响
Figure 3 Effects of rich selenium-germanium yeast on the TVB-N during storage in Yanbian cattle beef



同天不同小写字母代表差异显著(P<0.05),没有标注代表差异不显著(P>0.05)

图4 富硒锗酵母对延边黄牛臀肉贮藏期间 TVB-N 值影响
Figure 4 Effects of rich selenium-germanium yeast on the TVB-N during storage in Yanbian cattle beef

3 结论

本试验对供试牛外脊和臀肉的硒、锗元素沉积量及牛肉品质进行了测定分析。结果表明,随着富硒锗酵母添加量的增加,延边黄牛肉中硒、锗元素的沉积量也增加,贮藏期间的亮度值、pH、TVB-N、滴水损失值呈下降趋势;红色度值呈上升趋势。经过本试验的综合分析,确定在实际应用过程中可以向延边黄牛日粮中适量添加富硒锗酵母添加剂,以提高牛肉品质。

本研究测定了不同富硒锗酵母添加量对延边黄牛肉贮藏期间品质的影响,对于其最适宜的添加量以及其是否影响

牛肉的营养成分、风味成分等有待进一步研究。

参考文献

- [1] ELLIS D I, GOODACRE R. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of muscle foods: Current status and future trends[J]. Trends in Food Science Technology, 2001, 12(11): 414-424.
- [2] 卢秀花, 宋海燕, 南京熙, 等. 两种天然防腐剂对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2010, 35(11): 268-271.
- [3] 金海莉, 王海丽, 梁成云, 等. 葡萄柚籽提取物对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(6): 29-32.
- [4] 林墨, 申佳洁, 王增凯, 等. 富硒酵母添加量对延边黄牛肉风味特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 21-24.
- [5] 冯雪凤, 金卫根. 锗化合物饲料添加剂开发与利用[J]. 中兽医学杂志, 2007(1): 36-40.
- [6] 范秀英, 郭雪娜. 高生物量富硒酵母的选育及培养条件初步优化[J]. 生物工程学报, 2003, 19(6): 720-724.
- [7] 温萍, 董野, 赵希彦. 锗在肉仔鸡体内的富集[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2008(3): 44-46.
- [8] 高先娟. 紫外分光光度法检测硒酵母片中硒的含量[J]. 微量元素与健康研究, 2014, 31(6): 75-77.
- [9] 杜燕. 宰前因素对牛肉品质影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009: 14.
- [10] 金海莉, 王海丽, 梁成云, 等. 葡萄柚籽提取物对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(6): 29-32.
- [11] 于福清. 日粮硒水平对熟化过程中牛肉氧化稳定性和抗氧化酶活力的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 208-213.
- [12] 谷英, 孙海洲, 桑丹, 等. 肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 100-106.

- [13] 吴文锦, 汪兰, 丁安子, 等. 包装材料和包装方式对贮藏过程中鸭肉品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 139-143.
- [14] 王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性与色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 140-144.
- [15] 华晶忠, 刘笑笑, 李树锦, 等. 不同部位延边黄牛冷却肉在贮藏期间新鲜度变化的比较研究[J]. 食品科技, 2010, 35(11): 142-145.
- [16] 陈松, 冯月荣, 曹淑萍. pH 值对屠宰肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2009(6): 21-23.
- [17] 申小云, 杨培林, 陈灼, 等. 锗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(4): 437-441.
- [18] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.
- [19] 李思宁, 唐善虎, 王柳. 冻藏物流过程中制冷故障对生鲜牦牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 246-251.
- [20] 刘佳东, 余群力, 李永鹏. 宰后冷却牦牛肉排酸过程中肉用品质的变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2011(2): 111-114.
- [21] LAVIERI N, WILLIAMS S K. Effects of packaging systems and fat concentrations on microbiology, sensory and physical properties of ground beef stored at $(4 \pm 1) ^\circ\text{C}$ for 25 days[J]. Meat Science, 2014, 97: 534-541.
- [22] 何宏超, 李彪. 酵母硒对猪机体硒含量、抗氧化能力和肉质的影响[J]. 饲料研究, 2011(4): 50-51.
- [23] 王志琴, 孙磊, 彭斌, 等. 不同气调包装牛肉贮藏过程中肉质变化规律研究[J]. 动物医学进展, 2011, 32(8): 49-52.
- [24] 石志标, 佟月英, 陈东辉, 等. 牛肉新鲜度的电子鼻检测技术[J]. 农业机械学报, 2009(11): 184-188.
- [25] 刘雯雯. 饲料添加有机硒和 V_E 对育肥猪生产性能、肉质和抗氧化力的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2008: 34-35.

(上接第 125 页)

- [27] 王梅, 徐俐, 王美芬, 等. 复合保鲜剂对鲜切山药保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(5): 134-140.
- [28] 方海田, 刘慧燕, 张光弟. 不同贮藏温度下辣椒中丙二醛含量的变化[J]. 农产品加工: 创新版, 2010(5): 29-31.
- [29] 王赵改, 杨慧, 陈丽娟, 等. 红油香椿嫩芽不同部位理化指标及其体外抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报, 2015(6): 646-652.
- [30] 刘帅, 邓洁红, 敬小波, 等. 冰温贮藏对雪莲果品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 346-350.

- [31] 杨颖, 邢志恩, 王军, 等. 贮藏期香椿中多酚类物质含量与相关酶活变化的关系[J]. 食品科技, 2010(2): 24-28.
- [32] 王翠红. 贮藏温度与包装方式对蓝莓采收后贮藏品质和生理的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 36-46.
- [33] 冯悦悦, 李喜宏, 邵重晓. 新疆红提葡萄贮藏期冰点研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 356-358, 373.
- [34] 阎瑞香, 贾贇, 宋茂树, 等. 蒜薹冰点温度、可溶性固形物含量与含水量相关性的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 554-557.
- [35] 乔勇进, 孙蕾, 吴兴梅, 等. 不同成熟度沾化冬枣冰点测定及适宜贮藏温度的研究[J]. 经济林研究, 2005, 23(1): 10-12.

(上接第 130 页)

- [23] FATEMEH Keivani Nahr, REZA Rezaei Mokarram, MOHAMMAD Amin Hejazi, et al. Optimization of the nanocellulose based cryoprotective medium to enhance the viability of freeze dried *Lactobacillus plantarum*, using response surface methodology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(1): 326-332.
- [24] LEE S B, KIM D H, PARK H D. Effects of protectant and rehydration conditions on the survival rate and malolactic fermentation efficiency of freeze-dried *Lactobacillus plantarum*, JH287[J]. Applied Microbiology & Biotechnology, 2016, 100(18): 7 853-7 863.
- [25] 蒲丽丽, 刘宁. 保加利亚乳杆菌冻干保护剂保护作用的研究

[J]. 中国酿造, 2010, 29(5): 46-48.

- [26] FUCHIGAMI M, OGAWA N, AI T. Trehalose and hydrostatic pressure effects on the structure and sensory properties of frozen tofu (soybean curd)[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2002, 3(2): 139-147.
- [27] MANALIS N, MAGKANARI F. Production of traditional Greek yoghurt using *Lactobacillus* strains with probiotic potential as starter adjuncts[J]. International Dairy Journal, 2006, 16(1): 52-60.
- [28] 熊涛, 黄锦卿, 宋苏华, 等. 植物乳杆菌真空冷冻干燥保护剂配方优化[J]. 南昌大学学报: 理科版, 2010, 34(6): 561-565.