

# 脂肪含量和脂肪氧化对肠衣色泽的影响

## Effects of fat content and oxidation on the color of casing

葛庆丰<sup>1,2</sup> 丁琪琪<sup>1,2</sup> 崔保威<sup>3</sup> 尹永祺<sup>1</sup>

GE Qing-feng<sup>1,2</sup> DING Qi-qi<sup>1,2</sup> CUI Bao-wei<sup>3</sup> YIN Yong-qi<sup>1</sup>

顾永军<sup>4</sup> 吴满刚<sup>1,2</sup> 于海<sup>1,2</sup>

GU Yong-jun<sup>4</sup> WU Man-gang<sup>1,2</sup> YU Hai<sup>1,2</sup>

(1. 扬州大学食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127; 2. 江苏省淮扬菜产业化工程中心, 江苏 扬州 225127;  
3. 上海农林职业技术学院, 上海 201699; 4. 江苏联众新肠衣有限公司, 江苏 如皋 226500)

(1. College of Food Science and Engineering Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;  
2. Industrial Engineering Center for Huaiyang Cuisin of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China; 3. Shanghai Vocational and Technical College of Agriculture and Forestry, Shanghai 201699, China; 4. Jiangsu Lianzhong casing Co.Ltd, Rugao, Jiangsu 226500, China)

**摘要:**以肠衣色泽为评价指标, 研究脂肪含量和脂肪氧化程度对肠衣色泽的影响。结果表明: 脂肪含量对肠衣色泽有显著影响, 乙醇处理后肠衣脂肪含量降低, 肠衣  $\Delta E$  值显著降低。肠衣色泽劣变与肠衣脂肪氧化相关性系数超过 0.9, 肠衣脂肪氧化是肠衣色泽劣变的重要因素。

**关键词:**天然肠衣; 色泽; 脂肪氧化; 相关性

**Abstract:** In the present study, the effect of lipid content and oxidation on the color of casing was investigated. Result showed that lipid content has a significant impact on the color of casing. After alcohol treatment, lipid content of casing decreased while its  $\Delta E$  decreased significantly. The correlation coefficients for the colour change and the lipid oxidation of casing over 0.9. The present study indicates that lipid oxidation is an important factor of the deterioration of casing's color.

**Keywords:** natural casing; color; fat oxidation; correlation

天然肠衣是健康牲畜的食道、胃、小肠、大肠等器官经加工处理后的可食用但易于变质的产品, 其蛋白质、脂肪含量较为丰富<sup>[1]</sup>。色泽是影响肠衣品质的重要因素, GB/T 7740—2006《天然肠衣》规定天然肠衣色泽主要包括白色、乳白色、淡粉红色等。早期研究<sup>[2-4]</sup>发现脂肪氧化、氧气参与以及肠衣自身血红素等多重因素可能会引起肠衣色泽劣变,

通过过氧化氢、过氧化钠等化学试剂处理可以改善肠衣色泽。目前对于肠衣色泽研究多集中于对其色泽劣变的抑制。有研究<sup>[5]</sup>发现不同的盐条件对肠衣  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  有重要影响, 并指出 22% 盐含量腌制条件下肠衣色泽指标较为稳定, 采用 16 °C, 7 mg/L 的臭氧处理使得肠衣色泽更加光亮<sup>[6]</sup>。其他对于肠衣的研究多集中于其加工过程中微生物菌相分析<sup>[7-8]</sup>、组织结构<sup>[9-10]</sup>、胶原蛋白肠衣开发<sup>[11-12]</sup> 等方面。有研究发现经磷酸盐、表面活性剂等处理的肠衣能够降低香肠充填过程中的摩擦阻力<sup>[13-14]</sup>, 此外利用辐照和臭氧气调处理肠衣可使肠衣剪切强度和抗拉强度发生变化<sup>[15-16]</sup>, 而介质温度 20 °C, 200 MPa 条件下处理 10 min 对肠衣  $L^*$  和色差  $\Delta E$  有显著影响<sup>[17]</sup>。肠衣色泽劣变是影响肠衣品质提升的重要因素, 由于肠衣是蛋白质和脂肪含量较为丰富的产品, 而肠衣中的脂肪与肠衣色泽劣变关系尚未有系统研究, 本研究拟以肠衣色泽为评价指标, 通过比较脂肪含量以及脂肪氧化程度与色泽的关系, 探讨脂肪含量和脂肪氧化程度对于肠衣色泽的影响, 以期对肠衣加工和贮藏过程中色泽劣变的抑制提供理论依据, 同时也为高品质肠衣的生产提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与仪器

肠衣: AA 级, 江苏联众肠衣有限公司;

无水乙醇、无水乙醚、冰乙酸、异辛烷等: 均为分析纯;

全自动色差计: SC-80C 型, 北京康光仪器有限公司;

电子分析天平: AL204 型, 梅特勒-托利仪器(上海)有限公司;

恒温恒湿培养箱: SPX-250C 型, 上海博迅实业有限

**基金项目:**江苏省科技支撑计划项目(编号: BE2014359, BE2014328)

**作者简介:**葛庆丰, 男, 南京农业大学在读博士研究生。

**通信作者:**于海(1973—), 男, 扬州大学教授, 博士。

E-mail: yuhai@yzu.edu.cn

**收稿日期:**2017-02-04

公司。

1.2 试验指标测定

1.2.1 肠衣脂肪含量 按 GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》执行。

1.2.2 肠衣酸价(AV)及过氧化值(POV)测定 按 GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准》执行。

1.2.3 肠衣色差  $\Delta E$  采用最常用的 CIE Lab 均匀色空间系统,通过 SC-80C 型全自动色差计测定,采用反射测量、内部目标比较色差方式,各样品检测重复 3 次。

1.3 试验方法

1.3.1 脂肪含量对肠衣色泽的影响 取自肠衣加工车间 6 组不同色泽半成品肠衣,分别测定脂肪含量。重新腌制后置于常温条件贮藏 30 d 后,测肠衣色差值,比较脂肪含量对肠衣色泽的影响。

1.3.2 脂肪含量对肠衣色泽影响的验证实验 实验通过乙醇脱脂处理肠衣,验证脂肪含量是否对肠衣色泽产生影响。其中脱脂处理组:取肠衣 50 g,置于 200 mL 无水乙醇,2 h 后重新过盐腌制;空白组:取肠衣 50 g 浸入 200 mL 蒸馏水,2 h 后重新腌制。腌制结束后两组均置于 22 °C 条件下放置,在试验第 1、3、6、9、12、15、18、21、24、30 天测定肠衣色差值  $\Delta E$ 。

1.3.3 脂肪氧化对肠衣色泽影响 脂肪氧化受温度、光照、氧气、金属离子、水分等多种因素影响<sup>[18]</sup>。参考于海等<sup>[19]</sup>的方法,选取影响肠衣脂肪氧化的主要因素:温度、光照、氧气作为本试验的主要影响因素,按照脂肪氧化程度的不同,分为低脂肪氧化程度组、中脂肪氧化程度组和高脂肪氧化程度组,分别为处理组 A、B、C,每组条件见表 1。

表 1 各处理组处理条件

Table 1 Different groups treated by different conditions

处理组	处理条件
A	4 °C、无氧、避光
B	20 °C、无氧、有光
C	32 °C、有氧、有光

第 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30 天测定肠衣酸价、过氧化值。通过方差分析不同处理对肠衣酸价、过氧化值、色差值的影响,然后对肠衣脂肪氧化和肠衣色差进行相关性分析,建立肠衣脂肪氧化与色差的线性回归模型,并对模型进行验证性实验。

1.3.4 数据处理 对每个条件下的重复试验,均利用 Excel 计算均值和标准偏差,结果以“均值±SD”表示。方差分析显著性以  $P < 0.05$  为显著, $P > 0.05$  为不显著。

2 结果与分析

2.1 脂肪含量与肠衣色泽

2.1.1 脂肪含量对肠衣色泽的影响 由表 2 可知,除样品 2、3、4 以外,样品 1、5、6 肠衣脂肪含量差异显著( $P < 0.05$ ),30 d 后肠衣  $\Delta E$  差异显著。对于样品 2、3、4,脂肪含量并无显著差异( $P > 0.05$ ),而样品 2 和样品 4 肠衣  $\Delta E$  差异显著

表 2 脂肪含量对肠衣色泽的影响<sup>†</sup>

Table 2 The effect of fat content on the  $\Delta E$  of casing

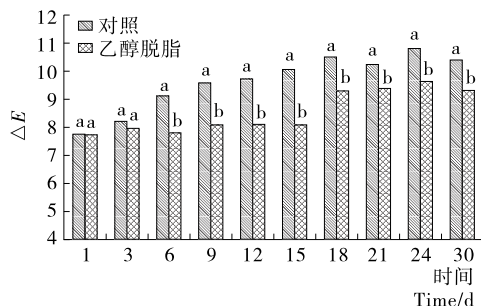
样品	脂肪/%	$\Delta E$
1	0.15±0.012 <sup>a</sup>	9.56±0.62 <sup>a</sup>
2	0.24±0.007 <sup>b</sup>	11.45±1.59 <sup>b</sup>
3	0.24±0.008 <sup>b</sup>	11.78±0.99 <sup>bc</sup>
4	0.25±0.008 <sup>b</sup>	12.22±0.56 <sup>c</sup>
5	0.26±0.016 <sup>c</sup>	13.84±0.32 <sup>d</sup>
6	0.36±0.024 <sup>d</sup>	14.56±0.69 <sup>e</sup>

† 同行不同字母间表示差异显著。

( $P < 0.05$ ),可能是由肠衣中脂肪的部分氧化造成。综合分析可以看出脂肪含量的差异或脂肪氧化可能是引起肠衣色泽变化的主要原因。

2.1.2 验证实验 为进一步验证脂肪含量是否会对肠衣色泽产生影响,通过乙醇处理肠衣,肠衣脂肪含量由 0.250% 显著降低至 0.098% ( $P < 0.05$ ),可能是乙醇处理肠衣时,肠衣中的脂类物质会溶于乙醇,使其含量显著降低。

肠衣  $\Delta E$  的大小反映了其色泽的优劣, $\Delta E$  值越大,色泽越差; $\Delta E$  越小,色泽越好<sup>[17]</sup> 20-21。由图 1 可知,不同处理组肠衣  $\Delta E$  在第 1~3 天并无显著差异( $P > 0.05$ ),可能是对照组肠衣脂肪在开始阶段并未发生显著氧化,因此并未对肠衣色泽变化产生显著影响。随着时间的延长,对照组和乙醇处理组肠衣  $\Delta E$  逐渐增加,然后趋于稳定。但与对照组相比,乙醇处理组肠衣  $\Delta E$  显著低于对照组。其原因可能是乙醇脱脂处理肠衣,引起肠衣色变的脂类物质溶解于乙醇中,与对照组肠衣相比脂肪含量大为降低,脂肪氧化程度降低,从而引起色差的降低。通过以上结果可以看出,脂肪含量影响肠衣色泽的劣变。



不同字母表示数值间存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )

图 1 不同处理肠衣色差值的变化

Figure 1 The changes of  $\Delta E$  with different treatments

2.2 脂肪氧化与肠衣色泽

2.2.1 脂肪氧化程度对肠衣色泽的影响 由表 3 可知,不同处理肠衣酸价均随时间延长而增加。不同处理肠衣过氧化值整体呈上升趋势,处理组 A、处理组 B 在 15 d 时过氧化值下降,随后逐渐升高。处理组 C 在 18 d 过氧化值下降,随后逐渐升高。主要原因可能是肠衣脂肪分解产生的过氧化物不稳定,发生氧化分解,过氧化值降低。此外,从表 3 中还可以看出不同处理肠衣色差值呈上升趋势,其中,处理组 A 随时间延长增加缓慢。处理组 B 与处理组 C 色差值随时间延长增加比

较明显,不同处理方式对肠衣色差影响显著( $P<0.05$ )。通过以上结果可以看出温度、氧气和光照对于肠衣脂肪氧化有重要影响,随着温度的增加,氧气、光照环境的参与,肠衣脂肪氧化程度逐渐增加。同时可以看出,随着时间的延长,脂肪氧化程度以及色泽劣变程度均逐渐增加。

2.2.2 脂肪氧化与色泽相关性分析 由表 4 可知,尽管处理条件不同,但肠衣色差值、酸价和过氧化值之间相关性系数均超过 0.9,说明肠衣贮藏过程中色差值变化与肠衣酸价和过氧化值即与肠衣脂肪氧化之间存在很大程度的相关性,肠衣脂肪的氧化导致了肠衣色泽的劣变。

表 3 不同处理肠衣酸价、过氧化值和色差值随时间的变化<sup>†</sup>

Table 3 The changes of acid value, peroxide value,  $\Delta E$  under different treatments with times

时间/d	酸价/(mg·kg <sup>-1</sup> )			过氧化值/(meq·kg <sup>-1</sup> )			色差( $\Delta E$ )		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	0.67±0.021 <sup>a</sup>	0.70±0.030 <sup>b</sup>	0.71±0.080 <sup>b</sup>	0.49±0.011 <sup>a</sup>	0.50±0.043 <sup>a</sup>	0.58±0.085 <sup>b</sup>	11.01±0.97 <sup>a</sup>	11.51±1.01 <sup>b</sup>	12.45±0.59 <sup>c</sup>
6	0.71±0.086 <sup>a</sup>	0.79±0.016 <sup>b</sup>	0.83±0.10 <sup>b</sup>	0.59±0.011 <sup>a</sup>	0.67±0.017 <sup>b</sup>	0.67±0.059 <sup>b</sup>	11.57±0.78 <sup>a</sup>	12.73±1.45 <sup>b</sup>	13.25±0.42 <sup>c</sup>
9	0.80±0.043 <sup>a</sup>	0.91±0.17 <sup>b</sup>	0.99±0.012 <sup>c</sup>	0.66±0.086 <sup>a</sup>	0.73±0.12 <sup>b</sup>	0.83±0.012 <sup>c</sup>	12.51±1.18 <sup>a</sup>	12.84±0.89 <sup>a</sup>	13.86±0.62 <sup>b</sup>
12	0.89±0.014 <sup>a</sup>	0.93±0.011 <sup>ab</sup>	1.03±0.067 <sup>b</sup>	0.82±0.075 <sup>a</sup>	0.93±0.041 <sup>b</sup>	1.01±0.084 <sup>c</sup>	12.59±1.01 <sup>a</sup>	13.41±1.14 <sup>b</sup>	13.87±0.38 <sup>c</sup>
15	0.91±0.085 <sup>a</sup>	1.08±0.014 <sup>b</sup>	1.16±0.006 <sup>5c</sup>	0.71±0.012 <sup>a</sup>	0.89±0.083 <sup>b</sup>	1.18±0.074 <sup>3c</sup>	12.69±0.42 <sup>a</sup>	13.54±0.12 <sup>b</sup>	13.884±1.47 <sup>c</sup>
18	1.10±0.080 <sup>a</sup>	1.15±0.032 <sup>a</sup>	1.29±0.14 <sup>b</sup>	0.79±0.013 <sup>a</sup>	0.92±0.075 <sup>b</sup>	0.98±0.12 <sup>c</sup>	12.905±1.03 <sup>a</sup>	13.673±0.88 <sup>b</sup>	14.057±0.94 <sup>c</sup>
21	1.19±0.020 <sup>a</sup>	1.28±0.071 <sup>b</sup>	1.37±0.046 <sup>c</sup>	1.06±0.075 <sup>a</sup>	1.25±0.035 <sup>b</sup>	1.33±0.090 <sup>b</sup>	13.15±0.99 <sup>a</sup>	13.812±1.20 <sup>b</sup>	15.552±0.89 <sup>c</sup>
24	1.21±0.10 <sup>a</sup>	1.31±0.053 <sup>b</sup>	1.45±0.16 <sup>c</sup>	1.22±0.59 <sup>a</sup>	1.34±0.42 <sup>b</sup>	1.42±0.070 <sup>c</sup>	13.25±0.10 <sup>a</sup>	14.17±2.08 <sup>b</sup>	15.78±1.15 <sup>c</sup>
27	1.22±0.028 <sup>a</sup>	1.37±0.11 <sup>b</sup>	1.66±0.042 <sup>c</sup>	1.23±0.019 <sup>a</sup>	1.42±0.093 <sup>b</sup>	1.59±0.072 <sup>c</sup>	13.57±1.09 <sup>a</sup>	15.48±2.11 <sup>b</sup>	15.99±1.08 <sup>c</sup>
30	1.23±0.095 <sup>a</sup>	1.41±0.043 <sup>b</sup>	1.73±0.61 <sup>c</sup>	1.33±0.11 <sup>a</sup>	1.53±0.093 <sup>b</sup>	1.67±0.085 <sup>c</sup>	13.76±1.06 <sup>a</sup>	15.78±2.13 <sup>b</sup>	16.44±0.96 <sup>c</sup>

† 同一指标下不同处理之间字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 4 脂肪氧化程与肠衣色差相关性分析<sup>†</sup>

Table 4 The correlation between  $\Delta E$  and fat oxidation

指标	酸价 A	过氧化值 A	色差 A	酸价 B	过氧化值 B	色差 B	酸价 C	过氧化值 C	色差 C
酸价 A	1	0.94**	0.93**	0.98**	0.95**	0.88*	0.96**	0.93*	0.94**
过氧化值 A	---	1	0.90**	0.95**	0.99**	0.92**	0.95**	0.99**	0.97**
色差 A	---	---	1	0.95**	0.93	0.93**	0.95**	0.94*	0.93**
酸价 B	---	---	---	1	0.99	0.92**	0.98**	0.96**	0.96**
过氧化值 B	---	---	---	---	1	0.94**	0.97**	0.99**	0.99**
色差 B	---	---	---	---	---	1	0.95**	0.95**	0.93**
酸价 C	---	---	---	---	---	---	1	0.97**	0.96**
过氧化值 C	---	---	---	---	---	---	---	1	0.97**
色差 C	---	---	---	---	---	---	---	---	1

† 表中色差 A、酸价 A、过氧化值 A 为处理组 A 条件下的肠衣色差值、酸价、过氧化值,其他类同。

2.2.3 脂肪氧化与肠衣色泽变化线性回归模型建立 由表 4 可知,肠衣色差与肠衣脂肪氧化程度存在相关性,肠衣的脂肪氧化导致了肠衣色泽劣变。因此,以肠衣色差值为因变量,以肠衣氧化的酸价和过氧化值为自变量,建立肠衣色差与酸价和过氧化值之间的线性方程,得到的线性关系模型见表 5。

表 5 脂肪氧化与肠衣色差线性关系<sup>†</sup>

Table 5 The linear relationship between  $\Delta E$  and fat oxidation

处理组	R <sup>2</sup>	P	线性回归方程
A	0.87	0.023	$Y=9.449+2.556X_1+0.802X_2$
B	0.89	0.019	$Y=9.850+0.937X_1+2.776X_2$
C	0.95	0.012	$Y=10.440+0.875X_1+2.681X_2$

† Y 表示色差值;X<sub>1</sub>表示酸价;X<sub>2</sub>表示过氧化值。

由表 5 可知,不同处理肠衣色差值与肠衣脂肪氧化存在很大程度的线性回归关系,3 种处理条件下建立的色差与脂肪酸价和过氧化值之间的线性关系良好,回归方程 R<sup>2</sup> 依次为 0.87,0.89,0.95,P 值分别为 0.023,0.019,0.012,说明回归方程模型具有统计学意义,方程能够有效反映肠衣色差随脂肪氧化变化规律。

2.2.4 模型验证实验 基于脂肪不同氧化程度与肠衣色泽的线性关系研究结果,在考察线性回归方程能否有效反应肠衣色差随脂肪氧化程度变化规律条件下,进行验证实验取平均值,结果见表 6。

由表 6 可知,在肠衣色差值  $\Delta E$  与肠衣酸价、过氧化值的实测值与预测值之间的误差均在合理范围内,分别为 4.0%,4.3%,4.9%。说明响应值的实测值与预测值吻合性良好。试验建立的肠衣色差与肠衣氧化程度的线性回归方

表6 验证实验结果

Table 6 Results of validation experiments under optimized hydrolysis conditions

处理组	酸价/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	过氧化值/ (meq · kg <sup>-1</sup> )	△E	
			预测值	实测值
A	1.22±0.082	1.16±0.021	13.48±1.45	14.02±1.24
B	1.36±0.025	1.25±0.034	14.58±0.98	15.21±1.01
C	1.50±0.041	1.32±0.027	15.24±1.66	15.98±0.78

程能够有效反应肠衣色差与肠衣脂肪氧化之间的关系。因此结合脂肪含量对肠衣色泽影响的验证实验结果,推断肠衣脂肪的氧化导致了肠衣色泽的劣变。研究<sup>[20]</sup>指出抗氧化剂能够使双硫键还原而提高相关酶活性以清除自由基,或者通过终止脂质过氧化链反应达到抑制脂肪氧化的目的,因此通过添加抗氧化剂抑制脂肪氧化被广泛应用<sup>[21-22]</sup>,然而对于肠衣色泽劣变的研究较少,本试验可为从脂肪氧化方面抑制肠衣色泽劣变研究提供参考。

### 3 结论

本研究利用不同色泽肠衣以及通过设置不同脂肪氧化程度,探究了脂肪含量和脂肪氧化对肠衣色泽的影响。结果表明脂肪是引起肠衣色泽劣变的主要原因,随着脂肪氧化程度的增加,肠衣色泽劣变程度逐渐增加,脂肪氧化是导致肠衣色泽劣变的重要因素。

目前企业针对肠衣色泽劣变多采用化学漂白处理,这类方法不仅容易造成肠衣质构的破坏,同时对肠衣的食用安全性也会产生不利影响。通过本研究可知,在肠衣色泽劣变前即进行脱脂或抑制脂肪氧化处理,能有效抑制肠衣色泽劣变,可为高品质肠衣的生产提供新的思路和方法。然而,由于用于肠衣加工的动物大、小肠等的品质差异以及肠衣加工流程和环境的复杂性,如何在肠衣加工过程中有效控制肠衣脂肪含量和脂肪氧化,还需进一步加以研究。

### 参考文献

- [1] 葛庆丰, 崔保威, 于海, 等. 不同抗氧化剂及其复配对天然肠衣色泽品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(11): 81-85.
- [2] 张太平, 李筱影. 抑制盐渍猪肠衣色变方法的研究[J]. 食品科学, 1987(6): 39-43.
- [3] 李洪军, 贺稚非, 赵钢, 等. 肠衣变色原因及漂白方法研究[J]. 肉类研究, 1992(4): 27-30.
- [4] 刘士江. 天然肠衣漂白处理方法研究[J]. 肉类研究, 2007(12): 34-35.
- [5] 王国栋, 贺稚非, 李洪军, 等. 不同盐分贮藏条件下天然肠衣的微生物及理化性质变化[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 215-219.
- [6] BENLI H, HAFLEY B S, KEETON J T, et al. Biomechanical and microbiological changes in natural hog casings treated with ozone[J]. Meat Science, 2008, 79(1): 155-162.
- [7] 谢程炜, 刘芳, 王道营, 等. 肠衣加工过程中微生物的污染状况分析及其分离鉴定[J]. 江西农业学报, 2011, 23(7): 145-147.
- [8] 仇保丰, 宋鸿雁, 郭桂萍, 等. 肠衣携带细菌情况的分析及对策[J]. 中国动物检疫, 2014(1): 30-33.

- [9] 顾震, 徐刚, 张森旺, 等. 肠衣干燥工艺研究[J]. 江西科学, 2010, 28(3): 331-332.
- [10] 黄子程, 陈从贵, 李珂昕, 等. 超高压对天然肠衣力学特性的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(1): 15-18.
- [11] 秦溪. 鱼皮胶原为基质的胶原蛋白肠衣的制备及其性能研究[D]. 南宁: 广西大学, 2015: 80-81.
- [12] 问小龙, 蒋爱民, 郭善广, 等. 国内外人造胶原肠衣的理化特性比较研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 43-46.
- [13] HOUBEN J H, BAKKER W A M, KEIZER G. Effect of trisodium phosphate on slip and textural properties of hog and sheep natural sausage casings [J]. Meat Science, 2005, 69 (2): 209-214.
- [14] FENG Chao-hui, DRUMMOND L, SUN Da-wen, et al. Evaluation of natural hog casings modified by surfactant solutions combined with lactic acid by response surface methodology[J]. Lebensmittel-Wissenschaft and-Technologie, 2014, 58 (2): 427-438.
- [15] JO C, LEE J W, CHO K H, et al. Quality properties of sausage made with gamma irradiated natural casing from intestine of pork or lamb[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2002, 63 (36): 365-367.
- [16] BENLI H, HAFLEY B S, KEETON J T, et al. Biomechanical and microbiological changes in natural hog casings treated with ozone[J]. Meat Science, 2008, 79(1): 155-162.
- [17] 黄子程. 超高压对天然肠衣组织性质的影响[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [18] 王强, 陈晓麟. 不同储藏条件对脂肪氧化初期氧化指标的影响[J]. 食品科技, 2010(9): 168-171.
- [19] 于海, 秦春君, 葛庆丰, 等. 中式香肠加工及贮藏中脂肪氧化对其品质特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 119-125.
- [20] 何腊平, 龚进, 胡斌, 等. 天然抗氧化剂在重组牛肉干中应用效果的评价[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 107-110.
- [21] 姚波. 茶黄素和脂溶性茶多酚对加工肉制品的抗氧化护色作用[D]. 杭州: 浙江大学, 2016: 43-44.
- [22] 孙达, 张士康, 朱跃进, 等. 脂溶性茶多酚在油脂体系中抗氧化性能研究[J]. 粮食与油脂, 2014(1): 42-45.