

不同保藏条件下广式烧鹅新鲜度变化及优势腐败菌的鉴定

郑玉玺^{1,2}, 阮征¹, 韩明², 董蕾²

(1. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广州广东 510650; 2. 广州城市职业学院食品系, 广州广东 510600)

摘要 [目的]探讨不同保藏条件下广式烧鹅新鲜度变化规律,并研究确定引起新鲜度急剧变化条件下的优势腐败菌及组成。[方法]广式烧鹅在不同温度和时间处理条件下,测定其挥发性盐基氮(TVB-N)含量,同时提取最优处理条件下广式烧鹅中细菌全基因组,对特异性扩增细菌 16S rDNA V3 可变区进行 PCR 扩增。扩增产物进行变性梯度凝胶电泳(DGGE),图谱分析样品中菌群结构。[结果]广式烧鹅在 15 ℃ 条件下放置 24~48 h,30 ℃ 放置 12~36 h,TVB-N 含量显著升高,表征新鲜度急剧下降;DGGE 电泳结果表明,广式烧鹅在 15 和 30 ℃ 条件放置 12~48 h,葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、乳酸片球菌(*Pediococcus acidilactici*)、芽孢杆菌属(*Bacillus Cohn.*)为样品中优势菌属。[结论]在广式烧鹅保藏过程中,葡萄球菌属、乳酸片球菌、芽孢杆菌属为优势腐败菌,易造成污染且引起烧鹅的腐败变质及新鲜度的急剧下降。

关键词 变性梯度凝胶电泳;广式烧鹅;新鲜度;优势腐败菌

中图分类号 TS201.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)29-0068-04

Identification of Dominant Spoilage Bacteria of Cantonese Roasted Goose Freshness Changes under Variety Preservation Conditions

ZHENG Yu-xi^{1,2}, RUAN Zheng¹, HAN Ming² et al (1. School of the Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510650; 2. Department of Food, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510600)

Abstract [Objective] To investigate the freshness of Cantonese Roasted Goose under the different condition of storage temperature and time, and determine the dominant spoilage bacteria which caused the freshness changes. [Method] Volatile basic nitrogen (TVB-N) content, extraction of bacteria genome, the 16S rDNA of V3 variable region of bacterial by PCR specific amplification products, denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and bacterial community structure were determined. [Result] The results showed that the contents of TVB-N were increased significantly under 24~48 h placed at 15 ℃ and 12~36 h placed at 30 ℃; *Staphylococcus*, *Pediococcus acidilactici* and *Bacillus Cohn.* were the dominant spoilage bacteria under 12~48 h placed at 15 and 30 ℃. [Conclusion] During the preservation of the Cantonese Roasted Goose, *staphylococcus*, *Pediococcus acidilactici* and *Bacillus Cohn.* were the dominant spoilage bacteria.

Key words Denaturing gradient gel electrophoresis fingerprint technology; Cantonese Roasted Goose; Freshness; Dominant spoilage bacteria

广式烧鹅是粤菜系中的传统名菜,因其营养丰富、滋味醇厚而深受人们喜爱^[1]。由于烧鹅是传统风味食品,仍然保持着手工作坊式加工方式,且加工特点为整只烧制,受热不均匀,容易残留屠宰过程中污染的肠道菌;同时在包装、运输、售卖过程中没有严格的卫生控制措施,极易被细菌污染而引起新鲜度下降甚至腐败变质,尤其是在年平均气温较高的南方地区,细菌更容易生长繁殖,由此带来的品质及安全问题日趋明显。目前对于广式烧鹅的卫生及贮藏研究鲜有报道,仅杨勇等^[2]利用近红外光谱技术进行鹅肉新鲜度的快速测定,但是并未揭示引起这种新鲜度变化的微生物机制,对于引起烧鹅腐败变质的腐败菌及菌相组成也未见报道。

挥发性盐基氮(TVB-N)是一种碱性含氮物质,它的产生是由于动物性产品腐败过程中酶与细菌的作用,使蛋白质分解产生了大量的胺和氨类物质^[3]。此类物质挥发性强,其含量越高,表明氨基酸[特别是蛋氨酸(Met)和酪氨酸(Tyr)]破坏程度越高,严重影响食品的营养价值。大量研究结果表明,TVB-N 可用来表征肉类的新鲜度,其含量越高,肉类的新鲜度越低^[4-5]。

传统的平板培养、分离、生化鉴定手段只能针对实验室可培养菌,但研究表明,自然界中可培养的微生物只占据微

生物总量的 1%。16S rDNA 的 PCR-变性梯度凝胶电泳(DGGE)作为核酸指纹图谱技术,能够分析样品中微生物多样性。它可根据 16S rDNA 中可变区序列,对样品中的微生物进行分类鉴定,避免了传统培养方法的局限性,可以准确地鉴定传统方法无法培养的微生物种群,能够直接、全面地了解微生物组成及菌群结构的动态变化^[6]。

笔者以挥发性盐基氮作为广式烧鹅的新鲜度变化的指标,探讨在不同的处理温度和时间条件下烧鹅新鲜度的变化规律,同时采用 PCR-DGGE 指纹图谱技术分析引起烧鹅新鲜度变化的微生物种类及组成,确定不同保藏温度、时间条件下烧鹅的新鲜度及优势腐败菌组成,以期揭示广式烧鹅在保藏过程中品质变化与微生物种类及组成的关系,为实施更具针对性的防腐保鲜措施提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料与主要试剂。广式烧鹅,购于华南理工大学校外快餐店;北京天根生化科技有限公司细菌基因组 DNA 提取试剂盒;大连宝生物工程公司 Taq DNA 聚合酶、2 000 bp DNA Marker、引物合成;西班牙 Sigma 公司聚丙烯酰胺、尿素、去离子甲酰胺;美国 Biotium 公司 GelRed 核酸凝胶染色剂。

1.1.2 主要仪器设备。上海申安医疗器械厂 LDZX-40AI 型立式自动电热压力蒸汽灭菌器;天津泰斯特仪器有限公司 DH5000AB 型电热恒温培养箱;德国 Beckman 公司高速冷冻离心机;北京君意东方电泳设备有限公司 DGGE 电泳分析系统;美国 BIO-RAD 公司 PCR 仪;广州美格生物有限公司

基金项目 2017 年广州市教育局首批高校产学研技术合作基地项目(Z1704517)。

作者简介 郑玉玺(1984—),男,安徽池州人,实验师,从事食品微生物相关研究。

收稿日期 2017-08-09

DNA 测序。

1.2 方法

1.2.1 样品处理。烧鹅购买后放入无菌容器送回实验室,操作台无菌操作切碎混样,置于灭菌三角瓶中,保鲜膜封口后根据试验设计分组放置。

1.2.2 挥发性盐基氮的测定。参照 GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》半微量定氮法^[7]。

1.2.3 细菌全基因组提取。无菌条件下准确称取 10 g 广式烧鹅(不同部位),剪碎后加入 50 mL 灭菌生理盐水,摇床振荡 30 min。将混合溶液在 4 ℃ 条件下 500 r/min 离心 10 min。取上清液,4 ℃ 下 12 000 r/min 离心 15 min,弃上清。沉淀置于 1.5 mL 离心管中,用细菌基因组 DNA 提取试剂盒提取细菌总 DNA。

1.2.4 细菌 16S rDNA 的 V3 可变区扩增。采用细菌通用引物(上游引物 GC-F357,下游引物 R518)对细菌 16S rDNA 的 V3 可变区进行 PCR 扩增(表 1)。

表 1 16S rDNA V3 可变区引物及 DNA 回收测序引物

Table 1 16S rDNA V3 variable region primers and DNA recycling sequencing primers

引物 Primer 名称 Name	序列 Sequence
上游引物 Upstream primers	GC-F357 5'-CGCCGCGCGCGCGCGGGCGGGCGGGCGGGGACACGGGGGCTACGGGAGGCAG-3'
	F357 5'-ACTCTACGGGAGGCAGCAG-3'
下游引物 Downstream primers	R518 5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3'

PCR 反应体系如表 2 所示。DNA 扩增采用降落 PCR,反应程序为 94 ℃ 预变性 4 min,94 ℃ 变性 30 s,65 ℃ 到 55 ℃ 退火,每个循环降低 0.5 ℃,退火 30 s,72 ℃ 延伸 30 s(此过程循环 20 次);再以恒定退火温度(55 ℃)退火 30 s,72 ℃ 延伸 30 s,进行 10 个循环,最终 72 ℃ 延伸 10 min^[8]。取 5 μL PCR 产物,经 1.0% 琼脂糖凝胶电泳检测含量及特异性后置于 -20 ℃ 冰箱保存备用。

表 2 PCR 反应体系
Table 2 PCR reaction system

序号 Order	项目 Item	体积 Volume//μL
1	10 × Ex Taq Buffer	2.50
2	dNTP(2.5 mmol/L)	2.00
3	MgCl ₂ (25.0 mmol/L)	2.00
4	Ex Taq DNA 聚合酶(5 U/μL,Takara)	0.25
5	模板 DNA	2.00
6	上游引物	1.00
7	下游引物	1.00
8	ddH ₂ O	14.25
9	终体积	25.00

1.2.5 DGGE 分析。PCR 产物 DGGE 分析在 DGGE 电泳分析系统上进行。电泳条件:质量分数 8% 的聚丙烯酰胺凝胶

(丙烯酰胺:甲叉双丙烯酰胺 = 37.5:1),变性梯度为 30% 到 50%,PCR 产物上样量 20 μL,电泳温度恒定(60 ℃),1 × TAE 缓冲液中 200 V 预电泳 10 min。80 V 固定电压电泳 8 h, Gel Red 核酸凝胶染色剂 1 × TAE 缓冲液中染色 15 min,凝胶成像系统进行拍照保存。

1.2.6 DNA 回收测序。紫外灯条件下切下 DGGE 胶泳道中所需亮带,条带依照顺序放入已编号的 1.5 mL EP 管中,捣碎后加入 30 μL ddH₂O, -20 ℃ 浸泡过夜,离心,去上清进行 PCR 扩增。引物序列(上游引物 F357,下游引物 R518)在表 1 中显示。

扩增程序:94 ℃ 预变性 4 min,30 个循环(94 ℃ 变性 30 s,55 ℃ 退火 30 s,72 ℃ 延伸 30 s),最终 72 ℃ 延伸 10 min。PCR 产物进行 1.0% 琼脂糖凝胶电泳检验产量、测序。登陆 NCBI,将所得序列与已知序列进行比较、相似性分析^[8]。

1.3 数据统计分析 所得数据采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,所得图像分析利用 Quantity one 进行分析。

2 结果与分析

2.1 挥发性盐基氮含量变化 参考 NY5034—2008《无公害食品禽肉及禽副产品》标准:禽肉及其制品 TVB-N 含量应低于 150 mg/kg。由图 1 所示,在 4、15 及 30 ℃ 3 种贮藏温度下,广式烧鹅在整个贮藏期间的挥发性盐基氮含量均呈上升趋势,新鲜度下降,其中 15、30 ℃ 分别放置 48、36 h 后均超过 150 mg/kg 标准,不能食用。4 ℃ 条件下 TVB-N 含量无显著性变化($P > 0.5$),放置 72 h 后仍未超过标准;30 ℃ 条件下,12~36 h 期间 TVB-N 含量变化显著($P < 0.5$),新鲜度急剧下降,这是由于在适宜温度,样品中微生物处于对数生长期,大量繁殖消耗了样品中的蛋白质;15 ℃ 条件下,由于温度对微生物生长的影响,微生物生长迟滞期较长,导致 TVB-N 含量均低于 30 ℃ 条件的同期水平;放置 48 h 后,由于微生物的生长繁殖进入了稳定期,消耗蛋白质的速率下降,且样品中的蛋白质消耗殆尽,而微生物消耗蛋白质的代谢产物碱性含氮物质与样品中酸性成分中和,导致 30 ℃ 及 15 ℃ 条件下的 TVB-N 都进入一个稳定的平台期。

由于 TVB-N 含量变化主要是因为微生物数量和组成的变化所导致的,因此选取 30 ℃ 条件下 0~36 h、15 ℃ 条件下 0~48 h 2 个区间进行 PCR-DGGE 指纹图谱分析,研究微生物菌群结构与新鲜度的关系。

2.2 细菌 16S rDNA 的 V3 可变区扩增结果 对所提取广式烧鹅中细菌组总 DNA 进行 16S rDNA V3 区 PCR 扩增,扩增产物经 1.0% 琼脂糖电泳检测,获得特异性扩增条带(图 2)。电泳条带清晰,片段长度在 200 bp 左右,符合理论 16S rDNA V3 区长度,适宜进行 DGGE 电泳。

2.3 DGGE 结果分析 在图 3 中显示为广式烧鹅中 30 ℃ 条件下 0、12 和 36 h 及 15 ℃ 条件下 0、24 和 48 h 的 DGGE 电泳图。条带 a、b、c、d、e、f、g、h、i、j、k、l 亮度相对较高(图 3),是广式烧鹅样品中相对的优势菌群,割胶回收、测序比对。

条带 a、b、d、f、h 在 S12-30、S36-30 泳道中均为优势条带,而在 S0 中不是优势条带;条带 c 和 e 在 S36-30 泳道中

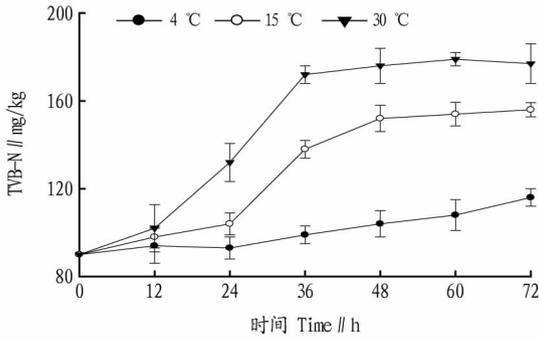
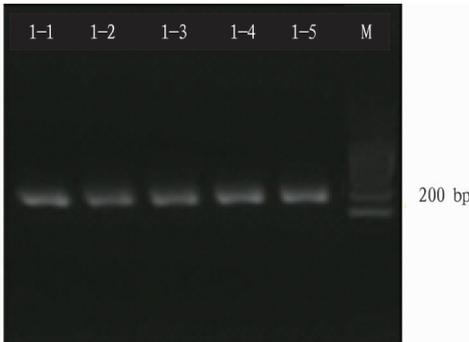


图1 3个温度条件下挥发性盐基氮含量0~72 h变化

Fig.1 Change of TVB-N content in the Cantonese Roasted Goose during 0 to 72 h under three temperature conditions



注: M. DNA 2 000 bp Marker; 1-1 ~ 1-5. 样品

Note: M. DNA 2 000 bp Marker; 1-1 to 1-5. samples

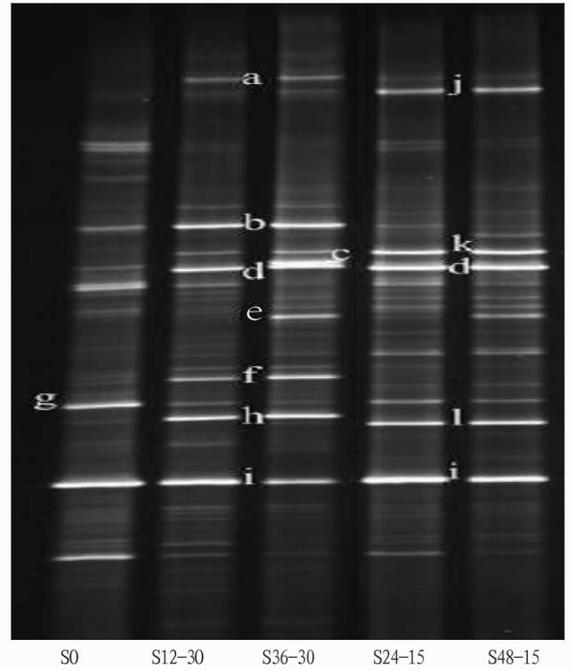
图2 广式烧鹅中细菌16S rDNA的V3区PCR琼脂糖凝胶电泳
Fig.2 16S rDNA V3 PCR products in agarose gel electrophoresis of bacteria in the Cantonese Roasted Goose

是优势条带,而在 S12-30 和 S0 不是优势条带,这表明30 °C 恒温处理下0 h(泳道 S0)样品到12 h(S12-30)广式烧鹅中优势菌种类变化显著,而12 h至36 h(泳道 S36-30)细菌组成及优势菌种类变化不显著。在泳道 S24-15 和 S48-15 中,条带 j、k、d 和 l 比在泳道 S0 中相对较亮,是该处理下的优势条带。泳道 S24-15 和 S48-15 中条带组成无明显差异,说明15 °C 恒温处理下,24 和48 h 时间点样品的细菌组成及优势菌的种类无明显差异。

对图3中标记较明显优势条带进行割胶回收、送样测序后,登陆 NCBI 与 GenBank 对已知序列进行 BLAST 比对分析,回收条带 DNA 序列对比同源性均达95%以上,序列结果如表3所示。

15 和30 °C 处理下,不同时间的优势菌在表4中显示。可以看出,0 h(即烧鹅不经过处理)主要含有格氏乳球菌和芽孢杆菌属,组成较为简单。这是由于此时烧鹅刚刚经过热加工,所出现菌种可能为冷却时的人员或器具污染。但是在后续处理中没有发现格氏乳球菌,表明被其他种群抑制或竞争致死;而芽孢杆菌属在后续处理的每个处理中均检出,表明芽孢杆菌在广式烧鹅保藏中的重要性。

15 °C 条件处理24 h 的样品中主要含有葡萄球菌属 (*Staphylococcus*)、乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici*)、芽孢



注: S0. 0 h(初始烧鹅样品); S12-30. 30 °C 放置12 h; S36-30. 30 °C 放置36 h; S24-15. 15 °C 放置24 h; S48-15. 15 °C 放置48 h

Note: S0. 0h; S12-30. 30 °C in 12 h; S36-30. 30 °C in 36 h; S24-15. 15. 15 °C in 24 h; S48-15. 15 °C in 48 h

图3 广式烧鹅中细菌16S rDNA的V3区DGGE电泳

Fig.3 16S rDNA V3 DGGE electrophoresis under different temperature and time of bacteria in the Cantonese Roasted Goose

表3 DGGE 优势条带序列比对结果

Table 3 Results of DGGE do minant band sequence contrast

条带 Band sequence	相似菌 Similar bacteria	相似度 Similarity degree//%	登陆号 Logon number
a	腐生葡萄球菌(<i>Staphylococcus saprophyticus</i>)	98	HM584107.1
b	表皮葡萄球菌(<i>Staphylococcus epidermidis</i>)	99	HM218641.1
c	乳杆菌属(<i>Lactobacillales bacterium</i>)	100	EU728748.1
d	木糖葡萄球菌(<i>Staphylococcus xylosum</i>)	98	HM854231.1
e	丛毛单胞菌属(<i>Comamonasp</i>)	95	KJ703029.1
f	赖氨酸芽孢杆菌属(<i>Lysinibacillus sp.</i>)	100	HQ437164.1
g	格氏乳球菌(<i>Lactococcus garvieae</i>)	96	EU728748.1
h	乳杆菌(<i>Lactobacillus alimentarius</i>)	99	KJ737424.1
i	芽孢杆菌属(<i>Bacillus</i>)	100	HM853675.1
j	孔氏葡萄球菌(<i>Staphylococcus cohnii</i>)	99	HM218041.1
k	阿尔莱特葡萄球菌(<i>Staphylococcus arlettae</i>)	99	FN811327.1
l	乳酸片球菌(<i>Pediococcus acidilactici</i>)	100	KM096590.1

杆菌属 (*Bacillus*), 此时烧鹅 TVB-N 含量在第1个显著上升阶段(图1, $P < 0.5$), 对比0 h 时菌群组成显著变化, 表明这3种菌引起烧鹅新鲜度的下降; 而在48 h 时, 菌群结构没有显著改变, 但是 TVB-N 含量还在继续大幅度上升, 说明这3种优势菌进入了对数生长期, 数量增多, 与其他弱势菌群竞争营养和生存环境, 导致其他弱势菌群的消亡, 同时由于生长繁殖的需要, 消耗样品中大量蛋白质产生 TVB-N, 导致 TVB-N 含量显著上升(图1, $P < 0.5$), 烧鹅新鲜度下降。

30 °C 条件处理12 h 的样品中主要含有葡萄球菌属

(*Staphylococcus*)、乳杆菌属(*Lactobacillales bacterium*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*),与 15 °C 条件下的变化趋势相似,新鲜度进入第 1 个显著下降期,但时间提前 12 h,且 TVB-N 含量上升幅度比 15 °C 条件下更显著(图 1, $P < 0.5$)。这是由于温度相对较高,适宜微生物生长繁殖,较早进入对数生长期

且生长繁殖数量较高;处理 36 h 后主要含有葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、乳杆菌属(*Lactobacillales bacterium*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、丛毛单胞菌属(*Comamonassp*),此时进入烧鹅新鲜度的第 2 个显著下降期(图 1),检出丛毛单胞菌属。

表 4 不同条件下广式烧鹅中优势菌的分析结果

Table 4 Analysis on dominant bacteria of the Cantonese Roasted Goose in different temperature and time

初始样品 Initial sample(0 h)	15 °C		30 °C	
	24 h	48 h	12 h	36 h
格氏乳球菌 <i>Lactococcus garvieae</i>	葡萄球菌属	葡萄球菌属	葡萄球菌属	葡萄球菌属
芽孢杆菌属 <i>Bacillus</i>	乳酸片球菌	乳酸片球菌	乳杆菌属	乳杆菌属
	芽孢杆菌属	芽孢杆菌属	芽孢杆菌属	芽孢杆菌属
				丛毛单胞菌属

3 结论

广式烧鹅 15 °C 条件下放置 24 ~ 48 h、30 °C 放置 12 ~ 36 h,TVB-N 含量显著升高(图 1),新鲜度急剧下降,失去营养价值并伴有食物中毒的风险,不建议继续食用。

引起广式烧鹅新鲜度变化的主要微生物种群为葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、乳酸片球菌属(*Pediococcus acidilactici*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、丛毛单胞菌属(*Comamonassp*),其中影响较大种属为葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、乳酸片球菌属(*Pediococcus acidilactici*)。

该研究探讨了广式烧鹅在保藏过程中新鲜度变化的规律,并分析了新鲜度急剧变化条件下的优势腐败微生物,这将有利于准确预测广式烧鹅的货架期,同时也将为广式烧鹅的包装或保藏提供更具有针对性的依据。

(上接第 67 页)

3 结论

传统工艺压榨的菜籽油(1号)和冷冻凝香工艺压榨的菜籽油(2号)经过精滤后,2号菜籽油比1号菜籽油酸值、色泽、过氧化值、植物甾醇含量均降低。采用膨化工艺后,2号菜籽油的磷含量也明显降低(0.16 mg/kg)。通过低温冷凝工艺2号菜籽油相对于1号菜籽油的生育酚含量提高了。同时,2号菜籽油反式酸的含量低了1.84百分点。传统工艺制备菜籽油的温度较高,对生育酚、植物甾醇、反式酸的影响很大。

通过 GC-MS 的分析比较,传统工艺压榨的菜籽油(1号)中油脂氧化产物醇、醛、酮等成分和高温高湿(蒸炒、压榨)中产生的杂环类等相对含量略微高于冷冻凝香工艺压榨的菜籽油(2号)。硫苷降解产物是菜籽油具有独特辛辣味的重要原因,采用炒籽和膨化相结合,可以促使硫甙降解产物的生成,提高了菜籽油特殊香气。冷冻凝香技术,使得压榨毛油无需经过水化脱胶、碱炼脱酸和白土脱色等常规精炼过程,保留了烘炒风味和生育酚等微量营养成分。

参考文献

[1] 李娜,杨涛. 我国油菜籽产业发展现状及趋势展望[J]. 农业展望,

参考文献

- [1] 陈锐. 中国成世界第一产鹅大国[J]. 中国禽业导刊,2010(17):56.
- [2] 杨勇,杨庆余,林巍,等. 近红外光谱技术快速测定鹅肉嫩度[J]. 食品科学,2014,35(8):259-262.
- [3] 邵金良,杨芳,杜丽娟,等. 肉与肉制品中挥发性盐基氮测定方法的改进[J]. 肉类研究,2009(10):58-60.
- [4] 王丽,刘兆丰,励建荣. 近红外光谱技术快速检测猪肉新鲜度指标的方法研究[J]. 中国食品学报,2012,12(6):159-165.
- [5] CHEN Q S, CAI J R, WAN X M, et al. Application of linear/non-linear classification algorithms in discrimination of pork storage time using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy[J]. LWT - Food science and technology, 2011, 44(10):2053-2058.
- [6] MUYZER G, SMALLA K. Application of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) in microbial ecology. Antonie van leeuwenhoek, 1998, 73(1):127-141.
- [7] 上海市食品卫生监督检验所. 肉与肉制品卫生标准的测定方法:GB/T 5009.44—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [8] 谢科,余晓峰,郑海松,等. 传统分离培养结合 PCR-DGGE 技术分析广式腊肠中优势菌[J]. 食品科学, 2013, 34(4):157-160.
- [9] 2009, 5(2):19-21.
- [2] LUNA G, MORALES M T, APARICIO R. Characterisation of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions [J]. Food Chem, 2006, 98(2):243-252.
- [3] SHIMODA M, SHIRATSUCHI H, NAKADA Y, et al. Identification and sensory characterization of volatile flavor compounds in sesame seed oil [J]. J Agric Food Chem, 1996, 44(12):3909-3912.
- [4] KIRITSAKIS A K. Flavor components of olive oil: A review [J]. J Am Oil Chem Soc, 1998, 75(6):673-681.
- [5] 李源栋,李先毅,段焰青,等. GC/MS 法结合保留指数分析香叶油香味成分[J]. 食品与机械, 2016, 32(8):25-28.
- [6] SCHIRACK A V, DRAKE M A, SANDERS T H, et al. Characterization of aroma-active compounds in microwave blanched peanuts [J]. Food chemistry and toxicology, 2006, 44(9):512-520.
- [7] 张俊杰,陈洪涛,王瑞,等. 大豆油脱臭馏出物中 α 、 β 、 γ 、 δ -生育酚 4 种异构体的 HPLC 测定[J]. 中国油脂, 2004, 29(5):39-41.
- [8] 彭浩,陈文强,邓百万. 气相色谱法测定食用菜籽油中植物甾醇的组成及含量[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(19):4830-4831.
- [9] 宋志华. 反式酸气相色谱分析方法的研究及应用[D]. 无锡:江南大学, 2007.
- [10] 杨涓,刘昌盛,周琦,等. 加工工艺对菜籽油主要挥发性风味成分的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(4):551-557.
- [11] MICHA R, MOZAFFARIAN D. Trans fatty acids: Effects on cardiometabolic health and implications for policy [J]. Prostaglandins, Leukot Essent Fatty Acids, 2008, 79(3/4/5):147-152.
- [12] 陆介安. 色拉油磷含量对其品质的影响[J]. 中国油脂, 2004, 29(2):19-20.
- [13] 王茜茜,袁建,王立峰,等. 3 种天然抗氧化剂对菜籽油储藏稳定性影响的研究[J]. 油脂安全, 2013, 38(1):60-63.