

干燥条件对鳗鲞风味成分的影响

王延辉¹, 杨文鸽², 徐培芳³

(1.浙江医药高等专科学校, 浙江 宁波 315100; 2.宁波大学海洋学院, 浙江 宁波 315211;

3.宁波鱼之美食品厂, 浙江 宁波 315021)

摘要:采用不同的干燥方法对腌制后的鳗鱼肉进行处理,利用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)和固相微萃取-气质联用(solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrum, SPME-GC-MS)分析鳗鲞的三磷酸腺苷及其关联化合物、游离氨基酸和挥发性风味成分。冷风干燥工艺样品肌苷酸以及挥发性风味的含量比其他干燥工艺样品高,分别为10.94 $\mu\text{mol/g}$ 和55.56%,而游离氨基酸含量则最低,可最大限度保证营养成分和风味品质。鳗鲞干燥最适条件为冷风干燥方式、温度10℃、风速1.5m/s、干燥介质为干燥空气、干燥至水分含量45%。

关键词: 鳗鲞; 干燥方法; 风味

Effects of Drying Methods on Flavor Components of Dried Salted *Muraenesox cinereus*

WANG Yan-hui¹, YANG Wen-ge², XU Pei-fang³

(1. Zhejiang Pharmaceutical College, Ningbo 315100, China; 2. Faculty of Maritime, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3. Ningbo Yuzhimei Seafoods Plant, Ningbo 315021, China)

Abstract: The contents of ATP-related compounds, free amino acids, free fatty acid and volatile flavors in salted *Muraenesox cinereus* dried by different drying methods (hot air, natural air and cold air) were investigated by high performance liquid chromatography (HPLC) and solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The contents of IMP and volatile flavors in cold air-dried samples were 10.94 $\mu\text{mol/g}$ and 55.56%, respectively, which were higher than those of hot air-dried and natural air-dried samples. Moreover, the lowest free amino acid content was found in cold air-dried samples. Hence, cold air drying could maintain the nutritional composition and flavor quality of salted *Muraenesox cinereus*. The optimal conditions for drying *Muraenesox cinereus* were drying with cold dry air at 10 °C and an air flow rate of 1.5 m/s until a moisture content of 45%.

Key words: dried salted *Muraenesox cinereus*; drying method; flavor components

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)02-0011-05

海鳗(*Muraenesox cinereus*)属海鳗科,为底层、近底层鱼类。海鳗肉质细嫩,味道鲜美,含有丰富的蛋白质、脂类和维生素等,在海洋渔业中有着重要地位,也是我国主要经济鱼类之一。除了鲜销外,海鳗大部分是用来制作鳗鲞。而鳗鲞作为我国一种重要的传统食品,自古就有“新凤鳗鲞味胜鸡”的说法,每年冬至前后,沿海居民都将新鲜海鳗从背脊剖开,去除内脏后擦干将其撑开悬挂在阴凉通风处,用晾干而制得。所得鳗鲞风味独特,海鲜风味浓郁、便于贮藏、食用方便。

但是目前鳗鲞主要还是作坊式生产,工艺简单、设备简陋、批量小、生产效益和产品竞争力低。同时受生产条件和技术水平的限制,尤其是传统生产方式在很大程度上受到自然气候条件的限制,加上产品缺乏质量评价标准,市场上提供的鳗鲞在风味品质上存在较大差异。

干燥方法对鳗鲞风味的风味成分和品质有较大影响,而目前食品风味在加工贮藏条件下的变化研究主要在肉禽制品,在水产品中的研究最近几年才开始。国内顾聆琳等^[1]利用固相微萃取(solid phase microextraction,

收稿日期: 2011-02-18

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(Y306155)

作者简介: 王延辉(1982—),男,讲师,硕士,研究方向为食品科学。E-mail: wangyh@mail.zjpc.net.cn

SPME)和气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrum, GC-MS)测定了牡蛎中的风味物质,徐继林等^[2]对海产品中的溴酚类海洋风味素进行GC-MS联用分析,国外Kae等^[3]研究了煮扇贝中的挥发性成分,Guillen等^[4]利用SPME和GC-MS分析了烟熏箭鱼和鳕鱼的特征风味化合物。但对鳗鲡风味的研究则未见报道。

本实验分别采用热风干燥、自然干燥和冷风干燥等工艺对腌制后的鳗鱼肉进行干燥为成品(鳗鲡),分析加工条件对ATP及其关联化合物、呈味氨基酸和挥发性化合物的影响,旨在为鳗鲡标准化生产提供理论基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

新鲜海鳗采自东海渔场,经“三去”处理、采用湿腌工艺,腌制时间、温度、盐度分别为0.91h、9℃和13.50%,然后分别采用热风干燥、自然干燥和冷风干燥进行加工处理,至水分含量45%左右,真空包装^[5]。

ATP关联物ATP(腺苷三磷酸)、ADP(腺苷二磷酸)、AMP(腺苷单磷酸)、IMP(肌苷酸)、HxR(肌苷)、Hx(次黄嘌呤)、AdR(脱氧核糖腺苷)、Ad标准品 美国Sigma公司;甲醇、乙腈为色谱纯;其余试剂为分析纯。

DY89-1内切式匀浆机 宁波新芝生物科技股份有限公司;冷冻干燥机 德国SRK公司;SCL-10A液相色谱仪(带SPD-10A紫外检测器)、QP2010气质联用仪 日本岛津公司;冷风干燥装置^[6] 中国海洋大学。

1.2 方法

1.2.1 干燥工艺

热风干燥:40~45℃恒温恒湿鼓风干燥箱,相对湿度50%,期间回潮过夜2~3次,干燥时间10h;自然干燥:初冬室外温度5~10℃,相对湿度61%,样品腌制沥干后,用细绳悬挂于背阴通风处,干燥时间48h;冷风干燥:工作介质为干燥空气,温度10℃,相对湿度55%,风速1.5m/s,干燥时间50h。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 ATP及其关联化合物

测定方法参照文献^[7],略有改动。称取2g样品粉碎后分3次加入15mL体积分数5%冷PCA(高氯酸)溶液,匀浆,15000r/min离心10min,取上清液,调节pH6.6~6.8之间,15000r/min离心10min,沉淀用体积分数5%的PCA溶液(以KOH调pH6.8)洗涤3次,合并上清液并定容至25mL。

ATP及其关联化合物的分离使用高效液相色谱仪进

行。仪器条件:色谱柱为SG-120反相C₁₈柱(4.6mm×150mm);流动相为20mmol/L柠檬酸-20mmol/L冰醋酸-40mmol/L三乙胺溶液;流速0.8mL/min;进样量10μL;紫外检测器为SPD-10A,检测波长260nm。采用外标法定量。

1.2.2.2 游离氨基酸组成及其含量

鳗鲡经冷冻干燥后经高效液相色谱仪检测,处理方法参照GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》。色谱条件:色谱柱为氨基酸专用分离柱(聚苯乙烯磺酸钠,4.6mm×250mm);柱温52~55℃;流动相流速0.4mL/min;荧光检测器激发波长Ex为338nm,发射波长Ex为425nm,噪声范围为0.05RFU。

1.2.2.3 挥发性化合物分析

将鳗肉低温绞碎,−50℃冷冻干燥,真空低温保存备用。精确称取0.200g冷冻干燥样品于4mL的顶空样品瓶中,60℃水浴平衡20min,65μm PDMS/DVB萃取头吸附30min,进样分析。

色谱条件:Vocol色谱柱(60m×0.25mm,1.8μm),进样口温度210℃;程序升温:35℃,3min $\xrightarrow{3^\circ\text{C}/\text{min}}$ 40℃,1min $\xrightarrow{5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 210℃保持40min;载气(He)流速1.29mL/min。

质谱条件:电子轰击(electron impact, EI)离子源,电压70eV,质量扫描范围33~500 m/z。

气质联用分析鉴定:解吸时间5min。采用GC-MS分析鉴定,经NIST 02和WLIBY 6.0谱图库检索,面积归一化法进行定量。

2 结果与分析

2.1 鳗鲡ATP及其关联化合物含量的变化

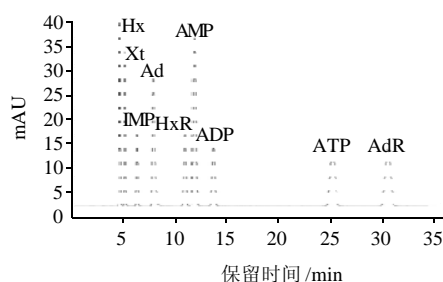


图1 ATP及其关联物标准品的HPLC图谱

Fig.1 HPLC chromatogram of ATP and ATP-related compound standards

热风干燥、自然干燥和冷风干燥处理完成后,立即在低温条件下测定鳗鲡的ATP及其关联化合物。取对海鳗风味影响较大的IMP、Hx和HxR等ATP关联化合

物为研究对象,热风干燥、自然干燥、冷风干燥等加工方法对IMP、Hx和HxR的影响如图2所示。

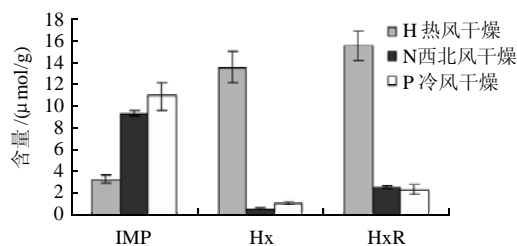


图2 干燥方法对鳗鲡IMP、Hx和HxR的影响

Fig.2 Effects of drying methods on IMP, Hx and HxR of dried salted *M. cinereus*

从图2可以看出,随着加工温度的提高,IMP含量逐渐降低,由冷风干燥的 $10.94\mu\text{mol/g}$ 降低至热风干燥的 $3.31\mu\text{mol/g}$ 。而Hx和HxR则相反,随着加工温度的提高而降低。由IMP、Hx和HxR的风味感官特性^[8-9]可知,冷风干燥加工有利于抑制IMP进一步降解为Hx和HxR,从而提高鳗鲡制品的风味可接受性。

冷风干燥以低温干燥空气为加热介质,在低温循环下,有效延缓核苷酸化合物的降解。自然干燥虽然是在低温环境下,但由于空气的存在,蛋白质降解的影响,加速了ATP及其关联化合物的降解,而热风干燥的高温影响进一步加剧了降解。

2.2 游离氨基酸(free amino acids, FAA)含量变化

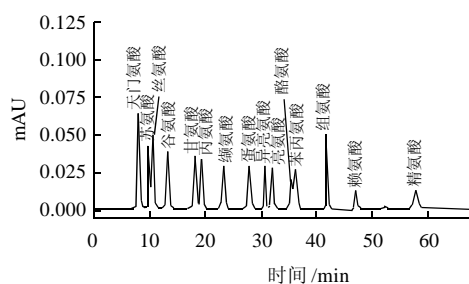


图3 游离氨基酸标准品的HPLC图谱

Fig.3 HPLC chromatogram of free amino acid standards

游离氨基酸标准HPLC色谱图见图3。取热风干燥、自然干燥和冷风干燥加工后产品,测定其游离氨基酸含量,结果如表1所示。

从表1可知,热风干燥样品中游离氨基酸含量只有 $0.740\text{g}/100\text{g}$,冷风干燥样品次之($0.796\text{g}/100\text{g}$),自然干

燥时游离氨基酸含量最高($0.912\text{g}/100\text{g}$)。游离氨基酸中甘氨酸、丙氨酸、赖氨酸、谷氨酸和组氨酸比例最高,苏氨酸、丝氨酸和精氨酸等次之。游离氨基酸对鳗鱼鲜味的有重要影响,甘氨酸、丙氨酸对鳗鱼的甜味有贡献;谷氨酸和丙氨酸等对鲜味有贡献^[10];同时通过对白鲢鱼风味物质的研究可知,组氨酸和赖氨酸是构成土腥味的成分,亮氨酸有抑鲜作用,缬氨酸有抑甜作用,蛋氨酸、苯丙氨酸与异亮氨酸对土腥味又有抑制作用^[11]。组氨酸除对鳗鱼的“肉香”特征有贡献外,在鳗鱼体内也有缓冲作用。在鳗鱼的进一步加工以后,其游离氨基酸会与还原性糖发生美拉德反应,产生的挥发性成分将与其制品风味有直接关系,例如游离氨基酸与还原糖发生美拉德反应而产生的2-甲基丙醛、2-甲基丁醛及含硫化合物^[12],均是鱼肉制品的风味物质。由此可见,这些游离氨基酸的独立或者复合作用以及其经化学反应所得物质对海鳗及其加工制品的独特而复杂的风味都起着重要的作用。因此从游离氨基酸的角度看,自然干燥也有利于鳗鲡风味的形成。

表1 干燥方法对游离氨基酸的影响

Table 1 Effect of drying methods on free amino acids in dried salted *M. cinereus*

游离氨基酸种类	游离氨基酸含量/(g/100g)		
	热风干燥	自然干燥	冷风干燥
天门冬氨酸	0.008	0.013	0.009
蛋氨酸	0.009	0.022	0.011
苯丙氨酸	0.009	0.023	0.010
异亮氨酸	0.013	0.022	0.016
缬氨酸	0.014	0.028	0.018
酪氨酸	0.015	0.023	0.014
亮氨酸	0.027	0.050	0.020
苏氨酸	0.039	0.052	0.039
精氨酸	0.041	0.044	0.025
丝氨酸	0.043	0.034	0.050
组氨酸	0.046	0.035	0.055
谷氨酸	0.058	0.096	0.086
丙氨酸	0.073	0.122	0.113
赖氨酸	0.104	0.114	0.063
甘氨酸	0.241	0.234	0.267
游离氨基酸总量	0.740	0.912	0.796

2.3 鳗鲡挥发性风味化合物的含量变化

热风干燥、自然干燥和冷风干燥条件下主要挥发性成分见表2,主要包括酯类、烯烃、杂环化合物(呋喃等)。

鱼肉的风味主要是由于挥发性羰基化合物和醇造成的,而这些化合物是通过特定的脂肪氧合酶作用于鱼脂质中的多不饱和脂肪酸衍生而来的。鳗鱼肉分别经过冷风、自然和热风干燥得到鳗鲡,检测到的挥发性化合物分别有60、67种和32种,经数据库检索和确认,分

别鉴定出 34、41 种和 7 种有效成分。陈俊卿等^[13]采用固相微萃取技术与气质联用仪分析鱼肉中的气味成分,共检出 25 种成分,确定出其中的 20 种成分,多是一些醛类、醇类、烯醇类等化合物。Josephson 等^[14]报道与新鲜淡水鱼气味相关的化合物主要是一些 C₆~C₉ 的烯醇类、烯酮类及烯醛类化合物。实验中也检出比较多的类似物质。

表 2 干燥方法对鳗鲡主要挥发性风味成分的影响

Table 2 Effect of drying methods on major volatiles of dried salted *M. cinereus*

保留 时间/min	化合物 名称	相对含量/%		
		热风干燥	自然干燥	冷风干燥
10.079	二甲基硫 dimethyl sulfide	—	—	0.11
10.483	乙酸甲酯 acetic acid, methyl ester	—	0.08	—
11.782	2-甲基丁醛 butanal, 2-methyl-	1.71	—	0.16
12.001	乙酸 acetic acid	—	0.06	0.34
13.555	2,3-丁二酮 2,3-butanedione	0.74	0.07	1.75
13.797	丁醛 butanal	—	—	0.64
14.038	2-丁酮 2-butanone	—	—	0.36
14.333	乙酸乙酯 acetic acid, ethyl ester	1.12	6.8	1.20
16.734	3-甲基丁醛 3-methylbutanal	—	—	5.17
16.941	丙酸 propanoic acid	—	0.11	0.05
18.359	2-戊酮 2-pentanone	—	—	0.14
18.403	1-戊烯-3-酮 1-penten-3-one	—	0.2	—
18.511	1,5-庚二烯 1,5-heptadiene	—	—	0.48
18.599	2,3-戊二酮 2,3-pentanedione	—	0.25	1.80
18.759	2-甲基戊醛 pentanal, 2-methyl-	—	0.04	—
18.882	正戊醛 pentanal	—	—	0.89
18.916	丙酸乙酯 propanoic acid, ethyl ester	—	0.03	—
21.228	3-戊烯-2-酮 3-penten-2-one	—	0.17	—
22.167	反-2-戊烯醛 trans-2-pentenal	—	—	0.41
22.735	2,3-己二酮 2,3-hexanedione	—	—	0.14
23.232	1,3-辛二烯 1,3-octadiene	—	0.12	—
23.435	2,4-戊二醛 2,4-entadienal	—	0.69	—
23.55	正己醛 hexanal	2.43	0.08	5.87
23.784	异戊酸 isopentanoic acid	—	—	0.96
26.059	1,3,5-辛三烯 1,3-trans-5-cis-octatriene	—	0.22	—
26.195	(E)-2-己烯醛 2-hexenal, (E)-	—	0.24	0.79
26.925	3-庚酮 3-heptanone	—	0.04	—
27.651	正庚醛 heptanal	0.24	0.22	1.66
28.003	苯乙烯 styrene	—	1.13	—
28.034	(Z)-4-庚烯醛 (Z)-4-heptenal	2.58	—	2.19
28.166	己酸乙酯 hexanoic acid, methyl ester	—	0.03	—
28.483	α -蒎烯 α -pinene, (-)-	—	0.15	—
29.007	2,4-己二烯醛 2,4-hexadienal	—	0.05	—
29.219	4-甲基-1-己烯 1-hexene, 4-methyl-	—	0.04	—
29.806	蛋硫醛 methional	—	—	0.52
30.425	(E)-2-庚烯醛 2-heptenal, (E)-	—	—	0.23
30.61	2-甲基-3-辛酮 3-octanone, 2-methyl-	—	0.21	—
31.161	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	—	0.13	—
31.506	1-水芹烯 1-phellandrene	—	0.58	—
31.915	2-萘烯 2-carene	—	0.23	—
32.108	反式-罗勒烯 cis-ocimene	—	4.34	—

续表 2

保留 时间/min	化合物 名称	相对含量/%		
		热风干燥	自然干燥	冷风干燥
32.143	3-甲基壬酮 3-methylnonane	—	—	3.18
32.289	(E,E)-2,4-庚二烯醛 2,4-heptadienal, (E,E)-	—	—	3.78
32.381	dl- 萘烯 dl-limonene	—	14.54	—
32.539	反式- β -罗勒烯 trans- β -ocimene	—	1.35	—
32.723	桉萜 sabinene	—	3.44	—
32.916	4-乙基环己醇 4-ethylcyclohexanol	—	—	4.61
33.184	3-辛烯-2-酮 3-octen-2-one	3.68	0.14	3.15
33.561	γ -萜品烯 γ -terpinene	—	1.02	—
33.932	2-辛醛 2-octenal	—	0.16	1.50
34.592	2-十一酮 2-undecanone	—	0.01	—
34.706	3,5-辛二烯-2-酮 3,5-octadien-2-one	—	5.98	8.89
35.068	壬醛 nonanal	—	0.6	4.11
35.358	2(5H)-呋喃酮 2(5H)-furanone, 5-ethyl-	—	0.14	—
36.558	2-丁基-1-辛醇 1-octanol, 2-butyl-	0.64	—	—
37.306	2-壬醛 2-nonenal	—	0.06	—
37.47	2,6-二壬烯醛 trans-2-cis-6-nonadienal	—	0.09	0.32
38.545	葵醛 decanal	—	—	0.55
47.841	柏木烯 cedrene	—	0.68	—
48.172	刺柏烯 junipene	—	—	0.53
48.59	β -柏木萜烯 β -funebrene	—	0.18	—

注：“—”表示未检测到。下同。

对其中的挥发性化合物按照醇类、含硫化合物、醛类、酸类、酮类、烯烃、和酯类分类,不同条件干燥后鳗鲡中每类化合物的种类和相对含量见表 3、4。

表 3 干燥方法对鳗鲡主要挥发性化合物种类的影响

Table 3 Effect of drying methods on classes of major volatiles of dried salted *M. cinereus*

加工方式	醇类	含硫化合物	醛类	酸类	酮类	烯烃	酯类	总计
热风干燥	1	—	4	—	1	—	1	7
自然干燥	1	—	9	3	12	12	4	41
冷风干燥	2	1	17	3	8	2	1	34

表 4 不同干燥方法对鳗鲡主要挥发性化合物相对含量影响

Table 4 Effect of drying methods on percentage contents of major volatiles of dried salted *M. cinereus*

加工方式	醇类	含硫化合物	醛类	酸类	酮类	烯烃	酯类	总量
热风干燥	0.64	—	4.82	—	0.74	—	1.12	7.32
自然干燥	0.08	—	2.15	0.25	7.83	33.38	6.94	50.63
冷风干燥	6.36	0.11	29.3	1.35	16.23	1.01	1.2	55.56

从表 3、4 可知,不同方式干燥后鳗鲡的挥发性化合物在种类和含量上有明显差异,其中自然干燥和冷风干燥方式下的挥发性化合物在种类上明显多于热风干

燥, 这表明低温干燥有利于鳗鱼鲞风味的形成。这和谭汝成等^[15]的研究结论是一致的。

热风干燥样品挥发性化合物中硫化物、酸类、烯烃等重要风味化合物均没有检测到, 而醛类和酮类占一半以上, 可能是高温条件下烯烃大部分转化为醛和酮, 自然干燥样品中没有检测到含硫化物, 可能是由于空气氧化致使流失严重, 无法检测到。在自然干燥样品中也可以看出酮类、烯烃和酯类无论在数量和含量上都占绝对优势, 冷风干燥样品挥发性风味则醛类和酮类占绝对优势。

烯烃作为重要的风味化合物成分, 在自然干燥和冷风干燥共检测出 1- 永芹烯、2- 萘烯、反式- 罗勒烯、*dl*- 苧烯、反式- β - 罗勒烯、桉萜、 γ - 萜品烯、刺柏烯 8 种主要的烯烃, 这些风味化合物大部分是风味添加剂, 都具有特殊的风味^[16]。

3 结 论

ATP 及其关联化合物中的 IMP、Hx 和 HxR 在冷风干燥条件下分别达到最大、最小、最小, 低温条件能够延迟 IMP 降解为 Hx 和 HxR, 使鳗鲞具有良好的风味特性; 游离氨基酸则在自然干燥条件下达到最大值; 而挥发性风味中重要的风味成分醛类和酮类的种类和含量上都在冷风干燥条件下达到最大。原因可能在于, 冷风干燥处理时低温空气中的氧逐渐消耗, 可有效减少鳗鱼与氧气的接触, 较好地抑制蛋白质的水解, 最大程度保证鳗鲞在加工时的风味品质。因此加工时以冷风干燥 10℃、风速 1.5m/s、干燥至水分含量 45% 为宜。

参考文献:

- [1] 顾聆琳, 杨瑞金. SPME 和气质联用测定牡蛎中的风味物质[J]. 中国调味品, 2004, 10(10): 43-46.
- [2] 徐继林, 严小军. 海产品中溴酚类海洋风味素的 GC-MS 联用分析[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 100-105.
- [3] KAE M, KIKUE K. Investigating sensory characteristics and volatile components in boiled scallop aroma using chemometric techniques[J]. Food Chemistry, 2002, 78(1): 39-45.
- [4] GUILLÉN M D, ERRECALDE M C. Headspace volatile components of smoked sword fish (*Xiphias gladius*) and cod (*Gadus morhua*) detected by means of solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2006, 94(1): 151-156.
- [5] 杨文鸽, 谢果凰, 颜伟华, 等. 响应面分析法优化海鲢的湿腌工艺[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 133-139.
- [6] 丛海花, 薛长湖, 孙妍, 等. 热泵-热风组合干燥方式对干制海参品质的改善[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 342-346.
- [7] YOKOMAMA Y, SAKAGUCHI M, KAWAI F. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice-storage[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(11): 2125-2136.
- [8] 杨文鸽, 徐大伦, 孙翠玲, 等. 缢蛏冰藏保活期间呈味物质的变化[J]. 中国食品学报, 2009, 9(3): 181-186.
- [9] 杨文鸽, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间 ATP 关联物含量变化及其鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 217-222.
- [10] 戚巍巍, 徐为民, 徐幸莲, 等. 传统风鸭加工过程中非蛋白氮和游离氨基酸的变化[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(2): 190-193.
- [11] 惠心怡, 王锡昌, 陶宁萍. 构成白鲢鱼肉土腥味的可溶性风味成分分析[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 189-194.
- [12] 郭月红, 李洪军, 韩叙. 腊肉加工过程中脂肪氧化分解及其与风味形成的研究进展[J]. 肉类研究, 2006, 20(4): 33-36.
- [13] 陈俊卿, 王锡昌. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法分析白鲢鱼中的挥发性成分[J]. 质谱学报, 2005, 26(2): 76-80.
- [14] JOSEPHSON D B. Identification of compounds characterizing the aroma of fresh whitefish[J]. J Agric Food Chem, 1983, 31(2): 326-330.
- [15] 谭汝成, 刘敬科, 熊善柏, 等. 应用固相微萃取与 GC-MS 分析腊鱼中的挥发性成分[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(6): 118-119.
- [16] 蔡原, 赵有璋, 蒋玉梅, 等. 顶空固相微萃取-气质联用检测合作猪肉挥发性风味成分[J]. 西北师范大学学报, 2006, 42(4): 74-78.