

# 大孔树脂动态吸附前后罗非鱼下脚料蛋白酶解液的理化特性比较

蒋雄武, 杨萍, 张瑞瑞, 洪鹏志, 周春霞

(广东海洋大学食品科技学院, 广东省水产品加工与安全重点实验室,  
水产品深加工广东普通高等学校重点实验室, 广东湛江 524088)

**摘要:**为大孔树脂改善鱼下脚料酶解液的风味提供理论依据。采用大孔树脂AB-8和DA20-C动态吸附罗非鱼下脚料蛋白酶解液,分析产物的基本成分、分子量分布、氨基酸含量、挥发性成分及腥苦味变化。结果表明:经大孔树脂AB-8和DA201-C吸附后的酶解液:腥苦味值都降低;蛋白质含量分别减少2.02%和9.05%,灰分和脂肪含量都有所增加;分子量小于1 ku组分分别减少49.1%和53.6%,同时AB-8树脂使分子量大于8 ku组分减少30.20%,DA201-C使分子量在1~5 ku组分减少70.69%;水解氨基酸和游离氨基酸含量分别减少8.29%、25.39%和15.22%、26.09%;挥发性风味物质的种类分别减少5种和7种,醛类含量由35.94%分别降为31.22%和33.01%,酯类由4.03%降为2.38%和1.99%,含氮类由13.95%降为13.60%和12.07%。大孔树脂AB-8和DA201-C对罗非鱼下脚料蛋白酶解液的理化特性都有较大影响。  
**关键词:**大孔树脂,吸附,罗非鱼下脚料,蛋白酶解液,理化特性

## Comparative of physicochemical properties of tilapia scraps enzymatic hydrolyzate treated by dynamic adsorption of macroporous resin

JIANG Xiong-wu, YANG Ping, ZHANG Rui-rui, HONG Peng-zhi, ZHOU Chun-xia

(College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Product Processing and Safety, Key Laboratory of Advanced Processing of Aquatic Products of Guangdong Higher Education Institution, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** To provide a theoretical basis for improving the flavor of fish scraps enzymatic hydrolyzate through macroporous resin. AB-8 and DA201-C macroporous resin dynamic was used to adsorb tilapia scraps hydrolyzate, and the basic ingredients, molecular weight distribution, amino acid content, volatile flavor components and fishy bitterness flavor of the hydrolyzates were analyzed. Results: After absorption treatment by AB-8 and DA201-C macroporous resin, the fishiness and bitterness of enzymatic hydrolysates became lighter. The loss rates of protein were 2.02% and 9.05%, respectively, but the relative contents of fat and ash were increased. The components with molecular weight less than 1 ku were decreased by 49.1% and 53.6%, meanwhile, for AB-8 absorption treatment the components with molecular weight more than 8 ku was reduced by 30.20% and for DA201-C absorption treatment the components with molecular weight 1~5 ku was reduced by 70.69%. The relative content of the hydrolysis and free amino acids were decreased by 8.29%, 25.39% and 15.22%, 26.09% respectively. The disappeared species composition of volatile flavor compounds were 5 and 7, and the relative content of aldehydes, esters, and nitrogenous were reduced after adsorption with aldehydes from 35.94% to 31.22% and 33.01%, esters from 4.03% to 2.38% and 1.99%, nitrogenous from 13.95% to 13.60% and 12.07%. AB-8 and DA201-C absorption treatment could affect physicochemical properties greatly of Tilapia scraps hydrolyzate.

**Key words:** macroporous resin; adsorption; tilapia scraps; enzymatic hydrolysates; physicochemical properties

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)20-0102-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.20.012

罗非鱼(Tilapia)一般用于生产冻鱼片,生产中伴随着大量的鱼头、鱼皮、鱼排以及碎鱼肉等加工下

脚料产生,其量占整条鱼的30%~40%,造成了大量浪费,还容易对环境造成污染<sup>[1]</sup>。这些下脚料含有丰富

收稿日期: 2014-09-10

作者简介: 蒋雄武(1990-),男,在读硕士研究生,研究方向:水产品加工工程, E-mail: 460803746@qq.com。

\* 通讯作者: 杨萍(1964-),女,教授,研究方向:水产品加工与高值化利用, E-mail: 50299052@163.com。

基金项目: 863计划项目(2013AA102201); 创新强校工程项目(GDOU2013050204, GDOU2014050203); 省部产学研合作专项(2013B090800021)。

的蛋白质、氨基酸和各种活性物质,是一种丰富的资源<sup>[2]</sup>,因此综合利用罗非鱼下脚料,可以降低成本,提高罗非鱼的经济价值。目前,主要利用酶水解的方法来研究其利用价值<sup>[3-4]</sup>,水解后主要含有肽、氨基酸以及呈味核苷酸等,虽然具有很好的营养价值,但鱼蛋白酶解产物普遍存在苦味和腥味,大规模工业化应用中仍然存在很多的问题,风味便是其中的一个主要问题,寻找有效的方法来改善蛋白质酶解产物的风味很有必要。曾有报道活性炭吸附<sup>[5]</sup>、逐级超滤处理<sup>[6]</sup>、硅藻土和珍珠岩<sup>[6]</sup>等方法对罗非鱼下脚料解产物的风味改良效果。大孔吸附树脂在化学试剂分离提纯和吸附氨基酸研究等方面有广泛应用<sup>[7-8]</sup>,而且易于实现工业化生产。本文探讨AB-8和DA201-C两种树脂动态吸附对罗非鱼下脚料蛋白酶解理化特性的影响,皆为大孔树脂在水产蛋白质酶解液的利用提供基础,为水产蛋白质酶解液的风味改良提供新的途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

罗非鱼下脚料(包括鱼头、鱼骨、内脏等)由湛江恒兴水产科技有限公司提供;中性蛋白酶( $2 \times 10^5$  U/g)、风味酶( $1.5 \times 10^4$  U/g) 南宁庞博生物工程有限公司;DA201-C树脂 江苏苏青水处理工程集团有限公司;AB-8树脂 南开大学化工厂;分子量标准品为磷酸异构酶triosephosphate isomerase(26625u)、肌球蛋白myoglobin(16950 u)、 $\alpha$ -乳白蛋白 $\alpha$ -lactalbumin(14437 u)、抑肽酶aprotinin(6512 u)、胰岛素B chain, oxidized(3496 u)、杆菌肽bacitracin(1423 u) Sigma公司。

N1000旋转蒸发器、FDU真空冷冻干燥机 东京理化器械株式会社;LC-20A高效液相色谱仪 日本岛津;835-50型高速氨基酸分析仪 日本Hitachi公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 酶解液的制备 取一定量解冻后罗非鱼下脚料,置于烧杯中,按1:3(W:V)比例加水,于恒温水浴锅中预热,同时加入中性蛋白酶500 U/g和风味酶30 U/g,自然pH,温度55 °C,酶解4 h后,100 °C灭酶10 min,3000 r/min离心,去掉上层脂肪及下层沉淀,即得酶解液,分装冷藏,备用。

1.2.2 大孔树脂的预处理 室温下,用无水乙醇溶液浸泡树脂24 h,再用去离子水洗去无水乙醇,然后用5% HCl溶液浸泡4 h,去离子水洗至中性,再用2% NaOH溶液浸泡4 h,去离子水洗至中性备用。

1.2.3 大孔树脂动态吸附 量取80 mL预处理后的大孔吸附树脂,采用漂浮法筛选树脂,湿法装柱( $\Phi 2.6$  cm $\times$ 60 cm),待液面高于树脂床表面2 cm时,开始以3 BV/h的流速上样,将蛋白质含量为7.2 mg/mL酶解液连续加入树脂柱,待样品流出后,收集流出液至树脂吸附饱和。

1.2.4 感官评价 由8名(男:女=1:1)经过训练的感官评价员在食品感官实验室(室温25 °C)内进行。按照感官评定的要求,每次的样品数最多不得超过10个,

评定过程中不得相互交流,每次评定样品要间隔几分钟,以蒸馏水作为参照(分值为0)。根据强度系数打分,三次分值的平均值即表示酶解液的腥味程度。感官特性强度数字标度为:0-没有腥(苦)味;1-腥(苦)味略有;2-腥(苦)味较弱;3-腥(苦)味一般;4-腥(苦)味偏重;5-腥(苦)味很重。色泽的评价:直接观察比较法。

1.2.5 基本成分测定 水分:直接干燥法(GB/T 5009.3-2010);灰分:550 °C灼烧法(GB 5009.4-2010);蛋白质:半微量凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2010);脂肪:索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003)。

1.2.6 分子量分布测定 采用高效体积排阻色谱(HPSEC)测定酶解液的分子量分布。色谱柱为Protein-PakTM60A 7.8 mm $\times$ 300 mm Column;流动相为0.05 mol/L Tris-HCl溶液(pH7.2),流速0.7 mL/min,检测波长214 nm。根据分子量大小对数与保留时间得分子量标准线性回归方程为 $\lg M_w = -0.2160t + 6.3118$ ,其相关系数 $R^2 = 0.9770$ 。样品的分子量根据其保留时间和标准曲线求得。

1.2.7 氨基酸测定 样品经6 mol/L HCl水解后,采用高速氨基酸分析仪进行17种氨基酸含量测定。另取样品经5 mol/L NaOH水解,同机测定色氨酸含量。

1.2.8 挥发性风味成分的测定

1.2.8.1 顶空固相微萃取 称取固体样品0.300 g,加入萃取瓶以超纯水溶解完全,将萃取瓶置于样品盘,萃取头以顶空方式萃取,温度70 °C,时间40 min,萃取结束后,插入自动进样口,在250 °C条件下解析10 min。

1.2.8.2 GC-MS分析 色谱条件:VF-WAX ms色谱毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm,0.25  $\mu$ m),载气为氦气,体积流量1.0 mL/min。程序升温条件:初始柱温50 °C,保持2 min;以4 °C/min升温至200 °C,再以10 °C/min升温至250 °C,保持4 min。进样模式为不分流,进样口温度250 °C。质谱条件:EI离子源,电子能量70 eV,离子源温度200 °C,接口温度200 °C,分子质量(m/z)扫描范围为35~400,扫描速度为1428。

1.2.8.3 数据处理 将采集到的质谱图通过GC-MS化学工作站与NIST08.LIB和Wiley9.lib标准谱库检索,再根据保留时间、质谱、人工图谱解析等参数来确定挥发性成分的化学组成,计算出各成分的相对含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 大孔树脂动态吸附前后酶解液的感官分析

经过AB-8和DA201-C树脂吸附处理后的罗非鱼下脚料酶解液,感官评价结果见表1。由表1可知,

表1 处理前后酶解液的感官评价

Table 1 Sensory score of hydrolysis before and after adsorption treatment by macroporous resins

样品	色泽	腥味	苦味
酶解液	黄褐色	4.8 $\pm$ 0.12	4.5 $\pm$ 0.21
AB-8	淡黄色	1.7 $\pm$ 0.15	1.4 $\pm$ 0.17
DA201-C	微黄色	1.5 $\pm$ 0.23	1.3 $\pm$ 0.12

色泽从黄褐色变为淡、微黄色,腥味和苦味评分大大降低,其中DA201-C脱腥苦味的效果更好,腥味和苦味分别从4.8和4.5降到了1.5和1.3。说明AB-8和DA201-C树脂能有效地改善罗非鱼下脚料酶解液的腥苦味。

### 2.2 大孔树脂动态吸附前后酶解液的基本成分分析

将树脂动态吸附前后的罗非鱼下脚料酶解液冷冻干燥制成干粉,分析其基本成分。由表2可知,AB-8与DA201-C两种树脂吸附处理后,酶解液的蛋白质含量分别降低2.02%与9.05%,而灰分和脂肪含量都有所增加。张佳秀等<sup>[9]</sup>也发现大孔树脂对于盐溶液不具有吸附性。可见由于蛋白质含量的降低,同时两种树脂对灰分和脂肪没有吸附作用,因而其含量相对增加。

表2 处理前后酶解液的基本成分分析(干基计)(%)

Table 2 The basic ingredients of hydrolysis before and after adsorption treatment by macroporous resins

样品	灰分	脂肪	蛋白质
酶解液	5.76±0.44	5.41±0.002	85.01±0.69
AB-8	8.36±0.20	6.76±0.20	83.29±0.04
DA201-C	11.41±0.06	9.32±0.41	77.32±0.48

### 2.3 大孔树脂动态吸附前后酶解液的分子量分布

罗非鱼下脚料酶解液经树脂AB-8和DA201-C处理前后的HPSEC图见图1~图3,分子量分布如表3所示。

经AB-8和DA201-C两种树脂吸附后,酶解液中分子量的分布有很大的变化,分子量小于1 ku的组

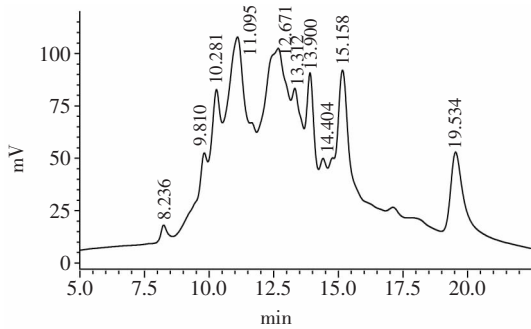


图1 罗非鱼下脚料酶解液的HPSEC图

Fig.1 HPSEC chromatogram of enzymatic hydrolysis of tilapia scraps

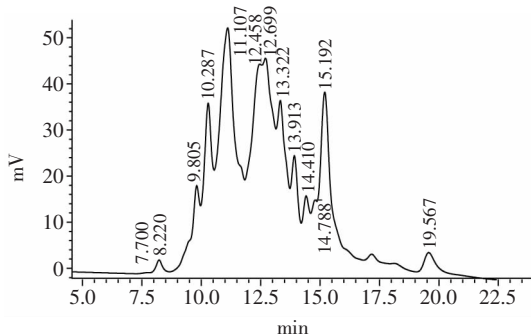


图2 大孔树脂AB-8吸附后的酶解液的HPSEC图

Fig.2 HPSEC chromatogram of enzymatic hydrolysis of tilapia scraps by macroporous resins AB-8

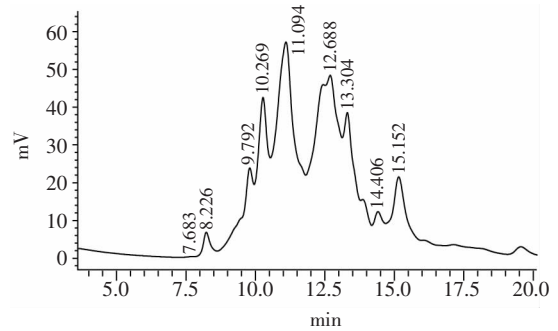


图3 大孔树脂DA201-C吸附后的酶解液的HPSEC图

Fig.3 HPSEC chromatogram of enzymatic hydrolysis of tilapia scraps by macroporous resins DA201-C

表3 酶解液吸附处理前后分子量分布

Table 3 Molecular weight distribution of the components of hydrolysis before and after adsorption treatment

分子量(ku)	比例(%)		
	处理前	AB-8	DA201-C
>10	7.931	5.243	12.646
8~10	12.24	8.837	20.629
5~8	15.173	25.416	43.289
2~5	23.644	27.685	9.108
1~2	14.653	19.404	2.118
<1	26.329	13.415	12.209

分所占比例分别减少了49.1%和53.6%,说明树脂较易吸附分子量小于1 ku的组分,即游离氨基酸和短肽。AB-8树脂对分子量大于10 ku组分与8~10 ku组分也有吸附作用,比例分别减少了33.89%和27.80%。DA201-C树脂对1~2 ku组分和2~5 ku组分具有很大的吸附作用,比例分别减少了85.6%与61.5%。研究表明<sup>[10]</sup>,苦味肽大部分含有2~15个氨基酸残基,邓勇等<sup>[11]</sup>发现分子量大于5 ku的大豆肽不具有苦味,而500~1000 u之间短肽苦味最强。树脂吸附后,短肽含量的降低可能与酶解液的腥苦味改善有很大关系,这与感官评价结论也是一致的。

### 2.4 大孔树脂动态吸附前后酶解液的氨基酸变化

由表4可知,经AB-8和DA201-C吸附处理后,酶解液中水解氨基酸总量分别减少了8.29%和25.39%,必需氨基酸总量分别减少9.60%和27.05%;苦味氨基酸的总量分别减少了12.67%和30.12%,占水解氨基酸比例分别减少1.27%与1.68%;鲜味氨基酸和甜味氨基酸总量分别减少了10.0%、28.0%与8.13%、26.19%,但占水解氨基酸比例变化不明显;吸附损失较多的氨基酸有苯丙氨酸与色氨酸,损失量分别为AB-8的18.99%、27.78%与DA201-C的40.51%、63.89%。这些氨基酸的变化改善了酶解液的整体风味。

由表5可知,AB-8和DA201-C吸附后,游离氨基酸总量分别减少了15.22%和26.09%;必需氨基酸总量分别减少14.29%和26.01%;苦味氨基酸总量分别减少了15.49%和28.76%,占游离氨基酸比例分别减少0.16%与1.81%;鲜味氨基酸和甜味氨基酸总量分别减少了21.62%、29.73%与16.01%、20.69%,鲜味氨

表4 树脂吸附前后水解氨基酸的含量

Table 4 The content of hydrolyzed amino acids in components hydrolysis before and after adsorption treatment by macroporous resins

氨基酸	水解氨基酸含量(mg/mL)		
	酶解液	AB-8	DA201-C
天冬氨酸* Asp	1.900	1.700	1.400
苏氨酸** Thr	0.710	0.790	0.630
丝氨酸** Ser	0.530	0.640	0.490
谷氨酸* Glu	3.100	2.800	2.200
脯氨酸 Pto	1.200	1.000	0.840
甘氨酸** Gly	2.200	1.800	1.400
丙氨酸** Ala	1.600	1.400	1.200
缬氨酸# Val	1.000	0.900	0.720
蛋氨酸# Met	0.570	0.510	0.390
异亮氨酸# Ile	0.840	0.730	0.570
亮氨酸# Leu	1.500	1.300	1.100
酪氨酸# Tyr	0.250	0.270	0.270
苯丙氨酸# Phe	0.790	0.640	0.470
赖氨酸 Lys	1.600	1.500	1.300
组氨酸 His	0.450	0.410	0.330
精氨酸 Arg	0.910	1.200	1.000
色氨酸# Trp	0.180	0.130	0.065
氨基酸总量	19.300	17.700	14.400
必需氨基酸	7.190	6.500	5.245
苦味氨基酸#	5.130	4.480	3.585
鲜味氨基酸*	5.000	4.500	3.600
甜味氨基酸**	5.040	4.630	3.720

表5 树脂吸附前后游离氨基酸的变化

Table 5 The content of free amino acids in components hydrolysis before and after adsorption treatment by macroporous resins

氨基酸	游离氨基酸含量(mg/mL)		
	酶解液	AB-8	DA201-C
天冬氨酸* Asp	0.120	0.090	0.080
苏氨酸** Thr	0.260	0.220	0.210
丝氨酸** Ser	0.150	0.120	0.120
谷氨酸* Glu	0.250	0.200	0.180
脯氨酸 Pto	0.100	0.090	0.090
甘氨酸** Gly	0.120	0.100	0.090
丙氨酸** Ala	0.340	0.290	0.270
胱氨酸 Cys	0.080	0.070	0.060
缬氨酸# Val	0.340	0.290	0.260
蛋氨酸# Met	0.300	0.250	0.220
异亮氨酸# Ile	0.280	0.240	0.220
亮氨酸# Leu	0.670	0.570	0.520
酪氨酸# Tyr	0.190	0.140	0.130
苯丙氨酸# Phe	0.470	0.410	0.250
赖氨酸 Lys	0.400	0.360	0.340
组氨酸 His	0.130	0.110	0.100
精氨酸 Arg	0.380	0.310	0.300
色氨酸# Trp	0.010	0.010	<0.01
氨基酸总量	4.600	3.900	3.400
必需氨基酸	2.730	2.340	2.020
苦味氨基酸#	2.260	1.910	1.610
鲜味氨基酸*	0.370	0.290	0.260
甜味氨基酸**	0.870	0.730	0.690

氨酸占游离氨基酸的比例变化不大,且DA201-C树脂吸附后,其甜味氨基酸占游离氨基酸比例反而增加了1.38%。AB-8树脂吸附后,损失较多的氨基酸为酪氨酸、天冬氨酸、丝氨酸和谷氨酸,损失量分别为26.32%、25%、20%和20%。DA201-C吸附后,损失较多的氨基酸为苯丙氨酸、天冬氨酸、酪氨酸和蛋氨酸,损失量分别为46.81%、33.33%、31.58%和26.67%,以苦味氨基酸为主,这与感官评价结论是一致的。赵谋明等<sup>[9]</sup>研究XDA-200静态吸附草鱼蛋白酶解液中游离氨基酸时,也发现树脂对氨基酸的吸附具有一定选择性。

结合表4和5表可知,AB-8与DA201-C吸附处理前后,游离氨基酸分别损失了0.70 mg/mL和1.20 mg/mL;水解氨基酸分别损失了1.60 mg/mL和4.90 mg/mL,说明树脂吸附不仅吸附游离氨基酸,也吸附肽,这与液相分析的结果是一致的。

### 2.5 大孔树脂动态吸附前后酶解液的挥发性成分变化

罗非鱼酶解液分别经大孔树脂AB-8和DA201-C吸附处理后,GC-MS分析,其挥发性成分的GC-MS总离子流色谱图见图4~图6。

经吸附处理前后酶解液的挥发性物质种类及含量的变化见表6。可见,酶解液、经AB-8及DA201-C吸附处理的酶解液检测到的风味物质种类分别为73

种,68种和66种。经树脂处理后的酶解液挥发性风味物质中,醛类、酯类和含氮类物质所占的比例下降,醛类由35.94%分别降低为31.22%和33.01%,酯类物质由4.03%降低为2.38%和1.99%,含氮类由13.95%降低为13.60%和12.07%;酸类和烃类物质的相对含量均增加,酸类由12.47%分别增加为23.03%和17.39%;烃类物质由9.34%分别增加为10.18%和14.11%。水产品中的鱼腥味并不是单一物质形成的,而是多种物质的协同作用,这些物质主要包括醛类、

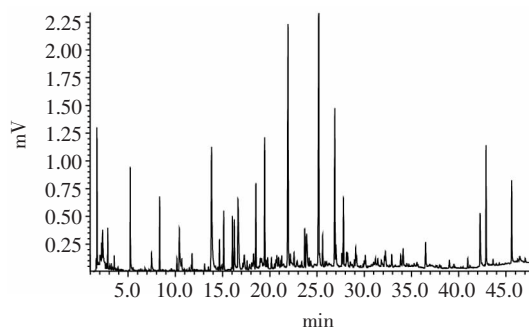


图4 罗非鱼下脚料酶解液中挥发性风味物质的GC-MS总离子流图

Fig.4 Total ion current chromatogram of volatile compounds in tilapia enzymatic hydrolyzates

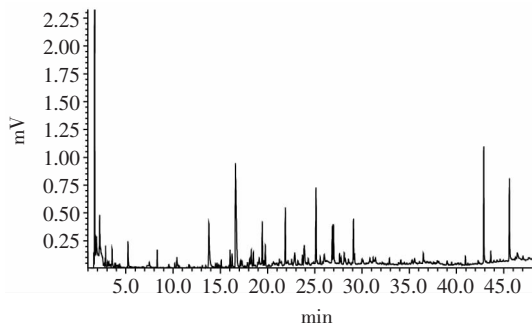


图5 AB-8吸附后罗非鱼下脚料酶解液中挥发性风味物质的GC-MS总离子流图

Fig.5 Total ion current chromatogram of volatile compounds in tilapia by AB-8

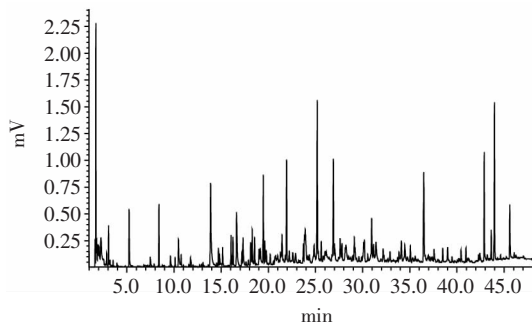


图6 DA201-C吸附后罗非鱼下脚料酶解液中挥发性风味物质的GC-MS总离子流图

Fig.6 Total ion current chromatogram of volatile compounds in tilapia by DA201-C

酮类、酯类、烃类等多种化合物,且这些化合物的相对分子质量大多数在200 u以下,其中醛类、含氮类对水产品的腥味有着重要作用<sup>[12]</sup>,醛类、含氮类的减少可能是腥味变小的原因。

表6 罗非鱼下脚料酶解液树脂吸附前后挥发性成分的种类及比例

Table 6 The types and proportions of volatile components before and after adsorption treatment by macroporous resins

分类	挥发性物质的种类及比例(%)					
	酶解液	AB-8	DA201-C			
醛类	19	35.94	16	31.22	19	33.01
醇类	9	14.25	10	13.93	8	14.45
酮类	7	2.50	6	1.68	8	2.70
酸类	9	12.47	11	23.03	9	17.39
烃类	10	9.34	11	10.18	10	14.11
酯类	6	4.03	3	2.38	5	1.99
含氮类	4	13.95	3	13.60	2	12.07
含硫类	1	0.27	1	0.35	1	0.02
其他	8	7.25	7	3.63	4	3.24

(上接第101页)

[20] Lim JH, Rhee HK, Kim YJ, et al. Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* in *Lilium*[J]. *Acta Horticulturae*, 2003, 620: 311-318.

### 3 结论

经过AB-8和DA201-C树脂吸附处理后的罗非鱼下脚料酶解液,腥味和苦味均变淡变小,以DA201-C的效果更明显;蛋白质含量降低,灰分和脂肪含量都增加;树脂较易吸附分子量小于1 ku的组分,同时AB-8对分子量大于8 ku组分、DA201-C对1~5 ku组分也具有较大的吸附作用;大孔树脂处理酶解液,使得氨基酸总量都下降,其中苦味氨基酸所占比例下降,鲜甜味氨基酸所占比例不变或稍增加;DA201-C吸附较多的苦味氨基酸;挥发性物质的种类分别减少了5、7种,醛类、酯类和含氮类物质所占的比例下降,酸类和烃类物质的相对含量均增加。综合来说,大孔树脂适用于罗非鱼下脚料酶解液的脱腥脱苦,其吸附的腥苦味氨基酸或肽,可通过洗脱加以回收,一方面得到低腥苦味的酶解液,另一方面可以回收腥苦味氨基酸或肽,为酶解液的开发利用提供良好的基础。本研究下一步应该将吸附的肽洗脱收集分析其风味与氨基酸的组成,为大孔树脂能脱腥脱苦提供更有力的证明。

### 参考文献

- [1] 赵梅,吴成业. 罗非鱼下脚料酶解工艺的响应面法优化[J]. *食品研究与开发*, 2007, 28(5): 48-53.
- [2] 曾世祥,韦保耀,滕建文,等. 罗非鱼下脚料酶法水解条件优化的研究[J]. *食品科技*, 2005(5): 23-25.
- [3] 张志翔,杨青,官庭辉,等. 罗非鱼下脚料双酶法提取呈味物质的研究[J]. *中国调味品*, 2011(4): 18-21.
- [4] 李利敏,杨萍,张冠洲,等. 活性炭吸附罗非鱼下脚料蛋白酶解液及对风味成分的影响[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(11): 5-9.
- [5] 吴文龙,杨萍,李利敏,等. 逐级超滤处理对罗非鱼肉酶解液理化性质的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(10): 103-105, 109.
- [6] 张瑞瑞,杨萍,李利敏,等. 微滤膜、硅藻土和珍珠岩对罗非鱼肉酶解液脱腥脱苦效果的比较研究[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(5): 83-86.
- [7] 何炳林,钱庭宝. 树脂在化学试剂分离提纯上的应用(续)[J]. *化学试剂*, 1983(1): 55-64.
- [8] 赵谋明,任娇艳,崔春,等. 大孔吸附树脂静态吸附草鱼蛋白水解物中氨基酸的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(4): 22-26.
- [9] 张佳秀,侯俊财,邹艳楠,等. 大孔树脂对酶解大豆肽脱盐效果影响及其最佳条件研究[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(3): 203-206.
- [10] Gulgoz Y, Solms J, Bitter. Peptides, occurrence and structure[J]. *Chemistry Senses*, 1976, 2(1): 71-84.
- [11] 邓勇,冯学武. 大豆多肽分子量分布与苦味的确定[J]. *中国农业大学学报*, 2001, 6(4): 98-102.
- [12] 高加龙,文健峰,吉宏武,等. 鳊鱼水解蛋白脱腥脱苦研究[J]. *现代食品技术*, 2009, 25(5): 498-502.

[21] Bald JG, Suzuki T, Doyle A. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* to Easter lily, Narcissus and Gladiolus[J]. *Annals of Applied Biology*, 1971, 67(3): 331-342.