

doi:10.3969/j.issn.1005-1295.2020.03.002

不同处理方式对蓝蛤提取液核酸类物质及其风味的影响

步 营¹,李 月¹,祝伦伟¹,朱文慧¹,刘瑛楠¹,李学鹏¹,王玉亭²,于志国³(1.渤海大学 食品科学与工程学院,辽宁锦州 121013;2.荣成协汇食品股份有限公司,山东荣成 246309;
3.丹东泰丰食品有限公司,辽宁丹东 118300)

摘要:为探讨不同处理方式对蓝蛤提取液核酸类物质及其风味的影响,研究了不同加热温度(60℃、70℃、80℃、90℃和100℃)、超声和超高压对蓝蛤提取液氨基酸态氮含量、电子鼻电子舌评价、核酸含量、核苷酸含量及挥发性风味成分的影响。结果表明:超声处理时蓝蛤提取液氨基酸态氮含量最高。电子鼻结果显示各处理组提取液挥发性风味差异明显。电子舌表明不同处理方式得到的蓝蛤提取液味觉差异主要体现在苦味、丰度和鲜味。不同处理方式下蓝蛤提取液的核酸和核苷酸含量差异显著($P<0.05$)。顶空固相微萃取-气质联用技术(HS-SPME-GC-MS)分析表明,60℃、70℃、80℃、90℃和100℃热处理得到的蓝蛤提取液中分别鉴定出25种、24种、26种、28种和28种挥发性化合物,超声和超高压处理得到的蓝蛤提取液中分别鉴定出28种和12种挥发性化合物。

关键词:蓝蛤;热处理;超声;超高压;风味

中图分类号:TS254.1

文献标志码:A

Effects of Different Treatments on the Nucleic Acid Substances and Flavor of *Aloididae Aloidii* Extract

Bu Ying¹, Li Yue¹, Zhu Lunwei¹, Zhu Wenhui¹, Liu Yingnan¹, Li Xuepeng¹, Wang Yuting², Yu Zhiguo³

(1.College of Food Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 2.Rongcheng Xiehui Foods Co.Ltd., Rongcheng 264309, China; 3.Dandong Taifeng Foodstuff Co.Ltd.Dandong 118300, China)

Abstract: To study the effects of different treatment methods on the nucleic acid substances and flavor of *Aloididae aloidii* extract, the effects of the different heating temperature (60℃, 70℃, 80℃, 90℃ and 100℃), ultrasonic and ultrahigh pressure on nitrogen content of liquid amino acid, electronic nose and tongue evaluation, nucleic acid content, nucleotide content and volatile flavor composition of *Aloididae aloidii* extract were studied. The results show that the nitrogen content of amino acid in *Aloididae aloidii* extract was the highest in case of ultrasonic treatment. The results of electronic nose show that the volatile flavor of the extracts for each treatment group was different. The taste evaluation of electronic tongue shows that the taste differences of *Aloididae aloidii* extracts were mainly reflected in bitterness, abundance and umami. The contents of nucleic acid and nucleotide in the *Aloididae aloidii* extract in different ways of treatment were significantly different ($P<0.05$). The Gas chromatography-mass spectrometry with HS-SPME (HS-SPME-GC-MS) analysis shows that 25, 24, 26, 28 and 28 kinds of volatile compounds in *Aloididae aloidii* extract were identified respectively by heat treatments at 60℃, 70℃, 80℃, 90℃ and 100℃, and 28 and 12 kinds of volatile compounds were identified respectively by ultrasound and ultrahigh pressure treatment.

Key words: *aloididae aloidii*; heat treatment; ultrasound; ultra-high pressure; flavor

收稿日期: 2019-06-13 修稿日期: 2019-11-18

基金项目: “十三五”重点研发计划项目(2018YFD0400603); 辽宁食品产业校企联盟校企合作科研项目(2018LNSPLM0103); 辽宁省兴辽英才计划项目(XLYC1807133)

0 引言

氨基酸、核苷酸等非挥发性含氮化合物是贝类滋味的主要贡献者。蓝蛤 (*Aloididae aloidii*) 是盛产于我国沿海的一种体型极小的低值海洋贝类,蓝蛤中蛋白质含量高并且富含鲜味肽,蓝蛤蛋白中 Glu、Asp、Ala、Gly 等呈鲜甜味的氨基酸比例较高,约占总氨基酸含量的 50%,是制备海鲜调味基料的优质原料^[1]。核苷酸最初是作为调味品开始应用的^[2-4],核苷酸关联化合物特别是肌苷酸 (IMP) 和鸟苷酸 (GMP) 是贝类的主要鲜味成分之一,同时与与谷氨酸钠有协同作用,可以使味精鲜味提高数倍至数十倍。目前学者对贝类呈味氨基酸的报道已很多,然而对蓝蛤中核苷酸及其关联化合物的含量分析尚不多见。

近几年消费者开始追求安全、健康的调味料,各种抽出型调味料(基料)的需求呈现增长的趋势。运用高新技术可以提高抽出液的提取效率,超声辅助提取技术利用超声波的空化作用加速有效成分的溶出,与传统的提取方式相比,具有提取时间短、产率高、无需加热、低温提取有利于有效成分的保护等优点^[5-8]。超高压辅助提取的原理是给样品加压后,细胞在高压下会发生细胞膜破裂,细胞的完整性遭到破坏,从而使细胞内物质能够出来并溶解到溶酶体中,达到加快物质提取速度以及提高提取率的效果^[9-12]。这两种新技术与热水抽提对蓝蛤提取液核酸及其关联化合物的影响尚不清晰。

鉴于此,为了合理、高效开发利用低值原料,我们以蓝蛤为原料,研究不同的处理方式对蓝蛤提取液中的氨基酸态氮含量、核酸和核苷酸含量、挥发性成分的影响,并辅以电子鼻、电子舌考察其风味的变化,为蓝蛤的综合利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

蓝蛤,购于锦州市林西水产品农贸市场;NaOH 标准滴定溶液($c=0.050\ 48\ \text{mol/L}$);甲醛溶液(分析纯);氯酸-钼酸铵蛋白沉淀剂(配制)。

1.2 试验仪器

破壁机(中山市隆粤电器厂);PHS-3C 型雷

磁 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司);UV-2550 紫外-可见光分光光度计(岛津仪器(苏州)有限公司);HH-4 数显恒温水浴锅(常州国华电器有限公司);Biofuge stratos 台式冷冻高速离心机(美国 Thermo Fisher 公司);DL-1 万用电炉(北京中兴伟业仪器有限公司);PEN 3 便携式电子鼻(传感器阵列由 10 个金属氧化物传感器组成,德国 Airsense 公司);SA402B 电子舌(insent 公司);隆粤商用多功能破壁料理机(中山隆粤电器厂);HPP.L2-600/0.6 超高压设备(华泰森森公司);Agilent 7890N-5975C 气相色谱-质谱联用仪(美国 Agilent 公司);固相微萃取装置、固相微萃取手柄、20 mL 顶空样品瓶(美国 Supelco 公司)。

1.3 样品的制备

1.3.1 热提取法

取 50 g 处理好的蓝蛤肉与水以 1:3 的比例,使用破壁机进行打碎制成混合浆液,加入到蒸煮袋内封口。分别在 60、70、80、90、100 °C 水浴锅内进行核苷酸的提取,时间 30 min。冷却至室温后,预冷。将冷冻离心机离心机降温至 4 °C,将预冷后的料液进行离心(4 °C、3 500 r/min、15 min)。取上层清液冷藏待用。

1.3.2 超声波提取法

将新鲜的蓝蛤肉 50 g 与水以 1:3 的比例投入破壁机进行打碎制成混合浆液,加入到蒸煮袋内封口。将超声波仪预热至 60 °C,将料液放入超声波仪内(60 °C、20 kHz、30 min),进行超声波提取核苷酸。冷却至室温后,预冷。将冷冻离心机离心机降温至 4 °C,将预冷后的料液进行离心(4 °C、3 500 r/min、15 min),取上层清液冷藏待用。

1.3.3 超高压提取法

取新鲜的蓝蛤肉 50 g 与水以 1:3 的比例使用破壁机进行打碎制成混合浆液,加入到蒸煮袋内封口。将混合浆液放入超高压机器内(60 °C、100 MPa、30 min)利用超高压作用对核苷酸进行提取,冷却至室温后,预冷。将冷冻离心机离心机降温至 4 °C 进行离心(4 °C、3 500 r/min、15 min)取上层清液,冷藏待用。

1.4 分析方法

1.4.1 氨基酸态氮的测定

采用甲醛滴定法,参考 GB 5009.235-2016 《食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定》进行氨基酸态氮含量的测定^[13]。

1.4.2 电子鼻的测定

根据样品顶空挥发物, 通过传感器的电阻值 G 与基准气体通过传感器的电阻值 G_0 的比值而进行数据处理和模式识别。传感器由 10 种金属氧化物半导体型 (metal oxide semiconductor, MOS) 化学传感元件组成, 每型传感元件对应的主要敏感物质见表 1。

表 1 化学传感器及其对应的敏感物质类型

阵列序号	金属氧化物传感器	性能描述
MOS 1	W1C	芳香成分
MOS 2	W5S	灵敏度大, 对氮氧化物很灵敏
MOS 3	W3C	氨水, 对芳香成分灵敏
MOS 4	W6S	主要对氢气有选择性
MOS 5	W5S	烷烃芳香成分
MOS 6	W1S	对甲烷灵敏
MOS 7	W1W	对硫化物灵敏
MOS 8	W2S	对乙醇灵敏
MOS 9	W2W	芳香成分, 对有机硫化物灵敏
MOS 10	W3S	对烷烃灵敏

用 50 mL 的烧杯, 称量 5 g 左右的待测样品, 并用保鲜膜封口。在 25 °C 环境中运用电子鼻传感器对样品进行检测。检测时间 120 s, 进样流量和内部流量均为 300 mL/min, 数据采集时间为 90 s 和 95 s。每个样品做 3 次平行重复试验。

1.4.3 电子舌的测定

样品处理: 将冷藏备用的样品稀释 20 倍, 放至室温, 备用。

测定方法: 试验前, 将电子舌传感器进行活化校准, 将前处理好的样品进行电子舌测定。设定电子舌分析参数: 数据采集时间 120 s, 采集周期 1.0 s, 采集延迟 0 s, 搅拌速率 1 r/s。每个样品重复测 4 次, 选取后 3 次测量的数据作为本文章的原始数据^[14]。

1.4.4 核酸测定

参考林松毅^[15] 等方法并加以修改, 利用核酸类中含有双键的物质在波长 260 nm 处有最大紫外线吸收。将离心后上清液稀释 100 倍, 使用紫外—可见光分光光度计在 260 nm 处的紫外吸收值, 并将原液稀释后在 260 nm 下测吸光度 A_{260} 。按式 (1) 计算上清液总核酸含量:

$$\text{总 RNA 浓度 } (\mu\text{g/mL}) = A_{260} \times \text{稀释倍数} \times 40 \quad (1)$$

式中 40——核苷酸 1 $\mu\text{g/mL}$ 的消光系数。

1.4.5 核苷酸测定

核苷酸含量的测定采用紫外吸收法
具体操作方法为:

(1) 取待测样品溶液 2 mL, 加入 2 mL 核酸沉淀剂, 将溶液放入冰水中水浴, 反应 1.25 h。

(2) 反应完成后, 以 3 000 r/min 离心 5 min, 取 0.1 mL 上清液加 4.9 mL 去离子水定容至 5 mL。

(3) 测定核苷酸样品与空白对照在 260 nm 处的紫外吸光度值。

(4) 按照下式对核苷酸浓度进行计算:

$$X = (A_{260} \times 4 \alpha) / 40 \quad (2)$$

式中 X ——核苷酸含量, $\mu\text{g/mL}$;

A_{260} ——260 nm 波长处的吸光度;

α ——为稀释倍数;

40——1 $\mu\text{g/mL}$ 核苷酸溶液的比消光系数。

因为 RNA 降解后的核苷酸溶液常含有少量核苷或其他色素等吸收紫外光物质, 所以该法测得的核苷酸量比定磷法高约 10%。

1.4.6 固相微萃取—气相色谱—质谱测定

量取 5 mL 待测液, 装入固相微萃取小瓶, 加入转子, 密封, 50 °C 水浴平衡 10 min, 然后将固相微萃取针头插入小瓶中, 推动手柄使纤维头处于顶空状态, 吸附 30 min, 进样。

色谱条件: Agilent 7890N 气相色谱仪, HP-5MS 毛细管柱 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm); 进样口温度为 250 °C; 载气为氦气, 流速 1.5 mL/min; 不分流模式进样; 程序升温: 起始温度 40 °C, 保持 2 min, 以 4 °C/min 的速率上升至 200 °C, 再以升温速率 5 °C/min 上升至 250 °C, 保持 2 min。

质谱条件: 电离方式为电子轰击 (EI 源), 电子能量 70 eV; 色谱—质谱接口温度 280 °C, 离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C; 质量扫描范围 30~550 m/z。

1.5 数据处理

使用软件 SPSS 19.0 进行单因素方差分析, Origin 8.5 作图; 电子鼻数据处理: 每个处理进行 3 次重复, 结果利用电子鼻自带软件对测试结果进行主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA); GC-MS 数据处理: 样品中的挥发性成分经气相色谱分离, 用质谱进行分析鉴定, 挥发性物质的定性分析主要通过 Nist 11 谱库检索, 选取匹配度大于 50 的成分进行分析。

2 结果与讨论

2.1 不同处理方式对氨基酸态氮含量的影响

图 1 是不同处理方式蓝蛤提取液氨基酸态氮

含量图。可以看出,随着温度的升高,蓝蛤提取液氨基酸态氮含量先降低后升高,60℃条件处理时其氨基酸态氮含量最高,为0.074 g/100mL。氨基酸态氮值的高低反映氨基酸及小肽水平的高低。超高压处理得到的蓝蛤提取液和60℃加热得到的蓝蛤提取液相比,氨基酸态氮含量无显著差异($P>0.05$),超声处理得到的蓝蛤提取液和60℃加热处理、超高压处理相比较,氨基酸态氮含量显著增大($P<0.05$)。

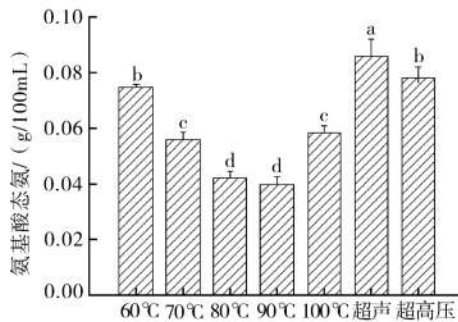


图1 不同处理方式对蓝蛤提取液氨基酸态氮含量的影响

2.2 不同处理方式蓝蛤提取液电子鼻 PCA 分析

图2为利用电子鼻PCA方法分析不同处理方式蓝蛤提取液风味,经测定,第1主成分(PC1)和第2主成分(PC2)的贡献率分别为94.66%和3.40%,累积贡献率为98.06%,大于95%,表明2个主成分已经基本代表了样品的主要信息特征。不同处理方式提取液挥发性风味差异明显,而此差异能在PC1、PC2构建的平面上充分展示,但在平面上分布无规律性。提取方式不同,样品沿第1主成分轴呈70℃<90℃<60℃超声<80℃<超高压<60℃<100℃分布。其中超高压处理组与其他处理组距离较远,说明其挥发性成分变化较大,区分度较好。70℃加热处理、90℃加热处理和超声处理三种处理方式距离较近,表示三者之间的香气特征可能极为相似。

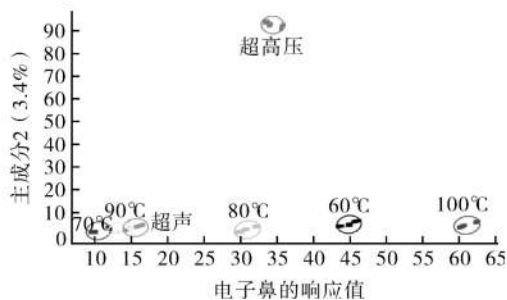


图2 不同处理方式蓝蛤提取液样品的主成分分析

2.3 蓝蛤提取液电子舌滋味评价

电子舌是一种分析、识别液体“味道”的仿生检测装置。采用类脂膜作为味觉传感器,通过模拟人的味觉感受来识别液体中的味觉物质,它是对样品整体滋味的评价^[16-18]。

图3为不同处理方式的蓝蛤提取液电子舌雷达分析图,可以直观反映各电极的响应值大小,同时说明各样品具有不同的滋味,便于直观清晰地分析各样品之间的味觉差异^[19]。苏秀榕^[20]等研究表明酸味和咸味的无味点为-13和-6,其他指标的无味点为0。通常将大于无味点的味觉项目作为评价对象,无味点以下的项目可以认为是该样品没有的味道。由图3可知酸味和咸味均在无味点以下,因此不对其进行评价。由图3可以看出不同处理方式得到的蓝蛤提取液其味觉差异主要体现在苦味、丰度和鲜味。90℃加热处理得到的蓝蛤提取液苦味值最大,同时该处理组苦回味值也较大。超高压处理得到的蓝蛤提取液具有较好的鲜味和丰度。其原因可能是超高压作用于食品时主要破坏的是非共价键,而对共价键几乎是不起作用的,因此食品中的一些物质如氨基酸、维生素、风味或者香味物质不会被破坏,从而能够保持食品风味。由图可以看出各处理组在涩味和涩回味基本重合,说明不同处理方式对蓝蛤提取液的涩味和涩回味无显著影响。

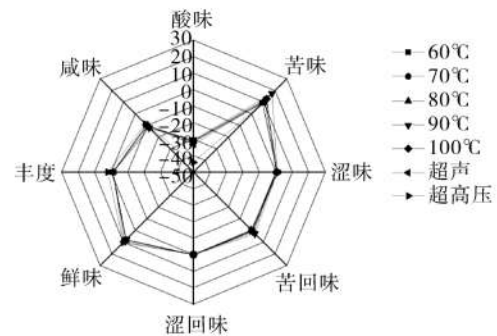


图3 电子舌检测不同处理方式蓝蛤提取液的雷达图分析

2.4 不同处理方式对蓝蛤提取液核酸含量的影响

图4表示不同处理方式蓝蛤提取液核酸含量。可以看出60~90℃加热处理得到的蓝蛤提取液其核酸含量随着温度升高呈先增长后降低的趋势,70℃加热核酸含量最高,为1328.00 μg/mL。超声处理得到的蓝蛤提取液中核酸含量显著高于热处理得到的蓝蛤提取液核算含量($P>0.05$)。和70℃加热处理和超声处理相比较,超高压处理样品其核酸含量显著升高($P>0.05$)。

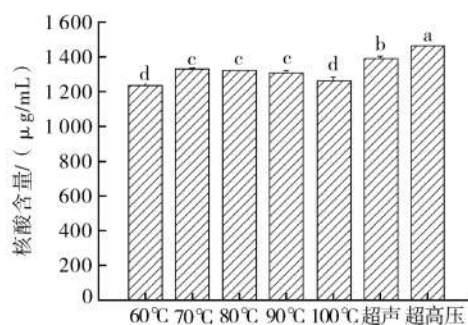


图4 不同处理方式对蓝蛤提取液核酸含量的影响

2.5 不同处理方式对蓝蛤提取液核苷酸含量的影响

核苷酸是核酸的基本组成单位^[21-22]。图5所示为不同处理方式蓝蛤提取液核苷酸含量。可以看出不同加热温度得到的蓝蛤提取液其核苷酸含量有显著差异 ($P < 0.05$), 其中 100 °C 处理得到的提取液其核苷酸含量较低。超声和超高压处理得到的蓝蛤提取液其核苷酸含量与热处理相比较显著增大 ($P < 0.05$)。其中超高压处理得到的蓝蛤提取液核苷酸含量最高, 这可能是因为超高压

辅助提取在超高压条件下使细胞膜破裂, 细胞的完整性遭到破坏, 从而使细胞内物质能够出来并溶解到溶媒中, 达到加快物质提取速度以及提高提取率的效果^[23-24]。

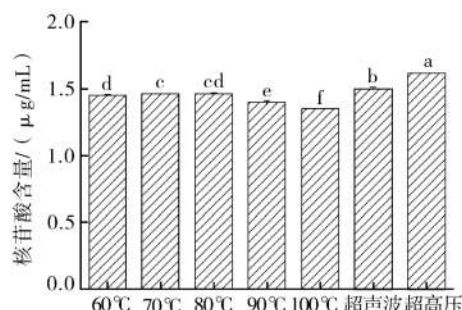


图5 不同处理方式提取蓝蛤提取液核苷酸含量

2.6 不同处理方式对蓝蛤提取液挥发性风味物质的影响

为研究不同处理方式的蓝蛤提取液其风味差异, 采用 GC-MS 对挥发性成分做进一步的分析 and 鉴定。表 2 为不同处理方式蓝蛤提取液挥发性风味成分分析表。

表2 不同处理方式的蓝蛤提取液挥发性风味成分分析

物质种类	60°C		70°C		80°C		90°C		100°C		超声		超高压	
	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)	个数	相对百分含量 (%)
醛类	1	0.18	4	2.30	8	16.08	8	23.73	8	15.56	5	4.09	2	0.83
烃类	5	2.50	6	2.77	6	1.98	2	0.55	1	0.37	14	4.83	4	2.62
醇类	2	9.02	2	6.17	1	2.06	2	3.76	1	1.45	1	2.48	2	6.10
酯类	3	2.80	2	3.27	2	3.52	2	3.38	2	2.55	1	0.21	0	0.00
酮类	3	1.91	1	0.65	1	0.83	1	0.82	4	2.23	0	0.00	0	0.00
苯类	2	0.78	2	0.79	2	1.93	2	0.67	2	1.80	2	1.32	2	0.92
胺类	3	0.70	1	0.14	0	0.00	2	0.98	1	0.12	0	0.00	0	0.00
其他	6	31.47	6	31.43	6	31.16	9	32.19	9	33.74	5	2.10	2	2.48

由表2可知, 60 °C、70 °C、80 °C、90 °C和100 °C热处理得到的蓝蛤提取液中分别鉴定出 25 种、24 种、26 种、28 种和 28 种挥发性化合物。其中 60 °C 和 70 °C 热处理得到的蓝蛤提取液主要成分是醇类物质, 分别占总量的 9.02% 和 6.17%。在温度为 80 °C、90 °C 和 100 °C 热处理得到的蓝蛤提取液主要成分为醛类物质, 分别占总量的 16.08%、23.73% 和 15.56%。可以看出不同的热处理温度对其挥发性风味物质会产生差异, 这可能是因为醇类物质和醛类物质沸点不同。超声处理得到的蓝蛤提取液鉴定出 28 种挥发性化合物, 主要成分为烃类和醛类物质, 分别占总量的 4.83% 和

4.09%。超高压处理得到的蓝蛤提取液共鉴定出 12 种挥发性化合物, 主要成分为醇类物质, 占总量的 6.10%。结合电子鼻结果, 70 °C、90 °C 和超声处理气味具有相似性, 醛类物质是 90 °C 和超声的共有主要组成部分, 对于各处理组特征气味活性成分尚需进一步研究。

3 结语

本研究对不同温度加热处理、超高压和超声波三种处理方式的蓝蛤提取液进行了分析比较。结果表明, 对于滋味呈味物质, 超声处理得到的蓝

蛤提取液其氨基酸态氮含量显著高于热处理和超高压 ($P < 0.05$), 其次是超高压处理组; 而超高压处理得到的蓝蛤提取液其核酸和核苷酸含量均显著高于热处理和超声 ($P < 0.05$) 处理组。电子鼻、电子舌能够有效区分热处理、超高压和超声三种处理方式得到的蓝蛤提取液风味, 且超高压处理组鲜味最佳。对于气味成分, 通过 GC-MS 分析, 超高压处理得到的蓝蛤提取液主要以醇类物质为主, 90 °C、100 °C 和超声处理得到的蓝蛤提取液鉴定出的挥发性化合物种类较多, 为 28 种。综合分析超高压处理组较优。

参考文献:

- [1] 肖如武. 蓝蛤蛋白源鲜味肽的制备及分离研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [2] 王小红. 食用菌中核苷酸的提取及调味品开发研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [3] 苏庆辉, 吴晓丹, 马兴胜, 等. 啤酒酵母中核苷酸的提取研究 [J]. 酿酒, 2004 (3): 30-32.
- [4] 李园, 刘艳, 段振华. 双酶法制备牡蛎抗氧化酶解液的工艺优化 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37 (15): 118-121.
- [5] 曹丽娟, 马海乐, 黄星, 等. 超声波辅助提取草菇中核苷酸的研究 [J]. 食品工业, 2012, 33 (11): 80-83.
- [6] Mason T J, Paniwnyk L, Lorimer J P. The uses of ultrasound in food technology [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 1996, 3 (3): 253-260.
- [7] 樊伟伟, 何进武, 侯萍, 等. 超声波辅助提取猴头菇多糖的研究 [J]. 包装与食品机械, 2017, 35 (2): 6-10.
- [8] Chemat F, Zill-e-Huma, Khan M K. Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2010, 18 (4): 813-835.
- [9] 许世闯, 徐宝才, 奚秀秀, 等. 超高压技术及其在食品中的应用进展 [J]. 河南工业大学学报 (自然科学版), 2016, 37 (5): 111-117.
- [10] Hao M Z, Hu ZhiHe. Application of Ultra High-pressure Technology in Aquatic Product Processing [J]. Food Science, 2012, 33 (1): 298-304.
- [11] 周航, 刘斌, 岳文亮, 等. 超高压技术在预制调理食品生产中的应用研究进展 [J]. 包装与食品机械, 2017, 35 (2): 47-51.
- [12] 杨俊兰, 沈士杰, 高思雨, 等. CO₂ 跨临界循环与传统制冷循环的性能比较 [J]. 流体机械, 2019, 47 (1): 80-83.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中氨基酸态氮的测定: GB 5009.235-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [14] 徐宝才, 李聪, 马倩, 等. 基于电子鼻和电子舌分析盐水鸭风味的差异性 [J]. 中国食品学报, 2017, 17 (12): 279-286.
- [15] 魏巍, 刘静波, 林松毅, 等. 多元线性回归设计优化微波辅助提取啤酒废酵母细胞 RNA [J]. 食品科学, 2008, 29 (12): 316-319.
- [16] Ahn S R, An J H, Jang I H, et al. High-performance bioelectronic tongue using ligand binding domain T1R1 VFT for umami taste detection [J]. Biosensors & Bioelectronics, 2018, 117: S0956566318304603.
- [17] 王永维, 王俊, 朱晴虹. 基于电子舌的白酒检测与区分研究 [J]. 包装与食品机械, 2009, 27 (5): 57-61.
- [18] Jiang H, Min Z, Bhandari B, et al. Application of electronic tongue for fresh foods quality evaluation: A review [J]. Food Reviews International, 2018 (3): 1-24.
- [19] 谷风林, 贾雯, 吴桂苹, 等. 4 种胡椒产品水煮后对滋味影响的电子舌分析 [J]. 热带作物学报, 2018, 39 (6): 1183-1189.
- [20] 乙丛敏, 杨茗媛, 申慧婷. 金枪鱼碎肉酶解液对巴马香猪肉风味和滋味的作用 [J]. 食品工业科技, 2018, 39 (3): 259-264.
- [21] 孙协军, 胡浩, 李秀霞, 等. 超声波辅助法提取中国对虾青素 [J]. 包装与食品机械, 2015, 33 (5): 13-18.
- [22] 冯芳. 酶法水解啤酒酵母 RNA 制备 5'-核苷酸工艺的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [23] 徐雪峰, 闫浩, 张玉, 等. 油茶籽中三个主要成分的提取及其活性研究进展 [J]. 包装与食品机械, 2018, 36 (4): 44-48.
- [24] 孙玉敬, 叶兴乾. 功率超声在食品中的应用及存在的声化效应问题 [J]. 中国食品学报, 2011, 11 (9): 120-133.
- [25] 艾子健, 吴龙, 高浩. 对旋风机两级叶轮等功率 R2 变转速试验研究 [J]. 流体机械, 2019, 47 (3): 1-5.
- [26] 刘丽艳, 石凯, 徐炜, 等. 同心圆排布管束流体弹性不稳定性模拟研究 [J]. 压力容器, 2019, 36 (5): 29-34.

作者简介: 步营 (1981), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为水产品加工及贮藏, E-mail: buying130@126.com。

通信作者: 朱文慧 (1982), 女, 博士, 副教授, 研究方向为水产品加工及贮藏, 通信地址: 121013 辽宁省锦州市松山新区科技路 19 号 渤海大学食品科学与工程学院, E-mail: wenhuiy130@163.com。

本文引用格式:

步营, 李月, 祝伦伟, 等. 不同处理方式对蓝蛤提取液核酸类物质及其风味的影响 [J]. 包装与食品机械, 2020, 38 (3): 7-12.