DOI:10.12441/spyswjs.20230225001 [文章编号] 1673-1689(2025)09-0118-11

煮制工艺对菲律宾帘蛤质构及鲜味保持的影响

于沛沛[1,2] 杨淑涵[1,2] 姜启兴[1,2*] 高 沛[1,2] 于晓娟[3] 李鹏一[3] 孙 毅[3] 李春烨[3]

(1. 江南大学食品学院,江苏 无锡 214122; 2. 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心,江苏 无锡 214122; 3. 丹东市正润食品有限公司,辽宁 丹东 118004)

摘要:【目的】探究菲律宾帘蛤(*Ruditapes philippinarum*)在煮制过程中的品质及鲜味变化。**【方法】**测定不同煮制工艺(煮制温度:85、90、95、100 ℃;煮制时间:1、2、3、4、5 min)对菲律宾帘蛤的煮制损失率、质构、氨基酸态氮、游离氨基酸、呈味核苷酸、糖原及感官品质的影响。**【结果】**煮制温度相同时,随着煮制时间延长,菲律宾帘蛤的煮制损失率和硬度呈上升趋势。在90、95 ℃下分别煮制1~5 min时,随着煮制时间延长,菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数总体呈下降趋势。相同温度下煮制1~4 min时,随着煮制时间延长,菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数总体呈下降趋势。煮制时间相同时,随着煮制温度升高,菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数和味精当量(EUC)总体呈下降趋势。煮制2 min时,糖原降解充分,因此琥珀酸的质量分数相对较高,鲜味呈现效果较好。菲律宾帘蛤在90 ℃下煮制2 min时,感官评定总分最高、鲜味得分较高。**【结论】**综合滋味与品质结果,确定菲律宾帘蛤在90 ℃煮制2 min时鲜味最佳。该研究可为煮制鲜食菲律宾帘蛤的加工品质和鲜味保持提供理论依据。

关键词:菲律宾帘蛤;煮制工艺;加工品质;鲜味保持

Effects of Cooking Processes on Texture and Umami Retention of *Ruditapes philippinarum*

YU Peipei[1,2] *YANG Shuhan*[1,2] *JIANG Qixing*[1,2*] *GAO Pei*[1,2] *YU Xiaojuan*[3] *LI Pengyi*[3] *SUN Yi*[3] *LI Chunye*[3]

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Wuxi 214122, China; 3. Dandong Zhengrun Food Co., Ltd., Dandong 118004, China)

Abstract: [**Objective**] This study aims to explore the quality and umami changes of *Ruditapes philippinarum* during cooking. [**Method**] The cooking loss rate, texture, amino acid nitrogen, free amino acids, flavor nucleotides, glycogen, and sensory quality of *Ruditapes philippinarum* were measured after cooking (at 85, 90, 95, and 100 ℃ for 1, 2, 3, 4, and 5 min). [**Result**] At the same cooking temperature, the cooking loss rate and hardness of *Ruditapes philippinarum* increased with the increase in cooking time. At the cooking temperatures of 90 and 95 ℃, the mass fractions of amino acid nitrogen in *Ruditapes philippinarum* generally presented a decreasing trend as the cooking time increased within 1 to 5 min. At the same cooking temperature, the mass fractions of umami amino acids in *Ruditapes philippinarum* generally showed a decreasing trend as the cooking time increased within 1 to 4 min. When the cooking time was the same, the mass fractions of umami amino acids and the equivalent umami concentration (EUC) in *Ruditapes philippinarum* generally exhibited a decreasing trend with the rise in cooking temperature. When cooked for 2 min, the glycogen was fully degraded, leading to a relatively high mass fraction of succinic acid and a good umami presentation. The total

基金项目:国家"十三五"重点研发计划项目(2020YFD0900704)。

通信作者:姜启兴(1977—),男,博士,教授,博士研究生导师,主要从事食品加工与保藏研究。E-mail:qixingj@163.com

收稿日期:2023-02-25 **修回日期:**2023-05-02

sensory evaluation score of *Ruditapes philippinarum* reached its highest, and the umami score was comparatively high after cooking at 90 ℃ for 2 min. [**Conclusion**] Based on results of taste and quality, it was determined that the best umami of *Ruditapes philippinarum* was achieved when cooked at 90 ℃ for 2 min. The findings provide a theoretical basis for the processing quality and umami retention in freshly cooked *Ruditapes philippinarum*.

Keywords: *Ruditapes philippinarum*; cooking process; processing quality; umami retention

菲律宾帘蛤即花蛤、杂色蛤[1]，属于软体动物门、双壳纲。根据2021年《中国渔业年鉴》的数据，蛤类养殖量占贝类的28.49%[2]，是重要的水产品之一[3-4]。菲律宾帘蛤富含蛋白质、不饱和脂肪酸、维生素等营养成分，含有的多糖和活性多肽可以有效降低血脂、提高人体免疫能力[5]。目前，国内外对菲律宾帘蛤的研究主要集中于养殖领域，加工方面的研究相对较少。现有的菲律宾帘蛤加工研究主要涉及营养成分分析、调味软罐头、杀菌过程褐变分析、即食肉糜加工、深度油炸工艺、热风干制工艺及抗氧化肽的开发等方面[6-9]。这些研究的关注点主要包括产品调味、开发以及加工工艺等方面。现阶段国内对菲律宾帘蛤的工业化生产仍以传统的蒸煮后速冻出口为主，传统工艺的处理温度高、时间久，对菲律宾帘蛤的品质影响较大。尽管已有研究探讨了加热时间对菲律宾帘蛤质构及烹煮液性质的影响[10-11]，但现有研究仅是从质构的角度出发，缺乏对产品滋味、口感等全方位的评价研究。

因此作者以菲律宾帘蛤为原料，以煮制损失率、质构剖面分析结果等为品质指标，游离氨基酸、呈味核苷酸的质量分数等为鲜味指标，系统研究不同煮制工艺对菲律宾帘蛤的质构、鲜味等的影响，旨在为开发质地优良、口味鲜美的高品质菲律宾帘蛤产品提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

菲律宾帘蛤（鲜活，3.5 cm×2.5 cm×2.0 cm左右，约150粒/kg）：无锡市滨湖区高浪路大润发超市；0.22 μm水系滤膜、三氯乙酸、甲醛、氢氧化钠、氯化钠、硫酸、蒽酮、高氯酸（试剂均为分析纯）：国药集团化学试剂有限公司；结晶紫中性红胆盐琼脂、平板计数琼脂培养基：青岛海博生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

微量电子秤：HK0147型，无锡恒康医疗科技有限公司；均质机：T10型，德国IKA公司；电热鼓风干燥箱：DHG-9070A型，上海一恒科学仪器有限公司；氨基酸分析仪：Agilent 1100型，美国安捷伦科技有限公司；pH计：FE28型，瑞士梅特勒-托利多公司；紫外可见分光光度计：UV-1800型，日本岛津公司；电热恒温水浴锅：DK-8AXX型，上海一恒科学仪器有限公司；超声波清洗机：KQ5200E型，昆山市超声仪器有限公司；物性分析仪：TA.XT.plus型，英国SMS公司；高效液相色谱仪：e2695型，美国Waters公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

鲜活的菲律宾帘蛤经隔夜吐沙（至海盐水清澈无沙粒），洗净，分别于85、90、95、100 ℃中煮制，煮制时间为1、2、3、4、5 min，开壳取肉。

1.3.2 煮制损失率测定

称取菲律宾帘蛤煮制前和煮制后沥干的质量以及壳的质量，计算菲律宾帘蛤的煮制损失率，见式（1）。

$$\beta=\frac{m_1-m_3}{m_1-m_2}\times 100\% \quad (1)$$

式中：

β——菲律宾帘蛤的煮制损失率，%；

m_1——菲律宾帘蛤煮制前的质量（肉的质量加壳的质量），g；

m_2——菲律宾帘蛤壳的质量，g；

m_3——菲律宾帘蛤煮制后的质量（肉的质量加壳的质量），g。

1.3.3 质构剖面分析

参照郭迅等[12]的方法并稍加修改。用P/30平底圆柱形探头对菲律宾帘蛤腹部组织进行2次TPA压缩模式测试。测试前速率2 mm/s、测试速率1 mm/s、测试后速率2 mm/s、压缩形变量35%、停留间隔时间5 s，每组样品测定6次，取平均值。

1.3.4 氨基酸态氮测定

参照GB 5009.235—2016测定。

1.3.5 糖原测定

参照温心怡[13]的方法并稍加修改。取0.03 g样品，加入0.3 mL质量浓度为0.3 g/mL的KOH溶

液，沸水浴 15 min，于冰水中迅速冷却，加入 20 mL 蒸馏水混匀，取 0.2 mL 待测液，加入 1 mL 质量分数为 0.2% 的蒽酮-硫酸溶液，沸水浴 15 min，在流动水下冷却 20 min，在 630 nm 下测定吸光度。

1.3.6 游离氨基酸测定

参照刘天天等[14]的方法并稍加修改。取 1 g 样品，用 0.05 g/mL 的三氯乙酸溶液定容至 25 mL，混匀后超声 20 min，静置 2 h，过滤，取 1 mL 滤液于 1.5 mL 离心管中，于 4 ℃、10 000 r/min 下离心 10 min，过 0.22 μm 水系滤膜，用高效液相色谱仪检测。

1.3.7 呈味核苷酸测定

参照郭宏慧等[15]的方法并稍加修改。取 3 g 样品于 50 mL 离心管中，加入 7.5 mL 体积分数为 6% 的高氯酸溶液，均质 2 min，于 4 ℃、10 000 r/min 下离心 10 min，取上清液。滤渣重复上述操作，合并滤液，用 1 mol/L 的 KOH 溶液调节 pH 至 6.5~6.8，再用去离子水将上清液定容至 50 mL，过 0.22 μm 水系滤膜，用高效液相色谱仪检测。

1.3.8 EUC 分析

鲜味氨基酸（包括天冬氨酸和谷氨酸）和呈味核苷酸（包括腺嘌呤核苷酸、鸟嘌呤核苷酸、次黄嘌呤核苷酸）协同作用所产生的鲜味强度用 EUC 表示，其含义是产生相同鲜味强度所对应的味精的质量分数，见式（2）。

$$E_{UC}=\sum_{i=1}^{n}a_ib_i+1\,218\times\left(\sum_{i=1}^{n}a_ib_i\right)\left(\sum_{j=1}^{m}a_jb_j\right) \quad (2)$$

式中：

E_{UC}——EUC，g/100 g；

n——鲜味氨基酸的种类数；

i——鲜味氨基酸的序号，i=1，2，…，n；

a_i——各鲜味氨基酸的质量分数，g/100 g；

b_i——各鲜味氨基酸的相对鲜味系数（天冬氨酸为 0.077、谷氨酸为 1.000）；

m——呈味核苷酸的种类数；

j——呈味核苷酸的序号，j=1，2，…，m；

a_j——各呈味核苷酸的质量分数，g/100 g；

b_j——各呈味核苷酸的相对鲜味系数（腺嘌呤核苷酸为 0.18、鸟嘌呤核苷酸为 2.30、次黄嘌呤核苷酸为 1.00）；

1 218——协同作用系数。

1.3.9 滋味强度值（TAV）分析

评价特定呈味物质对食品呈味的贡献时，常通过计算该呈味物质在食品中的质量分数与其呈味阈值的比值来进行分析，这种分析方法是 TAV 分析[14]。TAV>1 表示对食品的呈味贡献较大；TAV<1 表示对食品的呈味贡献较小。TAV 的计算方法见式（3）。

$$T_{AV}=\frac{C}{T} \quad (3)$$

式中：

T_{AV}——TAV；

C——呈味物质的质量分数，mg/100 g；

T——呈味物质的呈味阈值，mg/100 g。

1.3.10 感官评定

感官评定由 10 名经过专业培训的人员（男、女各 5 名）进行，分别对样品的外观、气味、鲜味、鲜后味、咸味和整体喜好度评分，分数取平均值。感官评定标准见表 1，感官评定的指标权重见表 2。

表 1 菲律宾帘蛤的感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for *Ruditapes philippinarum*

指标	标准	得分/分
外观	无悬浮物，汁液澄清	7~10
	略有悬浮物，汁液略浑浊	4~6
	有大量悬浮物，汁液浑浊明显	0~3
气味	气味较适宜	7~10
	腥味略重或略轻，略有酸味等刺激性气味	4~6
	腥味过重或过轻，酸味等刺激性气味严重	0~3
鲜味	鲜味较适宜	7~10
	鲜味略重或略轻，略有酸涩感等刺激性味道	4~6
	鲜味过重或过轻，酸涩感等刺激性味道严重	0~3
鲜后味	入口后，鲜味在口腔中的停留时间越长，分数越高	0~10
咸味	咸味较适宜	7~10
	咸味略重或略轻，略有酸涩感等刺激性味道	4~6
	咸味过重或过轻，酸涩感等刺激性味道严重	0~3
整体喜好度	非常喜欢	8~10
	比较喜欢	5~7
	一般喜欢	2~4
	不太喜欢	0~1

1.3.11 数据处理

数据以平均值±标准差表示，采用 Excel 2016 处理数据，Origin 2021 绘图，SPSS 26.0 分析显著性。

表2　菲律宾帘蛤的感官评定指标权重

Table 2　Weights of sensory evaluation indexes for *Ruditapes philippinarum*

指标	外观	气味	鲜味	鲜后味	咸味	整体喜好度
权重	0.10	0.10	0.25	0.15	0.15	0.25

2　结果与讨论

2.1　煮制工艺对菲律宾帘蛤煮制损失率及质构剖面分析的影响

煮制损失率是影响食品口感和质构的重要指标之一[16]，也直接影响产品的得率。煮制损失率过大会导致菲律宾帘蛤的质地过硬及鲜味氨基酸、游离核苷酸等鲜味成分的过度流失。由表3可知，煮制温度相同时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤的煮制损失率呈上升趋势。主要原因是：热处理使蛋白质变性，降低了菲律宾帘蛤的系水力，导致汁液流失和煮制损失率增加。

质构是影响食品口感和质地的重要指标之一[16]。由表3可知，煮制温度相同时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤的硬度呈上升趋势。煮制时间相同时，随着煮制温度升高，菲律宾帘蛤的硬度总体也呈上升趋势。原因是：煮制使菲律宾帘蛤体内的汁液流失，导致肌肉纤维组织失水收缩、紧实度增加，从而增大了菲律宾帘蛤的硬度。

表3　不同煮制工艺下菲律宾帘蛤的煮制损失率及质构剖面分析

Table 3　Cooking loss rate and texture profile analysis of *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

煮制温度/℃	煮制时间/min	煮制损失率/%	硬度/g	弹性/mm	咀嚼性/N
85	1	16.51±0.00^{j}	80.91±2.37^{l}	0.80±0.01^{f}	42.22±0.59^{j}
	2	26.57±0.10^{ghi}	98.24±3.12^{jkl}	0.84±0.01^{c}	61.54±2.45^{ij}
	3	36.06±0.01^{def}	106.14±2.98^{ijk}	0.84±0.01^{cd}	69.77±3.52^{hi}
	4	36.73±0.04^{def}	112.81±4.53^{hi}	0.89±0.01^{ab}	82.91±2.96^{gh}
	5	40.62±0.04^{cde}	143.43±3.91^{fg}	0.90±0.00^{a}	91.57±4.15^{fg}
90	1	24.74±0.07^{i}	85.24±4.23^{l}	0.82±0.00^{de}	43.44±3.23^{j}
	2	30.98±0.04^{fghi}	116.06±4.96^{hij}	0.88±0.02^{ab}	91.74±2.73^{fg}
	3	33.93±0.05^{efg}	151.11±20.39^{efg}	0.88±0.01^{ab}	107.17±28.28^{def}
	4	44.64±0.04^{abc}	176.26±24.18^{cd}	0.89±0.02^{ab}	122.97±6.42^{cd}
	5	48.64±0.01^{ab}	194.01±13.08^{c}	0.90±0.01^{a}	132.27±6.72^{bc}
95	1	32.65±0.01^{fgh}	88.67±4.73^{kl}	0.81±0.00^{ef}	49.30±3.59^{j}
	2	38.31±0.02^{cdef}	133.06±4.76^{gh}	0.89±0.00^{ab}	100.56±1.24^{efg}
	3	42.89±0.01^{bcd}	158.55±1.60^{def}	0.88±0.01^{ab}	106.16±1.57^{def}
	4	45.42±0.02^{abc}	171.01±0.67^{de}	0.89±0.00^{ab}	117.89±4.61^{cde}
	5	51.54±0.05^{a}	193.48±8.23^{c}	0.89±0.02^{ab}	127.28±19.11^{bc}
100	1	26.05±0.03^{hi}	114.54±4.58^{hij}	0.83±0.01^{cd}	81.42±12.81^{ghi}
	2	38.49±0.01^{cdef}	194.74±6.25^{c}	0.83±0.00^{cde}	104.16±11.28^{def}
	3	41.69±0.02^{bcde}	216.26±3.14^{b}	0.89±0.00^{ab}	142.98±2.15^{b}
	4	42.38±0.02^{bcd}	277.76±21.46^{a}	0.88±0.00^{ab}	183.08±13.99^{a}
	5	50.85±0.03^{a}	282.27±5.57^{a}	0.87±0.00^{b}	174.13±3.27^{a}

注：同一列不同的小写字母表示差异显著（P<0.05）。

适当的弹性可以赋予菲律宾帘蛤更好的口感，由表3可知，煮制1 min时菲律宾帘蛤的弹性较小。可能因为煮制时间短，菲律宾帘蛤的汁液流失较少，且蛋白质受热变性不完全，组织结构未能充分收紧。煮制温度相同，煮制1~2 min时，菲律宾帘蛤的弹性随煮制时间延长总体呈上升趋势；煮制4~5 min时，菲律宾帘蛤的弹性差异不显著（P>0.05）。咀嚼性是硬度和弹性协同作用的结果[17]，在不同的煮制工艺下，咀嚼性与硬度的变化趋势基本一致。

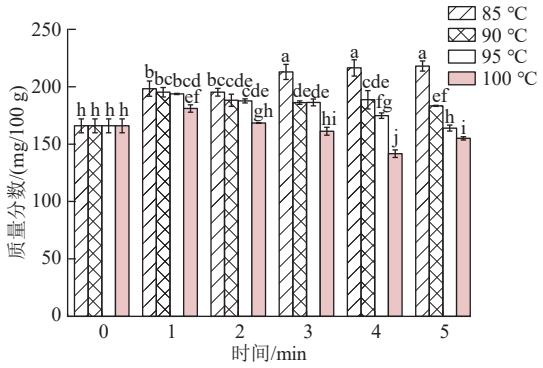
2.2　煮制工艺对菲律宾帘蛤中氨基酸态氮及糖原质量分数的影响

氨基酸态氮的质量分数不仅是衡量食品品质的关键指标之一，也可以间接反映游离氨基酸、多肽等鲜味物质的质量分数[18]。由图1(a)可知，煮制0~1 min，各煮制温度下菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数显著上升。可能的原因是：煮制初期，汁液流失较少，而蛋白质轻微变性，内源酶促进蛋白质降解，肽类和游离氨基酸的质量分数上升。85 ℃下煮制的菲律宾帘蛤中，氨基酸

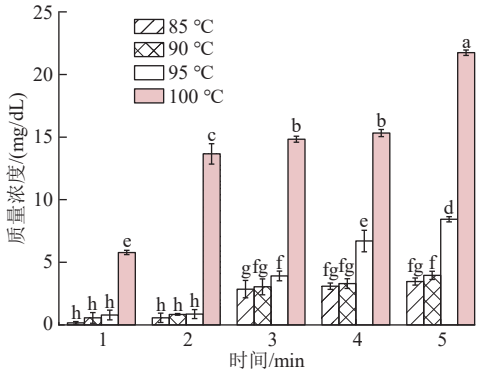
态氮的质量分数在2~3 min时随着煮制时间延长显著上升，在3~5 min变化不显著，这主要是由煮制过程中汁液流失引起的浓缩所致。90 ℃煮制的菲律宾帘蛤中，氨基酸态氮的质量分数在2~3 min时随着煮制时间延长轻微下降，但不显著。95、100 ℃煮制的菲律宾帘蛤中，氨基酸态氮质量分数在3~4 min时随着煮制时间延长显著下降。煮制时间相同时，95 ℃下煮制的菲律宾帘蛤中，氨基酸态氮的质量分数显著高于100 ℃煮制的菲律宾帘蛤。

由图1(b)可知，煮制时间相同时，随着煮制温度升高，煮制液中氨基酸态氮的质量浓度逐渐上升；煮制温度相同时，随着煮制时间延长，也有此趋势。在较高的温度下，蛋白质的结构发生变化，菲律宾帘蛤中的氨基酸态氮随着汁液流入煮制液中，因此煮制液中氨基酸态氮的质量浓度上升，而菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数下降。此外，在高温加热状态下，氨基酸中的化学键振动增强，分子结构更加松散，导致氨基酸态氮的氧化程度增加[19]，进而使菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数下降。

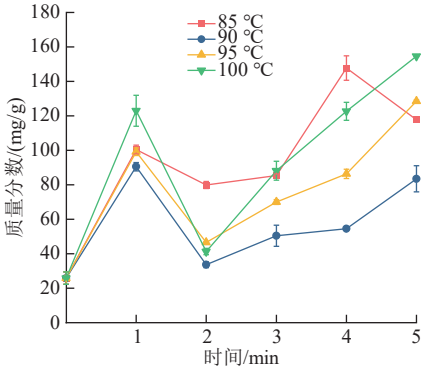
贝类中糖原的代谢过程主要产生琥珀酸，琥珀酸对鲜味的呈现作用较为突出，糖原含量高可能表明琥珀酸含量丰富[12]。由图1(c)可知，煮制后的菲律宾帘蛤中糖原的质量分数均高于生菲律宾帘蛤(煮制时间为0 min)，此结论与温心怡[13]的研究结果相似。可能的原因是：煮制过程中，菲律宾帘蛤因高温而失活，糖原的相关代谢随之终止。此外，菲律宾帘蛤的汁液流失会导致糖原浓缩，因此糖原的质量浓度升高。不同温度下煮制的菲律宾帘蛤中，煮制1~2 min时，随着煮制时间延长糖原的质量分数下降；煮制2 min时，糖原的质量分数最低；煮制2~5 min时，糖原的质量分数随着煮制时间延长呈上升趋势。这表明煮制2 min时糖原降解充分，因此琥珀酸的质量分数相对较高，鲜味呈现效果较好；煮制2 min



不同字母表示不同处理组间差异显著 (P<0.05)。
(a) 不同煮制温度及时间下菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数



不同字母表示不同处理组间差异显著(P<0.05)。
(b) 不同煮制温度及时间下煮制液中氨基酸态氮的质量浓度



(c) 不同煮制温度及时间下菲律宾帘蛤中糖原的质量分数

图1　生菲律宾帘蛤及不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中氨基酸态氮和糖原的质量分数

Fig. 1　Mass fractions of amino acid nitrogen and glycogen in raw *Ruditapes philippinarum* and *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

后，菲律宾帘蛤的温度升高到一定程度，糖原受热降解受阻，造成糖原积累。

2.3　煮制工艺对菲律宾帘蛤中游离氨基酸的影响

游离氨基酸是水产品中重要的呈鲜味物质之一[13]。由表4可知，煮制时间和煮制温度是影响菲律宾帘蛤中游离氨基酸质量分数和组成的关键因素。相同温度下煮制1~4 min时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数总体呈下

表4　生菲律宾帘蛤及不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的质量分数

Table 4　Mass fractions of free amino acids in raw *Ruditapes philippinarum* and the *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

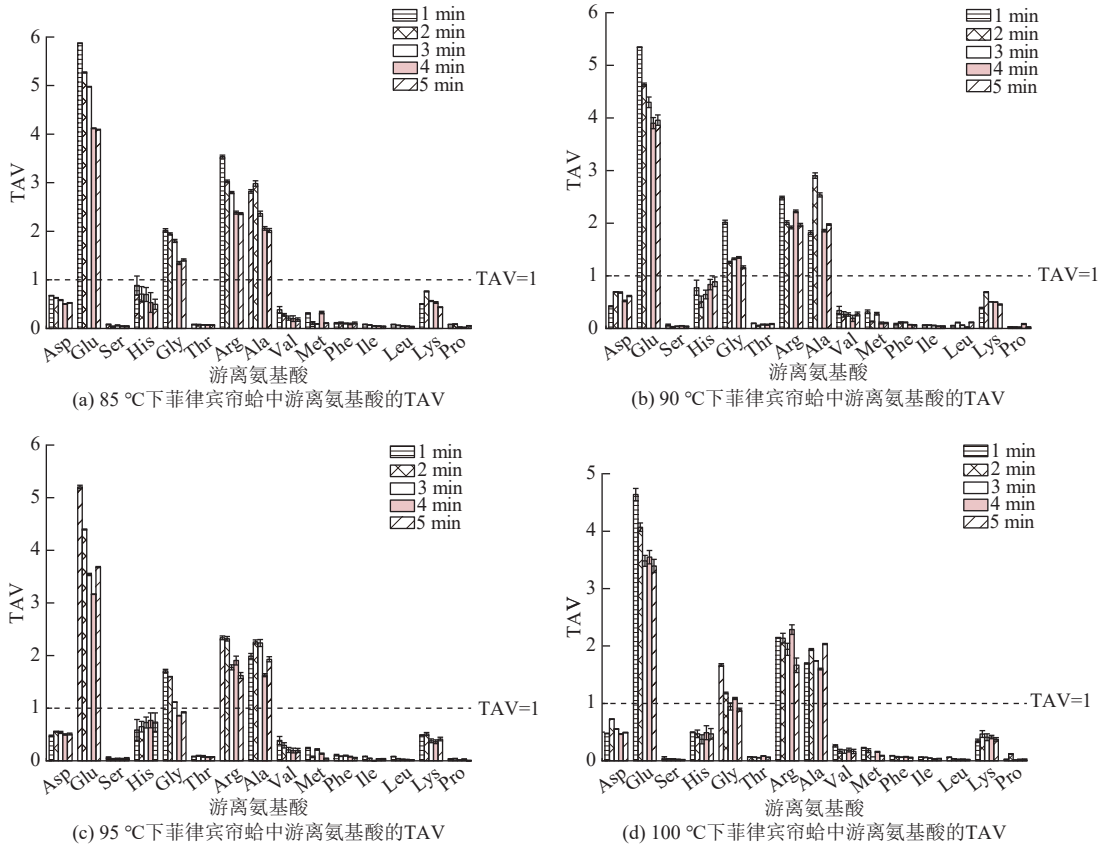
煮制温度/℃	煮制时间/min	质量分数/(mg/100 g)														*R*
		天冬氨酸#（Asp）	谷氨酸#（Glu）	组氨酸*（His）	甘氨酸#（Gly）	精氨酸*（Arg）	丙氨酸#（Ala）	缬氨酸*（Val）	甲硫氨酸*（Met）	苯丙氨酸*（Phe）	异亮氨酸*（Ile）	亮氨酸*（Leu）	鲜味氨基酸	苦味氨基酸	总氨基酸	
0	0	58.76±0.34	152.53±0.12	12.02±3.89	138.66±4.77	88.08±1.56	161.87±2.23	9.65±2.56	5.36±0.41	6.21±1.21	5.32±0.12	7.10±0.97	511.82±7.93^{f}	133.74±8.82^{i}	736.89±20.93^{j}	3.83±0.17^{a}
85	1	67.44±0.23	176.16±0.43	17.71±1.45	262.28±3.24	176.79±1.77	169.34±4.32	15.45±3.45	9.29±0.32	9.71±1.54	7.45±0.13	15.44±0.56	675.23±6.83^{a}	251.82±9.32^{a}	1 025.84±21.73^{a}	2.68±0.08^{hi}
	2	62.95±0.54	158.11±0.33	14.15±3.09	252.84±2.89	151.46±1.32	179.03±3.34	11.13±1.09	3.38±0.80	10.67±1.20	6.47±0.11	11.95±0.23	652.93±6.70^{b}	209.19±7.44^{b}	1 017.94±23.01^{b}	3.12±0.02^{def}
	3	58.49±0.89	149.28±0.14	13.99±2.90	234.29±3.87	139.87±1.08	141.83±3.12	8.56±1.67	2.85±0.12	9.22±0.76	4.74±0.21	9.41±0.66	583.90±7.62^{c}	188.64±6.92^{c}	883.06±23.51^{c}	3.10±0.08^{ef}
	4	50.23±0.65	123.62±0.26	10.68±4.05	175.04±4.06	119.17±1.52	123.69±2.21	8.04±2.32	9.84±0.72	8.36±1.46	4.22±0.18	8.47±0.95	472.58±6.78^{gh}	168.77±9.81^{d}	747.96±24.54^{i}	2.80±0.11^{gh}
	5	52.66±0.55	122.76±0.23	9.92±2.09	183.12±3.02	118.26±1.04	121.10±2.42	7.28±1.42	3.26±0.24	9.88±1.88	3.83±0.04	7.63±0.63	479.64±5.82^{g}	160.05±6.94^{ef}	750.48±19.76^{i}	3.00±0.40^{fg}
90	1	42.26±0.90	160.36±0.12	15.48±2.89	262.39±5.19	124.34±1.34	109.26±2.10	13.61±3.12	9.51±0.99	7.27±1.34	5.65±0.13	10.21±0.78	574.27±7.91^{c}	186.07±10.19^{c}	836.08±25.51^{d}	3.09±0.02^{ef}
	2	69.39±0.34	138.96±0.89	10.13±2.19	163.39±2.67	100.63±1.65	174.30±3.11	10.70±2.12	4.01±0.21	10.19±1.24	5.62±0.43	21.25±0.92	546.04±6.61^{d}	162.53±8.16^{de}	792.29±24.18^{f}	3.36±0.04^{bc}
	3	68.17±1.23	128.97±3.01	12.88±1.65	171.98±2.12	95.94±1.32	152.23±2.42	10.60±1.33	8.35±0.76	10.28±0.68	5.03±0.52	11.66±0.55	521.35±8.38^{ef}	154.74±6.41^{efg}	766.28±21.70^{h}	3.37±0.08^{bc}
	4	52.40±1.34	117.04±3.21	16.69±1.98	175.55±2.13	111.30±1.32	111.49±1.41	7.69±2.34	3.10±0.53	6.44±0.32	3.76±0.42	4.63±0.31	456.48±7.69^{hij}	153.61±6.82^{fgh}	711.58±23.13^{m}	2.97±0.31^{fg}
	5	61.61±1.05	118.76±2.93	17.75±1.83	151.10±3.53	98.29±1.50	118.48±0.82	11.00±1.42	3.11±0.38	5.46±0.85	3.62±0.82	21.62±1.44	449.95±7.93^{ij}	160.85±7.84^{def}	697.68±23.12^{n}	2.80±0.11^{gh}
95	1	47.44±1.23	156.16±0.98	11.71±3.98	222.28±3.87	116.79±1.76	119.34±3.03	15.45±3.09	7.29±0.32	9.71±1.23	7.45±0.09	15.44±0.23	545.22±8.71^{d}	183.84±9.21^{c}	809.84±23.37^{e}	2.97±0.02^{fg}
	2	55.28±0.88	131.88±0.31	12.98±2.01	207.86±0.21	115.92±2.13	135.47±2.42	11.76±2.03	2.29±0.41	7.78±0.43	4.05±0.22	7.53±0.53	530.49±3.42^{de}	162.31±7.36^{de}	778.68±19.97^{g}	3.27±0.03^{bcde}
	3	53.79±1.98	106.24±0.66	14.53±2.09	144.84±0.60	88.79±2.42	134.32±3.98	8.25±1.98	6.46±0.46	8.86±0.72	0.42±0.14	5.11±0.47	439.19±6.82^{j}	132.42±7.88^{ij}	648.92±24.18^{o}	3.32±0.01^{bcd}
	4	50.10±1.27	94.92±0.13	15.37±2.84	111.77±0.23	95.31±4.20	97.63±1.82	7.79±1.83	4.11±0.32	7.08±0.58	3.31±0.15	4.46±0.24	354.42±3.05^{l}	137.43±9.76^{i}	579.51±24.46^{s}	2.58±0.32^{i}
	5	50.91±1.83	110.39±0.31	14.72±3.51	119.81±1.42	81.05±2.84	115.79±2.99	7.85±1.58	1.24±0.23	5.07±0.62	3.19±0.52	3.43±0.24	396.90±6.15^{k}	116.55±8.14^{k}	590.10±21.93^{q}	3.41±0.21^{b}
100	1	47.57±0.35	139.16±3.21	9.92±0.13	217.12±3.01	107.08±0.34	101.88±0.42	10.63±1.00	6.83±0.21	8.00±0.42	5.74±0.01	11.61±0.28	505.73±6.59^{f}	159.81±1.87^{ef}	727.32±17.79^{l}	3.17±0.01^{cedf}
	2	72.68±0.35	122.07±2.21	9.40±1.34	153.51±2.01	106.85±4.20	116.35±0.98	6.66±1.38	5.30±1.02	6.20±0.58	5.34±0.08	6.61±0.31	464.61±5.15^{ghi}	146.36±8.54^{h}	731.96±21.05^{k}	3.18±0.01^{cedf}
	3	55.35±0.58	104.47±2.83	7.50±1.57	123.11±8.02	97.10±5.28	104.48±0.22	5.27±2.40	1.07±1.01	5.56±0.24	4.07±0.14	4.65±0.22	387.41±11.25^{k}	125.22±9.46^{j}	587.25±24.05^{r}	3.10±0.05^{ef}
	4	46.74±0.72	106.42±3.51	9.80±2.42	141.22±2.19	114.29±4.21	95.92±0.83	7.51±1.31	4.72±0.24	6.25±0.56	2.76±0.47	5.16±0.68	390.30±6.85^{k}	150.49±9.49^{gh}	620.33±21.19^{p}	2.59±0.51^{hi}
	5	49.17±0.42	101.82±3.48	9.39±1.85	115.48±3.59	83.25±6.30	122.04±0.53	6.51±1.52	2.66±0.24	4.94±0.68	3.36±0.34	4.32±0.35	388.51±7.62^{k}	114.43±10.78^{k}	565.55±23.43^{t}	3.40±0.19^{b}

注：煮制温度为0 ℃且煮制时间为0 min表示生菲律宾帘蛤；“#”表示鲜味氨基酸；“*”表示苦味氨基酸；*R*表示鲜味氨基酸与苦味氨基酸质量分数的比值；同一列中的不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。

降趋势，说明较长的煮制时间会使鲜味氨基酸降解或发生反应。煮制时间相同时，随着煮制温度升高，菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数总体呈下降趋势，说明高温煮制条件下，菲律宾帘蛤中的鲜味氨基酸易氧化或发生热降解反应，导致其质量分数下降[20]。

*R*越高表明鲜味掩盖苦味的整体作用效果越强，对鲜味的整体呈现效果越好。煮制 1~3 min 时，85 ℃下煮制的菲律宾帘蛤中的*R*低于其他温度下煮制相同时间的菲律宾帘蛤（100 ℃煮制 3 min除外）。煮制时间相同时，虽然 85 ℃煮制的菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数略高于其他处理组，但其鲜味的呈现效果可能并不好。90 ℃下煮制 2~3 min，95、100 ℃下煮制 5 min 时，*R*高于其他处理组。

食品中的鲜味氨基酸主要有 Glu、Ala、Gly、Asp[21]。由表 4 可知，不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中 Gly、Ala、Glu 的质量分数均较高。由图 2 可知，不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中 Ala、Glu 的 TAV 都远大于 1，推测两者是菲律宾帘蛤鲜味的主要贡献者。呈鲜甜味的 Gly 及呈苦味的 Arg 的 TAV 均基本大于 1，对菲律宾帘蛤的呈味也有重要的贡献。由此可知，鲜味氨基酸对菲律宾帘蛤鲜味的贡献十分重要。



(a) 85 ℃下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的TAV
(b) 90 ℃下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的TAV
(c) 95 ℃下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的TAV
(d) 100 ℃下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的TAV

图 2　不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中游离氨基酸的 TAV

Fig. 2　TAV of free amino acids in *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

2.4　煮制工艺对菲律宾帘蛤中呈味核苷酸的影响及 EUC 分析

核苷酸中腺嘌呤核苷酸（AMP）、鸟嘌呤核苷酸（GMP）、次黄嘌呤核苷酸（IMP）是食品中主要的呈鲜味物质[21]。由表 5 可知，菲律宾帘蛤在 85 ℃煮制 1~4 min 时，AMP 的质量分数随着煮制时间延长呈上升趋势。菲律宾帘蛤的煮制温度为 85 ℃时，GMP 的质量分数随煮制时间延长，呈先下降后上升的趋势。在相同温度下煮制 1~4 min 时，IMP 的质量分数随着煮制时间延长，呈下降趋势。煮制时间相同时，煮制温度较高（95、100 ℃）的菲律宾帘蛤中 IMP 的质量分数整体低

于煮制温度较低（85、90 ℃）的菲律宾帘蛤。在水产品中，三磷酸腺苷有2条降解途径：三磷酸腺苷→二磷酸腺苷→AMP→腺苷→次黄嘌呤核苷→次黄嘌呤和三磷酸腺苷→二磷酸腺苷→AMP→IMP→次黄嘌呤核苷→次黄嘌呤[12]。AMP质量分数上升可能是由于煮制过程中AMP脱氨酶活性下降，阻碍了AMP的降解。IMP的质量分数下降可能是其进一步降解成次黄嘌呤核苷和次黄嘌呤，这2种物质主要呈苦味[15]，因此可能会对菲律宾帘蛤鲜味的呈现产生影响。

AMP的质量分数大于100 mg/100 g时主要呈鲜味；GMP和IMP主要呈鲜味，且GMP的鲜味强度是IMP的2.3倍[14]。由表5可知，菲律宾帘蛤中AMP的质量分数均小于100 mg/100 g，因此对鲜味的作用效果并不明显。煮制1 min时，菲律宾帘蛤中GMP与IMP的质量分数之和高于其他处理组。85 ℃煮制1 min时，菲律宾帘蛤中GMP与IMP的质量分数之和高于其他处理组，为70.79 mg/100 g，其次为在95、90、100 ℃煮制1 min的菲律宾帘蛤。

从TAV角度看，煮制1 min时，菲律宾帘蛤中IMP的TAV均大于1，表明不同温度下煮制1 min时，菲律宾帘蛤中IMP的质量分数均已超过感官阈值，消费者能明确感受到鲜味。

EUC可以反映出鲜味氨基酸和呈味核苷酸的协同增鲜程度。由表5可知，菲律宾帘蛤在相同温度下煮制1~3 min时，随着煮制时间延长，EUC呈下降趋势，煮制3~5 min时无此趋势。煮制时间相同时，随着温度升高，菲律宾帘蛤的EUC总体呈下降趋势。但从TAV角度来看，所有煮制工艺下，菲律宾帘蛤中EUC的TAV均远大于1，表明菲律宾帘蛤有强烈的鲜味，但因远超感官阈值，消费者可能在感官上难以区分各组的鲜味差异。

表5　不同煮制工艺下菲律宾帘蛤中呈味核苷酸质量分数、EUC及TAV

Table 5　Mass fractions of flavor nucleotides, EUC, and TAV of *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

煮制温度/℃	煮制时间/min	质量分数/（mg/100 g）			EUC/（g/100 g）	TAV			
		AMP	GMP	IMP		AMP	GMP	IMP	EUC
0	0	66.60±3.02^{fg}	6.38±0.76^{a}	8.04±1.54^{ef}	6.80±0.34^{cd}	1.33±0.06^{fg}	0.51±0.06^{a}	0.32±0.06^{ef}	226.52±11.32^{cd}
85	1	12.63±1.90^{k}	5.52±1.37^{a}	65.27±0.99^{a}	17.91±0.54^{a}	0.25±0.04^{k}	0.44±0.11^{a}	2.61±0.04^{a}	596.92±18.12^{a}
	2	72.59±4.21^{ef}	3.05±0.24^{a}	10.94±2.03^{e}	6.32±0.42^{de}	1.45±0.08^{ef}	0.24±0.02^{a}	0.44±0.08^{e}	210.74±14.14^{de}
	3	76.67±2.73^{de}	2.72±1.22^{a}	3.07±0.21^{g}	4.49±0.58^{fgh}	1.53±0.05^{de}	0.22±0.10^{a}	0.12±0.01^{g}	149.65±19.20^{fgh}
	4	95.41±5.33^{a}	3.62±2.91^{a}	3.05±0.89^{g}	4.56±0.94^{fgh}	1.91±0.11^{ab}	0.29±0.23^{a}	0.12±0.04^{g}	152.00±31.23^{fgh}
	5	82.95±4.37^{bcd}	5.85±0.80^{a}	3.25±0.06^{g}	5.01±0.17^{fg}	1.66±0.09^{bcd}	0.47±0.06^{a}	0.13±0.00^{g}	167.13±5.53^{fg}
90	1	39.76±2.76^{i}	5.32±0.66^{a}	40.56±6.24^{c}	12.11±1.27^{b}	0.80±0.06^{i}	0.43±0.05^{a}	1.62±0.25^{c}	403.71±42.32^{b}
	2	88.00±6.59^{bc}	4.65±1.33^{a}	4.22±0.97^{fg}	5.55±0.71^{ef}	1.76±0.13^{bc}	0.37±0.11^{a}	0.17±0.04^{fg}	185.03±23.63^{ef}
	3	80.53±4.23^{d}	4.36±0.78^{a}	3.46±0.34^{fg}	4.71±0.51^{fgh}	1.61±0.08^{d}	0.35±0.06^{a}	0.14±0.01^{fg}	157.16±17.02^{fgh}
	4	83.21±5.12^{bcd}	6.15±2.11^{a}	3.29±0.23^{g}	4.91±0.95^{fg}	1.66±0.10^{bcd}	0.49±0.17^{a}	0.13±0.01^{g}	163.79±31.51^{fg}
	5	80.77±3.28^{cd}	3.84±0.13^{a}	2.26±1.11^{g}	3.98±0.23^{ghi}	1.62±0.07^{cd}	0.31±0.01^{a}	0.09±0.04^{g}	132.63±7.79^{ghi}
95	1	21.15±1.89^{j}	3.72±0.43^{a}	51.88±5.88^{b}	12.66±0.94^{b}	0.42±0.04^{j}	0.30±0.03^{a}	2.08±0.24^{b}	422.07±31.23^{b}
	2	89.38±1.51^{ab}	4.24±0.15^{a}	3.97±2.65^{fg}	5.08±0.50^{fg}	1.79±0.03^{a}	0.34±0.01^{a}	0.16±0.11^{fg}	169.28±16.52^{fg}
	3	76.30±4.72^{de}	4.51±1.34^{a}	2.09±0.29^{g}	3.64±0.47^{hi}	1.53±0.09^{de}	0.36±0.11^{a}	0.08±0.01^{g}	121.17±15.57^{hi}
	4	77.54±2.76^{de}	4.25±2.18^{a}	1.34±0.01^{g}	3.12±0.55^{i}	1.55±0.06^{de}	0.34±0.17^{a}	0.05±0.00^{g}	103.86±18.28^{i}
	5	72.32±3.82^{ef}	4.45±1.31^{a}	1.91±0.82^{g}	3.62±0.59^{hi}	1.45±0.08^{ef}	0.36±0.10^{a}	0.08±0.03^{g}	120.56±19.64^{hi}
100	1	47.75±0.52^{h}	3.52±0.35^{a}	26.44±3.45^{d}	7.64±0.49^{c}	0.95±0.01^{h}	0.28±0.03^{a}	1.06±0.14^{d}	254.66±16.35^{c}
	2	78.66±4.62^{de}	3.52±0.12^{a}	1.96±0.09^{g}	3.89±0.04^{ghi}	1.57±0.09^{de}	0.28±0.01^{a}	0.08±0.00^{g}	129.77±1.17^{ghi}
	3	64.29±0.82^{g}	4.29±1.43^{a}	1.87±0.01^{g}	3.19±0.38^{i}	1.29±0.02^{g}	0.34±0.11^{a}	0.07±0.00^{g}	106.37±12.79^{i}
	4	71.88±1.52^{ef}	4.61±0.05^{a}	1.63±0.02^{g}	3.48±0.10^{hi}	1.44±0.03^{ef}	0.37±0.00^{a}	0.07±0.00^{g}	116.04±3.18^{hi}
	5	65.99±1.38^{fg}	3.51±0.02^{a}	1.32±0.07^{g}	2.84±0.12^{i}	1.32±0.03^{fg}	0.28±0.00^{a}	0.05±0.00^{g}	94.76±4.15^{i}

注：煮制温度为0 ℃且煮制时间为0 min表示生菲律宾帘蛤；同一列中的不同字母表示差异显著（P<0.05）。

2.5　煮制工艺对菲律宾帘蛤感官指标的影响

由图 3 可知，不同煮制工艺下菲律宾帘蛤的外观及气味得分差异较小。85 ℃煮制的菲律宾帘蛤，其鲜味得分低于其他温度下煮制的菲律宾帘蛤，可能是由于此组菲律宾帘蛤的熟制程度低于其他处理组。

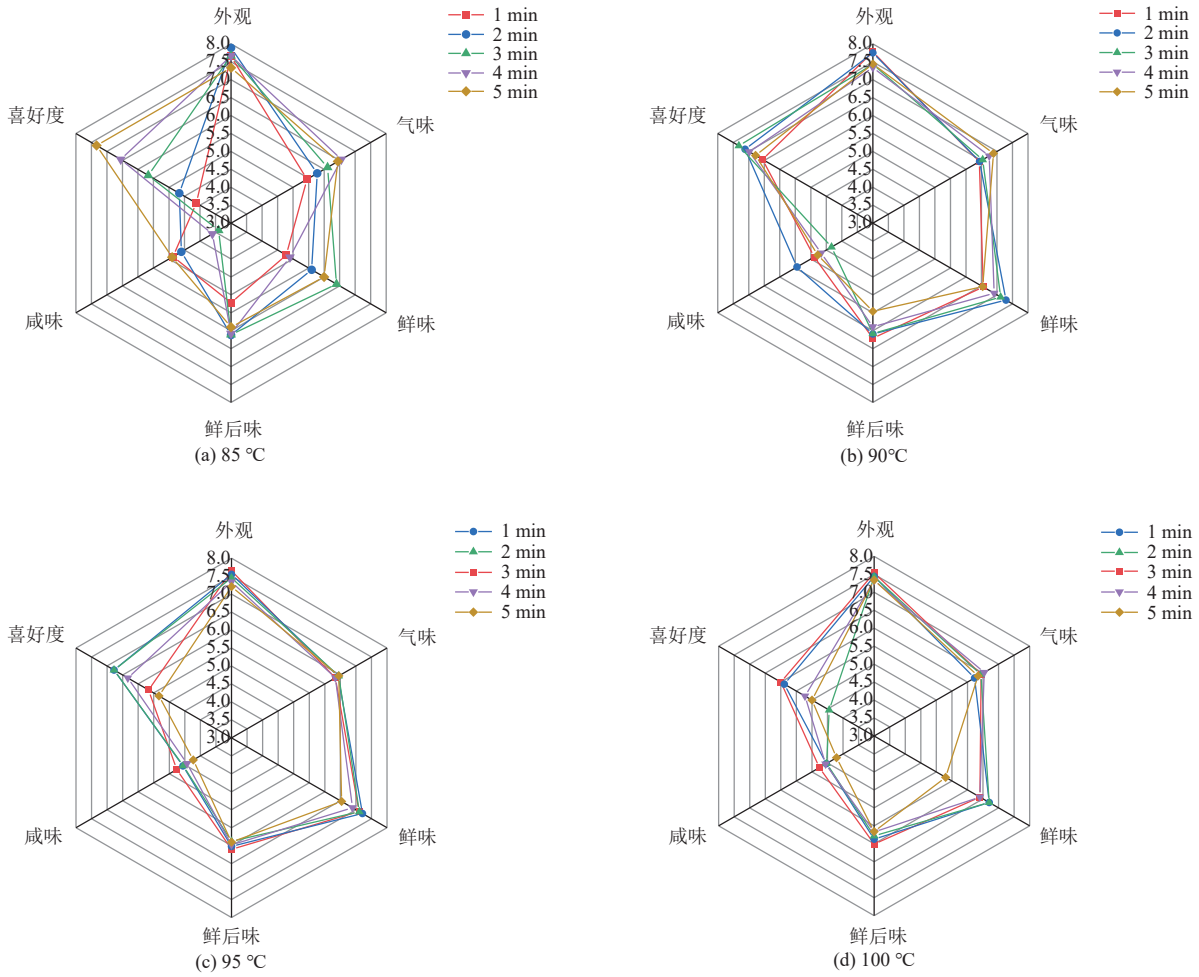


图 3　不同煮制工艺下菲律宾帘蛤的感官评定指标得分

Fig. 3　Scores of sensory evaluation indexes of *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

不同煮制工艺下菲律宾帘蛤的感官评定总分见图 4。90 ℃煮制的菲律宾帘蛤，其感官评定总分较高，85 ℃煮制的菲律宾帘蛤，其感官评定总分较低，此结果与游离氨基酸、核苷酸和 EUC 的结果相反，可能是由于煮制温度过低时菲律宾帘蛤的熟制程度不够，口感相对较差。100 ℃煮制的菲律宾帘蛤，其感官评定总分也相对较低，可能是由于温度过高，菲律宾帘蛤的硬度、咀嚼性过大，使消费者体验感不佳。90 ℃煮制 2 min 时，菲律宾帘蛤的感官评定总分最高，为 6.75 分，由图 3 可知其鲜味得分也较高。

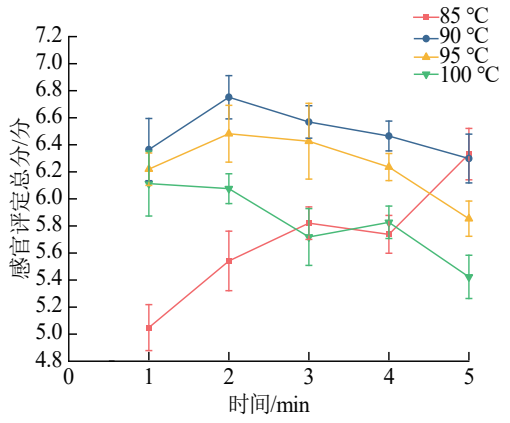


图 4　不同煮制工艺下菲律宾帘蛤的感官评定总分

Fig. 4　Total sensory evaluation scores of *Ruditapes philippinarum* under different cooking processes

3 结论

煮制温度相同时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤的煮制损失率和硬度呈上升趋势。相同温度下，煮制1~2 min时，菲律宾帘蛤的弹性随煮制时间延长总体呈上升趋势，而煮制4~5 min时，菲律宾帘蛤的弹性差异不显著。在90、95 ℃下分别煮制1~5 min时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤中氨基酸态氮的质量分数总体呈下降趋势。煮制时间相同时，随着煮制温度升高，煮制液中氨基酸态氮的质量浓度逐渐上升；煮制温度相同时，随着煮制时间延长，煮制液中氨基酸态氮的质量浓度也有此趋势。

相同温度下煮制1~4 min时，随着煮制时间延长，菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数总体呈下降趋势。煮制时间相同时，随着煮制温度升高，菲律宾帘蛤中鲜味氨基酸的质量分数和EUC总体呈下降趋势。Ala和Glu可能是菲律宾帘蛤鲜味的主要贡献者。煮制1~3 min时，85 ℃煮制的菲律宾帘蛤中R低于其他温度下煮制相同时间的菲律宾帘蛤（100 ℃煮制3 min除外）。煮制1 min时，菲律宾帘蛤中GMP与IMP的质量分数之和高于其他处理组，85 ℃煮制时最高，为70.79 mg/100 g。

煮制2 min时，糖原降解充分，因此琥珀酸的质量分数相对较高，鲜味呈现效果较好。感官评定结果显示，90 ℃煮制的菲律宾帘蛤，其感官评定总分较高，此温度下煮制2 min时总分最高，此时鲜味得分也较高。综合滋味与品质结果，最终确定以90 ℃煮制2 min时鲜味最佳。本研究可为煮制鲜食菲律宾帘蛤的加工品质和鲜味保持提供理论依据。

参考文献

[1] 吴云霞，梁健，闫喜武，等. 菲律宾蛤仔营养成分分析与评价[J]. 营养学报，2012，34(4)：409-410，413.
WU Y X，LIANG J，YAN X W，et al. Analysis of the nutritional components of Manila clam *Ruditapes philippinarum*[J]. Acta Nutrimenta Sinica，2012，34(4)：409-410，413.(in Chinese)

[2] 韩昱梁，章超桦，郑惠娜，等. 菲律宾蛤仔高温杀菌过程中褐变原因分析及护色工艺优化[J]. 食品科技，2022，47(3)：141-148.
HAN Y L，ZHANG C H，ZHENG H N，et al. Analysis of browning causes during high temperature sterilization of *Ruditapes philippinarum* and optimization of color protection process[J]. Food Science and Technology，2022，47(3)：141-148.(in Chinese)

[3] 周红，谷晶，朱弦一，等. 盐度和亚硝酸盐氮胁迫对菲律宾蛤仔“斑马蛤2号”和莆田群体代谢的影响[J]. 大连海洋大学学报，2023，38(4)：630-636.
ZHOU H，GU J，ZHU X Y，et al. Synergistic stress of salinity and nitrite on metabolism of “Zebra 2” and Putian population of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*)[J]. Journal of Dalian Ocean University，2023，38(4)：630-636.(in Chinese)

[4] 姜娓娓，房景辉，蔺凡，等. 胶州湾菲律宾蛤仔生态容量评估及其碳汇功能[J]. 渔业科学进展，2022，43(5)：61-71.
JIANG W W，FANG J H，LIN F，et al. Evaluation of ecological carrying capacity and functions of Manila clam，*Ruditapes philippinarum* in Jiaozhou Bay[J]. Progress in Fishery Sciences，2022，43(5)：61-71.(in Chinese)

[5] 汤梦瑶. 菲律宾蛤仔不同组分多糖理化性质及活性研究[D]. 大连：大连海洋大学，2018.

[6] 路海霞，吴靖娜，许旻，等. 菲律宾蛤仔调味软罐头的工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报，2017，8(4)：1240-1247.
LU H X，WU J N，XU M，et al. Processing technology of *Ruditapes philippinarum* soft canned products[J]. Journal of Food Safety & Quality，2017，8(4)：1240-1247.(in Chinese)

[7] 程颖，王欣之，吴皓，等. 江苏产菲律宾蛤仔提取物的抗疲劳作用[J]. 食品与生物技术学报，2017，36(1)：51-55.
CHENG Y，WANG X Z，WU H，et al. Anti-fatigue effect of the extract from *Ruditapes philippinarum* cultivated in Jiangsu province[J]. Journal of Food Science and Biotechnology，2017，36(1)：51-55.(in Chinese)

[8] LIU Z Y，ZHOU D Y，RAKARIYATHAM K，et al. Impact of frying on changes in clam (*Ruditapes philippinarum*) lipids and frying oils：compositional changes and oxidative deterioration[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society，2019，96(12)：1367-1377.

[9] LIU Z Y，ZHOU D Y，ZHOU X，et al. Effect of various hot-air drying processes on clam *Ruditapes philippinarum* lipids：composition changes and oxidation development[J]. Journal of Food Science，2018，83(12)：2976-2982.

[10] 李林格，申永奇，佟长青. 烹煮时间对菲律宾蛤仔质构及烹煮液性质影响的研究[J]. 食品工业科技，2015，36(1)：353-355，360.
LI L G，SHEN Y Q，TONG C Q. Effects of boiling time on texture of *Ruditapes philippinarum* and characteristic

of its boiled liquids[J]. Science and Technology of Food Industry,2015,36(1):353-355,360.(in Chinese)

[11] 刘文钊. 菲律宾蛤仔抗氧化肽的制备及其活性研究[D]. 福州:福建农林大学,2015.

[12] 郭迅,曾名湧,董士远. 牡蛎蒸煮过程中的品质变化[J]. 食品科学,2021,42(5):24-31.
GUO X,ZENG M Y,DONG S Y. Quality changes of oysters during steaming[J]. Food Science,2021,42(5):24-31.(in Chinese)

[13] 温心怡. 红壳文蛤风味品质特性及传代对风味的影响[D]. 无锡:江南大学,2021.

[14] 刘天天,梁中永,范思华,等. 北海沙蟹特征滋味成分的分析[J]. 食品科学,2018,39(14):236-241.
LIU T T,LIANG Z Y,FAN S H,et al. Analysis of characteristic taste components of soldier crab (*Mictyris brevidactylus*)[J]. Food Science,2018,39(14):236-241.(in Chinese)

[15] 郭宏慧,杨方,高沛,等. 不同养殖水域中华绒螯蟹滋味差异分析[J]. 渔业科学进展,2022,43(2): 215-227.
GUO H H, YANG F, GAO P,et al. Analysis of flavor compounds of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) from different regions[J]. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(2): 215-227.(in Chinese)

[16] 黄海,吴贵业,江注君,等. 蒸煮加工对香港牡蛎质构特性的影响[J]. 食品科技,2019,44(9):153-159.
HUANG H, WU G Y, JIANG Z J, et al. Effects of steaming and boiling processing on texture of *Crassostrea hongkongensis*[J]. Food Science and Technology,2019,44(9):153-159.(in Chinese)

[17] 刘新然,李海露,李学鹏,等. 杀菌方式对卤制风味四角蛤蜊产品贮藏品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(22):8210-8218.
LIU X R, LI H L, LI X P,et al. Effects of sterilization methods on the storage quality of marinated *Mactra quadrangularis*[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020,11(22):8210-8218.(in Chinese)

[18] 油卉丹,毛健,周志磊. 不同种类大米黄酒酿造的差异性分析[J]. 食品与生物技术学报,2019,38(3):39-45.
YOU H D, MAO J, ZHOU Z L. Characteristics of Chinese rice wine with different varieties of rice[J]. Journal of Food Science and Biotechnology,2019,38(3):39-45.(in Chinese)

[19] 罗伟,段振华,刘小兵. 贻贝煮汁酶解液美拉德反应条件优化及其产物氨基酸组成分析[J]. 食品科学,2014,35(24):40-44.
LUO W, DUAN Z H, LIU X B. Optimization of Maillard reaction for enzymatic hydrolysates from mussel juice and amino acid composition analysis[J]. Food Science,2014,35(24):40-44.(in Chinese)

[20] 龚婷,赵思明,熊善柏,等. 蒸煮工艺对米饭蛋白质及氨基酸的影响[J]. 中国粮油学报,2008,23(4):14-17.
GONG T, ZHAO S M, XIONG S B, et al. Effect of cooking technology on protein nutrition quality of cooked rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2008,23(4):14-17.(in Chinese)

[21] 张佳男,王华阳,SUN-WATERHOUSE Dongxiao,等. 鲜味肽与增鲜肽及其加工特性研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2022,41(7):12-23.
ZHANG J N, WANG H Y, SUN-WATERHOUSE D X, et al. Umami peptides and umami-enhancing peptides and their applications during food processing[J]. Journal of Food Science and Biotechnology,2022,41(7):12-23.(in Chinese)

(责任编辑:金文苑)