

花甲螺酱加工过程中风味形成规律及品质特性研究

陈玥贝¹, 梁景皓¹, 王保灿¹, 佟智明², 佟信倬², 佟信任², 龚受基^{1*}

¹北部湾海产健康养殖与绿色加工实验室, 广西壮族自治区海洋食品营养与加工技术创新工程研究中心, 北部湾大学食品工程学院, 广西 钦州

²防城港市陆海顺达食品有限公司, 广西 防城港

收稿日期: 2026年5月28日; 录用日期: 2026年7月1日; 发布日期: 2026年7月13日

摘要

为探究花甲螺酱加工过程中的风味形成规律及品质特性, 本研究以花甲螺肉为原料, 采用三种前处理工艺: 焯水、嫩肉粉腌制和酵母菌发酵, 结合炒制、装罐和灭菌等工序制备花甲螺酱。通过电子鼻技术分析不同工艺条件下产品的挥发性香气成分, 利用质构仪测定其硬度、弹性和咀嚼性等特性, 并结合感官评定法综合评价产品品质。结果表明, 电子鼻主成分分析(PCA)和载荷分析(LA)显示, 花甲螺酱的香气成分众多, 对区分花甲螺酱贡献最大的传感器响应信号化合物为烷烃类、氮氧化物类和芳香族。不同前处理工艺显著影响产品的香气特征和质构特性。其中, 经1%嫩肉粉腌制30分钟后炒制的花甲螺酱(B组)色泽红亮、风味协调、质地适中, 感官评分最高(84.0分), 且质构特性优于其他处理组。综上所述, 嫩肉粉腌制处理可有效改善花甲螺酱的香气品质与质构特性, 为花甲螺酱的工业化生产和品质控制提供了理论依据。

关键词

花甲螺酱, 风味形成规律, 电子鼻, 质构特性, 感官评定

Study on the Aroma Formation Pattern and Quality Characteristics of *Paratapes undulatus* Sauce during Processing

Yuebei Chen¹, Jinghao Liang¹, Baocan Wang¹, Zhiming Tong², Xinzhuo Tong², Xinren Tong², Shouji Gong^{1*}

¹Laboratory of Beibu Gulf Marine Product Healthy Aquaculture and Green Processing, Guangxi Zhuang Autonomous Region Engineering Research Center of Marine Food Nutrition and Processing Technology

*通讯作者。

文章引用: 陈玥贝, 梁景皓, 王保灿, 佟智明, 佟信倬, 佟信任, 龚受基. 花甲螺酱加工过程中风味形成规律及品质特性研究[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(4): 463-473. DOI: 10.12677/hjfn.2026.154050

Abstract

This study investigates the flavor formation patterns and quality characteristics during the processing of *Paratapes undulatus* sauce, utilizing *Paratapes undulatus* meat as the raw material. Three pretreatment methods were employed: blanching, tenderizer marination, and yeast fermentation. These methods were combined with stir-frying, canning, and sterilization processes to prepare the sauce. The volatile aroma components of the products under different processing conditions were analyzed using electronic nose technology, while a texture analyzer was employed to measure hardness, elasticity, chewiness, and other characteristics. Product quality was comprehensively evaluated through sensory assessment. Results indicated that principal component analysis (PCA) and loading analysis (LA) of electronic nose data revealed numerous main aroma components in the sauce, with alkanes, nitrogen oxides, and aromatic compounds being the sensor response signal types that contributed the most. Different pretreatment methods significantly influenced the product's aroma profile and texture properties. Notably, the stir-fried clam sauce (Group B), marinated with 1% meat tenderizer for 30 minutes, exhibited a bright red color, well-balanced flavor, and moderate texture, achieving the highest sensory score of 84.0 points. Its textural properties were also superior to those of other treatment groups. In conclusion, meat tenderizer marination effectively enhances the aroma quality and textural characteristics of clam sauce, providing a theoretical basis for the industrial production and quality control of clam sauce.

Keywords

Paratapes undulatus, Aroma Formation Pattern, Electronic Nose, Texture Properties, Sensory Evaluation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

花甲螺(*Paratapes undulatus*), 俗称“花蛤”, 属于软体动物门海洋生物, 因其外壳有形似水波的纹路, 又被命名为“波纹巴非蛤”, 是我国养殖最多的贝类品种之一。花甲螺肉质细嫩, 是一种滋味鲜美、营养价值高的健康海洋食品。其体内的各种生物活性物质如多糖、小分子肽等更是受到了国内外众多研究学者的青睐[1]。花甲螺出肉率高达 35.73%, 富含人体所需的 18 种氨基酸, 香气成分丰富, 滋味具有海产品特有的鲜甜。其螺肉含有丰富的不饱和脂肪酸, 其中不饱和脂肪酸(UFA)含量占总脂肪酸含量的 51.9%, 并以 EPA、DHA 等必需不饱和脂肪酸为主, 对调节血脂、促进人体脑细胞的形成、增强人体记忆力有着重要的作用。花甲螺肉中 Ca、Fe 等有益矿物质含量丰富, 是人体较好的无机盐和微量元素来源, 因此花甲螺具有较高的营养含量和健康益处。随着市场需求的不断增长, 我国花甲螺养殖规模在广西北海、广东等沿海城市迅速扩大, 已经成为我国南方沿海地区的重要经济贝类。我国北部湾沿海城市花甲螺产量巨大, 但目前市场上以鲜销为主, 加工产品较为单一, 多为热风干制品, 产品附

加值较低, 因此, 合理开发利用花甲螺资源具有重要的现实意义。花甲螺的香气由多种风味物质相互作用而成, 其挥发性成分是构成花甲螺特征风味的主要物质。研究花甲螺的风味形成规律, 有利于开发具有花甲螺鲜香的调味品、酱料等产品[2]。本实验将以花甲螺酱为对象, 研究其香气成分, 分析加工过程中香气的变化规律, 总结香气成分的形成机制, 为花甲螺酱加工与贮藏中的香气保持提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 材料与设备

花甲螺肉, 购于钦州市水东农贸市场; 酵母菌, 桂林恭城清泉酒业有限责任公司; 嫩肉粉, 广州市天河区前进食品厂; 豆豉, 四川省川南酿造有限公司; 十三香, 驻马店市王守义十三香调味食品集团有限公司; 食用植物调和油, 益海嘉里食品营销有限公司; 酱油, 广东厨邦食品有限公司; 花生、洋葱、香菇、香葱、红椒、大蒜、生姜、白糖、料酒、食盐, 均购于深圳美团优选科技有限公司(钦州分公司)。

HH-S2 数显恒温水浴锅, 江苏金怡仪器有限公司; ME204E 电子天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; WD7A-419 质构仪, 广州市博勒飞粘度计质构仪技术服务有限公司; PEN3 电子鼻, 北京盈盛恒泰科技有限公司。

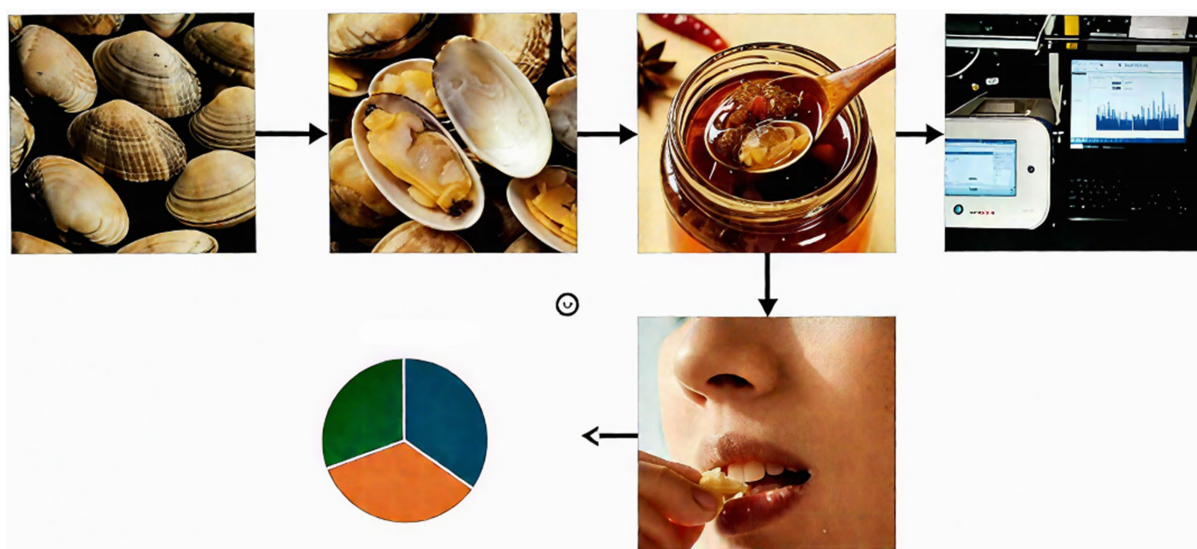


Figure 1. Research technology roadmap

图 1. 研究技术路线图

2.2. 实验方法

研究技术路线见图 1, 本实验以新鲜的花甲螺肉(D 组)为原料, 挑选肉质坚实饱满、具有浓郁香气的花甲螺肉, 洗涤滤净后将其进行焯水, 焯水后的花甲螺肉为 E 组。其余花甲螺肉用于炒制。将用于炒制的花甲螺肉分成 A、B、C 三份, 分别进行焯水、添加嫩肉粉腌制、添加酵母菌发酵处理后利用电子鼻、质构仪检测技术进行检测, 分析三种不同工艺条件炒制的花甲螺酱的香气成分和质构特性的变化规律, 并进行感官评定, D、E 两种花甲螺不进行炒制不进行感官评定。

2.2.1. 工艺流程

各种材料经过不同处理, 在不同时间点取样检测(图 2)。

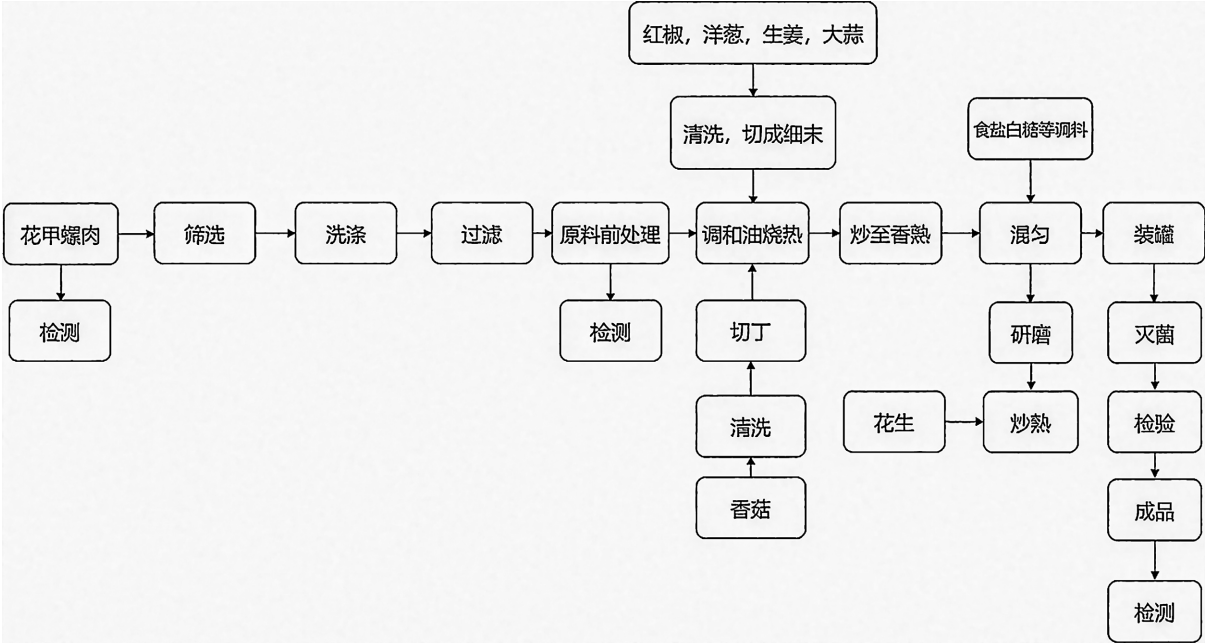


Figure 2. Process flow
图 2. 花甲螺酱生产工艺流程

2.2.2. 原料前处理

花甲螺肉洗涤滤净，然后进行焯水处理。取经过焯水处理的花甲螺肉，按质量分数加入嫩肉粉或酵母粉处理。嫩肉粉按质量的 1%添加，在 30℃左右的温度下腌制 30 min；酵母菌按质量的 0.5%添加，在 30℃的条件下恒温发酵 24 h。

花甲螺预处理后，对实验样品进行不同处理，部分焯水花甲螺直接进行炒制(A 组)、焯水后用嫩肉粉腌制后炒制(B 组)、焯水后用酵母菌发酵再炒制(C 组)、清洗干净后不焯水不处理(D 组)、清洗干净后焯水不炒制(E 组)，见表 1。

Table 1. Technological conditions
表 1. 工艺处理及分组

分组	工艺
A	焯水 - 炒制
B	焯水 - 嫩肉粉腌制 - 炒制
C	焯水 - 酵母菌发酵 - 炒制
D	无处理
E	焯水(不炒制)

2.2.3. 调配炒制

将调和油加热至 150℃左右，放入香葱炸香，捞出，加入称量好的红菜椒、洋葱、生姜、大蒜炒制 2 min，将温度调至 100℃左右，分别加入处理好的花甲螺肉、香菇炒制约 20 min。加入称量好的花生碎、食盐、料酒、生抽、白糖、豆豉、十三香炒制 2 min，拌匀出锅。A、B、C 组原料分别按上述工艺炒制，D 为生螺肉不炒制、E 仅焯水不炒制。

2.2.4. 装罐

将空罐用去离子水清洗，放入烘箱烘干。将制作好的花甲螺酱装入罐中并预留顶隙 0.8 cm 左右，接着采用加热排气法进行排气以减少罐内空气，排气时长 5 min，排气完成后旋紧罐盖。

2.2.5. 灭菌冷却

灭菌条件为 121℃/15 min。采用反压冷却法将罐头进行冷却，防止胀罐。

3. 感官评定与分析

3.1. 感官评定

在班级中选择味觉、嗅觉、视觉、触觉等基础分辨能力较好的学生进行系统感官培训，从中筛选出 6 名感官能力敏锐的学生组成感官评价小组，对酱料的色泽、风味和外观进行评价。评审人员先是对产品进行外观和色泽观察，再进行产品的风味评审。评审小组对 A、B、C 三组实验产品以产品的色泽、风味、外观三个感官指标进行感官评定，根据产品的色泽明亮与光泽效果，风味鲜香程度、有无异味，外观螺肉与辅料配比关系、有无异物为评分标准，评分为 100 分制，结果最终以评审小组给出评分的平均值表示，结果保留两位小数，感官分数评定方案见表 2。

Table 2. Sensory evaluation standard
表 2. 感官评定标准[13]

项目	标准	分值(分)
色泽	颜色红亮，有光泽	20~30
	颜色较暗，无光泽	10~20
	颜色十分暗淡，无光泽	0~10
风味	咸香可口，有香菇和花甲螺的鲜香味，气味协调，无苦、腥味，无焦糊味	35~50
	滋味一般，香味较淡，无其他异味	20~35
	过咸，甚至有焦糊味	0~20
外观	螺肉和辅料比例适宜，无异物，无霉变	15~20
	螺肉占比过多，酱较稠或较稀，无异物，无霉变	10~15
	酱体不均匀，有异物，产生霉变	0~10

3.2. 电子鼻分析

电子鼻又称人工嗅觉系统，以特定的传感器和模式识别系统快速识别简单和复杂的气味，其中气体传感器由 10 个金属氧化物半导体型化学传感元件组成，每个传感器分别对应不同敏感物质，能够对特定敏感物质产生电信号响应(表 3)。称取 20 g 样品于 50 mL 烧杯中，用保鲜膜封口，在 25℃的室温下平衡 30 min 后进行检测。检测参数为：清洗时间 150 s，稳定时间 10 s，检测时间 150 s，每组样品做三个平行实验。检测完成后采用设备自带的 WinMuster 软件对样品中挥发性气味的指标信息进行主成分分析(PCA)等分析[3]。

3.3. 质构分析

参考文献[4]进行各组花甲螺肉的质构检测，选择 TA-SBA 探头，预测试速度 1.0 mm/s，测试速度 1.0 mm/s，触发力 5.0 g。选择大小均匀、无缺损花甲螺肉，安置于检测平台上进行检测，每组平行 5 次。

Table 3. Sensitive substance of PEN3 electronic nose sensor [13]
表 3. PEN3 电子鼻传感器敏感物质[13]

传感器	传感器名称	敏感成分
1	W1C	芳烃化合物
2	W5S	氮氧化物
3	W3C	氨类、芳香成分
4	W6S	氢气
5	W5C	短链烷烃
6	W1S	烷类
7	W1W	硫化化合物
8	W2S	部分芳香族化合物
9	W2W	芳烃化合物，硫的有机化合物
10	W3S	烷类和脂肪族

4. 实验结果与讨论

4.1. 感官评定

评审小组根据表 2 的评定标准对实验产品进行评分，最终结果取平均值，各组得分分别为 A 组 83.17 分、B 组 84.00 分、C 组 72.67 分，A 组与 B 组得分无明显差异，C 组与 A 组、B 组差别较大。D、E 两组未经炒制，没有参与感官评价(图 3)。感官评价表明 B 组样品颜色红亮有光泽、滋味鲜香可口、组织状态稳定，评分最高。A 组颜色略暗，滋味不突出，组织状态尚可；C 组颜色灰暗，滋味不突出，没有花甲螺肉香。A 组未经酶解或发酵处理，结构致密，外观整齐紧致，能较好保持食材外观形态。嫩肉粉主要有效作用成分是木瓜蛋白酶，能够催化切断蛋白质分子链，破坏花甲螺中坚硬蛋白网络结构，改善感官体验[5]。花甲螺肉经过嫩肉粉腌制，螺肉肌纤维蛋白分子在酶的催化作用下水解，蛋白纤维结构变化，变得松弛，口感柔和，感官评价较高[6]。而且酶解产生的氨基酸赋予鲜甜滋味，氨基酸和还原性多糖在高温炒制中发生美拉德反应生成多种香气成分增加味觉得分[7]。

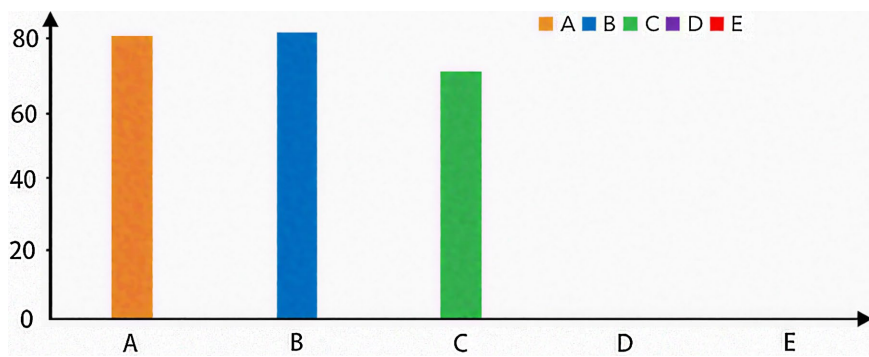


Figure 3. Sensory evaluation score of clam sauce
图 3. 螺酱感官评价得分

4.2. 电子鼻检测

4.2.1. 主成分分析(PCA)

电子鼻(Electronic Nose)，又称人工嗅觉系统或气味指纹分析仪，是一种模仿哺乳动物嗅觉系统，内

置的 10 个传感器对于不同气味信号的响应程度各不相同,能识别、检测和分析气体与复杂气味。本实验利用电子鼻对样品的整体轮廓进行描述,分析了不同制作过程、不同工艺条件下花甲螺酱的气味差异和主要香气成分。不同工艺条件样品组 A (焯水)、B (腌制)、C (发酵)和不同制作阶段样品组 D (无处理)、E(仅焯水不炒制)的电子鼻分析图谱, D 组和 E 组在横轴相距较近。D 组与 A、B、C 组相差较远并且 A、B、C 组三组相差较远,而在纵轴上 A、C、D 三组相差接近,与 B、E 两组相差较远(图 4)。

主成分分析(PCA)是化学计量学中一种常用的分类方法,主成分分析图谱中,横坐标表示第一主成分,纵坐标则表示第二主成分。实验样品第一、第二主成分之和大于 85%,即总贡献率大于 85%,则可表示样品的主要风味轮廓[8]。本实验样品 PC1 的贡献率为 97.89%, PC2 的贡献率为 2.04%,两者贡献率为 99.93%,表明主成分 1 和主成分 2 可以很好地反映各组样品中挥发性气味的大部分信息,采用 PCA 分析具有可行性。

D、E 组样品距离很接近,表明 D、E 组样品彼此间的气味差异较小,即新鲜螺肉与焯水后的螺肉间的气味差异较小,并且 D、E 组样品在 PCA 图中没有重叠部分(图 4);未处理的样品 D 和仅焯水的 E 坐标相近,说明两者未经过高温炒制,肌肉内蛋白质和脂肪代谢物相似,挥发性成分大体相似[9]。但经过焯水处理后,部分脂肪氧化产物、生物胺溶出,导致 D、E 样品间的气味有所差异。

A 样品组在 PCA 图谱中明显远离 D、E 样品组(图 4),表明 A 和 D、E 组样品间有显著差异,这可能归因于 A 组炒制加热时产生的脂肪氧化、氨基酸美拉德反应等代谢衍生挥发物的贡献[10]。且 A、B、C 组样品在 PCA 图中彼此间距离较远,表明不同工艺条件下花甲螺酱的香气成分差异很大,不同工艺条件对产品气体组分的影响也不相同;炒制前 A 未处理, B 经历蛋白酶催化水解, C 经历了酵母的作用,他们的蛋白质、氨基酸、脂肪和碳水化合物等成分及含量已经发生了变化[11],经过高温炒制后底物反应生成了不同的挥发性成分。蛋白酶和酵母的作用机制不同,产生的产物也不相同,感官评价中 B 组感官评价较高, C 组较低,可能与 C 组发酵后螺肉质构品质降低,弹性降低相关。

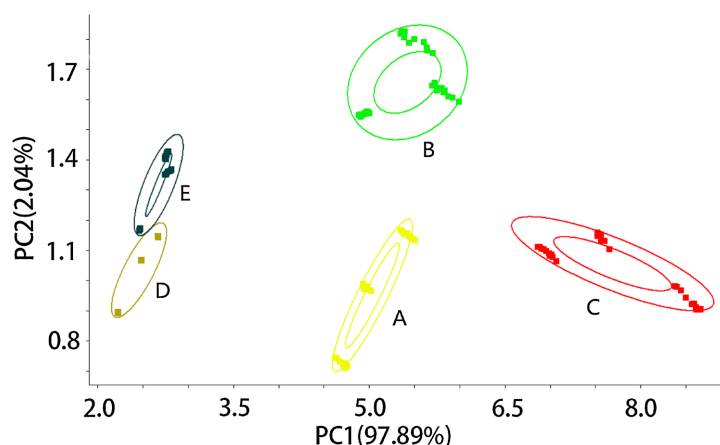


Figure 4. PCA plot of clam sauce based on electronic nose data

图 4. 基于电子鼻信息的花甲螺酱 PCA 图

4.2.2. 载荷分析(LA)

电子鼻传感器响应的信号反馈在载荷分析图谱中的位置,能反映出某挥发性气味对样品的贡献率的大小,传感器在图谱中距离原点越远,表示此传感器对于该挥发性成分分析的灵敏度越大,也表明该挥发性气味在样品中的贡献率越大,反之,则说明传感器的灵敏度较小[12]。

载荷分析图谱中第一主成分的贡献率为 97.89%,第二主成分的贡献率为 2.04%, W5S 和 W1S 对第

一主成分的贡献较大，且 W1S 对样品的第二主成分贡献最大，W5S 对第一主成分的贡献最大，其次是 W2S，其中 W1S 传感器对烷类物质敏感，W5S 传感器对氮氧化物敏感，W2S 传感器对芳香族化合物敏感(图 5)。综上所述可以得知，香辣花甲螺酱的主要香气成分是烷烃类和氮氧化物类物质，其次是芳香族化合物，这与祝伦伟等研究的结论吻合[13]，这也为后续电子鼻检测花甲螺酱时传感器的选择提供了依据。

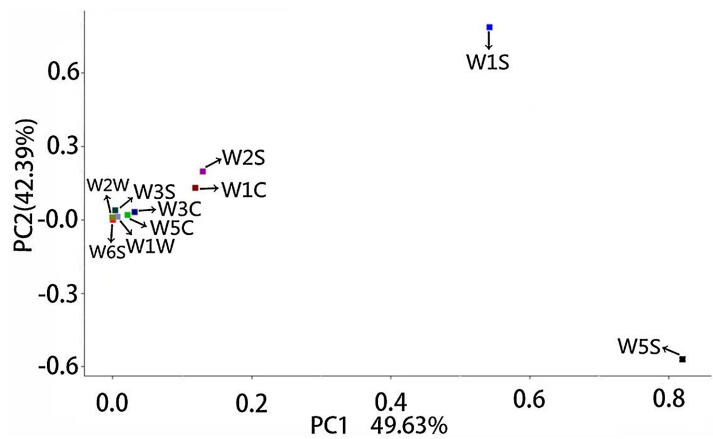


Figure 5. Loading plot of clam sauce based on electronic nose data
图 5. 基于电子鼻信息的花甲螺酱载荷图

4.2.3. 线性判别分析(LDA)

线性判别分析是在主成分分析之后进行的，能将样品数据之间的差异性扩大的一种分析方法，能反映出不同工艺条件下生产的花甲螺酱的香气差异情况。LD1 的贡献率为 49.63%，LD2 的贡献率为 42.39%，总贡献率为 92.02% (图 6)，说明该图谱能较好地反映出样品的总体信息。LDA 图谱中 A、B、C 组样品在图中的区域明显分开且距离较远，说明 LDA 图谱能区分出由不同工艺条件生产的花甲螺酱，而且区分度比 PCA 还明显，具有较大的优势；D、E 组样品在图中有交叠区域，这与主成分分析的结论相吻合，进一步说明了 D、E 组样品香气成分相似度较高，依靠电子鼻未能有效区分未炒制两种样品。

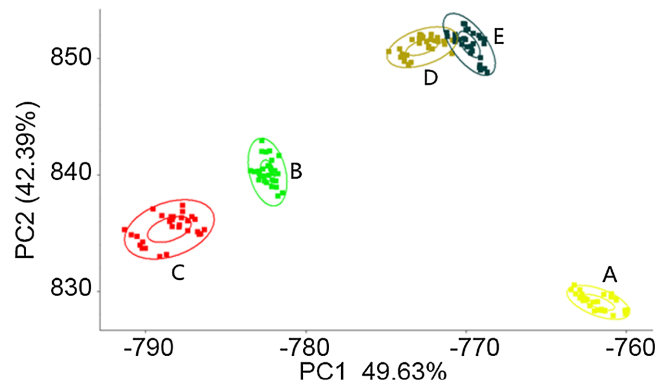


Figure 6. Linear discriminant analysis (LDA) plot of clam sauce based on electronic nose data
图 6. 基于电子鼻信息的花甲螺酱线性判别分析图

4.3. 质构仪分析

4.3.1. 不同制作阶段对产品质构的影响

产品质构品质往往影响着消费者对产品的选择，为考察不同加工阶段和不同工艺条件花甲螺酱质构

的影响, 本实验对三个加工阶段和三种工艺条件下花甲螺酱的弹性、咀嚼性和硬度分别进行了测定和比较分析。

花甲螺酱在制作过程中, 花甲螺肉的咀嚼性、硬度、弹性逐渐增加, 其中咀嚼性、硬度增大, 弹性不明显(图 7)。在炒制过程中花甲螺肉不断经历热作用, 内部水分持续失去, 导致蛋白分子间距离缩小, 排列紧密[14]。不同加工方式对食品质构影响很大, 源于对蛋白纤维的影响不同[15]。传统的热加工导致花甲螺肉肌肉纤维间水分不断丢失, 花甲螺肉的持水性不断下降, 从而导致花甲螺肉的硬度逐渐增加; 且随着炒制的不断进行, 加热温度逐渐增高, 花甲螺肉肌肉纤维三维结构破坏, 结缔组织的肌球蛋白和肌动蛋白分子间的缠结逐渐增加[16], 咀嚼性增大。

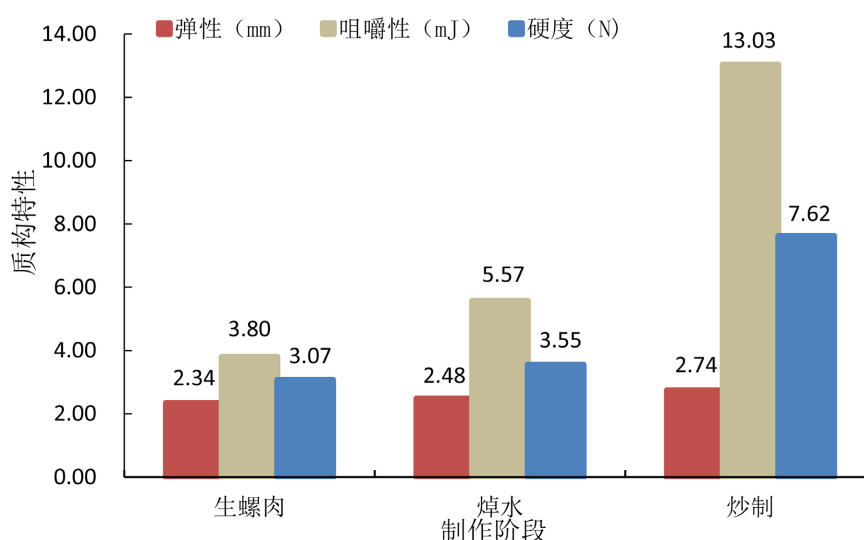


Figure 7. Effect of different processing stages on the textural properties of clam meat in clam sauce
图 7. 不同制作阶段对螺酱中螺肉质构特性的影响

4.3.2. 不同加工工艺对产品质构的影响

不同工艺条件对产品的弹性、咀嚼性及硬度均具有较大影响。其中, A 组样品(仅焯水处理)表现出最高的咀嚼性、硬度及弹性; C 组样品(添加酵母菌发酵)的弹性、咀嚼性和硬度均为最低, 且感官评价得分亦属最低, 综合比较可知, 原料中添加酵母菌发酵并非最优工艺条件; B 组样品(添加嫩肉粉腌制)的硬度、弹性、咀嚼性均处于各样品组中间水平(图 8), 提示该工艺所制产品具有更为适宜的质构特征。其原因在于, 嫩肉粉腌制切断了部分蛋白质分子, 削弱了原料组织结构中肌球蛋白和肌动蛋白的连结[17], 从而使处理后的产品相较于未经嫩化处理的 A 组, 展现出更优的质构特性。

质构仪检测结果表明, 随着加工阶段的推进, 花甲螺酱的口感和层次逐渐丰富; 结合感官评定结果分析不同工艺条件对产品质构的影响可知, 采用嫩肉粉腌制原料的工艺所制得的花甲螺酱感官评价最优, 更符合消费者偏好。上述研究结果为质构仪在花甲螺肉质构检测中的应用提供了方法学参考, 也为花甲螺酱产品工艺设计中的品质控制提供了理论依据。

5. 结论

本文总结和梳理了花甲螺风味形成规律的研究背景、研究现状和花甲螺酱香气形成的可能性, 利用电子鼻测定并分析了花甲螺酱生产过程中的挥发性香气成分, 分析了不同因素影响下花甲螺酱风味的差异; 利用质构仪检测其产品的质构特性, 并结合感官评价法对产品的工艺进行评价分析, 总结了花甲

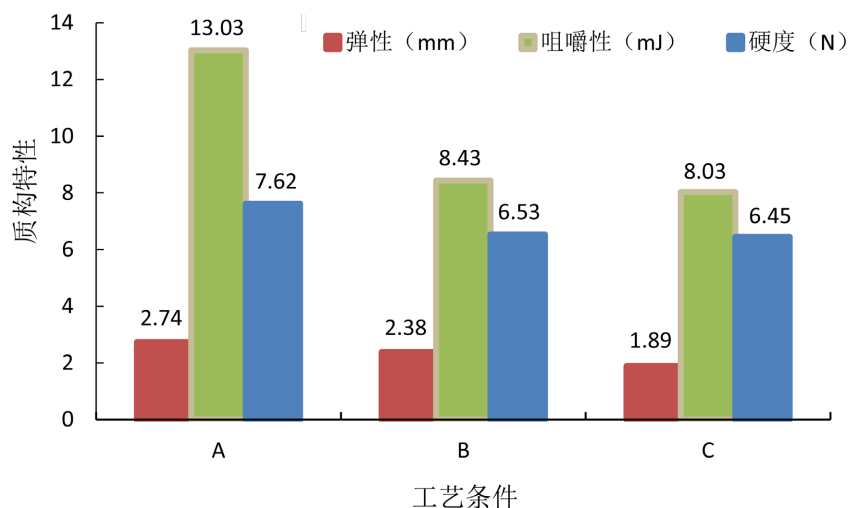


Figure 8. Textural properties of clam meat in clam sauce under different processing methods
图 8. 不同加工工艺螺酱中螺肉的质构特征

螺酱的香气成分和质构特性的变化规律。

由电子鼻检测结果分析得知, 本实验设计的花甲螺酱的香气来源复杂, 来源可能与烷烃类、氮氧化物类和芳香族化合物等物质相关; 花甲螺酱在不同生产阶段和不同生产工艺条件下, 香气成分显著变化, 所产生的挥发性成分有显著性差异。检测结果证明了电子鼻检测花甲螺酱的可行性, 为应用电子鼻分析花甲螺酱香气成分、鉴别品类和加工过程中香气保留提供了一定的依据。同时, 结合感官评定、质构测定结果可以得知, 花甲螺酱在加入 1%嫩肉粉腌制 30 min 这一工艺条件下, 质地、口感更加丰富, 滋味、香气更加适宜, 更符合消费者偏好, 这对花甲螺酱的生产加工和品控有着指导作用, 本文所述的研究仅设置 3 种前处理工艺, 未探究嫩肉粉浓度、腌制时间、酵母接种量与发酵时间等参数的优化, 而且焯水后热作用可能会对肌肉发生作用, 众多内在作用规律尚未获得, 这些影响因素都是我们下一步的研究内容。

参考文献

- [1] Luo, X., Pan, R., Xu, L., Zheng, Y. and Zheng, B. (2025) Clam Peptides: Preparation, Flavor Properties, Health Benefits, and Safety Risks. *Food Research International*, **207**, Article 116113. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116113>
- [2] Zhou, T., Ma, Y., Jiang, W., Fu, B. and Xu, X. (2023) Selection of a Fermentation Strategy for the Preparation of Clam Sauce with Acceptable Flavor Perception. *Foods*, **12**, Article 1983. <https://doi.org/10.3390/foods12101983>
- [3] Wang, X., Gu, Y., Lin, W. and Zhang, Q. (2024) Rapid Quantitative Authentication and Analysis of Camellia Oil Adulterated with Edible Oils by Electronic Nose and FTIR Spectroscopy. *Current Research in Food Science*, **8**, Article 100732. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100732>
- [4] Huang, L., Fan, J., Han, C., Du, C., Wei, Z. and Du, D. (2025) Methods and Instruments for the Evaluation of Food Texture: Advances and Perspectives. *Food Research International*, **208**, Article 116162. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116162>
- [5] Gao, J., Zhang, C., Qin, X., Cao, W., Chen, J., Li, Y., et al. (2022) Hepatoprotective Effect of Clam (*Corbicula fluminea*) Protein Hydrolysate on Alcohol-Induced Liver Injury in Mice and Partial Identification of a Hepatoprotective Peptide from the Hydrolysate. *Food Science and Technology*, **42**, 1-10. <https://doi.org/10.1590/fst.61522>
- [6] 周珠法. 响应面法优化木瓜蛋白酶嫩化牛肉工艺[J]. 食品工业科技, 2018. 39(2): 86-91+97.
- [7] 陈美花, 励建荣, 吉宏武, 章超桦, 等. 马氏珠母贝酶法抽提物美拉德增香工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(5): 289-292+344.
- [8] Zhao, H., Chai, L., Zhang, W., Zhang, X., Lu, Z., Wang, S., et al. (2025) Changes in Flavor Profile of Sauce-Flavor Baijiu: Perceptual Interactions between 1-Propanol and Aroma Compounds. *Food Chemistry: X*, **25**, Article 102153. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102153>

-
- [9] 王子凌, 张子豪, 曾璐瑶, 等. 不同卤制加工阶段中食盐添加量对小龙虾尾品质及挥发性风味的影响[J]. 食品科学, 2024, 52(11): 52-60.
- [10] 盛航滔, 唐密, 李鼎, 等. 不同猪种板油炼制后理化性质及特征风味物质比较[J]. 食品工业科技, 2025, 46(20): 337-348.
- [11] 黄嘉淇, 王力冉, 吴东桑, 等. 酵母发酵对牡蛎酶解液风味的影响[J]. 食品科技, 2025, 50(3): 140-149.
- [12] Sung, S., Suh, J.M., Hwang, Y.J., Jang, H.W., Park, J.G. and Jun, S.C. (2024) Data-Centric Artificial Olfactory System Based on the Eigengraph. *Nature Communications*, **15**, Article No. 1211. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45430-9>
- [13] 祝伦伟, 刘波, 朱文慧, 等. 基于电子鼻辅助的酸辣花蛤酱研制开发[J]. 中国调味品, 2020, 45(5): 36-40.
- [14] Bai, S., You, L., Ji, C., Zhang, T., Wang, Y., Geng, D., *et al.* (2022) Formation of Volatile Flavor Compounds, Maillard Reaction Products and Potentially Hazard Substance in China Stir-Frying Beef Sao Zi. *Food Research International*, **159**, Article 111545. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111545>
- [15] Wang, B., Liu, Y., Dong, M., Zhang, Y., Huang, X. and Qin, L. (2023) Flavor Enhancement during the Drying of Scallop (*Patinopecten yessoensis*) as Revealed by Integrated Metabolomic and Lipidomic Analysis. *Food Chemistry*, **432**, Article 137218. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137218>
- [16] Zhang, Y., Lyu, H., Wang, Y., Bai, G., Wang, J., Teng, W., *et al.* (2024) Optimizing the Formation of Myosin/High-Density Lipoprotein Composite Gels: pH-Dependent Effects on Heat-Induced Aggregation. *International Journal of Biological Macromolecules*, **268**, Article 131786. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131786>
- [17] Kim, H. and Chin, K.B. (2024) Effects of Gold and Green Kiwifruit Juices on the Physicochemical Properties and Tenderness of Pork Loin and Antioxidant Activity during Incubation (24h) in a Pork Model System. *Animal Bioscience*, **37**, 908-917. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0410>