

# 小龙虾即食休闲食品的研制及品质分析

徐文思<sup>1,2</sup>, 杨祺福<sup>1,2</sup>, 秦佳伟<sup>1</sup>, 谭慧<sup>1</sup>, 邵立业<sup>1,2</sup>, 杨品红<sup>1,2\*</sup>, 韩庆<sup>1,2</sup>

(1. 湖南文理学院生命与环境科学学院, 湖南常德 415000)

(2. 水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 环洞庭湖水产健康养殖及加工湖南省重点实验室, 常德市农业生物大分子研究中心, 常德市人工智能与生物医药研究中心, 湖南常德 415000)

**摘要:** 为填补小龙虾即食休闲产品的空白, 该研究以小龙虾尾为原料, 开发了一款即食小龙虾休闲食品。以感官评分为指标进行单因素和正交试验, 优化了食盐、花椒和辣椒、鸡精和味精、煮制时间等因素对小龙虾休闲食品的影响, 并对产品的质构、营养、风味等品质进行分析。结果表明, 最佳的工艺配方为食盐 2.5%, 辣椒和花椒 13.3%和 2.98%, 鸡精和味精添加量均为 0.66%, 煮制时间 4 min, 感官评分为 76.66 分。小龙虾尾硬度值为 119.83 g, 弹性值 3.88, 内聚性 0.92, 咀嚼性 424.99; 小龙虾产品中含水分 55.85%、灰分 4.07%、脂肪 14.91%、粗蛋白 18.79%、总糖 3.87%; 总氨基酸含量 155.93 mg/g, 其中必需氨基酸约占 20%, 其评分均大于 1; 总脂肪酸中不饱和脂肪酸约占 83%; 游离氨基酸含量为 2.53 mg/g, 其中呈鲜、甜味的氨基酸约占 80%; 核苷酸总量为 71.28 mg/100 g, 其中肌苷酸含量最多 58.13 mg/100 g; 鲜味强度为 0.29 g MSG/100 g。小龙虾即食休闲食品含有丰富的营养与风味成分, 且有弹性好、硬度适宜、耐咀嚼的特点。

**关键词:** 小龙虾即食休闲食品; 工艺优化; 感官品质; 营养风味; 质构分析

文章编号: 1673-9078(2023)02-36-44

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.2.1147

## Development and Quality Analysis of Ready-to-eat Crayfish Snack

XU Wensi<sup>1,2</sup>, YANG Qifu<sup>1,2</sup>, QIN Jiawei<sup>1</sup>, TAN Hui<sup>1</sup>, SHAO Liye<sup>1,2</sup>, YANG Pinhong<sup>1,2\*</sup>, HAN Qing<sup>1,2</sup>

(1.College of Life and Environmental Sciences, Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China)

(2.Hunan Provincial Collaborative Innovation Center for Efficient and Health Production of Fisheries, Hunan Provincial Key Laboratory for Health Aquaculture and Product Processing in Dongting Lake Area, Changde Research Center for Agricultural Biomacromolecule, Changde Research Centre for Artificial Intelligence and Biomedicine, Changde 415000, China)

**Abstract:** To fill the gap in instant crayfish snacks, a ready-to-eat crayfish snack was developed from crayfish tail as the raw ingredient. Single-factor and orthogonal experiments were performed with sensory scores as indicators to optimize the effects of salt, pepper, chili, chicken essence, monosodium glutamate, and cooking time on the crayfish snack, and the texture, nutritional value, and flavor of the products were evaluated. The optimal process and recipe was 2.5% salt, 13.3% pepper, 2.98% chili, 0.66% chicken essence, 0.66% monosodium glutamate, and 4 min cooking time, resulting in a sensory score of 76.66. The firmness of the crayfish tail was 119.83 g, elasticity was 3.88, cohesiveness was 0.92, and chewiness was 424.99. The developed crayfish product contained 55.85% moisture, 4.07% ash, 14.91% fat, 18.79% crude protein, and 3.87% total sugars. The total amino acid content was 155.93 mg/g, of which essential amino acids accounted for approximately 20%, and their scores were all greater than 1. Unsaturated fatty acids accounted for approximately 83% of total fatty acids. The free amino acid content was 2.53 mg/g, of which sweet and umami amino acids accounted for approximately 80%. The total nucleotide content was 71.28 mg/100 g, of

引文格式:

徐文思,杨祺福,秦佳伟,等.小龙虾即食休闲食品的研制及品质分析[J].现代食品科技,2023,39(2):36-44

XU Wensi, YANG Qifu, QIN Jiawei, et al. Development and quality analysis of ready-to-eat crayfish snack [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(2): 36-44

收稿日期: 2022-09-10

基金项目: 湖南省自然科学基金项目 (2021JJ40380); 湖南省水产产业技术体系建设项目 (湘农发[2019]26 号); 湖南省重点研发计划项目 (2020NK2039); 湖南省教育厅创新平台项目 (19K064); 常德市科技创新发展指导性计划项目 (常科函[2021]66 号); 常德市科技创新发展专项重点项目 (常财企指〔2021〕67 号); 湖南文理学院博士启动基金 (19BSQD05; 19BSQD06)

作者简介: 徐文思 (1990-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品加工与贮藏, E-mail: fly\_5xws@sina.com

通讯作者: 杨品红 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 水产养殖与综合利用, E-mail: yph588@163.com

which the content of inosinic acid was the highest at 58.13 mg/100 g, with the umami intensity of 0.29 g MSG/100 g. Therefore, the formulated ready-to-eat crayfish snack is rich in nutrients and flavor components and has favorable elasticity, firmness, and chewiness.

**Key words:** ready-to-eat crayfish snack; process optimization; sensory quality; nutritional flavor; texture analysis

小龙虾因风味独特、肉质鲜美、富含蛋白质及多种营养元素,且热量、胆固醇和脂肪含量低的特点,足迹已广布大江南北与海外,上至款待宾客,下到街头小吃,都能看见小龙虾的身影。洞庭湖水域盛产小龙虾,小龙虾的加工产业也作为湖南省近年来热门产业之一而备受关注。目前,小龙虾已成为中国重要的经济水产品种之一,除鲜食外,很多水产加工企业生产和出口加工后的小龙虾及相关产品,水产加工行业更是高度重视小龙虾加工品的研究与开发。小龙虾产品已运用多种加工工艺,如盐煮、微波、油炸、烘烤等,开发出多种多样的小龙虾加工产品,如即食小龙虾、小龙虾调理食品、小龙虾肉铺等<sup>[1-5]</sup>。鲜活销售的小龙虾受到季节的约束和地域的影响,销售的小龙虾成品还需要二次加工且全程冷链运输,通过抑菌和保鲜处理可以一定程度上解决小龙虾食品易于腐败变质和货架期短的问题<sup>[2]</sup>。如间歇灭菌的方式是先加热杀死培养基内杂菌的营养体,然后将含有芽孢和孢子的培养基在温箱内放置 24 h,使芽孢和孢子发育为营养体,再经过灭菌,达到完全灭菌的目的,灭菌效果优于巴氏杀菌,对产品理化性质和风味无太大影响<sup>[2,3]</sup>。目前的即食小龙虾产品需要二次加热才可食用<sup>[1]</sup>,因此,开发一款开袋即食的小龙虾休闲食品,具有一定的市场潜力。

本研究将以单冻小龙虾尾作为主要原料,通过工艺配方优化,采用间歇灭菌方式,开发一款营养美味的即食小龙虾休闲产品,并对其营养品质进行测定分析。开袋即食的小龙虾休闲食品可以丰富市面上小龙虾产品的种类,满足多样化的市场需求,提高经济效益,开辟水产品发展的新途径,填补小龙虾即食休闲食品的空白,为小龙虾加工产业提供参考和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 工艺材料

单冻小龙虾尾,湖南顺祥食品有限公司。

大豆油、冰糖、饮用水、生姜、生抽、料酒、卤料(小茴香、桂皮、花椒、香叶、辣椒、草果)、辣椒、花椒、盐、味精、鸡精等均购买于商超。

#### 1.1.2 分析试剂

盐酸、氢氧化钠、浓硫酸、甲醇、氯化钙、石油

醚、苯酚、无水硫酸钠、丙酮等均为分析纯,湖南汇虹试剂有限公司;正己烷、乙腈为色谱纯,上海麦克林生化科技有限公司;Elite-AAK 氨基酸分析试剂盒,大连依利特分析仪器有限公司;胞嘧啶核苷酸(Cytidylic Acid, CMP)、腺嘌呤核苷酸(Adenylic Acid, AMP)、鸟嘌呤核苷酸(Guanylate, GMP)、次黄嘌呤核苷酸(Inosincacid, IMP)标准品,上海源叶生物科技有限公司。

#### 1.1.3 仪器设备

BS-224S 型电子天平,赛多利斯科学仪器;TA-XT Express 型质构仪,Stable MicroSystems;SZF-06A 型粗脂肪测定仪,上海昕瑞仪器仪表有限公司;KT8400 型自动凯氏定氮仪,福斯分析仪器有限公司;7820A GC-5977E MSD 型气相色谱-质谱仪,美国安捷伦公司;AcQuity H class 型超高效液相色谱仪,美国 Waters 公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 工艺流程

原料预处理→称取配料→炒香料→煮制→成品→真空包装→间歇灭菌

具体工艺操作:小龙虾尾解冻、清洗,按比例称取配料,炸虾;炒制香料,加水煮开,放入虾尾煮制;真空包装,100℃蒸汽灭菌 30 min 后,37℃ 60%湿度的恒温箱放置内 24 h,再 100℃蒸汽灭菌 30 min。

### 1.2.2 单因素试验

根据预实验,以小龙虾即食休闲食品的感官评分为评价指标,考察食盐添加量的质量分数(1.5%、2%、2.5%),辣椒+花椒添加量的质量分数(13.3%+2.64%、13.3%+2.98%、15%+2.98%),鸡精+味精添加量的质量分数(0%+0%、0.33%+0.33%、0.66%+0.66%),煮制时间(2、4、6 min),对小龙虾感官品质的影响。

### 1.2.3 正交试验

以感官评分为指标,用正交试验对小龙虾即食休闲食品各影响因子之间相互作用进一步优化,  $L_9(3^4)$  正交试验设计见表 1。

### 1.2.4 感官评定

选取 8 名经过感官评定培训的人员组成感官评价小组,按照表 2 评分标准,对不同储存条件下保藏不同天数的样品进行鉴评。待评样品使用统一容器盛装,并随机编号,评价小组人员在感官检验前禁止吸烟、饮酒、化妆等,独立地对即食小龙虾休闲产品的口感、

滋味、色泽、形态四个方面进行加权评分法感官评定，结果采用百分制。

表1 小龙虾即食休闲食品工艺优化正交试验因素与水平表

水平	因素			
	A(食盐添加量/%)	B(辣椒+花椒添加量/%)	C(鸡精+味精添加量/%)	D(煮制时间/min)
1	1.5	13.3+2.64	0+0	2
2	2	13.3+2.98	0.33+0.33	4
3	2.5	15+2.98	0.66+0.66	6

表2 小龙虾即食休闲食品感官评分标准

指标	标准	分数/分
口感 (30%)	口感较好，肉质紧密，有弹性，耐咀嚼	21~30
	口感一般，肉质紧较，弹性适中，咀嚼性一般	11~20
	口感较差，肉质松软，弹性较差，无咀嚼性	0~10
滋味 (30%)	咸度适中，麻辣鲜香，回味醇厚，无异味	21~30
	咸度适中，麻辣，鲜香味不明显，回味一般，无异味	11~20
	过咸或过淡，麻辣味不明显，无鲜香味，无回味，少许异味	0~10
色泽 (30%)	成熟后固有的红白相间色，色泽均匀，明亮	21~30
	红色较深或较浅，白色暗淡发黄，色泽不一致，明亮度较差	11~20
	红中带黑或带黄色，无白色，色泽差异较大，明亮度	0~10
形态 (10%)	虾体完整，大小均匀	8~10
	部分虾体缩小，体态不均匀	5~7
	虾体残缺较多，部分虾体缩小较多，体态不均匀	0~4

### 1.2.5 质构分析

采用质构仪对小龙虾即食休闲产品中可食用部分的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性进行测定。设定参数为：采用P5探头、测前速率1 mm/s，测中速率3 mm/s，测后速率5 mm/s，形变百分率25%、触发力5 g。测试12个平行样，去除最大值与最小值，取平均值。

### 1.2.6 基本成分分析

水分：GB 5009.3-2016 直接干燥法；灰分：GB 5009.4-2016 干法灰化法；脂肪：GB 5009.6-2016 索氏提取法；粗蛋白：GB 5009.5-2016 凯氏定氮法；总糖：GB/T 9695.31-2008 苯酚-硫酸法。

### 1.2.7 总氨基酸测定

参考文献中的测定分析方法<sup>[6]</sup>，取20 mg样品到安瓿瓶中，滴加3 mL 6 mol/L 盐酸（酸水解）或40% NaOH（碱水解），安瓿瓶高温拉丝封口，110 °C水解24 h，于蒸发皿中80 °C水浴蒸干，用衍生缓冲溶液洗涤至10 mL容量瓶定容，按照Elite-AAK氨基酸分析试剂盒的衍生方法进行氨基酸衍生化，过膜后使用超高效液相色谱分析。

### 1.2.8 脂肪酸测定

参考文献中的测定分析方法<sup>[7]</sup>，称取0.1 g干基样品至15 mL试管中，滴加3 mL 1 mol/L KOH-甲醇溶

液于80 °C水浴加热20 min，冷却后加入3 mL 2 mol/L HCL-甲醇溶液于80 °C水浴加热20 min，冷却后滴加2 mL 正己烷振荡萃取，取1 mL上清液在3 500×g离心5 min，离心后取1 mL上清液过膜，在气相色谱质谱仪上测定分析，根据各组分保留时间以及质谱图，在NIST14.L库检索鉴定，通过峰面积归一法计算各脂肪酸的百分比。

### 1.2.9 游离氨基酸测定

参考文献方法<sup>[6]</sup>，与总氨基酸的衍生化和测定方法相同。

### 1.2.10 呈味核苷酸测定

根据GB 5413.40-2016，称取食用部分的干基样品约1 g（精确到0.01 g），加入4 mL热水充分溶解，冷却至室温。用醋酸调pH值至4.1，移入10 mL容量瓶中，定容，滤纸过滤，所得滤液用0.45 μm微膜过膜，测定相应的峰面积或峰高，再根据标准曲线得到待测液中核苷酸的浓度。

### 1.2.11 鲜味强度分析

参考文献中的分析方法<sup>[8]</sup>，呈味核苷酸与鲜味氨基酸之间产生的协同增鲜作用，以同等鲜味所需的谷氨酸单钠（Monosodium Glutamate, MSG）表示。

$$EUC = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j) \quad (1)$$

式中:

$EUC$ ——味精当量, g MSG/100 g;

1218——协同作用常数;

$a_i$ ——鲜味氨基酸含量, g/100 g;

$b_i$ ——鲜味氨基酸相对于 MSG 的鲜味系数(Asp 为 0.077, Glu 为 1);

$a_j$ ——呈味核苷酸含量, g/100 g;

$b_j$ ——呈味核苷酸相对于 IMP 的鲜味系数(IMP 为 1, GMP 为 2.3, AMP 为 0.18)。

### 1.3 数据分析

图表采用 Excel 2016 软件绘制, 实验结果以平均值±标准差来表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果

#### 2.1.1 食盐添加量对小龙虾即食休闲食品感官的影响

食盐是制作小龙虾休闲食品必不可少的调味料, 食盐也是在感官评分中影响最大的因素<sup>[3]</sup>。食盐的加入可充分改变小龙虾肌肉蛋白的特性, 提高小龙虾组织细胞的通透性, 让虾肉一定程度的脱水, 肉质更加富有弹性, 同时鲜甜风味的渗入可以满足消费者对味觉的基本要求。在食盐添加的质量分数分别为 1.5%、2%、2.5%时, 对小龙虾休闲食品的感官影响如图 1 所示。食盐添加量在 1.5%和 2%时, 小龙虾产品整体口感偏淡, 香味不足且略有腥味, 肉质缺乏弹性, 风味难以形成; 食盐量为 2.5%时, 小龙虾即食休闲食品的口感相对较好, 咸淡适中, 有独特的咸香风味, 产品的感官评分上升。

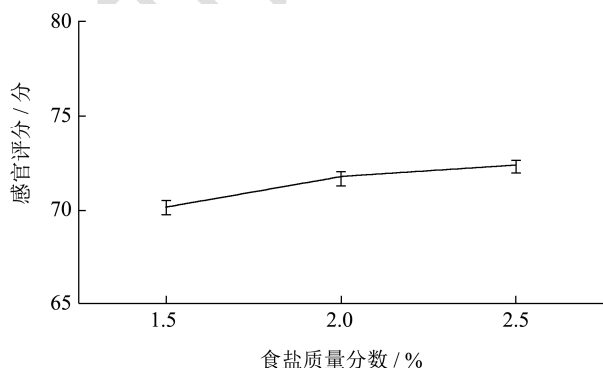


图 1 食盐添加量对小龙虾产品感官评分的影响

Fig.1 Effect of salt addition on crayfish ready-to-eat snack food sensory score

#### 2.1.2 辣椒和花椒添加量对小龙虾即食休闲食品感官的影响

辣椒和花椒具有良好的增香提味增色效果, 有利于增加小龙虾麻辣的风味, 同时辣椒和花椒也有去除体内湿气的作用<sup>[9]</sup>。辣椒和花椒的加入在丰富小龙虾即食休闲食品风味的同时也有利于提高即食小龙虾食品的营养价值功效。在小龙虾休闲食品中添加了质量分数为 13.3%辣椒+2.64%花椒、13.3%辣椒+2.98%花椒、15%辣椒+2.98%花椒, 感官评分结果见图 2。辣椒和花椒添加量为 13.3%+2.98%时, 小龙虾的麻辣味适中, 有麻辣的香味, 品质与风味较好, 感官评分相对最高; 当辣椒和花椒添加量为 13.3%+2.64%时, 产品的花椒味不够, 整体口感偏淡; 继续添加辣椒和花椒量至 15%+2.98%时, 对于改变小龙虾的整体鲜味影响不大, 反而使得小龙虾成品的麻辣口感提升, 随着添加量的逐渐增大而掩盖了小龙虾特有的滋味, 小龙虾的鲜味减弱, 感官评分下降。

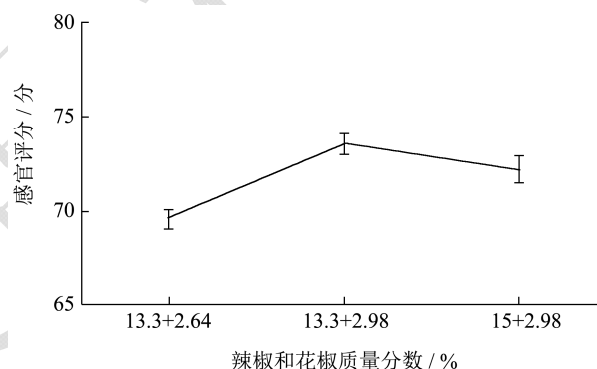


图 2 辣椒和花椒添加量对小龙虾产品感官评分的影响

Fig.2 Effect of pepper and zanthoxylum on crayfish ready-to-eat snack food sensory score

#### 2.1.3 味精和鸡精添加量对小龙虾即食休闲食品感官的影响

味精别名为谷氨酸钠, 是一种蛋白质重要的分解产物, 能够提高人们食欲和人体对其他的食物的吸收能力, 谷氨酸钠还能与血氨结合形成产物来接触组织代谢过程中的氨的毒性作用。鸡精本质上来说是一种复合鲜味剂, 鸡精的鲜度要高于味精, 有开胃助消化的功效<sup>[10]</sup>。在小龙虾休闲食品中添加质量分数为 0%味精+0%鸡精、0.33%味精+0.33%鸡精、0.66%味精+0.66%鸡精, 研究不同味精和鸡精添加量对小龙虾休闲食品感官指标的影响, 结果见图 3。味精和鸡精添加量均为 0.66%时, 小龙虾休闲食品的感官评分相对最高; 味精和鸡精的添加量为 0%和 0.33%时, 虽然小龙虾休闲食品的外表无明显变化, 但是咀嚼后口味欠佳, 不能较好的呈现小龙虾的独特鲜味, 感官评分不高。因此鸡精和味精的适宜添加量为 0.66%味精+



0.66%鸡精。

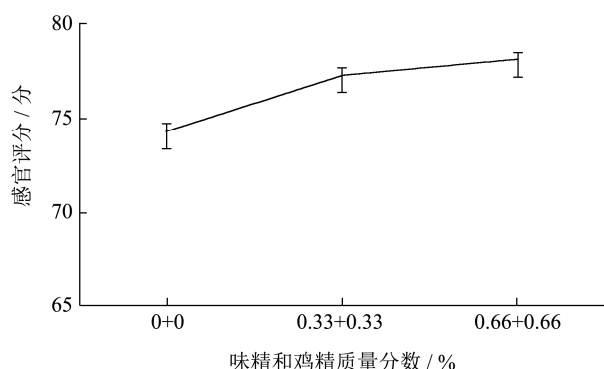


图3 味精和鸡精添加量对小龙虾产品感官评分的影响

Fig.3 Effect of monosodium glutamate and chicken essence on crayfish ready-to-eat snack food sensory score

### 2.1.4 煮制时间对小龙虾即食休闲食品感官的影响

煮制时间对小龙虾休闲食品的口感有直接影响，分别研究了加热时间为 2 min、4 min、6 min 时对小龙虾休闲食品的感官影响，实验结果见图 4。煮制时间为 4 min 时，小龙虾休闲食品的感官品质最佳，色泽和组织形态也较好；2 min 时，小龙虾鲜香味难以形成，虾肉的弹性欠佳，感官评分低；当进一步增加煮制时间至 6 min 时，小龙虾出现焦黑色，整体风味呈苦味，弹性略微下降，成品组织状态不好<sup>[1]</sup>，而且口感开始变差，感官评分也下降。

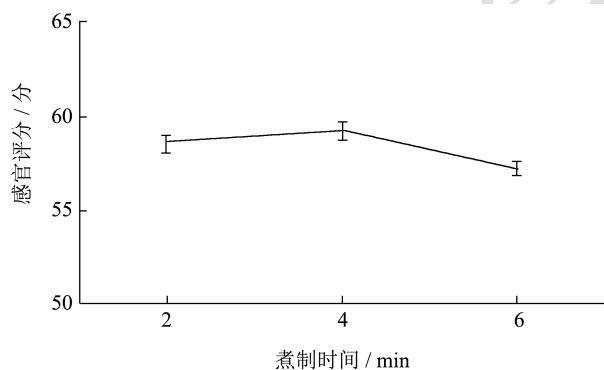


图4 煮制时间对小龙虾产品感官评分的影响

Fig.4 Effect of cooking time on crayfish ready-to-eat snack food sensory score

## 2.2 正交试验结果

通过正交试验分析小龙虾即食休闲食品中食盐、辣椒和花椒、味精和鸡精、煮制时间的最优工艺条件。试验结果如表 3 所示，极差 R 值的大小顺序为 A>D>B>C，所以可以得出影响因素主次顺序为 A>D>B>C；即产品的感官质量受食盐添加量的影响最大，其次是煮制时间，再次是辣椒和花椒的用量，而鸡精、味精的添加量对虾尾的感官评定结果影响最小。从 K1、

K2 和 K3 的值可知，最佳加工工艺为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub>，即食盐的添加量为 2.5%，辣椒和花椒的添加量为 13.3%和 2.98%，鸡精和味精的添加量都为 0.66%，煮制时间为 4 min。按 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub> 的工艺做验证试验。结果表明，此工艺加工的小龙虾即食休闲食品色香味表现优秀，小龙虾的弹性良好，有较好的咀嚼性，口感麻辣鲜香，感官评定分数为 76.66 分。

表 3 小龙虾即食休闲食品工艺优化正交试验结果

Table 3 Orthogonal experimental results of crayfish ready-to-eat snack food

试验号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	63.30
2	1	2	2	2	65.70
3	1	3	3	3	63.30
4	2	1	2	3	62.30
5	2	2	3	1	62.40
6	2	3	1	2	63.70
7	3	1	3	2	68.00
8	3	2	1	3	65.80
9	3	3	2	1	65.00
K1	64.10	64.53	64.27	63.57	
K2	62.80	64.63	64.33	65.80	
K3	66.27	64.00	64.57	63.80	
R	3.47	0.63	0.30	2.23	

## 2.3 质构分析

表 4 小龙虾即食休闲食品质构特性

Table 4 Textural properties of crayfish ready-to-eat snack food

质构指标	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性
小龙虾即食休闲食品可食用部分	119.83±1.61	3.88±2.74	0.92±0.11	424.99±2.91

对小龙虾的品质进行分析时，感官评定在小龙虾品质的判定中有着非常重要的地位，但感官评定的结果有评价者的主观因素，结果并不完全客观。而用质构分析能够对小龙虾样品的特性给出具体客观的数据表达<sup>[11,12]</sup>。对小龙虾休闲食品进行质构测定，客观反映出产品的组织状态和可口性<sup>[12]</sup>。硬度与内聚性来衡量小龙虾内部组织组合成一个整体的程度，弹性与咀嚼性来考察小龙虾形变后恢复原来状态的程度。根据表 4 分析，最优工艺下制作的小龙虾产品硬度较为合适、小龙虾肉质弹性较好，肉质中的持水力较强，肌肉蛋白结构紧凑、小龙虾肉有较好的咀嚼性，口感不会太硬也不至于太柔软，口味适中，这与感官评价结果一致。在盐煮 4 min 后，龙虾肉质的硬度值在 430 g

左右,咀嚼性值在 100~250 之间<sup>[1]</sup>,与之相比即食休闲食品的小龙虾硬度值稍低,但不影响弹性与咀嚼性,

弹性足、有嚼劲。在此最优工艺下加工出来的小龙虾产品能满足大多数消费者的需求。

表 5 小龙虾即食休闲食品基本成分分析

Table 5 Basic nutrition of crayfish ready-to-eat snack food

基本成分	水分	灰分	粗蛋白	脂肪	总糖	其他
含量/%	55.85±0.09	4.07±0.29	18.79±0.21	14.91±0.60	3.87±0.33	2.51±0.30

## 2.4 营养分析

### 2.4.1 基本成分分析

小龙虾即食休闲食品的水分含量为 55.85%,徐言等<sup>[13]</sup>在研究盐煮工艺对小龙虾品质的影响时发现,当盐浓度为 0 时,其测得的水分含量为 75.6%,与其所测结果相比较,小龙虾即食休闲食品中的水分含量较低,可能是由于加工工艺中的油炸使得小龙虾肉质中水分含量降低,在一定程度上可延长小龙虾即食休闲食品货架期,便于运输贮存与销售。灰分含量为 4.07%,灰分中含有丰富的钙、镁、钾、钠等元素,还含有部分微量元素。瞿桂香等<sup>[5]</sup>测得的即食椒盐小龙虾灰分含量为 1.6 g/100 g,与之相比较,可能矿物质元素含量较高。脂肪含量为 14.91%,而即食椒盐小龙虾脂肪含量为 0.6 g/100 g<sup>[5]</sup>,可能其中一部分脂肪来自于制备小龙虾即食休闲食品中的食用油。粗蛋白含量为 18.79%,盐煮的小龙虾盐浓度为 0 时,蛋白质含量为 15.1%<sup>[13]</sup>,小龙虾即食休闲食品相对蛋白质含量较高,煮制工艺可能会损失一部分的可溶性蛋白于小龙虾水煮液中。总糖含量为 3.87%,可能其中一部分来源于制备小龙虾即食休闲食品工艺配方中的冰糖。

### 2.4.2 氨基酸组成分析

小龙虾即食休闲食品中的氨基酸含量和种类见表 6,共有 18 种氨基酸,总量为 155.93 mg/g,其中人体必需氨基酸为 30.75 mg/g,约占氨基酸总量的 20%。必需氨基酸作为合成蛋白质的重要原料,对人体的生命活动有重要影响。必需氨基酸必须从食物中摄取,人体自身不能合成,因此必需氨基酸是维持人体健康中必不可少的因素之一。小龙虾即食休闲食品所检测出的必需氨基酸中亮氨酸与赖氨酸占比较高,亮氨酸有着修复肌肉,控制血糖并给身体组织提供能量等功效<sup>[14]</sup>;而赖氨酸可以促进人体发育、增强免疫功能<sup>[15]</sup>,这对人体健康十分有利。

必需氨基酸的氨基酸评分(Amino Acid Score, AAS) > 1,说明必需氨基酸均衡性佳,是一种优质全面的蛋白质<sup>[6]</sup>。由表 7 可知,小龙虾即食休闲食品的必需氨基酸均衡性好;评分相对最高的是 Lys,其次是 Ile; Thr、Val、Ile 和 Lys 评分高于 FAO/WHO 建议的

氨基酸参考值。

表 6 小龙虾即食休闲食品总氨基酸成分分析

Table 6 Amino acids composition of crayfish ready-to-eat snack

food		
氨基酸	绝对含量/(mg/g)	相对含量/%
天冬氨酸(Asp)	8.94±0.52	5.73±0.08
谷氨酸(Glu)	13.77±0.82	8.84±0.11
丝氨酸(Ser)	3.70±0.27	2.37±0.00
精氨酸(Arg)	7.22±0.55	4.63±0.03
甘氨酸(Gly)	35.35±2.43	22.67±0.06
苏氨酸(Thr)	3.50±0.22	2.25±0.02
脯氨酸(Pro)	2.80±0.13	1.80±0.05
丙氨酸(Ala)	42.62±2.98	27.33±0.05
缬氨酸(Val)	4.00±0.02	2.57±0.04
甲硫氨酸(Met)	0.22±0.06	0.14±0.03
半胱氨酸(Cys)	0.19±0.02	0.12±0.01
异亮氨酸(Ile)	3.92±0.29	2.51±0.01
亮氨酸(Leu)	6.27±0.44	4.02±0.00
色氨酸(Trp)	1.02±0.04	0.66±0.08
苯丙氨酸(Phe)	3.07±0.89	1.94±0.46
组氨酸(His)	6.78±0.43	4.35±0.04
赖氨酸(Lys)	8.75±0.67	5.61±0.03
酪氨酸(Tyr)	3.83±0.21	2.46±0.05
氨基酸总量	155.93±11.10	100.00
必需氨基酸	30.75±2.75	19.69±0.38

注:样品以干基计。必需氨基酸为 Thr、Val、Met、Ile、

Leu、Trp、Phe、Lys 的总和。

表 7 小龙虾即食休闲食品必需氨基酸评分

Table 7 Grade of essential amino acids for crayfish ready-to-eat

snack food				
氨基酸	氨基酸含量/(mg/g)	氨基酸含量/(mg/g 蛋白质)	参考值/(mg/g 蛋白质)	评分/AAS
Thr	3.50	18.62	34	55
Val	4.00	21.30	35	61
Met+Cys	0.40	2.14	25	9
Ile	3.92	20.86	28	75
Leu	6.27	33.39	66	51
Phe+Tyr	6.90	36.71	63	58
Lys	8.75	46.55	58	80

## 2.4.3 脂肪酸分析

表8 小龙虾即食休闲食品脂肪酸分析

Table 8 Fatty acids in crayfish ready-to-eat snack food

脂肪酸	相对含量/%
C16:1n-7	0.97±0.06
C16:0	9.28±0.14
C18:2n-6	52.96±2.11
C18:1n-9	26.54±2.36
C18:3n-3	0.85±0.04
C18:0	5.58±0.12
C20:4n-6	0.85±0.03
C20:5n-3	0.93±0.07
C20:1n-11	0.58±0.01
C20:0	0.76±0.04
C22:0	0.89±0.04
∑SFA	16.52±0.33
∑MUFA	27.89±2.06
∑PUFA	55.59±2.05

小龙虾即食休闲食品中有 11 种脂肪酸 (表 8), 包括饱和脂肪酸 (Saturated Fatty Acid, SFA) 4 种、单不饱和脂肪酸 (Monounsaturated Fatty Acid, MUFA) 3 种、多不饱和脂肪酸 (Polyunsaturated Fatty Acid, PUFA) 4 种。总 SFA、MUFA、PUFA 的含量分别为 16.52%、27.89%、55.59%, 与微波熟制加工的小龙虾相比<sup>[8]</sup>, 休闲食品的小龙虾中 PUFA 相对含量较高。SFA 含量最高的是棕榈酸 C16:0 (9.28%)、MUFA 含量最高的是油酸 C18:1n-9 (26.54%)、PUFA 含量最高的是  $\omega$ -6 系列的亚油酸 C18:2n-6 (52.96%), 还检测出了花生四烯酸 (C20:4n-6)。PUFA 中亚油酸和花生四烯酸, 是人体无法合成, 但对身体来说也是不可或缺的必需脂肪酸, 有使胆固醇酯化, 降低血中胆固醇和甘油三酯等功效<sup>[16]</sup>。

## 2.5 风味分析

## 2.5.1 游离氨基酸分析

表9 小龙虾即食休闲食品游离氨基酸分析

Table 9 Analysis of free amino acids of crayfish ready-to-eat snack food

游离氨基酸	绝对含量/(mg/g)	相对含量/%	味道阈值/(mg/g)	TAV
天冬氨酸 (Asp)	0.16±0.02	6.20±0.48	1.0	0.16
谷氨酸 (Glu)	0.02±0.00	0.90±0.00	0.3	0.08
丝氨酸 (Ser)	0.08±0.01	3.33±0.07	1.5	0.06
精氨酸 (Arg)	0.24±0.01	9.46±0.26	0.5	0.48
甘氨酸 (Gly)	0.68±0.03	26.93±0.14	1.3	0.52
苏氨酸 (Thr)	0.02±0.00	0.92±0.01	2.6	0.01
脯氨酸 (Pro)	0.08±0.00	3.33±0.08	3.0	0.03
丙氨酸 (Ala)	0.99±0.03	39.25±0.38	0.6	1.65
缬氨酸 (Val)	0.00±0.00	0.13±0.01	0.4	0.01
甲硫氨酸 (Met)	0.06±0.00	2.27±0.05	0.3	0.20
半胱氨酸 (Cys)	0.01±0.00	0.57±0.01	/	/
异亮氨酸 (Ile)	0.02±0.00	0.81±0.01	0.9	0.02
亮氨酸 (Leu)	0.03±0.00	1.22±0.03	1.9	0.02
色氨酸 (Trp)	0.00±0.00	0.17±0.00	/	/
苯丙氨酸 (Phe)	0.01±0.00	0.56±0.01	0.9	0.01
组氨酸 (His)	0.04±0.00	1.72±0.01	0.2	0.22
赖氨酸 (Lys)	0.02±0.00	0.73±0.01	0.5	0.04
酪氨酸 (Tyr)	0.04±0.00	1.48±0.11	/	/
总游离氨基酸	2.53±0.10	100.00	/	/
甜味氨基酸	1.87±0.07	73.77±0.28	/	/
鲜味氨基酸	0.18±0.02	7.10±0.48	/	/

注: 样品以干基计; /表示未查阅到或没有数值。鲜味氨基酸为 Asp 和 Glu; 甜味氨基酸为 Ser、Gly、Thr、Pro、Ala。

小龙虾即食休闲食品中非挥发性风味成分-游离氨基酸种类及含量见表 9, 游离氨基酸总含量为 2.53 mg/g, 鲜味氨基酸含量为 0.18 mg/g, 占 7.10%; 甜味氨基酸含量为 1.87 mg/g, 占 73.77%。甜味氨基酸在游离氨基酸总量中占比很大, 说明甜味为小龙虾即食休闲食品的主要口味。其中 Ala 及 Gly 占比较高, 且 Ala 的味道强度值 (Taste Activity Value, TAV) 大于其阈值, 味道有突出贡献; Ala 可用于合成新型甜味剂及某些手性药物中间体的原料<sup>[17]</sup>; Gly 对治疗重症肌无力和进行性肌肉萎缩有着显著性作用<sup>[17]</sup>, 这对于人体预防肾结石等疾病、预防肌肉萎缩等症状都十分有利。与微波熟制加工的小龙虾相比<sup>[8]</sup>, 休闲食品的小龙虾总游离氨基酸含量相差不大, 但甜、鲜味氨基酸含量较高, 说明小龙虾休闲食品风味较微波小龙虾要好, 且微波工艺加工后的小龙虾风味会有一定损失<sup>[8]</sup>。

### 2.5.2 呈味核苷酸分析

除了游离氨基酸, 核苷酸也是重要的鲜味物质。如表 10 所示, 小龙虾即食休闲食品中核苷酸总量达 71.28 mg/100 g, 其中 GMP 含量为 3.77 mg/100 g、AMP 含量为 3.46 mg/100 g、IMP 含量为 58.13 mg/100 g。GMP、IMP、AMP 的鲜味阈值分别为 12.5、25.0、50.0。GMP 可用于酱油、调味料生产中。IMP 呈现出特异的鲜味<sup>[18]</sup>, 是一种食品增鲜剂, 有“强力味精之称”<sup>[20]</sup>。IMP 的 TAV 值 >1, 极大地提高了小龙虾即食休闲食品的鲜味及口感, 可以看出小龙虾即食休闲食品中 IMP 含量较高, 风味较好, 也可能与加工工艺中味精

与鸡精的加入有关。呈味核苷酸与其他鲜味剂混合后, 鲜味可提高数 10 倍, 具有一定的协同增效作用, 可降低鲜味阈值<sup>[19]</sup>。味精分别与 IMP、GMP 按 1:1 混合使用时鲜味强度分别增大了 8 和 30 倍<sup>[20]</sup>。此外, 呈味核苷酸可以增强甜味、肉味和醇厚感, 掩盖或抑制酸味、苦味、腥味、焦味等不良风味<sup>[21]</sup>。

表 10 小龙虾即食休闲食品呈味核苷酸分析

Table 10 Analysis of nucleotides of crayfish ready-to-eat snack

food			
名称	核苷酸 /(mg/100 g)	味道阈值 /(mg/100 g) <sup>[18,19]</sup>	TAV
GMP	3.77±0.64	12.5	0.30
AMP	3.46±0.14	50.0	0.07
IMP	58.13±3.45	25.0	2.33
CMP	5.92±1.28	/	/
总量	71.28±0.59	/	/

注: 样品以干基计; /表示未查阅到或没有数值。

### 2.5.3 鲜味强度分析

鲜味强度值 (EUC) 可以表示食品中鲜味物质的含量, 用来评价食品的鲜味强度。EUC 值是指在 100 g 干物质中, 用味精 (MSG) 的含量来表示呈鲜物质的总量。由表 11 可知, 小龙虾即食休闲食品的 EUC 值为 0.29 g MSG/100 g, 即 100 g 小龙虾即食休闲食品相当于 0.29 g 味精提供的鲜度。与微波熟制加工的小龙虾相比<sup>[8]</sup>, 休闲食品的小龙虾鲜味强度相差不大, 小龙虾在加工后也保留了一定的自身的鲜味。

表 11 小龙虾即食休闲食品鲜味强度分析

Table 11 Analysis of umami intensity of crayfish ready-to-eat snack food

项目	Asp/ (10 <sup>-2</sup> g/100 g)	Glu/ (10 <sup>-2</sup> g/100 g)	GMP/ (10 <sup>-2</sup> g/100 g)	IMP/ (10 <sup>-2</sup> g/100 g)	AMP/ (10 <sup>-2</sup> g/100 g)	EUC/ (g MSG/100 g)
小龙虾即食休闲食品	1.57	0.23	0.38	5.81	0.35	0.29

## 3 结论

通过单因素和正交试验, 结合评分法感官检验确定了小龙虾即食休闲食品的最优工艺配方: 以单冻的虾尾为原料, 按质量分数计, 添加食盐 2.5%、辣椒 13.3%、花椒 2.98%、味精 0.66%、鸡精 0.66%、大豆油 17.39%、冰糖 3.33%、水 166.68%、姜 0.5%、生抽 2.67%、料酒 2.33%、卤料 2% (小茴香 7.04%、桂皮 25%、辣椒 13.3%、花椒 3%、香叶 12.5%、草果 8.97%)、煮制 4 min。依据此工艺配方加工的小龙虾即食休闲食品色泽红润、肉质紧密富有弹性、有良好的咀嚼性和组织状态, 且具有小龙虾的特有鲜香, 感官检验

结果与质构仪结果相吻合。此工艺配方参数以本研究中的原材料为首选, 对其他形式的原材料也具有指导意义。

营养方面分析, 小龙虾即食休闲食品蛋白含量较高; 氨基酸种类齐全, 含有 20% 的人体必需氨基酸; 脂肪酸中不饱和脂肪酸含量较高, 营养丰富; 风味角度分析, 以呈甜味的氨基酸和呈鲜味的核苷酸为主, 甜鲜可口。该产品具有独特的风味, 甜鲜俱存, 具有很高的食用价值。本研究为小龙虾即食休闲食品的开发提供理论基础, 具有一定的推广价值。小龙虾即食休闲食品创新性强, 有广阔市场前景, 但产品的理化和微生物检验以及常温贮藏的货架期还有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 郭力,过世东,刘海英.盐煮和微波加热对即食龙虾质构的影响[J].食品与生物技术学报,2011,30(3):376-380
- [2] 李锐,江祖彬,童光森,等.即食麻辣小龙虾加工工艺研究[J].食品研究与开发,2019,40(5):138-143
- [3] 蒋长兴,熊清平,焦云鹏.小龙虾调理食品加工工艺研究[J].现代食品科技,2012,11:1545-1547
- [4] 瞿桂香,马文慧,董志俭,等.小龙虾肉脯的工艺优化[J].食品工业科技,2021,42(3):158-164
- [5] 瞿桂香,钱文霞,董志俭,等.响应面优化即食椒盐小龙虾的加工工艺[J].保鲜与加工,2020,20(6):131-136
- [6] 徐文思,胡诗雨,邓娟丽,等.小龙虾加工水煮液营养成分与风味物质分析[J].食品与发酵工业,2021,47(14):279-286
- [7] Ma R, Liu X H, Tian H N, et al. Odor-active volatile compounds profile of triploid rainbow trout with different marketable sizes [J]. Aquaculture Reports, 2020, 17: 1-7
- [8] 徐文思,杨祺福,赵子龙,等.微波熟制对小龙虾营养与风味的影响[J].食品与机械,2022,38(2):216-221,227
- [9] 吴昭庆,黄秋红,杨欣,等.贵州糍粑辣椒的制作工艺[J].现代食品科技,2020,36(1):235-241,149
- [10] 朱妞,訾荣禄.浅议味精与鸡精[J].中国调味品,2013,38(1):3-4,23
- [11] 匡凤军,刘群,曹倩蕾,等.质构仪在食品行业中的应用综述[J].现代食品,2020,3:112-115
- [12] 张秋会,宋莲军,黄现青,等.质构仪在食品分析与检测中的应用[J].农产品加工,2017,24:52-56
- [13] 徐言,陈季旺,楚天奇,等.盐煮工艺对即食小龙虾品质的影响[J].武汉轻工大学学报,2020,39(5):1-8
- [14] 吴同辉.凯氏定氮法测定速冻食品蛋白质过程探讨[J].肉类工业,2020,6:37-39
- [15] 瞿桂香,马文慧,钱文霞,等.不同剂量电子束辐照即食小龙虾的品质分析[J].食品科技,2020,10:155-161
- [16] 李璇.食品中脂肪测定的检验操作经验[J].现代食品,2019,17:161-163
- [17] 周明珠,熊光权,乔宇,等.克氏原螯虾不同可食部位风味成分分析[J].肉类研究,2020,34(9):952-958
- [18] Demanj M, Finley J W, Hurst W J, et al. Principles of Food Chemistry [M]. Springer: Cham, 2018: 24-38
- [19] Katsumi K, Emi H, Hiromi K, et al. Taste-masking effects of various foods on crude drug products [J]. Japanese Journal of Food Chemistry and Safety, 2019, 26(1): 68-76
- [20] 沈滢.调味品中呈味核苷酸的研究进展和我国标准化现状[J].中国调味品,2017,42(1):177-180
- [21] 徐玮,谭红,宋光林,等.紫外光度法测定增鲜味精中呈味核苷酸二钠的含量[J].食品工业科技,2010,31(12):344-345,348