



刘晓丽,姜伯成,姜启兴,等. 粒径对熟制风味龙虾中香辛料品质的影响[J]. 轻工学报,2022,37(2):23-29.

LIU X L,JIANG B C,JIANG Q X,et al. Effect of particle size on quality of spices in cooked flavor crayfish[J]. Journal of Light Industry,2022,37(2):23-29. DOI:10.12187/2022.02.003

# 粒径对熟制风味龙虾中香辛料品质的影响

刘晓丽<sup>1</sup>,姜伯成<sup>2</sup>,姜启兴<sup>1</sup>,杨方<sup>1</sup>,周小燕<sup>1</sup>,沈慧敏<sup>1</sup>,陈诺<sup>1</sup>,夏文水<sup>1</sup>

1. 江南大学 食品学院/食品科学与技术国家重点实验室/江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 江苏 无锡 214122;
2. 东台市天海土特产有限公司,江苏 东台 224200

**摘要:**以熟制风味龙虾的香辛料为研究对象,通过对其进行微粉碎处理和筛分,研究不同粉碎粒径香辛料的休止角、滑角、膨胀力和溶出效果,并对香辛料汤汁的色泽、感官、挥发性风味成分和添加量进行分析。结果表明:微粉碎处理后,香辛料的休止角和滑角均随粒径的减小而逐渐增大,膨胀力则逐渐减小;在820~1500 μm 粒径范围内的香辛料溶出效果较好,利用率提高,香气更浓郁;与未粉碎香辛料相比,820 μm 粒径香辛料中的主要挥发性风味成分相对含量较高,即其最适宜熬煮熟制风味龙虾的汤汁,且添加量取3~4 g/L 较好。

**关键词:**香辛料;粒径;微粉碎;熟制风味龙虾

**中图分类号:**TS251.5<sup>+</sup>5 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2022)02-0023-07

## 0 引言

淡水龙虾不仅营养丰富,而且风味独特,受到广大消费者的青睐<sup>[1]</sup>。目前,淡水龙虾的加工产品以冷冻熟制风味龙虾为主,其主要工艺是传统煮制<sup>[2]</sup>,香辛料作为煮制入味的关键物质,在淡水龙虾加工过程中起重要的调味作用<sup>[3]</sup>。

香辛料可以直接使用或经粉碎处理后再使用,前者利用效率低,香气释放不完全,后者不仅可使香辛料与其他调味品充分混合、更好入味,而且香气释放速度快,味道纯正,使用方便<sup>[4]</sup>。此外,粉碎后的香辛料细胞壁被破坏,可暴露更多活性基团和活性物质,改善香辛料的理化性质及功能活性<sup>[5-6]</sup>,适当的粉碎工艺不仅可以提高香辛料的加工性能,改善

口感,还可以增加粉末的细腻感,使其中的营养物质更易吸收<sup>[7]</sup>。因此,在实际生产过程中,通常先将香辛料进行粉碎处理,以获得不同粒径大小的料粉,再进行适当添加<sup>[8]</sup>,而香辛料的粒径是影响加工产品口感及消费者接受度的一个重要因素<sup>[9]</sup>。Z. Zarai 等<sup>[10]</sup>采用超微粉碎技术对生姜和蘑菇进行处理,改进了物料粉体的持水性、溶解性、流动性和分散性,更利于将其加工成即食方便食品,促进人体更好地吸收。目前关于粒径对熟制风味龙虾中香辛料品质的影响鲜有报道,且现有对粒径的研究主要集中在超微粉碎上,但此种粉碎成本较高,不利于推广应用;同时,过度或不当的粉碎工艺,会对粉体的结构造成破坏,导致其理化性质和功能活性下降<sup>[11]</sup>。

基于此,本研究拟使用更切合实际生产条件的

收稿日期:2021-08-11;修回日期:2022-03-04

基金项目:江苏省苏北专项项目(SZ-YC202003);国家重点研发计划项目(2019YFC1606002)

作者简介:刘晓丽(1984—),女,甘肃省天水市人,江南大学副研究员,博士,主要研究方向为食品加工及保藏保鲜。E-mail:lx1525j@163.com

通信作者:夏文水(1958—),男,江苏省南京市人,江南大学教授,博士,主要研究方向为食品加工技术、水产品精深加工。E-mail:xiaws@jiangnan.edu.cn

微粉碎方式,利用摇摆式粉碎机对香辛料进行粉碎处理,经筛分获得不同粒径的香辛料并研究其休止角、滑角、膨胀力、溶出效果等,进而对香辛料汤汁的色泽、感官、挥发性风味成分、添加量等进行分析,以期对香辛料在熟制风味龙虾中的有效利用及工业化生产提供前期探索和理论参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

鲜活龙虾(20~60 g)、食用油、花椒、辣椒粉、味精、食盐、白砂糖、包装盒、包装袋等,均购于无锡市欧尚超市;特制混合香辛料(下文简称为香辛料),由实验室前期自行配制而成;NaOH、冰醋酸、葡萄糖、乙酸锌、酒石酸钾钠、甲醛、无水乙醇、亚铁氰化钾、HCl、二甲苯等,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司产。

### 1.2 主要仪器与设备

UltraScan Pro1166型色差测定仪,美国Hunterlab公司产;UV-2700型紫外可见分光光度计、QP2010Ultra型气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司产;DM6801B型数字温度表,上海密莱电气有限公司产;YXQ-100A型立式压力蒸汽灭菌锅,上海博迅实业有限公司医疗设备厂产;DELTA-320型pH计,Mettler Toledo仪器有限公司产;DHP-9082B型电热恒温培养箱,上海一恒有限公司产;S3500型激光粒度分析仪,美国Microtrac公司产;1000 g摇摆式粉碎机,浙江武义县屹立工具有限公司产。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 不同粒径香辛料的制备** 先将香辛料用摇摆式粉碎机在室温下进行不同程度的初步粉碎,再分别用40目、80目、100目、150目、200目、250目、300目的筛子进行筛分,收集分筛后的香辛料。采用激光粒度分析仪测定粉碎前后香辛料颗粒的粒径,并选择7种粒径进行标记:s0(3000~5000 μm)、s1(1500 μm)、s2(820 μm)、s3(424 μm)、s4(225 μm)、s5(92 μm)、s6(49 μm)。

**1.3.2 休止角和滑角的测定** 将一定量不同粒径香辛料样品用玻璃漏斗垂直自然流至玻璃平板上形成圆锥体,测定圆锥表面和水平面的夹角,即为样品

的休止角。将一定量不同粒径香辛料样品均匀铺在光滑玻璃板上,缓缓向上推动玻璃板的一端,测定90%样品滑落时玻璃板与水平面的夹角,即为样品的滑角<sup>[12]</sup>。

**1.3.3 膨胀力的测定** 精确称取1.00 g香辛料样品置于10 mL带刻度试管中,加水至10 mL处,振荡摇匀后在室温条件下自然沉降24 h。膨胀力计算公式如下<sup>[13]</sup>:

$$\text{膨胀力} = (V_2 - V_1) / m$$

其中, $V_1$ 为待测香辛料样品体积/mL, $V_2$ 为香辛料样品膨胀后体积/mL, $m$ 为香辛料样品质量/g。

**1.3.4 香辛料溶出效果研究** 分别取不同粒径香辛料4 g,投入500 g沸水中熬煮30 min,冷却离心后进行全波长扫描,确定香辛料的最大吸收波长。扫描范围设置为580~200 nm。再取上述7种不同粒径香辛料各4 g,分别投入500 g沸水中,再分别熬煮10 min、20 min、30 min后冷却离心,采用紫外可见分光光度计在最大吸收波长处测定样品的吸光度。

**1.3.5 汤汁色泽的测定** 分别取不同粒径香辛料4 g,投入500 g沸水中熬煮30 min后,采用色差测定仪对不同粒径香辛料汤汁的色泽进行测定。

**1.3.6 汤汁的感官评定** 分别取不同粒径香辛料4 g,投入500 g沸水中熬煮30 min后,对不同粒径香辛料汤汁的感官进行评定<sup>[14]</sup>。由受过专门训练的感官评定员组成评定小组进行感官评定,采用评分法打分,评分范围为1~10分,取平均值作为感官评定综合得分。香辛料汤汁感官评分标准见表1。

**1.3.7 挥发性风味成分的测定** 称量未粉碎香辛料A和最佳粉碎粒径香辛料B各4 g,分别投入500 g沸水中熬煮30 min后,测定香辛料熬煮液中的挥发性风味成分。具体步骤:在顶空瓶中加入2 g样品,将老化后的75 μm萃取头插入顶空瓶的顶空部分,于50 ℃水浴吸附30 min后,取出萃取

表1 香辛料汤汁感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation index of spice soup				
项目	权重	8~10分	6~8分	<6分
外观( $w$ )	0.3	呈均一状	呈浑浊状	呈糊状
色泽( $s$ )	0.3	棕褐色	棕黄色	明黄
香气( $x$ )	0.4	浓郁	较浓郁	柔和
综合评分( $z$ )		$z = 0.3w + 0.3s + 0.4x$		

头,立即插入气相色谱进样口,于 250 ℃ 解析 3 min,并采集数据。

色谱条件:色谱柱为弹性毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序为初始温度 40 ℃ 保持 2 min,以 5 ℃/min 升温至 120 ℃,再以 10 ℃/min 升温至 230 ℃ 并保持 8 min;进样量为 0.5 μL,载气 He 的流速为 0.8 mL/min,不分流进样。

质谱条件:电子轰击(EI)离子源,离子源温度为 200 ℃,电子能量为 70 eV,发射电流为 200 μA,扫描范围为 33~450 aum,传输线温度为 250 ℃,检测器电压为 350 V。

**1.3.8 香辛料添加量的确定** 称量 1 份未粉碎香辛料 A 和 4 份最佳粉碎粒径香辛料 B(每份 4 g),分别与 90 g 白砂糖、8 g 食盐、5 g 味精混合制成调味料。将混有香辛料 A 的调味料投入 500 g 沸水中熬煮 30 min 得到原汤汁,将混有香辛料 B 的调味料分别投入 500 g、750 g、1000 g、1500 g 沸水中熬煮 30 min 得到 4 份调味汤汁,分别记为稀释 1 倍汤汁、稀释 1.5 倍汤汁、稀释 2 倍汤汁和稀释 3 倍汤汁。采用原汤汁和不同稀释度调味汤汁熬煮龙虾,对熬煮好的龙虾进行 40 人的感官评定成对比较偏爱实验,确定最佳粉碎粒径香辛料的添加量。

## 1.4 数据处理与分析

所有实验均重复 3 次,结果取平均值,采用 Origin 8.5 和 SPSS 进行统计学分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同粒径香辛料的休止角和滑角分析

休止角和滑角都是反映香辛料粉体性能的重要指标,通常休止角和滑角越小,其流动性越好。不同粒径香辛料的休止角和滑角如图 1 所示。由图 1 可以看出,香辛料的休止角和滑角均随粒径的减小而逐渐增大。休止角从最初的 9.70° 逐渐增加到 67.10°,滑角从最初的 10.50° 增加到 34.60°。这可能是由于粉碎使香辛料紧密的组织结构变得疏松,粉体粒径减小,比表面积增加,香辛料表面的凝聚力及颗粒间的引力和黏附力增大,使得香辛料与光滑玻璃之间的摩擦力相对增大,导致香辛料的休止角

和滑角都增大,粉体的流动性变差<sup>[13]</sup>。

### 2.2 不同粒径香辛料的膨胀力分析

膨胀力是衡量香辛料品质好坏的重要指标。经粉碎处理后,不同粒径香辛料的膨胀力如图 2 所示。由图 2 可以看出,随着香辛料粒径的减小,其膨胀力由最初的 22.70 mL/g 减小到 6.23 mL/g。这一方面可能是由于粉碎处理使香辛料颗粒数目增加,溶于水后,香辛料颗粒结构的伸展会产生更大的容积,导致其膨胀力增大;另一方面,粉碎处理使香辛料的粒径减小,结构更为疏松,比表面积和孔隙率相对增大,从而暴露更多的亲水性基团,导致香辛料对水分的束缚力减小,膨胀力增大<sup>[15]</sup>。

### 2.3 不同粒径香辛料溶出效果分析

香辛料在熬煮过程中,溶出的水溶性成分具有呈味效果,在龙虾浸渍入味时可赋予产品独特的风味。根据朗伯比尔定律<sup>[16]</sup>,在相同条件下,溶液浓度与吸光度成正比,可通过最大吸收波长处吸光度的变化来判断溶液浓度的变化。不同粒径香辛料汤

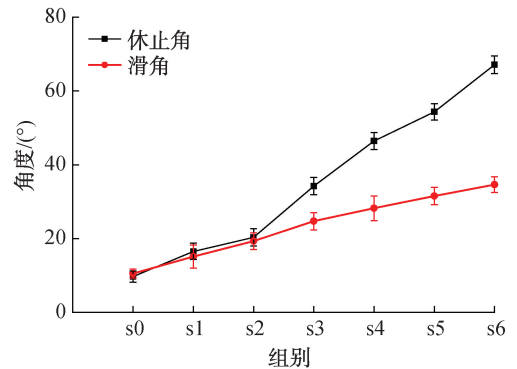


图 1 不同粒径香辛料的休止角和滑角

Fig. 1 The angle of repose and the slip angle of spices with different particle size

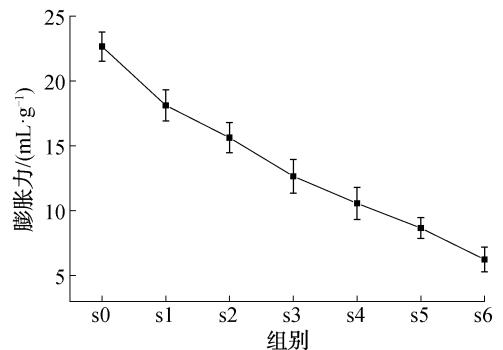


图 2 不同粒径香辛料的膨胀力

Fig. 2 The swelling capacity of spices with different particle size

汁的全波长扫描图如图3所示。由图3可以看出,香辛料汤汁的最大吸收波长为275 nm。图4为275 nm波长处,香辛料溶出情况与粒径之间的关系。由图4可以看出,不同煮制时间香辛料汤汁的吸光度具有相同的变化趋势,随着香辛料粒径的减小,香辛料汤汁的吸光度呈先上升后下降的趋势;粒径在820~1500  $\mu\text{m}$ 范围内的香辛料汤汁的吸光度较高,且粒径为820  $\mu\text{m}$ 的香辛料的汤汁吸光度最高。根据朗伯比尔定律可知香辛料粒径为820  $\mu\text{m}$ 时,汤汁溶出物的浓度最高,可见粉碎处理能够增强香辛料的溶出效果。

香辛料熬煮过程中,扩散和吸附作用共同决定了香辛料有效物质的溶出率。当颗粒粒径较大时,香辛料比表面积小,表面能作用不显著,以扩散作用为主;当颗粒粒径较小时,表面能作用显著,扩散作用减弱,以吸附作用为主<sup>[17]</sup>。因此,在熬煮过程中,当香辛料粒径为1500~5000  $\mu\text{m}$ 时,汤汁的吸光度随粒径的减小而逐渐增大,这可能是由于扩散作用占优势;当香辛料粒径为820~1500  $\mu\text{m}$ 时,汤汁的吸光度较大且变化不显著;当香辛料粒径为49~820  $\mu\text{m}$ 时,汤汁的吸光度随粒径的减小呈下降趋势,这可能是由于该粒径范围内香辛料的吸附作用占优势<sup>[18]</sup>。另外,在香辛料熬煮过程中,粒径为92  $\mu\text{m}$ 和49  $\mu\text{m}$ 的香辛料容易聚集成糊状,不利于后续加工。

## 2.4 不同粒径香辛料汤汁的色泽分析

不同粒径对香辛料汤汁色泽的影响如表2所示。由表2可知,香辛料汤汁的 $L^*$ 值随粒径的减小呈先下降后上升的趋势, $a^*$ 值和 $b^*$ 值总体呈先上升后降低的趋势;当粒径为820  $\mu\text{m}$ 时,香辛料汤汁的 $L^*$ 值最小, $a^*$ 值和 $b^*$ 值均达到最大值,此时汤汁的红色和黄色最高。这可能是因为粒径为820  $\mu\text{m}$ 的香辛料在熬煮过程中,色素等成分的溶出率较高,使汤汁颜色加深为棕褐色,明度降低。当粒径大于或小于820  $\mu\text{m}$ 时, $L^*$ 值上升,汤汁明度较高, $a^*$ 值和 $b^*$ 值下降,颜色呈明黄或棕黄色,这可能是由于在该粒径范围内的香辛料汤汁中,色素等成分的溶出率低于粒径为820  $\mu\text{m}$ 的香辛料。

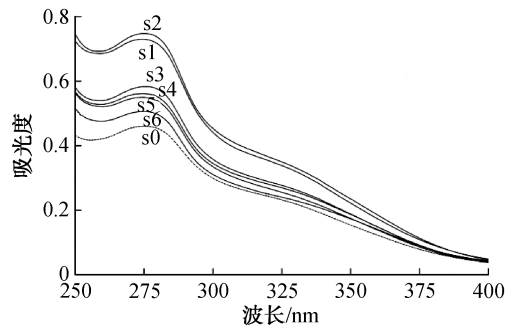


图3 不同粒径香辛料汤汁的全波长扫描图  
Fig. 3 The full wave scanning of different particle size spice soup

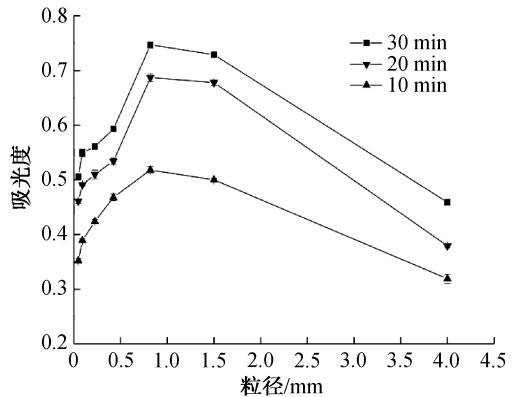


图4 香辛料溶出情况与粒径之间的关系  
Fig. 4 The relationship between spice dissolubility and particle size

表2 不同粒径对香辛料汤汁色泽的影响  
Table 2 Effects of spices with different particle size on color and luster of soup

样品	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值
s0	66.25	3.77	24.14
s1	65.85	3.69	25.19
s2	63.03	4.76	30.81
s3	63.70	3.52	27.93
s4	65.35	2.83	26.24
s5	66.34	2.55	24.81
s6	66.70	2.18	22.73

## 2.5 不同粒径香辛料汤汁的感官品质分析

不同粒径香辛料汤汁的感官品质评分如表3所示。由表3可知,不同粒径香辛料汤汁的综合评分随粒径的减小呈先增加后减小的趋势,其中,s1和s2组样品的香辛料汤汁的香气和综合评分均较高,结合上述分析,s1和s2组香辛料在相同熬煮条件下的溶出物最多,香气更浓郁,感官可接受度更高,更

表3 不同粒径香辛料汤汁的感官品质评分

Table 3 The sensory quality score of different

particle size spice soup 分

样品	外观	色泽	香气	综合评分
s0	8.1	5.7	6.2	6.6
s1	7.6	8.1	9.1	8.4
s2	8.2	8.9	8.4	8.5
s3	8.4	7.4	8.1	7.6
s4	6.3	6.9	7.8	7.1
s5	6.8	7.3	7.4	7.3
s6	5.1	6.3	7.1	6.3

表4 粉碎处理对香辛料中挥发性风味成分的影响

Table 4 Effect of crushing treatment on volatile flavor components in spice

化合物种类	化合物名称	B		A	
		保留时间/min	相对含量/%	保留时间/min	相对含量/%
萜烯类	$\alpha$ -蒎烯	5.24	3.078	5.24	0.738
	丁酸乙酯	5.73	0.754	5.73	0.192
	$\beta$ -蒎烯	7.09	2.390	7.08	0.844
	3-蒎烯	8.05	0.412	—	—
	水芹烯	8.48	0.866	8.46	0.391
	$\beta$ -月桂烯	8.65	0.652	8.68	0.276
	$\alpha$ -蒎品烯	8.88	0.318	8.90	0.204
	蒎二烯	9.39	4.910	9.42	3.217
	苯乙烯	11.14	2.734	11.16	3.598
	反式香柠檬烯	17.24	0.242	—	—
	檀香烯	17.28	0.925	—	—
	$\beta$ -榄香烯	17.52	0.375	—	—
	1-石竹烯	17.61	5.450	17.59	0.934
	香橙烯	18.26	1.281	—	—
	对甲氧基苯乙烯	18.61	0.505	18.61	0.537
	桉叶烯	19.20	1.780	19.21	0.596
	醛类	$\alpha$ -依兰油烯	19.28	0.906	—
$\beta$ -红没药烯		19.34	1.530	19.31	0.938
杜松烯		19.70	3.240	19.69	0.861
苯甲醛		16.44	0.344	16.44	1.016
枯茗醛		19.86	1.250	19.87	1.840
醇类	大茴香醛	22.46	0.307	22.47	0.456
	肉桂醛	22.61	0.596	22.60	1.105
	桉叶油醇	9.81	11.300	9.82	14.800
	芳樟醇	16.91	1.180	16.91	1.218
	4-蒎烯醇	17.64	2.920	17.64	2.804
碳氢类	松油醇	18.86	2.490	18.86	3.051
	二氢香芹醇	19.51	1.292	19.51	0.899
酮类	十七烷	16.39	0.385	16.38	0.527
	樟脑	—	—	16.31	0.578
酯类	二氢香芹酮	17.68	0.905	17.68	1.314
	正己酸乙酯	10.71	3.170	10.72	1.887
醚类	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇丙酸酯	18.32	0.669	18.30	2.719
	草蒿脑	18.54	2.440	18.55	1.966
	茴香醚	19.60	28.697	19.60	37.426
	丁香酚甲醚	22.36	1.124	22.36	1.138
	肉豆蔻醚	24.79	1.180	24.79	0.980
酸类	正己酸	20.54	4.110	20.55	4.480
	丁香酚	23.86	3.550	23.86	5.763
酚类	对乙烯基愈疮木酚	—	—	24.10	0.186
	其他	24.42	0.372	24.42	0.521
	榄香素	—	—	—	—

注:—表示未检测到。

有助于后续熟制风味龙虾的入味。

## 2.6 不同粒径香辛料的挥发性风味成分分析

实验继续考查了未粉碎香辛料(A)和820  $\mu\text{m}$  粒径香辛料(B)的挥发性风味成分(见表4)。由表4可知,未粉碎香辛料和820  $\mu\text{m}$  粒径香辛料中分别检测出35种和39种挥发性风味成分,包括醚类、醛类、醇类、酮类等化合物,其中萜烯类、醇类、醚类3种化合物为主要的挥发性风味成分。820  $\mu\text{m}$  粒径

香辛料中的萜烯类、醇类和醚类占总成分的85%，而未粉碎香辛料中该3种化合物占总成分的77%，可知香辛料经粉碎处理后，主要挥发性风味成分的相对含量有所提高，且820 μm 粒径香辛料中萜烯类化合物种类比未粉碎香辛料多6种，包括反式柠檬烯、檀香烯、β-榄香烯、香橙烯、α-依兰油烯和3-萜烯，其中820 μm 粒径香辛料中萜烯类化合物的相对含量是未粉碎香辛料的2.4倍，即粉碎处理可使香辛料的挥发性风味成分释放更完全。

## 2.7 粒径对香辛料使用量的影响分析

由于820 μm 粒径香辛料的香气成分释放更完全，香气更浓郁，因此，可适当减少820 μm 粒径香辛料在汤汁中的添加量，以达到与未粉碎香辛料相当的人味效果，同时也可降低香辛料使用成本。成对比较偏爱实验对比分析了原汤汁煮制的龙虾样品与经过稀释1倍、1.5倍、2倍、3倍后的调味汤汁煮制的龙虾样品，并分别记为第1组、第2组、第3组和第4组，结果如图5所示，其中，\*表示差异不显著。由图5可以看出，第1组和第2组中原汤汁煮制的龙虾样品受欢迎程度明显高于调味汤汁煮制的龙虾样品，这是因为浓度较高的调味汤汁煮制的龙虾样品香气过于强烈，产品风味不自然，导致接受度下降；第3组中调味汤汁煮制的龙虾样品香气较浓郁，受欢迎程度明显高于原汤汁煮制的龙虾样品；第4组中选择调味汤汁煮制的龙虾样品人数多于选择原汤汁煮制的龙虾样品人数，但喜好度无显著差异。由于原粒径香辛料的添加量为8 g/L，综合考虑确定820 μm 粒径香辛料的添加量为3~4 g/L。

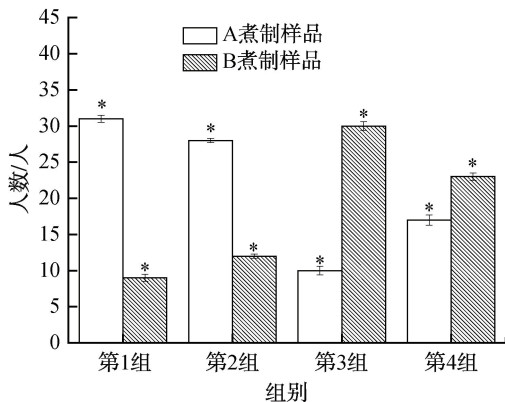


图5 成对比较偏爱实验结果

Fig. 5 The results of paired preference comparison

## 3 结论

本文通过对加入熟制风味龙虾中的香辛料进行微粉碎和分筛，研究了不同粒径香辛料的休止角、滑角、膨胀力和溶出效果，发现香辛料的休止角和滑角均随粒径的减小而逐渐增大，随着香辛料粒径的减小，其膨胀力由22.70 mL/g减小到6.23 mL/g，香辛料粒径为820 μm 时，汤汁溶出物的浓度最高。对不同粒径香辛料汤汁的色泽、感官、挥发性风味成分及添加量进行研究发现，与未粉碎香辛料相比，820 μm 和1500 μm 粒径香辛料汤汁的感官评分较高，其中820 μm 粒径香辛料的主要挥发性风味成分的相对含量较高，可确定其最适宜熬煮熟制风味龙虾的汤汁，且适宜添加量为3~4 g/L。本研究可为熟制风味龙虾中香辛料利用率的提升及应用范围的拓展提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] 曾诗淇. 小龙虾大市场: 解析《中国小龙虾产业发展报告(2018)》[J]. 农产品市场周刊, 2018(24): 10-12.
- [2] 张刘蕾, 姜启兴, 许艳顺, 等. 油炸和真空渗透对冻藏风味小龙虾品质的影响[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2013, 28(4): 40-44.
- [3] 李晚成, 王玉洁, 徐素素, 等. 粉末香辛料投放方式对减盐卤鸭腿品质特性的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(5): 23-28.
- [4] 薛永霞, 张作乾, 张洪才, 等. 不同加工阶段对上海熏鱼(草鱼)风味物质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(16): 160-168.
- [5] 吴耀军. 辛香料的加工与安全应用[C]//第十届中国国际食品添加剂和配料展览会学术论文集(2006年卷). 上海: 中国食品添加剂生产应用工业协会, 2006: 223-225.
- [6] 杨春瑜, 柳双双, 梁佳钰, 等. 超微粉碎对食品理化性质影响的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(1): 220-224.
- [7] 刘月如, 王海林, 杨茂, 等. 超微化膳食纤维功能特性的研究进展[J]. 食品科技, 2020, 45

- (3):64-68.
- [8] ZHANGA Z P, ZHANGA R J, XIAO H, et al. Development of a standardized food model for studying the impact of food matrix effects on the gastrointestinal fate and toxicity of ingested nano-materials[J]. *Nano Impact*, 2019, 13:13-25.
- [9] ZHAO X Y, ZHU H T, ZHANG G X, et al. Effect of superfine grinding on the physicochemical properties and antioxidant activity of red grape pomace powders[J]. *Powder Technology*, 2015, 286:838-844.
- [10] ZARAI Z, BOUJELBENE E, SALEM N B. Antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts, piperine and piperic acid from *Piper nigrum* [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2013, 50(2):634-641.
- [11] KARAMA M C, PETIT J, ZIMMER D, et al. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2016, 188:32-49.
- [12] 李昌文,张丽华,胡少帅,等.超微粉碎对芹菜渣理化特性的影响[J]. *食品工业*, 2021, 42(7):150-153.
- [13] 梁琪,毕阳,米兰,等.沙枣细粉超微粉碎后对物化特性的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(11):76-78.
- [14] LIU C, HAN J Y, DUAN Y Q, et al. Purification and quantification of ginsenoside Rb3 and Rc from crude extracts of caudexes and leaves of *Panax notoginseng* [J]. *Separation and Purification Technology*, 2007, 54(2):198-203.
- [15] 李渐鹏,尚玉荣,刘润书,等.麦麸超微粉-淀粉混合体系理化特性研究[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(3):92-96.
- [16] 王珏,宋宗庆,李春保,等.香瓜子汤料水用香辛料煮制特性研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(14):8609-8611.
- [17] 牛潇潇.超微粉碎马铃薯渣理化性质和功能特性的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学, 2021.
- [18] 程佳钰,高利,汤晓智.超微粉碎对苦荞面条品质特性的影响[J]. *食品科学*, 2021, 42(15):99-105.

## Effect of particle size on quality of spices in cooked flavor crayfish

LIU Xiaoli<sup>1</sup>, JIANG Bocheng<sup>2</sup>, JIANG Qixing<sup>1</sup>, YANG Fang<sup>1</sup>, ZHOU Xiaoyan<sup>1</sup>,

SHEN Huimin<sup>1</sup>, CHEN Nuo<sup>1</sup>, XIA Wenshui<sup>1</sup>

1. School of Food Science and Technology/State Key Laboratory of Food Science and Technology/Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Dongtai Tianhai Native Products Co., Ltd., Dongtai 224200, China

**Abstract:** Taking the spices in cooked flavor crayfish as the research object, the angle of repose, the slip angle, the swelling capacity and the dissolution effect of different particle size were studied after micro-grinding and screening. In addition, the color, sensory, volatile flavor components and adding amount of the boiled liquid of the spices were compared and analyzed. The results showed that with the decrease of particle size, the angle of repose and the slip angle of the material increased gradually, while the swelling capacity decreased gradually. Spices of 820~1500  $\mu\text{m}$  could achieve the highest spice dissolution effect and the most intense aroma. Compared with the original size of spices, relative content of volatile flavor compounds in 820  $\mu\text{m}$  spices was higher. The 820  $\mu\text{m}$  spices was the most suitable for cooking the soup of cooked flavor crayfish and its additive amount was 3~4 g/L.

**Key words:** spice; particle size; micro-grinding; cooked flavor crayfish;

(责任编辑:杨晓娟)