

张艳凌, 许瑞红, 杨立, 等. 利用鲰鱼排开发高钙风味酱的配方研究[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(6): 88-95.

DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.06.013

利用鲰鱼排开发高钙风味酱的配方研究

张艳凌¹, 许瑞红², 杨立², 张波涛², 姜绍通^{1,3}, 陆剑锋^{1,3,4}, 林琳^{1,3}

1. 合肥工业大学食品与生物工程学院, 合肥 230601; 2. 安徽富煌三珍食品集团有限公司, 巢湖 238000;

3. 安徽省农产品精深加工重点实验室, 合肥 230601; 4. 农产品生物化工教育部工程研究中心, 合肥 230601

摘要 以斑点叉尾鲰加工副产物——鱼排为原料, 将制备的风味美拉德反应液和鱼骨粉添加到黄豆酱中, 开发高钙风味酱。通过单因素试验和正交试验, 以感官评分为评价指标, 对高钙风味酱的配方进行优化。结果表明, 影响高钙风味酱感官评分的各因素主次顺序为: 黄豆酱添加量 > 白砂糖添加量 > 植物油添加量 > 美拉德反应液添加量, 按黄豆酱 30.4 g/100 g、白砂糖 4.8 g/100 g、植物油 16.8 g/100 g、美拉德反应液 6.8 g/100 g 的配方制成的高钙风味酱香味浓郁, 品质优良, 添加鱼骨粉的风味酱中钙含量为 353 mg/100 g, 符合高钙食品的钙含量要求。

关键词 斑点叉尾鲰; 鱼排; 高钙酱; 鱼骨粉; 副产品综合利用; 高值化利用; 功能性食品

中图分类号 TS 264.9; TS 254.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)06-0088-08

斑点叉尾鲰(*Ictalurus punctatus*), 又名沟鲶、钳鱼, 属鲶形目、鲶科, 原产自北美, 后引入湖北省, 现已分布于我国南北方^[1]。斑点叉尾鲰一般以冻鱼片、冻鱼段的加工形式出口, 近年来, 出口量逐渐增加, 导致生产过程中产生的鱼骨、碎鱼肉、内脏等下脚料也不断增加^[2]。国内外学者长期对鱼类下脚料的开发和综合利用进行研究^[2-5], 将其加工成新型食品以及添加到各种食品中^[3]。鱼骨是鱼制品加工过程中的重要副产物, 富含矿物元素、蛋白质和氨基酸等, 且钙、磷含量比鱼肉更丰富, 是一种非常好的钙源, 可加工成较为安全的补钙剂及其他保健品, 具有极高的市场价值^[4]。以鱼骨为原料, 开发高钙食品, 既减少了资源的浪费和环境污染, 又增加了效益, 从而实现鱼类的高值化利用。研究表明超微鱼骨粉的钙吸收率较高, 且不会造成颗粒口感^[5], 将超微粉碎法制备的鲰鱼骨粉加入食品中, 可有效提高产品的钙含量; 同时, 将鱼骨碎肉酶解液与木糖进行美拉德反应得到美拉德反应液, 具有独特的烧烤肉香味。

现如今消费者越来越注重食品的安全性、营养性以及保健性, 黄豆酱、郫县豆瓣酱、辣椒酱、番茄酱等传统酱类已经不能满足人们的需求。功能性风味酱由于其独特的风味兼特有的功能性, 已成为一种

良好的方便食品和餐桌上的调味佳品。因此, 我们有必要在传统酱类的基础上进行深加工, 开发出各种类型的风味酱以满足市场需求。通过一定的加工手段将碎鱼肉和鱼骨添加到风味酱中, 因鱼品种差异造成的工艺差异小, 解决了鱼腥味残留、营养成分损失大的问题, 同时充分利用了鱼类下脚料, 提高了风味酱的营养价值。本研究以黄豆酱为基料, 添加鱼骨粉、美拉德反应液、香菇、火腿、鸡蛋干等, 开发高钙风味酱, 采用单因素及正交试验对风味酱配方进行优化, 研究结果可为新型风味酱的开发和水产加工副产物的高值化利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

斑点叉尾鲰鱼排, 安徽省巢湖市富煌三珍食品有限公司提供。

海天黄豆酱、干香菇、火腿、鸡蛋干、新鲜小米椒、植物油、大蒜、花椒、白砂糖、料酒等, 购自合肥马鞍山路家乐福超市; 碱性蛋白酶(18 800 U/g)、木瓜蛋白酶(18 400 U/g)、小苏打、木糖, 均为食品级。

收稿日期: 2020-07-31

基金项目: 安徽省水产产业技术体系项目(NYCYTX-2016-84)

张艳凌, 硕士研究生. 研究方向: 水产品加工与贮藏. E-mail: yanling1008_72@163.com

通信作者: 林琳, 博士, 副教授. 研究方向: 水产品加工与贮藏. E-mail: linlin@hfut.edu.cn

1.2 仪器与设备

FA2204 电子分析天平,上海衡平仪器仪表厂;C21-SDHCB46 电磁炉,浙江苏泊尔股份有限公司;MP-CJ28WWOK302 炒锅,广东美的生活电器制造有限公司;HH 数显恒温水浴锅,江苏金坛市金城国胜实验仪器厂;FJ-200 高速分散均质机,上海标本模型厂;DT5-4 低速离心机,北京时代北利离心机有限公司;MS-2000 激光粒度分析仪,英国 Malvern 仪器有限公司;PHS-3C 型精密酸度计,上海虹益仪器仪表有限公司;XDW-6J 超微粉碎机,济南达微机械有限公司;RZ-5286A 旋转蒸发仪,巩义市予华仪器有限责任公司。

1.3 主要原料的制备及检测方法

1) 美拉德反应液的制备及检测。参考陈周等^[6]和楚水晶等^[7]的方法稍作修改。将斑点叉尾鲮鱼排在室温下通过自来水淋洗解冻,解冻后去皮、去骨,得到鲮鱼残肉。分别用质量分数 3% NaCl 和 4% NaHCO₃ 溶液先后浸泡鱼肉 40 min,最后用大量自来水冲洗干净,得到去腥、脱脂的鱼肉。将鲮鱼残肉尽可能切碎,与蒸馏水按 1:10 质量比混合,匀浆后,调节混合液 pH 为 8,加入 5 000 U/g 的碱性蛋白酶,在温度为 55℃ 的条件下酶解 4 h,酶解结束后在 100℃ 条件下沸水浴 10 min 进行灭酶。将酶解液在常温下 4 000 r/min 离心 30 min,再用 4 层纱布进行过滤,去除残留滤渣。调整酶解液的 pH 为 8,并与木糖按 20 mL/1.6 g 的液料比混合,在温度为 110℃ 的条件下反应 1 h,得到美拉德反应液。最后对美拉德反应液进行浓缩,浓缩至原体积的 20%。

采用顶空固相微萃取-气质联用法(SPME-GC-MS)测定美拉德反应液中挥发性风味物质^[8]。色谱柱条件:DB-5 毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气:氦气(纯度≥99.9%),进样口温度:230℃,不分流进样;流速:1.0 mL/min;程序升温:初始温度:35℃,保持 5 min,以 6℃/min 升温速率升至 60℃,以 4℃/min 升温速率升至 70℃,以 5℃/min 升温速率升至 150℃,以 10℃/min 升温速率升至 220℃,保持 5 min。质谱条件:EI 源,接口温度 230℃,电子能量 70 eV;四级杆温度 230℃;采集模式扫描;质量范围 m/z 30~550。

经检测,由鱼肉水解液和木糖制备的美拉德反应液中的主要挥发性成分包括:2,5-二甲基吡嗪(17.83%)、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪(5.70%)、2-甲基-1-丁醇(5.74%)、(2E,4E)-癸-2,4-二烯醛(3.62%)、1-

辛烯-3-醇(3.25%)等(本研究中未列出)。

2) 鱼骨粉的制备。参考梁志桃等^[9]、Wu 等^[10]和 Zhao 等^[11]的方法稍作修改。将斑点叉尾鲮鱼排在室温下通过自来水淋洗解冻,解冻后清洗并切块,向切块后的鱼排中加水,以浸没鱼块为宜,加入 2 500 U/g 的木瓜蛋白酶,置于 60℃ 水浴中,酶解 10 h,5 h 时滤掉第 1 次的酶解液,重复上述步骤,酶解结束后,用流动的自来水反复冲洗,此时鱼骨身上残留碎肉已经处理干净,得到去蛋白的鱼骨;再分别用质量分数 3% NaCl 和 4% NaHCO₃ 溶液在 30℃ 水浴中先后各浸泡 40 min 对鱼骨进行去腥处理,最后用大量自来水冲洗干净,得到去腥、脱脂的鱼骨。分离出的鱼骨沥去多余的水分,将其干燥,干燥后先进行粗粉碎,过孔径 0.425 mm 筛后再用超微粉碎机进行粉碎,得到粒径为微米级的鱼骨粉。鱼骨粉体积平均粒径 $D_{(4,3)} = 26.342 \mu\text{m}$,表面积平均粒径 $D_{(3,2)} = 6.192 \mu\text{m}$, $D_{90} = 56.572 \mu\text{m}$ 。

1.4 风味酱基础配方和生产工艺流程

风味酱基础配方^[12](每 100 g):13.4 g 湿香菇丁、6.8 g 火腿、6.8 g 鸡蛋干、1.7 g 鱼骨粉、1.7 g 白芝麻、3.4 g 大葱、1.7 g 姜、1.7 g 大蒜和 0.6 g 花椒。

生产工艺流程^[12]:加热植物油→加葱、姜、蒜末和花椒进行爆香→捞出辅料→加入鱼骨粉,炒至金黄色→依次加入湿香菇丁、火腿、鸡蛋干,炒制 30 s→加入黄豆酱,炒出酱香→依次加入小米椒、白砂糖、白芝麻、美拉德反应液,炒制 1 min→料酒调味→趁热装罐、杀菌→冷却→检验→成品。

1.5 操作要点

原料预处理:挑选加工合格的斑点叉尾鲮鱼排。干香菇用温水泡发约 1 h,除去杂质,用清水洗净,沥干,切成 0.5 cm³ 左右的小丁,沥干水分,备用。火腿和鸡蛋干切成 0.5 cm³ 左右的小丁。

炒制:先加植物油预热后加姜丁和蒜丁,后加葱末和花椒,炒至葱丁显浅黄色,将这些辅料捞出;加入鱼骨粉,待鱼骨粉与植物油充分混匀成金黄色后加入黄豆酱,炒出酱香味。再加入香菇丁、火腿和鸡蛋干,炒制 30 s,依次加入小米椒、白砂糖、白芝麻、美拉德反应液继续炒制 1 min;最后加入料酒,搅拌均匀后立即关火。在炒制过程中不断翻搅,使各种原辅料充分混合均匀,防止糊底。

装罐、杀菌:酱炒制完成后,将其装入玻璃瓶中,盖上瓶盖,置于沸水浴中,先进行排气,5 min 后排

气结束,旋紧瓶盖,杀菌 25 min,杀菌完毕后采用冰浴的方式使其温度迅速降至室温。

检验:检查瓶身是否完好无损,瓶盖是否旋紧,不得漏气、渗油,密封性良好。

1.6 感官评定方法

由 15 名食品专业评价人员对制作的高钙风味酱进行感官评分,满分为 100 分。根据其感官质量评价标准(表 1)从色泽(满分 20 分)、口感(满分 30

分)、风味(满分 20 分)和组织状态(满分 30 分)4 个方面进行评定,结果以平均值表示。

1.7 指标测定

水分含量参考 GB 5009.3—2016 进行测定;灰分含量参考 GB 5009.4—2016 进行测定;蛋白质含量参考 GB 5009.5—2016 进行测定;脂肪含量参考 GB 5009.6—2016 进行测定;pH 值参考 GB 5009.237—2016 进行测定;水分活度参考 GB 5009.238—2016 进

表 1 高钙风味酱的感官评价标准

Table 1 The standard of sensory evaluation for high calcium flavour sauce

指标 Indices	评价标准 Evaluation standard	评分 Score
色泽 Color	酱体呈红褐色,颜色鲜亮,油润有光泽 The sauce is reddish brown, bright in color, oily and shiny	16~20
	酱体呈暗红色,颜色稍暗,油润略有光泽 The sauce is dark red, slightly darker in color, oily and slightly shiny	10~15
	酱体呈黑褐色,色泽异常,光泽度较差 The sauce is dark brown, abnormal color, and poor gloss	0~9
口感 Taste	酱香浓郁,咀嚼感良好,口感细腻,甜咸适中,无焦糊味和异味 The sauce is rich in aroma, good chewing, delicate taste, moderate sweet and salty, no burnt smell and peculiar smell	21~30
	酱香味一般,咀嚼感较好,口感较细腻,甜咸较适中,稍有焦糊味 The sauce is general in flavor, good chewing, delicate taste, moderate sweet and salty, and slightly burnt	10~20
	无酱香味,口感较差,过甜或过咸,有焦糊味 The sauce is no fragrance, poor taste, too sweet or too salty, and burnt smell	0~9
风味 Flavor	香气浓郁,具有香菇,火腿和鸡蛋干特有的风味,气味协调,无异味 Strong aroma, unique flavor of shiitake mushrooms, ham and dried eggs, coordinated smell, no peculiar smell	16~20
	香气一般,具有香菇,火腿和鸡蛋干的风味,稍有异味 General aroma, flavor of shiitake mushrooms, ham and dried eggs, some peculiar smell	10~15
	香气较差,无香菇火腿或鸡蛋干的风味,有异味 Poor aroma, no flavor of mushrooms, ham or dried eggs, peculiar smell	0~9
组织状态 Texture	酱体浓稠适中,组织细腻均匀,无分层 The sauce is moderately thick, fine and uniform tissue, and no stratification	21~30
	酱体稍稠或稍稀,组织较细腻均匀,稍有分层 The sauce is slightly thicker or thinner, fine and uniform tissue, with a little stratification	10~20
	酱体不均匀,有水析出,或酱体过稠 The sauce is uneven, with water precipitating, or the sauce is too thick	0~9

行测定;总酸参考 GB/T 12456—2008 进行测定;氨基酸氮含量参考 GB 5009.235—2016 进行测定;酸价参考 GB 5009.229—2016 进行测定;过氧化值参考 GB 5009.227—2016 进行测定;钙含量参考 GB 5009.92—2016进行测定;铅含量参考 GB 5009.12—2017 进行测定;砷含量参考GB 5009.11—2014进行测定;镉含量参考GB 5009.15—2014 进行测定。

1.8 数据分析

所有数据以“平均值±标准差”表示,采用 Excel 2016 进行数据处理,SPSS 24.0 进行显著性分析($P<0.05$ 表示差异显著),采用 Origin 2018 软件作图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

在风味酱的基础配方上,分析美拉德反应液、植物油、黄豆酱、小米椒以及白砂糖添加量对高钙风味酱感官品质的影响。

1)美拉德反应液添加量对高钙风味酱品质的影响。鱼肉中的多肽或氨基酸与木糖发生美拉德反应,该反应会产生大量的美拉德反应产物,最终生成类黑精色素,这些产物不仅可以改善酱的色泽,还能提高酱的鲜味,使产品产生更加浓郁的香味。由图 1 可知,随着美拉德反应液的逐渐添加,产品感官

评分先增加后小幅下降,当添加量为 8.5 g/100 g 时,产品感官评分最高。美拉德反应液用量过低时增香的效果不明显;用量过高则会使酱体颜色过深,发黑发暗。

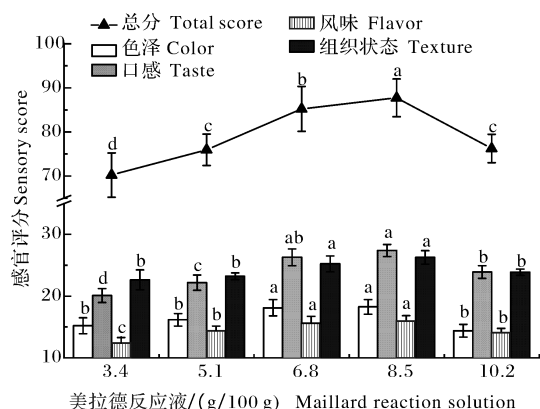


图1 美拉德反应液对高钙风味酱感官评分的影响
Fig.1 Effect of Maillard reaction on sensory score of high calcium flavour sauce

2) 植物油添加量对高钙风味酱品质的影响。由图2可知,高钙风味酱的感官评分随植物油添加量的增加呈现先升高后降低的趋势。当植物油添加量为 16.8 g/100 g 时,风味酱的色泽、口感、风味和组织状态都达到最佳,继续添加,则会降低其口感,组织状态也会变差。植物油添加量过少时不能对香菇、火腿和鸡蛋干等原料进行充分煎炸,导致原料中的营养物质不能完全浸出,且香菇较干、较硬,咀嚼性差;植物油添加量过多时,油腻感过重,色泽变差,且影响香菇、火腿和鸡蛋干与黄豆酱的混合。因此,本试验选择植物油添加量 16.8 g/100 g 为宜。

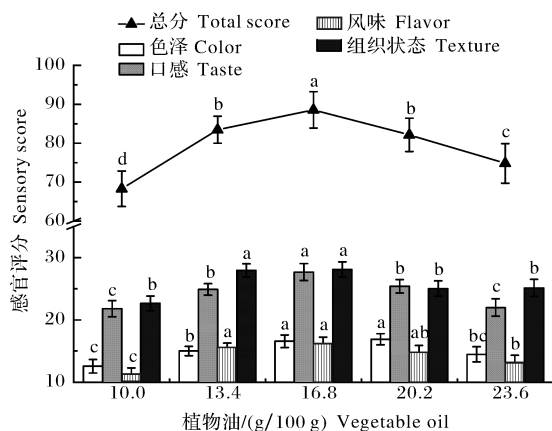


图2 植物油对高钙风味酱感官评分的影响
Fig.2 Effect of vegetable oil on sensory score of high calcium flavour sauce

3) 黄豆酱添加量对高钙风味酱品质的影响。由图3可知,随着黄豆酱添加量的增加,风味酱的感官评分先出现显著上升。当黄豆酱添加量达到 27.0 g/100 g 时,若继续添加,对风味酱的组织状态无显著影响,但添加量超过 30.4 g/100 g 后,酱的色泽、口感和风味均开始变差,感官总分开始降低,这是因为黄豆酱中含有一定的水分和盐,会降低香菇丁、火腿和鸡蛋干的硬度和咀嚼性。随着黄豆酱添加量的增加,酱体颜色加深,酱味更加浓郁;当超过一定量时,酱体颜色变暗发黑,黄豆酱味过浓,掩盖高钙风味酱的特有风味,整体风味不协调。

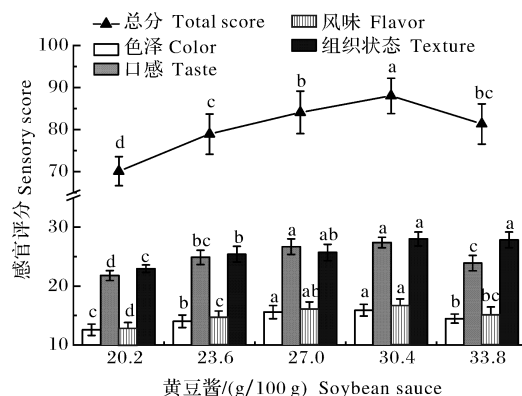


图3 黄豆酱对高钙风味酱感官评分的影响
Fig.3 Effect of soybean sauce on sensory score of high calcium flavour sauce

4) 小米椒添加量对高钙风味酱品质的影响。由图4可知,随着小米椒添加量的增加,高钙风味酱的感官评分随之增加,但小米椒添加量的增加对风味酱的组织状态的优劣无显著差异,在一定范围内对其色泽和口感有一定影响,主要影响其风味。小米椒中富含 V_C、胡萝卜素、糖类、色素以及钙、铁等矿物质,营养价值较丰富。适量加入小米椒可补充风味酱的辣味,增强其色泽和营养。当其添加量为 3.4 g/100 g 时,产品的感官评分最高,而后小米椒用量的增加,会导致高钙风味酱过于辛辣,掩盖其他滋味。

5) 白砂糖添加量对高钙风味酱感官品质的影响。白砂糖除了能较好地调和高钙风味酱的咸味,并增加其鲜味外,还能提升产品的黏稠度,赋予产品厚实的口感。此外,白砂糖还具有高渗透作用,可抑制微生物的生长和繁殖,从而在一定程度上增强产品的防腐能力。从图5可看出,随着白砂糖添加量的增加,高钙风味酱的甜度及浓厚性随之增加。当白砂糖的添加量为 4.1 g/100 g 时,产品感官品质最优。但白砂糖添加量升至 4.1 g/100 g 以上,再增加其用量会使得产品的口感过甜。

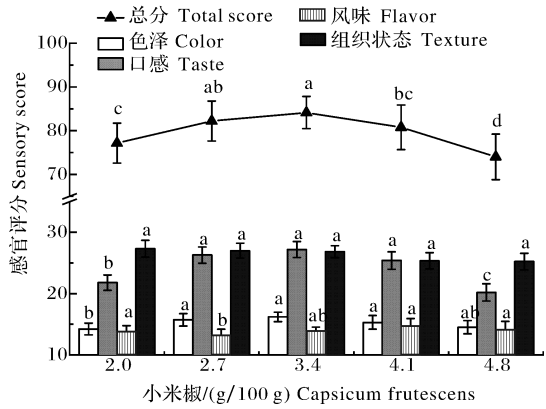


图 4 小米椒对高钙风味酱品质的影响
Fig.4 Effect of capsicum frutescens on the quality of high calcium flavour sauce

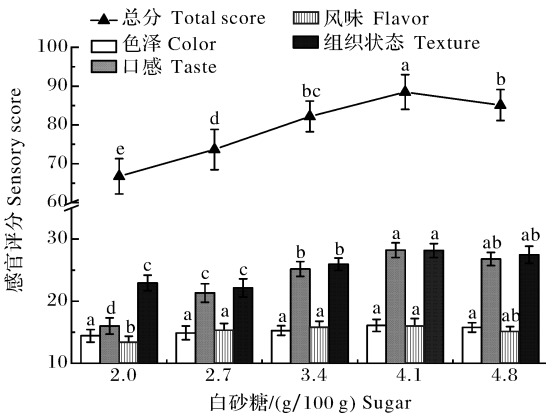


图 5 白砂糖对高钙风味酱品质的影响
Fig.5 Effect of sugar on the quality of high calcium flavour sauce

2.2 正交试验

以上单因素试验确定了影响高钙风味酱品质和风味的主要因素以及各因素添加量的适宜范围。为了探索风味酱最佳配方,在单因素试验的基础上进行了正交试验。各因素水平见表 2,正交试验结果见表 3。

表 2 正交试验因素水平表				
Table 2 Factors and levels of orthogonal experimental design				
水平 Levels	g/100 g			
	A	B	C	D
	美拉德反应液 Maillard reaction solution	植物油 Vegetable oil	黄豆酱 Soybean sauce	白砂糖 Sugar
1	6.8	13.4	27.0	3.4
2	8.5	16.8	30.4	4.1
3	10.2	20.2	33.8	4.8

表 3 正交试验结果					
Table 3 The results of orthogonal experiment					
序号 No.	因素 Factors				感官评分 Sensory score
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	71.07
2	1	2	2	2	88.32
3	1	3	3	3	87.06
4	2	1	2	3	85.13
5	2	2	3	1	78.82
6	2	3	1	2	76.83
7	3	1	3	2	75.86
8	3	2	1	3	80.13
9	3	3	2	1	82.97
k_1	82.15	77.35	76.01	77.62	
k_2	80.26	82.42	85.47	80.34	
k_3	79.65	82.29	80.58	84.11	
R	2.50	5.07	9.46	6.49	

由表 3 极差分析可知,对高钙风味酱品质影响的各主次因素顺序为 C>D>B>A,即黄豆酱添加量>白砂糖添加量>植物油添加量>美拉德反应液添加量,制作高钙风味酱的最佳工艺配方为 A₁B₂C₂D₃。但从感官综合评分结果来看,最优组合为 A₁B₂C₂D₂,经 3 次重复试验验证,得最佳配方为 A₁B₂C₂D₃,即美拉德反应液 6.8 g/100 g,植物油 16.8 g/100 g,黄豆酱 30.4 g/100 g,白砂糖 4.8 g/100 g,感官评分为 88.97。

2.3 产品感官指标

色泽:酱体呈红褐色,颜色鲜亮,油润有光泽。
口感:酱香浓郁,咀嚼感良好,口感细腻,甜咸适中,无焦糊味和异味。

风味:香气浓郁,具有香菇、火腿和鸡蛋干特有的风味,气味协调,无异味。

组织状态:酱体浓稠适中,有一定的体态,组织细腻均匀,无分层,无杂质。

2.4 钙含量及其他理化卫生指标

2012 年,《食品营养标签管理规范》规定固体食品中钙含量≥240 mg/100 g,液体食品中钙含量≥120 mg/100 mL 时,达到“高钙”的标准,可判定为高钙食品。由表 4 可知,添加了 5 g 鱼骨粉的高钙风味酱中总钙含量为 353 mg/100 g,显著高于其他产品的含钙量。表明该产品达到了市场上高钙食品的要求。营养和其他理化组成见表 5。根据 GB 2762—2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》的规定,水产调味品中的铅含量不高于 1.0 mg/kg,砷含量不高于 0.1 mg/kg、镉含量 0.1 mg/kg;根据 GB/T 24399—2009《黄豆酱》的规定,

表 4 产品中钙含量的比较
Table 4 Comparison of calcium content in products

种类 Species	高钙风味酱 High calcium flavour sauce	调味酱 Flavor sauce	黄豆酱 Soybean sauce	高钙牛奶 High calcium milk	高钙奶粉 High calcium milk powder
钙含量 Calcium content	353 mg/100 g	56 mg/100 g	32 mg/100 g	125 mg/100 mL	794 mg/100 g

注：调味酱为未添加美拉德反应液和鱼骨粉的酱，其他配方与高钙风味酱相同。Note: The flavour sauce is without Maillard reaction solution and fish bone powder. Other formulations are the same as high calcium flavour sauce.

表 5 高钙风味酱理化组成
Table 5 The physical and chemical composition
of high calcium flavour sauce

指标 Indices	测定含量 Determination of content
水分/(g/100 g) Moisture	29.99±0.30
灰分/(g/100 g) Ash	8.16±0.10
蛋白质/(g/100 g) Protein	14.42±0.25
脂肪/(g/100 g) Lipid	26.77±0.59
酸价/(mg/g) Acid value	0.87±0.02
过氧化值/(g/100 g) Peroxide value	0.039±0.003
pH	6.03±0.01
水分活度 Water activity	0.86±0.00
总酸/(g/100 g) Total acid	0.33±0.00
氨基态氮/(g/100 g) Amino nitrogen	2.71±0.24
铅/(mg/kg) Lead	—
砷/(mg/kg) Arsenic	0.008
镉/(mg/kg) Cadmium	0.006

酱体水分含量不超过 65 g/100 g，氨基态氮含量不低于 0.50 g/100 g，高钙风味酱的各项指标均符合标准要求。卫生指标中，细菌总数≤3 lg CFU/g，大肠菌群≤3 MPN/100 g，致病菌(金黄色葡萄球菌、沙门氏菌)未检出。

3 讨 论

鲮鱼碎肉中的多肽或氨基酸与木糖发生美拉德反应，起始阶段产生香味物质前驱物，挥发性香气物质、高活性的中间产物，最终生成棕色甚至是黑色的大分子物质类黑精，这些产物可赋予产品特殊的色泽与风味^[13]。本研究中由鲮鱼碎肉水解液和木糖反应制备的美拉德反应液中的主要挥发性成分包括吡嗪类化合物和醛、醇类物质等，其中吡嗪类化合物具有典型的烧烤和坚果味香气，也是美拉德反应产生的关键风味物质^[14]，此外，2-甲基-1-丁醇、二烯醛、1-辛烯-3-醇等物质也是肉味香精中有贡献的香气成分^[15]，添加到风味酱中调配后，使风味酱呈现烧烤和肉香味。

鱼骨作为鱼制品加工过程中的副产物，来源丰富、价格低廉，经脱脂、脱腥、超微粉碎等工艺处理后制得的鱼骨粉可作为食品用辅料。鱼骨中钙含量丰富，高达 20%~30%，且钙磷比接近 2:1，符合人体对钙、磷吸收的最佳比例，食用添加鱼骨粉的食物可有效增加钙摄入量，同时，鱼骨粉中还含有 20%~30% 的胶原蛋白和铜、锰、锌等微量元素，可用于食品和饲料等领域^[16-17]。鱼骨经超微粉碎处理后，粒径在 50 μm 左右，添加到风味酱中对风味酱的外观、口感和风味等均无显著影响，同时可有效提高风味酱中的钙含量，提高风味酱的营养价值。研究表明，经粉碎处理后的鱼骨粉粒径越小，其消化吸收率越高^[18]。目前已有学者制备出纳米级鱼骨粉，并探究了鱼骨粉粒径和特性之间的效应关系^[19]。

本研究利用鲮鱼片加工副产物鱼排，一方面通过酶解碎肉并利用碎肉水解液制备具有烧烤肉香特征风味的美拉德反应液，另一方面对水解后的鱼骨进行超微粉碎处理，制备超微鱼骨粉，将 2 种配料进行调制备高钙风味酱，充分对鱼类加工副产物进行高值化利用，为鱼类加工副产物的综合利用提供新的思路 and 方向。以感官评分为评价指标，通过单因素和正交试验对高钙风味酱配方进行优化，确定了影响高钙风味酱品质的因素主次顺序：黄豆酱添加量>白砂糖添加量>植物油添加量>美拉德反应液添加量。高钙风味酱的最佳配方为：100 g 高钙风味酱中，黄豆酱 30.4 g、植物油 16.8 g、湿香菇丁 13.4 g、火腿 6.8 g、鸡蛋干 6.8 g、美拉德反应液 6.8 g、白砂糖 4.8 g、小米椒 3.4 g、鱼骨粉 1.7 g、白芝麻 1.7 g、葱 3.4 g、姜 1.7 g、蒜 1.7 g、花椒 0.6 g。按此配方制成的高钙风味酱营养丰富(含蛋白质 14.42 g/100 g，脂肪 26.77 g/100 g，氨基态氮 2.71 g/100g)，香味浓郁，油料混合均匀，黏稠度好，甜、咸、鲜味适中，整体品质优良，且具有一定的市场竞争力，能满足消费者口感要求。

目前，高钙风味酱研究及开发还有一些地方需

要改进:(1)对鱼骨粉的粒径、持水性、蛋白质溶解率等理化特性进行系统研究;(2)通过一定的手段,进一步降低鱼骨颗粒尺寸,增加钙的生物利用率;(3)改良鱼骨粉的生产工艺,开发其更大价值,保证加工过程中的安全性和高效性。

参考文献 References

- [1] 喻亚丽,周运涛,何力,等. 斑点叉尾鲷鱼皮胶原蛋白的理化特征研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(4): 89-93. YU Y L, ZHOU Y T, HE L, et al. Physical and chemical properties of collagen from the skin of channel catfish[J]. Science and technology of food industry, 2013, 34(4): 89-93 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张海荣. 斑点叉尾鲷鱼骨钙片的制备工艺[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 105-107. ZHANG H R. Preparation processing of channel catfish fishbone tablets[J]. Food industry, 2018, 39(7): 105-107 (in Chinese with English abstract).
- [3] 尹涛,石柳,张晋,等. 加工方式对微粒化鱼骨泥营养品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(6): 124-128. YIN T, SHI L, ZHANG J, et al. Effects of processing methods on nutrition of the micro-sized fish bone pastes[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2016, 35(6): 124-128 (in Chinese with English abstract).
- [4] COELHO T M, NOGUEIRA E S. Thermal properties of natural nanostructured hydroxyapatite extracted from fish bone waste[J]. Journal of applied physics, 2007, 101(8): 146-150.
- [5] 高玉静. 含鱼粒的高钙风味酱加工及其保藏的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013. GAO Y J. Study on processing and preservation of calcium-fortified flavored paste with fish cubes [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013 (in Chinese with English abstract).
- [6] 陈周,张美玲,尹涛,等. 4种蛋白酶对鲢鱼骨汤特性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2019, 38(6): 41-47. CHEN Z, ZHANG M L, YIN T, et al. Effects of four kinds of proteases on properties of silver carp fish bone soup[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2019, 38(6): 41-47 (in Chinese with English abstract).
- [7] 楚水晶,农绍庄,王珊珊,等. 扇贝裙边水解液制备海鲜酱的加工工艺[J]. 中国酿造, 2010(1): 146-147. CHU S J, NONG S Z, WANG S S, et al. Processing technology of seafood sauce with hydrolyzed scallop skirt[J]. China brewing, 2010(1): 146-147 (in Chinese with English abstract).
- [8] 赵琪,李瑞丽,冯衍闯,等. 不同萃取方式分析美拉德反应产物挥发性成分[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 301-306. ZHAO Q, LI R L, FENG Y C, et al. Analysis of volatile components of Maillard reaction products by different extraction methods [J]. Food science and technology, 2020, 45(1): 301-306 (in Chinese with English abstract).
- [9] 梁志桃,吕顺,陆剑锋,等. 高钙鱼头汤制备工艺研究[J]. 食品工业, 2014, 35(2): 66-70. LIANG Z T, LYU S, LU J F, et al. Study on preparation of fish head soup with high-calcium content[J]. Food industry, 2014, 35(2): 66-70 (in Chinese with English abstract).
- [10] WU G C, ZHANG M, WANG Y Q, et al. Production of silver carp bone powder using superfine grinding technology: suitable production parameters and its properties[J]. Journal of food engineering, 2012, 109(4): 730-735.
- [11] ZHAO X Y, DU F L, ZHU Q J, et al. Effect of superfine pulverization on properties of *Astragalus membranaceus* powder [J]. Powder technology, 2010, 203(3): 620-625.
- [12] 王林,马迪,乔学彬,等. 香辣鸡枞菌牛肉酱的研制[J]. 中国调味品, 2019, 44(1): 129-131. WANG L, MA D, QIAO X B, et al. Development of spicy *Collybia albuminosa* beef paste[J]. China condiment, 2019, 44(1): 129-131 (in Chinese with English abstract).
- [13] 吴靖娜,靳艳芬,陈晓婷,等. 鲍鱼蒸煮液美拉德反应制备海鲜调味基料工艺优化[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 69-76. WU J N, JIN Y F, CHEN X T, et al. Optimization of preparation of seafood flavor condiment base from cooked abalone juice by Maillard reaction[J]. Food science, 2016, 37(22): 69-76 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王芙蓉,范家琪,沈海亮,等. 葵花子油中吡嗪类风味化合物形成机理的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 330-334. WANG F R, FAN J Q, SHEN H L, et al. Formation mechanism of pyrazine compounds in the sunflower oil[J]. Science and technology of food industry, 2020, 41(2): 330-334 (in Chinese with English abstract).
- [15] 孙宝国,刘玉平,郑福平,等. 肉味香精中单体香料的香味类型[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2003, 21(1): 1-8. SUN B G, LIU Y P, ZHENG F P, et al. Flavor for meat flavorings [J]. Journal of Beijing Technology and Business University (natural science edition), 2003, 21(1): 1-8 (in Chinese with English abstract).
- [16] JOSEPH R, MCGREGOR W J, MARTYN M T, et al. Effect of hydroxyapatite morphology/surface area on the rheology and process ability of hydroxyapatite filled polyethylene composites [J]. Biomaterials, 2002, 23(21): 4295-4302.
- [17] 从浩,王海滨. 鱼骨粉添加量对鲢鱼鱼肉火腿肠色度、质构及感官特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 83-86. CONG H, WANG H B. Effect of channel catfish bone meal addition on color, textural properties and sensory evaluation of fish sausages[J]. Food science, 2012, 33(13): 83-86 (in Chinese with English abstract).
- [18] 张崑,熊伟,夏虎,等. 粉碎程度对畜禽骨蛋白消化率及骨粉的氮含量影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(23): 95-99. ZHANG Y, XIONG W, XIA H, et al. Effect of grinding degree on the digestibility of bone protein and ammonia nitrogen content of bone powder[J]. Food research and development, 2017,

38(23):95-99 (in Chinese with English abstract).

[19] YIN T, PARK J W. Effects of nano-scaled fish bone on the ge-

lation properties of Alaska pollock surimi[J]. Food chemistry, 2014, 150:463-468.

Formula of high-calcium flavour sauce using *Ictalurus punctatus* bone with meat

ZHANG Yanling¹, XU Ruihong², YANG Li², ZHANG Botao²,
JIANG Shaotong^{1,3}, LU Jianfeng^{1,3,4}, LIN Lin^{1,3}

1.College of Food and Biological Engineering, Hefei 230601, China;

2.Anhui Fuhuang Sungem Food Group Co., Ltd, Chaohu 238000, China;

3.Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, Hefei 230601, China;

4.Engineering Research Center of Bio-Process, Ministry of Education, Hefei 230601, China

Abstract The addition of fish minced meat and bone powder to flavour sauce by certain processing could not only improve the nutritional value of flavour sauce, but also provide a reference for the development of new type of flavour sauce and the comprehensive utilization of by-products of aquatic product processing. Moreover, it could give a new idea for the healthy development of fishery industry. The Maillard reaction solution and fish bone powder were prepared from processing by-product of *Ictalurus Punctatus* (the fish bone with meat), and added to the soybean sauce to develop the flavour sauce with high calcium content. The formulation of high calcium flavour sauce was optimized through single factor and orthogonal experiments using sensory score as index. The results showed that the order of influencing the high calcium flavour sauce was the addition amount of soybean sauce > sugar > vegetable oil-Maillard reaction solution. The optimized formulation was 30.4 g/100 g of soybean paste, 4.8 g/100 g of sugar, 16.8 g/100 g of vegetable oil, 6.8 g/100 g of Maillard reaction solution. The high calcium flavour sauce made according to the formula was sweet in flavor and excellent in overall quality. The calcium content of flavour sauce was 353 mg/100 g after addition of fish bone powder, which met the claim of high-calcium food.

Keywords *Ictalurus punctatus*; fish bone with meat; high-calcium sauce; fish bone powder; comprehensive utilization of by-products; high value utilization; functional foods

(责任编辑:赵琳琳)