

固相美拉德增香法制备鱼骨泥调味粉工艺

朱文慧¹ 栾宏伟¹ 步 营¹ 李学鹏^{1*} 谢 晶² 王福清³ 励建荣¹

(¹渤海大学食品科学与工程学院 辽宁省高校重大科技平台

食品贮藏加工及质量安全控制工程技术研究中心 辽宁锦州 121013

²上海海洋大学食品学院 上海 201306

³中国商业联合会商业科技质量中心 北京 100801)

摘要 以超粉碎鳕鱼骨泥为氨基来源,与葡萄糖发生固相美拉德反应。在单因素试验的基础上,通过响应面分析方法,根据电子鼻技术和感官评价得分对鱼骨泥调味粉生产工艺条件进行优化。结果表明,影响美拉德反应感官评价的主次因素为葡萄糖添加量>反应温度>反应时间>起始 pH 值,最佳工艺参数为葡萄糖添加量 9.79%,温度 103.25 °C,时间 70 min,起始 pH 7.21。通过电子鼻主成分分析(PCA)可以很好地区分鳕鱼骨骨泥和鱼骨调味粉的风味。制得的鱼骨调味粉的感官评价得分较高。

关键词 狭鳕鱼鱼骨; 固相美拉德反应; 电子鼻; 感官评价; 响应面设计

文章编号 1009-7848(2020)05-0148-09 **doi:** 10.16429/j.1009-7848.2020.05.019

近年来,调味品行业以年 20% 以上的增幅迅速增长,其中复合调味品的发展速度最快,达到 30%~40%^[1-2]。水产调味品富含氨基酸、多肽等呈味物质和牛磺酸等功能性生物活性物质,逐渐受到人们的关注,成为一个重要的调味品门类^[2-3]。调味料按照不同加工技术原理分为抽出型、分解型和反应型 3 种,利用美拉德反应制备的调味料属于反应型调味料^[3-4]。美拉德反应可以在液相或者固相中进行,两种反应的时间和产物数目虽有明显差异,但反应产物的形成机理基本上是一样的^[4-6]。美拉德反应在形成和改善食品色泽和风味中占有重要地位,已广泛应用于肉味香精、海鲜调味料的制备^[7-9]。

狭鳕鱼(Pollock)俗称明太鱼或朝鲜明太鱼,鳕鱼属脊椎动物门(Vertebrata)鳕形目(Gadiformes)^[10],是重要的经济鱼类,广泛分布于太平洋北部。鳕鱼常用于加工鳕鱼片、鳕鱼排类产品,鳕鱼骨是其在加工过程中产生的主要副产物之一,约占鱼体总质量的 15%^[11]。目前我国绝大多数鱼

骨都未被充分利用而是直接丢弃,只有小部分用于生产鱼粉,对于鱼骨下脚料的研究多见于骨胶原的提取^[12-14]。

液态美拉德反应生产的调味料不易保藏和运输,且加热干燥过程中风味成分损失严重^[15]。本试验以狭鳕鱼骨为原料,采用固相美拉德增香法,通过单因素试验和响应面设计研制一种高营养、味道鲜美的水产调味料,为天然水产调味料的研发提供方法指导和理论依据,从而丰富狭鳕下脚料的加工利用途径。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

狭鳕鱼骨,大连天宝绿色食品股份有限公司提供。葡萄糖、蛋氨酸、醋酸均为食品级,郑州博研生物科技有限公司;氯化钠、硫酸铜、硫酸钾、硫酸、双氧水、氢氧化钠均为分析纯,天津市天力化学试剂有限公司。

FA1004 精密电子天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;PL602-L 型分析天平,梅特勒-托利多仪器有限公司;JY-10 型粉碎机,九阳股份有限公司;电热恒温鼓风干燥箱,上海申贤设备厂;PEN 3 便携式电子鼻(传感器阵列由 10 个金属氧化物传感器组成),德国 Aisense 公司;GNJ-100

收稿日期: 2019-05-12

基金项目: “十三五”重点研发计划项目(2016YFD0400705);
辽宁省兴辽英才计划项目(XLYC1807133)

作者简介: 朱文慧(1982—),女,博士,副教授

通讯作者: 李学鹏 E-mail: xuepengli8234@163.com

型强力骨泥机,青岛海天水产食品机械加工厂。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程 超粉碎鱼骨泥→加入葡萄糖、蛋氨酸→固相美拉德反应→冷却→干燥→粉碎过筛→成品

1.2.2 试验设计

1.2.2.1 原料预处理 超粉碎鱼骨泥制作过程:将冻鱼骨常温下解冻,用含有3%氯化钠的0.1 mol/L 氢氧化钠溶液(料液比1:4)在10℃下脱色12 h,然后用自来水冲洗5遍。将脱色后的鱼骨在15℃以下斩拌约5~10 min,至鱼骨颗粒达0.2~0.5 cm,得粗骨泥。将粗骨泥加入10%的冰水,在15℃以下过强力骨泥机,然后加入7%的冰水在15℃以下过胶体磨得骨泥,冻藏,备用。

1.2.2.2 固相美拉德反应葡萄糖添加量单因素试验 取超粉碎鱼骨泥27 g,分别加入葡萄糖2%,4%,6%,8%,10%,12%,14%,蛋氨酸0.15%,在起始pH 7,105℃下反应60 min,冷却后50℃干燥,粉碎、过筛。做电子鼻分析和感官评价,重复3次,取平均值。

1.2.2.3 固相美拉德反应时间单因素试验 取超粉碎鱼骨泥27 g,分别加入葡萄糖8%,蛋氨酸0.15%,在起始pH 7,105℃下分别反应40,50,60,70,80,90 min,冷却后50℃干燥,粉碎、过筛。做电子鼻分析和感官评价,重复3次,取平均值。

1.2.2.4 固相美拉德反应温度单因素试验 取超粉碎鱼骨泥27 g,分别加入葡萄糖8%,蛋氨酸0.15%,在起始pH 7,75,85,95,105,115℃下反应60 min,冷却后50℃干燥,粉碎、过筛。做电子鼻分析和感官评价,重复3次,取平均值。

1.2.2.5 固相美拉德反应起始pH值单因素试验 超粉碎鱼骨泥27 g,分别加入葡萄糖8%,蛋氨酸0.15%,在起始pH值为5,6,7,8,9,10,105℃下反应60 min,冷却后50℃干燥,粉碎、过筛。做电子鼻分析和感官评价,重复3次,取平均值。

1.2.2.6 响应面优化 在单因素试验基础上,选择葡萄糖添加量、反应时间、反应温度、起始pH值为响应因素,响应值为感官评价得分,依据中心组合设计原理设计响应面试验,见表1。

表1 响应面设计

Table 1 The response surface experiment design

设计因素	设计水平		
	-1	0	1
葡萄糖添加量/%	6	8	10
反应时间/min	50	60	70
反应温度/℃	95	105	115
起始 pH	6	7	8

1.2.3 感官评价 感官评定小组由20名食品专业的感官评价人员组成(年龄在18~40之间),于

室温下进行。感官评价表见表2。

表2 感官评价

Table 2 The sensory evaluation

项目	品质要求	选择得分					权重因子	得分
		很好	好	一般	差	很差		
色泽	呈浅黄色,色泽均匀	91~100	81~90	71~80	61~70	51~60	×0.2	
香气	鱼类特有的香气,无腥味	91~100	81~90	71~80	61~70	51~60	×0.25	
口感滋味	咸、鲜、甜兼备,口感协调,无渣感	91~100	81~90	71~80	61~70	51~60	×0.35	
形态	均一粉末,无块状	91~100	81~90	71~80	61~70	51~60	×0.2	

1.2.4 电子鼻分析 电子鼻分析是通过样品顶空挥发物的 G/G_0 或 G_0/G 值 (G : 传感器的电阻值, G_0 : 基准气体通过传感器的电阻值) 进行样品气味分析和识别的一种技术^[16-18]。取 5 g 粉碎过筛的样品于 50 mL 烧杯中, 用保鲜膜密封, 25 °C 环境中用电子鼻传感器对样品进行检测。检测时间 120 s, 清洗时间 120 s, 数据采集时间 90~95 s, 每个样品做 3 次平行重复。

1.2.5 数据处理 电子鼻数据运用自身的 Win-Muster 软件对挥发性气味数据进行分析; 响应面结果采用 Design-Expert V8.0.6 软件中 Box-Behnken 法进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 固相美拉德反应葡萄糖添加量单因素试验

不同葡萄糖添加量电子鼻主成分分析 (principal component analysis, PCA) 结果见图 1。图 1 中每个椭圆代表不同葡萄糖添加量下的鱼骨调味粉的数据点。第 1 主成分 (PC1) 和第 2 主成分

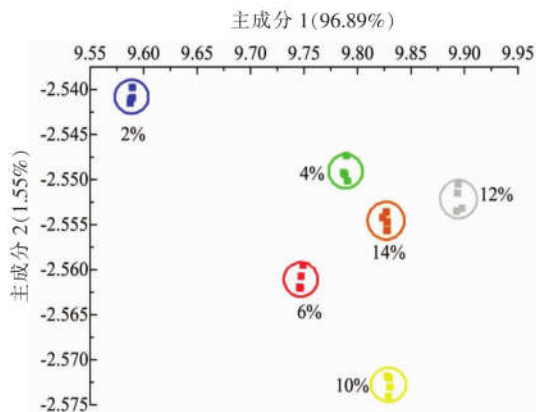


图 1 不同葡萄糖添加量电子鼻 PCA 分析结果

Fig.1 The PCA results of the E-nose analysis with different glucose addition

2.2 固相美拉德反应时间单因素试验

不同反应时间电子鼻 PCA 分析结果见图 3。PC1 的贡献率和 PC2 的贡献率分别为 97.23% 和 2.17%, 总贡献为 99.40%, 说明所受干扰很小^[9], 代表样品的主要信息特征。美拉德反应时间不同, 数据采集点分布位置不同, 说明随着反应时间的变化, 鱼骨粉的气味亦发生变化。40 min 和 90 min 在

(PC2) 的贡献率分别为 96.89% 和 1.55%, 总贡献为 98.44%, 大于 95%, 说明电子鼻可以很好地评价不同葡萄糖添加量下鱼骨调味粉的主要气味信息, 通常, 贡献率越大的数据点距离原点越远^[19-21]。由图 1 可知, 不同葡萄糖添加量的样品沿第 1 主成分变化不稳定, 没有明显的趋势。葡萄糖添加量为 10% 时在第 1 主成分轴上分布较为靠近, 葡萄糖添加量为 4% 和 14% 时的分布较为集中。各组数据区域间没有重叠, 说明不同葡萄糖添加量的样品可以通过 PCA 很好地区分出来。

不同葡萄糖添加量感官评价得分见图 2。随着葡萄糖添加量的增加, 鱼骨调味粉的感官评价得分先升高后降低。当添加量为 8% 时, 得分最高, 有明显的鲜味和烧烤香, 增香效果最佳, 这一结果与解万翠等^[15]的研究结果一致。本结果表明葡萄糖含量不同, 反应产物不同。有研究表明, 还原糖与氨基化合物的比例会影响分子重排反应的化学平衡, 因此其美拉德反应产物也会有所不同^[3, 15]。

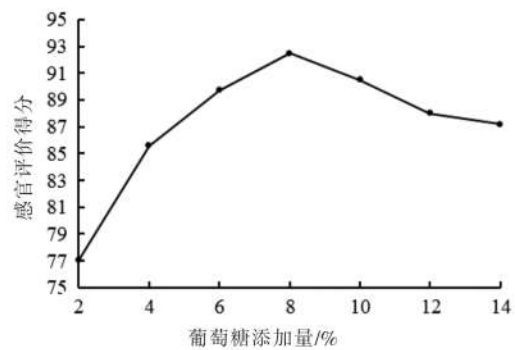


图 2 不同葡萄糖添加量感官评价得分

Fig.2 The sensory evaluation score of different glucose additions

第 1 主成分轴上分布较为靠近, 70 min 和 80 min 的分布较为集中。各组数据区域间没有重叠, 且变化明显, 说明不同美拉德反应时间的样品可以通过 PCA 很好地区分出来。

不同反应时间的感官评价得分见图 4。随着反应时间的延长, 鱼骨调味粉的感官评价得分先升高后降低, 反应 60 min 时得分最高。有研究表

明,反应时间的长、短对样品的风味品质变化有重要影响,若反应时间过短,则反应中间物质还没有充分转化为风味化合物;而反应时间过长,则反应

物可能会出现糊味,且色泽也不美观^[6],从而影响产品的可接受度,因此控制好美拉德反应的时间,不仅可提高效率,还可获得风味较优的产品。

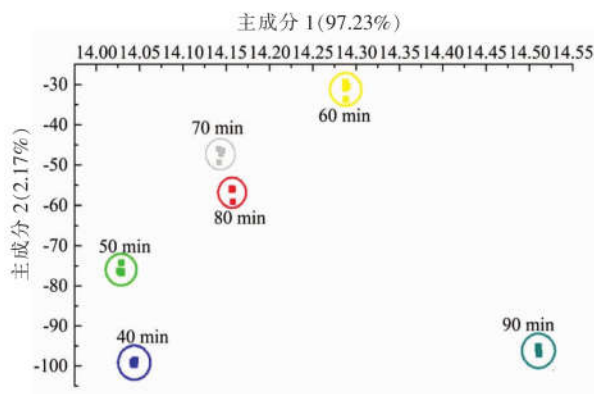


图 3 不同反应时间电子鼻 PCA 分析结果
Fig.3 The PCA results of E-nose analysis at different reaction time

2.3 固相美拉德反应温度单因素试验

不同反应温度电子鼻 PCA 分析结果见图 5。经分析可知,PC1 的贡献率和 PC2 的贡献率分别为 95.40%和 2.52%,总贡献为 97.92%,说明代表样品的主要信息特征^[21-22]。美拉德反应温度不同,鱼骨调味粉的数据采集点分布位置也不同,说明鱼骨调味粉的气味发生了变化。75℃时在第 1 主成分轴上分布较为靠近,85℃和 95℃时的分布较为集中,105℃和 115℃时的分布也较为集中。各组数据区域间没有重叠,且变化明显,说明不同反应温度的样品可以通过 PCA 很好地区分开来。

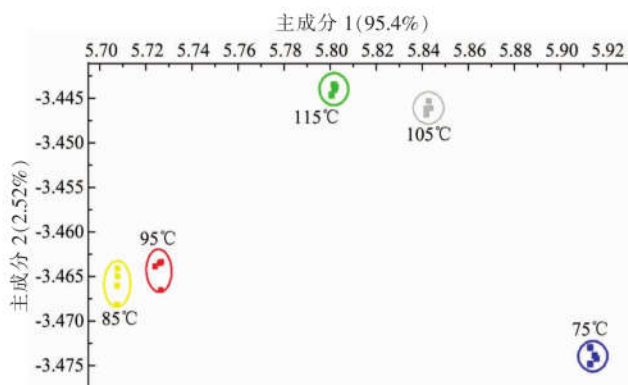


图 5 不同反应温度电子鼻 PCA 分析结果
Fig.5 The PCA results of E-nose analysis at different reaction temperatures

2.4 固相美拉德反应起始 pH 值单因素试验

不同反应起始 pH 值电子鼻 PCA 分析结果见

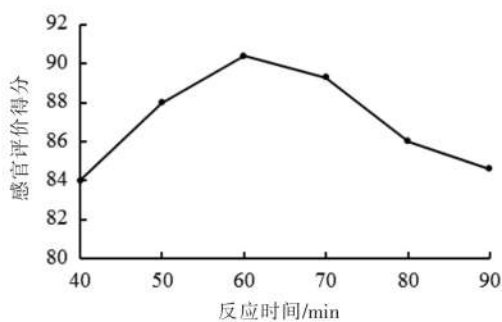


图 4 不同反应时间感官评价得分
Fig.4 The sensory evaluation scores at different response times

由图 6 可知,随着反应温度的增高,鱼骨调味粉的感官评价得分先升高后降低,当温度达到 105℃时感官评分最高。当温度超过 105℃时,产物炭化产生焦味,这是因为美拉德反应是一个复杂的反应体系。反应温度不同,体系的反应支路不同,产物也就不同^[13,16]。虽然美拉德反应温度升高反应速率增加,但温度过高,会产生焦糊味;而反应温度过低,反应不充分,风味物质也不能完全形成^[12-13,16]。合理控制美拉德反应温度对产品的品质较为重要。

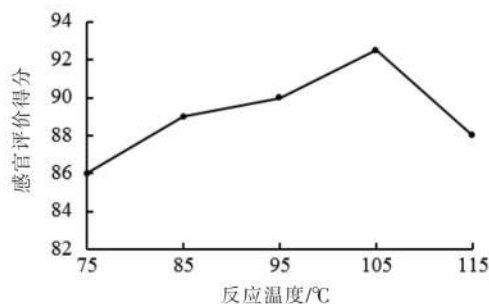


图 6 不同反应温度感官评价得分
Fig.6 The sensory evaluation scores at different reaction temperatures

图 7。经分析可知,PC1 的贡献率和 PC2 的贡献率分别为 97.63%和 2.04%,总贡献为 99.67%,说明

可以表示样品的主要信息特征^[21]。美拉德反应的起始 pH 值不同,鱼骨调味粉的数据采集点分布的位置不同。pH7 时在第 1 主成分轴上分布较为靠近,pH 值为 9 和 pH 值为 10 区域间重叠,可能是由于 pH 值过高有不风味形成,导致风味相近。其余各组数据区域间没有重叠,且变化明显,说明不同反应起始 pH 值的样品可以通过 PCA 区分。

由图 8 可知,随着反应起始 pH 值的增高,鱼骨调味粉的感官评价得分先升高后降低。挥发性风味物质的产生受反应体系起始 pH 值的影响^[15],随着起始 pH 值的增加,调味粉的感官评价得分增高,当 pH7 时调味粉感官评分最高,美拉德反应增香效果最好;而当 pH>7 时,调味粉感官评分

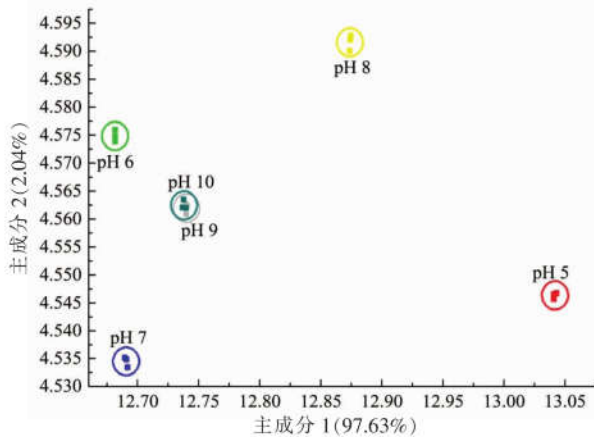


图 7 不同反应起始 pH 值电子鼻 PCA 分析结果
Fig.7 The PCA results and radar graph of E-nose analysis at different reaction pH

2.5 响应面优化结果

表 4 列出响应面二次模型方差分析结果,模型极显著($P < 0.0001$)。失拟项不显著($P = 0.1924 > 0.05$),二次模型成立,该模型可用于感官评价及优化美拉德反应的预测。影响美拉德调味粉感官评价的主次因素排序为葡萄糖添加量(C)>反应温度(D)>反应时间(A)>起始 pH 值(B),其中 C 和 D 对感官评价的影响达到极显著水平。4 个因素中,A 和 B、A 和 C、B 和 D 的交互作用显著,交互作用响应面图及等高线图见图 9 至图 11。由表 5 可知,模型的回归系数 $R^2 = 0.9506 > 0.8$,表明模型与实际情况具有很好的拟合性,可以解释数据变化和各参数间的关系^[2,25-26]。

由图 9 可知,在一定范围内,随着反应时间的

下降;起始 pH 值增至 10 时,调味粉气味较为刺激,色泽发黑,褐变程度较重。孙丽平等^[22]认为,美拉德反应体系的起始 pH 值对吡嗪类物质的产生起决定性作用。而解万翠等^[15]认为,在酸性条件下,氨基发生反转,从而导致美拉德反应的中间产物不易分解,生成的风味物质很少,反应效果较差。许多研究也指出,在碱性条件下,氨基酸呈阴离子态^[15]。羰氨缩合后,发生具有碱催化作用的反应使糖降解,如反醇醛、烯醇化和脱水等反应,因此介质的 pH 值升高会加快美拉德反应^[15,22-24]。而美拉德反应速度过快,会引起产生不良香气的反应或呈反应过度的状态。pH 值过高或者过低,都不利于风味物质的形成^[22]。

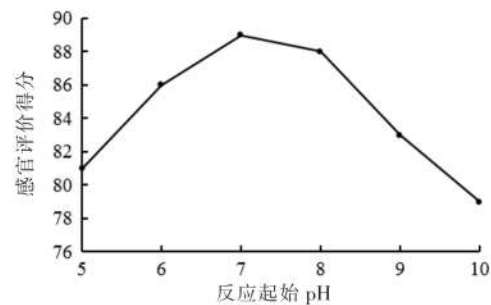


图 8 不同反应起始 pH 值感官评价得分
Fig.8 The sensory evaluation scores at different reaction pH

延长和起始 pH 值的升高,感官评价得分呈先升高后下降的趋势。这说明起始 pH 或反应时间太高,影响反应程度。由图 10 可知,随着葡萄糖添加量的增大和反应时间的延长,感官评价得分先升高后下降。由图 11 可知,在一定范围内,随着起始 pH 值的和反应温度的升高,感官评分均呈先升高后下降,该结果与上述单因素结果一致。

利用响应面优化鱼骨泥固相美拉德反应的最佳工艺条件为葡萄糖添加量 9.79%,反应温度 103.25 °C,反应时间 70 min,起始 pH7.21,此时感官评价得分为 84.1764。为便于生产化操作,将反应条件设为温度葡萄糖添加量 9.79%,温度 103.2 °C,时间 70 min,起始 pH 7.21。由 Design-Expert 8.0 软件优化分析得到的感官评分为 84.10,与上

表3 响应面试验设计与结果

Table 3 Program and experimental results of RSM

试验号	A(反应时间/min)	B(起始pH)	C(葡萄糖添加量/%)	D(反应温度/°C)	感官评价得分	试验号	A(反应时间/min)	B(起始pH)	C(葡萄糖添加量/%)	D(反应温度/°C)	感官评价得分
1	-1	-1	0	0	80.20	16	0	1	1	0	78.58
2	1	-1	0	0	74.31	17	-1	0	-1	0	78.58
3	-1	1	0	0	75.42	18	1	0	-1	0	73.75
4	1	1	0	0	79.00	19	-1	0	1	0	74.38
5	0	0	-1	-1	73.75	20	1	0	1	0	84.00
6	0	0	1	-1	76.50	21	0	-1	0	-1	77.58
7	0	0	-1	1	69.75	22	0	1	0	-1	73.00
8	0	0	1	1	74.35	23	0	-1	0	1	70.58
9	-1	0	0	-1	75.58	24	0	1	0	1	77.42
10	1	0	0	-1	79.00	25	0	0	0	0	82.90
11	-1	0	0	1	74.00	26	0	0	0	0	81.00
12	1	0	0	1	71.60	27	0	0	0	0	82.54
13	0	-1	-1	0	73.42	28	0	0	0	0	83.15
14	0	1	-1	0	74.67	29	0	0	0	0	83.00
15	0	-1	1	0	81.00						

表4 响应面二次模型方差分析

Table 4 Variance analysis results of response surface quadratic model

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	434.70	14	31.50	19.26	< 0.0001	**
A(反应时间)	1.02	1	1.02	0.63	0.4395	
B(起始pH)	0.083	1	0.083	0.049	0.8283	
C(葡萄糖添加量)	51.63	1	51.63	32.02	< 0.0001	**
D(反应温度)	26.14	1	26.14	16.21	0.0012	**
AB	22.42	1	22.42	13.91	0.0022	**
AC	52.20	1	52.20	32.28	< 0.0001	**
AD	8.47	1	8.47	5.25	0.0379	
BC	3.37	1	3.37	2.09	0.1704	
BD	32.60	1	32.60	20.22	0.0005	**
CD	0.86	1	0.86	0.53	0.4783	
A ²	29.49	1	29.49	18.29	0.0008	**
B ²	47.72	1	47.72	29.60	< 0.0001	**
C ²	59.10	1	59.10	36.66	< 0.0001	**
D ²	194.16	1	194.16	120.44	< 0.0001	**
残差	22.57	14	1.61			
失拟项	19.49	10	1.95	2.53	0.1924	
纯误差	3.08	4	0.77			
总变异	457.26	28				

表 5 二次模型的方差分析结果

Table 5 Variance analysis results of the quadratic model

指标	标准差	均数	离散系数	R^2	R_{adj}^2	PRESS
结果	1.27	77.00	1.65	0.9506	0.9013	117.06

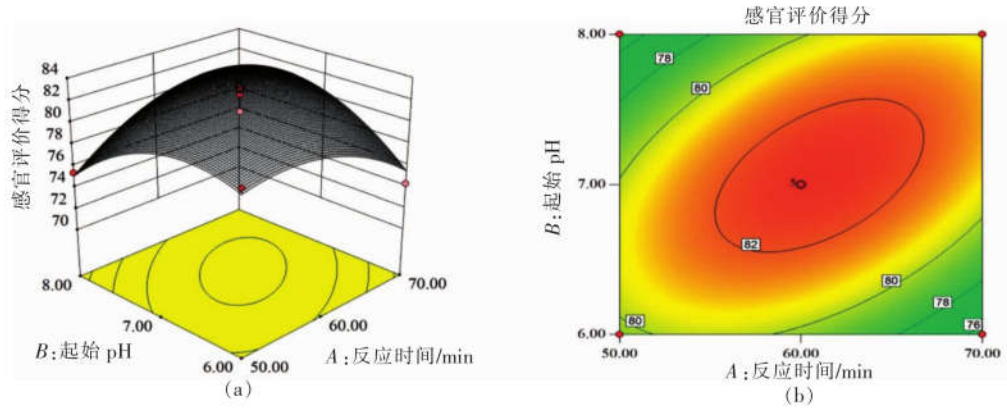


图 9 时间和起始 pH 值对感官评价得分的响应面和等高图

Fig.9 Response surface and contour plot for the effect of reaction time and pH on the sensory evaluation scores

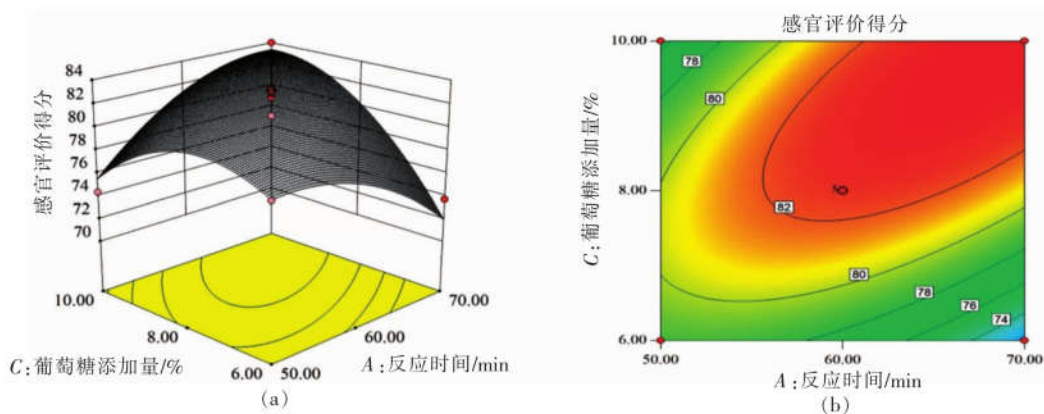


图 10 反应时间和葡萄糖添加量对感官评价得分的响应面和等高图

Fig.10 Response surface and contour plot for the effect of reaction time and glucose additions on the sensory evaluation scores

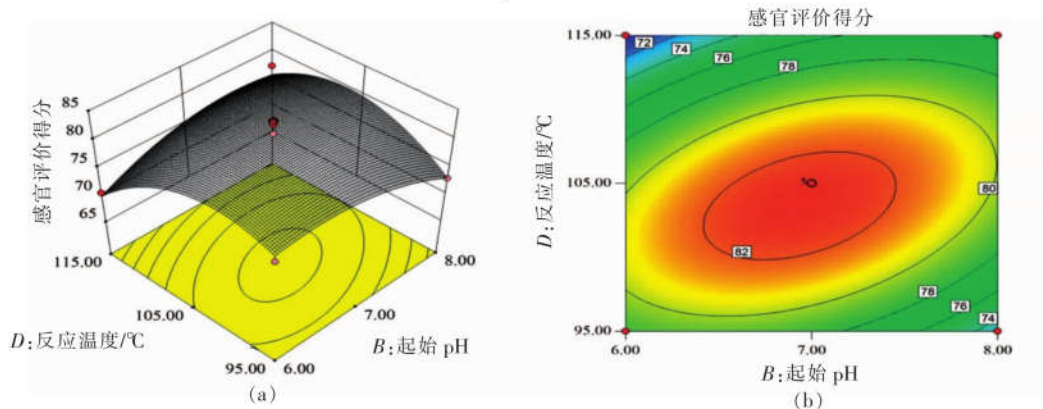


图 11 反应温度和起始 pH 值对感官评价得分的响应面和等高图

Fig.11 Response surface and contour plot for the effect of reaction temperature and pH on the sensory evaluation scores

述反应条件下得到的感官评价得分相当。按此条件进行3次重复试验验证,结果调味粉的感官评分平均值为84.39,与软件所得结果基本一致。最终选用葡萄糖添加量9.79%,温度103.25℃,时间70 min,起始pH7.21为最终的反应条件。

2.6 终产品的电子鼻分析

经测定,最终产品的电子鼻与原骨泥粉电子鼻检测结果有所不同,结果见图12。

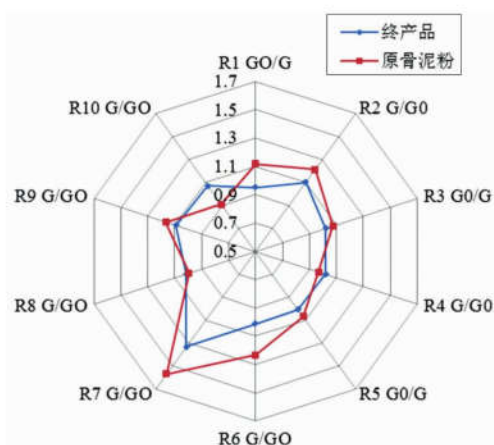


图12 终产品和原骨泥粉的电子鼻雷达图
Fig.12 The radar graph of E-nose analysis at the final product and original bone mud

由图12可发现,终产品和原骨泥粉相比较,1(芳香成分)、2(氮氧化合物)、6(甲烷)、7(硫化物)和10号(烷烃)传感器的响应值变化明显;而3(芳香成分)、4(对氢气有选择性)、5(芳香烃成分)9号(有机硫化物)传感器的响应值变化不明显。根据电子鼻检测分析,固相美拉德反应对产物的苯类芳香成分、含氮、含甲基和无机含硫化合物以及长链烷烃有明显的影响,而对氨基类芳香成分、氢化物、短链烷烃和有机硫化物的影响较弱。

3 结论

以感官评价为指标,在单因素的基础上,设计了四因素三水平响应面试验,得到固相美拉德反应最佳工艺条件为:葡萄糖添加量9.79%,温度103.25℃,时间70 min,起始pH7.21,此时鱼骨泥调味粉的感官评价得分较高,风味较好。采用固相美拉德反应增香法改善鱼骨调味粉的风味,通过该方法制备的水产调味料,工艺流程简单,条件温

和,适合工厂化生产。同时,还可将该鱼骨调味粉作为水产调味基料,通过进一步加工制备水产品调味料,应用前景广泛。

参 考 文 献

- [1] 复合调味料打开行业增长新空间[J]. 食品科技, 2014(4): 10007.
- [2] 高郡焕, 李学鹏, 刘裕, 等. 响应面试验优化四角蛤蜊调味料风味前体物质酶解制备工艺[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 17-23.
- [3] 吴进卫, 颜伟. 海鲜调味料概述[J]. 中国食品添加剂, 2008(S1): 120-124.
- [4] WNOROWSKI A, YAYLAYAN V A. Influence of pyrolytic and aqueous-phase reactions on the mechanism of formation of Maillard products[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(8): 3549-3554.
- [5] MARTINS S I F S, BOEKEL M A J S V. A kinetic model for the glucose/ glycine Maillard reaction pathways[J]. Food Chemistry, 2005, 90(2): 257-269.
- [6] TAN Z W, YU A N. Volatiles from the Maillard reaction of *L*-ascorbic acid with *L*-glutamic acid/ *L*-aspartic acid at different reaction times and temperatures[J]. Asia-pacific Journal of Chemical Engineering, 2012, 7(4): 563-571.
- [7] 朱文辉, 杨柳, 杨红燕, 等. TG-SPME-GC-MS 研究谷氨酸和葡萄糖的固相美拉德反应[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 91-96.
- [8] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [9] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor[J]. Meat Science, 2007, 77(1): 63-80.
- [10] 毕潇潇. 松江鲈 (*Trachidermus fasciatus*) 种群的形态学与遗传学研究及四种鳕鱼的遗传学研[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [11] HU H, LI B, ZHAO X, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis of Alaska pollock frame for preparing protein hydrolysates with low-bitterness[J]. LWT -Food Science and Technology, 2011, 44(2): 421-428.
- [12] DARMANTO Y S, AGUSTINI T W, SWASTAWATI F, et al. The effect of fish bone collagens in im-

- proving food quality[J]. Faculty of Food Science and Technology, 2014, 21(3): 891-896.
- [13] KASMIATI, METUSALACH, KASIM M. Effect of fish bone gelatin supplementation on protein contents and acceptability of rice-based traditional food[J]. Gelatin Extraction Fish Bone Rice Protein Organoleptic, 2012, 2(1): 27-32.
- [14] 于锦河, 谢雯雯, 叶蕾蕾, 等. 物料组成对鱼蛋白肽混合钙咀嚼片品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(6): 2015-2021.
- [15] 解万翠, 杨锡洪, 陈昊林, 等. 固相美拉德反应增香法制备虾风味料工艺 SPME-GC-MS 测定[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 199-205.
- [16] 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.
- [17] SAEVELS S, LAMMERTYN J, BERNA A Z, et al. An electronic nose and a mass spectrometry based electronic nose for assessing apple quality during shelf life[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 31: 9-19.
- [18] BENEDETTI S, DRUSCH S, MANNINO S. Monitoring of autoxidation in LCPUFA-enriched lipid microparticles by electronic nose and SPME-GCMS[J]. Talanta, 2009, 78: 1266-1271.
- [19] 刘晏玮. 预处理方式对蓝蛤酶解特性及酶解液呈味特性的影响[D]. 锦州: 渤海大学, 2019.
- [20] 潘晓倩, 成晓瑜, 张顺亮, 等. 不同发酵剂对北方风干香肠色泽和风味品质的改良作用[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 81-86.
- [21] 潘冰燕, 鲁晓翔, 张鹏等. GC-MS 结合电子鼻分析 1-MCP 处理对线椒低温贮藏期挥发性物质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 238-243.
- [22] 孙丽平, 汪东风, 徐莹, 等. pH 和加热时间对美拉德反应挥发性产物的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 122-125.
- [23] 赵晶, 张宏坤, 马丹雅, 等. 葡萄糖与赖氨酸美拉德反应产物的抗氧化性研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 92-95.
- [24] 章银良, 卢慢慢, 张陆燕. 鱼肉蛋白-D-木糖 MRP_s 抗氧化活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9): 38-42.
- [25] LAOHAKUNJIT N, SELAMASSAKUI O, KERD-CHOECHUEN O. Seafood-like flavour obtained from the enzymatic hydrolysis of the protein by-products of seaweed (*Gracilaria* sp.) [J]. Food Chemistry, 2014, 158(9): 162-170.
- [26] 刘海梅, 陈静, 安孝宇, 等. 牡蛎酶解工艺参数优化及其产物分析与评价[J]. 食品科学, 2017, 38(14): 240-244.

Preparation of Fishbone Seasoning Powder by Solid-phased Maillard Reaction Method

Zhu Wenhui¹ Luan Hongwei¹ Bu Ying¹ Li Xuepeng^{1*} Xie Jing² Wang Fuqing³ Li Jianrong¹

¹College of Food Science and Engineering, Bohai University, Engineering and Technology Research Center of Food Preservation, Processing and Safety Control of Liaoning Province, Jinzhou 121013, Liaoning

²College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306

³Center for Commercial Science, Technology and Quality, China General Chamber of Commerce, Beijing 100801

Abstract Super-pulverized fish bone was used as amino source to produce Maillard reaction with glucose. The optimal preparation processing of the solid-phase Maillard reaction were explored by response surface experiments on the basis of single factor experimental results using electronic nose and sensory evaluation as the index. The results showed that the primary factor of the Maillard reaction sensory evaluation is the glucose addition > reaction time > reaction time > initial pH value, and the optimal processing of Maillard reaction were 9.79% of glucose addition, 103.25 °C, 70 min and initial pH is 7.21. The flavor of cod bone and fishbone flavorings can be distinguished by the electronic nose principal component analysis (PCA). And the sensory evaluation score of fish bone seasoning powder was higher and the flavor was better. It can not only provide the theoretical basis and method guidance for the development of natural seafood seasonings, but also provide a reference for the comprehensive processing and utilization on the scraps of the pollock.

Keywords pollock fish bones; solid-phased Maillard reaction; electronic nose; sensory evaluation; response surface design