

多源多肽鲜调味料配方优化及协同呈味机制研究

罗敏¹, 刘元福¹, 刘晓丽¹, 王星力¹, 李茂国¹, 文建霞², 张良², 车振明^{2,*}

1. 四川友联味业食品有限公司, 四川成都
2. 西华大学食品与生物工程学院, 四川成都

DOI:10.62836/gse.v3i3.1475

摘要: 本研究旨在开发风味醇厚的天然多肽鲜调味料, 解析高活性酵母提取物介导的多源基质协同呈味机制。以大豆、鸡肉、香菇-杏鲍菇、虾皮酶解物和酵母提取物为核心原料, 搭配果蔬冻干粉、精制食盐制备产品。通过预试验确定辅料用量, 单因素试验划定配比范围, 采用Box-Behnken五因素三水平响应面建立风味预测模型, 结合感官评价、电子舌电子鼻、TAV、EUC等指标解析呈味规律。结果显示, 5种核心原料对感官评分均呈极显著影响, 作用大小依次为酵母提取物、鸡肉酶解物、菌菇酶解物、大豆酶解物、虾皮酶解物; 模型 $R^2=0.9892$, 预测误差小于1%。得到最优工业化配方, 产品EUC为216.80, 具有明显鲜味超加和效应, 鲜味强度为谷氨酸钠的78.65%, 感官评分94.12分, 热稳定性、风味圆润度优于味精与市售鸡精。酵母提取物依靠核苷酸增鲜、谷胱甘肽矫味, 富集香气、消除腥涩后味, 实现多肽-氨基酸-核苷酸四维协同呈味, 为清洁标签多肽调味料产业化提供理论与数据支撑。

关键词: 多肽鲜调味料; 食品级高活性酵母提取物; 多源酶解多肽; 协同呈味机制

Research on the Optimization of Multi-source Polypeptide Fresh Seasoning Formulations and the Mechanisms of Synergistic Flavor Enhancement

Min Luo¹, Yuanfu Liu¹, Xiaoli Liu¹, Xingli Wang¹, Maoguo Li¹, Jianxia Wen², Liang Zhang², Zhenming Che²

1. Sichuan Youlian Flavor Food Co., Ltd., Chengdu, Sichuan

2. School of Food and Bioengineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan

Abstract: This study aimed to develop a mellow-flavored natural polypeptide-based umami seasoning and elucidate the multi-substrate synergistic umami-forming mechanism mediated by high-activity food-grade yeast extract. The product was prepared with enzymatic hydrolysates of soybean, chicken, *Lentinus edodes*-*Pleurotus eryngii* complex, shrimp shell, and yeast extract as core raw materials, compounded with fruit-vegetable freeze-dried powder and refined edible salt. Auxiliary material dosages were determined via pre-experiments, and the proportion ranges of raw

*基金项目: 本文由四川省“企业找技术”双向揭榜挂帅“新型川式健康营养复合调味品生产关键技术及产业化”项目资助。

作者简介: 罗敏, 四川友联味业食品有限公司总经理, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: 8404100@qq.com;

通信作者: 车振明, 教授, 研究方向为复合调味料工艺优化。E-mail: chezhenming@163.com。

materials were defined by single-factor tests. A five-factor-three-level Box-Behnken response-surface methodology was adopted to establish a flavor prediction model. The umami-formation rules were analyzed comprehensively by sensory evaluation, electronic tongue-electronic nose detection, taste activity value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC). The results demonstrated that five core raw materials exerted extremely significant effects on sensory scores, in the order: yeast extract > chicken enzymatic hydrolysate > mushroom composite enzymatic hydrolysate > soybean enzymatic hydrolysate > shrimp-shell enzymatic hydrolysate. The regression model presented $R^2 = 0.9892$ with a prediction error below 1%. An optimal industrial formula was obtained. The finished product had an EUC value of 216.80 with prominent umami super-additive effect. Its umami intensity reached 78.65% of monosodium glutamate, with a sensory score of 94.12. It possessed superior thermal stability and flavor roundness compared with monosodium glutamate and commercial chicken essence. Yeast extract enhanced umami via nucleotides and modified flavor by glutathione. It enriched aroma and eliminated astringent off-taste derived from proteins, realizing the four-dimensional synergistic umami effect of polypeptide-amino acid-nucleotide. This work provides theoretical support and technical data for the industrialization of clean-label polypeptide seasonings.

Keywords: polypeptide umami seasoning; food-grade high-activity yeast extract; multi-source enzymatic polypeptides; synergistic umami-forming mechanism

1 引言

传统谷氨酸钠（味精）呈鲜组分单一，回味短，120℃以上易分解为无增鲜活性的焦谷氨酸钠，耐热性差；市售鸡精以味精、麦芽糊精为基底，复配人工香精与色素，人工风味突出、盐含量高，长期食用易造成味觉钝化，难以契合天然、醇厚、低刺激的消费需求[1]。

植物、畜禽、菌菇与海洋蛋白经定向可控酶解，能够释放大量小分子鲜味多肽及游离氨基酸，是天然增鲜调味料的优良原料。大豆、鸡肉、菌菇、虾皮酶解物可分别提供谷氨酸肽、IMP、GMP及海洋风味，搭建基础鲜味框架，但四源复配体系仍存在不足：酶解产生的苦味肽带来腥涩后味，体系核苷酸含量有限，鲜味协同增效作用不足，难以形成醇厚饱满的风味[2,3]。食品级高活性酵母提取物含有5'-IMP、5'-GMP和谷胱甘肽(GSH)，核苷酸可产生超加和增鲜效果，谷胱甘肽能够络合苦味多肽、改善口感，可弥补多酶解蛋白体系的风味缺陷

[4]。现有研究大多仅将酵母提取物作为简单辅料，尚未建立植物-畜禽-真菌-海洋-酵母五源协同呈味体系，缺少量化模型与深层机理分析，制约多肽调味料的标准化工业化生产。

据此，本研究围绕酵母提取物增鲜与矫味双重作用，探究核苷酸、谷胱甘肽调控五源基质风味的作用机制，解析多肽-氨基酸-核苷酸协同激活鲜味受体的内在规律。本研究构建五源一体化复配体系，采用EUC量化鲜味超加和效应，结合智能感官与化学指标开展风味解析，明确酵母提取物的核心功能，为高品质清洁标签多肽鲜调味料的产业化及标准化生产提供理论依据与技术支持。

2 材料与方法

2.1 试验材料与试剂

大豆酶解物（自制，水解度38.5%，小分子多肽≥72%）、鸡肉酶解物（自制，水解度42.3%，呈味肽≥68%）、香菇-杏鲍菇复合酶解物（自制，多糖≥15%，鸟苷酸≥3.2%）、虾皮酶解物（自

制，总游离氨基酸 $\geq 45\%$)；食品级高活性酵母提取物(总核苷酸 $\geq 8.5\%$ ，GSH $\geq 1.2\%$)；苹果-胡萝卜-小葱复合果蔬冻干粉，食用精制食盐；谷氨酸钠标准品($\geq 99.9\%$)，市售商用鸡精；18种氨基酸、IMP、GMP色谱标准品；盐酸、氢氧化钠、无水乙醇(均为分析纯)；超纯水。

2.2 仪器与设备

TA.XT2i质构仪；PEN3便携式电子鼻；SA402B电子舌；L-8900全自动氨基酸分析仪；DHG-9070A恒温干燥箱；FA2004分析天平；恒温磁力搅拌器；真空冷冻干燥机；80目标准筛。

2.3 试验方法

2.3.1 多肽鲜制备工艺流程

原料过80目筛后按配方准确称量，常温300r/min搅拌均质25min，二次过筛除去团聚颗粒，样品密封避光干燥保存。检测指标包含感官评分、电子舌、电子鼻、游离氨基酸、滋味活性值(TAV)及等鲜浓度(EUC)，综合评价产品风味与协同呈味特性。

2.3.2 预试验

以感官评分、涩味响应为指标，设置果蔬冻干粉、食盐1%~5%添加梯度，每组3次平行。确定果蔬冻干粉2.8%、食盐2.7%为适宜添加量，作为响应面试验固定常量。

2.3.3 单因素试验设计

固定果蔬冻干粉2.8%、食盐2.7%，分别对5种

核心酶解原料设置5个添加水平，每组3次平行，采用邓肯多重比较进行差异分析，确定Box-Behnken试验各因素-1、0、+1水平区间(如表1)。

高温稳定性补充评分规则：样品120℃烘烤15min冷却后重新品评，满分100，分值越高热损耗越小。

2.3.4 电子舌、电子鼻检测方法

鲜味相对强度：

$$U = \frac{S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$TAV: TAV = \frac{c}{T} \quad (2)$$

各呈味物质味觉阈值均引用食品风味权威文献[1]。

等鲜浓度EUC计算公式：

$$EUC = \sum a_i b_i + 1218 \left(\sum a_i \right) \left(\sum b_i \right) \quad (3)$$

a_i ：鲜味氨基酸含量(mg/100g)； b_i ：5'-核苷酸含量(mg/100g)；1218为谷氨酸与核苷酸协同系数，EUC数值越高超加和效应越强。

2.3.5 Box-Behnken响应面设计

以5种核心原料添加量为自变量，综合感官评分为响应值，开展五因素三水平响应面优化，固定辅料用量消除干扰；共46组试验，设置14组中心点平行，试验顺序随机(如表2，表3)。

2.3.6 对照样品配比

设置不含酵母提取物的四源对照组，去除掉酵母提取物外其余组分与最优配方完全一致，遵循单一变量原则，探究酵母提取物对风味的调控作用。

表1. 调味料感官评分标准

评价维度	90~100分	70~89分	60~69分	<60分	权重
鲜味强度	浓郁充足	强度适中	鲜味偏弱	寡淡无味	0.25
风味厚重感	饱满立体	层次尚可	单薄单一	寡淡如水	0.20
柔和度	温润无刺激	轻微尖锐	刺激明显	口感生硬	0.15
回甘性	清甜持久	短回甘	无回味	苦涩后味	0.15
风味纯净度	无腥苦杂味	微量杂味	杂味明显	难以入口	0.10
风味圆润度	均衡无突兀	轻微失衡	配比冲突	风味杂乱	0.10
整体接受度	极易接受	接受良好	一般	无法食用	0.05

表2. 响应面试验因素与水平

因素	编码	-1	0	+1
大豆水解物A/%	A	23	26	29
鸡肉水解物B/%	B	20	22	24
菌菇酶解物C/%	C	22	24	26
虾皮提取 D/%	D	15	17	19
酵母提取物E/%	E	7	9	11

表3. Box-Behnken五因素响应面试验方案及结果

试验号	A	B	C	D	E	感官评分Y
1	-1	-1	0	0	0	86.32
2	+1	-1	0	0	0	87.45
3	-1	+1	0	0	0	88.71
4	+1	+1	0	0	0	88.16
5	0	-1	-1	0	0	85.93
6	0	+1	-1	0	0	87.54
7	0	-1	+1	0	0	88.37
8	0	+1	0	0	0	89.46
9	0	0	-1	-1	0	87.62
10	0	0	+1	-1	0	89.75
11	0	0	-1	+1	0	88.49
12	0	0	+1	+1	0	90.36
13	-1	0	0	-1	0	87.94
14	+1	0	0	-1	0	89.27
15	-1	0	0	+1	0	88.63
16	+1	0	0	+1	0	89.98
17	-1	0	0	0	-1	87.15
18	+1	0	0	0	-1	88.42
19	-1	0	0	0	+1	89.07
20	+1	0	0	0	+1	90.51
21	0	-1	0	0	-1	86.74
22	0	+1	0	0	-1	88.29
23	0	-1	0	0	+1	89.65
24	0	+1	0	0	+1	91.03
25	0	0	-1	0	-1	87.88
26	0	0	+1	0	-1	89.56
27	0	0	-1	0	+1	90.14
28	0	0	+1	0	+1	91.72
29	0	0	0	-1	-1	88.06
30	0	0	0	+1	-1	88.91
31	0	0	0	-1	+1	89.85
32	0	0	0	+1	+1	90.77
33	0	0	0	0	0	93.57
34	0	0	0	0	0	93.61
35	0	0	0	0	0	93.68
36	0	0	0	0	0	93.72
37	0	0	0	0	0	93.79
38	0	0	0	0	0	93.84
39	0	0	0	0	0	93.90
40	0	0	0	0	0	93.95
41	0	0	0	0	0	93.98
42	0	0	0	0	0	94.02
43	0	0	0	0	0	94.05
44	0	0	0	0	0	94.07
45	0	0	0	0	0	94.09
46	0	0	0	0	0	94.10

3 结果与分析

3.1 单因素试验

邓肯多重差异性检验结果表明, 各核心原料0水平与±1水平的感官评分差异显著($P<0.05$), 感官评分峰值均分布在0水平, 说明响应面试验的三水平选取科学合理。大豆酶解物、鸡肉酶解物、香菇-杏鲍菇复合酶解物、虾皮酶解物、酵母提取物的适宜添加量分别为26%、22%、24%、17%、9%。添加量过低时, 对应原料的呈味、矫味作用发挥不足; 添加量过高则会分别出现植物肽风味过强、脂腥味加重、鲜韵失衡、杂味凸显、酵母发酵异味等问题, 破坏产品整体风味协调性, 各原料的呈味特性均与已有文献报道一致[5-7]。

3.2 响应面模型构建与方差分析

五元二次回归方程:

$$Y = 93.85 + 1.02A + 1.76B + 1.43C + 0.81D + 2.15E - 0.28AB - 0.22AC + 0.15AD + 0.31AE - 0.20BD + 0.12BE + 0.18CD + 0.24CE + 0.11DE - 2.62A^2 - 2.95B^2 - 2.78C^2 - 1.85D^2 - 3.26E^2$$

回归模型方差分析见表4:

表4. 回归模型方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	136.74	14	9.767	91.27	<0.0001	**
A	12.51	1	12.51	116.82	<0.0001	**
B	37.26	1	37.26	348.15	<0.0001	**
C	24.68	1	24.68	230.47	<0.0001	**
D	7.92	1	7.92	74.02	0.0003	**
E	55.43	1	55.43	518.09	<0.0001	**
AB	0.31	1	0.31	2.89	0.0984	不显著
AE	0.96	1	0.96	8.98	0.0136	*
BC	1.78	1	1.78	16.64	0.0011	*
CE	0.58	1	0.58	5.42	0.0327	*
A ²	22.47	1	22.47	210.11	<0.0001	**
B ²	28.52	1	28.52	62.41	<0.0001	**
C ²	25.39	1	25.39	55.56	<0.0001	**
D ²	11.24	1	11.24	24.59	<0.0001	**
E ²	34.86	1	34.86	76.28	<0.0001	**
残差	14.18	31	0.457	—	—	—
失拟项	7.25	26	0.279	1.62	0.1935	不显著
纯误差	6.93	5	1.386	—	—	—
总和	150.92	45	—	—	—	—

大豆酶解物与酵母提取物的交互作用结果见

图1，响应面最优峰值位于大豆酶解物26%、酵母提取物9%，等高线呈椭圆形，说明二者交互作用显著。大豆酶解物提供谷氨酸肽构筑基础鲜味，酵母提取物的IMP、GMP与谷氨酸协同结合T1R1/T1R3鲜味受体，增强鲜味；其含有的谷胱甘肽还可络合苦味多肽，减轻涩感。配比失衡会造成腥涩残留或掩盖大豆本鲜，破坏风味协调。

鸡肉酶解物与香菇-杏鲍菇复合酶解物交互作用见图2，该组响应曲面坡度最陡、等高线狭长，交互作用最为显著。鸡肉来源IMP与菌菇来源GMP构成二元核苷酸增效体系，放大鲜味超加和效应，但该组合仅可增鲜，不具备矫味能力；缺少酵母提取物时，苦味肽难以去除，涩味、杂味随之积

累，风味平衡被打破，需要酵母提取物弥补风味缺陷。

菌菇酶解物与酵母提取物交互结果见图3，在菌菇酶解物24%、酵母提取物9%配比下协同效果最佳。菌菇多糖可延长鲜味留存时间，谷胱甘肽能够遮蔽菌菇带来的土腥味，提升风味纯净度；鸡肉IMP、菌菇GMP与酵母内源核苷酸形成三重核苷酸叠加增效，同步提高产品鲜味强度与风味纯净度，改善整体风味品质。

3.3 最优配方验证与EUC量化分析

通过响应面模型求解得到理论最优配方：大豆酶解物25.58%、鸡肉酶解物21.76%、香菇-杏鲍

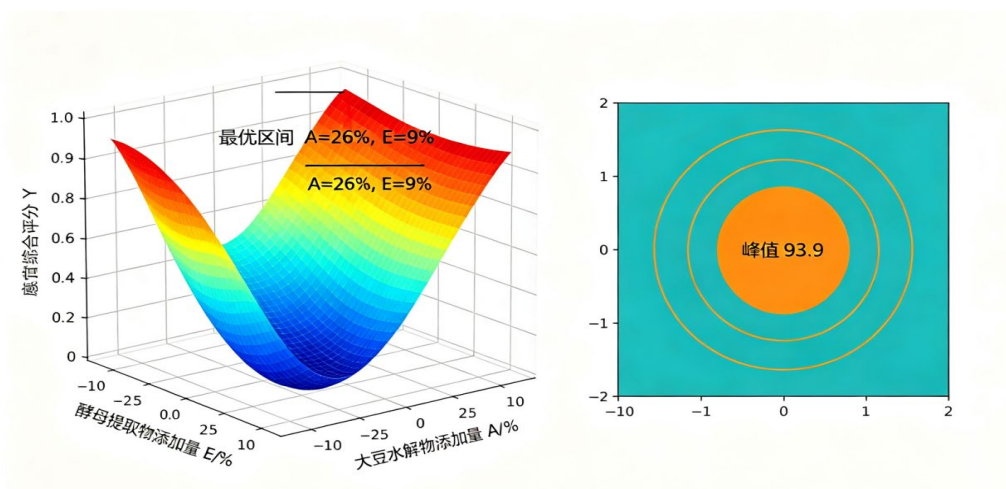


图1. 大豆水解物-酵母提取物响应面图

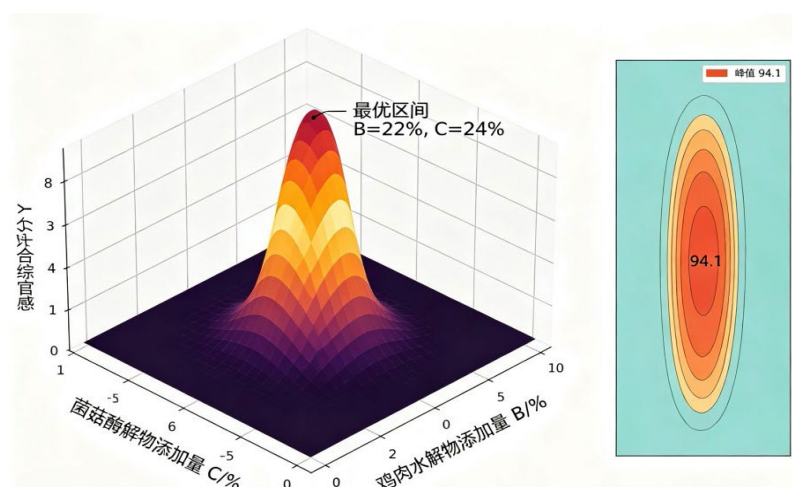


图2. 鸡肉水解物-菌菇酶解物响应面图

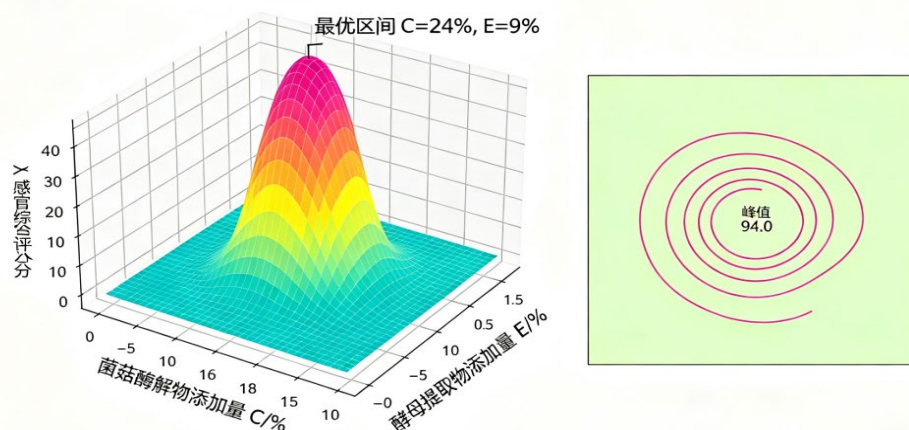


图3. 菌菇酶解物-酵母提取物响应面图

菇复合酶解物23.48%、虾皮酶解物16.19%、酵母提取物9.37%、复合果蔬冻干粉2.80%、食用精制食盐2.70%。结合工业生产条件对配方取整后开展平行验证，样品实测感官评分94.12分，和模型预测值94.80分的相对误差为0.72%，小于1%，证明该响应面模型拟合可靠、预测精度高，适用于工业化生产，该配方产品鲜味强度为谷氨酸钠标准品的78.65%。

EUC测定结果表明，五源最优样品等鲜浓度为216.80，不加酵母提取物的四源对照组仅143.50。可见添加酵母提取物能够产生明显的鲜味超加和协同效应，改善单一氨基酸呈鲜弱、风味单薄的问题，显著提升体系鲜味增益。本研究所用EUC量化方法符合行业通用评价标准[1,8]，试验数据与结果准确可靠。

3.4 游离氨基酸与TAV分析

对最优配方产品进行游离氨基酸组分测定，结果表明样品总游离氨基酸含量为726.58mg/100g，其中鲜味氨基酸占比达49.30%，为产品提供充足的天然呈鲜物质基础。滋味活性值分析显示，关键风味物质TAV均显著大于1，其中谷氨酸TAV=13.52、鸟苷酸GMP TAV=10.28、肌苷酸IMP TAV=9.36、谷胱甘肽GSH TAV=6.75，表明上述组分均为产品核心风味贡献物质，对调味料鲜味塑造、风味修饰及口感优化起决定性作用，共同构成了产品醇厚、

持久、纯正的复合鲜味特征。

3.4.1 电子舌味觉轮廓分析

四组样品电子舌味觉雷达图谱结果显示：五源多肽鲜、四源多肽、味精、鸡精的味觉轮廓差异显著。五源多肽鲜对应的鲜味、鲜味丰富度区域面积最大，同时苦味、涩味及不良后味响应面积最低；四源多肽样品涩后味信号突出，印证无酵母提取物时体系苦味肽难以消除；味精仅呈现单一鲜味信号，味觉层次匮乏；市售鸡精咸味与各类杂味响应显著，风味纯净度不足（如图4）。

3.4.2 电子鼻香气特征分析

电子鼻传感器响应结果表明：表征特征香气的W1C、W5S、W2W传感器响应值在五源多肽鲜样品中最高；而对应烷烃类不良杂气的W3S、W4S传感器响应水平最低。说明酵母提取物中活性风味组分能够结合、吸附原料产生的挥发性腥杂物质，富集正向特征香气，实现香气净化优化（如图5）。

3.5 多产品指标对比

由表5对五源多肽鲜、四源多肽、味精及市售鸡精多项风味指标的对比可见，五源多肽鲜EUC值达216.80，鲜味超加和效应突出，鲜味相对强度78.65%，高于四源多肽与市售鸡精，同时在风味柔和度、厚重感、回甘持久性、风味圆润度和高温稳

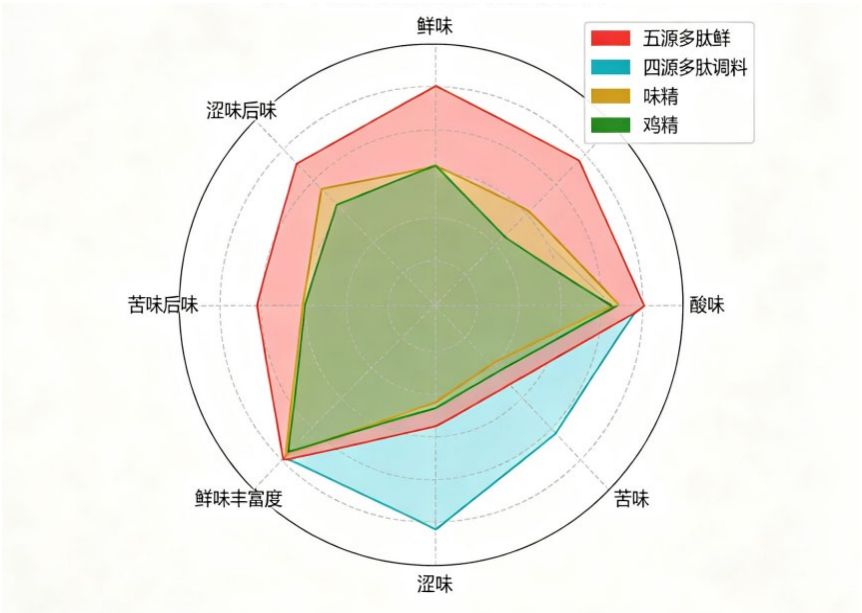


图4. 电子舌滋味雷达图

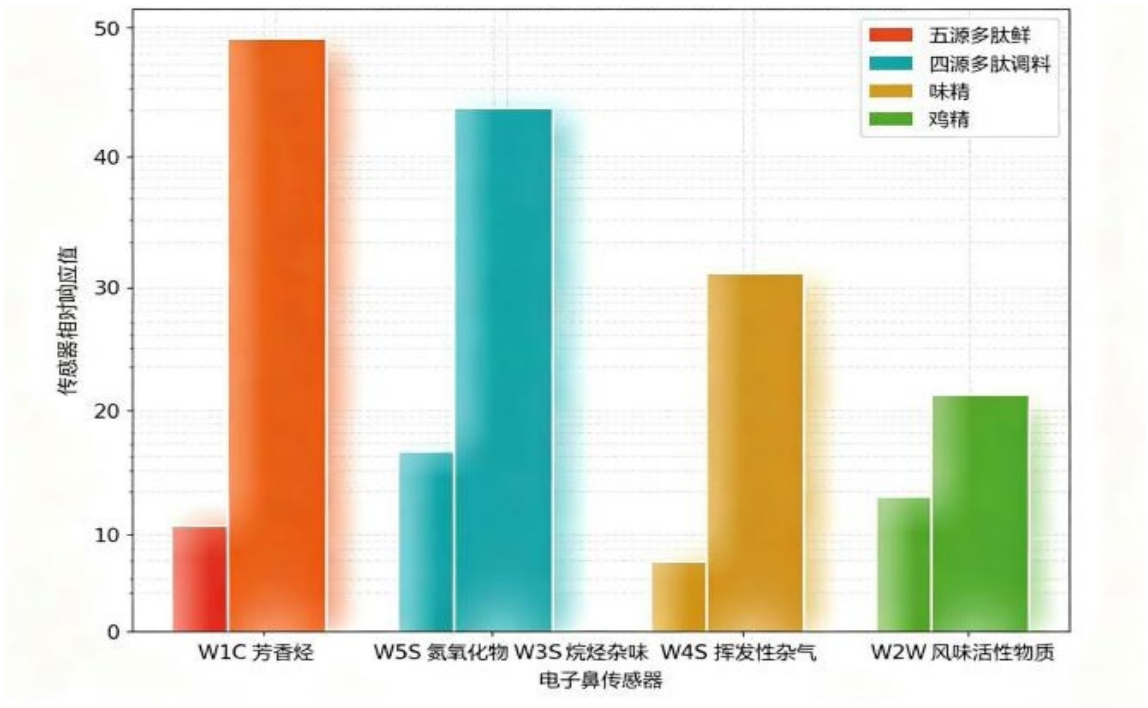


图5. 电子鼻香气响应值柱形图

定性方面感官评分均为最优。味精仅有基础鲜味，醇厚感与耐热性不足；鸡精综合指标表现一般；四源多肽各项指标均弱于五源体系，直接印证酵母提取物兼具增鲜和矫味双重作用。总体来看，五源多肽鲜调味料的综合风味品质优于味精、市售鸡精以及未添加酵母提取物的四源复配样品。

4 讨论

4.1 五源体系区别于传统四源的核心机理

传统四源酶解物体系内源核苷酸含量有限，鲜味协同增益不足，同时酶解产生的苦味多肽易带来腥涩后味。高活性酵母提取物可外源提供核苷酸

与谷胱甘肽，通过两条路径调控风味：一是鲜味增效路径，谷氨酸、IMP、GMP共同结合T1R1/T1R3鲜味受体，提升EUC并产生鲜味超加和效应[4,8]。二是矫味润味路径，谷胱甘肽通过氢键、疏水作用络合苦味多肽，遮蔽涩苦后味[8,9]。酵母提取物增鲜、矫味双重调控路径如图6所示。

4.2 响应面模型科学阐释

模型各二次项均极显著，说明原料风味属于非线性交互而非简单叠加。酵母提取物F值最高，是影响风味的首要因素；鸡肉-菌菇酶解物、大豆酶解物-酵母提取物、菌菇酶解物-酵母提取物为关键交互组合。由于果蔬冻干粉与食盐适配区间窄，本试验将其固定以优化核心基质配比，该试验设计合理，评价体系与现有文献保持一致[1,5,10]。

4.3 四维协同呈味理论模型解析

本研究构建的多肽-氨基酸-核苷酸-谷胱甘肽四维协同作用模型作用逻辑如下：四维协同呈味模型分为四层：底物供给层由多源酶解物提供多肽、谷氨酸与内源核苷酸；酵母功能调控层补充外源核苷酸与谷胱甘肽；分子互动层实现核苷酸协同增鲜、谷胱甘肽络合苦味物质；味觉感知层多种配体共同激活鲜味受体，增强鲜味强度并延长回味。

4.4 研究局限性与实际应用探讨

该产品鲜味强度仅为味精的78.65%，不能直接等同于完全替代味精、鸡精。但其综合风味、热稳定性、回甘表现更优，烹饪时增加约20%添加量即可达到味精同等鲜度，适合预制菜、中式炒菜、煲

表5. 不同调味料风味品质对比

指标	五源多肽鲜	四源多肽	味精	鸡精
鲜味相对强度/%	78.65	75.32	100.00	62.15
EUC值	216.8	143.5	89.2	76.4
风味柔和度/分	95.18	94.25	72.36	81.52
风味厚重感/分	94.85	93.18	68.25	76.33
回甘持久性/分	94.36	92.56	65.12	78.65
风味圆润度/分	94.78	91.25	62.18	75.36
高温稳定性/分	92.86	91.65	60.32	75.16

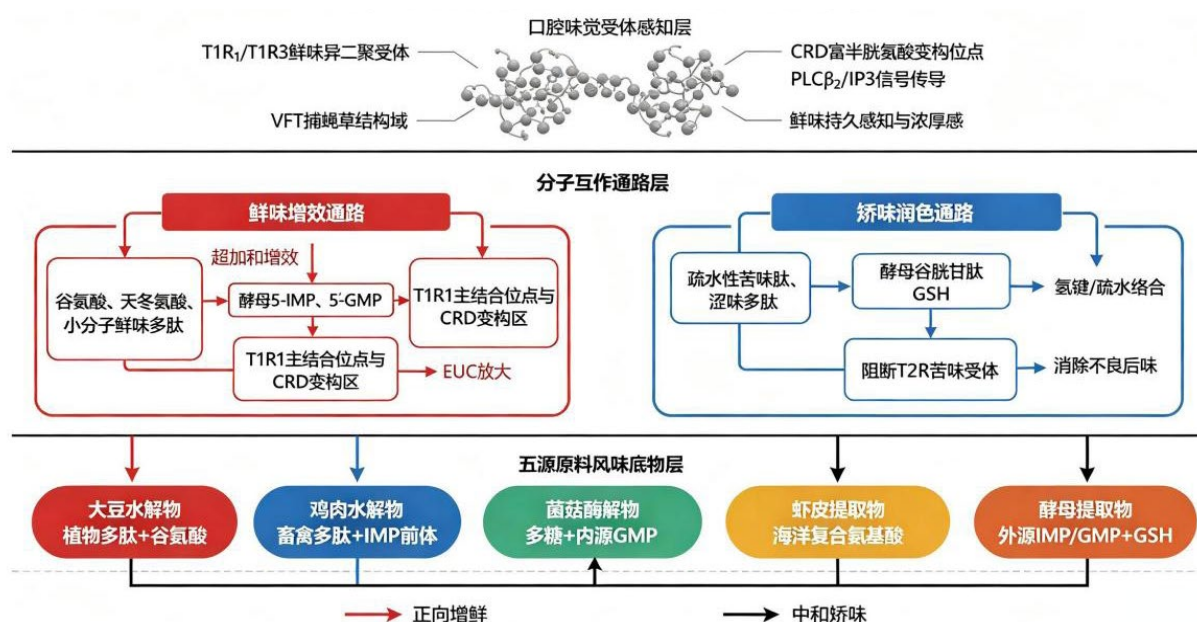


图6. 多肽-氨基酸-核苷酸-酵母活性物质四维协同呈味机制示意图

汤；高鲜度工业场景则需进一步提高用量。本试验固定了果蔬冻干粉和食盐，后续可开展六因素响应面进一步优化配方。

5 结论

本研究构建五源协同呈味体系，利用响应面得到多肽鲜调味料最优配方。5种核心原料对产品风味均有极显著影响，酵母提取物为首要调控因子；二次回归模型拟合度高，可准确预测风味变化。相较于无酵母提取物的四源对照组，最优配方产品具有更强的鲜味超加和效应。酵母提取物依靠核苷酸增鲜、谷胱甘肽矫味，实现增鲜、除腥涩、富集香气的效果，形成多肽-氨基酸-核苷酸-谷胱甘肽四维协同呈味机制。该天然多肽调味料热稳定性、风味圆润度及回甘优于味精与市售鸡精，调整添加量可匹配味精鲜度，适用于餐饮与预制菜行业，具备产业化前景。

参考文献

- [1]韩富亮,郭安鹊,王华,等.食源性鲜味肽和浓厚感肽的研究进展[J].食品科学,2015,36(23):314-320.
- [2]任艳艳,曾婷婷,张慧慧,等.生物酶法制备香菇呈味物质的工艺研究[J].食品科技,2018,43(10):306-310.
- [3]孙合群,彭颖,颜东方,等.浓厚型酵母抽提物对5款鸡精调味料呈味肽影响研究[J].中国调味品,2021,46(5):89-92.
- [4]陈荣荣,李文,吴迪,等.大球盖菇酶解液中鲜味肽的分离鉴定及其协同增鲜效果分析[J].食品科学,2024,45(1):65-74.
- [5]刘新,刘政芳,张彦,等.基于游离氨基酸和感官鲜度评价的复合鲜味产品的呈味特征分析[J].食品工业科技,2023,44(7):287-293.
- [6]齐宝坤,刘雨雯,姚玉雪,等.基于HS-GC-IMS和HS-SPME-GC-MS的蛋白酶对豆粕挥发性风味的影响分析[J].农业机械学报,2024,55(4):352-367+410.
- [7]汤龙,宋焕禄,王丽金.不同分子质量大豆蛋白和鸡肉酶解物的美拉德反应产物风味特征分析[J].食品科学技术学报,2023,41(3):148-162.
- [8]Temussi P A. The good taste of peptides. Journal of peptide science: an official publication of the European Peptide Society, 2012, 18(2): 73-82.
- [9]张茜,熊善柏,黄琪琳,等.酵母抽提物替代味精的主料配方优化及其对传统鱼糕品质的影响[J].中国调味品,2021,46(11):12-17+26.
- [10]柴洋洋,王雨萱,艾凯,等.茶树菇呈味物质的提取及鲜味剂的研究[J].中国调味品,2020,45(3):5-10+14.

