

鸡骨素及其酶解液 Maillard 反应产物滋味成分研究

孙红梅, 张春晖, 李侠, 李银, 董宪兵, 王春青, 谢小雷

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193)

摘要: 本文研究了以鸡骨素及其酶解液为主要反应底物制备的 Maillard 反应产物的滋味成分特征。采用感官评定法对 Maillard 反应产物的滋味进行了定性评价, 并借助氨基酸自动分析仪、高效液相色谱等设备对其中的游离氨基酸、低聚肽、核苷酸总量、呈味核苷酸等呈味成分进行定量分析, 结合味精当量(EUC)评定 Maillard 反应产物的鲜味特征。实验表明, 鸡骨素美拉德反应产物(MRPs1)中游离氨基酸的含量为 1.4 mg/g, 鸡骨素酶解液美拉德反应产物(MRPs2)中为 8.1 mg/g; MRPs1 中 AMP、GMP、IMP 的含量分别含 67.83、176.52、415.60 $\mu\text{g/mL}$, 而 MRPs2 中三种呈味核苷酸总含量比 MRPs1 增加了 32.83%, 它们对反应产物的呈味有着不同程度的贡献。此外, MRPs2 的味精当量值也显著的高于 MRPs1, MRPs2 在感官评价上具有较好的鲜味特征, 电子舌分析的结果也证实了这一结论。

关键词: 鸡骨素; 酶解液; 美拉德反应; 5'-核苷酸; 高效液相色谱; 电子舌

文章编号: 1673-9078(2013)8-1872-1877

Taste Compounds in Maillard Reaction Products of Chicken Bone Extract and its Enzymatic Hydrolysate

SUN Hong-mei, ZHANG Chun-hui, LI Xia, LI Yin, DONG Xian-bing, WANG Chun-qing, XIE Xiao-lei

(Institute of Agro-Products Processing Science & Technology, CAAS/Comprehensive Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China)

Abstract: In this paper, the taste characteristics of Maillard reaction products prepared by chicken bone extract (MRPs1) or its enzymatic hydrolysate (MRPs2) was investigated. The sensory evaluation was used to analyze the taste of the product as a qualitative analysis. The non-volatile taste active compounds, including free amino acids, oligopeptide, total nucleotide, flavor nucleotide in the Maillard reaction products were analyzed by quantitative analysis, combining monosodium glutamate equivalent (EUC) to assess the umami of MRPs. The results showed that total free amino acid content of MRPs1 was 1.4 mg/g and MRPs2 was 8.1 mg/g. The content of AMP, GMP and IMP were 67.83, 176.52 and 415.60 $\mu\text{g/mL}$, respectively. In MRPs2, the total content of the three amino acids increased by 32.83%. Showing different contribution to taste of the product. In addition, the EUC of MRPs2 were significantly higher than that of MRPs1, which was confirmed by the Electronic Tongue detection.

Key words: Chicken bone extract; enzymatic hydrolysate; Maillard Reaction; 5'-nucleotide; HPLC; E-tongue

鸡骨素(Chicken bone extracts)是鸡骨经热压抽提、脱脂、浓缩得到的鸡骨抽提物, 鸡骨素营养丰富, 富含蛋白质、氨基酸、矿物质、微量元素以及风味物质等, 是生产新型调味品的重要基料, 目前已经逐渐成为鸡骨副产物高值化利用的主要形式, 广泛的应用于肉制品加工、方便面(调味包)及调理食品生产中。但由于鸡骨素通常风味单一, 风味典型性和肉香味不足, 生产上通常需要进行风味调制以获得香气浓郁圆

收稿日期: 2013-04-28

基金项目: 国家科技合作与交流专项(010S2012ZR0302); 农业部 948 重点项目(2011G8); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2012ZL034)

作者简介: 孙红梅(1986-), 女, 硕士生, 肉类科学研究

通讯作者: 张春晖(1972-), 男, 博士, 研究员, 肉类科学研究

润、口感醇厚逼真的肉味调味料。酶解与 Maillard 生香反应作为骨素衍生加工的重要单元, 在骨素风味形成中起到重要的调节作用^[1], 宋焕禄等^[2]将牛肉酶解液添加一定的辅料后进行美拉德反应制得牛肉香精, 香气浓郁、逼真; 肖作兵等^[3]通过酶解天然动植物资源经 Maillard 优化出肉香味浓厚的香料; 田少军等^[4]通过响应面设计优化出酶解芸薹属植物美拉德反应香料; 吉宏武等^[5]通过酶解马氏珠母贝后添加辅料进行美拉德反应, 分析产物的呈味特点; 田怀香等利用电子舌对鸡肉香精的工艺条件进行了优化。酶解过程可以增加骨抽提物中多肽及游离氨基酸的含量, 为美拉德反应提供前体反应物, 使后期得到的肉味香料滋味更加醇厚, 但多数研究报道集中在美拉德反应产物或

调味料的挥发性风味物质分析方面,有关鸡骨素与酶解液美拉德反应产物滋味成分的研究的报道并不多见。本文利用氨基酸自动分析仪、高效液相、电子舌等精密仪器对鸡骨素及其酶解液 Maillard 产物滋味成分的分析,来阐述酶解对美拉德反应产物滋味特征的影响,为骨素及其风味调味料产品的开发提供一定理论参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

实验用鸡骨素由河南普乐泰生物科技有限公司提供,粗蛋白含量 36.64%,水解度约为 8%。牛血清白蛋白、AMP、GMP、IMP 购于 sigma 公司;复合蛋白酶与风味蛋白酶购于 Novozymes 公司;三氯乙酸、磺基水酸等其他试剂购于国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

SHA-B 型水浴恒温振荡器,江苏荣华仪器制造有限公司;LDZX-50KBS 型压力蒸汽灭菌器,上海深谱医疗器械厂;LXJ-IIB 型飞鸽离心机,上海安亭科学仪器厂;2.5×16 cm 厚壁耐压管,北京欣维尔玻璃有限公司;PHS-3C 雷磁 pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司;Agilent 6410 高效液相色谱仪,美国安捷伦公司;T6 紫外分光光度计,北京普析通用仪器公司;ASTREE 电子舌,法国 Alpha M.O.S 公司;日立 835-50 氨基酸自动分析仪,日本日立有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

鸡骨素按 1:3 加入蒸馏水,调节 pH 值至 6.8,添加复合蛋白酶(0.15 g/10g)后在 40 °C 水浴 2 h,100 °C 水浴中灭酶 10 min,冷却至室温;添加风味蛋白酶(0.15 g/10 g)后在 40 °C 水浴 2 h,100 °C 水浴中灭酶 10 min;4700 r/min 离心去沉淀得到水解度约为 37% 的酶解液;鸡骨素及其酶解液中添加 2% 木糖、2% 半胱氨酸盐酸盐、2% 硫胺素后,调节 pH 值至 7,105 °C 下进行热反应 90 min,立即冰水冷却得到反应产物^[6]。

1.3.2 样品采集与保藏

分别制取鸡骨素美拉德反应产物(MRPs1)与鸡骨素酶解液美拉德反应产物(MRPs2)样品,于-20 °C 下保存。

1.3.3 感官评定

采用参比评定法。感官评定小组由 7 人组成,分别用 1.5 mmol/L 酒石酸溶液、35 mmol/L 蔗糖溶液、

20 mmol/L L-亮氨酸溶液、40 mmol/L 氯化钠溶液和 10 mmol/L 谷氨酸一钠作为酸味、甜味、苦味、咸味和鲜味 5 种基本味感的参比溶液;用蒸馏水将 MRPs1 和 MRPs2 稀释 10 倍,待评定;将参比溶液的呈味强度计为 50;同时将样品的后味、醇厚味都计为 50;各评定员对样品进行评定,将其平均值作为呈味最终强度。

1.3.4 游离氨基酸测定

称量样品并移入 50 mL 容量瓶用 3% 磺基水杨酸溶液溶解并定容,摇匀样品后过滤、离心、上日立 835-50 氨基酸自动分析仪分析^[7]。

1.3.5 低聚肽测定

采用微量凯氏定氮法^[8]测定低聚肽。测得标准曲线方程为: $Y=0.4014X+0.0133$ ($R^2=0.9943$)

取 1.5 mL 供试品溶液测定,对照标准曲线得到其浓度。样品中低聚肽的含量以牛血清蛋白的量来表示。

1.3.6 核苷酸总量测定

核苷酸总量测定参照何小峰的方法^[9]。测得标准曲线为 $Y=0.3585X+0.0006$ ($R^2=0.9998$)。

取供试品 100 μL 用 0.01 mol/L 盐酸溶液定容至 50 mL,在 260 nm 波长下测定吸光值 A,代入标准曲线上求出样品中的 I+G 含量。

1.3.7 腺苷酸(AMP)、鸟苷酸(GMP)和肌苷酸(IMP)含量的测定

参照陈德慰^[10]的方法,稍加修改。

色谱条件:色谱柱 Intersil ODS-3 (250 mm × 4.6 mm),温度 30 °C,洗脱液(A)甲醇与(B) 0.05% 磷酸,流速 1.0 mL/min,流动相梯度:初始 5% A 10 min,线性变化 15% A 5 min,70% A 6 min,最后 5% A 4 min。紫外检测波长为 260 nm。

标准曲线的制作:分别取腺苷酸、鸟苷酸和肌苷酸标准溶液各 0、0.05、0.1、0.5、1、2 mL 置于 10 mL 容量瓶中,超纯水定容置 10 mL,摇匀,用 0.45 μm 微孔滤膜过滤,取 20 μL 滤液依次进样。测定峰面积,以峰面积为纵坐标,进样量为横坐标,绘制标准曲线。

腺苷酸 AMP 的回归方程 $Y=34.996x+2.1102$,相关系数为 0.9999。鸟苷酸 GMP 的回归方程为: $Y=26.147X+1.523$,相关系数为 0.9999。肌苷酸 IMP 的回归方程为: $Y=17.412x+0.9745$,相关系数为 0.9999。

1.3.8 味精当量

呈味核苷酸与鲜味氨基酸混合具有协同作用,能使鲜味增强,这种协同作用用味精当量(EUC)表示,计算公式如下:Y 是 EUC 值 (10^{-2} gMSG/mL); a_i 是氨基酸(Asp, Glu)的浓度 (10^{-2} g/mL); b_i 是氨基

酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(Glu: 1; Asp: 0.077); a_j 是呈味核苷酸 (5'-IMP, 5'-GMP, 5'-AMP) 的浓度 (g/100 mL); b_j 是呈味核苷酸相对于 IMP 的相对鲜度系数(5'-IMP: 1; 5'-GMP: 2.3; 5'-AMP: 0.18); 1218 是协同作用常数^[1]。

$$Y = \sum a_i b_i + 1218(\sum a_i b_i)(\sum a_i b_j)$$

1.3.9 电子舌

采用 ASTREE 电子舌检测系统, 该系统配有 7 根传感器和 1 个 Ag/AgCl 参比电极, 各传感器对液体的酸、甜、苦、鲜、盐滋味比较敏感, 但敏感程度不同。数据采集前需要对电子舌系统进行自检、诊断和矫正等过程, 以确保电子舌传感器响应信号的可靠性和稳定性。电子舌系统工作温度控制在 25 °C 左右^[12]。样品经过滤, 取 80 mL 滤液用于电子舌检测。实验取最后 10 s 测量值作为各传感器的后续处理数据, 每个样品平行测定 6 次。

表 1 传感器阵列及其检测限

传感器检测限	基本味觉及呈味物质				
	酸	甜	苦	咸	鲜
ZZ	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶
JE	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
BB	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
CA	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
GA	10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
HA	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
JB	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵

1.3.10 统计方法

所有数据均采用 SAS 9.1 软件进行方差分析, 采用 Duncan 法进行多重比较, 试验数据如未特殊说明均最少为 3 次重复, 结果均表示为“平均值±标准差”。

2 结果与讨论

2.1 感官评定

将评定员感官评定结果绘制成滋味雷达图, 如图 1 所示, 可知鸡骨素及其酶解液 Maillard 反应产物感官评定的整体呈味特征相似, 其中鸡骨素直接 Maillard 得到产物呈味特点是鲜味强, 但苦味明显; 经酶解后进行 Maillard 得到的产物, 鲜味和醇厚感明显增强, 苦味和甜味有所降低, 酸味、咸味变化很小, 整体风味得到改善。

游离氨基酸不仅是食品中重要的营养成分, 也是重要的滋味成分和风味前体物质。同时还能与食品体系中的其它成分协同, 影响其整体风味。本研究测定

了 MRPs1 和 MRPs2 中游离氨基酸含量, 如表 2 所示。两种美拉德反应产物中共检测出 16 种氨基酸, 其中必需氨基酸 8 种, 非必需氨基酸 8 种。

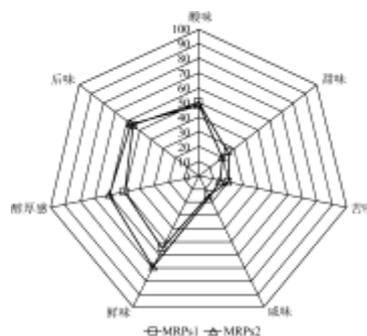


图 1 MRPs1 和 MRPs2 的呈味特点

Fig.1 Taste profiles of MRPs1 and MRPs2

2.2 Maillard 反应产物游离氨基酸组成

表 2 Maillard 反应产物中游离氨基酸含量

游离氨基酸	含量/(mg/g)		呈味特点
	MRPs1	MRPs2	
天门冬氨酸	0.13±<0.001	0.15±<0.001	鲜味(+)
谷氨酸	0.24±0.001	0.56±<0.001	鲜味(+)
丝氨酸	0.13±<0.001	0.22±<0.001	甜味(+)
组氨酸	0.03±<0.001	0.11±<0.001	苦味(-)
甘氨酸	0.18±<0.001	0.25±<0.001	甜味(+)
苏氨酸	0.09±0.001	0.19±0.001	甜味(+)
丙氨酸	0.16±<0.001	0.34±0.001	甜味(+)
精氨酸	0.1±0.001	2.73±<0.001	苦味/甜味(+)
酪氨酸	0.01±<0.001	0.39±<0.001	苦味(-)
缬氨酸	0.05±<0.001	0.15±<0.001	甜味/苦味(-)
蛋氨酸	0.02±<0.001	0.2±<0.001	苦味/甜味/硫味(-)
苯丙氨酸	0.04±<0.001	0.78±0.001	苦味(-)
异亮氨酸	0.03±<0.001	0.14±<0.001	苦味(-)
亮氨酸	0.07±0.001	0.89±<0.001	苦味(-)
赖氨酸	0.06±<0.001	0.89±0.001±<0.001	甜味/苦味(-)
脯氨酸	0.08±<0.001	0.09±<0.001	甜味/苦味(+)
总含量	1.40	8.10	
鲜味氨基酸			
总含量	0.37	0.71	
鲜味氨基酸/%	26.43	8.77	
必需氨基酸			
总含量	0.71	4.03	
必需氨基酸	50.71	49.75	

注: 鲜味氨基酸包括 Asp、Glu; 必需氨基酸包括 Lys, Phe, Met, Thr, Ile, Leu, Val 和 His 8 种氨基酸; (+)为表示

味道令人愉悦, (-)为表示味道不好。

由表 2 可以看出, MRP_s2 中游离氨基酸总量是 MRP_s1 中的 4 倍多, 其中谷氨酸和天门冬氨酸的钠盐具有很强的鲜味, 因此归为鲜味氨基酸, 它们对 Maillard 反应产物的滋味特征具有重要的贡献。MRP_s2 中鲜味氨基酸是 MRP_s1 中的鲜味氨基酸的 5 倍多, 因此鲜度明显高于 MRP_s1, 这与感官评价结果相一致; 且鲜味氨基酸与呈味核苷酸共存时, 能够明显的增强食品的鲜度并能改善食品的醇厚感^[13]。

2.3 低聚肽含量及核苷酸总量

低聚肽和核苷酸是重要的鲜味和甜味的呈味物质, 本研究测定了其在两种产物中的总含量, 如图 2 所示。

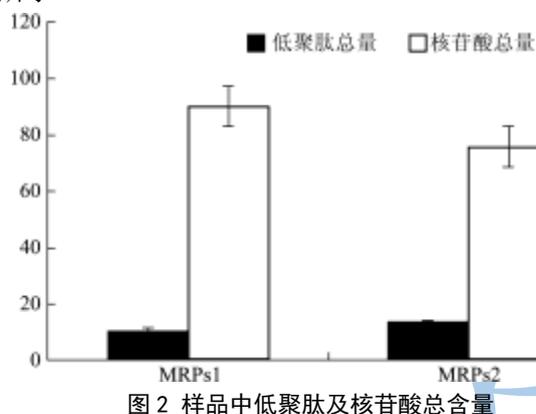


图 2 样品中低聚肽及核苷酸总含量

Fig.2 The total content of oligopeptide and nucleotide from MRP_s1 and MRP_s2

由图 2 可以看出, 两种产物的低聚肽含量均大于 10 mg/mL, 且每毫升 MRP_s2 中的低聚肽含量比 MRP_s1 多 2.657 mg, 小分子肽大多数为肉滋味呈味物质, 这可能是导致 MRP_s2 肉滋味相对浓郁的原因之一。有报道表明, 小分子肽对呈味具有明显影响作用, 它不仅是鲜味和风味的主要贡献者, 有的低聚肽还是甜味的提供者, 它们可以协调滋味, 使滋味更加自然、醇厚^[14]。

MRP_s1 与 MRP_s2 中核苷酸总量也存在一定的差异, MRP_s1 中的核苷酸总量比 MRP_s2 高 14.319 μg/mL, 但核苷酸中只有 5'-核苷酸是重要的鲜味物质, 也是引起产物口味差异的重要原因。

2.4 腺苷酸 (AMP)、鸟苷酸 (GMP) 和肌苷酸 (IMP) 含量

AMP、GMP、IMP 是主要的低阈值呈鲜物质, 它们的呈味阈值分别是 5×10^{-2} 、 1.25×10^{-2} 、 2.5×10^{-2} g/100 mL^[5]。本实验对 MRP_s1 与 MRP_s2 两种产物的 3 种 5'-

核苷酸含量进行了测定, 结果如表 3 所示。

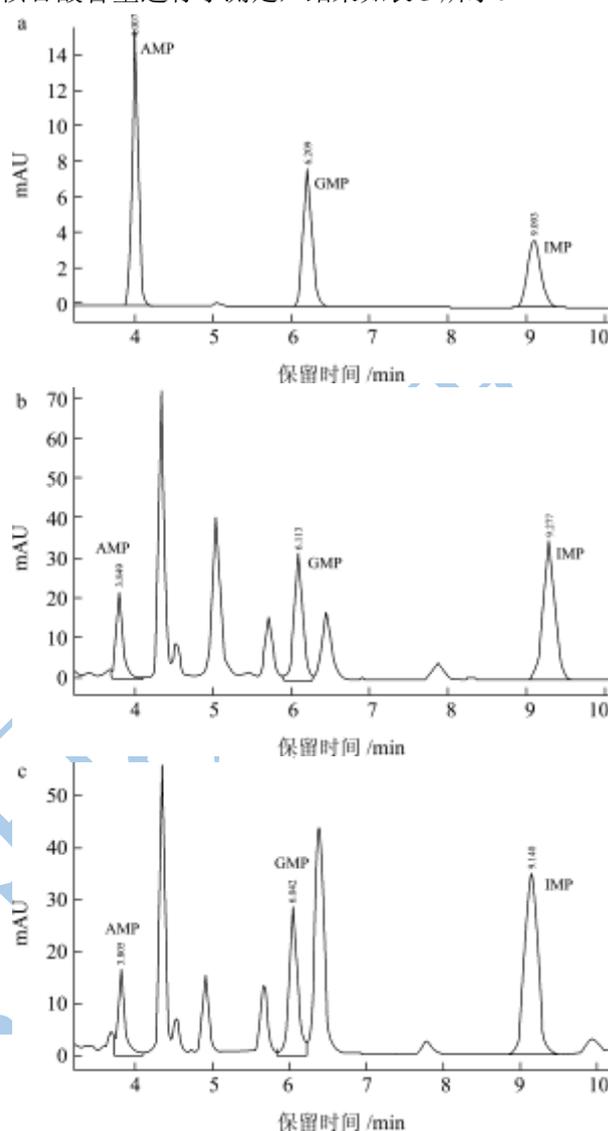


图 3 呈味核苷酸标准化合物(图 3a)与样品 MRP_s1(图 3b)和 MRP_s2(图 3c)高效液相色谱图

Fig.3 HPLC chromatogram of nucleotides standard compounds(Fig.3a), MRP_s1 (Fig.3b) and MRP_s2 (Fig.3c)

表 3 样品中腺苷酸(AMP)、肌苷酸(IMP)和鸟苷酸(GMP)含量(μg/mL)

Table3 The content of AMP, IMP and GMP from MRP_s1 and MRP_s2

种类	AMP	GMP	IMP	合计
MRP _s 1	70.12±3.23	185.01±12.01	415.60±23.47	670.73
MRP _s 2	57.46±0.20	186.81±1.35	475.56±2.19	719.83
变化率/%	-18.05	0.97	14.43	7.32

由表 3 可知, 两种产物中 IMP 含量明显高于 AMP 和 GMP 的含量, 这是由于 IMP 主要存在于动物性食品, 而 GMP 是植物性食品如菌类食品中主要呈鲜物质, AMP 则主要是由 ATP 降解产物生成, 含量较低。虽然 MRP_s1 中的核苷酸总量比 MRP_s2 高(图 2),

但MRPs2中AMP+GMP+IMP的总量显著高于MRPs1中三种低阈值5'-核苷酸的总含量,增长率为7.32%。这也表明, Maillard 反应产物中鲜味强度不是取决于其中的核苷酸总含量,而主要与AMP、GMP和IMP的含量相关。

2.5 氨基酸与核苷酸的协同效应

氨基酸与核苷酸的协同效应可以通过味精当量(EUC)来衡量。EUC表示鲜味氨基酸与呈味核苷酸混合物协同作用所产生的鲜味强度,相当于一定浓度的单一的味精所产生的鲜味强度,是国际上通行的研究食品鲜味的分析方法。

表4 Maillard 反应产物中的味精当量

Table 4 Equivalent umami concentration of MRPs1 and MRPs2

样品	MRPs2 EUC(10 ⁻² gMSG/g wet mass)
MRPs1	2.65±0.27
MRPs2	7.09±0.91

根据1.2.8中EUC的方程,可计算出MRPs1和MRPs2的味精当量,如表4所示,其中MRPs1的EUC为2.65×10⁻²gMSG/g,这表示每克MRPs1(湿重计)所具有的鲜味强度相当于2.65g味精所产生的鲜度;MRPs2的EUC为7.09×10⁻²gMSG/g,是MRPs1的2.68倍,而味精的阈值仅为3×10⁻⁴g/mL,因此2种Maillard反应产物均表现出较强的鲜味,且MRPs2鲜味程度远高于MRPs1。

2.6 电子舌结果

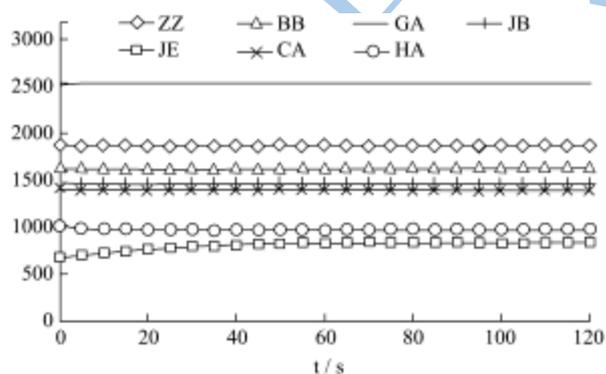


图4 电子舌各传感器对样品的响应信号图

Fig.4 Typical response signal curves of electronic tongue sensors for samples

电子舌数据采集序列为清洗液(蒸馏水)和待测样品交替进行,为使传感器响应值趋于平稳,每个数据采集时间为120s,每隔1s采集一个数据,结果如图4所示。

MRPs1与MRPs2两种样品的雷达指纹图谱见图

5。由图5可知,两种样品滋味指纹图谱的变化趋势相近,说明其存在一定的相似性,样品在JE、JB两个传感器上响应信号几乎重叠;但由于两种Maillard反应原料前处理不同,使终产物的呈味物质含量和种类存在一定的差异,ZZ、BB、CA、GA、HA5个传感器上样品的响应信号强度差异也证实了这一结果。而由表1可以看出,ZZ传感器对五类滋味物质的检测限均较低,指纹图谱中MRPs2响应值高于MRPs1,说明MRPs2中的滋味物质含量更高,更加浓郁。感官评定结果也证实了这一点(图1)。

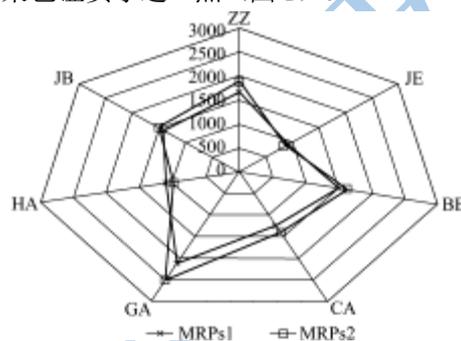


图5 样品雷达指纹图谱

Fig.5 The radar fingerprints for samples

3 结论

本文通过对MRPs1与MRPs2的感官评定和滋味成分相关指标(如低聚肽、核苷酸、味精当量等)的分析测定,并用电子舌验证结果,探讨鸡骨素及其酶解液Maillard反应产物中滋味成分的变化。结果表明,对反应原料进行酶解处理,能够改变Maillard反应产物中的滋味物质的丰度。鸡骨素经酶解后进行Maillard反应,能够显著增加产物中的游离氨基酸、低聚肽、5'-核苷酸(AMP、GMP和IMP)的总量,提高了产物的味精当量,增强了产物的鲜味、醇厚感,改善了产物整体风味。本研究结果为骨素风味调味料产品的开发提供了理论支持。

参考文献

[1] Varavinit S, Sujin S, Matebh I. production of meat-like flavor [J]. Science Asia, 2000, 26: 214-219

[2] 夏玲君,宋焕禄. Maillard 反应制备牛肉香精及其香味成分分析[J]. 食品发酵与工业, 2006, 32(8): 82-85

Xia L J, Song H L. The preparation of beef flavoring via Maillard reaction and analysis of its flavor [J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(8): 82-85

[3] 肖作兵,牛云蔚,张健,等. 酶解对肉味香精前体物的品质影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 153-155

Xiao Z B, Niu Y W, Zhang J, et al. The influence on quality

- of meat flavour precursors by enzymolysis [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(10): 153-155
- [4] Xingfeng Guo, Shaojun Tian, Darryl M. Generation of meat-like flavourings from enzymatic hydrolysates of proteins from Brassica sp [J]. Food Chemistry, 2010, 119: 167-172
- [5] 陈美花, 吉宏武, 励建荣, 等. 马氏珠母贝酶法抽提物美拉德反应产物呈味成分分析[J]. 中国调味品, 2010, 39(5): 42-47
- Chen M H, Ji H W, Li J R, et al. Non-volatile taste active compounds in Maillard reaction products of enzymatic extracts from Pinctada martensii entrails [J]. China Condiment, 2010, 39(5): 42-47
- [6] Linder M, Fanni J, Parmentier M, et al. Protein recovery from veal bones by enzymatic hydrolysis [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(9): 949-952
- [7] GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定[S]
- GB/T 5009.124-2003 The determination of amino acids in the food [S]
- [8] 鲁子贤. 蛋白质和酶学研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1989
- Lu Z X. Protein and enzyme methods [M]. Beijing: Science Press, 1989
- [9] 何小峰, 岳馨钰, 王益, 等. 瓦罐鸡汤主要滋味物质研究[J]. 食品科学, 2011, 31(22): 306-310
- He X F, Yue Q Y, Wang Y, et al. Main Flavoring Substances of Pottery Jar Chicken Soup [J]. Food Science, 2010, 31(22): 306-310
- [10] De-Wei Chen, Min Zhang. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007 (104): 1200-1205
- [11] Beluhan S, Ranogajec A. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms [J]. Food Chemistry, 2011, (124): 1076-1082
- [12] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 378-381
- Wu R M, Zhao J W, Chen Q S, et al. Quality assessment of green tea taste by using electronic tongue [J]. Transactions of CSAE, 2011, 27(11): 378-381
- [13] Kawai M, Okiyama A, Ueda Y. Taste enhancements between various amino acids and IMP [J]. Chemical Senses, 2002, 27(8): 739-745
- [14] 刘源, 徐幸莲, 周光宏, 等. 不同加工对鸭肉滋味成分的作用研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 127-130
- Liu Y, Xu X L, Zhou G H, et al. Effect of different processes on taste compounds of duck meat [J]. Food science, 2008, 29(3): 127-130

欢迎订阅 EI 收录期刊、中文核心期刊 《现代食品科技》

邮发代号：46-349 刊号：ISSN 1673-9078/CN 44-1620

每期定价 15 元，全年 12 期仅 180 元。欢迎食品及相关行业的机构和科学工作者到各地邮局订阅，并踊跃投稿或建立广告宣传和产学研合作关系。

地址：广州五山华南理工大学轻工与食品学院麟鸿楼 508，邮编：510640

电话：020-87112373, 87113352, 87112532

E-mail: xdspkj9@qq.com