

鸡汤及鸡肉酶解液中游离氨基酸及呈味特性的对比分析

陈怡颖, 丁 奇, 赵 静, 孙 颖, 张玉玉*, 孙宝国, 郑福平
(食品营养与人类健康北京高精尖创新中心, 北京市食品风味化学重点实验室,
食品质量与安全北京实验室, 北京工商大学, 北京 100048)

摘 要: 为对比分析酶解液与鸡汤中游离氨基酸的组成及含量, 采用氨基酸自动分析仪分析检测鸡汤及鸡肉酶解液中的游离氨基酸, 并用电子舌分析两者滋味轮廓。结果表明, 酶解液中的游离氨基酸总含量相对鸡汤显著增加, 两者呈味氨基酸占总游离氨基酸 (total free amino acids, TFAA) 的比例相近。鸡汤中味道强度值最大的为组氨酸, 其次为谷氨酸, 酶解液中味道强度值较大的除谷氨酸为呈鲜味的氨基酸外, 其余均为呈苦味氨基酸。鸡汤中呈鲜味和甜味氨基酸占TFAA比例之和与呈苦味氨基酸相近, 而酶解液中呈苦味氨基酸占TFAA比例多达72.60%, 可见鸡汤整体滋味以鲜甜为主, 而酶解液整体滋味以苦味为主。电子舌主成分分析结果表明鸡汤与酶解液滋味有显著差异。

关键词: 鸡汤; 酶解液; 游离氨基酸; 呈味; 味道强度值; 电子舌

Comparison of Free Amino Acids and Taste Characteristics in Chicken Soup and Chicken Enzymatic Hydrolysate

CHEN Yiyang, DING Qi, ZHAO Jing, SUN Ying, ZHANG Yuyu*, SUN Baoguo, ZHENG Fuping
(Beijing Innovation Centre of Food Nutrition and Human Health, Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry,
Beijing Laboratory for Food Quality and Safety, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: To comparatively analyze the composition and contents of free amino acids in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate, free amino acids were detected by automatic amino acid analyzer, and the taste was analyzed by electronic tongue. The results indicated that the total content of amino acids in enzymatic hydrolysate showed a significant increase compared to chicken soup, and the proportion of flavor amino acids was similar with that of chicken soup. The largest contribution of taste activity value (TAV) in chicken soup was provided by histidine, followed by glutamate. Among the amino acids with higher TAV in the enzymatic hydrolysate, glutamic acid was responsible for the umami taste, and the rest were bitter-tasting amino acids. The total amount of sweet and umami amino acids was similar to bitter amino acids in chicken soup, and the amount of bitter amino acids in enzymatic hydrolysates was up to 72.60%. The results indicated that the overall taste of chicken soup was sweet and umami, whereas that of chicken enzymatic hydrolysate was bitter. The PCA showed that the taste of chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate were significantly different.

Key words: chicken soup; enzymatic hydrolysate; free amino acids; taste; taste active value; electronic tongue

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 16-0107-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201516019

我国素有“无鸡不成宴”的传统, 三黄鸡是广东地区较为著名的鸡种, 肉质嫩滑、皮脆骨软、脂肪丰满、味道鲜美^[1]。鸡最有营养的吃法就是熬汤, 经过煮制的肉, 蛋白质受热发生降解, 产生大量的氨基酸, 氨基酸溶于水作为调味物质, 使其变得鲜美^[2]。采用酶解技术对鸡肉进行深加工, 利用其富含的蛋白质制备活性肽和游离氨基酸等风味前体物质, 可以更好地制备鸡肉调味品和香精。

目前国内关于鸡汤中游离氨基酸的研究较多, 贺习耀等^[3]采用瓦罐、铁锅和铝锅分别对鸡汤进行加热, 并在不同加热时间条件下, 测定鸡汤中的滋味物质含量及其感官品质以及鸡肉的肉质口感, 并指出瓦罐鸡汤的游离氨基酸含量明显高于铁锅鸡汤和铝锅鸡汤, 煮沸后小火慢炖180 min鲜味物质含量达到最高值。常亚楠等^[4]研究了煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响, 发现鸡汤中

收稿日期: 2015-04-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31401604); “十二五”国家科技支撑计划项目 (2014BAD04B06)

作者简介: 陈怡颖 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食用香料化学及其应用。E-mail: 327314215@qq.com

*通信作者: 张玉玉 (1982—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为食用香料化学及其应用。E-mail: zhangyy2@163.com

的游离氨基酸含量随煮制时间延长呈显著升高趋势,随煮制时间延长鸡汤会更加鲜美可口。而目前关于鸡肉酶解液中游离氨基酸变化和呈味特性的研究相对较少。杨铭铎等^[5]在对鸡骨泥酶解工艺及其酶解液中游离氨基酸和脂肪酸的分析研究中指出,酶解后鸡骨泥的游离氨基酸含量比酶解前增多。张恒^[6]研究鸡骨酶解过程中氨基酸释放规律,发现不同蛋白酶酶解鸡骨,均随着酶解的深入,鲜味强度不断增强,而苦味的变化趋势各不相同。

为进一步研究鸡肉蛋白在酶解过程中呈味游离氨基酸的变化,本实验通过氨基酸自动分析仪对鸡汤和鸡肉酶解液中的游离氨基酸成分及其味道强度值(taste activity value, TAV)进行对比分析,并用电子舌对两者滋味轮廓进行对比验证,旨在为鸡肉酶解及其热反应香精的制备工艺优化提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

三黄土鸡 合肥市惠裕康食品有限公司。

混合氨基酸标准溶液 百灵威科技有限公司;复合蛋白酶(食品级) 湖北安琪酵母股份有限公司;动物蛋白酶(食品级) 广西南宁庞博生物工程有限公司。

1.2 仪器与设备

30+氨基酸自动分析仪 英国Biochrom公司;TGL16M台式高速冷冻离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;Eppendorf AG移液枪 德国Eppendorf公司;ALPHA 2-4 LSC冷冻干燥机 德国Marin Christ公司;Astree II电子舌 法国Alpha MOS公司;DGD40-40DWG微电脑隔水电炖锅 广东天际电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品前处理

鸡汤的制备:将整鸡除去鸡头、脖、翅、腿后,鸡身用刀切成边长3 cm左右的小块,用沸水焯后加入2.5倍水,隔水炖,在营养汤模式下加热3 h。

酶解液的制备:将整鸡除去鸡头、脖、翅、腿后,鸡身剁碎,再放入绞肉机中进一步绞碎,按适当料液比加水搅拌混合均匀,水浴加热到指定温度时,加酶进行酶解。酶解结束后,迅速升温至85℃,灭酶15 min,得鸡肉酶解液样品。通过预实验优化的酶解条件为:料液比1:1(鸡肉-去离子水, m/V),先用质量分数0.1%复合蛋白酶酶解2 h,再加入质量分数0.1%动物蛋白酶酶解1 h,酶解温度50℃。

上样前处理:取出适量的鸡汤和酶解液分别进行离心,离心条件:9 600 r/min, 10 min, 4℃。离心结束后分别取鸡汤和酶解液上清液,一部分直接用于电子舌分析,另一部分于小烧杯中进行冷冻干燥,取适量冻干粉

加入一定量的氨基酸分析仪上样缓冲液,0.45 μm 亲水滤膜过滤,待氨基酸分析仪分析。

1.3.2 标准曲线的绘制及定量

混合标准氨基酸溶液包括:天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸,浓度均为0.25 $\mu\text{mol/mL}$ 。分别按标准品与氨基酸分析仪上样缓冲液的体积比为1:2、3:8、1:4、1:8、1:128制成5个浓度梯度的标准液。将5个不同浓度梯度氨基酸标准溶液在相同条件下进样,绘制17种氨基酸标准曲线,采用峰面积外标法进行定量分析。

1.3.3 检测条件

氨基酸分析仪参数设置:BiochromNa型阳离子交换树脂(4.6 $\mu\text{m} \times 200 \text{ mm}$);测定波长570、440 nm;缓冲液流速35 mL/h;柱温31~76℃;茚三酮溶液流速25 mL/h;进样量20 μL 。每个样品平行进样3次。

电子舌参数设置:采用交叉型传感器,在室温条件下测量,每个样品重复6~7次,数据采集时间为180 s,以水为清洗溶液清洗20 s^[7]。测量前对电子舌进行自检、活化、校准和诊断等步骤,以确保采集所得数据的可靠性和稳定性。

1.3.4 游离氨基酸组成及含量分析

根据标准曲线计算各游离氨基酸在鸡汤及酶解液中的含量,分别统计总游离氨基酸(total free amino acids, TFAA)、必需氨基酸(essential amino acids, EAA)、非必需氨基酸(nonessential amino acids, NEAA)和呈味氨基酸(delicious amino acids, DAA)的含量。DAA及TAV分析:滋味有酸、甜、苦、咸和鲜5种感受,DAA含量对口感起着至关重要的作用,分别对各种DAA含量进行分析。

TAV^[8]表示各个呈味物质的含量与其阈值的比,当TAV大于1时,认为该物质对呈味有贡献,而TAV小于1时认为该物质对呈味没有贡献。由此可以确定主要呈味的氨基酸。

滋味轮廓对比分析:利用电子舌对鸡汤及酶解液的滋味进行区分辨别,从滋味整体轮廓上对鸡汤及酶解液进行对比,用电子舌自带的软件进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。

2 结果与分析

2.1 氨基酸标样谱图

表1为17种游离氨基酸回归曲线和决定系数,游离氨基酸的标准曲线是以氨基酸浓度($\mu\text{mol/mL}$)为横坐标,峰面积为纵坐标。图1为17种标准氨基酸的谱图,其中脯氨酸在波长440 nm处出峰,其他16种氨基酸在波长570 nm处出峰。

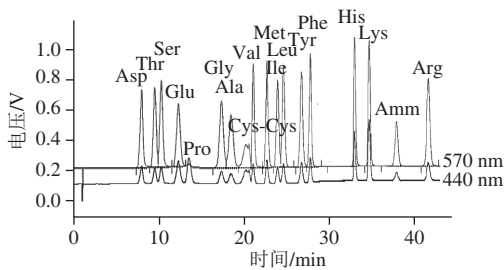


图1 17种标准氨基酸的谱图

Fig.1 Profile of mixed standards of 17 amino acids

表1 17种游离氨基酸回归曲线和决定系数
Table 1 Regression curves with coefficients of determination for 17 free amino acids

序号	名称	简写	回归方程	决定系数 (R^2)
1	天冬氨酸	Asp	$y=100x+128.6$	0.999 5
2	苏氨酸	Thr	$y=101.46x+196.59$	0.999 1
3	丝氨酸	Ser	$y=111.04x+76.343$	0.999 5
4	谷氨酸	Glu	$y=105x+221.22$	0.998 6
5	脯氨酸	Pro	$y=42.385x+39.109$	0.999 6
6	甘氨酸	Gly	$y=115.88x+167.65$	0.999 2
7	丙氨酸	Ala	$y=104.12x+32.36$	0.999 5
8	胱氨酸	Cys-Cys	$y=61.137x-28.646$	0.999 2
9	缬氨酸	Val	$y=96.388x+161.13$	0.999 8
10	甲硫氨酸	Met	$y=109.9x+142.02$	0.999 7
11	异亮氨酸	Ile	$y=95.011x+79.323$	0.999 7
12	亮氨酸	Leu	$y=111.5x+78.031$	0.999 8
13	酪氨酸	Tyr	$y=112.66x+57.573$	0.999 8
14	苯丙氨酸	Phe	$y=113.45x+103.04$	0.999 8
15	组氨酸	His	$y=121.47x+229.41$	0.998 8
16	赖氨酸	Lys	$y=122.62x+227.89$	0.998 7
17	精氨酸	Arg	$y=117.89x+30.351$	0.999 8

2.2 鸡汤及酶解液中游离氨基酸种类及含量分析

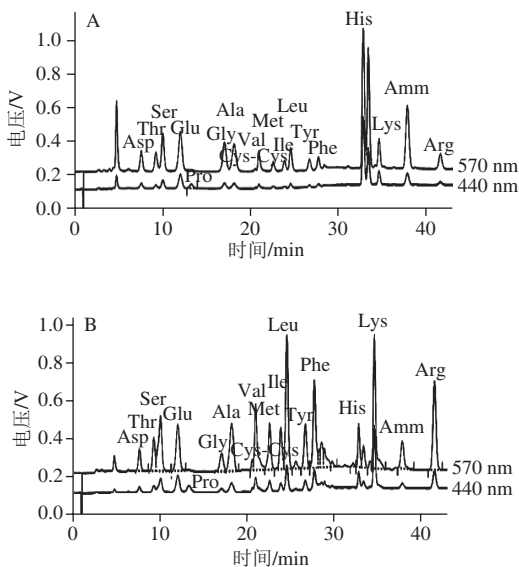


图2 鸡汤 (A) 及酶解 (B) 液游离氨基酸分离谱图

Fig.2 Free amino acid profiles of chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate

由图2可以看出,氨基酸的分离效果较好,鸡汤及酶解液样品中均检测出种类相同的17种游离氨基酸,但含量相差较大。这与瞿明勇^[9]研究结果基本一致,烹制后鸡肉中含有17种游离氨基酸,其中以谷氨酸含量最高,其次为甘氨酸、缬氨酸、丝氨酸和赖氨酸,但胱氨酸含量最少。

表2 鸡汤及其酶解液中17种游离氨基酸含量
Table 2 Contents of 17 free amino acids in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate

序号	氨基酸	鸡汤		酶解液	
		含量/ (mg/50 g)	占TFAA 比例/%	含量/ (mg/50 g)	占TFAA 比例/%
1	天冬氨酸Asp	784.48±46.24	4.45	4 463.77±286.44	2.03
2	苏氨酸Thr	687.30±36.79	3.90	6 354.92±122.96	2.89
3	丝氨酸Ser	1 205.85±58.60	6.84	12 157.98±264.16	5.53
4	谷氨酸Glu	2 366.59±103.85	13.43	14 962.24±574.91	6.80
5	甘氨酸Gly	744.97±41.72	4.23	2 427.04±51.47	1.10
6	丙氨酸Ala	1 155.11±58.14	6.55	10 764.80±244.75	4.89
7	胱氨酸Cys-Cys	201.71±29.88	1.14	5 326.89±631.93	2.42
8	缬氨酸Val	623.11±46.67	3.54	14 955.07±467.95	6.80
9	甲硫氨酸Met	338.31±24.19	1.92	11 277.58±272.50	5.13
10	异亮氨酸Ile	422.23±24.88	2.40	9 753.22±287.38	4.43
11	亮氨酸Leu	821.98±46.21	4.66	26 730.49±497.01	12.15
12	酪氨酸Tyr	556.58±33.78	3.16	12 757.53±310.80	5.80
13	苯丙氨酸Phe	508.42±25.97	2.89	23 638.45±196.18	10.75
14	组氨酸His	4 823.39±128.81	27.37	7 021.27±53.95	3.19
15	赖氨酸Lys	1 025.00±3.96	5.82	25 956.83±331.08	11.80
16	精氨酸Arg	889.96±52.24	5.05	27 592.73±407.37	12.55
17	脯氨酸Pro	467.58±23.63	2.65	3 784.81±89.14	1.72
	TFAA	17 622.57		219 925.62	
	DAA	17 420.86		214 598.73	
	EAA	4 426.35		118 666.56	
	NEAA	12 994.50		101 259.06	
	EAA/TFAA	25.12%		53.96%	
	DAA/TFAA	98.86%		97.58%	

由表2可知,鸡汤中TFAA含量为17 622.57 mg/50 g,而酶解液中TFAA含量为219 925.62 mg/50 g,超过鸡汤的12倍,这与杨铭铎等^[5]研究发现,鸡骨泥酶解后TFAA含量显著增加的结果一致。说明酶解液中富含氨基酸,可为Maillard反应制备热反应型肉味香精提供底物^[10]。鸡汤中DAA占TFAA含量的98.86%,而酶解液中DAA占TFAA含量的97.58%,由此可见鸡肉酶解液与鸡汤中DAA含量非常丰富。李莹等^[11]对缙蛭酶解物分析中也发现酶解液中DAA含量丰富。

鸡汤中游离氨基酸占TFAA比例最高为组氨酸,其次为谷氨酸和丝氨酸。而在鸡肉酶解液中游离氨基酸占TFAA比例最高为精氨酸,其次为亮氨酸和赖氨酸。秦小滨^[12]研究猪骨素酶解液的DAA发现,所得的酶解液中质量分数最高亦为精氨酸的,其次为亮氨酸、赖氨酸。酶解液中每种氨基酸的含量均比鸡汤中的有所增加,但是从2种样品各自氨基酸的组成来看,酶解液中部分游离氨

氨酸占TFAA比例相对鸡汤中的游离氨基酸占TFAA比例有所减少,如天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、组氨酸、脯氨酸。

2.3 鸡汤及酶解液呈味特性及TAV分析

游离氨基酸分成鲜、甜和苦3类^[13-14],表3中苦味氨基酸的种类为9种,鲜味为2种,甜味为5种。游离氨基酸是肉类重要的滋味呈味和香味前体物质,除游离氨基酸的绝对含量外,各种游离氨基酸之间的相对平衡也是决定肉类滋味的因素^[15]。

表3 鸡汤及酶解液呈味游离氨基酸占TFAA比例及TAV
Table 3 The contents and taste activity values of free amino acids in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate

呈味	氨基酸	阈值/ (mg/g) ^[24]	鸡汤			酶解液		
			占TFAA 比例/%	含量/ (mg/g)	TAV	占TFAA 比例/%	含量/ (mg/g)	TAV
鲜味	谷氨酸Glu	0.3	13.43	18.41	61.37	6.80	178.61	595.37
	天冬氨酸Asp	1.0	4.45	6.10	6.10	2.03	53.29	53.29
	共计		17.88			8.83		
甜味	甘氨酸Gly	1.3	4.23	5.80	4.46	1.10	28.97	22.28
	丝氨酸Ser	1.5	6.84	9.38	6.25	5.53	145.14	96.76
	丙氨酸Ala	0.6	6.55	8.99	14.98	4.89	128.50	214.17
	脯氨酸Pro	3.0	2.65	3.64	1.21	1.72	45.18	15.06
苦味	苏氨酸Thr	2.6	3.90	5.35	2.06	2.89	75.86	29.18
	共计		24.17			16.13		
苦味	酪氨酸Tyr	无	3.16	4.33	—	5.80	152.29	—
	苯丙氨酸Phe	0.9	2.89	3.96	4.39	10.75	282.18	313.54
	缬氨酸Val	0.4	3.54	4.85	12.12	6.80	178.53	446.31
	组氨酸His	0.2	27.37	37.52	187.62	3.19	83.82	419.08
	赖氨酸Lys	0.5	5.82	7.97	15.95	11.80	309.86	619.72
	精氨酸Arg	0.5	5.05	6.92	13.85	12.55	329.39	658.77
	甲硫氨酸Met	0.3	1.92	2.63	8.77	5.13	134.63	448.75
	异亮氨酸Ile	0.9	2.40	3.28	3.65	4.43	116.43	129.37
	亮氨酸Leu	1.9	4.66	6.39	3.37	12.15	319.09	167.94
	共计		56.81			72.60		

注:无.未查到;—.无法计算。

由表3可知,鸡汤中鲜味氨基酸占TFAA比例为17.88%,其中天冬氨酸和谷氨酸是鸡汤中最主要的鲜味氨基酸。甘氨酸、丙氨酸为甜味氨基酸,其中甘氨酸除了本身提供的清香味以外,还能减少苦味,从食物中除去不愉快的口味^[16]。甜味氨基酸在鸡汤中占TFAA比例为24.17%,而酶解液中鲜味氨基酸与甜味氨基酸的比例均比鸡汤中低,分别为8.83%和16.13%。酶解液中苦味氨基酸占TFAA比例为72.60%,而鸡汤中仅为56.81%。说明鸡汤中鲜甜味比例较大,而酶解液中苦味占了主导地位,这与秦小滨^[12]在对猪骨素的酶解反应研究的结果相似,指出苦味氨基酸的比例几乎都是鲜味氨基酸的3倍左右。

鸡汤与酶解液中的各种DAA的TAV均大于1,可见每种DAA对样品整体滋味的形成均有一定的贡献。DAA的TAV越大,呈味作用越显著,对滋味的贡献越大^[17]。

在鸡汤中TAV最大的是组氨酸,其次是谷氨酸。在DAA中,谷氨酸鲜味最强,它是重要的鲜味剂^[18]。酶解液中TAV最高的为精氨酸,它是一种苦味氨基酸,也是半必需氨基酸,有增加呈味复杂性和提高鲜度的作用^[19]。酶解液中TAV较高的还有谷氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸、缬氨酸、组氨酸、苯丙氨酸,其中除了谷氨酸为呈鲜味的氨基酸外,其余5种均为呈苦味氨基酸,酶解液中呈苦味氨基酸的TAV均较大。Hanifah等^[20]研究发现苦味氨基酸如苯丙氨酸、酪氨酸,其含量低于呈味阈值时,可增强其他氨基酸的鲜味和甜味。DAA中TAV最大的为丙氨酸,这与鸡汤中呈甜味TAV最大的氨基酸一致。鸡汤与酶解液中呈甜味氨基酸,除丙氨酸贡献最大外,甘氨酸与丝氨酸对滋味贡献也较大,并且丙氨酸与甘氨酸对其他肉类的滋味也有重要贡献^[21]。甲硫氨酸和胱氨酸为含硫氨基酸,其中胱氨酸被认为是非呈味氨基酸,含硫氨基酸虽然本身不会产生肉香,但对肉风味的形成有重要的作用。含硫氨基酸是熟肉香味的重要贡献因素^[22],主要来源于氨基酸和还原糖之间的美拉德反应、氨基酸的热解和硫胺素的降解^[23]。

2.4 鸡汤及酶解液电子舌对比分析结果

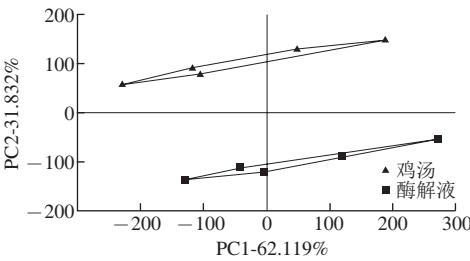


图3 鸡汤及酶解液电子舌检测的PCA图
Fig.3 PCA analysis diagrams for chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate detected by electronic tongue

电子舌检测得到的结果是由7个传感器检测样品的酸、甜、苦、咸、鲜口感的综合结果。电子舌在检测的过程中,样品重复5次进行测定分析。图3为鸡汤及酶解液电子舌检测的PCA图及判别指数(discrimination index, DI)。图3中DI为92%,当DI达到80%以上的将实现非常好的区分^[25]。鸡汤与酶解液的主成分得分值均落在互不干扰的区域,这个区域代表样品的整体滋味特性,其中5个记号点分别代表此样品的5个重复样。区域之间的距离表征了不同样品的类间品质差异,距离越远说明其品质特性越不相似^[25],因此鸡汤与酶解液的整体滋味存在显著差异。

3 结论

采用氨基酸自动分析仪对鸡汤及鸡肉酶解液中的游离氨基酸进行对比分析,结果表明酶解液的TFAA超过鸡

汤的12倍,两者DAA占TFAA的比例相近。酶解液中每种氨基酸的含量均比鸡汤中高,但部分氨基酸占TFAA的比例相对鸡汤中低。

鸡汤与酶解液中各种DAA的TAV均大于1,鸡汤中TAV最大的是组氨酸,其次是谷氨酸,酶解液中TAV较大的除谷氨酸为呈鲜味氨基酸外,其余均为呈苦味氨基酸。鸡汤中呈鲜味和甜味氨基酸占TFAA比例之和与呈苦味氨基酸占TFAA比例相近,而酶解液中呈苦味氨基酸占TFAA比例较高,说明鸡汤整体滋味以鲜甜为主,而酶解液整体滋味以苦味为主。根据电子舌PCA和DI分析,表明鸡汤与酶解液滋味有显著差异。

参考文献:

- [1] 陈宇丹, 芮汉明, 张立彦. 鸡的品种对鸡汤质量的影响研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(11): 1212-1216.
- [2] 纪韦韦, 刘扬, 洪文龙. 鸡汤类产品研究现状及其发展趋势[J]. 食品工业科技, 2012, 33(1): 430-432.
- [3] 贺习耀, 王婵. 加热方式对鸡汤风味品质影响的研究[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 77-82.
- [4] 常亚楠, 赵改名, 柳艳霞, 等. 煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 333-337; 342.
- [5] 杨铭铎, 龙志芳, 赵岩, 等. 鸡骨泥的酶解工艺及其酶解液中游离氨基酸和脂肪酸分析的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 162-166.
- [6] 张恒. 鸡骨酶解过程中的呈味特性及氨基酸释放规律研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2010: 27-34.
- [7] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国, 等. 电子舌技术在食醋口感评价中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 220-221.
- [8] ROTZOLL N, DUNKEL A, HOFMANN T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.)(J). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(7): 2705-2711.
- [9] 瞿明勇. 排骨汤和鸡汤的烹制工艺及营养特性[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008: 51-52.
- [10] 汪学荣, 周玲, 谢友慧, 等. 鹅骨泥酶解条件优化及游离氨基酸组成分析[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(5): 79-82.
- [11] 李莹, 周剑忠, 曾晓雄, 等. 缢蛏酶解物氨基酸分析及美拉德反应制备风味调味料[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 367-369.
- [12] 秦小滨. 猪骨素酶解过程蛋白质及呈味物质变化研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2013: 24-29.
- [13] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国. 四大名醋的游离氨基酸组成成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3124-3131.
- [14] ARDO Y. Flavour formation by amino acid catabolism[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24: 238-242.
- [15] 李建军. 优质肉鸡风味特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2003: 53-54.
- [16] 陈敏. 氨基酸的风味与功能[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 134-136.
- [17] 陈德慰, 苏键, 刘小玲, 等. 广西北部湾3种贝类中主要呈味物质的测定及呈味作用评价[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 165-168.
- [18] 王曜, 陈舜胜. 野生与养殖克氏原螯虾游离氨基酸的组成及比较研究[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 269-273. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201411054.
- [19] 俞海峰, 何芳, 周浙良. 水产品的风味研究进展[J]. 现代渔业信息, 2009, 24(3): 14-16.
- [20] HANIFAH N L, ANTON A, KENSAKU T, et al. Umami taste enhancement of SMG/NaCl mixtures by subthreshold L- α -aromatic amino acids[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(7): 401-405.
- [21] WU H C, SHIAU C Y. Proximate composition, free amino acids and peptides contents in commercial chicken and other meat essences[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2002, 10(3): 170-177.
- [22] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [23] FARMER L J. Poultry meat science[M]. New York: CAB International, 1999: 127-158.
- [24] CHEN D, ZHANG M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)(J). Food Chemistry, 2007, 104(3): 1200-1205.
- [25] 王霞, 徐幸莲, 王鹏. 基于电子舌技术对鸡肉肉质区分的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 100-103.