

不同熬煮方法对鸡骨汤风味物质的影响

赵 芩,张立彦*,曾清清

(华南理工大学轻工与食品学院,广东广州 510640)

摘要:本文分析了常压和高压两种不同的熬煮方法对鸡骨汤氨基酸含量的影响,并采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术(SPME-GC-MS)测定分析了常压和高压两种不同熬煮方法对鸡骨汤中挥发性风味物质的影响。结果表明:高压熬煮所得鸡骨汤中的总氨基酸和游离氨基酸含量均显著高于常压熬煮的鸡骨汤($p < 0.05$);利用 SPME-GC-MS 检测技术在高压熬煮及常压熬煮鸡骨汤中分别检测到 62 和 54 种挥发性风味物质;两种熬煮方法得到的鸡骨汤风味物质构成总类基本相同,但是含量分布存在差异;两种熬煮方式感官评分差异不显著($p < 0.05$);高压熬煮是一种可行的熬煮方法。

关键词:鸡骨汤,常压高压熬煮,氨基酸含量,挥发性风味物质,SPME-GC-MS

Effect of different boiling methods on flavor components of chicken skeleton soup

ZHAO Qin,ZHANG Li-yan*,ZENG Qing-qing

(College of Light Industry and Food Sciences,South China University of Technology,Guangzhou 510640,China)

Abstract: The effect of atmospheric and high-pressure boiling method on amino acids of chicken skeleton soup was analyzed, and the volatile aromatic compounds were extracted by solid-phase micro-extraction (SPME) and analyzed by GC/MS. Results showed that high-pressure boiling had a significant effect on the content of amino acids and free amino acids ($p < 0.05$). 62 and 54 kinds of volatile aromatic components were identified in high-pressure boiling and atmospheric boiling chicken skeleton soup respectively. The varieties of volatile aromatic components in two kinds of chicken skeleton soups were similar. However, the contents of these various aromatic components were different. There were no significant difference on sensory evaluation of the two kinds of chicken skeleton soup. High-pressure boiling was a viable boiling process.

Key words: chicken skeleton soup; atmospheric and high-pressure boiling; amino acids content; volatile aromatic components; SPME-GC-MS

中图分类号: TS251.9

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)07-0314-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.07.057

鸡骨架是肉鸡屠宰分割加工中的副产物,目前主要用于制作禽畜饲料和有机肥料,利用率不高,同时由于其容易获得、价格低廉而在食品工业中具有很大应用前景。用鸡骨熬煮出来的浓缩高汤,鸡肉味道浓郁,持久性好,更贴近现实生活中熬的鸡汤,可作为高级汤料应用于餐饮业,是许多市售类似调味品难以代替的,潜在市场广阔^[1]。高压熬煮能促进游离氨基酸以及单不饱和脂肪酸等的溶出,时间短、效率高。Dong X B 等^[2]研究用热压的方式提取鸡骨中的蛋白质,结果表明用此方法提取的鸡骨溶出物中蛋白质含量并未减少,同时显示蛋白质消化率校正后的氨基酸分数为成人理想值,可替代传统的熬汤工艺。吕广英等^[3]研究了不同的加工方式对鱼骨汤营养和风味的影响,研究表明高压熬制的汤样游离氨基酸含量显著高于常压熬制的汤样,且高压条

件下熬制的鱼骨汤中总固形物、粗蛋白、水溶性蛋白、钙和灰分的含量均显著高于常压条件下熬制的汤样。曾清清等研究了不同熬煮条件对鸡骨高汤品质的影响,并用响应面优化出了鸡骨高汤的最佳熬煮工艺^[4],但并未分析不同熬煮工艺对鸡骨汤氨基酸含量及挥发性风味物质的影响。顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术(SPME-GC-MS)是一种测定复杂混合物中挥发性风味物质的简便高效的方法,目前在多种挥发性风味物质测定上都有应用。例如 Ma Q L 等^[5]用来研究调理牛肉的香味成分, Huang B K 等^[6]用来研究白薯和紫薯的香味物质,并从中鉴定出 64 种挥发性物质。张音等^[7]用固相微萃取-气质联用的方法检测了不同品种的鸭熬制的鸭汤中挥发性成分的差异。至今国内尚未见有关于鸡骨汤风味物质测定研究的相关报道。本研究分析了

收稿日期:2014-07-14

作者简介:赵芩(1989-),女,硕士研究生,研究方向:食品加工与保藏。

*通讯作者:张立彦(1974-),女,博士,副教授,研究方向:食品加工与保藏。

常压和高压熬煮工艺对鸡骨汤氨基酸含量的影响, 并采用 SPME-GC-MC 测定分析了不同熬煮方法下鸡骨汤中挥发性风味物质的种类和含量, 深入探讨熬煮工艺对鸡骨汤滋、气味的影响, 以期为鸡骨汤熬煮工艺确定提供研究参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻鸡骨架 购自福建圣农科技有限公司; 氨基酸标准溶液(浓度为 100pmol/ μ L) 美国 Agilent 公司乙腈和甲醇(HPLC 级) 江苏汉邦公司。

6890N-5975 型 GC-MS 气质联用仪 美国 Agilent 公司; PETurboMatrix40trap 型自动顶空进样器 美国 PerkinElmer 公司; DB-WAX 型石英毛细管柱 美国 Agilent 公司; 75 μ m CAR/PDMS 型 SPME 萃取头 美国 Supelco 公司; Waters 600 型高效液相色谱仪 美国 Waters 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 不同熬煮工艺鸡骨汤的制取 采用曾清清等^[4]的鸡骨汤熬煮工艺, 具体流程如下:

鸡骨架 \rightarrow 切割破碎 \rightarrow 前处理 \rightarrow 熬煮 \rightarrow 汤渣分离 \rightarrow 鸡骨汤

其中, 熬煮时选择常压熬煮(微沸, 4h)和高压熬煮(110 $^{\circ}$ C, 75min)两种熬煮方式, 分别获得常压熬煮鸡骨汤和高压熬煮鸡骨汤。

1.2.2 氨基酸组成的测定 总氨基酸组成测定: 准确吸取 1mL 鸡骨汤于具塞试管中, 加入 20mL 6mol/L HCl, 充入氮气后封管, 在 120 $^{\circ}$ C 条件下反应 24h。冷却至室温后, 再用蒸馏水定容至 50mL, 用双层滤纸进行过滤, 取 5mL 滤液真空干燥至 1~2mL 后, 用蒸馏水定容至 100mL。

游离氨基酸组成测定: 取 5mL 鸡骨汤并加入 20mL 5% 高氯酸, 均质, 反应 4~5h 后, 用蒸馏水定容至 50mL, 并用滤膜过滤备用。

采用 HPLC 法测定氨基酸含量, 主要技术参数: 分析柱, 40mm \times 125mm, 5 μ m C₁₈ 正相柱; 温度, 40 $^{\circ}$ C; 载气, N₂; 检测波长: 254nm; 进样量 1 μ L; 流速, 1mL/min; 流动相 A 液: 20mmol/L pH6.50 的醋酸-醋酸钠缓冲溶液, 流动相 B 液: 甲醇: 乙腈 = 1:2, A 液与 B 液的体积比为 1:2。

1.2.3 鸡骨汤挥发性成分分析 固相微萃取法(SPME) 萃取头的处理: 75 μ m CAR/PDMS 型 SPME 萃取头第一次使用时在气相色谱进样口在氮气保护下于 270 $^{\circ}$ C 老化 3h, 第二次以后使用在上述温度下老化 30min, 以确保脱去上面可能吸附的挥发性成分。老化后的萃取头在 GC-MS 上检测略有少量的萃取头固有杂质峰(硅氧烷类化合物) 出现, 在样品质谱库检索的时候去除, 不计入最终结果。

风味物质的萃取采用自动顶空固相微萃取, 准确移取 5mL 鸡骨汤样品于 20mL 顶空固相萃取瓶中, 将样品瓶置于自动顶空进样槽, 待测。萃取条件为 70 $^{\circ}$ C 下吸附 30min, 250 $^{\circ}$ C 下脱附 5min, 利用 GC-MS 分析。

风味物质的分离和鉴定, 色谱条件: Agilent DB-WAX 石英毛细管色谱柱(30m \times 0.25mm \times 0.25 μ m)。

柱温: 40 $^{\circ}$ C (4min) \rightarrow 5 $^{\circ}$ C/min \rightarrow 110 $^{\circ}$ C (5min) \rightarrow 10 $^{\circ}$ C/min \rightarrow 250 $^{\circ}$ C (10min)。进样口温度: 250 $^{\circ}$ C, 柱前压力: 61.70kPa, 载气为 He, 气流量: 1mL/min, 不分流模式进样。质谱条件: 电离方式为 EI⁺, 电子能量 70eV, 离子源温度 230 $^{\circ}$ C, 灯丝电流 200 μ A, 接口温度 250 $^{\circ}$ C, 检测电压 350V, 扫描质量范围为 30~400m/z。

1.2.4 鸡骨汤感官评价 选取食品学院 10 位同学进行感官评定(男女比例 1:1), 采用 6 点评分法, 以香气(1 = 无特征香味且有异常气味, 6 = 特征香味浓郁)、滋味(1 = 无特征口味且有异常滋味, 6 = 特征口味醇厚)、总体可接受度(1 = 很差, 6 = 很受欢迎)作为鸡骨汤感官评定指标进行分析^[4]。

1.3 数据处理

挥发性成分经计算机检索与 NIST library (107K compounds, version 2005) 数据库和 Wiley library (320K compounds, version 6.0) 标准谱图库进行匹配, 仅报道匹配度大于 80% 的物质。挥发性成分的含量以峰面积表示, 百分含量 = 挥发性成分的峰面积 / 挥发性成分总峰面积 \times 100。采用 SPSS 软件对实验数据进行显著性分析。

2 结果与讨论

2.1 不同熬煮工艺鸡骨汤中氨基酸分析

汤中的氨基酸含量取决于煮制过程中鸡骨及肉中蛋白质、氨基酸等含氮类物质的溶出率。此外, 含硫氨基酸可与鸡骨汤中的糖类物质发生热反应, 并产生类似烧烤味和肉香味的风味物质, 可丰富产品的风味特征^[8]。由表 1 可以看出高压熬煮所得鸡骨汤中的总氨基酸和游离氨基酸含量均高于常压熬煮的鸡骨汤, 并且其中所含的含硫氨基酸和鲜味氨基酸的相对含量均明显高于常压鸡骨汤, 说明高压熬煮较常压熬煮相比, 能使鸡骨组织结构变得相对松散, 更有利于蛋白质及氨基酸等含氮物质的溶出, 同时高温高压更有利于蛋白质的热降解。

根据张小强等^[9]研究得到的各氨基酸呈味特性及其阈值可知, 谷氨酸和天冬氨酸是特征鲜味氨基酸, 甘氨酸和丙氨酸是特征甜味氨基酸, 高压熬煮的鸡骨汤中谷氨酸、天冬氨酸和丙氨酸含量(6.14、12.63、6.18mg/100mL) 显著高于常压熬煮鸡骨汤(4.73、10.56、4.96mg/100mL) ($p < 0.05$), 甘氨酸的含量(4.01mg/mL) 也高于常压熬煮鸡骨汤(3.37mg/mL), 说明通过高压条件熬煮后, 鸡骨汤的滋味得到了改善, 在一定程度上比常压熬煮的鸡骨汤更鲜美。

2.2 不同熬煮工艺鸡骨汤中挥发性成分分析

常压和高压熬煮的鸡骨汤样品中挥发性成分的 GC/MS 图谱如图 1、图 2 所示, 其种类和含量分别见表 2、表 3。由图 1、图 2 可知, 不同熬煮工艺的鸡汤检测到的峰的个数差异较大, 其中常压鸡骨汤出峰约 90 个, 高压鸡骨汤出峰约 130 个, 这说明不同处理对鸡骨汤的挥发性风味成分影响较大。由表 2 和表 3 可知在 2 种鸡骨高汤样品中总共鉴定出 71 种挥发性化合物, 其中常压熬煮和高压熬煮鸡骨汤中测出的挥发性物质种类总个数分别为 54、62 个, 且不同样品之间有较大差异, 但主要都为含烃、醇、醛、

表1 不同熬煮工艺鸡骨汤的氨基酸含量(mg/100mL)

Table 1 Amino acid composition content of chicken skeleton soup prepared by different boiling methods(mg/100mL)

氨基酸种类	总氨基酸含量		游离氨基酸含量	
	常压原汤	高压原汤	常压原汤	高压原汤
天冬氨酸(Asp)	56.13 ± 0.01 ^a	57.53 ± 0.02 ^a	4.73 ± 0.01 ^a	6.14 ± 0.01 ^b
谷氨酸(Glu)	114.28 ± 0.00 ^a	134.86 ± 0.06 ^b	10.56 ± 0.07 ^a	12.63 ± 0.08 ^b
丝氨酸(Ser)	30.88 ± 0.03 ^a	31.46 ± 0.01 ^a	3.89 ± 0.09 ^a	4.66 ± 0.00 ^b
甘氨酸(Gly)	135.15 ± 0.02 ^b	129.93 ± 0.00 ^a	3.37 ± 0.01 ^a	4.01 ± 0.04 ^a
组氨酸(His)	22.54 ± 0.11 ^a	29.38 ± 0.13 ^b	3.91 ± 0.02 ^a	4.71 ± 0.11 ^b
精氨酸(Arg)	70.39 ± 0.01 ^a	71.79 ± 0.01 ^a	8.02 ± 0.08 ^a	9.29 ± 0.06 ^b
苏氨酸(Thr) *	22.25 ± 0.15 ^a	22.37 ± 0.05 ^a	31.68 ± 0.11 ^a	34.02 ± 0.01 ^a
丙氨酸(Ala)	64.60 ± 0.00 ^a	64.60 ± 0.00 ^a	4.96 ± 0.00 ^a	6.18 ± 0.00 ^b
脯氨酸(Pro)	69.62 ± 0.01 ^a	70.91 ± 0.01 ^a	3.15 ± 0.01 ^a	3.84 ± 0.01 ^a
酪氨酸(Tyr)	12.50 ± 0.06 ^a	12.14 ± 0.13 ^a	3.81 ± 0.01 ^a	4.67 ± 0.13 ^b
缬氨酸(Val) *	16.93 ± 0.10 ^a	15.27 ± 0.02 ^a	2.43 ± 0.03 ^a	3.02 ± 0.21 ^b
蛋氨酸(Met) *	1.05 ± 0.02 ^a	4.10 ± 0.09 ^b	1.39 ± 0.01 ^a	1.68 ± 0.17 ^a
半胱氨酸(Cys)	0.50 ± 0.01 ^a	0.54 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.00 ^a
异亮氨酸(Ile) *	13.79 ± 0.07 ^a	13.61 ± 0.01 ^a	1.76 ± 0.06 ^a	2.27 ± 0.13 ^b
亮氨酸(Leu) *	29.58 ± 0.02 ^a	29.88 ± 0.05 ^a	3.01 ± 0.13 ^a	3.90 ± 0.00 ^a
苯丙氨酸(Phe) *	16.82 ± 0.00 ^a	17.34 ± 0.00 ^a	1.48 ± 0.09 ^a	2.03 ± 0.01 ^a
赖氨酸(Lys) *	37.00 ± 0.01 ^a	35.00 ± 0.07 ^a	5.15 ± 0.03 ^a	6.96 ± 0.05 ^b
羟脯氨酸(Hyp)	76.66 ± 0.01 ^a	73.81 ± 0.02 ^a	0.33 ± 0.11 ^a	0.29 ± 0.01 ^a
氨基酸总量(TAA)	790.64	814.52	93.72	110.42
鲜味氨基酸含量(%)	21.55	23.62	16.31	17.00
含硫氨基酸含量(%)	0.20	0.57	1.59	1.64
必需氨基酸(EAA)			46.73	53.88
EAA/TAA(%)			49.87	48.79
EAA/NEAA(%)			99.48	95.27

注: * 为人体必需氨基酸, NEAA 为非必需氨基酸; 鲜味氨基酸含量是指谷氨酸和天冬氨酸量总和占氨基酸总量的百分比; 含硫氨基酸含量是指蛋氨酸和半胱氨酸量总和占氨基酸总量的百分比。同一行中不同字母代表差异显著($p < 0.05$)。

酮、酯、含硫、含氧杂环化合物及含氮化合物等物质。从挥发性成分的相对含量上来看, 不同熬煮方法所得鸡骨汤中烃、醇、醛、含硫和含氧化合物的相对含量均较高, 酸、酮及含氮化合物的相对含量较低。

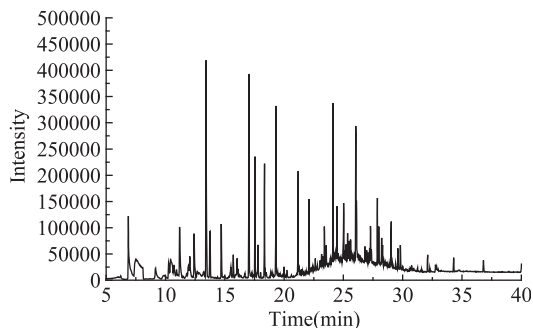


图1 常压熬煮鸡骨汤中挥发性风味物质的总离子流图
Fig.1 Total ion chromatograms of volatility compounds of chicken skeleton soup by atmospheric boiling

在检出的所有挥发性风味物质中, 烃类化合物数量最多, 其次是醇类, 羰基类化合物总量居第三。醛和酮类物质一直被认为对鸡肉特征风味的形成有着重要作用, 一些学者也指出, 羰基化合物的定性定量差异是造成不同鸡肉风味差异的主要原因之

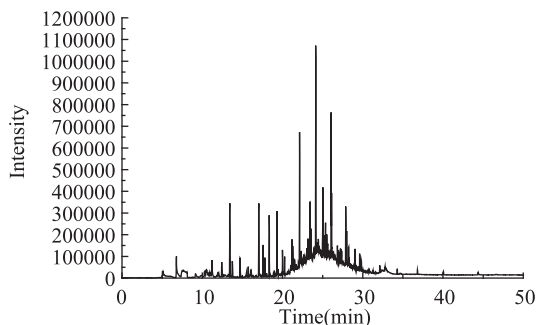


图2 高压熬煮鸡骨汤中挥发性风味物质的总离子流图
Fig.2 Total ion chromatograms of volatility compounds of chicken skeleton soup by high-pressure boiling

—^[10]。此外, 含硫和含氧杂环化合物对肉类香味的形成起关键作用。

在煮制肉品挥发性物质中, 烃类化合物种类较多, 其中主要为 C2-C25 的正构烷烃及其支链衍生物等脂肪烃^[10]。在本研究中检出的所有挥发性风味物质中烃类化合物数量最多, 除 C2-C5 烷烃外, C6-C25 烷烃也有检出。烃类物质通常是因为经过高温处理后, 其中一些脂类物质发生热降解而产生的, 因此高压鸡骨汤较常压鸡骨汤中烃类物质的数量及相

表2 不同熬煮工艺鸡骨汤中的挥发性成分种类及相对含量
Table 2 Volatility compounds of chicken skeleton soup by different boiling methods

分类	名称	保留时间 (min)	常压熬煮鸡骨汤 相对含量(%)	高压熬煮鸡骨汤 相对含量(%)
烃类 (17种)	(Z)-2-甲基-3-十一碳烯	12.66	0.38 ± 0.01	0.22 ± 0.01
	10-甲基十九烷	19.99	0.43 ± 0.03	1.08 ± 0.06
	11-葵基二十二烷	21.35	0.27 ± 0.02	0.64 ± 0.01
	十四烷	22.12	2.84 ± 0.00	8.11 ± 0.02
	9-氧杂二环[6.1.0]辛烷	12.43	2.86 ± 0.01	1.12 ± 0.04
	13-氧杂二环[10.1.0]十三烷	19.32	6.09 ± 0.04	2.76 ± 0.11
	1-(乙烯基氧基)十六烷	23.03	0.36 ± 0.02	1.59 ± 0.07
	1-(1,5-二甲基己基)-4-(4-甲基戊基)环己烷	23.90	1.52 ± 0.11	4.12 ± 0.02
	7-己基十九烷	24.13	5.45 ± 0.01	8.75 ± 0.01
	戊烷	26.05	9.43 ± 0.03	12.19 ± 0.13
	17-三十五碳烯	26.83	3.45 ± 0.00	2.44 ± 0.01
	环氧白菖烯	21.59		0.24 ± 0.02
	反式-1-异丙基-3-甲基环己烷	22.50		0.43 ± 0.03
	5-环己基十三烷	22.81		0.97 ± 0.00
	十七烷	37.27	0.63 ± 0.03	0.27 ± 0.01
	十六烷	20.01		1.08 ± 0.10
	醇类 (17种)	1,5,9,13-十四碳四烯	11.94	0.93 ± 0.01
1-庚烯-3-醇		9.18	1.23 ± 0.11	0.51 ± 0.05
3-甲基-6-庚烯醇		11.19	3.81 ± 0.08	1.41 ± 0.01
1-甲基-4-(1-甲基乙基)-2-环庚烯醇		12.05	1.37 ± 0.02	
(Z)-3-壬烯醇		13.48	13.43 ± 0.05	4.33 ± 0.01
(2Z)-3-戊基-2,4-戊二烯醇		15.52	0.63 ± 0.01	0.49 ± 0.06
1,10-癸二醇		15.72	1.00 ± 0.01	0.51 ± 0.01
(Z)-10-十五碳烯醇		18.02	0.23 ± 0.08	0.15 ± 0.00
(R)-(-)-(Z)-14-甲基-8-十六碳烯-1-醇		18.97	0.19 ± 0.03	0.10 ± 0.01
(E,E)-2,6-二甲基-2,6-辛二烯-1,8-二醇		19.67	0.10 ± 0.01	
五十碳醇		22.03	3.03 ± 0.12	5.93 ± 0.15
叔十六硫醇		22.81	0.99 ± 0.00	2.20 ± 0.01
2-十八烷基-1,3-丙二醇		25.44	0.61 ± 0.01	1.84 ± 0.01
三十五碳醇		27.37	0.51 ± 0.09	0.58 ± 0.04
2-甲基-2-乙基十三碳醇		27.88	2.28 ± 0.10	2.24 ± 0.01
叶绿醇		21.10		0.22 ± 0.07
四十一碳醇		29.10		0.23 ± 0.04
醛类 (8种)	(2-季戊基-2,4-环己二烯)甲醇	11.97	0.93 ± 0.02	0.75 ± 0.11
	顺-7-癸烯醛	10.27	0.92 ± 0.04	0.45 ± 0.04
	(E)-6-壬烯醛	14.71	2.69 ± 0.02	1.08 ± 0.01
	(E,E)-2,4-十二碳二烯醛	16.69	0.19 ± 0.01	0.13 ± 0.07
	(Z,Z,-10,12-十六碳二烯醛	17.28	0.20 ± 0.08	0.11 ± 0.01
	己醛	17.79	3.68 ± 0.02	2.20 ± 0.02
	(E,E)-2,4-壬二烯醛	18.32	4.01 ± 0.13	2.45 ± 0.06
	(E,E)-2,4-癸二烯醛	20.25	0.29 ± 0.01	0.75 ± 0.00
酮类 (4种)	2-甲基-3-氧基环己丁醛	11.31		1.41 ± 0.01
	6,7-十二碳二酮	10.72	0.66 ± 0.02	0.29 ± 0.13
	7-癸烯-2-酮	13.19	0.21 ± 0.12	
	3-十二烷基环己酮	18.87	0.17 ± 0.01	0.12 ± 0.01
	1-(4-溴-丁基)-2-哌啶酮	23.54	0.61 ± 0.00	1.69 ± 0.02

续表

分类	名称	保留时间 (min)	常压熬煮鸡骨汤 相对含量(%)	高压熬煮鸡骨汤 相对含量(%)
含硫和含氧 化合物(4种)	2-正戊基呋喃	10.94	1.37 ± 0.01	0.33 ± 0.05
	3-(1-环戊烯基)呋喃	14.99	0.24 ± 0.02	
	二甲基二硫醚	17.04	7.59 ± 0.11	3.27 ± 0.01
	呋喃甲基缩水甘油醚	22.43		0.39 ± 0.02
酯类(9种)	(Z,Z)-9,12-十八碳二烯酸苯甲酯	13.24	0.39 ± 0.03	0.20 ± 0.00
	7-癸烯-1-醇乙酸酯	17.37	0.10 ± 0.06	0.08 ± 0.01
	亚硫酸十八烷基戊酯	21.27	0.36 ± 0.01	1.07 ± 0.09
	(E)-8-甲基-9-十四碳烯-1-醇乙酸酯	24.05	1.23 ± 0.02	3.56 ± 0.11
	棕榈酸甲酯	25.02	3.52 ± 0.01	5.59 ± 0.04
	11,13-二甲基-12-十四碳烯-1-醇乙酸酯	25.82	0.28 ± 0.00	0.84 ± 0.01
	碳酸十六烷基异丁酯	21.60		0.22 ± 0.02
	草酸异己基新戊二酯	19.47		0.20 ± 0.01
	草酸环己甲基丙酯	22.22		0.78 ± 0.04
含氮化合物 (3种)	C ₂₃ H ₃₀ N ₂ O ₅	28.43	0.82 ± 0.02	0.57 ± 0.10
	4-甲基-2,6-二苯基-3,5-二腈基-1,4-二氢吡啶	29.09	1.36 ± 0.11	0.75 ± 0.07
	N,N-二辛基苯乙胺	29.83	1.13 ± 0.03	0.53 ± 0.08
酸类 (2种)	芥酸	23.49	1.55 ± 0.07	0.42 ± 0.01
	十二烯基丁二酸酐	26.38	0.43 ± 0.01	0.55 ± 0.02
其它 (2种)	2,6-二叔丁基苯酚	22.34		0.93 ± 0.07
	(Z)-14-二十四碳烯酸盐	28.24	1.02 ± 0.01	0.79 ± 0.04

对含量均较高。尽管烃类的香味阈值比较高,对肉汤类风味贡献不是很大,但由于它的种类丰富,对鸡骨汤的总体风味起着关键作用,能够提高鸡汤的整体风味。

不饱和醇的风味阈值低,尤其是1-庚烯-3-醇和1-辛烯-3-醇的阈值更低,且有近似蘑菇的风味^[11]。本实验中检测出的醇大多数是不饱和醇,其中(Z)-3-壬烯醇、1-庚烯-3-醇在2个样品汤中均有检出,且(Z)-3-壬烯醇相对含量较高。Seik等^[12]认为,直链饱和醇阈值介于500~20000 μg/kg。相对来说直链一级醇没有风味贡献,但是它的风味会随其碳链的增长而增强,并伴随有木香、清香、脂肪香等特征香味。如本研究在2个样品中均检测出的五十碳醇就是一种长直链饱和醇,它在2种样品汤中的相对含量均较高,分别为3.03%和5.93%,对鸡骨高汤有一定的风味贡献。

本研究共检出9种醛类物质,其中主要为烯醛。香味成分中的醛主要来自于脂肪氧化,大多是由不饱和脂肪酸氧化所产生,一般阈值比较低,且具有脂肪香味。Noleau等^[13]认为,鸡脂肪在热处理过程中的特征风味呈味物质是醛(尤其是烯醛和二烯醛),如果没有这类羰基化合物,鸡肉将会失去其独特香味而变成类似于牛肉的气味。在鸡肉汤的风味化合物中,己醛和2,4-癸二烯醛是最丰富的醛类化合物,其中就气味阈值来说,2,4-癸二烯醛的(0.00007 mg/kg)要比己醛的低得多,且具有油炸食品的脂香,是鸡肉汤风味中最重要的气味物质,对鸡骨汤风味形成起关键作用。本实验从鸡骨汤中分离鉴定出了己醛和2,4-癸二烯醛,但不同样品之间己醛和2,4-癸二烯

醛的含量有所不同,其中常压鸡骨汤的己醛含量(3.68%)较高温高压鸡骨汤的己醛含量(2.20%)高,而2,4-癸二烯醛含量却较之低,在常压鸡骨汤和高压鸡骨汤中含量分别为0.29%和2.01%。这可能是因为亚油酸氧化的基本产物是己醛和2,4-癸二烯醛,而脂类在低温氧化时,会产生大量的己醛,在高温氧化时则生成更多的2,4-癸二烯醛^[14]。

脂肪氧化的另一主要产物是酮,本研究中检出4种酮类化合物,相对含量均小于5%。酮类的相对含量和阈值均没有醛类理想,对食品香味的贡献也不如醛类大。但也有些学者指出,羰基化合物的定性和定量差异是造成不同肉品风味差异的主要原因之一^[8],酮类作为一种羰基化合物对鸡骨汤特征风味的形成也极为重要。

酯类化合物是由肉中脂肪氧化生成的醇与游离脂肪酸相互作用而形成的,一般呈水果香味,对汤类产品的香味影响较大。Wasserman A E^[15]在鸡汤中鉴定出了对鸡肉味有重要贡献的γ-十二内酯。本实验鉴定出鸡骨汤中酯类有9种,但γ-十二内酯等化合物未被鉴定出,一方面可能是由于样品汤料过少所致,另一方面也可能是提取方法的原因。本实验检测出的酯类中,仅棕榈酸甲酯含量较高,在2种样品中含量分别为3.52%、5.59%,谭贝妮^[8]通过嗅觉强度法鉴定出棕榈酸甲酯具有淡淡的油脂味。

除烃类、羰基化合物之外,肉类的基本肉香味主要是由含硫杂环化合物所产生的,也可以说,如果没有含硫化合物肉类就会失去其特有的香味。本研究检测到4种含硫和含氧化合物,包括2-戊基呋喃、3-(1-环戊烯基)呋喃、二甲基二硫醚和呋喃甲基缩

水甘油醚,它们都是鸡汤非常重要的挥发性风味物质^[16]。

因此从挥发性风味物质总数及相对含量上来看,高压熬煮并不会对鸡骨汤挥发性风味造成影响。同时由于各挥发性风味物质相对含量上的不同,而使高压熬煮的鸡骨汤具有更浓郁的滋味。

表3 不同熬煮工艺鸡骨汤中挥发性化合物种类的数量及相对含量

Table 3 Contents of different volatility compounds of chicken skeleton soup by different boiling methods

种类	常压熬煮鸡骨汤		高压熬煮鸡骨汤	
	数量	相对含量(%)	数量	相对含量(%)
烃类	13	34.64	17	46.76
醇类	15	30.34	15	21.49
醛类	7	11.98	8	8.58
酮类	4	1.65	3	2.10
含硫和含氧化合物	3	9.20	3	3.99
酯类	6	5.88	9	12.54
含氮化合物	3	3.31	3	1.85
酸类	2	1.98	2	0.97
其它	1	1.02	2	1.72

2.3 不同熬煮方式鸡骨汤感官评价

由表4可知,高压熬煮相较于常压熬煮在香气滋味和总体可接受度上具有更高的感官得分,但两者差异不显著($p < 0.05$),说明高压熬煮不会影响鸡骨汤的香味和滋味,是一种可行的熬煮方式。

表4 不同熬煮方式鸡骨汤感官评分

Table 4 The sensory evaluation of chicken skeleton soup prepared by different boiling methods

熬煮方式	香气	滋味	总体可接受度
常压熬煮	4.41 ± 0.65 ^a	4.94 ± 0.62 ^a	4.91 ± 0.05 ^a
高压熬煮	4.55 ± 0.42 ^a	5.09 ± 0.30 ^a	5.15 ± 0.32 ^a

注:同一行中不同字母代表差异显著($p < 0.05$)。

3 结论

3.1 高压熬煮所得鸡骨汤中的水解总氨基酸和游离氨基酸含量均显著高于常压熬煮的鸡骨汤($p < 0.05$),且大多数为令人愉悦滋味的氨基酸。

3.2 利用 SPME-GC-MS 检测技术,在高压熬煮鸡骨汤中检测到 62 种挥发性风味物质,常压熬煮鸡骨汤中检测到 54 种挥发性风味物质;两种熬煮方法鸡骨汤风味物质构成总类基本相同,含量分布存在差异。

3.3 高压熬煮并不会对鸡骨汤中的主要的氨基酸含量及风味物质造成影响,相反,鸡汤的风味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸等)及特征挥发

性物质(烃、醇、醛、含硫和含氧化合物等)含量较高,且感官评定显示两种熬煮方式差异不显著,高压熬煮是一种可行的熬煮方法。

参考文献

- [1] Lasekan A, Bakar F A, Hashima D. Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources [J]. Waste Management, 2013(13):552-562.
- [2] Dong X B, Li X, Zhang C H, et al. Development of a novel method for hot-pressure extraction of protein from chicken bone and the effect of enzymatic hydrolysis on the extracts [J]. Food Chemistry, 2014(157):339-346.
- [3] 吕广英, 丁玉琴, 孔进喜, 等. 加工方式对鱼骨汤营养和风味的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2013(2):123-127.
- [4] 曾清清, 张立彦. 鸡骨高汤熬煮条件响应面优化 [J]. 食品工业, 2014(1):37-42.
- [5] Ma Q L, Hamid N, Bekhit A E D, et al. Optimization of headspace solid phase microextraction (HS-SPME) for gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) analysis of aroma compounds in cooked beef using response surface methodology [J]. Microchemical Journal, 2013(111):16-24.
- [6] Huang B K, Lei Y L, Tang Y D, et al. Comparison of HS-SPME with hydrodistillation and SFE for the analysis of the volatile compounds of Zisu and Baisu, two varietal species of Perilla frutescens of Chinese origin [J]. Food Chemistry, 2011(125):268-275.
- [7] 张音, 夏延斌, 罗凤莲. 固相微萃取-气质联用检测鸭汤中挥发性风味成分 [J]. 食品科学, 2012(6):225-232.
- [8] 谭贝妮. 速溶牛骨复合颗粒汤料产品的研制 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [9] 张小强. 热处理对鸡汤品质的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2008.
- [10] Mottram, D.S. Flavor formation in meat and meat products: a review [J]. Food Chemistry, 1998, 62(4):415-424.
- [11] 林翔云. 香精香料辞典 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007:381-382.
- [12] Seik T J, Albin I A, Lindsay R C. Comparison of flavor thresholds of aliphatic lactones with those of fatty acids, ester, aldehydes, alcohols and ketones [J]. Dairy Sci, 1971, 54(1):1-4.
- [13] Noleau I, Toulemonde B. Quantitative study of roast chicken fat [J]. Food Sci Technol, 1987, 20:7-41.
- [14] Germana B, Luciana B, Giovanni P. Flavor compounds of dry cured ham [J]. Agric Food Chem, 1992, 40:2389-2394.
- [15] Wasserman A E. Symposium on meat flavor chemical basis for meat flavor [J]. Food Sci, 1979, 44(1):6-11.
- [16] Ruiz J, Ventanas J. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME [J]. Agric. Food Chem., 2001, 49(11):5115-5121.