

岭南黄鸡炖鸡汤过程中营养及风味物质的变化

邹金浩, 林耀盛, 杨怀谷, 唐道邦*, 程镜蓉, 王旭苹, 邓咏鹏

(广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610)

摘要: 以不同饲养期(90 d、120 d、150 d)的岭南黄鸡为原料, 探究不同炖制时间(1 h、2 h、3 h)炖鸡汤的营养成分、理化性质、游离氨基酸及挥发性风味物质的变化。结果表明, 随着炖制时间的延长, 鸡汤中的脂肪含量、蛋白质含量、b*值、可溶性固形物、总游离氨基酸含量均逐渐上升, 汤产出率则相反, 随着时间的增加而减少。120 d 岭南黄鸡炖鸡汤的蛋白质含量较高, 炖制 3 h 后达到 6.17%。120 d 炖 2 h 鸡汤的 L*值最大为 50.91, 鸡汤色泽较为清亮。各鸡汤中谷氨酸和丙氨酸的含量最高, 分别在 380.59~2467.01 mg/kg、240.34~1309.55 mg/kg 之间。120 d 炖 2 h、120 d 炖 3 h 鸡汤的谷氨酸(1857.08 mg/kg、2467.01 mg/kg)和丙氨酸(1042.50 mg/kg、1309.55 mg/kg)含量高于其它 7 组鸡汤, 其滋味更为鲜美。各鸡汤的挥发性风味物质共鉴定出有 85 种, 醛类物质的相对含量最高, 在 63.99%~85.44%之间。各鸡汤共同含有的 14 种风味物质中, 己醛的相对含量最高在 50%左右。90 d 炖 2 h 鸡汤的挥发性风味成分种类最多为 45 种, 其次是 120 d 炖 2 h 鸡汤为 42 种。该研究揭示了岭南黄鸡饲养期与炖汤时间对其鸡汤品质的影响规律, 表明了炖制时间适宜(2 h), 饲养期适当(120 d)的岭南黄鸡鸡汤的综合品质最佳。

关键词: 岭南黄鸡; 鸡汤; 炖制时间; 营养成分; 风味

文章编号: 1673-9078(2021)11-328-337

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.11.0276

Changes of Nutrients and Flavor Substances in Lingnan Yellow Chicken Stewed Chicken Soup

ZOU Jinhao, LIN Yaosheng, YANG Huaigu, TANG Daobang*, CHENG Jingrong, WANG Xuping, DENG Yongpeng

(Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Sericulture & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Lingnan yellow-feather chickens of different feeding periods (90 d, 120 d, 150 d) were used as raw materials to explore the changes of nutritional components, physicochemical properties, free amino acids and volatile flavor compounds in different stewing time (1 h, 2 h, 3 h) chicken soups. The results showed that the contents of fat, protein, b* value, soluble solids and total free amino acids in chicken soups increased gradually with the prolongation of stewing time, while the yield of chicken soups decreased with the increase of time. The protein content of 120 d chicken soup was higher, which reached 6.17% after 3 h stewing. The maximum L* value of 120 d 2 h chicken soup was 50.91, and the color of chicken soup was relatively clear. The contents of glutamic acid and alanine in chicken soup were the highest, which were 380.59~2467.01 mg/kg and 240.34~1309.55 mg/kg, respectively. The contents of glutamic acid (1857.08 mg/kg, 2467.01 mg/kg) and alanine (1042.50 mg/kg, 1309.55 mg/kg) in chicken soups (120 d 2 h, 120 d 3 h) were higher than those in other seven groups, and the taste was more delicious. 85 kinds of volatile flavor compounds were identified, and the relative content of aldehydes was the highest, ranging from 63.99% to 85.44%. The relative content of hexanal in chicken soup was the highest (about 50%). There were 45 kinds of volatile flavor components in 90 d 2 h chicken soup, followed by 120 d 2 h chicken soup (42 kinds). This study revealed the effects of feeding period and stewing time on the

引文格式:

邹金浩,林耀盛,杨怀谷,等.岭南黄鸡炖鸡汤过程中营养及风味物质的变化[J].现代食品科技,2021,37(11):328-337

ZOU Jinhao, LIN Yaosheng, YANG Huaigu, et al. Changes of nutrients and flavor substances in Lingnan yellow chicken stewed chicken soup [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(11): 328-337

收稿日期: 2021-03-15

基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金项目(2019B1515210018); 畜禽育种国家重点实验室开放课题(2017XQY203)

作者简介: 邹金浩(1995-), 男, 研究实习生, 研究方向: 农产品加工及贮藏, E-mail: lizjhy@163.com

通讯作者: 唐道邦(1973-), 男, 研究员, 研究方向: 农产品加工及贮藏, E-mail: tdbang@163.com

quality of Lingnan yellow-feather chicken soups. The results showed that the comprehensive quality of Lingnan yellow-feather chicken soup with suitable stewing time (2 h) and feeding period (120 d) was the best.

Key words: Lingnan yellow-feather chickens; chicken soup; stewing time; nutrients component; flavor

肉汤因其美味营养、风味温和以及具有较高的饱腹感^[1], 在国内外餐桌上举足轻重。鸡汤是现在发展速度较快的常见肉类汤食之一, 许多研究者针对鸡的品种^[2]、性别^[3]和炖汤的工艺^[4]对鸡汤的营养成分、游离氨基酸、挥发性风味物质等的影响做了大量研究^[5]。Jayasena 等^[6]研究表明, 雄性鸡的丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸等游离氨基酸含量显著高于雌性鸡。有研究发现, 随着熬汤时间的延长, 鸡汤中蛋白浸出物、氨基酸态氮含量不断增加^[7], 鸡汤在 120 min 时的游离氨基酸含量是 10 min 时的 5 倍^[8]。王伟等^[9]比较了不同品种炖鸡汤的风味品质, 结果表明苏北土鸡煲汤的整体风味最佳, 雪山鸡汤风味次之, 肉鸡煲汤风味较差。有研究者^[10,11]发现同种鸡在不同饲养时期的鸡肉品质和风味也有较大的不同, 这也可以说明饲养期对炖鸡汤的品质会有一定的影响。

我国肉鸡品种分为黄羽肉鸡和白羽肉鸡两种, 由于黄羽肉鸡的饲养期较长^[12], 非挥发性风味物质^[13]和挥发性风味物质较多^[14], 肉质较硬且耐咀嚼, 一直是我国南方家庭中炖鸡汤的主要品种, 近年来, 黄羽肉鸡的消费量也在逐年增长^[15]。岭南黄鸡是由广东省农科院畜牧所经多年选育而成的优质黄羽肉鸡, 具有生长快、生产性能高、肉质好的特点, 深受当地消费者的喜爱, 目前关于岭南黄鸡炖鸡汤品质的研究鲜见报道, 这严重制约了其养殖加工的发展。因此, 本文选取了 3 个不同饲养时期的岭南黄鸡 (90 d、120 d、150 d), 分别炖制不同时间 (1 h、2 h、3 h), 探究岭南黄鸡炖鸡汤的营养成分、色泽、游离氨基酸、风味物质等多个方面的变化, 旨在为岭南黄鸡的饲养和加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

90 d、120 d、150 d 岭南黄鸡母鸡由广东省农业科学院动物科学研究所提供。

盐酸、硫酸、氢氧化钠、硼酸、石油醚均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

SOX416 型脂肪测定仪, 德国 Gerhardt 公司; K8400 型全自动凯氏定氮仪, 瑞典 FOSS

ANALYTICAAB 公司; Pocket PAL-1 手持便携式折光仪, 日本 ATAGO 公司; L-8900 全自动氨基酸分析仪, 日本日立公司; Ultra Scan VISX 型全自动色差仪, 美国 Hunter Lab 公司; 6890N/5975B 气相色谱-质谱联用仪, 美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 炖鸡汤的制作工艺

整只鸡屠宰→冷却排酸 24 h→去头、爪等→称重后烧开水焯水 5 min→按料水比 1:2 放入锅中→电磁炉大火 (2200 W) 煮制 15 min→加入 2% (以鸡肉质量为基准) 的盐→小火 (300 W) 分别炖制 1 h、2 h、3 h

鸡汤冷却到室温后进行指标测定。每组鸡汤重复炖制 3 次。

1.3.2 营养成分的测定

粗蛋白和粗脂肪含量的测定: 分别采用 GB/T 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法和 GB/T 5009.6-2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法测定, 并统计鸡汤中粗蛋白和粗脂肪的质量分数; 游离氨基酸组成的测定: 参照 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》, 并统计总游离氨基酸 (total free amino acids, TFAA)、必需氨基酸 (essential amino acids, EAA) 和非必需氨基酸 (nonessential amino acids, NEAA) 的含量, 并以三次测定结果的平均值表示。

1.3.3 汤产出率及可溶性固形物的测定

记录炖制前加入蒸馏水的重量及炖制后鸡汤的重量, 按公式计算鸡汤的产出率。

汤产出率/%=炖制后汤的重量/加入蒸馏水的重量×100%

参照尤梦晨等^[16]的方法, 采用手持便携式折光仪测定鸡汤的可溶性固形物。

1.3.4 色泽的测定

用全自动色差仪测定鸡汤的亮度值 (L*)、红度值 (a*)、黄度值 (b*), 每组样品重复测定 3 次。

1.3.5 挥发性风味物质的测定

固相微萃取 (solid phase micro extraction, SPME): 萃取头 (75 μm CAR/PDMS) 于温度为 250 °C 下进行老化, 老化时间为 1 h; 样品瓶于 50 °C 恒温下平衡 10 min 后进行顶空萃取, 时间为 30 min。

气相色谱-质谱 (Gas Chromatography-Mass

Spectrometer, GC-MS) 条件: 色谱柱为 J&W DB-5MS UI 毛细管色谱柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 起始柱温 40 °C 保持 3 min, 以 5 °C/min 的速率升到 120 °C, 保持 0 min, 然后以 10 °C/min 的速率升到 230 °C 保持 5 min; 载气为高纯氦气, 柱流量为 1.01 mL/min, 不分流。质谱检测器四级杆温度 150 °C, 电子轰击(EI)离子源, 电子能量 70 eV, 离子源温度 230 °C。质谱质量扫描范围 35~500 u。

定性方法: 根据计算机谱库 (Wiley7n.1 和 NIST11.L) 进行化合物的质谱鉴定, 检测出挥发性成分匹配度大于 85 的化合物, 高匹配度为 100。定量方法: 化合物相对百分含量用面积归一法计算, 以三次测定结果的平均值表示。

1.3.6 数据统计分析

运用 Origin 8.0、GraphPad Prism 8.0 和 SPSS 20.0 软件对实验数据进行分析 and 图形绘制, 数据以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示。

2 结果与分析

2.1 鸡汤的营养成分、理化性质分析

不同炖制时间鸡汤的脂肪、蛋白质含量结果见表 1。由表 1 可知, 不同饲养期、炖制时间的岭南黄鸡炖鸡汤的脂肪、蛋白质含量差异显著 ($p < 0.05$)。随着炖制时间的延长, 鸡汤中的脂肪、蛋白质含量逐渐上升,

120 d 3 h 和 150 d 3 h 的脂肪含量最高均为 2.81%, 120 d 3 h 的蛋白质含量最高为 6.17%, 其次是 150 d 3 h, 蛋白质含量为 5.58%, 这均比 2017 年中国食物成分表—鸡汤^[17]的脂肪含量 (2.4%)、蛋白质含量 (1.3%) 高, 说明岭南黄鸡炖鸡汤的营养较丰富, 与陈丹宇等^[7]得出的三黄优质鸡汤的粗蛋白含量较丰富的结果一致。在相同炖制时间内, 90 d 鸡汤的脂肪、蛋白质含量相对较低, 这说明岭南黄鸡的饲养期越长, 炖鸡汤的营养更为丰富。

表 1 中还可知不同炖制时间鸡汤的色泽也有显著差异 ($p < 0.05$)。120 d 2 h 鸡汤的 L* 值最大为 50.91, 这说明该鸡汤较为清亮。各鸡汤的 a* 值在 -3.21~0.55 间, b* 值 1.08~17.12, 这说明各鸡汤的红度较弱, 黄度较高。随着水煮时间的增加, 各鸡汤的 b* 值逐渐升高, 这说明鸡汤颜色逐渐趋于黄色, 这与脂肪随炖制时间延长不断浸出有关。从表 1 中也可知, 汤产出率随着时间的增加而减少, 可溶性固形物则相反, 随着时间的延长而增加, 150 d 3 h 鸡汤的可溶性固形物最高为 18.45%, 这说明鸡汤炖制时间越长, 鸡汤的产出率越少, 营养越丰富, 这与蛋白质、脂肪含量测定结果的趋势一致。黄文全等^[4]研究表明, 鸡汤加热时间不宜过长, 不然容易导致汤汁太少, 达不到制作需求。因此, 选取饲养期为 120 d 炖制 2 h 的岭南黄鸡鸡汤的品质最佳。

表 1 不同炖制时间鸡汤的营养成分及理化性质

Table 1 Nutritional composition and physicochemical properties of chicken soup with different stewing time

名称	脂肪/%	蛋白质/%	L*	a*	b*	汤产出率/%	可溶性固形物/%
90 d 1 h	0.54±0.03 ^d	0.77±0.04 ^h	29.9±0.14 ^h	0.23±0.04 ^b	1.08±0.1 ^f	34.85±0.80 ^c	2.46±0.01 ⁱ
90 d 2 h	0.75±0.01 ^d	1.18±0.03 ^f	32.26±0.09 ^f	0.55±0.04 ^a	3.94±0.15 ^e	21.32±0.59 ^e	4.22±0.01 ^g
90 d 3 h	1.46±0.09 ^b	2.33±0.01 ^d	31.43±0.05 ^g	0.43±0.06 ^{ab}	3.99±0.02 ^e	13.10±0.56 ^g	8.96±0.01 ^d
120 d 1 h	0.63±0.06 ^d	0.90±0.02 ^g	37.26±0.46 ^e	0.31±0.11 ^b	5.12±0.18 ^d	38.95±0.34 ^b	4.76±0.01 ^f
120 d 2 h	1.18±0.01 ^c	3.32±0.01 ^c	50.91±0.48 ^a	-3.21±0.15 ^d	7.16±0.31 ^c	17.32±0.46 ^f	9.90±0.02 ^c
120 d 3 h	2.81±0.25 ^a	6.17±0.03 ^a	43.88±0.17 ^b	-3.11±0.03 ^d	11.6±0.38 ^b	9.85±0.40 ^h	15.83±0.03 ^b
150 d 1 h	0.75±0.06 ^d	0.62±0.01 ⁱ	36.29±0.53 ^d	-0.36±0.07 ^c	3.88±0.22 ^e	47.11±1.61 ^a	3.31±0.02 ^h
150 d 2 h	1.28±0.09 ^{bc}	1.38±0.02 ^e	33.46±0.16 ^e	0.33±0.08 ^b	6.53±0.29 ^c	28.12±0.51 ^d	5.37±0.01 ^e
150 d 3 h	2.81±0.09 ^a	5.58±0.06 ^b	43.58±0.27 ^b	-0.54±0.27 ^c	17.12±1.08 ^a	9.97±1.54 ^h	18.45±0.12 ^a

注: 90 d 1 h 表示饲养期为 90 d, 炖制 2 h, 其他同, 表 2、3 亦同。同列中不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

表 2 不同炖制时间鸡汤的游离氨基酸含量

Table 2 Content of free amino acids in chicken soup with different stewing times

名称	游离氨基酸含量/(mg/kg)								
	90 d 1 h	90 d 2 h	90 d 3 h	120 d 1 h	120 d 2 h	120 d 3 h	150 d 1 h	150 d 2 h	150 d 3 h
天冬氨酸 Asp	106.68±0.04 ^e	136.59±3.33 ^d	243.93±8.47 ^c	81.49±0.49 ^f	260.03±26.13 ^{bc}	350.17±0.85 ^a	79.58±0.21 ^f	140.03±0.88 ^d	271.05±8.55 ^b
苏氨酸 Thr*	172.66±16.99 ^f	232.26±4.21 ^e	440.81±14.71 ^d	107.62±1.16 ^g	678.70±12.03 ^b	909.14±7.62 ^a	179.23±1.07 ^f	260.88±22.44 ^e	525.69±25.31 ^c
丝氨酸 Ser	145.51±0.83 ^{fg}	221.42±5.66 ^e	340.18±30.81 ^d	109.08±1.58 ^g	577.30±22.64 ^b	704.69±2.76 ^a	162.92±0.01 ^f	329.78±4.49 ^d	474.23±30.72 ^c
谷氨酸 Glu	640.54±16.51 ^{de}	826.07±4.26 ^d	1557.80±17.98 ^c	380.59±0.64 ^f	1857.08±167.68 ^b	2467.01±186.05 ^a	558.49±2.04 ^{ef}	750.84±1.69 ^{de}	1692.94±1.53 ^{bc}
甘氨酸 Gly	162.11±16.30 ^g	274.54±9.86 ^f	422.47±13.76 ^d	147.41±1.05 ^g	771.12±3.87 ^b	956.72±32.27 ^a	166.67±1.79 ^g	344.46±5.28 ^e	665.29±24.42 ^c
丙氨酸 Ala	363.29±5.52 ^{fg}	470.10±5.37 ^{ef}	745.20±32.05 ^{cd}	240.34±5.53 ^g	1042.50±187.16 ^b	1309.55±130.75 ^a	314.37±7.05 ^{fg}	571.90±6.19 ^{de}	830.51±40.39 ^c
缬氨酸 Val*	57.53±4.62 ^f	74.05±4.29 ^e	120.83±7.95 ^c	36.35±0.21 ^g	160.36±12.42 ^b	196.41±3.22 ^a	46.50±0.57 ^{fg}	96.77±4.45 ^d	168.27±7.40 ^b
甲硫氨酸 Met*	23.61±4.11 ^{ef}	32.28±0.92 ^{de}	73.72±4.59 ^c	12.33±0.01 ^f	107.33±10.63 ^b	133.82±5.87 ^a	21.46±7.24 ^{ef}	42.11±1.89 ^d	96.92±3.26 ^b
异亮氨酸 Ile*	21.81±3.34 ^f	43.26±3.32 ^e	47.92±1.56 ^{de}	19.11±0.42 ^f	93.10±2.04 ^b	111.93±6.26 ^a	16.14±0.84 ^f	52.40±2.40 ^d	85.06±3.49 ^c
亮氨酸 Leu*	54.40±6.43 ^e	98.82±0.97 ^d	121.06±2.57 ^d	41.24±0.74 ^e	200.91±23.67 ^b	257.21±5.99 ^a	31.49±7.16 ^c	109.39±12.83 ^d	156.09±6.02 ^e
酪氨酸 Tyr	51.47±2.84 ^f	88.99±3.61 ^e	110.83±5.13 ^d	28.61±2.08 ^g	127.51±3.17 ^c	211.69±14.11 ^a	46.76±0.64 ^f	122.38±2.98 ^{cd}	173.35±4.96 ^b
苯丙氨酸 Phe*	37.53±4.55 ^f	61.88±3.55 ^e	83.29±1.76 ^d	26.61±1.14 ^g	132.73±6.36 ^b	156.97±1.69 ^a	31.57±4.53 ^{fg}	113.96±7.16 ^c	153.82±1.51 ^a
β-丙氨酸 β-Ala	118.63±4.88 ^f	196.45±2.98 ^e	419.82±9.48 ^b	82.31±0.84 ^g	353.95±16.09 ^c	464.87±33.35 ^a	71.99±1.18 ^g	148.69±1.27 ^f	234.59±18.00 ^d
鸟氨酸 Orn	3.76±0.17 ^d	8.06±0.92 ^d	14.33±1.72 ^c	5.21±0.62 ^d	24.27±4.49 ^b	34.20±1.05 ^a	6.69±0.05 ^d	5.22±0.09 ^d	36.64±5.47 ^a
赖氨酸 Lys*	110.80±5.58 ^f	165.23±6.32 ^e	323.41±1.29 ^c	92.65±1.22 ^f	367.17±14.01 ^b	628.81±36.66 ^a	105.13±1.29 ^f	232.88±0.11 ^d	329.28±6.82 ^e
精氨酸 Arg	130.12±9.23 ^e	172.71±2.20 ^e	341.83±37.37 ^c	54.47±0.47 ^f	421.45±41.26 ^b	530.63±11.28 ^a	60.16±7.44 ^f	232.58±3.49 ^d	365.26±4.84 ^e
羟脯氨酸 Hypro	28.42±5.77 ^{de}	46.87±3.56 ^d	74.59±2.11 ^c	14.47±0.71 ^e	79.56±12.59 ^c	115.67±4.24 ^b	88.07±1.76 ^c	117.66±13.44 ^b	248.33±17.08 ^a
脯氨酸 Pro	114.69±1.80 ^e	160.46±9.23 ^d	275.65±8.66 ^b	47.67±2.38 ^f	207.90±4.20 ^c	342.69±4.48 ^a	47.49±0.37 ^f	57.45±4.19 ^f	169.99±12.13 ^d
TFAA	2343.50	3310.00	5757.58	1527.52	7462.89	9882.14	2034.62	3729.32	6677.24
EAA	478.31	707.77	1211.01	335.89	1740.27	2394.28	431.49	908.36	1515.10
NEAA	1865.19	2602.23	4546.57	1191.63	5722.62	7487.86	1603.13	2820.96	5162.14
EAA/TFAA	20.41%	21.38%	21.03%	21.99%	23.32%	24.23%	21.21%	24.36%	22.69%

注: 同行中不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$); *表示该氨基酸为必需氨基酸。

2.2 鸡汤中游离氨基酸含量比较

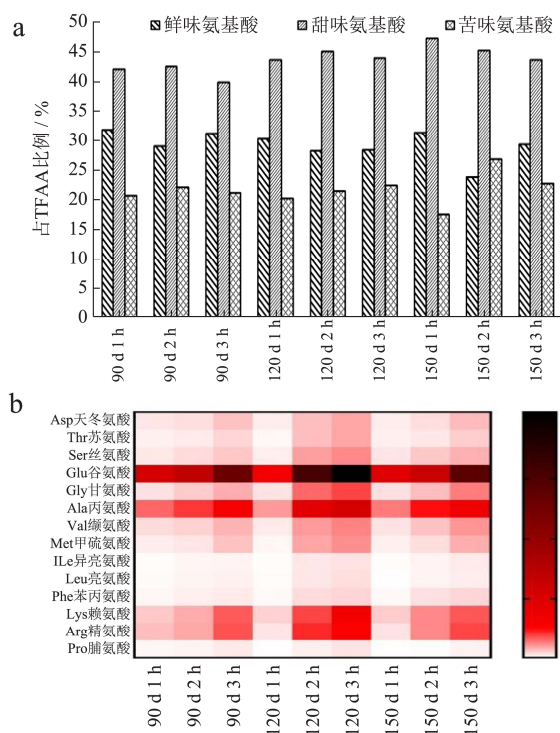


图1 不同炖制时间鸡汤中呈味氨基酸占 TFAA 比例及 TAV 值
Fig.1 The proportion of flavor amino acids to TFAA and TAV values in chicken soup with different stewing times

肉汤中各游离氨基酸的绝对含量和相对平衡决定了肉汤的独特滋味^[18]。表2为不同炖制时间鸡汤的游离氨基酸含量,由表2可知,各鸡汤中检测出18种游离氨基酸,其中含有必需氨基酸7种,非必需氨基酸11种,鸡汤中必需氨基酸占其总游离氨基酸比例(EAA/TFAA)最高的是120 d 3 h、150 d 2 h,分别为24.23%、24.36%。不同饲养期、炖制时间的鸡汤的游离氨基酸含量差异显著($p < 0.05$),随着炖制时间的增加,鸡汤中各游离氨基酸的含量均在不断上升,其中120 d 3 h鸡汤的TFAA最高,为9882.14 mg/kg,远高于90 d 3 h鸡汤(5757.58 mg/kg)和150 d 3 h鸡汤(6677.24 mg/kg),是120 d 1 h鸡汤的6倍,这说明选取饲养期为120 d的岭南黄鸡炖鸡汤的游离氨基酸含量最高。各鸡汤中最主要的游离氨基酸为谷氨酸,其次为丙氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丝氨酸等,最低为鸟氨酸,这与翟明勇^[19]的研究结果一致。与本文结果不同的是,Qi等^[12]结果表明黄羽肉鸡炖鸡汤中最主要的游离氨基酸为赖氨酸,这可能与本文中炖鸡汤添加了食盐有关。诸琼姐等^[20]研究表明随着煮制时间的延

长,食盐可以促进游离氨基酸的溶出。

鸡汤的滋味取决于各呈味氨基酸的含量,其中谷氨酸、天冬氨酸呈鲜味,甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸呈甜味,苯丙氨酸、酪氨酸、精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸则呈苦味。TAV值表示各个呈味氨基酸的含量与其阈值的比,参照Zhuang等^[21]的方法,分析各鸡汤中鲜味、甜味、苦味氨基酸占TFAA比例及TAV值如图1所示。由图1a可以看出,各鸡汤中甜味氨基酸含量占TFAA比例较高,在39.93%~47.12%内,其次为鲜味氨基酸,苦味氨基酸占比较低,由此可以说明各鸡汤主要以甜鲜味为主,这与王天泽等^[22]分析的北京油鸡鸡汤的呈味氨基酸结果一致。从图1b中可以看出各鸡汤中TAV最高的为谷氨酸,其次是丙氨酸、赖氨酸、精氨酸等,在各鸡汤中谷氨酸提供主要的鲜味,甜味主要由丙氨酸提供,赖氨酸、精氨酸是主要的苦味氨基酸。研究表明^[23],苦味氨基酸的值较低时,可以适当的提高其它氨基酸呈味的复杂性和鲜度。120 d 2 h、120 d 3 h的主要呈味氨基酸高于其它7组鸡汤,其鸡汤滋味更为鲜美。

2.3 鸡汤中挥发性风味物质比较

鸡汤的风味物质形成受到多种因素的影响^[24,25],通过SPME-GC-MS分析不同饲养期、炖制时间岭南黄鸡鸡汤的挥发性风味成分见表3,由表3可知,岭南黄鸡炖鸡汤的挥发性风味成分共鉴定出有85种,其中含有醇类5种、醛类21种、烷烃类45种、酮类2种、酯类4种、芳香烃6种和其它化合物2种,这高于Qi等^[12]报道的黄羽肉鸡的挥发性风味物质种类(42种)和张艳等^[3]报道的青脚麻鸡的挥发性风味物质种类(76种),这是由于岭南黄鸡炖鸡汤中的烷烃类化合物种类较多的原因。不同饲养期、炖制时间的岭南黄鸡鸡汤均含有相同风味物质14种,分别为1-辛烯-3-醇、辛醇、己醛、2-庚烯醛、辛醛、反式-2-辛烯醛、壬醛、反式-2-壬烯醛、十二烷、十六烷、正戊烷、正二十五烷、甲氧基苯酚、2-正戊基咪唑等,其中己醛的相对含量高达50%左右,与尚易^[26]和蔡宇^[27]研究的结果相似,这说明不同饲养期、炖制时间的鸡汤中挥发性风味物质组成的化合物种类虽多,但主要的挥发性成分相差较小。其中己醛是由n-6多不饱和脂肪酸氧化产生的,辛醛和壬醛则是由n-9多不饱和脂肪酸氧化产生的。

表3 不同炖制时间鸡汤的挥发性风味成分表

Table 3 List of volatile flavor compounds of chicken soup with different stewing times

分类	名称	保留时间/min	相对含量/%								
			90 d 1 h	90 d 2 h	90 d 3 h	120 d 1 h	120 d 2 h	120 d 3 h	150 d 1 h	150 d 2 h	150 d 3 h
醇类	1-辛烯-3-醇	15.31	0.68	0.81	0.92	0.78	1.18	0.82	0.92	0.85	2.09
	庚醇	14.99	ND	0.30	0.32	ND	ND	0.41	ND	0.30	0.55
	正戊醇	7.46	ND	0.90	0.88	ND	1.38	2.01	ND	ND	ND
	辛醇-2	16.11	ND	ND	ND	ND	3.93	3.76	0.98	ND	1.70
	辛醇	18.36	0.80	0.53	0.28	0.32	0.23	0.82	1.13	1.26	0.45
醛类	正戊醛	5.23	ND	ND	ND	ND	ND	1.69	0.83	1.56	ND
	异戊醛	6.18	3.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	己醛	9.37	52.63	51.36	58.35	57.62	51.87	53.30	49.92	50.02	54.57
	2-己烯醛	10.96	0.80	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	水芹醛	12.63	3.27	2.60	2.09	3.38	1.84	1.70	ND	ND	ND
	2-庚烯醛	11.64	6.36	2.49	1.71	5.30	2.81	1.29	5.33	2.82	1.62
	正庚醛	12.37	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.19	1.97	1.98
	辛醛	16.19	4.07	2.52	2.78	3.24	2.70	2.08	1.99	1.66	1.18
	反式-2-辛烯醛	18.09	5.11	2.70	2.67	3.35	1.87	6.09	4.04	2.63	1.50
	壬醛	19.53	2.80	3.38	2.74	3.66	2.57	2.19	2.18	0.86	1.26
	反式-2-壬烯醛	21.18	0.62	0.30	0.32	0.73	0.58	0.96	0.87	0.92	0.88
	癸醛	22.33	0.24	0.10	0.15	0.45	ND	0.68	0.56	ND	0.94
	(E,E)-2,4-壬二烯醛	22.62	ND	ND	ND	0.21	ND	ND	ND	1.26	ND
	反式-2-癸烯醛	23.65	ND	0.33	ND	0.16	0.19	ND	0.29	ND	ND
	反,反-2,4-癸二烯醛	24.85	0.49	ND	ND	ND	0.52	0.67	0.83	ND	0.88
	(Z)-2-壬烯醛	21.18	ND	ND	ND	0.14	ND	ND	0.89	0.29	0.94
	2-十一烯醛	25.70	0.61	ND	0.30	ND	0.75	ND	ND	ND	ND
	反式-2-十二烯醛	19.08	0.42	0.26	2.34	ND	ND	ND	0.33	ND	0.51
	缬草醛	24.98	4.04	4.53	4.09	ND	4.72	ND	ND	ND	0.90
	(E)-2-庚烯醛	14.41	ND	ND	ND	1.45	2.97	0.87	ND	ND	ND
反式-2-己烯醛	10.87	0.82	0.33	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
烷烯炔类	4,7-二甲基-十一烷	15.24	ND	ND	ND	ND	ND	0.40	0.36	0.16	ND
	3,3-二甲基己烷	15.70	ND	ND	ND	ND	ND	2.56	ND	1.52	ND
	十二烷	21.90	0.23	0.12	1.63	0.32	0.16	0.84	1.68	0.29	0.54
	十六烷	23.85	0.34	0.04	0.18	0.25	0.85	0.89	0.22	0.55	0.70
	十七烷	30.91	ND	0.15	0.19	ND	1.55	1.82	1.34	0.80	ND
	十五烷	24.03	ND	0.12	ND	0.45	0.60	ND	0.49	0.32	0.52
	二十烷	27.75	ND	ND	0.41	0.63	0.68	ND	0.56	0.29	0.45
	正二十六烷	28.48	ND	ND	0.16	ND	ND	0.86	ND	ND	ND
	十八烷	32.43	ND	ND	0.70	ND	ND	ND	ND	ND	0.51
	正十九烷	34.16	ND	ND	ND	0.48	ND	ND	0.28	0.20	0.22
	正戊烷	2.25	0.70	6.11	2.55	4.53	5.39	2.46	1.97	2.25	1.50
	正二十八烷	28.46	0.09	0.64	0.11	0.24	ND	ND	0.28	ND	ND
	9-辛基十一烷	24.81	ND	ND	ND	0.42	ND	ND	ND	ND	0.63
	四十四烷	28.47	ND	ND	0.10	0.40	1.66	ND	ND	ND	0.78
	正二十一烷	27.76	0.21	0.34	0.33	1.75	0.93	ND	ND	ND	ND
2,3,6-三甲基癸烷	14.23	0.69	1.49	0.16	ND	0.28	0.27	2.79	1.40	ND	

续表 3

分类	名称	保留时间/min	相对含量/%								
			90 d 1 h	90 d 2 h	90 d 3 h	120 d 1 h	120 d 2 h	120 d 3 h	150 d 1 h	150 d 2 h	150 d 3 h
烷烯炔类	3,7-二甲基葵烷	17.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.18	2.85	2.59
	3,6-二甲基葵烷	17.88	ND	ND	ND	ND	ND	4.02	2.67	2.80	4.11
	溴代十二烷	18.42	0.14	ND	ND	ND	ND	0.21	ND	ND	ND
	正二十五烷	25.51	0.32	0.76	0.47	0.32	0.75	0.37	0.13	0.42	0.27
	1-丁基-2-甲基环丙烷	8.68	ND	0.74	ND	ND	0.20	0.36	ND	ND	ND
	5-甲基-5-丙基壬烷	15.28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.25	0.42
	2,6-二甲基壬烷	30.73	ND	ND	ND	ND	0.34	ND	ND	1.89	1.66
	4-甲基辛烷	7.44	ND	0.31	ND	ND	ND	0.30	0.20	1.33	ND
	2-甲基葵烷	24.78	ND	0.32	0.46	ND	ND	ND	ND	ND	0.30
	4-己基葵烷	17.80	ND	1.02	0.78	0.25	0.29	ND	ND	ND	ND
	1-碘十二烷	23.86	ND	0.22	0.21	ND	ND	0.37	ND	1.22	ND
	5-乙基-2-甲基辛烷	24.80	ND	0.93	0.67	1.88	ND	0.36	0.21	ND	ND
	4-甲基十四烷	24.02	ND	0.32	ND	0.90	0.67	ND	0.85	ND	ND
	2-甲基-5-丙基壬烷	23.82	ND	1.46	ND	1.04	0.40	ND	ND	ND	ND
	3-甲基-3-乙基庚烷	23.84	ND	1.47	ND	ND	ND	0.21	ND	ND	ND
	4-甲基庚烷	2.53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.71	0.59
	对伞花烃	13.82	ND	0.37	ND	ND	ND	0.87	ND	ND	ND
	三氯甲烷	4.51	ND	ND	0.78	ND	0.81	0.20	ND	ND	ND
	5-丙基-3-甲基壬烷	23.82	ND	ND	ND	ND	0.19	ND	ND	ND	ND
	7,9-二甲基-十六烷	20.94	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.13	ND
	2,6,11-三甲基十二烷	17.28	ND	ND	ND	0.39	ND	ND	0.41	0.42	0.25
	正二十七烷	22.20	0.16	ND	0.16	0.70	ND	0.16	0.29	ND	0.19
	2,4-二甲基-1-庚烯	6.25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.17	5.27	5.01
	1-丁基环戊烯	8.31	ND	ND	ND	0.49	ND	ND	ND	ND	ND
	d-柠檬烯	17.14	1.07	2.71	ND	ND	0.49	ND	ND	1.55	ND
	苯乙烯	12.23	ND	ND	ND	ND	0.19	0.45	ND	2.04	ND
	双戊烯	17.35	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.64	ND
	苯并环丁烯	12.36	ND	ND	ND	0.28	0.20	0.17	ND	ND	ND
	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	14.79	1.51	2.39	1.95	ND	ND	ND	ND	ND	1.16
	酮类	丁基异丙基酮	22.75	ND	ND	ND	ND	0.26	ND	ND	ND
2-庚酮		12.18	0.28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
酯类	甲酸辛酯	18.42	0.76	0.39	ND	0.50	ND	ND	ND	ND	ND
	正己酸乙酯	15.91	ND	ND	ND	ND	0.51	ND	0.21	ND	0.36
	乙酸异戊酯	11.73	ND	0.29	0.67	ND	ND	0.53	0.37	ND	ND
	丁酸异戊酯	17.94	0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.31
芳香烃	邻二甲苯	11.44	ND	0.39	ND	ND	0.37	ND	0.36	ND	0.16
	苯	5.41	1.11	0.25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	对二甲苯	11.54	ND	0.27	0.29	ND	ND	0.71	ND	ND	ND
	甲氧基苯肼	12.76	3.83	1.05	5.62	2.39	1.36	0.42	1.19	1.59	1.80
	间异丙基甲苯	16.99	0.61	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	邻异丙基甲苯	16.89	ND	0.48	ND	ND	0.18	ND	ND	ND	ND
其它	二甲基二硫	6.72	ND	ND	0.41	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2-正戊基咪喃	15.72	0.59	1.43	1.05	0.61	0.58	0.85	0.51	2.70	2.97

注: ND表示未检测出。

表4 不同炖制时间鸡汤各挥发性风味物质的种类和相对含量

Table 4 The types and relative contents of volatile flavor compounds in chicken soup with different stewing times

名称	醇类	醛类	烷烯烃类	酮类	酯类	芳香烃	其它	总计	
90 d 1 h	种类	2	15	12	1	2	3	1	36
	相对含量/%	1.48	85.44	5.65	0.28	1.01	5.55	0.59	100
90 d 2 h	种类	4	12	21	0	2	5	1	45
	相对含量/%	2.54	70.9	22.03	0	0.68	2.42	1.43	100
90 d 3 h	种类	4	11	19	0	1	2	2	39
	相对含量/%	2.40	77.54	12.00	0	0.67	5.91	1.48	100
120 d 1 h	种类	2	12	19	0	1	1	1	36
	相对含量/%	1.10	79.69	15.71	0	0.5	2.39	0.61	100
120 d 2 h	种类	4	12	20	1	1	3	1	42
	相对含量/%	6.72	73.39	16.63	0.26	0.51	1.91	0.58	100
120 d 3 h	种类	5	11	21	0	1	2	1	41
	相对含量/%	7.82	71.52	18.15	0	0.53	1.13	0.85	100
150 d 1 h	种类	3	13	19	0	2	2	1	40
	相对含量/%	3.03	70.25	24.08	0	0.58	1.55	0.51	100
150 d 2 h	种类	3	10	24	0	0	1	1	39
	相对含量/%	2.41	63.99	29.30	0	0	1.59	2.71	100
150 d 3 h	种类	4	12	20	0	2	2	1	41
	相对含量/%	4.79	67.16	22.45	0	0.67	1.96	2.97	100

不同饲养期、炖制时间岭南黄鸡鸡汤中各类挥发性风味物质的种类数和相对含量见表4,从表4中可以看出,各鸡汤中醛类和烷烯烃类化合物的占比较高,分别为63.99%~85.44%、5.65%~29.30%,烷烯烃类化合物的种类较多,均含有12种以上,90 d 2 h鸡汤的挥发性风味物质种类最多为45种。鸡汤中的挥发性风味主要由醛类化合物提供,研究表明醛类化合物一般由脂肪氧化产生,香味阈值较低,对产品中风味的构成起到不可替代的作用^[28]。各鸡汤在炖制1 h后的醛类化合物相对含量较高,随后均有一定程度的下降。烷烃类化合物主要由脂肪酸烷氧自由基的均裂产生,各鸡汤中烷烃类化合物的种类虽多,但由于其香味阈值较高,相对含量较少,对风味的直接贡献不大,但对提高整体风味有一定的作用。此外,各鸡汤中均含有的杂环类化合物2-正戊基咪喃,其香味阈值低,也是影响鸡汤品质的关键风味物质之一^[29]。而各鸡汤中醇类、酮类、酯类、芳香烃类等化合物种类少、相对含量低,香味阈值高,对鸡汤的特征风味影响作用不明显。

3 结论

3.1 岭南黄鸡炖鸡汤过程中的脂肪含量、蛋白质含量、b*值、可溶性固形物含量均随时间的延长而上升,汤产出率则相反,随着时间的增加而减少。选取饲养

期为120 d,炖制时间为2 h的岭南黄鸡鸡汤品质最佳,此时鸡汤的L*值、脂肪含量、蛋白质含量、可溶性固形物含量、汤产出率分别为50.91%、1.18%、3.32%、9.90%、17.32%,鸡汤色泽清亮、营养较为丰富,汤产出率适宜。

3.2 进一步分析了各鸡汤中含有的18种游离氨基酸,随着炖制时间的增加,鸡汤中各游离氨基酸含量均在不断上升。谷氨酸、丙氨酸为鸡汤中主要的游离氨基酸和呈味氨基酸。120 d 2 h、120 d 3 h鸡汤的谷氨酸含量(1857.08 mg/kg、2467.01 mg/kg)、丙氨酸含量(1042.50 mg/kg、1309.55 mg/kg)显著大于其它七组鸡汤,其滋味更为鲜美。

3.3 鉴定出各鸡汤的挥发性风味成分共85种,其中醛类和烷烯烃类化合物占比较高分别为63.99%~85.44%、5.65%~29.30%。各鸡汤共同含有的14种风味物质中,己醛的相对含量最高达50%左右。90 d 2 h和120 d 2 h鸡汤的挥发性风味成分相对复杂,种类分别为45种和42种。不同饲养期、炖制时间的岭南黄鸡炖鸡汤的品质有较大的差异,炖制时间和饲养期均不宜过长,以饲养期为120 d炖制2 h的岭南黄鸡鸡汤的综合品质最佳。

参考文献

[1] Chiang P D, Yen C T, Mau J L. Non-volatile taste

- components of various broth cubes [J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 932-937
- [2] 肖丽翠,闫征,王道营,等.基于模糊感官评价的黄羽肉鸡品种对鸡汤品质影响分析[J].肉类研究,2020,34(3):45-50
XIAO Licui, YAN Zheng, WANG Daoying, et al. Effect of breed on chicken broth properties of yellow-feathered broilers based on fuzzy sensory evaluation [J]. Meat Research, 2020, 34(3): 45-50
- [3] 张艳,夏杨毅,何翠,等.基于肉鸡性别的鸡汤挥发性物质主成分分析[J].食品与机械,2016,32(7):23-28
ZHANG Yan, XIA Yangyi, HE Cui, et al. Principal component analysis of volatile compounds in chicken soup based on the gender of broiler [J]. Food & Machinery, 2016, 32(7): 23-28
- [4] 黄文垒,钱静,逢健.鸡清汤的制作工艺及影响因素分析[J].食品研究与开发,2017,38(11):122-127
HUANG Wenlei, QIAN Jing, FENG Jian. Study oil process and influence factors of chicken broth [J]. Food Research and Development, 2017, 38(11): 122-127
- [5] Krasnow M, Bunch T, Shoemaker C, et al. Effects of cooking temperatures on the physicochemical properties and consumer acceptance of chicken stock [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(7): 19-23
- [6] Jayasena D D, Jung S, Kim H J, et al. Effect of sex on flavor-related and functional compounds in freeze-dried broth made from Korean native chicken [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2014, 34(4): 448-456
- [7] 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
CHEN Yudan, RUI Hanming, ZHANG Liyan. Effect of species of chicken on the qualities of chicken soup [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(11): 1212-1216
- [8] 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):333-342
CHANG Yanan, ZHAO Gaiming, LIU Yanxia, et al. Changes of free amino acids in chicken and its broth during cooking [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(9): 333-342
- [9] 王炜,诸永志,宋玉,等.不同品种鸡汤风味品质比较研究[J].江西农业学报,2012,24(6):149-152
WANG Wei, ZHU Yongzhi, SONG Yu, et al. Comparative study on flavor quality of chicken soup made of different chicken breeds [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2012, 24(6): 149-152
- [10] 巨晓军,束婧婷,章明,等.不同品种、饲养周期肉鸡肉品质和风味的比较分析[J].动物营养学报,2018,30(6):2421-2430
JU Xiaojun, SU Jingting, ZHANG Ming, et al. Comparison analysis of meat quality and flavor of different breeds and feeding periods of broilers [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(6): 2421-2430
- [11] Jayasena D D, Jung S, Kim H J, et al. Taste-active compound levels in Korean native chicken meat: the effects of bird age and the cooking process [J]. Poultry Science, 2015, 94(8): 1-9
- [12] QI Jun, LIU Dengyong, ZHOU Guanghong, et al. Characteristic flavor of traditional soup made by stewing Chinese yellow-feather chickens [J]. Journal of Food Science, 2017, 82(7): 2031-2040
- [13] Tang H, Gong Y Z, Wu C X, et al. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken [J]. Poultry Science, 2009, 88(10): 2212-2218
- [14] 陈建良,芮汉明,陈号川.不同鸡种的鸡肉挥发性风味特性的比较研究[J].现代食品科技,2009,25(10):1129-1134
CHEN Jianliang, RUI Hanming, CHEN Haochuan. Comparison of volatile flavor characteristic of different kinds of chicken muscles [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(10): 1129-1134
- [15] 郑麦青,李鸿志,高海军,等.2016年我国肉鸡产业发展监测报告[J].中国家禽,2017,39(10):69-72
ZHENG Maiqing, LI Hongzhi, GAO Haijun, et al. Monitoring report on the development of China's broiler industry in 2016 [J]. China Poultry, 2017, 39(10): 69-72
- [16] 尤梦晨,徐欣如,薛丹丹,等.10种食用菌对高汤风味品质的影响[J].食品科学,2018,39(14):282-287
YOU Mengchen, XU Xinru, XUE Dandan, et al. Study on the effect of 10 kinds of edible fungi on flavor quality of soup stock [J]. Food Science, 2018, 39(14): 282-287
- [17] 杨育才,王雪峰,王桂瑛,等.鸡汤的研究现状及展望[J].食品工业科技,2019,40(7):285-295
YANG Yucui, WANG Xuefeng, WANG Guiying, et al. Research status and development trend of chicken soup [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(7): 285-295
- [18] Keska P, Stadnik J. Taste-active peptides and amino acids of pork meat as components of dry-cured meat products: an in-silico study [J]. Journal of Sensory Studies, 2017, 32(8): 1-9
- [19] 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
ZHAI Mingyong. Cooking technology and nutritional

- characteristics of pork chop soup and chicken soup [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008
- [20] 诸琼姐,祝超智,赵改名,等.煮制过程中食盐引起猪肉汤成分含量变化的研究[J].食品工业科技,2019,44(20):7-12
ZHU Qiongniu, ZHU Chaozhi, ZHAO Gaiming, et al. Changes of pork broth composition contents caused by salt during cooking [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 44(20): 7-12
- [21] ZHUANG Kejin, WU Na, WANG Xichang, et al. Effects of 3 feeding modes on the volatile and nonvolatile compounds in the edible tissues of female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Food Science, 2016, 81(4): 968-981
- [22] 王天泽,谭佳,杜文斌,等.北京油鸡鸡汤滋味物质分析[J].食品科学,2020,41(8):159-164
WANG Tianze, TAN Jia, DU Wenbin, et al. Analysis of taste compounds in stewed chicken broth of Beijing youji [J]. Food Science, 2020, 41(8): 159-164
- [23] Hanifah L, Anton A, Kensaku T, et al. Umami taste enhancement of MSG/NaC I mixtures by subthreshold L- α -aromatic amino acids [J]. Journal of Food Science, 2006, 70(7): 401-405
- [24] Takakura Y, MizushiMa M, Hayashi K, et al. Characterization of the key aroma compounds in chicken soup stock using aroma extract dilution analysis [J]. Food Science and Technology Research, 2014, 20(1): 109-113
- [25] 杨育才,王桂瑛,谷大海,等.食盐对鸡汤挥发性风味物质的影响[J].核农学报,2020,34(6):1248-1256
YANG Yucui, WANG Guiying, GU Dahai, et al. Effect of salt on the volatile flavor compounds of chicken soup [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2020, 34(6): 1248-1256
- [26] 尚易.鸡汤特征香气分析与鸡肉香精制备工艺的研究[D].上海:上海应用技术学院,2015
SHANG Yi. Aroma characteristic of chicken soup and preparation of chicken flavor [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2015
- [27] 蔡宇.鸡汤中关键香气物质的鉴定及其鸡肉香精的制备[D].广州:华南理工大学,2015
CAI Yu. Identification of characteristic aroma compounds and preparation of chicken broth flavors [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015
- [28] Soncin S, Chiesa L M, Cantoni C, et al. Preliminary study of the volatile fraction in the raw meat of pork, duck and goose [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2007, 20(5): 436-439
- [29] Fay L B, Brevard H. Contribution of mass spectrometry to the study of the Maillard reaction in food [J]. Mass Spectrometry Reviews, 2005, 24(4): 487-507
-
- (上接第 389 页)
- [62] 邓乾春,黄凤洪,黄庆德,等.亚麻籽油软胶囊缓解视疲劳作用[J].食品研究与开发,2011,32(1):118-122
DENG Qianchun, HUANG Fenghong, HUANG Qingde, et al. Alleviating eye fatigue evaluation of flaxseed oil soft capsule [J]. Food Research and Development, 2011, 32(1): 118-122
- [63] 刘尊,汪勇,Martin J T Reaney,等.亚麻籽环肽混合物抑制霉菌生长繁殖活性[J].食品与发酵工业,2018,44(3):30-34
LIU Zun, WANG Yong, Martin J T Reaney, et al. Antifungal activity of flaxseed cyclolinopeptides mixtures [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(3): 30-34
- [64] 邝婉涓,邓彩间,林乔禹,等.红花油茶籽油的抑菌和抗氧化作用研究[J].中国油脂,2010,35(9):25-28
KUANG Wanmei, DENG Caijian, LIN Qiaoyu, et al. Antimicrobial properties antioxidative activities of safflower camellia seed oil [J]. China Oils and Fats, 2010, 35(9): 25-28
- [65] A M S, A R T M, B P R S, et al. Dietary flaxseed oil improve boar semen quality, antioxidant status and *in vivo* fertility in humid sub-tropical region of northeast India - Science Direct [J]. Theriogenology, 2021, 159: 123-131
- [66] A K S, B B S, A A K, et al. Influence of microwave roasting on chemical composition, oxidative stability and fatty acid composition of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil [J]. Food Chemistry, 2020, 326: 126974
- [67] Waszkowiak K, Mikołajczak B. The effect of roasting on the protein profile and antiradical capacity of flaxseed meal [J]. Foods, 2020, 9(10): 1383
- [68] Dominguez T E, Kaur K, Burri L. Enhanced omega-3 index after long- versus short-chain omega-3 fatty acid supplementation in dogs [J]. Veterinary Medicine and Science, 2020
- [69] A M N, D P Z, E M J P, et al. Lipidomic characterization of omega-3 polyunsaturated fatty acids in phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine species of egg yolk lipid derived from hens fed flaxseed oil and marine algal biomass [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2020, 161: 102178