

常压和真空浓缩对鸡汤中游离氨基酸的影响

Effects of atmospheric and vacuum concentration on free amino acids of chicken soup

吴佳¹ 夏杨毅^{1,2} 晏梦溪¹ 张国星¹

WU Jia¹ XIA Yang-yi^{1,2} YAN Meng-xi¹ ZHANG Guo-xing¹

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

摘要:将传统鸡汤进行常压和真空浓缩,研究鸡汤中氨基酸等相关指标的变化。结果表明:常压和真空浓缩鸡汤的粗蛋白、低聚肽和还原糖含量均随着浓缩比的增加而逐渐减少;同一浓缩比条件下,真空浓缩鸡汤的粗蛋白含量低于常压($P<0.05$),而真空浓缩鸡汤的低聚肽和浓缩比 $>1:2$ (体积比)鸡汤中的还原糖含量高于常压($P<0.05$)。无论是常压还是真空,游离氨基酸随着浓缩比的增大呈先显著增加后显著降低的趋势($P<0.05$),常压浓缩比在 $1:2$ (体积比)、真空浓缩比在 $1:3$ (体积比)时,各种游离氨基酸的含量达到峰值。就同一浓缩比,常压浓缩鸡汤游离氨基酸总量显著高于真空浓缩鸡汤($P<0.05$)。因此,蒸发浓缩的条件和比例对鸡汤中游离氨基酸的变化有较大影响,进而影响鸡汤的风味品质。

关键词:鸡汤;浓缩;游离氨基酸

Abstract: The changes of amino acid and other related indexes in chicken soups which were concentrated under atmospheric pressure and vacuum were studied. The results were as follows: with the increase of concentration ratio, the contents of crude protein, oligopeptide and reducing sugar in chicken soups were gradually reduced. Under the same concentration ratio, the crude protein content in atmospheric concentration chicken soups was higher than that in vacuum concentration chicken soups ($P<0.05$), while the oligopeptide content in vacuum concentration chicken soups and the reducing sugar in chicken soups with concentration ratio greater than $1:2$ were higher than that in atmospheric concentration chicken soups ($P<0.05$). The content of total free amino acids in chicken soups,

both concentrated under atmospheric pressure and vacuum, increased first and then decreased with the increase of the concentration ratio ($P<0.05$). When the concentration ratio up to $1:2$ under atmospheric pressure and $1:3$ under vacuo, the content of the free amino acids was highest. With regard to the same concentration ratio, the content of total free amino acids in atmospheric concentration chicken soup was significantly higher than that in vacuum concentration one ($P<0.05$). Therefore, the conditions and proportion of evaporation and concentration had a great impact on the change of free amino acids in chicken soup, which in turn affected its flavor quality.

Keywords: chicken soup; concentration; free amino acids

鸡汤滋味鲜美、营养丰富、且食疗功效显著,因此深受大众喜爱。国内外对鸡汤的研究主要集中在鸡汤中的营养^[1]、风味^[2]、贮藏^[3]以及食疗功能^[4]等方面。相关研究表明不同品种^[5]、性别^[6]、部位^[7]的鸡,不同的煮制器皿^[8]、时间^[9]、压力^[10]等工艺条件以及预炒、醋泡^[11]、酶解^[12]等前处理的差异对鸡汤中的营养成分和风味物质的组成和含量都有显著的影响;同时不同的灌装方式^[13]、杀菌条件^[14]、贮藏温度^[15]也影响着鸡汤的品质及货架期。浓缩是一种食品加工工艺,而中国对鸡汤的浓缩研究较少,刘超楠^[16]研究了常压和真空浓缩鸡汤理化指标的差异,张颖等^[17]研究了不同浓缩方式对鸡汤中挥发性风味物质的影响,而对浓缩过程中相关物质变化的研究未见报道。

浓缩可以除去物料中部分水分,减少产品体积与重量,降低贮运费用,还有助于提高食品浓度、降低水分活度,延长货架期^[18]。工业上一般采用常压和真空浓缩,常压和真空浓缩都属加热蒸发过程,在热的作用下,鸡汤中的物质会发生相应的化学反应。鸡汤中的氨基酸是鸡汤营养和风味的重要贡献者,在浓缩过程中氨基酸可来自蛋白质、多肽的降解,又可同还原糖发生美拉德反应形成醛类、酮类、醇类和酯类等挥发性物质,还可以和脂类氧

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303082-7);四川省科技支撑计划(编号:2016NZ0003-05)

作者简介:吴佳,女,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:夏杨毅(1970—),男,西南大学副教授,硕士导师,博士。

E-mail: 265835528@qq.com

收稿日期:2018-08-01

化产物反应,形成特有风味物质^[19]。因此,试验基于传统鸡汤,通过常压和真空浓缩,分析浓缩方式和浓缩比对游离氨基酸的影响,为系统探讨浓缩鸡汤的风味品质特性提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青脚麻鸡鸡胸肉:12月龄,湖南省湘佳牧业股份有限公司;

盐酸、三氯乙酸、EDTA、无水硫酸铜、硫酸钾、浓硫酸、甲基红指示剂、亚甲基蓝指示剂、氢氧化钠、酒石酸钾钠、乙酸锌、冰乙酸、亚铁氰化钾、柠檬酸三钠、无水碳酸钠、碘基水杨酸:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

牛血清蛋白:生化试剂,上海伯奥生物科技有限公司;
氯化钠:分析纯,重庆川东化工(集团)有限公司;
电磁炉:PIB0Z型,奔腾电器(上海)有限公司;
旋转蒸发仪:RE-52A型,上海亚荣生化仪器厂;
半自动凯氏定氮仪:SKD-200型,上海沛欧分析仪器有限公司;

紫外分光光度计:UV-2450型,日本岛津公司;
数显恒温水浴锅:HH-S6型,常州普天仪器制造有限公司;

快速混匀器:SZ-1型,常州普天仪器制造有限公司;
磁力搅拌器:85-2C型,常州普天仪器制造有限公司;
全自动氨基酸分析仪:L-8900型,日本日立公司。

1.2 方法

1.2.1 样品制备

(1)传统鸡汤制备:原料肉清洗干净,切成3 cm×3 cm×3 cm的鸡块,沸水煮2 min,冷水冲淋后沥干,称重。按照液料比2∶1(质量比),大火煮制30 min后文火慢熬3 h,期间保持料液比不变、并除去表层浮沫;鸡汤冷至室温后用200目绢布过滤,作为传统鸡汤对照组和鸡汤浓缩原料备用。

(2)浓缩鸡汤制备:以传统鸡汤为原料,进行常压微沸熬煮、旋转蒸发仪(真空度:0.1 MPa左右、温度:55℃、转速:80 r/min)真空浓缩,分别制备1∶2,1∶3,1∶4,1∶5,1∶6(体积比)的常压和真空浓缩鸡汤。

指标测定前取定量浓缩鸡汤,按浓缩比用常温纯水边稀释边搅拌,备用。

1.2.2 指标测定

(1)粗蛋白:参照GB 5009.5—2010《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法,使用凯氏定氮仪进行测量。修改如下:取10 g(精确至0.001 g)样品、0.1 g硫酸铜、3 g硫酸钾及10 mL硫酸于150 mL的锥形瓶后,轻摇混匀,并在瓶口放一小漏斗,将瓶以45°倾斜固定在有小孔的石棉网上。先小火炭化完全样品,直至停止产生泡沫后加大火力,同时使瓶内液体呈微沸状态,待液体呈蓝绿色并澄清透明,继续再加热0.5~1.0 h。取下放冷,用40 mL蒸馏水分3次将炭化后的液体小心洗入试管托。取1个三角瓶,滴入

1~2滴混合指示液[1 g/L甲基红乙醇溶液和1 g/L亚甲基蓝乙醇溶液2∶1(体积比)临用现混],并将其置于冷凝管下端。自动蒸馏6 min后,用标准盐酸溶液滴定吸收液至灰色。同时做试剂空白的对照试验。其中,按式(1)计算粗蛋白含量。

$$X=\frac{(V-v)\times 0.014\ 0\times c}{m}\times 6.25\times 100,\tag{1}$$

式中:

X——粗蛋白含量,g/100 g;
V——试液消耗盐酸标准滴定液的体积,mL;
v——试剂空白消耗盐酸标准滴定液的体积,mL;
c——盐酸标准滴定溶液浓度,mol/L;
0.014 0——1.0 mL盐酸[c(HCl)=1.000 mol/L]标准滴定溶液相当的质量,g;
m——试样的质量,g。

(2)低聚肽:参考贺习耀等^[8]的方法,修改如下,微量双缩脲试剂:称取17.3 g柠檬酸三钠和10 g无水碳酸钠溶解于温水中,称取0.173 g硫酸铜(CuSO₄·5H₂O)溶解于10 mL水中,2种溶液合并用水稀释至100 mL(可长期保存)。制作标准曲线:取5只试管,分别加入0.0,0.3,0.6,0.9,1.2 mL的1.0 mg/mL牛血清白蛋白溶液,补水到1.5 mL,加入6%氢氧化钠溶液1.5 mL混匀,再加微量双缩脲试剂0.15 mL,混匀后室温(20~25℃)保温15 min,于330 nm波长下测定吸光值。吸光度与低聚肽浓度(mg/mL)的标准曲线方程为y=0.553 4x+0.007 8,R²=0.999 2。

取10 mL鸡汤加入等体积4.0 g/100 mL TCA溶液,取上清液按照制作标准曲线方法测定。

(3)还原糖:参照GB 5009.7—2016《食品安全国家标准食品中还原糖的测定》中的直接滴定法,通过碱性酒石酸铜溶液消耗样品体积计算还原糖含量。按式(2)计算还原糖含量。

$$Y=\frac{m}{M\times F\times 10\div 250\times 1\ 000}\times 100,\tag{2}$$

式中:

Y——还原糖含量,g/100 g;
M——试样质量,g;
F——系数,0.8;
m——标定时体积与加入样品后消耗的还原糖标准溶液体积之差相当于某种还原糖的质量,mg;
10——样液体积,mL;
250——定容体积,mL。

(4)游离氨基酸:吸取1 mL样品、12%碘基水杨酸溶液1 mL于5 mL塑料离心管中,震荡摇匀。冰箱静置12 h后于13 000 r/min离心2 min,用0.22 μm滤膜过滤上机分析。

每个样品分析周期为53 min,分离柱:ID 4.6 mm×60 mm,洗脱液流速0.4 mL/min,柱温700℃,柱压11.627 MPa;反应柱:茚三酮及茚三酮缓冲液流速0.35 mL/min,柱温135℃,柱压1.078 MPa。

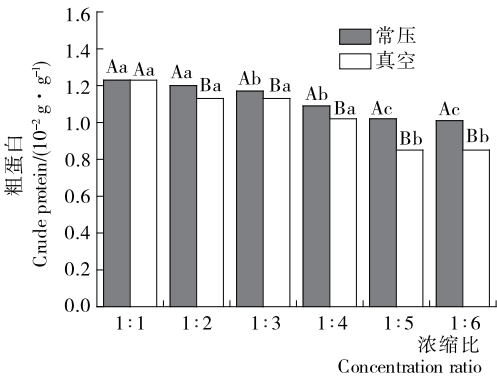
1.2.3 数据统计与分析 试验数据分析整理采用Microsoft

Excel 2010; 方差分析和显著性检验采用 SPSS19.0; 图像处理采用 OriginPro 8.1。每个试验均做 3 组平行, 试验数据采用平均值±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 常压和真空浓缩对鸡汤粗蛋白含量的影响

由图 1 可知, 浓缩鸡汤粗蛋白含量随着浓缩比的增大而逐渐减少, 常压、真空浓缩比分别达到 1:3, 1:5 (体积比) 时显著低于未浓缩鸡汤 ($P<0.05$); 同一浓缩比条件下, 真空浓缩鸡汤的粗蛋白含量显著低于常压浓缩鸡汤 ($P<0.05$)。因为常压和真空浓缩都是持续加热的蒸发过程, 会导致蛋白质不断水解, 以及水解产物氧化分解生成挥发性的杂环化合物^[20]; 而真空抽吸会不断将生成的挥发性物质移除反应体系, 因而大大促进了该反应的进行, 导致挥发性的含氮化合物进一步减少, 进而在长时间的热作用下含氮物质显著降低 ($P<0.05$)。王静^[21]分析红枣汁真空浓缩后挥发性物质损失严重是由于挥发性物质进入了蒸馏液中, 与本试验真空浓缩导致含氮物质进一步减少的原因相似。



小写字母不同表示同一浓缩方式不同浓缩比之间差异显著 ($P<0.05$); 大写字母不同表示同一浓缩比不同浓缩方式之间差异显著 ($P<0.05$)

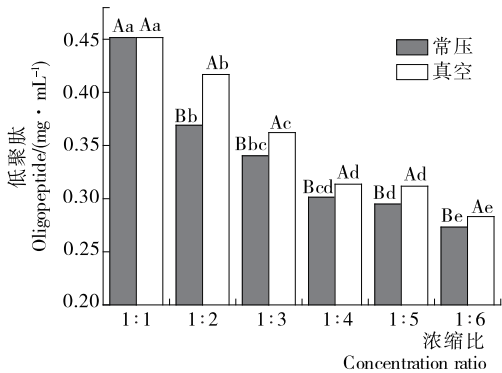
图 1 常压和真空浓缩对鸡汤粗蛋白含量的影响
Figure 1 Effects of atmospheric and vacuum concentration on crude protein content of chicken soup

2.2 常压和真空浓缩对鸡汤低聚肽含量的影响

低聚肽是蛋白质降解产物之一, 加热作用下会进一步水解、环化及参与美拉德反应^[22]。图 2 表明, 随着浓缩比的增大, 常压和真空浓缩鸡汤的低聚肽含量逐渐减少 ($P<0.05$); 常压浓缩鸡汤的低聚肽含量显著低于真空浓缩鸡汤 ($P<0.05$)。原因可能是鸡汤常压和真空浓缩过程中蛋白质降解成低聚肽的量低于低聚肽在热作用下参与降解、环化及参与美拉德反应消耗的量, 但长时间高温作用的常压浓缩更能促进蛋白质降解成分子量小、美拉德反应活性强的低聚肽^[23], 进而加大了美拉德反应的程度、低聚肽的消耗。

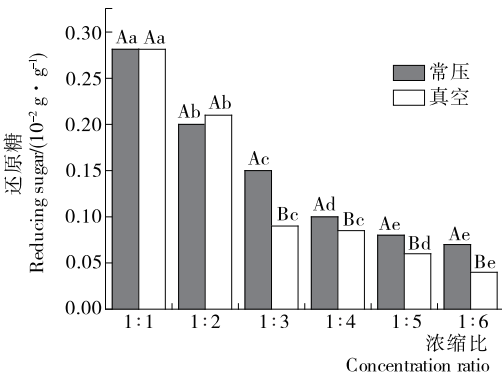
2.3 常压和真空浓缩对鸡汤还原糖含量的影响

还原糖与氨基酸进行美拉德反应, 生成醛类、酯类、呋喃类等风味化合物, 对鸡汤的滋味和香气具有重要贡献^[24]。从图 3 可知, 随着浓缩比的不断增大, 常压和真空浓缩鸡汤的还原糖含量逐渐减少 ($P<0.05$); 浓缩比 $>1:2$ (体积比)



小写字母不同表示同一浓缩方式不同浓缩比之间差异显著 ($P<0.05$); 大写字母不同表示同一浓缩比不同浓缩方式之间差异显著 ($P<0.05$)

图 2 常压和真空浓缩对鸡汤低聚肽含量的影响
Figure 2 Effect of atmospheric and vacuum concentration on oligopeptide content of chicken soup



小写字母不同表示同一浓缩方式不同浓缩比之间差异显著 ($P<0.05$); 大写字母不同表示同一浓缩比不同浓缩方式之间差异显著 ($P<0.05$)

图 3 常压和真空浓缩对鸡汤还原糖含量的影响
Figure 3 Effect of atmospheric and vacuum concentration on reducing sugar content of chicken soup

时, 真空浓缩鸡汤还原糖含量显著低于常压浓缩鸡汤 ($P<0.05$)。因为常压和真空浓缩的持续加热作用导致鸡汤中的还原糖不断参与美拉德反应^[25]; 虽然真空浓缩时的温度没有常压浓缩时高, 但真空浓缩会不断抽提出还原糖和氨基酸生成的挥发性风味化合物, 进而又大大促进了美拉德反应, 使其反应程度大于常压浓缩, 而这些风味物质的损失会影响鸡汤的滋味、口感^[26]。

2.4 常压和真空浓缩对鸡汤游离氨基酸的影响

游离氨基酸的含量和组成不仅对鸡汤的营养价值有影响, 还对鸡汤的呈味、滋味起着举足轻重的作用。从表 1 可知, 在浓缩鸡汤中检测出了 Asp, Ser, Glu, Gly, Ala, Pro, Cys, Met, Val, Leu, Ile, Phe, Met, Lys, Thr 共计 17 种氨基酸, 因 Ser 水解时与酸反应损失, 未能检测出, 与周涛^[27]、张艳^[28]研究结果一致。其中 Lys 含量最高, 可达 17.87 mg/100 mL, 其次是 Glu, Gly, Ala, Pro, 而 Asp 和 Ser 含量最低。

蒸发浓缩对鸡汤的游离氨基酸总量 (TAA)、必需氨基酸总量 (EAA)、风味氨基酸总量 (FAA) 及苦味氨基酸总量

表 1 常压和真空浓缩对鸡汤游离氨基酸的影响[†]

Table 1 Effect of atmospheric and vacuum concentration on the free Amino acid of chicken soup mg/100 mL

氨基酸	处理方式	浓缩比(体积比)					
		1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
Asp [#]	常压	0.02±0.00 ^{Ab}	0.16±0.01 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Aa}	0.14±0.08 ^{Aa}	0.12±0.01 ^{Aab}	0.09±0.10 ^{Aab}
	真空	0.02±0.00 ^{Ac}	0.12±0.02 ^{Ab}	0.17±0.02 ^{Aa}	0.16±0.02 ^{Aa}	0.15±0.01 ^{Aab}	0.15±0.00 ^{Aab}
Ser [#]	常压	0.01±0.00 ^{Ac}	0.08±0.01 ^{Aab}	0.09±0.01 ^{Aa}	0.08±0.00 ^{Ab}	0.05±0.00 ^{Ac}	0.04±0.00 ^{Ad}
	真空	0.01±0.00 ^{Ac}	0.03±0.00 ^{Bd}	0.05±0.00 ^{Ba}	0.04±0.00 ^{Bb}	0.04±0.00 ^{Ac}	0.03±0.00 ^{Ab}
Thr [*]	常压	0.33±0.01 ^{Ad}	1.49±0.07 ^{Aa}	1.48±0.04 ^{Aa}	0.77±0.04 ^{Ab}	0.64±0.05 ^{Ac}	0.68±0.01 ^{Abc}
	真空	0.33±0.02 ^{Ab}	0.47±0.29 ^{Bab}	0.67±0.05 ^{Ba}	0.69±0.01 ^{Ba}	0.59±0.01 ^{Aa}	0.56±0.01 ^{Ba}
Glu [#]	常压	2.47±0.05 ^{Ac}	4.51±0.13 ^{Aa}	4.36±0.14 ^{Aa}	2.81±0.22 ^{Ab}	2.47±0.07 ^{Ac}	2.30±0.11 ^{Ac}
	真空	2.47±0.01 ^{Ab}	2.50±0.29 ^{Bb}	3.20±0.10 ^{Ba}	2.91±0.20 ^{Aa}	2.22±0.11 ^{Abc}	2.06±0.14 ^{Ac}
Gly [#]	常压	1.78±0.01 ^{Ac}	3.89±0.10 ^{Aa}	3.72±0.08 ^{Ab}	2.53±0.04 ^{Acd}	2.27±0.11 ^{Ad}	1.91±0.03 ^{Ac}
	真空	1.78±0.01 ^{Ab}	1.79±0.04 ^{Bb}	1.97±0.07 ^{Ba}	1.77±0.04 ^{Bbc}	1.69±0.03 ^{Bc}	1.59±0.00 ^{Bd}
Ala [#]	常压	2.48±0.07 ^{Ad}	5.39±0.18 ^{Aa}	5.36±0.14 ^{Aa}	3.31±0.04 ^{Ab}	3.22±0.13 ^{Ab}	2.76±0.04 ^{Ac}
	真空	2.48±0.01 ^{Acd}	2.63±0.09 ^{Bb}	2.86±0.09 ^{Ba}	2.61±0.12 ^{Bb}	2.53±0.10 ^{Bbc}	2.28±0.04 ^{Bd}
Cys	常压	0.16±0.01 ^{Ab}	0.24±0.01 ^{Aa}	0.24±0.01 ^{Aa}	0.22±0.01 ^{Aa}	0.17±0.02 ^{Ab}	0.14±0.01 ^{Bb}
	真空	0.16±0.00 ^{Ab}	0.17±0.00 ^{Bb}	0.18±0.01 ^{Ba}	0.18±0.00 ^{Ba}	0.18±0.01 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Ab}
Val [*]	常压	0.50±0.03 ^{Ab}	0.76±0.46 ^{Aab}	0.98±0.06 ^{Aa}	0.65±0.01 ^{Aab}	0.65±0.04 ^{Aab}	0.58±0.06 ^{Aab}
	真空	0.50±0.03 ^{Ab}	0.51±0.01 ^{Bab}	0.55±0.02 ^{Ba}	0.55±0.04 ^{Ba}	0.52±0.02 ^{Bab}	0.45±0.01 ^{Ab}
Met [*]	常压	0.26±0.04 ^{Ad}	0.54±0.02 ^{Aa}	0.52±0.01 ^{Aa}	0.34±0.01 ^{Ab}	0.33±0.02 ^{Abc}	0.29±0.00 ^{Ac}
	真空	0.26±0.03 ^{Ab}	0.26±0.02 ^{Bb}	0.29±0.00 ^{Ba}	0.29±0.00 ^{Ba}	0.27±0.01 ^{Bab}	0.25±0.00 ^{Bb}
Ile [*]	常压	0.27±0.02 ^{Ac}	0.55±0.02 ^{Aa}	0.52±0.01 ^{Aa}	0.37±0.03 ^{Ab}	0.31±0.02 ^{Ac}	0.27±0.01 ^{Ac}
	真空	0.27±0.02 ^{Ab}	0.27±0.01 ^{Ba}	0.34±0.02 ^{Ba}	0.26±0.01 ^{Bb}	0.24±0.02 ^{Bc}	0.21±0.01 ^{Bc}
Leu [*]	常压	0.55±0.02 ^{Ac}	1.15±0.03 ^{Aa}	1.13±0.01 ^{Aa}	0.67±0.04 ^{Ab}	0.68±0.04 ^{Ab}	0.56±0.02 ^{Ac}
	真空	0.55±0.01 ^{Ac}	0.56±0.01 ^{Bc}	0.66±0.01 ^{Ba}	0.60±0.01 ^{Bb}	0.53±0.02 ^{Bc}	0.45±0.03 ^{Bd}
Tyr	常压	0.43±0.01 ^{Ac}	1.01±0.06 ^{Aa}	0.96±0.07 ^{Aa}	0.55±0.07 ^{Ab}	0.46±0.02 ^{Abc}	0.42±0.02 ^{Ac}
	真空	0.43±0.01 ^{Ac}	0.45±0.01 ^{Bb}	0.54±0.02 ^{Ba}	0.48±0.00 ^{Ab}	0.43±0.01 ^{Ac}	0.42±0.04 ^{Ac}
Phe [*]	常压	0.15±0.01 ^{Ab}	0.35±0.00 ^{Aab}	0.36±0.02 ^{Aa}	0.33±0.01 ^{Aab}	0.16±0.00 ^{Aab}	0.14±0.00 ^{Aab}
	真空	0.15±0.01 ^{Abc}	0.21±0.03 ^{Bb}	0.26±0.03 ^{Ba}	0.19±0.01 ^{Bb}	0.15±0.03 ^{Abc}	0.13±0.01 ^{Ac}
Lys	常压	8.38±0.01 ^{Ad}	17.87±0.40 ^{Aa}	17.18±0.44 ^{Aa}	11.16±0.25 ^{Ab}	9.86±0.41 ^{Ac}	8.50±0.41 ^{Ad}
	真空	8.38±0.43 ^{Ab}	8.55±0.06 ^{Bb}	9.95±0.11 ^{Ba}	8.79±0.14 ^{Bb}	8.49±0.20 ^{Bb}	8.30±0.14 ^{Ab}
His	常压	0.16±0.01 ^{Abc}	0.29±0.01 ^{Aa}	0.28±0.01 ^{Aa}	0.19±0.02 ^{Ab}	0.15±0.02 ^{Ac}	0.17±0.01 ^{Abc}
	真空	0.16±0.02 ^{Ac}	0.15±0.01 ^{Bc}	0.30±0.00 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{Acd}	0.12±0.00 ^{Ad}	0.20±0.01 ^{Ab}
Arg	常压	0.37±0.00 ^{Ad}	1.73±0.10 ^{Aa}	1.12±0.69 ^{Aab}	0.96±0.05 ^{Abc}	0.91±0.04 ^{Abc}	0.77±0.03 ^{Ac}
	真空	0.37±0.01 ^{Ac}	0.54±0.04 ^{Bd}	0.75±0.02 ^{Ba}	0.73±0.01 ^{Bab}	0.69±0.01 ^{Bbc}	0.64±0.03 ^{Bc}
Pro [#]	常压	1.76±0.09 ^{Ad}	3.59±0.00 ^{Aa}	3.54±0.00 ^{Aa}	2.47±0.02 ^{Ab}	2.48±0.05 ^{Ab}	2.16±0.01 ^{Ac}
	真空	1.76±0.09 ^{Ad}	1.84±0.00 ^{Bcd}	2.16±0.09 ^{Ba}	2.14±0.00 ^{Ba}	2.01±0.03 ^{Bb}	1.96±0.02 ^{Bbc}
TAA	常压	20.08±1.56 ^{Ac}	43.33±2.33 ^{Aa}	42.00±2.32 ^{Aa}	27.34±1.32 ^{Ab}	24.93±1.15 ^{Ac}	21.77±1.24 ^{Ad}
	真空	20.08±1.38 ^{Ad}	21.08±2.23 ^{Bc}	24.89±2.50 ^{Ba}	22.59±1.40 ^{Bb}	20.87±1.11 ^{Bcd}	20.07±1.59 ^{Bd}
EAA	常压	10.44±0.10 ^{Ad}	22.45±0.80 ^{Aa}	22.17±0.46 ^{Aa}	14.29±0.27 ^{Ab}	12.62±0.51 ^{Ac}	11.02±0.37 ^{Ad}
	真空	10.44±0.49 ^{Ac}	10.84±0.28 ^{Bbc}	12.72±0.06 ^{Ba}	11.37±0.10 ^{Bb}	10.83±0.25 ^{Bbc}	10.72±0.11 ^{Ac}
FAA	常压	8.52±0.17 ^{Ac}	17.62±0.29 ^{Aa}	17.24±0.04 ^{Aa}	11.15±0.17 ^{Ab}	10.61±0.26 ^{Ac}	9.25±0.01 ^{Ad}
	真空	8.53±0.11 ^{Acd}	8.91±0.36 ^{Bc}	10.41±0.17 ^{Ba}	9.62±0.27 ^{Bb}	8.62±0.17 ^{Bc}	8.07±0.11 ^{Bd}
BAA	常压	11.15±0.09 ^{Ad}	24.93±0.77 ^{Aa}	24.00±1.02 ^{Aa}	15.64±0.33 ^{Ab}	13.82±0.51 ^{Ac}	12.09±0.37 ^{Ad}
	真空	11.13±0.49 ^{Ad}	11.72±0.30 ^{Bc}	13.97±0.06 ^{Ba}	12.53±0.09 ^{Ab}	11.84±0.24 ^{Bc}	11.62±0.10 ^{Acd}

[†] * 表示必需氨基酸;#表示风味氨基酸;TAA 表示游离氨基酸总量;EAA 表示必需氨基酸总量;FAA 表示呈味氨基酸总量;BAA 表示苦味氨基酸总量;小写字母不同表示同一浓缩方式不同浓缩比之间差异显著(P<0.05);大写字母不同表示同一浓缩比不同浓缩方式之间差异显著(P<0.05)。

(BAA)有显著的影响($P<0.05$)。从表 1 可知,随着浓缩比的增大,常压和真空浓缩鸡汤的 TAA、EAA、FAA、BAA 均呈先显著增加后显著降低的趋势($P<0.05$),常压浓缩鸡汤的 TAA、EAA、FAA、BAA 在浓缩比为 1:2(体积比)时达到峰值,分别为 43.44,22.45,17.62,24.73 mg/100 mL,真空浓缩鸡汤的 TAA、EAA、FAA、BAA 在浓缩比 1:3(体积比)时达到峰值,分别为 24.89,12.72,10.41,13.97 mg/100 mL。Cys、Met 本身不呈味,但是会与还原糖反应生成含硫化合物,使鸡汤具有特定的肉香味^[29],且在加热作用下会形成噻唑、噻吩等各种香味化合物^[30]。Cys、Met 的含量随着浓缩比的增大变化趋势与 TAA 一致,常压在浓缩比 1:2 和 1:3(体积比)时、真空在浓缩比在 1:3 和 1:4(体积比)时含量最高。同一浓缩比条件下,在浓缩比 $\leq 1:6$ (体积比)时,常压浓缩鸡汤的 TAA、EAA、FAA、BAA 均显著高于真空浓缩鸡汤($P<0.05$)。

鸡汤浓缩过程中氨基酸含量的变化涉及到蛋白质、多肽的水解以及美拉德等多种复杂化学反应。同一浓缩方式下,氨基酸含量先增加后减少的原因可能是随着浓缩比的增大,鸡汤在浓缩初期时受热的时间越长,蛋白质、低聚肽水解越充分、彻底^[31],有利于氨基酸的富集;但随着进一步浓缩,水解反应底物的逐渐减少、生成物的不断增加,导致蛋白质、多肽水解成氨基酸的速率降低^[32],而长时间的加热会促进氨基酸参与美拉德反应^[33],因此氨基酸含量达到峰值后又下降。同一浓缩比下,常压浓缩鸡汤的氨基酸含量均大于真空,主要是常压的高温 and 长时间的热作用,大大促进了蛋白质、多肽的水解;而真空抽吸出美拉德反应生成的挥发性物质会进一步促进美拉德反应,使其反应程度大于常压,加剧氨基酸的消耗^[32]。这恰好又解释了蛋白质、低聚肽和还原糖的变化趋势。

3 结论

同一浓缩方式,浓缩比越高,鸡汤粗蛋白、低聚肽、还原糖含量越低;常压浓缩鸡汤在浓缩比 1:2 和 1:3(体积比)、真空浓缩鸡汤的在浓缩比 1:3 和 1:4(体积比)时,各种游离氨基酸含量高于其他浓缩比。同一浓缩比条件下,常压浓缩的长时间高温作用促进蛋白质、低聚肽的热反应,有利于氨基酸的富集,风味氨基酸含量较高的同时苦味氨基酸含量也较高;真空浓缩的抽提作用会促进还原糖参与美拉德反应,苦味氨基酸含量较低的同时风味氨基酸含量也较低,且易造成挥发性风味化合物的损失。蒸发浓缩的条件和比例不仅影响着鸡汤蛋白质、多肽分解成氨基酸的速率,又影响着氨基酸参与美拉德反应的速率,进而影响着鸡汤的滋味和口感。进一步研究合适的蒸发浓缩条件和比例以及其他的浓缩方式下鸡汤氨基酸的变化对提升鸡汤的风味品质具有重要的意义。

参考文献

[1] 张小强,田亚东,康海涛,等. 始汤主要营养成分分析[J]. 食品工业科技,2008(1): 268-270.
[2] KONG Yan, YANG Xiao, DING Qi, et al. Comparison of non-

volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate[J]. Food Research International, 2017, 102(10): 559-566.
[3] HOU Bai-hui, ZHANG Wei-yue, XIA Yang-yi, et al. Effect of different freezing rates on the quality of chicken soup[J]. Food & Fermentation Industries, 2018, 44(2): 81-86
[4] 周玮婧,孙智达. 鸡汤的营养成分及食疗功能研究进展[J]. 食品科技,2008(9): 261-264.
[5] 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): 1 212-1 216.
[6] ZHANG Yan, XIA Yang-yi, HE Cui, et al. Principal component analysis of volatile compounds in chicken soup based on the gender of broiler[J]. Food & Machinery, 2016(7): 23-28.
[7] 刘嘉玲. 蝇虫草鸡汤工艺优化及其风味研究[D]. 广州:仲恺农业工程学院,2017: 10-12.
[8] 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.
[9] PEREZPALACIOS T, EUSEBIO J, PALMA S F, et al. Taste compounds and consumer acceptance of chicken soups as affected by cooking conditions[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(19): 154-165.
[10] DU Hua-ying, YE Hui, GAO Guo-qing, et al. Effect of different cooking methods on the quality of chicken soup[J]. Meat Research, 2013, 27(7): 26-29.
[11] 张亮子,荣建华,胡坚,等. 前处理对鸡汤体系营养特性的影响[J]. 食品科学,2009,30(23): 83-87.
[13] 吕东坡,朱仁俊,李从军. 新工艺对农夫鸡汤保质期的研究[J]. 肉类工业,2009(3): 14-17.
[14] 杨玉宝. 两种工艺对鸡汤保质期的研究[J]. 肉类工业,2012(7): 27-30.
[15] 余力,贺雅非,李洪军,等. 不同贮藏方式对高压鸡汤品质的影响及货架期预测模型的建立[J]. 食品科学,2016,37(20): 274-281.
[16] 刘超楠. 不同加工工艺对淘汰蛋鸡浓缩汤品质影响的研究[D]. 雅安:四川农业大学,2014: 32-35.
[17] 张颖,杨勇,郭艳婧,等. 两种不同浓缩工艺对保健鸡汤挥发性风味物质的影响[J]. 食品工业科技,2015,36(8): 103-107.
[18] 郭晨璐,马龙,武杰,等. 浓缩液态食品流变特性研究进展[J]. 广州化工,2013(22): 8-9.
[19] CHAWLA H M, SAHU S N. Effect of spice essential oils on Maillard browning model reaction of glucose and glycine: An UV-visible and reverse phase HPLC analysis[J]. Journal of Food Science and Technology-mysore, 2007, 44(6): 602-606.
[20] 郑晓杰,林胜利,聂小华,等. 温度对鸡骨酶解液美拉德反应产物光谱特性和挥发性风味成分的影响[J]. 食品与发酵工业,2015,41(8): 127-132.
[21] 王静. 枣浓缩清汁加工工艺研究[D]. 郑州:河南工业大学,2016: 61-62.
[22] RIZZI G P. Heat-induced flavor formation from peptides[J]. Acs Symposium Series, 1989(409): 172-181.
[23] 赵谋明,曾晓房,崔春,等. 不同鸡肉蛋白肽在 Maillard 反应中的降解趋势研究[J]. 食品工业科技,2007(2): 92-95.

of static electric field on ice crystal size reduction during freezing of pork meat[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2013, 20(4): 115-120.

[8] 李里特, 方胜. 对静电场下果蔬保鲜机理的初步分析[J]. *中国农业大学学报*, 1996(2): 62-65.

[9] 李里特, 赵朝辉, 方胜. 高压静电场下黄瓜和豇豆的保鲜试验研究[J]. *中国农业大学学报*, 1999(2): 107-110.

[10] SIMPSON B K, MARSHALL M R, OTWELL W S. Phenol oxidase from shrimp (*Penaeus setiferus*): purification and some properties[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1987, 35(6): 918-921.

[11] PARK J W. Functional protein additives in surimi gels[J]. *Journal of Food Science*, 1994, 59(3): 525-527.

[12] NIRMAL N P, BENJAKUL S. Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44: 924-932.

[13] 岑剑伟, 蒋爱民, 李来好, 等. 高压静电场结合冰温技术对罗非鱼片贮藏期品质的影响[J]. *食品科学*, 2016, 37(22): 282-288.

[14] LI Qian, ZHANG Long-teng, LU Han, et al. Comparison of postmortem changes in ATP-related compounds, protein degradation and endogenous enzyme activity of white muscle and dark muscle from common carp (*Cyprinus carpio*) stored at 4 °C [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 78: 317-324.

[15] 郑鸯鸯, 吉薇, 吉宏武, 等. 大豆胰蛋白酶抑制剂粗提物对凡纳滨对虾冷藏期间肌肉流变学与热学特性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(8): 214-219.

[16] GONÇALVES A A. Melanosis in crustaceans: A review[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, 65: 791-799.

[17] 黄万有, 吉宏武, 刘书成, 等. 凡纳滨对虾 PPO 的组织分布和活性与其贮藏过程中黑变的关系[J]. *现代食品科技*, 2014(2): 89-94.

[18] 凌萍华, 谢晶. 冰温技术结合保鲜剂对南美白对虾品质的影响[J]. *食品科学*, 2010, 31(14): 280-284.

[19] 钟葵, 胡小松, 吴继红, 等. 高压脉冲电场对脂肪氧化酶二级和三级构象的影响效果[J]. *光谱学与光谱分析*, 2009, 29(3): 765-768.

[20] KO Wen-ching, SHI Huai-zhi, CHANG Chao-kai, et al. Effect of adjustable parallel high voltage on biochemical indicators and actomyosin Ca^{2+} -ATPase from tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, 69: 417-423.

[21] JUNG S, GHOU L M, MDE L A. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2003, 36(6): 625-631.

[22] HE Xiang-li, LIU Rui, NIRASAWA S, et al. Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 115(2): 245-250.

[23] AL-DAGAL M M, BAZARAA W A. Extension of shelf life of whole and peeled shrimp with organic acid salts and bifidobacteria[J]. *Journal of Food Protection*, 1999, 62(1): 51-56.

[24] ZIMMERMANN U. Electrical breakdown, electroporation and electrofusion[J]. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 1986, 105(6): 176-256.

[25] 郭美娟, 柴春祥, 鲁晓翔, 等. 南美白对虾腐败过程中挥发性成分的测定[J]. *食品与机械*, 2013, 29(4): 153-156.

[26] 段振华. 水产品加工工艺学实验技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2009: 88.

[27] 励建荣, 李婷婷, 丁婷. 水产品新鲜度综合评价与货架期预测模型的构建研究进展[J]. *食品科学技术学报*, 2016, 34(1): 1-8.

[28] FARIDNIA F, MA Q L, BREMER P J, et al. Effect of freezing as pre-treatment prior to pulsed electric field processing on quality traits of beef muscles[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2015, 29: 31-40.

[29] VOL N. Rapid method based on ATP catabolites for evaluating the freshness of baltic herring: interlaboratory study [J]. *Journal of Aoac International*, 1996, 79(3): 703-706.

[30] RIEBROY S, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Acid-induced gelation of natural actomyosin from Atlantic cod (*Gadus morhua*) and burbot (*Lota lota*) [J]. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23(1): 26-39.

(上接第 26 页)

[24] VAN BOEKEL M A. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction[J]. *Biotechnology Advances*, 2006, 24(2): 230-233.

[25] 孟岳成, 何珊珊, 李延华, 等. 不同加热条件下牛乳美拉德反应程度的研究[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(1): 158-165.

[26] RANNOU C, LAROQUE D, RENAULT E, et al. Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods[J]. *Food Research International*, 2016, 90: 154-176.

[27] 周涛. 热反应鸡汤呈味物质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2016: 30-31.

[28] 张艳. 冻结速率对鸡汤品质特性的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017: 48-49.

[29] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. *Food Chemistry*, 1998, 62(4): 415-424.

[30] WERKHOFF P, BRUENING J, EMBERGER R, et al. Isolation and characterization of volatile sulfur-containing meat flavor components in model systems[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990, 38(3): 777-791.

[31] TAO Hong, LIANG Qi, ZHANG Ming-di. Effect of heat treatment on hydrolysis degree of soybean protein[J]. *China Oils & Fats*, 2003, 28(9): 61-63.

[32] 杜正萱. 化学反应与动态平衡移动原理[J]. *内蒙师院学报: 自然科学汉文版*, 1964(00): 45-50.

[33] LIN Jau-tien, LIU Shih-chun C, HU Chao-chin, et al. Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (*Prunus dulcis*) kernel [J]. *Food Chemistry*, 2016, 190(1): 520-528.