# 微波煲汤对黄芪炖鸡品质的影响

韩忠，石睿，梁晗妮，成军虎，余旭聪，孙大文

（华南理工大学食品科学与工程学院，广东广州 510640）

**摘要：**为探讨微波加工对鸡汤品质的影响，以鸡胸肉、黄芪为原料，通过正交试验以营养指标水溶性蛋白为评价指标对微波黄芪鸡汤煮制工艺进行优化，最优煲制条件为保温功率 300 W，保温时间 60 min，料液比 1:5，此时煲制出的鸡汤中水溶性蛋白含量为 1.66 mg/g。采用传统电煲锅与微波最优煲制条件下鸡汤进行对比分析两者的营养风味物质（水溶性蛋白、游离氨基酸、多糖）和健康安全性指标（嘌呤含量）。结果表明：微波加热不会对食品中重要的营养成分（蛋白质、脂肪等）产生破坏，满足人们对煲汤营养的需求。微波最佳煲制条件下汤中营养、风味与传统电煲锅 4 h 煮制时相当。微波煲制鸡汤中嘌呤含量显著少于电煲锅煲制，总嘌呤含量基本保持不变。比较两种煲汤模式，发现微波煲汤是一种更加节能的煲汤方式。

**关键词：**微波；煲汤；营养；健康

**文章篇号：**1673-9078(2019)05-75-80 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.011

# Effect of Microwave Cooking on the Quality of *Astragalus membranaceus* Stewed Chicken Soup

**HAN Zhong, SHI Rui, LIANG Han-ni, CHENG Jun-hu, YU Xu-cong, SUN Da-wen**

(School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** To study the effect of microwave processing on the quality of chicken soup, chicken breast meat and astragalus root were used as raw materials, and the microwave cooking process of *astragalus membranaceus* stewed chicken soup was optimized through orthogonal experiments with water-soluble protein, the nutritional index, as the evaluation index. The optimal cooking conditions were heating power, 300 W; cooking time, 60 min; ratio of material to liquid, 1:5. Under which, the water-soluble protein content in the chicken soup was the highest (1.66 mg/g). Comparisons were made on the contents of nutrients and flavor substances (water-soluble proteins, free amino acids, polysaccharides) and health and safety index (the purine content) of the chicken soups prepared using the traditional electric stew pot cooking and the optimized microwave cooking. The obtained results showed that such a microwave cooking did not damage the important nutrients (protein, fat, etc.) in the soup, thus, can meet people's demands for nutrition through soup intake. The optimized microwave cooking produced a chicken soup with nutrition and flavor similar to that prepared by the traditional electric cooker for 4 h. The content of purine in the chicken soup prepared by microwave cooking was significantly lower than that cooked by an electric stewpot, with the total purine content essentially unchanged. Based on the comparison between the two methods for cooking soup, the microwave cooking was a more energy-efficient method.

**Key words:** microwave; soup cooking; nutrition; healthy

黄芪炖鸡是古代常用的药膳食疗方法，具有较好的食疗功效，自古以来，人们就有吃饭喝汤的习惯，汤不仅美味可口，还能滋补营养，增进食欲[1,2]。在煲汤过程中，一些水溶性的成分溶解到汤中，由于加工方式、时间和火候等因素的影响，导致汤在营养、口感方面差异显著[3]。为了保证汤的鲜美和营养，汤一般采用动物性原料进行制作，常用的制汤原料有鸡肉、猪肉、猪排骨等。鸡肉不仅营养丰富，还具有异味轻、便于加工和耐贮藏等特点，是重要的动物性食物原料。黄芪炖鸡汤是广东省传统名肴，具有滋味鲜美、营养价值高以及保健功效等特点，还具有缓解感冒症状的功能，作为滋补佳品有着很大的发展空间，有健脾胃、补气益血、提高人体免疫力、强壮身体、延年益寿等作用[4]。民间有“黄芪炖鸡胜人参”的说法。生活中常用的煲汤方法有常压煮制、高压煮制和砂锅煲汤，但普遍加工比较耗时，不适宜现代人们追求快捷的生活方式。另外，因为煲制时间过长，会导致汤中的嘌呤含量增加。人们饮用了含有高嘌呤的汤，超过人体代谢能力的部分则会沉积在人体的各关节处，引起痛风。

在鸡汤加工工艺条件中，鸡汤煮制方法和煮制时

收稿日期：2018-07-24

基金项目：广东省科技计划项目（2017B020207002）

作者简介：韩忠（1981-），男，博士，副研究员，研究方向：食品绿色加工

通讯作者：孙大文（1960-），男，博士，教授，研究方向：食品绿色加工

间是影响鸡汤品质的两个重要参数[5]。虽然，近年来国内外对鸡汤的保健作用、风味及加工工艺的研究甚多，但是，对微波加热方式对煲汤营养、滋味的影响报道较少。本研究采取微波加工的方式，在减少生产能量损耗的同时，保持其营养和风味，为进一步开发高品质的汤品提供依据。实验采用购自广州世纪联华超市的冷冻鸡胸肉为原料，分别使用变频微波炉和电煲锅进行加热，分析测定鸡汤中水溶性蛋白、游离氨基酸、多糖和嘌呤含量，为微波煲汤提供一定理论依据和基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验仪器

变频蒸立方微波炉 EV025LC7-NR，广东美的厨房电器制造有限公司；单相电参数综合测量仪，青岛艾诺电子仪器公司；凯氏定氮仪 2300，德国 FOSS 公司；荧光光纤测温仪，Indigo Precision Co. Ltd., California, USA；紫外分光光度计 UV-1800，津岛公司；高效液相色谱 Agilent 1100，Bruker，德国。

### 1.2 材料

黄芪炖鸡采用冷冻鸡胸肉购自广州世纪联华超市；黄芪购自大参林药房（岷县顺兴和中药材有限责任公司生产），黄芪根经机器加工切割成薄厚均一的块状，剔除掉形状不规整的黄芪片，每片重量约为 0.35 g 左右。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品前处理和煲汤过程

将鸡胸肉解冻后切成大小均一块状，重量为 25.0±1.0 g。黄芪根经机器加工切割成薄厚均一的块状，剔除掉形状不规整的黄芪片，每片重量约为 0.35 g 左右。将 500 g 鸡胸肉、20 g 黄芪置于砂锅中，加入一定量水。

微波煲汤：模拟老火煲汤模式，微波功率 1000 W 加热煮沸后，调节不同功率（100 W、300 W、800 W、1000 W），继续保温。同时采用电煲锅作对比，按照固定程序煲汤时间为 4 h。

#### 1.3.2 微波炉加热煮沸时间的测定

使用光纤测温仪，将光纤探头插入砂锅内，没入水中。根据说明书接好设备后，对汤液进行加热处理，电脑会自动记录下每半秒汤液的温度。加热煮沸后停止计时，确定不同料液比条件下加热煮沸时间，并将此煮沸时间点作为第一个取样点。

表 1 煮沸时间测定

**Table 1 The determination of boiling time**

| 料液比 | 肉/g | 水/L | 煮沸时间/min |
|---|---|---|---|
| 1:3 | 500 | 1.5 | 19.5 |
| 1:4 | 500 | 2.0 | 20.0 |
| 1:5 | 500 | 2.5 | 25.0 |
| 1:6 | 500 | 3 | 27.0 |

#### 1.3.3 水溶性蛋白含量测定

采用考马斯亮蓝法进行分析[6]，将所得汤汁冷却，用纱布滤去上层油脂，在 5000 r/min 条件下离心 10 min，取 1 mL 上清液，加入 5 mL 考马斯亮蓝试剂，充分混合，放置 10 min，以试剂空白为对照，在波长 595 nm 处比色，测定吸光度值。通过标准曲线查出每 1 mL 样液中蛋白质质量浓度，mg/mL；再按以下公式计算出样品中水溶性蛋白质的含量。

$$\text{蛋白质含量} = \frac{\text{A} \times \text{鸡汤体积}}{\text{鸡肉质量}}$$

式中：A 为标准曲线上查得的蛋白质浓度，mg/mL。

#### 1.3.4 多糖测定

参考龚盛昭的方法[7]稍作修改，取离心后的上清汤液 2 mL 汤液，加 3 倍体积的 95%乙醇沉淀，4000 r/min 离心 10 min 得沉淀物，加少量 5%三氯乙酸，使沉淀物充分溶解，放置使蛋白沉淀，3000 r/min 离心 10 min，取上清液，加无水乙醇使其醇浓度达 80%，低温静置，得疏松沉淀物，洗涤，干燥，得脱蛋白粗多糖。粗提物再用乙醚脱脂，反复操作几次，残渣在空气中干燥。干燥后的沉淀物加水定容至 10 mL，即为多糖稀释样液。吸取 1 mL 多糖稀释样液，加蒽酮-硫酸溶液 4 mL 混合，置沸水浴中加热 10 min。迅速取出冷却至室温，在 620 nm 测定吸光度。

#### 1.3.5 游离氨基酸测定

参考刘慧燕的方法[8]测定，吸取 1 mL 离心后上清液，向各管分别加入 pH 5.4 的醋酸缓冲溶液，茚三酮显色剂各 1 mL，再向各管中加入蒸馏水，使各管的总体积为 5 mL，摇匀、盖塞，在沸水浴中加热 15 min 后，取出，用冷水冷却 15 min，再向各管中加入 5 mL $KIO_3$ 稀释液并摇匀，在 568 nm 波长处测其吸光度。

#### 1.3.6 蛋白消化性

采用胃蛋白酶消化法模拟胃及肠部的消化过程，测定鸡肉蛋白质的胃消化率。实验方法如下：取绞碎后的鸡肉肉末各 2.0±0.5 g 置于 50 mL 离心管中，添加 15 mL 模拟胃液（0.1 g 胃蛋白酶溶于 1 L 0.1 mol/L 盐酸，pH 1.5），混匀后置于 37 ℃的摇床上振荡 3 h。3 h 后取出其中一组样品，各加入 10 mL 20%的三氯乙酸终止反应。离心后弃上清液，残渣用凯氏定氮法测蛋

白含量，求出胃消化率。胃消化率用 PGD 表示，即 Gastric Digestibility of Protein。

$$PGD(\%)=\frac{P_0-P_1}{P_0}\times 100\%$$

其中：$P_0$ 为酶解处理前的蛋白质含量，$P_1$ 为胃蛋白酶处理后的蛋白质含量。

### 1.3.7 脂肪酸测定

参照 GB/T 9695.2-2008《肉与肉制品脂肪酸测定进行》。

### 1.3.8 鸡肉质构分析

嫩度是肉类最重要的适口性特征，在加工过程中，也是最易发生变化的特征。肉的嫩度是肉类品质的首要指标，嫩度是以剪切力为测量方法。把加热后的肉样放置 30 min 后进行测定。使用质构仪切断肌肉纤维，从而测定样品剪切力。每个条件重复 6 次实验，取平均值。

### 1.3.9 嘌呤含量测定

鸡汤中嘌呤类物质检测采用高效液相法[9,10]。分别准确称取四种嘌呤及尿酸标准品各 20.0 mg，加入 0.1 mol/L NaOH 溶液 10 mL 溶解，用蒸馏水分别定容至 100 mL，即为 0.2 g/L 标准溶液，4 ℃保存。

称取 200.0 mg 肉样和 1 mL 汤样于 10 mL 具塞刻度离心管中，加入 10%（*V*/*V*）高氯酸 3 mL，置于沸水浴中水解 60 min，冷却，用 1 mol/L KOH 调节 pH 至中性，定容至 10 mL，以 3000 r/min 离心 30 min，用滤纸滤去大部分沉淀物，取滤液 2.0 mL，用 1 mol/L $H_3PO_4$ 调节 pH 至 4，定容至 5.0 mL，用 0.45 μm 针头过滤器过滤，进样分析。

色谱柱：Waters HSS T3（4.6 mm×250 mm，5 μm），流动相：A 为 $7.0\times10^{-3}$ mol/L 甲酸铵-甲酸缓冲液（pH=3.6），B 为甲醇，采用等度洗脱，流动相 A 和 B 比例为 99:1，流速 1.0 mL/min，柱温 25 ℃，检测波长 254 nm，进样量 20 μL。

### 1.3.10 数据统计分析

用统计分析软件 SPSS 16.0 对试验数据进行分析和显著性检验，显著水平 $p<0.05$。

## 2 结果与分析

### 2.1 微波煲制的正交实验

以保温功率、保温时间、料液比为因素，通过单因素试验选择每个因素较为理想的范围，采用 $L_{16}(4^3)$ 的正交试验设计，优化煲制工艺（表 2）。

由表 3 可知，保温时间和料液比对鸡汤中的水溶性蛋白含量有显著影响，最优组合为 $A_1B_4C_3$，即保温功率为 300 W，保温时间为 60 min，料液比为 1:5，此时煲制出的鸡汤中水溶性蛋白含量为 1.66 mg/g。

表 2 微波煲制 $L_{16}(4^3)$ 的正交试验

**Table 2 Results of orthogonal experiments with atomosphere $L_{16}(4^3)$**

| 试验编号 | 因素 | | | 鸡汤中水溶性蛋白含量/(mg/g) |
|---|---|---|---|---|
| | A 保温功率/W | B 保温时间/min | C 料液比 | |
| 1 | 300 | 0 | 1:3 | 0.65±0.01 |
| 2 | 300 | 20 | 1:4 | 0.78±0.03 |
| 3 | 300 | 40 | 1:5 | 1.61±0.00 |
| 4 | 300 | 60 | 1:6 | 1.39±0.02 |
| 5 | 300 | 0 | 1:4 | 0.57±0.00 |
| 6 | 300 | 20 | 1:3 | 1.09±0.01 |
| 7 | 300 | 40 | 1:6 | 1.15±0.01 |
| 8 | 300 | 60 | 1:5 | 1.66±0.01 |
| 9 | 800 | 0 | 1:5 | 1.20±0.03 |
| 10 | 800 | 20 | 1:6 | 1.31±0.01 |
| 11 | 800 | 40 | 1:3 | 0.84±0.00 |
| 12 | 800 | 60 | 1:4 | 1.03±0.04 |
| 13 | 800 | 0 | 1:6 | 0.42±0.00 |
| 14 | 800 | 20 | 1:5 | 1.38±0.01 |
| 15 | 800 | 40 | 1:4 | 1.03±0.01 |
| 16 | 800 | 60 | 1:3 | 0.67±0.00 |

表 3 微波煲制方差分析

**Table 3 The results of Anova analysis with atomosphere $L_{16}(4^3)$**

| 因素 | 偏差平方和 | 自由度 | F 比 | F 临界值 | 显著性 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.162 | 3 | 1.486 | 4.760 | |
| B | 0.617 | 3 | 5.661 | 4.760 | * |
| C | 1.060 | 3 | 9.725 | 4.760 | * |
| 误差 | 0.22 | 6 | | | |

注：**表示因素有极显著性影响，*表示因素有显著影响，空白表示因素影响不显著。

营养物质大部分是以水为媒介在胃、小肠、大肠内吸收。水溶性物质的含量一定程度上会影响到营养物质的消化与吸收[11]。有文献报道，水溶性蛋白含量的升高有助于动物机体的消化吸收、加速蛋白质的沉积，进而促进动物生长[12]。鸡汤煲制过程中汤汁中的蛋白质含量变化主要是肌肉中水溶性的蛋白逐渐向汤汁中扩散所引起的。煲汤过程中水分不断蒸发减少，不利于蛋白质、氨基酸的溶出和蛋白质的水解，所以料液比过低，不利于营养物质的溶出和风味物质的形成[13,14]。料液比过高，营养物质的浓度较低，因此，选择合适的料液比对汤的品质有很大影响。

## 2.2 鸡汤品质分析

表 4 加工方式对鸡汤品质的影响

**Table 4 Influence of processing conditions on the quality of chicken soup**

| 指标 | 微波煲制 | 电煲锅煲制 |
|---|---|---|
| 水溶性蛋白/(mg/L) | 1.66±0.06$^a$ | 1.74±0.39$^a$ |
| 游离氨基酸/(mg/L) | 0.83±0.06$^b$ | 1.28±0.23$^a$ |
| 多糖/(mg/g) | 12.88±1.30$^a$ | 11.74±1.27$^a$ |
| 蛋白消化性/% | 29.12±2.01$^a$ | 25.57±0.81$^a$ |
| 质构/N | 101.86±3.26$^a$ | 97.56±1.24$^a$ |

注：同行数值后字母不同表示有显著性差异（$p$<0.05），下同。

按照上述优化的微波工艺制备鸡汤和电煲锅煲制鸡汤进行品质对比（表 4）。从表 4 可知，两种加工方式得到的鸡汤中水溶性蛋白、多糖，鸡肉蛋白消化性和质构没有显著性差异。电煲锅煲制鸡汤中的游离氨基酸含量显著高于微波煲制。

在煮制过程中，由于鸡肉细胞结构被破坏和蛋白质水解，汤中游离氨基酸逐渐增多，汤中的游离氨基酸有助于形成肉汤鲜美滋味，提高其营养价值[15,16]。由于微波煲制时间短，蛋白水解不充分，导致鸡汤中游离氨基酸含量低。

微波煲制鸡汤在短时间内除了游离氨基酸，其他指标基本可以达到和电煲锅 4 h 煲制水平相当，主要是因为：对于营养元素的溶出，微波作用于细胞，其热效应使细胞壁破裂和细胞膜中的酶失去活性，细胞中多糖易突破细胞壁和细胞膜障碍被提取出来[17~19]。微波促使水溶性蛋白快速向汤汁中扩散，并加快大分子蛋白分解成小分子成分溶解到汤汁中。

对于蛋白消化性，微波处理可导致蛋白质发生不同程度的变性，比如蛋白质的伸展、重组，分子间氢键、二硫键部分断裂等，最终蛋白质结构的改变导致其消化率发生变化。另外微波作用易使酶解位点暴露，所以微波作用能提高蛋白质的胃消化率[20]。

肉的质构特性和蛋白质的各组分含量有密切联系[21]。肌肉纤维发生聚集，蛋白质结构破坏，蛋白变性，导致水分含量降低，质构特性改变。微波加热时，鸡肉里外一同加热，热量同时产生，而其他加热方式，热量都是从外及里传递，表层蛋白首先发生变性，在热作用下形成干膜，造成鸡肉质构特性的改变。但由于在汤中，微波加热的同时还存在水的热传导作用，所以两种加热方式的差异并不明显。

综上所述，由于微波加热的独特优势，在最优煲制条件下基本可以达到电煲锅 4 h 的煲制水平，缩短煲制时间。

## 2.3 脂肪酸含量

脂肪酸分为饱和与不饱和脂肪酸，均具有很重要的生理功能，其中不饱和脂肪酸是构成体内脂肪的一种必需脂肪酸。由于不饱和脂肪酸含有一个或者多个双键，富含不饱和脂肪酸的食品在加工过程中易于氧化，产生过氧化物，引起细胞膜结构、胆固醇、维生素性状变化，并引发一些慢性病等，因此，研究富含不饱和脂肪酸的食品中不饱和脂肪酸的特性和变化以及不同加工方式对其影响极为重要[22]。

加工方式对鸡汤中脂肪酸组成的影响如表 5 所示。鸡汤脂肪酸甲脂化后，经气质分析主要检测出六种脂肪酸，分别为十六碳烯酸（C16:1）、棕榈酸（C16:0）、亚油酸（C18:2）、油酸（C18:1）、硬脂酸（C18:0）、花生四烯酸（C20:4）。其中不饱和脂肪酸有四种。微波煲制鸡汤饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸相对含量分别占 38.41%、33.49%和

28.10%，电煲锅煲制鸡汤饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸相对含量分别占 33.08%、44.05%和 22.86%。

微波煲制鸡汤中多不饱和脂肪酸占比高于电炖锅煲制，而单不饱和脂肪酸减少主要是油酸含量的减少。

表 5 加工方式对鸡汤中脂肪酸相对含量的影响

**Table 5 Influence of processing conditions on the relative of fatty acids (%)**

| 脂肪酸类型 | 脂肪酸种类 | 微波煲制 | 电煲锅煲制 |
|---|---|---|---|
| 饱和脂肪酸 | 棕榈酸（C16:0） | 10.31±0.03[a] | 9.39±0.06[a] |
| | 硬脂酸（C18:0） | 5.37±0.01[a] | 5.63±0.05[a] |
| 单不饱和脂肪酸 | 十六碳烯酸（C16:1） | 2.60±0.01[a] | 1.88±0.02[b] |
| | 油酸（C18:1） | 11.07±0.12[b] | 18.12±0.17[a] |
| 多不饱和脂肪酸 | 亚油酸（C18:2） | 8.33±0.07[a] | 8.84±0.09[a] |
| | 花生四烯酸（C20:4） | 3.14±0.02[a] | 1.54±0.04[b] |

## 2.4 嘌呤含量

表 6 加工方式对鸡汤中嘌呤含量的影响

**Table 6 Influence of processing conditions on the purine contents of chicken soup (mg/100 g)**

| 嘌呤种类 | 微波煲制 | 电煲锅煲制 |
|---|---|---|
| 鸟嘌呤 | 2.40±0.24[a] | 2.28±0.12[a] |
| 次黄嘌呤 | 60.45±0.20[a] | 69.78±1.70[a] |
| 腺嘌呤 | 3.31±0.24[b] | 8.09±0.11[a] |
| 鸡汤总嘌呤 | 66.17±0.24[b] | 80.14±0.12[a] |

表 7 加工方式对鸡肉中嘌呤含量的影响

**Table 7 Influence of processing conditions on the purine contents of chicken (mg/100 g)**

| 嘌呤种类 | 微波煲制 | 电煲锅煲制 |
|---|---|---|
| 鸟嘌呤 | 42.54±4.31[a] | 37.25±3.18[a] |
| 次黄嘌呤 | 34.85±0.13[a] | 34.34±2.98[a] |
| 腺嘌呤 | 33.34±2.14[a] | 24.00±1.09[a] |
| 鸡肉总嘌呤 | 110.73±6.32[a] | 95.59±1.71[a] |

加工方式对鸡汤中嘌呤含量的影响如表 6 和表 7 所示。随着时间的增加，肉中嘌呤含量减少，汤中嘌呤含量增加。嘌呤的变化主要是由于热萃取作用一部分是溶入到了汤中，使汤中嘌呤含量增加。在煲制过程中嘌呤变化主要是次黄嘌呤的减少引起，次黄嘌呤相对较容易溶于汤中，腺嘌呤次之，鸟嘌呤最难。主要因为腺嘌呤和鸟嘌呤是 DNA 和 RNA 的组成部分，在动物体内主要以结合态存在，而次黄嘌呤和黄嘌呤是腺嘌呤和鸟嘌呤代谢的中间产物，主要以游离态存在[23,24]。微波煲制鸡汤中嘌呤含量显著少于电炖锅煲制，而肉和汤中总嘌呤量之和没有明显差异（为 180 mg/100 g 左右）。

## 3 结论

微波加热可以促使一些小分子物质快速溶出，并且不会对食品中重要的营养成分（蛋白质、多糖）产生破坏，满足人们对煲汤营养的需求。微波功率 300 W、料液比 1:5、保沸 60~80 min 时，汤中的营养物质如水溶性蛋白、多糖含量等与电煲锅煲制 4 h 鸡汤中的含量相当，游离氨基酸含量偏低。通过对两种煲汤方式安全性指标进行测试，发现微波煲制鸡汤中嘌呤含量减少，肉和汤中总嘌呤含量基本保持不变。比较两种煲汤模式，微波煲汤可以缩短煲汤时间至 2 h，电消耗可节约 8%，微波煲汤是一种更节能的煲汤方式。

## 参考文献


[1] 于美娟,马美湖,李高阳.畜禽汤类产品加工技术研究进展[J].肉类研究,2011,12:61-66
YU Mei-juan, MA Mei-hu, LI Gao-yang. Research progress of processing technologies for livestock and poultry soup [J]. Meat Research, 2011, 12: 61-66

[2] 陆路,金振涛,马勇,等.中华传统肉食煲汤的基本营养成分[J].食品与发酵工业,2010,36(1):187-190
LU Lu, JIN Zhen-tao, MA Yong, et al. The study on primary nutrient content of China traditional soup [J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 36(1): 187-190

[3] 岳馨钰.瓦罐鸡汤特征滋味成分研究及工艺条件对其品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2009
YUE Xin-yu. Research on characteristic flavor components and effects of processing conditions on quality of potted chicken soup [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009

[4] 杜华英,叶慧,高国清,等.不同煲制方法对鸡汤品质的影响[J].肉类研究,2013,27(7):26-29
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

[5] 王家万,王亚夫.微波加热原理及应用[J].吉林师范大学学

报(自然科学版),2012,4:142-144
WANG Jia-wan, WANG Ya-fu. Principle and application of microwave heating [J]. Jilin Normal University Journal (Natural Science Edition), 2012, 4: 142-144

[6] 柳荫,吴凤智,陈龙,等.考马斯亮蓝法测定核桃水溶性蛋白含量的研究[J].中国酿造,2013,32(12):131-133
LIU Yin, WU Feng-zhi, CHEN Long, et al. Determination of water-soluble protein in walnut by bradford method [J]. China Brewing, 2013, 32(12): 131-133

[7] 龚盛昭,杨卓如.微波辅助提取黄芪多糖的工艺研究[J].华南理工大学学报(自然科学版),2004,32(8):93-96
GONG Sheng-zhao, YANG Zhuo-ru. Investigation into the microwave-assisted extraction technology for astragalus polysaccharide [J]. Journal of South China University of Technology(Natural Science), 2004, 32(8): 93-96

[8] 刘慧燕,德力格尔桑,方海田,等.茚三酮比色法测定牛肉中游离氨基酸的试验研究[J].保鲜与加工,2006,6(2):23-25
LIU Hui-yan, Deligeersang, FANG Hai-tian, et al. Studied on determinating free-amino acid level of bovine meat by ninhydrin colorimetric method [J]. Preservation and Processing, 2006, 6(2): 23-25

[9] 杨海斌.各种肉类食物中嘌呤类物质的检测[D].太原:山西医科大学,2012
YANG Hai-bin. Detection of purines in various meat products [D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2012

[10] 杨海斌,张加玲,刘桂英,等.高效液相色谱法同时测定肉类食品中的嘌呤和尿酸[J].卫生研究,2012,41(2):303-306
YANG Hai-bin, ZHANG Jia-ling, LIU Gui-ying, et al. Measurement of purines and uric acid simultaneous in meat with high performance liquid chromatographys [J]. Journal of Hygiene Research, 2012, 41(2): 303-306

[11] 陈悦娇,刘嘉玲,曾晓房,等.煲汤过程蛹虫草功能成分的溶出规律探讨[J].食品科技,2017,42(4):73-77
CHEN Yue-jiao, LIU Jia-ling, ZENG Xiao-fang, et al, Discussion of the leaching rule of Cordyceps militaris functional components in the process of making soup [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(4): 73-77

[12] 杨雪海,李绍章,赵娜,等.料液比对酶解豆粕酸溶性蛋白和水溶性蛋白含量的影响研究[J].湖北农业科学,2013,52(23):5814-5816
YANG Xue-hai, LI Shao-zhang, ZHAO Na, et al. Effect of material to liquid ratio on contents of acid-soluble protein and water-soluble protein in hydrolyze soybean meal [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(23): 5814-5816

[13] 王全利,何四云,贺习耀,等.排骨汤烹制过程中游离氨基酸的分析[J].湖北农业科学,2014,53(14):3358-3360
WANG Quan-li, HE Si-yun, HE Xi-yao, et al. Changes on free amino acids during cooking pork ribs soup [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2014, 53(14): 3358-3360

[14] 陈怡颖,丁奇,赵静,等.鸡汤及鸡肉酶解液中游离氨基酸及呈味特性的对比分析[J].食品科学,2015,36(16):107-111
CHEN Yi-ying, DING Qi, ZHAO Jing, et al. Comparison of free amino acids and taste characteristics in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate [J]. Food Science, 2015, 36(16): 107-111

[15] 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 Yong-zhi, SONG Yu, et al. Comparative study on flavor quality of chicken soup made of different chicken breeds [J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2012, 24(6): 149-152

[16] Cambero M I, Seuss I, Honikel K O. Flavor compounds of beef broth as affected by cooking temperature [J]. Journal of Food Science, 1992, 57(6): 1285-1290

[17] Ballard T S, Mallikarjunan P, Zhou K, et al. Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins [J]. Food Chemistry, 2010, 120(4): 1185-1192

[18] 陈玉霞,林峰,莫娟,等.两种黄芪多糖提取方法比较[J].实验室研究与探索,2015,34(3):20-22,30
CHEN Yu-xia, LIN Feng, MO Juan, et al. Comparison of two extraction methods of *Astragalus* polysaccharide [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2015, 34(3): 20-22, 30

[19] Chan C, Yusoff R, Ngoh G, et al. Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants [J]. Journal of Chromatography A, 2011, 1218(37): 6213-6225

[20] Sultan S, Giles C, Netzel G, et al. *In vitro* digestion of indospicine-contaminated camel meat cooked by microwave [C] // 1st Food Chemistry Conference, Shaping the Future of Food Quality, Health and Safety. 2016: P1. 4.17

[21] Petracci M, Baéza E. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features [J]. World's Poultry Science Journal, 2011, 67(1): 137-151

[22] 余力,贺稚非,王兆明,等.肉中脂肪酸组成与健康关系的研究进展[J].食品工业科技,2014,35(22):359-363
YU Li, HE Zhi-fei, WANG Zhao-ming, et al. Research progress in the relationship between fatty acid composition of meat and health [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 359-363

（下转第 267 页）

现代食品科技