

# 混合原料制取辣椒油工艺研究及挥发性成分分析

陈吉江<sup>1</sup>, \* 孟祥永<sup>1</sup>, 孙承国<sup>1</sup>,  
周胜利<sup>1</sup>, 刘 宁<sup>2</sup>, 庄笑南<sup>1</sup>, 何 静<sup>1</sup>, 王立艳<sup>3</sup>, 李可蝶<sup>3</sup>

(1. 中粮农业产业管理服务有限公司, 北京 100000;

2. 中粮福临门食品营销有限公司, 北京 100020; 3. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083)

**摘要:**采用新鲜辣椒与干辣椒混合原料制取的辣椒油色泽红亮、辣度柔和、香气清新、自然浓郁。研究油浸法中各因素对辣椒油中的辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 及感官评价的影响。采用  $L_{16}(3^4)$  混合水平正交试验, 以辣椒素、辣椒红色素色价 E 及感官评价为指标, 同时研究粉碎粒度对辣椒油各成分的影响。结果表明, 制取辣椒油最佳配方工艺为干辣椒与鲜辣椒的质量比 1:4, 辣椒与食用植物油的质量比 1:1.5, 油浸温度 120 °C, 油浸时间 25 min, 粉碎粒度 18 目, 制取的辣椒油具有最优品质。采用顶空固相微萃取(HS-SPME)装置取样, 采用气相色谱-质谱法(GC-MS)对挥发性风味成分进行分析鉴定, 共鉴定出 43 种成分。

**关键词:**辣椒; 辣椒油; 辣椒素; 辣椒红色素; 感官评价; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱

中图分类号: TS224.4 文献标志码: A doi: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2021.07.042

## Process Optimization and Analysis of Volatile Compounds in Pepper Oil from Mixed Materials

CHEN Jijiang<sup>1</sup>, \* MENG Xiangyong<sup>1</sup>, SUN Chengguo<sup>1</sup>,

ZHOU Shengli<sup>1</sup>, LIU Ning<sup>2</sup>, ZHUANG Xiaonan<sup>1</sup>, HE Jing<sup>1</sup>, WANG Liyan<sup>3</sup>, LI Kedie<sup>3</sup>

(1. COFCO Agricultural Industry Management Service Co., Ltd., Beijing 100000, China; 2. COFCO Fortune Food Sales & Distribution Co., Ltd., Beijing 100020, China; 3. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** This article proposed a new method of processing pepper oil with the mixture of fresh and dry pepper under optimized conditions. The product obtained through this method was vivid red with rich fragrance and modest pungency. Orthogonal design was utilized to optimize parameters which would influence the quality of chili pepper oil. Assessment indicators were the content of capsaicinoids, capsanthin and sensory analysis score. Results indicated that the optimal circumstances of the fresh and dry pepper ratio and the vegetable oil and pepper proportion were respectively 1:4 and 1:1.5. The temperature of vegetable oil and soaking time were suggested to be 120 °C and 25 min. The particle size of pepper was 18 mesh. 43 compounds were totally isolated and identified via headspace solid-phase micro-extraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

**Key words:** pepper; pepper oil; capsaicinoids; capsanthin; sensory evaluation; gas chromatography-mass spectrometry; headspace solid phase microextraction

## 0 引言

辣椒油, 又被称为红油, 主要由植物油脂和干辣椒煎制而成, 是辣椒深加工产品, 具有色泽红艳、香味浓郁和辣度适中等特点, 在菜肴制作过程中可起到增色、增味及增辣的作用<sup>[1]</sup>, 可用于烹饪菜肴和凉拌菜, 是食品制作的调味佳品, 且具有通经活络、

活血化瘀、驱风散寒、开胃健胃、补肝明目和温中下气等功效, 因此受到人们的广泛喜爱<sup>[1-2]</sup>。

市场上的辣椒油大多以干辣椒为原料, 通过油淋法或油浸法生产<sup>[2-6]</sup>, 但香气不够清新自然, 且有明显油味。目前, 部分辣椒油的加工和组成成分的研究已见报道。朱晓兰等人<sup>[3]</sup>采用溶液进样和顶空固相微萃取进样法, 并通过气相色谱质谱联用仪

收稿日期: 2020-12-09

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0401404, 2016YFD040140403)。

作者简介: 陈吉江(1975—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为油脂及休闲食品开发与质量管理。

\* 通讯作者: 孟祥永(1973—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为油脂技术与产品研发。

(GC-MS) 分析鉴定出辣椒油含有 67 种风味物质；董道顺等人<sup>[6]</sup>将红辣椒与朝天椒混合（质量比为 6:4），以菜籽油煎制出品质优良辣椒油，色泽红亮、辣味醇厚、麻度适口、香辣扑鼻。然而，关于采用新鲜辣椒与干辣椒混合原料制取的辣椒油中各化合物组成和含量对其风味的影响鲜有报道。试验采用新鲜辣椒与干辣椒混合原料制取的辣椒油，经感官评价对比，较市售辣椒油具有更优的色、香、味，既有鲜艳的亮红色、柔和的辣度，又有清新自然醇厚的辣椒香气，更受消费者喜爱。解决了单一采用干辣椒制取的辣椒油香气不够清新、自然、醇厚的技术难题，单一采用新鲜辣椒制取的辣椒油存在颜色不够红亮、水分含量偏高的问题。对优化配方工艺制取的辣椒油采用顶空固相微萃取（HS-SPME）装置取样，用气相色谱-质谱法（GC-MS）对挥发性风味成分进行分析鉴定<sup>[5-7]</sup>，为建立辣椒油挥发性风味成分图谱数据库及行业标准化提供数据支持。采用高效液相色谱仪测定辣椒素<sup>[8]</sup>（Capsaicinoids）含量，紫外分光光度计测定辣椒红色素（Capsanthin）色价 E<sup>[9]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

福临门精炼一级菜籽油，中粮福临门食品营销有限公司提供；新鲜小米椒、干小米椒（挑选色泽红艳、无变质干辣椒，在 45℃烘箱中烘干至水分含量 8%~10%），楚雄可米庄园商贸有限公司提供。

甲醇、四氢呋喃，均为色谱纯，美国 MREDA 公司提供；辣椒碱标准品（纯度≥95%）、二氢辣椒碱标准品（纯度≥90%），北京嘉世玉禾化工技术研究院提供。

### 1.2 仪器与设备

FW100 型万能粉碎机，南京娇子藤科学器材有限公司产品；JK-MSH-PRO-15B 型电磁搅拌器，上海麦尚科学仪器有限公司产品；不锈钢网筛，郑州欧迪菲机械设备有限公司产品；200 目型尼龙食品过滤袋，安平森天丝网制品有限公司产品；板框压滤机，温州大通机械科技有限公司产品；UV-1800 型紫外分光光度计；GDYQ-9000S 型温度监测仪，浙江赛德仪器设备有限公司产品；手动固相微萃取装置，SPME Fiber Assembly 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头，美国 Supelco 公司产品；7890B/5977A 型气相色谱-质谱联用仪，美国安捷伦公司产品；HHS 型电热恒温水浴锅，上海博迅实业有限公司产品；LC-20AT 型高效液相色谱仪，日本岛津公司产品。

### 1.3 GC-MS 检测方法

#### 1.3.1 GC-MS 检测条件

(1) HS-SPME 条件<sup>[5-7]</sup>。称取 5 g 辣椒油入 15 mL 玻璃瓶中，旋紧盖子后放在 80℃恒温水浴中平衡

20 min，将 SPME 针管穿过瓶垫顶空萃取 40 min，向气相色谱仪中进样，于 250℃条件下解析 4 min，进行 GC-MS 分析。

(2) GC 条件<sup>[5-7]</sup>。色谱柱 DB-5MS（30 m×0.25 mm×0.25 μm）；柱温 50℃，以 3℃/min 升温速率升至 150℃，保持 3 min，再以 5℃/min 升温速率升至 250℃。载气：氦气，流量 0.9 mL/min，不分流进样，进样口温度 250℃。

#### 1.3.2 质谱条件

连接质谱接口温度 250℃，离子源为 EI 源，电子能量 70 eV，离子温度 230℃，四极杆温度 150℃，采集模式：全扫描，质量扫描范围 35~400 u。

#### 1.3.3 数据处理

对最优配方工艺制取的辣椒油开展 GC-MS 检测风味成分，通过谱库检索和人工解析，扣除由萃取头带来的硅氧烷类杂质峰和少量增塑剂的杂质峰，鉴定出匹配度大于 850（最大值 1 000）的化合物。按峰面积归一化法计算各组分的相对含量<sup>[6]</sup>。

## 1.4 试验方法

### 1.4.1 油浸法制取辣椒油

工艺流程为：

一级菜籽油→加热

鲜辣椒（干辣椒）→粉碎→油浸→过滤→澄清→压滤→灌装。

(1) 辣椒粉碎。优选小米椒制取辣椒油，鲜小米椒及干小米椒用万能粉碎机粉碎后过 18 目筛，鲜小米椒粉碎后常温存放不超过 4 h。

(2) 油浸。称取一级菜籽油倒入不锈钢锅中，锅中放入 2 粒搅拌子，将锅放置在电磁搅拌器上，设定搅拌子转速为 300~500 r/min，开启搅拌，油升温至 90~120℃，当到达设定的油温时向不锈钢锅中投入粉碎好的鲜小米椒和干小米椒，保持设定温度油浸 20~25 min。

(3) 过滤。当达到设定的油浸时间后，采用孔径 200 目的 3 层滤布滤出辣椒油。

(4) 澄清。过滤出的辣椒油常温自然静置沉降 10 d 以上，辣椒油中细小的悬浮杂质凝聚沉降在底部。

(5) 压滤。抽取上清液，再用板框压滤机除去油中细小杂质，采用 5 层 200 目滤布过滤。

(6) 灌装。装入 100~250 mL 玻璃瓶中进行感官评价及辣椒素含量、辣椒红色素测定。

#### 1.4.2 感官评价方法

对辣椒油的色、香、味指标进行感官评价。香气及色泽感官评价方法：将 10 g 辣椒油倒入 50 mL 烧杯中，在水浴上加热至 50℃左右，用玻璃棒搅拌后，由 15 位品评员闻香，观看色泽<sup>[10-15]</sup>。辣味感官评价方法：土豆去皮，切成 1~2 mm 细丝，在沸水中

热烫 2 min 后捞出滤水, 取 200 g 土豆丝加 10 g 辣椒油搅拌均匀后品尝来评价辣度。

辣椒油的感官评价标准<sup>[9-12, 15, 18-20]</sup>见表 1。

表 1 辣椒油的感官评价标准

| 项目                     | 评分标准                          | 评分/分   |
|------------------------|-------------------------------|--------|
| 澄清透明、颜色红亮              |                               | 90~100 |
| 色泽及透                   | 澄清透明、呈红色, 光亮度一般               | 80~89  |
| 明度 (权重 30%)            | 基本澄清透明, 颜色为浅红色或暗红色、酱红色, 光亮度稍差 | 60~79  |
|                        | 有浑浊或沉淀, 颜色为黄红色或红黑色            | <60    |
| 浓郁纯正的辣椒香气, 香气好, 无油味及异味 |                               | 90~100 |
| 气味 (权重 30%)            | 良好的辣椒香气, 基本无油味及异味             | 80~89  |
|                        | 正常的辣椒香气, 具有清香气, 油味轻           | 60~79  |
|                        | 有生青味或焦糊味, 油味重, 有异味, 香气差       | <60    |
| 醇厚、浓郁、纯正的香辣味, 辣度适宜     |                               | 90~100 |
| 辣度 (权重 40%)            | 纯正的香辣味, 辣度适宜                  | 80~89  |
|                        | 香辣味一般, 辣度稍弱或稍强                | 60~79  |
|                        | 香辣味太淡或太浓, 有焦糊感或油腻感            | <60    |

#### 1.4.3 辣椒素含量的测定

辣椒油中辣味成分主要为辣椒素, 按 GB 28314 食品安全国家标准 食品添加剂 辣椒油树脂的附录 A 检验方法中高效液相色谱 (配备紫外检测器) 法的 A.1~A.3.1.5 进行测定。

#### 1.4.4 辣椒红色素的测定

按照 GB 1886.34 食品安全标准 食品添加剂 辣椒红中附录 A 检验方法中分光光度计法的 A.1~A.3 进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 辣椒粉碎粒度对辣椒油品质的影响

辣椒粉碎粒度分别为粗粉 (0.5~1.0 cm 碎片), 18, 30, 60 目<sup>[9-12]</sup>, 对制取的辣椒油进行感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素色价 E 测定。结果表明, 辣椒的粉碎粒度不同, 对辣椒油的品质有一定的影响, 辣椒粉碎粒度为 18 目时, 辣椒油的品质较好。辣椒粉碎的粒径过小时制取的辣椒油出现焦糊现象, 色泽变暗, 因为辣椒粒度过小, 辣椒粉末容易沉降于锅底在高温长时间条件下发生焦糊, 且过滤困难, 辣椒油中悬浮杂质增加, 影响辣椒油的色泽和透明度。

辣椒粉碎粒度的比较见图 1。

### 2.2 干辣椒与鲜辣椒的质量比对辣椒油品质的影响

依据前期试验并查阅参考文献, 固定辣椒与食用植物油的质量比为 1:1.5, 油浸温度 120 °C, 油浸时间 25 min, 辣椒粉碎粒度为 18 目。干小米椒与新鲜小米椒的质量比分别设置为 1:2, 1:3, 1:4, 1:5。对其进行感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素 E 色价的测定。

干辣椒与鲜辣椒质量比对辣椒油品质的影响见图 2。

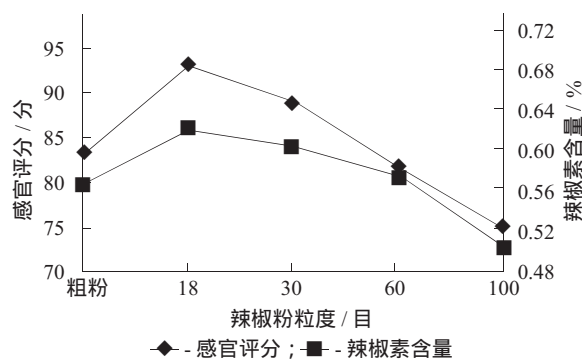


图 1 辣椒粉碎粒度的比较

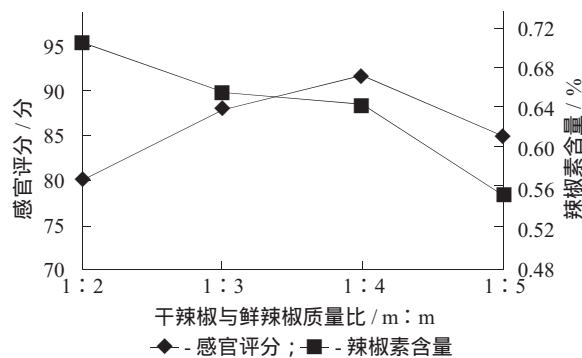


图 2 干辣椒与鲜辣椒质量比对辣椒油品质的影响

由图 2 可知, 干辣椒与鲜辣椒的质量比为 1:4 时, 辣椒油的感官评分为 93 分, 辣椒素含量为 0.62%, 辣椒红色素色价 E 为 0.12。当干辣椒的用量增加时, 制取的辣椒油过于辛辣, 有焦糊味; 反之, 当鲜辣椒的用量增加时, 辣椒油香味较好, 但辣度不足, 色泽不够红亮。综合感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素色价 E 3 个方面因素, 干小米椒与鲜小米椒的质量比为 1:4 时, 辣椒油感官评价得分最高, 具有合适的辣度和鲜艳的亮红色。

### 2.3 辣椒与食用植物油的质量比对辣椒油品质的影响

固定干小米椒与鲜小米椒的质量比为 1:4, 油浸温度为 120 °C, 油浸时间为 25 min, 辣椒粉碎粒度为 18 目。辣椒与食用植物油的质量比分别为 1:1.5, 1:2.0, 1:2.5, 1:3.0, 对上述工艺参数制取的辣椒油进行感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素色价 E 的测定。

辣椒与食用植物油的质量比对辣椒油品质的影响见图 3。

结果表明, 当辣椒与食用植物油质量比为 1:1.5 时, 辣椒油感官评分为 91 分, 辣椒素含量 0.63%, 辣椒红色素色价 E 为 0.12, 当食用植物油的质量占比增加时, 制备的辣椒油辣度降低, 色泽变浅, 香气减弱, 产品有明显油味。综合感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素色价 E 3 个方面因素, 辣椒与食用植物油的质量比为 1:1.5 时, 辣椒油感官评价得分最



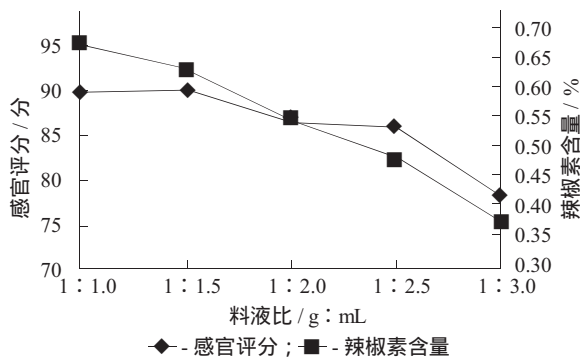


图3 辣椒与食用植物油的质量比对辣椒油品质的影响

高, 具有合适的辣度和鲜艳的亮红色。

#### 2.4 油浸温度对辣椒油品质的影响

固定干小米椒与鲜小米椒的质量比为 1 : 4, 辣椒与食用植物油的质量比为 1 : 1.5, 油浸时间 25 min, 辣椒粉碎粒度为 18 目。油浸温度分别为 90, 100, 110, 120 °C, 对上述工艺参数制取的辣椒油进行感官评价、辣椒素含量及辣椒红素 E 色价的测定。

油浸温度对辣椒油品质的影响见图 4。

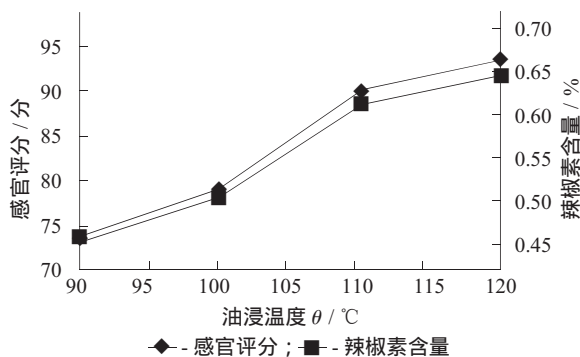


图4 油浸温度对辣椒油品质的影响

结果表明, 油浸温度为 120 °C 时, 制取的辣椒油品质最优, 感官评分为 93 分, 辣椒素含量 0.64%, 辣椒红素色价 E 为 0.13, 当油浸温度降低时, 辣椒在低温油浸过程中, 辣椒的香气及辣味成分不能充分浸提出来, 制取的辣椒油香气弱, 味道不够醇厚。当油浸温度超过 120 °C, 制备的辣椒油有焦糊味。综合感官评价、辣椒素含量及辣椒红素色价 E 3 个方面因素, 油浸温度为 120 °C 时, 辣椒油感官评分最高, 具有合适的辣度和鲜艳的亮红色。

#### 2.5 油浸时间对辣椒油品质的影响

固定干辣椒与鲜辣椒的质量比为 1 : 4, 辣椒与食用油的质量比为 1 : 1.5, 油浸温度为 120 °C, 辣椒粉碎粒度为 18 目。油浸时间分别为 10, 15, 20, 25 min, 对其进行感官评价、测定辣椒素含量及辣椒红素色价。

油浸时间对辣椒油品质的影响见图 5。

结果表明, 油浸时间为 20, 30 min 时, 感官评分分别为 92 分, 93 分, 辣椒素含量分别为 0.61%,

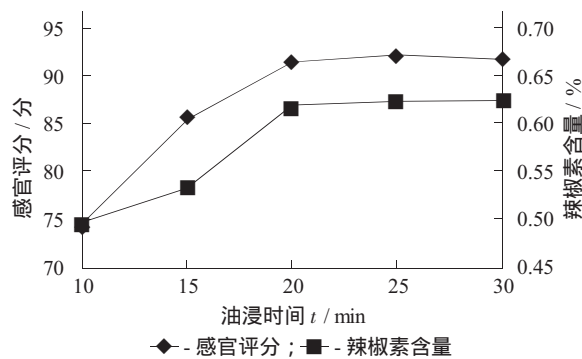


图5 油浸时间对辣椒油品质的影响

0.63%, 辣椒红素色价 E 分别为 0.11, 0.13, 增加油浸时间制取的辣椒油色泽加深变暗, 有焦糊味, 缩短油浸时间则辣度不足、色泽偏浅及香气不足。综合感官评价、辣椒素含量及辣椒红素色价 E 3 个方面因素, 油浸时间为 20~25 min 时, 辣椒油感官评分较高, 具有合适的辣度和鲜艳的亮红色。

#### 2.6 辣椒油制取工艺的混合正交试验设计

采用热的食用植物油对粉碎的辣椒进行浸提<sup>[9-12]</sup>, 对辣椒油中的辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 及感官评价的主要影响因素是辣椒与食用植物油质量比、干辣椒和鲜辣椒质量比、油浸温度、油浸时间为 4 个因素<sup>[12,19]</sup>, 在单因素试验的基础上对辣椒与食用植物油质量比、干辣椒和鲜辣椒质量比、油浸温度设定 4 个水平, 油浸温度设定 2 个水平, 采用  $L_{16}(3^4)$  混合正交试验表研究辣椒油制取, 以确定制取辣椒油的最佳配方及工艺参数。

$L_{16}(3^4)$  混合水平正交试验因素见表 2, 辣椒油制取工艺混合水平正交试验结果见表 3, 感官评价方差分析见表 4, 辣椒素含量方差分析见表 5, 辣椒红色素色价 E 方差分析见表 6。

表2  $L_{16}(3^4)$  混合水平正交试验因素

| 水平 | A 干辣椒与鲜辣椒质量比<br>/ g : g | B 辣椒与食用植物油质量比<br>/ g : mL | C 油浸温度<br>$\theta$ / °C | D 油浸时间<br>$t$ / min |
|----|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1  | 1 : 2                   | 1 : 1.0                   | 110                     | 20                  |
| 2  | 1 : 3                   | 1 : 1.5                   | 120                     | 25                  |
| 3  | 1 : 4                   | 1 : 2.0                   | 130                     |                     |
| 4  | 1 : 5                   | 1 : 2.5                   | 140                     |                     |

由表 3 的  $R$  值分析, 辣椒与食用植物油质量比对辣椒油的感官评分、辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 的指标影响程度最大。各因素对感官评分的影响程度依次为  $B > A > C > D$ ; 对辣椒素含量的影响程度依次为  $B > A > C > D$ ; 对辣椒红色素色价 E 指标的影响程度依次为  $B > A > C > D$ 。根据方差分析, 干辣椒与鲜辣椒质量比对辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 的影响极显著, 辣椒与食用植物油质量比对感官评价、辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 的影响极显著; 干

表 3 辣椒油制取工艺混合水平正交试验结果

| 试验号                   | A             | B     | C     | D     | 感官评价<br>/分 | 辣椒素<br>含量/% | 辣椒红色<br>素色价 E |
|-----------------------|---------------|-------|-------|-------|------------|-------------|---------------|
| 1                     | 1             | 1     | 1     | 1     | 80         | 0.85        | 0.19          |
| 2                     | 1             | 2     | 2     | 1     | 86         | 0.70        | 0.16          |
| 3                     | 1             | 3     | 3     | 2     | 77         | 0.66        | 0.12          |
| 4                     | 1             | 4     | 4     | 2     | 76         | 0.57        | 0.09          |
| 5                     | 2             | 1     | 2     | 2     | 83         | 0.75        | 0.14          |
| 6                     | 2             | 2     | 1     | 2     | 88         | 0.64        | 0.11          |
| 7                     | 2             | 3     | 4     | 1     | 78         | 0.60        | 0.10          |
| 8                     | 2             | 4     | 3     | 1     | 73         | 0.53        | 0.08          |
| 9                     | 3             | 1     | 3     | 1     | 82         | 0.63        | 0.12          |
| 10                    | 3             | 2     | 4     | 1     | 93         | 0.56        | 0.10          |
| 11                    | 3             | 3     | 1     | 2     | 84         | 0.53        | 0.08          |
| 12                    | 3             | 4     | 2     | 2     | 85         | 0.44        | 0.07          |
| 13                    | 4             | 1     | 4     | 2     | 73         | 0.57        | 0.11          |
| 14                    | 4             | 2     | 3     | 2     | 86         | 0.54        | 0.09          |
| 15                    | 4             | 3     | 2     | 1     | 81         | 0.45        | 0.07          |
| 16                    | 4             | 4     | 1     | 1     | 73         | 0.40        | 0.06          |
| 感官<br>评价<br>/分        | $\bar{K}_1$   | 79.75 | 79.50 | 81.25 | 80.75      |             |               |
|                       | $\bar{K}_2$   | 80.50 | 88.25 | 83.75 | 81.50      |             |               |
|                       | $\bar{K}_3$   | 86.00 | 80.00 | 79.50 |            |             |               |
|                       | $\bar{K}_4$   | 78.25 | 76.75 | 80.00 |            |             |               |
| 辣椒<br>素含<br>量<br>/%   | R             | 7.75  | 11.50 | 4.25  | 0.75       |             |               |
|                       | $\bar{K}_1'$  | 0.695 | 0.700 | 0.605 | 0.590      |             |               |
|                       | $\bar{K}_2'$  | 0.630 | 0.610 | 0.585 | 0.588      |             |               |
|                       | $\bar{K}_3'$  | 0.540 | 0.560 | 0.590 |            |             |               |
| 辣椒<br>红色<br>素色<br>价 E | $\bar{K}_4'$  | 0.490 | 0.485 | 0.575 |            |             |               |
|                       | R'            | 0.205 | 0.215 | 0.030 | 0.002      |             |               |
|                       | $\bar{K}_1''$ | 0.140 | 0.140 | 0.110 | 0.110      |             |               |
|                       | $\bar{K}_2''$ | 0.108 | 0.115 | 0.110 | 0.101      |             |               |
|                       | $\bar{K}_3''$ | 0.093 | 0.093 | 0.103 |            |             |               |
|                       | $\bar{K}_4''$ | 0.083 | 0.075 | 0.100 |            |             |               |
|                       | R''           | 0.057 | 0.065 | 0.010 | 0.009      |             |               |

表 4 感官评价方差分析

| 方差来源 | 方差平方和   | 自由度 | 均方     | F 值   | p 值                |
|------|---------|-----|--------|-------|--------------------|
| A    | 137.250 | 3   | 45.750 | 6.06  | 0.040 <sup>a</sup> |
| B    | 295.250 | 3   | 98.417 | 13.04 | 0.008 <sup>b</sup> |
| C    | 43.250  | 3   | 14.417 | 1.91  | 0.246              |
| D    | 2.250   | 1   | 2.250  | 0.30  | 0.609              |
| 残差误差 | 37.750  | 5   | 37.750 |       |                    |
| 合计   | 515.750 | 15  |        |       |                    |

注: 肩标字母 a 表示显著  $p < 0.05$ , 肩标字母 b 表示极显著  $p < 0.01$ 。下同

表 5 辣椒素含量方差分析

| 方差来源 | 方差平方和     | 自由度 | 均方        | F 值   | p 值                |
|------|-----------|-----|-----------|-------|--------------------|
| A    | 0.100 475 | 3   | 0.033 492 | 42.66 | 0.001 <sup>b</sup> |
| B    | 0.097 675 | 3   | 0.032 558 | 41.48 | 0.001 <sup>b</sup> |
| C    | 0.001 875 | 3   | 0.000 625 | 0.80  | 0.547              |
| D    | 0.000 025 | 1   | 0.000 025 | 0.03  | 0.865              |
| 残差误差 | 0.003 925 | 5   | 0.000 785 |       |                    |
| 合计   | 0.203 975 | 15  |           |       |                    |

辣椒与鲜辣椒质量比对感官评价的影响为显著; 油

表 6 辣椒红色素色价 E 方差分析

| 方差来源 | 方差平方和     | 自由度 | 均方        | F 值   | p 值                |
|------|-----------|-----|-----------|-------|--------------------|
| A    | 0.007 569 | 3   | 0.002 523 | 26.21 | 0.002 <sup>b</sup> |
| B    | 0.009 519 | 3   | 0.003 173 | 32.97 | 0.001 <sup>b</sup> |
| C    | 0.000 319 | 3   | 0.000 106 | 1.10  | 0.429              |
| D    | 0.000 306 | 1   | 0.000 306 | 3.18  | 0.135              |
| 残差误差 | 0.000 481 | 5   | 0.000 096 |       |                    |
| 合计   | 0.018 194 | 15  |           |       |                    |

浸温度和油浸时间对感官评价、辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 的指标影响为不显著。综合分析因素 A 选第 3 水平 ( $A_3$ ), 因素 B 选第 2 水平 ( $B_2$ ), 因素 C 选第 2 水平 ( $C_2$ ), 因素 D 选第 2 水平 ( $D_2$ )。

综上所述, 兼顾辣椒油的感官评价、辣椒红色素色价 E、辣椒素含量 3 个关键评价指标, 制取辣椒油的最佳配方及工艺为  $A_3B_2C_2D_2$ , 即干辣椒与鲜辣椒质量比 1:4, 辣椒与食用植物油质量比 1:1.5, 油浸温度 120 °C, 油浸时间 25 min, 采用该配方工艺制取的辣椒油综合评价指标最优。

对上述最优配方进行平行试验并开展感官评价、辣椒素含量及辣椒红色素色价 E 的测定, 其感官评分为 96 分, 辣椒素含量为 0.58%, 辣椒红色素色价 E 为 0.10, 其各项指标稳定、重现性好。

## 2.7 最优配方工艺制取的辣椒油同市售辣椒油对比

市购 5 个知名品牌辣椒油, 经从事食品专业 15 人感官评价, 优选出李锦记品牌的辣椒油进行对比。以最佳配方及工艺为  $A_3B_2C_2D_2$  制取的辣椒油同李锦记辣椒油进行感官评价, 试验辣椒油感官评分为 96 分, 李锦记辣椒油为 91 分, 因此试验辣椒油优于李锦记辣椒油。

对试验辣椒油和李锦记辣椒油进行质量指标对比。

质量指标对比见表 7。

表 7 质量指标对比

| 质量指标                        | 试验辣椒油 | 李锦记辣椒油 |
|-----------------------------|-------|--------|
| 水分及挥发物/%                    | 0.30  | 0.10   |
| 酸值(KOH)/mg·g <sup>-1</sup>  | 0.60  | 0.60   |
| 过氧化值/mmole·kg <sup>-1</sup> | 2.20  | 2.00   |
| 辣椒素含量/%                     | 0.58  | 0.55   |
| 辣椒红色素 E                     | 0.10  | 0.09   |

在常温避光干燥的条件下贮存 18 个月, 检测试验辣椒油和李锦记辣椒油的酸值及过氧化值理化指标, 检测结果均符合食用植物油卫生标准 GB 2716 中的规定要求。即产品保质期可达 18 个月。

## 3 辣椒油的 GC-MS 分析

挥发性风味成分的 GC-MS 总离子流图见图 6。

对筛选的最优配方工艺制取的辣椒油进行 GC-MS 检测, 其挥发性风味成分总离子流图如图 1

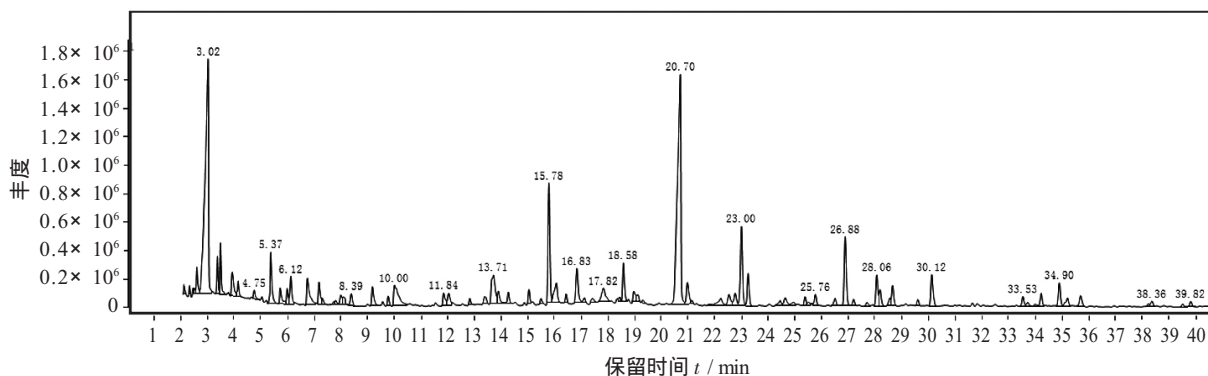


图 6 挥发性风味成分的 GC-MS 总离子流图

所示,经 NIST2.2 质谱数据库检索和文献对照解析<sup>[13-14,21]</sup>,制取的辣椒油中共鉴定出匹配度大于 850 (最大值 1 000) 的 43 种风味成分,酸类 3 个 (占比 27.76%),醛类 13 个 (占比 20.12%),醇类 4 个 (占比 2.48%),酮类 4 个 (占比 28.48%),芳香族类 8 个 (占比 3.41%),烯类 1 个 (占比 1.34%),酯类 3 个 (占比 4.33%),烷烃类 4 个 (占比 3.92%),醚类 1 个 (占比 4.95%),吡咯类 2 个 (占比 3.2%)。从表 8 可知,辣椒油主要易挥发的头香风味成分为 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮成分占比 25.4%,乙酸占比 26.52%,苯乙醛占比 8.05%,茴香脑占比 4.95%。其中,乙酸具有酸香气味,苯乙醛具有类似风信子的香气和水果的甜香气。3-甲基丁醛具有麦芽香、水果香。正己醛具有青香、果香和木香气。壬醛具有脂肪味、柑橘香和花香。2-乙酰基吡咯具有甘草味、核桃味和面包香。它们是辣椒油的关键风味化合物,组成了辣椒油的焦甜香、酯香、麦芽香、果香、豆香等为一体的独特风味<sup>[1]</sup>。

最优配方工艺制取的辣椒油易挥发头香风味成分 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮相对含量为 25.4%,高于李锦记的 11.2%。过往对辣椒油采用 SPME 法进行 GC-MS 检测其 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮相对含量为 5.1-12.3%。同时,检出含量为 8.05% 的苯乙醛,具有类似风信子的香气,稀释后具有水果的甜香气,还有浓郁的玉簪花香气。高含量的 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮和苯乙醛为试验辣椒油贡献了独特的清香气<sup>[22-24]</sup>。

由图 6 可见,HS-SPME 可以很好地吸附辣椒油的挥发性风味成分,通过 GC-MS 的分析检测,可以得到良好的总离子图。

最优配方及工艺辣椒油挥发性物质的种类及含量见表 8。

#### 4 结论

(1) 采用干辣椒与鲜辣椒进行组合,以传统油

表 8 最优配方及工艺辣椒油挥发性物质的种类及含量

| 类别 | 保留时间 / min | CAS 号      | RI 保留指数 | 化合物名称       | 相对质量分数 / % |
|----|------------|------------|---------|-------------|------------|
| 酸类 | 3.03       | 64-19-7    | 610     | 乙酸          | 26.52      |
|    | 8.08       | 116-53-0   | 861     | 2-甲基丁酸      | 0.62       |
|    | 26.50      | 112-05-0   | 1 273   | 壬酸          | 0.62       |
|    |            |            |         | 小计          | 27.76      |
| 醛类 | 2.59       | 78-84-2    | 552     | 2-甲基丙醛      | 0.83       |
|    | 3.37       | 590-86-3   | 652     | 3-甲基丁醛      | 1.65       |
|    | 6.12       | 66-25-1    | 800     | 正己醛         | 1.55       |
|    | 9.56       | 111-71-7   | 901     | 正庚醛         | 0.21       |
|    | 11.84      | 57266-86-1 | 958     | 2-庚烯醛       | 0.93       |
|    | 12.03      | 100-52-7   | 962     | 苯甲醛         | 0.83       |
|    | 14.26      | 881395     | 1 012   | 反式-2,4-庚二烯醛 | 0.62       |
|    | 15.79      | 122-78-1   | 1 045   | 苯乙醛         | 8.05       |
|    | 16.43      | 2548-87-0  | 1 060   | 反-2-辛烯醛     | 0.52       |
|    | 18.58      | 124-19-6   | 1 104   | 壬醛          | 2.48       |
|    | 24.61      | 67-47-0    | 1 233   | 5-羟甲基糠醛     | 0.62       |
|    | 25.77      | 3913-81-3  | 1 263   | 反式-2-癸烯醛    | 0.62       |
|    | 28.19      | 25152-84-5 | 1 317   | 反式-2,4-癸二烯醛 | 1.24       |
|    |            |            |         | 小计          | 20.12      |
|    | 5.71       | 513-85-9   | 788     | 2,3-丁二醇     | 1.03       |

(续表 1)

| 类别   | 保留时间 / min | CAS 号       | RI 保留指数 | 化合物名称                           | 相对质量分数 / % |
|------|------------|-------------|---------|---------------------------------|------------|
| 醇类   | 7.98       | 98-00-0     | 859     | 糠醇                              | 0.62       |
|      | 15.19      | 100-51-6    | 1 036   | 苯甲醇                             | 0.31       |
|      | 18.43      | 78-70-6     | 1 099   | 芳樟醇                             | 0.52       |
|      |            |             |         | 小计                              | 2.48       |
| 酮类   | 12.82      | 10230-62-3  | 989     | 2,5-二甲基-2,4-二羟基-3(2H)呋喃酮        | 0.52       |
|      | 20.71      | 28564-83-2  | 1 151   | 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮 | 26.21      |
|      | 22.53      | 1073-96-7   | 1 196   | 3,5-二羟基-2-甲基-4(H)-吡喃-4-酮        | 1.03       |
|      | 35.20      | 79-77-6     | 1 486   | $\beta$ -紫罗酮                    | 0.72       |
|      |            |             |         | 小计                              | 28.48      |
| 芳香族类 | 8.39       | 106-42-3    | 865     | 对二甲苯                            | 0.83       |
|      | 41.14      | 4537-15-9   | 1 632   | 1-丁基庚基苯                         | 0.41       |
|      | 43.23      | 4536-88-3   | 1 708   | 1-甲基癸基苯                         | 0.41       |
|      | 43.97      | 2719-62-2   | 1 726   | 1-戊基庚基苯                         | 0.41       |
|      | 44.09      | 2719-63-3   | 1 730   | 1-丁基辛基苯                         | 0.41       |
|      | 44.41      | 2719-64-4   | 1 742   | 1-丙基壬基苯                         | 0.31       |
|      | 44.94      | 2400-00-2   | 1 766   | 1-乙基己基苯                         | 0.31       |
|      | 45.86      | 2719-61-1   | 1 808   | 1-甲基十一苯                         | 0.31       |
|      |            |             |         | 小计                              | 3.41       |
| 烯类   | 9.17       | 100-42-5    | 893     | 苯乙烯                             | 1.34       |
|      |            |             |         | 小计                              | 1.34       |
| 酯类   | 23.25      | 350309-45-4 | 1 206   | 4-甲基戊基-3-甲基丁酸甲酯                 | 2.06       |
|      | 28.06      | 35852-42-7  | 1 315   | 4-甲基戊基-4-甲基丁酸甲酯                 | 2.06       |
|      | 48.38      | 112-39-0    | 1 926   | 棕榈酸甲酯                           | 0.21       |
|      |            |             |         | 小计                              | 4.33       |
| 烷烃类  | 30.12      | 1560-96-9   | 1 364   | 2-甲基十三烷                         | 2.37       |
|      | 34.22      | 1560-95-8   | 1 453   | 2-甲基十四烷                         | 0.83       |
|      | 39.82      | 544-76-3    | 1 600   | 十六烷                             | 0.41       |
|      | 43.13      | 629-78-7    | 1 700   | 十七烷                             | 0.31       |
|      |            |             |         | 小计                              | 3.92       |
| 醚类   | 26.88      | 104-46-1    | 1 286   | 茴香脑                             | 4.95       |
|      |            |             |         | 小计                              | 4.95       |
| 吡咯类  | 4.76       | 96-54-8     | 743     | 甲基吡咯                            | 0.52       |
|      | 16.89      | 1072-83-9   | 1 064   | 2-乙酰基吡咯                         | 2.68       |
|      |            |             |         | 小计                              | 3.20       |

注: “-”表示未检出或含量低于 0.01%

浸工艺制取香气清新自然、辣度适中、色泽鲜艳的辣椒油,对辣椒粉碎粒度、干辣椒与鲜辣椒质量比、辣椒与食用植物油质量比、油浸温度、油浸时间 5 个关键工艺影响因素开展研究,以感官评价、辣椒素含量、辣椒红色素色价 E 为评价指标,采用  $L_{16}(3^4)$  混合正交试验进行配方、工艺优化,考查因素较为全面,与以单一成分含量为指标相比,更加科学合理。根据分析结果,制取鲜辣椒油的最佳配方工艺为干辣椒与鲜辣椒质量比 1:4,辣椒与食用植物油质量比 1:1.5,油浸温度 120 °C,油浸时间 25 min。

(2) 采用筛选的最优配方、工艺参数,通过单因素试验,研究了辣椒粉碎粒度对制取鲜辣椒油的影响,结果显示以 18 目粒度制取效果最佳。

(3) 采用最优工艺制取的鲜辣椒油,同单一采用干辣椒制取的辣椒油相比,具有更为优异的辣椒油清香气、柔和的辣度、鲜艳的亮红色,较市售辣

椒油具有更好的色、香、味,采用试验工艺操作简单,适合大量生产。

(4) 对优化配方工艺制取的辣椒油采用 HS-SPME 与 GC-MS 联用技术进行挥发性风味成分分析与鉴定<sup>[25-26]</sup>,共鉴定出 43 种化合物,辣椒油主要易挥发的头香风味成分为 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮成分占比 25.4%,乙酸占比 26.52%,苯乙醛占比 8.05%,茴香脑占比 4.95%。其中,乙酸具有酸香气味,苯乙醛具有类似风信子的香气和水果的甜香气。3-甲基丁醛具有麦芽香、水果香。正己醛具有青香、果香和木香气。壬醛具有脂肪味、柑橘香和花香。2-乙酰基吡咯具有甘草味、核桃味和面包香。它们是辣椒油的关键风味化合物,组成了辣椒油的焦甜香、酯香、麦芽香、果香、豆香等为一体的独特风味。高含量的 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮和苯乙醛为试验辣



椒油贡献了独特的清香气。辣椒油的香气是多种易挥发风味成分协同作用,生产上可以利用该方法分析辣椒油风味成分的组成和含量,结合感官分析判断辣椒油的优劣和评价等级,以便精进配方、工艺。

#### 参考文献:

- [1] 季德胜,郑桂青,孙俊,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析辣椒油中的风味物质[J].现代食品科技,2017(6):104-114.
- [2] 安中立,贺稚非,李洪军,等.辣椒油加工生产的研究现状[J].辣椒杂志,2006(3):45-48.
- [3] 朱晓兰,刘百战,宗若雯,等.辣椒油化学成分的气相色谱-质谱分析[J].分析测试学报,2003,22(1):67-70.
- [4] 董道顺,谷绒.辣椒油制作最佳工艺条件研究[J].农产品加工,2014(11):40-42.
- [5] 刘佳,李琼,黄惠芳,等.海南黄灯笼辣椒油树脂的超临界CO<sub>2</sub>提取工艺优化及GC-MS分析[J].广东农业科学,2015,42(6):80-87.
- [6] 纪良霞,王立升,乔红运,等.广西指天椒辣椒油树脂成分的GC-MS分析[J].精细化工原料及中间体,2005(6):9-11.
- [7] 曹雁平,张东.固相微萃取-气相色谱质谱联用分析辣椒油树脂挥发性成分[J].食品工业科技,2011,32(1):108-111.
- [8] 游国叶,陈洪轩.HPLC测定辣椒油中辣椒素含量[J].河南大学学报(医学版),2011,30(1):27-31.
- [9] 张晶,石磊岭,李慧萍.辣椒油树脂,辣椒红色素及辣椒素提取工艺的研究[J].食品科学,2010(2):60-62.
- [10] 李昌文.辣椒油的加工工艺研究[J].中国调味品,2007(11):53-54.
- [11] 蒋立文,王燕.辣椒油的制作及其影响因素[J].中国调味品,2004(8):31-33.
- [12] 何小龙,唐建华,车君艳,等.不同辣椒品种对辣椒油品质的影响研究[J].中国调味品,2014,39(11):10-12.
- [13] 何小龙,周晓燕,李辉,等.辣椒油制作过程中的品质变化研究[J].食品研究与开发,2014,35(11):91-93.
- [14] Gu L B, Pang H L, Lu K K, et al. Process optimization and characterization of fragrant oil from red pepper (*Cap-sicum annuum* L.) seed extracted by subcritical butane extraction [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017 (6): 1 894-1 903.
- [15] Jinyan W, Yuqi W, Zheng L, et al. Kinetic study on extraction of red pepper seed oil with supercritical CO<sub>2</sub> [J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2014, 22 (1): 44-50.
- [16] 尹敏.影响辣椒油品质的因素[J].中国调味品,2009(9):93-95.
- [17] 陶红,蒋林,郑锡康,等.响应曲面法优化辣椒油树脂分离条件及分离产物的抗氧化活性测定[J].食品科学,2013,34(20):87-93.
- [18] 周玉东.辣椒油制作中油的选择与工艺参数的试验研究[J].粮食与食品工业,2009,16(5):17-19.
- [19] 黄美英,赖庆轲,李廷真,等.超临界CO<sub>2</sub>萃取辣椒油的工艺条件优化研究[J].应用化工,2012,41(4):633-636.
- [20] 尹敏.辣椒油炼制新探[J].农村新技术(加工版),2011(11):32-33.
- [21] Junior S B, Tavares A M, Teixeira Filho J, et al. Analysis of the volatile compounds of Brazilian chilli peppers (*Cap-sicum* spp.) at two stages of maturity by solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Research International, 2012, 48 (1): 98-107.
- [22] 李嘉伟,栗晖,姚志湘.基于红外光谱角度度量模型同时测定辣椒油品质指标[J].中国调味品,2021,46(5):133-138.
- [23] 张玉华,郭鹤.多颗粒态油辣椒物料特性与灌装方式[J].食品工业,2021,42(1):241-243.
- [24] 余永昊,谢定源,方妍,等.固相萃取提取分离辣椒油中辣椒素的正交试验优化及检验[J].中国调味品,2020,45(12):6-12.
- [25] 何志芳,王林玉.辣椒油树脂的纯化试验[J].食品工业,2020,41(3):17-20.
- [26] 董道顺,谷绒.辣椒油制作最佳工艺条件研究[J].农产品加工,2014(22):40-42,45.◇

## 《农产品加工》稿约

《农产品加工》以从事农产品加工的科研人员、高等院校教师、在读博士生和硕士生为主要读者群和作者群。现向行业内的有识之士征集以下稿件:

**试验研究** 对农产品精深加工科研项目、试验研究的论述。

**工艺探讨** 探讨各种新型农产品的生产工艺。

**分析测试** 分析农产品在生产、保鲜、贮运过程中各种因素所产生的变化和对其食品安全性的影响。

**专题综述** 对我国农产品(包括粮食、油料、果蔬、肉蛋奶、水产等)加工业及生产设备的现状、展望、发展

趋势和发展战略的论述。

**加工装备** 农产品深加工和综合利用新技术、新装备及包装设备的研究和应用技术。

**推广应用** 适用的农产品加工新技术在推广普及中的探索与经验介绍。

**加工教研** 研究新的教学体制,优化专业课程的教学,采用多种形式、多种方案,培养现代化实用型人才的理论和经验。

欢迎从事农产品加工、食品加工及相关学科的科研、教学和推广应用人员踊跃投稿。

E-mail: ncpjgkx@163.com

电话: 0351-4606085 4606086