

# 醇处理和热处理对樟树籽仁蛋白 风味的影响

孙旦,姜秋水,叶德宏,陈璐,刘轩

(浙江省粮食科学研究所有限责任公司,杭州310012)

**摘要:**为了对樟树籽仁蛋白在食品中的利用提供参考,以脱脂樟树籽仁粉为原料,通过对原料醇洗前处理和碱溶酸沉法制备蛋白过程中的加热处理,分别制备醇处理和热处理樟树籽仁蛋白,采用顶空-固相微萃取-气相色谱-嗅闻-质谱联用(HS-SPME-GC-O-MS)技术结合感官评价,对醇处理和热处理前后樟树籽仁蛋白的风味物质进行对比分析。结果表明:樟树籽仁蛋白中的挥发性风味物质主要为酯类、酸类、醛类、酮类和醇类,不经醇处理和热处理制备的樟树籽仁蛋白风味物质总含量为1542.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,主要呈腐败味和不舒服味,分别主要由 *n*-癸酸(286.69  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )和辛酸(103.23  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )贡献;65%乙醇处理能脱除原料中约70%的皂苷和60%的多酚,制备的樟树籽仁蛋白色泽明显改善,风味物质总含量降低至1242.64  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,风味相对单一,主要由壬醛(126.93  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )贡献脂肪味及1-己醇(4.56  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )和2-乙基-1-己醇(114.39  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )贡献青草味;95%乙醇处理脱除了原料中约80%的脂肪,制备的樟树籽仁蛋白风味物质总含量增加至2390.34  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ;热处理后樟树籽仁蛋白风味物质总含量增加至2081.24  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,但不舒服味强度降低。综上,醇处理和热处理能改变樟树籽仁蛋白的风味特征,改善原有的不愉快风味。

**关键词:**樟树籽仁蛋白;醇处理;热处理;风味

中图分类号:TS229;TQ931

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2024)08-0069-06

## Effects of ethanol treatment and heat treatment on flavor of camphor seed kernel protein

SUN Dan, JIANG Qiushui, YE Dehong, CHEN Lu, LIU Xuan

(Zhejiang Grain Science Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** In order to provide reference for the utilization of camphor seed kernel protein in food, defatted camphor seed kernel powder was used as raw material to prepare camphor seed kernel protein by ethanol washing pre-treatment and heat treatment during the protein preparation process using alkaline solution and acid precipitation method. Then, the flavor compounds of camphor seed kernel protein before and after ethanol treatment and heat treatment were analyzed by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry (HS-SPME-GC-O-MS) combined with sensory evaluation. The results showed that the volatile flavor substances in camphor seed kernel protein were mainly esters, acids, aldehydes, ketones and alcohols. The total concentration of these substances was 1542.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in the camphor seed kernel protein prepared without ethanol treatment or heat treatment, it mainly showed "rotten" and "uncomfortable" odors, which mainly contributed by *n*-capric acid (286.69  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) and caprylic acid (103.23  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). After 65% ethanol treatment, 70% saponins and 60% polyphenols in defatted camphor seed kernel could be removed, the color of camphor seed kernel

protein was improved significantly, and the total content of flavor substances was reduced to 1242.64  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Its flavor was relatively simple, the "fatty" odor was contributed by nonylaldehyde (126.93  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), and the "grass" odor was

收稿日期:2024-01-03;修回日期:2024-04-19

作者简介:孙旦(1995),女,硕士,研究方向为油脂与植物蛋白(E-mail)969631515@qq.com。

通信作者:姜秋水,正高级工程师(E-mail)jqs008@163.com。

contributed by 1 - hexanol (4.56  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) and 2 - ethyl - 1 - hexanol (114.39  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). After 95% ethanol treatment, 80% of the oil in defatted camphor seed kernel was removed, and the total content of flavor substances in the camphor seed kernel protein increased to 2 390.34  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The total content of flavor substances in the camphor seed kernel protein increased to 2 081.24  $\mu\text{g}/\text{kg}$  after heat treatment, but the intensity of "uncomfortable" odors decreased. In summary, ethanol treatment and heat treatment can change the flavor characteristics of camphor seed kernel protein, and the original unpleasant flavor can be improved.

**Key words:** camphor seed kernel protein; ethanol treatment; heat treatment; flavor

樟树籽由硬壳和籽仁组成,其中籽仁占64.50%,樟树籽仁的基本成分是水4.80%、灰分1.95%、粗脂肪59.30%、粗蛋白质19.34%、膳食纤维10.91%、多酚0.97%<sup>[1-2]</sup>。樟树籽仁中蛋白质含量较高,且富含各种必需氨基酸,具有较高的营养价值,榨油后的樟树籽仁饼粕是一种亟待开发的植物蛋白资源。

研究表明,大豆制品中存在异味,且异味主要来源于原料在水中浸泡和打浆过程<sup>[3-6]</sup>,其主要成分为醛类、酯类和醇类等,由不饱和脂肪酸经过氧化降解产生<sup>[7]</sup>。大豆、豌豆等原料中的脂质在脱脂过程中难以被完全除尽,在蛋白制备过程中,部分脂质尤其是一些极性脂质会与蛋白质相互作用,导致蛋白产品中存在这些异味成分。樟树籽作为高含油量的油料,难以完全脱脂,也容易在蛋白质提取、加工过程中产生异味。此外,大多数非挥发性风味成分如酚类物质和皂苷(皂苷和多酚通常会产生产生苦涩的异味)在油脂中的溶解度非常有限<sup>[8]</sup>,压榨脱脂后会在饼粕中富集,樟树籽仁蛋白在后续提取、加工过程中也会结合这些非挥发性异味成分,导致樟树籽仁蛋白带有不良的风味。

醇处理和热处理是植物蛋白去除异味、改善色泽及改性的有效手段。对樟树籽仁饼粕进行醇处理可去除部分脂质、皂苷等产生异味的成分,有助于改善蛋白风味,同时一定浓度的乙醇处理可去除大部分多酚,抑制因多酚氧化产生的褐变,能有效改善樟树籽仁蛋白的色泽<sup>[9]</sup>。热处理能够使脂肪氧化酶失去活性从而抑制不饱和脂肪酸降解反应,减少一些挥发性有机小分子化合物的产生<sup>[3]</sup>。此外,蛋白质在加热条件下结构会发生改变,也会影响蛋白质与脂质间的相互作用,从而可能影响其与异味成分的结合,进而改变蛋白风味。热处理是豆浆去除异味的有效手段,大豆焯水是豆浆加工的常用技术,经过烫漂可阻断脂氧合酶的催化反应,但豆腥味难以

被完全除去<sup>[10-11]</sup>。另外,大豆在水中浸泡过程中会进行脂氧合酶的催化反应,大量生成呈异味的挥发性化合物,因此严格控制大豆浸泡条件是去除豆浆异味的重要手段<sup>[3-6]</sup>。樟树籽仁蛋白在碱溶酸沉法提取过程中也可能加速异味的生成,而目前有关樟树籽仁蛋白风味的研究未见报道。本研究考察不同浓度乙醇前处理和热处理对樟树籽仁蛋白风味物质的影响,以期樟树籽仁蛋白在食品中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

小叶香樟籽,江苏亨信种业有限公司;98%茶皂苷标准品,北京索莱宝科技有限公司;没食子酸标准溶液、福林酚,上海源叶生物科技有限公司;氢氧化钠、浓盐酸、浓硫酸、无水乙醇、三氯甲烷、甲醇、石油醚、无水硫酸钠、香草醛等。

ME204E/02 分析天平、pH 计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;KDN-DI 自动定氮仪,上海新嘉电子有限公司;液压榨油机,南阳乐发机械设备有限公司;高速多功能粉碎机;GZX-9070 MBE 数显鼓风干燥箱;HWS-24 电热恒温水浴锅;TG1650-WS 台式高速离心机;UV1900 紫外可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;YW-10A-60 型冷冻干燥机;SCIONSQ-456-GC 气质联用仪,美国 Bruker 公司;Sniffer 9100 嗅闻仪,瑞士 Brechbühler 公司;DB-wax 毛细管柱(30 m  $\times$  250  $\mu\text{m}$   $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ),美国 Agilent 公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 原料预处理

樟树籽经筛选、脱壳后得到樟树籽仁,采用低温压榨法除油得到樟树籽仁饼。樟树籽仁饼经高速多功能粉碎机粉碎后过0.25 mm(60目)筛,得到脱脂樟树籽仁粉,于4 $^{\circ}\text{C}$ 下保存、备用。

#### 1.2.2 樟树籽仁蛋白(CP)的制备

##### 1.2.2.1 醇处理樟树籽仁蛋白

脱脂樟树籽仁粉分别用体积分数为65%和

95%乙醇以料液比1:20在室温下混合搅拌2 h,重复3次,真空过滤所得沉淀置于通风橱12 h,以挥干乙醇,然后置于60℃烘箱干燥6 h,得到醇洗樟树籽仁粉。以醇洗樟树籽仁粉为原料,采用碱溶酸沉法制备樟树籽仁蛋白,在料水比1:9、pH 9.0、室温下提取1 h,离心收集上清液,所得沉淀重复提取2次,合并上清液,调节pH至4.5(酸沉),搅拌30 min,并静置30 min,使蛋白质在等电点下充分沉淀,离心获得沉淀。将沉淀分散在蒸馏水中,调节pH至7.0,离心除去不溶性杂质,将上清液冷冻干燥,得到樟树籽仁蛋白,于4℃下保存、备用。

#### 1.2.2.2 热处理樟树籽仁蛋白

按1.2.2.1方法,以不经醇洗处理的脱脂樟树籽仁粉为原料,在酸沉调pH前将离心收集的上清液于95℃水浴加热10 min,冷却后,再按1.2.2.1方法经酸沉、中和、除杂、冷冻干燥,得到热处理樟树籽仁蛋白,于4℃下保存、备用。

#### 1.2.3 樟树籽仁蛋白基本成分测定

水分含量的测定,参照GB 5009.3—2016采用直接干燥法;蛋白质含量的测定,参照GB 5009.5—2016采用凯氏定氮法;脂肪含量的测定,参照文献[12]采用氯仿甲醇法;多酚含量的测定,参照文献[13]采用福林酚分光光度法;皂苷含量的测定,参考文献[14]采用香草醛-浓硫酸法。

#### 1.2.4 樟树籽仁蛋白挥发性风味成分的测定

采用顶空-固相微萃取(HS-SPME)提取挥发性风味成分。在20 mL顶空瓶中,将0.4 g蛋白样品、0.05 g氯化钠和2.0 μL 2-甲基-3-庚酮溶液(以甲醇为溶剂,质量浓度100 μg/mL)完全溶解于6 mL去离子水中,在60℃水浴恒温振荡器中进行平衡和萃取,平衡时间15 min,提取时间50 min,将提取后SPME纤维头插入气相色谱-嗅闻-质谱(GC-O-MS)联用分析仪进样口,于250℃解吸5 min,待GC-O-MS分析。

GC条件:DB-wax毛细管色谱柱(30 m×250 μm×0.25 μm);进样口和传输线温度均为250℃;

载气为高纯度氮气(纯度≥99.99%),柱流量1.6 mL/min,不分流进样;升温程序为初始温度40℃,保持2 min,以5℃/min的速度升至150℃,再以7℃/min的速度升至230℃,保持10 min。经GC分离后,分别进入嗅闻检测器和MS检测器。嗅闻检测器条件:嗅闻口温度150℃;传输线温度250℃;补偿气为高纯氮气(纯度≥99.99%),流速50 mL/min。MS条件:电子电离源,电子能量70 eV,离子源温度230℃,四极杆温度150℃,质量扫描范围( $m/z$ )33~500,扫描模式为全扫描。

在嗅闻口,由3名经过训练的评价员对所闻到的气味特征进行描述,并对气味强度进行打分(0~4分制),计算平均值。

对于MS数据,经质谱数据库(NIST和WILEY数据库)检索并与标准化化合物进行比对,对匹配度大于800的挥发性风味物质进行定性,采用内标法(2-甲基-3-庚酮为内标)对各挥发性风味成分的含量进行半定量分析。

#### 1.2.5 樟树籽仁蛋白的感官品质分析

在常温下,将样品放置在专用评价器皿中,对样品进行编号(由3个阿拉伯数字随机组成),由经过培训的专业感官评价员在标准化的风味感官评价室内进行独立感官评价,对样品从0分到5分来评分,表示感知到的气味强度从低(无)到高。色泽强度按相同方法进行评价,对样品从0到5分来评分,表示感知到的色泽从浅至深。评价员在评价每个样品前休息3 min。将每个样品的每种风味和色泽评分的平均值作为最终分数。

#### 1.2.6 数据处理

所有的试验均测定3次,结果以“平均值±标准差”表示,并利用Origin 8.5软件进行图表绘制。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同醇处理条件下脱脂樟树籽仁的基本组成

原料基本成分的差异对制备的樟树籽仁蛋白的特性会有一定影响。测定了脱脂樟树籽仁以及醇洗樟树籽仁的基本组成,结果见表1。

表1 脱脂樟树籽仁及醇洗樟树籽仁的基本组成

样品	蛋白质	脂肪	多酚	皂苷	水分
PC <sub>0</sub>	29.96±0.11 <sup>c</sup>	20.97±0.08 <sup>b</sup>	2.42±0.02 <sup>a</sup>	6.84±0.03 <sup>b</sup>	11.00±0.20 <sup>a</sup>
PC <sub>1</sub>	34.87±0.20 <sup>b</sup>	24.48±0.09 <sup>a</sup>	1.05±0.01 <sup>b</sup>	2.04±0.05 <sup>c</sup>	10.96±0.18 <sup>a</sup>
PC <sub>2</sub>	40.55±0.08 <sup>a</sup>	3.98±0.10 <sup>c</sup>	2.67±0.02 <sup>a</sup>	7.29±0.03 <sup>a</sup>	10.50±0.26 <sup>a</sup>

注:PC<sub>0</sub>、PC<sub>1</sub>和PC<sub>2</sub>分别为脱脂樟树籽仁、65%乙醇处理和95%乙醇处理的醇洗樟树籽仁。同列不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ )

由表1可知,脱脂樟树籽仁与不同乙醇处理后的醇洗樟树籽仁在基本成分含量上的差异较大。脱

脂樟树籽仁主要由(29.96±0.11)%蛋白质、(20.97±0.08)%脂肪、(6.84±0.03)%皂苷、

(11.00 ± 0.20)% 水分及 (2.42 ± 0.02)% 多酚组成, 剩余成分主要为碳水化合物, 含量为 25% ~ 35%。脱脂樟树籽仁经 65% 乙醇处理后, 脂肪和蛋白质含量显著升高, 而皂苷和多酚含量显著降低 (分别脱除约 70% 和 60%), 这是因为皂苷、多酚在含水乙醇中具有较好的溶解性<sup>[15-16]</sup> 所致。脱脂樟树籽仁经 95% 乙醇处理后, 能够脱除大部分残留的脂肪 (脱除约 80%), 使脂肪含量显著下降, 但蛋白质和皂苷含量显著升高。

## 2.2 樟树籽仁蛋白挥发性风味物质分析

对 4 种樟树籽仁蛋白的挥发性风味物质进行定性及定量, 结果如表 2 所示。

表 2 4 种樟树籽仁蛋白中挥发性风味物质的鉴定

化合物	鉴定方法	气味描述	含量/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			
			CP <sub>0</sub>	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>
<b>酯类</b>						
辛酸甲酯	MS	-	11.46	ND	ND	ND
辛酸乙酯	MS	-	9.57	64.44	25.25	10.67
十二酸乙酯	MS	-	586.62	ND	ND	120.12
合计			607.65	64.44	25.25	130.79
<b>酸类</b>						
醋酸	MS/O	醋味	71.88	30.14	16.15	14.13
辛酸	MS/O	不舒服味	103.23	ND	74.51	10.99
壬酸	MS/O	脂肪味	19.49	22.96	9.06	1.91
<i>n</i> -癸酸	MS/O	腐败味	286.69	254.20	183.89	200.61
十二烷酸	MS	-	109.39	159.62	86.18	57.07
合计			590.67	466.93	369.79	284.72
<b>醛类</b>						
壬醛	MS/O	脂肪味	95.11	98.41	126.93	488.82
糠醛	MS/O	甜味	3.40	6.42	ND	ND
苯甲醛	MS/O	苦杏仁味	31.15	106.44	90.27	57.25
辛醛	MS/O	脂肪味	3.56	8.33	63.33	23.86
十一醛	MS	-	ND	31.54	18.37	ND
正庚醛	MS	-	ND	ND	15.17	84.61
己醛	MS/O	脂肪味	ND	ND	ND	21.39
合计			133.22	251.14	314.08	675.92
<b>酮类</b>						
2-壬酮	MS/O	青草味	103.89	585.89	225.58	367.33
2-庚酮	MS/O	/	2.51	4.59	ND	ND
二苯甲酮	MS	-	3.56	2.13	1.90	ND
2-辛酮	MS/O	/	ND	4.59	ND	ND
2-十一酮	MS/O	腐败味	ND	588.42	144.79	566.43
2-十二烷酮	MS	-	ND	3.64	ND	ND
合计			109.97	1 189.25	372.27	933.76
<b>醇类</b>						
2-乙基-1-己醇	MS/O	青草味	27.54	28.81	114.39	128.92
2-壬醇	MS/O	黄瓜味	49.75	73.72	ND	142.47

续表 2

化合物	鉴定方法	气味描述	含量/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			
			CP <sub>0</sub>	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>
( <i>S</i> )-2-庚醇	MS/O	蘑菇味	3.27	ND	ND	ND
2-十一醇	MS	-	ND	6.95	ND	24.98
1-戊醇	MS	-	ND	ND	6.80	ND
4-甲基-1-己醇	MS/O	不舒服味	ND	ND	5.43	5.02
1-己醇	MS/O	青草味	ND	ND	4.56	ND
1-壬烯-3-醇	MS	-	ND	ND	9.20	ND
正辛醇	MS	-	ND	ND	18.01	10.96
( <i>E</i> )-2-己烯-1-醇	MS	-	ND	ND	2.86	ND
1-庚醇	MS	-	ND	ND	ND	6.45
1-壬醇	MS/O	青草味	ND	ND	ND	14.99
1-癸醇	MS/O	脂肪味	ND	ND	ND	31.36
合计			80.56	109.48	161.26	365.15
<b>呋喃类</b>						
2-己基-呋喃	MS	-	19.94	ND	ND	ND
合计			19.94	ND	ND	ND
合计			1 542.01	2 081.24	1 242.64	2 390.34

注: CP<sub>0</sub>为不经处理制备的樟树籽仁蛋白(对照), CP<sub>1</sub>为热处理樟树籽仁蛋白, CP<sub>2</sub>、CP<sub>3</sub>分别为65%乙醇处理和95%乙醇处理樟树籽仁蛋白, 下同; -表示没有气味, /表示气味无法描述; ND表示未检出

由表 2 可知, 4 种樟树籽仁蛋白中共检测出 35 种挥发性化合物, 包括酯类 3 种、酸类 5 种、醛类 7 种、酮类 6 种、醇类 13 种和呋喃类 1 种。不同挥发性化合物对樟树籽仁蛋白风味影响不同, 根据 GC-O 显示, 壬酸、壬醛、辛醛、己醛和 1-癸醇呈脂肪味, 2-壬酮、2-乙基-1-己醇、1-己醇和 1-壬醇呈青草味, *n*-癸酸和 2-十一酮呈腐败味, 辛酸和 4-甲基-1-己醇呈不舒服味, 2-壬醇呈黄瓜味, 糠醛呈甜味, 苯甲醛呈苦杏仁味, (*S*)-2-庚醇呈蘑菇味, 醋酸呈醋味。4 种樟树籽仁蛋白共有的挥发性化合物有 10 种, 为辛酸乙酯、醋酸、壬酸、*n*-癸酸、十二烷酸、壬醛、苯甲醛、辛醛、2-壬酮、2-乙基-1-己醇。CP<sub>0</sub>中挥发性化合物共 19 种, 总含量为 1 542.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 其中酯类和酸类含量较高, 分别占 39.40% 和 38.31%。CP<sub>1</sub>中挥发性化合物共 19 种, 总含量为 2 081.24  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 酮类、酸类和醛类含量较高, 分别占 57.14%、22.44% 和 12.07%。CP<sub>2</sub>中挥发性化合物共 21 种, 总含量为 1 242.64  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 酮类、酸类和醛类含量较高, 分别占 29.96%、29.76% 和 25.28%。CP<sub>3</sub>中挥发性化合物

共22种,总含量为2 390.34  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,酮类、醛类和醇类含量较高,分别占39.06%、28.28%和15.28%。醇处理和热处理使樟树籽仁蛋白中的挥发性化合物的总含量和种类均发生了显著变化。热处理虽然能抑制脂肪氧合酶的催化反应,减少部分风味化合物的生成,但加热时大量空气的混入会在一定程度上加剧脂肪氧化反应,另外,蛋白提取液中还存在多糖、脂质、皂苷及多酚等物质,适当热处理可能加剧

一些化学反应,释放更多的化合物<sup>[17]</sup>。本研究中,热处理后挥发性风味成分总含量显著增加,不同体积分数的乙醇处理均能增加樟树籽仁蛋白风味成分的数量,但65%乙醇处理降低了其挥发性风味化合物总含量,而95%乙醇处理增加了其挥发性风味化合物总含量。

4种樟树籽仁蛋白的GC-O分析如图1所示。

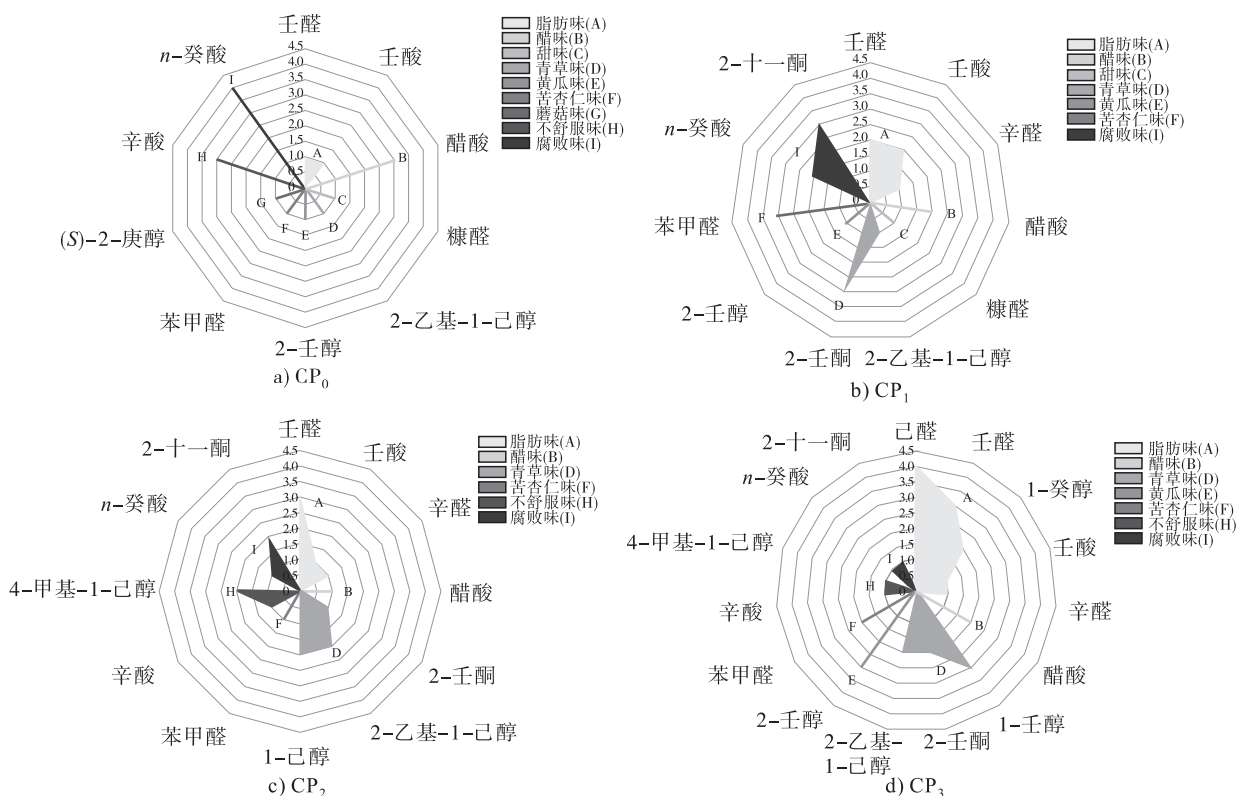


图1 4种樟树籽仁蛋白的GC-O分析

由图1可知:CP<sub>0</sub>检测到的特征风味最多(9种),主要气味特征是腐败味、醋味和不舒服味,分别由n-癸酸、醋酸和辛酸贡献;CP<sub>1</sub>检测到7种特征风味,不舒服味和蘑菇味消失,主要气味特征是腐败味、青草味和脂肪味,苦杏仁味增强,腐败味主要由2-十一酮贡献;CP<sub>2</sub>检测到的特征风味最少(6种),主要特征风味为脂肪味和青草味,脂肪味主要由壬醛贡献,其次是辛酸和壬酸,青草味主要由1-己醇和2-乙基-1-己醇贡献;CP<sub>3</sub>检测到7种特征风味,其中脂肪味和青草味最强烈,脂肪味主要由己醛和壬醛贡献,青草味主要由1-壬醇贡献。

### 2.3 樟树籽仁蛋白感官品质分析

对4种樟树籽仁蛋白的几种特征风味、总体风味及色泽进行评分,结果如图2所示。

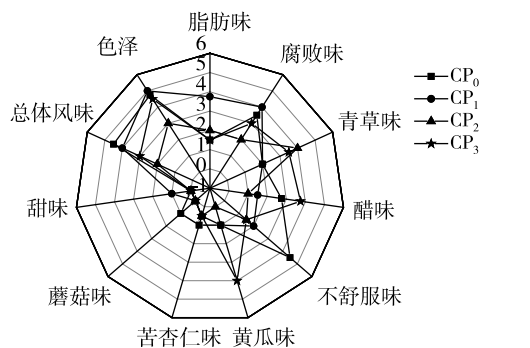


图2 4种樟树籽仁蛋白的感官品质分析

由图2可知,4种樟树籽仁蛋白色泽从深至浅依次为CP<sub>1</sub>、CP<sub>0</sub>、CP<sub>3</sub>、CP<sub>2</sub>,说明蛋白提取液加热后导致蛋白色泽加深,主要原因为碱提离心后的蛋白提取液是一个成分复杂的体系,主要由蛋白质、糖类及少量脂质组成,高温加热过程中,蛋白质中的氨基酸和还原糖的羰基发生了美拉德反应<sup>[18-19]</sup>。另外,

醇洗能洗脱多酚、色素物质,减少多酚氧化反应,改善蛋白色泽<sup>[9]</sup>。CP<sub>0</sub>总体风味最强,但是感官上风味较为单一,不舒服味和腐败味突出,不舒服味最强烈。CP<sub>1</sub>总体风味强度次之,腐败味和脂肪味突出,此外还带有独特的甜味。CP<sub>2</sub>总体风味最弱,主要呈青草味。CP<sub>3</sub>风味强度中等,而风味相对多样化,主要呈黄瓜味、醋味、青草味及腐败味。

综上,加热和醇处理能够弱化樟树籽仁蛋白不愉快的风味,感官上增加风味多样性,且65%乙醇处理能够最有效地去除樟树籽仁蛋白中的异味,减弱总体风味强度与色泽。

### 3 结论

4种樟树籽仁蛋白中共检出35种挥发性化合物,主要为酯类、酸类、醛类、酮类和醇类。以脱脂樟树籽仁粉为原料,直接碱溶酸沉法制备的樟树籽仁蛋白的GC-O结果显示,其风味主要以腐败味、醋味和不舒服味为主,分别由*n*-癸酸、醋酸和辛酸贡献,感官上也呈腐败味和不舒服味,总体风味最强,蛋白色泽较深;原料经65%乙醇处理后制取的樟树籽仁蛋白其风味物质总含量降低,GC-O检测的风味相对单一,呈脂肪味和青草味,分别由壬醛、壬酸、辛酸和1-己醇、2-乙基-1-己醇贡献,感官上总体风味最弱,同时色泽明显得到改善;95%乙醇处理后樟树籽仁蛋白风味物质总含量增加,脂肪味和青草味最突出,分别主要由己醛、壬酸和1-壬醇贡献,不舒服味相对减弱;热处理后樟籽仁蛋白风味物质总含量增加,GC-O检测到苦杏仁味、脂肪味和青草味强度均增加,不舒服味消失。综上,65%醇处理对樟树籽仁蛋白的风味和色泽改善效果最佳,热处理与95%醇处理也能影响樟树籽仁蛋白的风味,减弱不舒服味。继续探究风味物质生成机制,改变处理条件,去除樟树籽仁蛋白异味,提高整体感官品质,是我们下一步的研究方向。

### 参考文献:

[1] 厉秋岳. 解决我国食用油资源严重短缺难题的一条创新之路: 论樟树籽的开发利用[J]. 中国油脂, 2021, 46(2): 1-4.

[2] 赵曼丽, 杨辉, 杨芳, 等. 樟树籽仁油和壳油的油脂组成分析[J]. 南昌大学学报(理科版), 2012, 36(5): 445-448.

[3] FISCHER E, CAYOT N, CACHON R. Potential of microorganisms to decrease the "beany" off-flavor: A review [J]. J Agric Food Chem, 2022, 70(15): 4493-4508.

[4] ARORA A, DAMODARAN S. Competitive binding of off-flavor compounds with soy protein and  $\beta$ -cyclodextrin in a ternary system: A model study[J]. J Am Oil Chem Soc,

2010, 87(6): 673-679.

[5] ZHANG W, LIU X, YANG Z, et al. Effect of soaking and temperature process on the volatile compounds in soymilk made by soymilk maker[J]. J Food Sci Technol, 2018, 55(4): 1591-1598.

[6] MELLOR N, BLIGH F, CHANDLER I, et al. Reduction of off-flavor generation in soybean homogenates: A mathematical model[J]. J Food Sci, 2010, 75(7): R131-R138.

[7] 张彩猛. 豌豆源挥发性异味成分的生成机理与低异味豌豆分离蛋白加工工艺研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2021.

[8] VUJASINOVIC V, DJILAS S, DIMIC E, et al. The effect of roasting on the chemical composition and oxidative stability of pumpkin oil [J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2012, 114(5): 568-574.

[9] 孙旦, 姜秋水, 孙逸文, 等. 醇洗前处理对樟树籽仁分离蛋白产品及其蛋白质结构的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(9): 65-70, 94.

[10] LV Y C, SONG H L, LI X, et al. Influence of blanching and grinding process with hot water on beany and non-beany flavor in soymilk[J]. J Food Sci, 2011, 76(1): S20-S25.

[11] XIE Z, FRETZDORFF B. Optimierung des blanchierens von sojabohnen bezüglich lipoxygenase-inaktivierung und proteinlöslichkeit zur herstellung von sojamilch [J]. Z Lebensm-Untersuchung Forsch, 1992, 194(1): 43-46.

[12] PHILLIPS K M, TARRAGÓ-TRANI M T, GROVE T M, et al. Simplified gravimetric determination of total fat in food composites after chloroform-methanol extraction [J]. J Am Oil Chem Soc, 1997, 74(2): 137-142.

[13] MARTINS G R, MONTEIRO A F, DO AMARAL F R L, et al. A validated Folin-Ciocalteu method for total phenolics quantification of condensed tannin-rich açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds extract [J]. J Food Sci Technol, 2021, 58(12): 4693-4702.

[14] 於筱岚. 茶叶皂素高效制备及茶皂素在镉污染土壤植物修复中双重作用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2020.

[15] 刘畅, 周家春. 植物多酚抗氧化性研究[J]. 粮食与油脂, 2011, 24(2): 43-46.

[16] 黄友如. 醇洗豆粕对大豆分离蛋白的提取及其功能性质的影响[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2003.

[17] 孙旦, 华欲飞, 李兴飞. 热处理对水媒法制备的亚麻籽分离蛋白挥发性风味成分和功能性质的影响[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 28-34.

[18] 刘玉兰, 陈刘杨, 汪学德, 等. 芝麻品种和制油工艺对芝麻油品质的影响[J]. 中国油脂, 2010, 35(2): 6-10.

[19] 杨涓, 刘昌盛, 周琦, 等. 加工工艺对菜籽油主要挥发性风味成分的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(4): 551-557.