

## 正交试验优化当归趁鲜切片的加工工艺

徐天才<sup>1</sup>, 杨光荣<sup>2</sup>, 陈翠<sup>1</sup>, 康平德<sup>1</sup>, 戚淑威<sup>1</sup>, 程远辉<sup>1</sup>, 杨少华<sup>1\*</sup>

(1. 云南省农业科学院高山经济植物研究所, 云南 丽江 674100; 2. 丽江市食品药品检验所, 云南 丽江 674100)

**摘要:** 目的 通过药物成分含量检测与正交试验相结合的方式, 确定当归趁鲜切片的工艺流程及工艺参数。方法 先考察鲜当归杂质处理方法、切片的厚度及其干燥的方式对当归趁鲜切片外观性状、内在结构和药物成分(阿魏酸、挥发油)含量的影响。然后采用  $L_9(3^4)$  正交试验, 对当归饮片阿魏酸含量进行分析, 选出当归趁鲜切片的最适宜工艺条件。结果 通过正交试验优化得到最适宜当归趁鲜切片加工工艺为: 首先将鲜当归除去芦头、须根和泥沙, 并用水洗净其表面泥土和杂质, 稍晾至没有水滴下滴时, 放入温棚日晒干燥, 直到当归须和归尾(直径在 5 mm 以内)已干燥, 归身变软, 再将全当归切成 4 mm 薄片, 最后放置在温棚日晒干燥, 即得当归饮片, 其饮片阿魏酸含量为 0.221 1%, 挥发油含量为 0.9%; 当归趁鲜切片最适宜工艺所得的当归饮片质量优于传统方法所得的质量(阿魏酸含量为 0.193 0%, 挥发油含量为 0.8%)。结论 所得的加工工艺合理、可行, 为后期当归趁鲜切片工艺研究奠定基础。

**关键词:** 当归; 趁鲜切片; 温棚日晒干燥; 阿魏酸; 挥发油

中图分类号: R282.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-2723(2024)04-0047-07

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2024.04.011

## Optimization of the Processing Technology for Slices from Fresh *Angelica sinensis* Diels by Orthogonal Design

XU Tiancai<sup>1</sup>, YANG Guangrong<sup>2</sup>, CHEN Cui<sup>1</sup>, KANG Pingde<sup>1</sup>, QI Shuwei<sup>1</sup>, CHEN Yunhui<sup>1</sup>, YANG Shaohua<sup>1</sup>

(1. The Alpine Economic Plant Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Lijiang 674100, China;

2. Lijiang Institute for Food and Drug Control, Lijiang 674100, China)

**ABSTRACT:** **Objective** This study aims to optimize the processing technology and parameters for fresh slices of *Angelica sinensis* Diels by combining medicinal component content detection with orthogonal testing. **Methods** The effects of impurity treatment methods, thickness, and drying methods on the appearance, internal structure, and content of medicinal components(ferulic acid and volatile oil) in fresh slices of *Angelica sinensis* Diels were investigated. The processing technology for fresh slices of *Angelica sinensis* Diels was then optimized using an  $L_9(3^4)$  orthogonal test, with the ferulic acid content as the index. **Results** The optimized processing technology and parameters for fresh slices of *Angelica sinensis* Diels were determined as follows: First, the reed head, the fibrous roots, soil and impurities were removed or washed from the surface of the plant. The sample was then dried until there was no water dripping from the surface. Next, the plant was dried in a greenhouse until the cloud *Angelica* must and the tail(diameter within 4 mm) became dry, and the body became soft. The whole plant was then cut into 4mm thick slices and further dried in the greenhouse, and the yun *angelica* Yinpian are obtained. The ferulic acid and volatile oil contents were 0.2211% and 0.9% respectively. The quality of *Radix Angelicae sinensis* slices processed using this optimized technology is superior to that of slices obtained by traditional methods(the acid and volatile oil contents were 0.1930% and 0.8%). **Conclusion** The optimized processing technology is reasonable and feasible, laying a solid foundation for the pharmaceutical processing of fresh slices of *Angelica sinensis* Radix.

**KEY WORDS:** *Angelica sinensis* diels; fresh-cutting; sun-dried in the green house; ferulic acid; volatile oil

基金项目: 云南省重大科技专项计划(202302AA0031); 云南省创新引导与科技型企业培育计划(202204BP090001); 高山农业科技自主创新及成果展示转化专项(5300002100000017045)

作者简介: 徐天才(1978-), 男, 副研究员, E-mail: 157509893@qq.com

\* 通信作者: 杨少华(1968-), 男, 研究员, 研究方向: 药用植物资源评价与 GAP 栽培研究, E-mail: yihua8808@163.com

当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 以根入药, 为传统中药材, 具有补血活血、调经止痛、润肠通便功效<sup>[1]</sup>, 有血中之气药、妇科血病之圣药之称。研究表明, 当归功效主要活性成分为有机酸(阿魏酸)和挥发油<sup>[2-6]</sup>, 但阿魏酸和挥发油为热不稳定性物质, 受热极易损失<sup>[7-9]</sup>, 受热易分解, 变质, 腐败和走油<sup>[10-11]</sup>, 因此, 当前当归饮片的加工从传统的“鲜当归采收—捆成小把—干燥—润洗—软化或润透—切制—干燥—炮制”加工方法向趁鲜“鲜当归采收—清洗—切制—通过冷冻或低温干燥”加工发展<sup>[12-13]</sup>。后者可保持较高的活性成分、减少工艺流程、降低成本, 但其工艺中存在干燥方式多样、品质参差不齐、无操作规程等关键问题。

基于此, 本文结合滇西北地区的实际情况, 探讨当归趁鲜切制饮片的最适宜工艺, 先对鲜当归表面进行不同清洗, 然后将其切成不同切片, 把鲜片放置温棚日晒、鼓风干燥及真空冷冻干燥进行干燥, 最后采用  $L_9(3^4)$  正交试验<sup>[14]</sup> 分析比较在不同干燥工艺对当归饮片的外观形态及内在品质的影响, 建立了基于干燥品表型性状、水分、灰分、浸出物、阿魏酸、挥发油等多指标的当归饮片干燥品质量评价方法, 确定了当归饮片趁鲜切制的工艺。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 实验时间、地点 实验时间: 2022年12月到2023年12月; 地点: 云南省农业科学院高山经济植物研究所产品研发室。

1.1.2 实验材料 当归来自云南省农业科学院高山经济植物研究所种植基地, 经云南省农业科学院高山经济植物研究所杨少华鉴定为伞形科植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels。阿魏酸对照品(批号: 110773-201915), 购于中国食品药品检定研究院。

1.1.3 仪器设备 Agilent 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); AB204-S 电子天平(Switzerland); 数显鼓风干燥箱(上海叶拓仪器仪表有限公司); SCI-ENTZ-2 真空冷冻干燥机宁波新芝冻干设备股份有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 鲜当归处理方法 方法 1: 鲜当归 50 kg, 先去除芦头、须根和泥沙, 用水快速洗净其表面泥土

和杂质, 及时用高压气枪吹气将其表面水分吹去, 然后切成厚度 2 mm、4 mm 和 6 mm 薄片进行干燥备用。

方法 2: 鲜当归 50 kg, 先去除芦头、须根和泥沙, 及时用水洗净其表面泥土和杂质, 稍晾至没有水滴下滴, 鲜切成厚度为 2 mm、4 mm 和 6 mm 薄片, 然后立即进行杀青(杀青温度为 50 °C, 时间为 15 min), 冷却到室温 25 °C, 最后进行干燥备用。

方法 3: 鲜当归 50 kg, 先去除芦头、须根和泥沙, 用水洗净其表面泥土和杂质, 稍晾至没有水滴下滴, 再进行温棚干燥, 直到当归归须和归尾(直径在 5 mm 以内)已经干燥, 归身变软, 然后将其切成 2 mm、4 mm 和 6 mm 薄片, 最后进行干燥备用。

传统当归饮片处理: 鲜当归药材 20 kg, 自然晾干, 阴凉干燥(45 d)后处贮存 6 个月取出, 去除杂质, 快速用高压水枪洗净其表面后, 用沾湿水的 8 层纱布为底层, 平铺当归药材一层, 再覆盖同样的湿纱布, 闷润 2~3 d, 待药材软化无干硬心时, 切成 4 mm 薄片摊开, 堆放的厚度为 4 cm, 阴凉通风处干燥(7~10 d), 备用。

鲜当归处理: 取鲜当归 0.1 kg, 用湿纸巾抹去表面的灰尘, 再将其切成丁形, 然后在液氮保护下研磨成当归粉末泥, 冷冻备用。

1.2.2 当归饮片趁鲜切制的工艺 参照《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)2020年版当归饮片的制备方法: 干燥当归除去杂质, 洗净, 润透, 切薄片, 晒干或低温干燥。通过多次预试验并结合滇西北地区的实际情况和现代烘干设备, 确定鲜当归杂质处理方法(A)、切片厚度(B)和鲜当归片干燥方式(C)为考察因素, 其因素水平见表 1。

表 1 当归趁鲜切制饮片因素水平表

水平	因子		
	A 鲜当归杂质 处理方法	B 当归趁鲜切片 的厚度/mm	C 鲜当归片 干燥方式
1	方法 1	2	温棚干燥(2 °C ≤ T ≤ 50 °C) 鼓风烘干箱干燥(开始
2	方法 2	4	18 h 为 50 °C, 中间 10 h 为 55 °C, 后 10 h 为 60 °C)
3	方法 3	6	冷冻干燥(-40 °C ≤ T ≤ 60 °C)

### 1.3 当归饮片的质量检测

1.3.1 当归饮片中水分的测试 按《中国药典》2020年版(通则 0832 第四法),计算供试品中水分的含量。

1.3.2 当归饮片中总灰分的测试方法 按《中国药典》2020年(通则 0832),计算供试品中灰分的含量。

1.3.3 当归饮片中醇浸出物的测试方法 按《中国药典》2020年版(通则 2201)项下的热浸法测定,计算供试品中醇浸出物的含量。

1.3.4 当归饮片中阿魏酸的测试方法 按《中国药典》2020年版照高效液相色谱法(通则 0512)测定,计算供试品中阿魏酸的含量。

1.3.5 当归饮片中挥发油的测试方法 按《中国药典》2020年版照挥发油测定法(通则 2204 乙法)测定,计算供试品中挥发油的含量。

1.3.6 当归饮片质量(水分、灰分、醇浸物、阿魏酸和挥发油)、重金属含量和农药残留指标测定 测试方法依据相应的国家标准,当归样品在云南天正检测技术有限公司(昆明)测定。

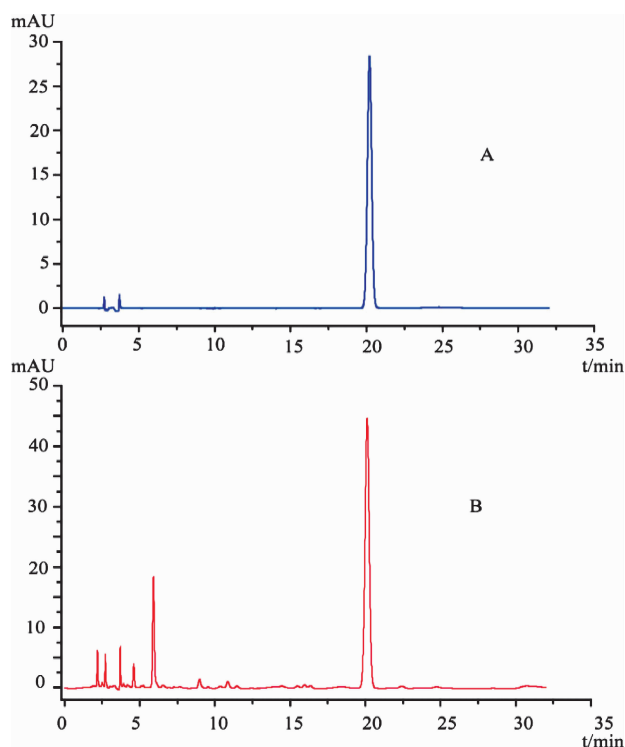
1.4 数据处理 采用方差分析和 Microsoft office excel 对测得的数据进行分析。

## 2 结果

2.1 色谱条件与系统适用性试验 色谱柱为 Waters X-Select CSH(250 mm×4.6 mm,5 μm)。进样量 10 μL,检测波长 265 nm,体积流量 1.0 mL/min,柱温 40℃,流动相为 0.085%磷酸水(A)-乙腈(B),梯度洗脱:0~20 min,15%~26%B;20~23 min,26%~46%B;23~45 min,46%B;45~50 min,46%~90%B;50~55 min,90%B。代表性当归样品与阿魏酸对照品的 HPLC 谱图见图 1。

2.2 当归趁鲜切制饮片的测定结果 按 1.2.1 项下当归杂质处理方法和按照 1.2.2 的当归趁鲜切制饮片过程中影响其质量因素水平表,确定  $L_9(3^4)$  正交表为本试验设计。并按照相关检测标准检测当归饮片中水分、总灰分、浸出物、阿魏酸和挥发油含量,其结果见表 2,片面状况见图 2,当归饮片粉末显微镜鉴定见图 3。

从表 2 中看出,鲜当归中阿魏酸含量为 0.241 2%,挥发油含量 1.2%,水分为 72%,总灰分为 7%;传统方



A. 阿魏酸的对照品  
B. 趁鲜切制当归饮片的最适宜工艺样品

图 1 阿魏酸对照品与趁鲜切制当归饮片最适宜工艺样品的 HPLC 图

法当归饮片中阿魏酸含量 0.193 0%;挥发油含量 0.8%,水分 5.97%,总灰分为 4.9%;趁鲜切制当归正交试验饮片中阿魏酸最高含量为 0.222 0%,最低阿魏酸含量为 0.168 7%,挥发油最高含量为 1.0%,挥发油最低含量为 0.6%。

由图 2 中看出,正交试验设计所得当归趁鲜切制饮片的外观颜色显示,真空冷冻干燥当归图 2(2-3、2-5、2-7),整体无显著形变,表面无皱缩,表面颜色保持较好,质感疏松,易脆,表层呈灰白色;温棚日晒和鼓风干燥当归外观形态基本一致,整体皱缩,质感坚硬,表面呈淡黄色;传统方法得到当归饮片见图 4,外观颜色整体皱缩,质感坚硬,表面有层环黄棕色。

趁鲜切制和传统加工的当归饮片粉末皆相似,皆有浓郁的香气,味甘、辛、微苦。由图 3 可知,传统加工的粉末颜色为淡黄棕色,趁鲜切制的粉末颜色为灰白色和淡黄棕色之间。趁鲜切制和传统加工所得当归饮片的粉末在显微镜下观察,皆可以清晰地看到导管、木栓细胞、韧皮薄壁细胞、淀粉粒、油室碎片(导管:主为梯纹及网纹导管,直径约至 80 μm;木栓细胞:淡黄

表 2  $L_9(3^4)$  正交设计及当归饮片成分测试结果

No.	因子				成分					
	A	B	C	E	水分/%	总灰分/%	酸不溶性灰分/%	浸出物/%	阿魏酸/%	挥发油/%
1	1	1	1	1	4.64	4.8	0.3	64.0	0.189 2	0.9
2	1	2	2	2	4.69	4.7	0.4	59.5	0.204 3	1.0
3	1	3	3	3	4.45	5.2	0.5	60.2	0.169 1	0.6
4	2	1	2	3	4.87	4.8	0.3	62.8	0.168 7	0.9
5	2	2	3	1	5.55	5.0	0.5	52.9	0.171 1	0.6
6	2	3	1	2	5.20	5.0	0.4	62.3	0.177 0	1.0
7	3	1	3	2	4.28	4.5	0.3	65.3	0.180 8	0.9
8	3	2	1	3	3.88	4.9	0.4	63.6	0.222 0	0.9
9	3	3	2	1	7.71	4.4	0.3	64.3	0.198 0	0.9
10	传统方法				5.97	4.9	0.4	65.4	0.193 0	0.8
11	鲜当归				72	7	0.8	60.0	0.241 2	1.2

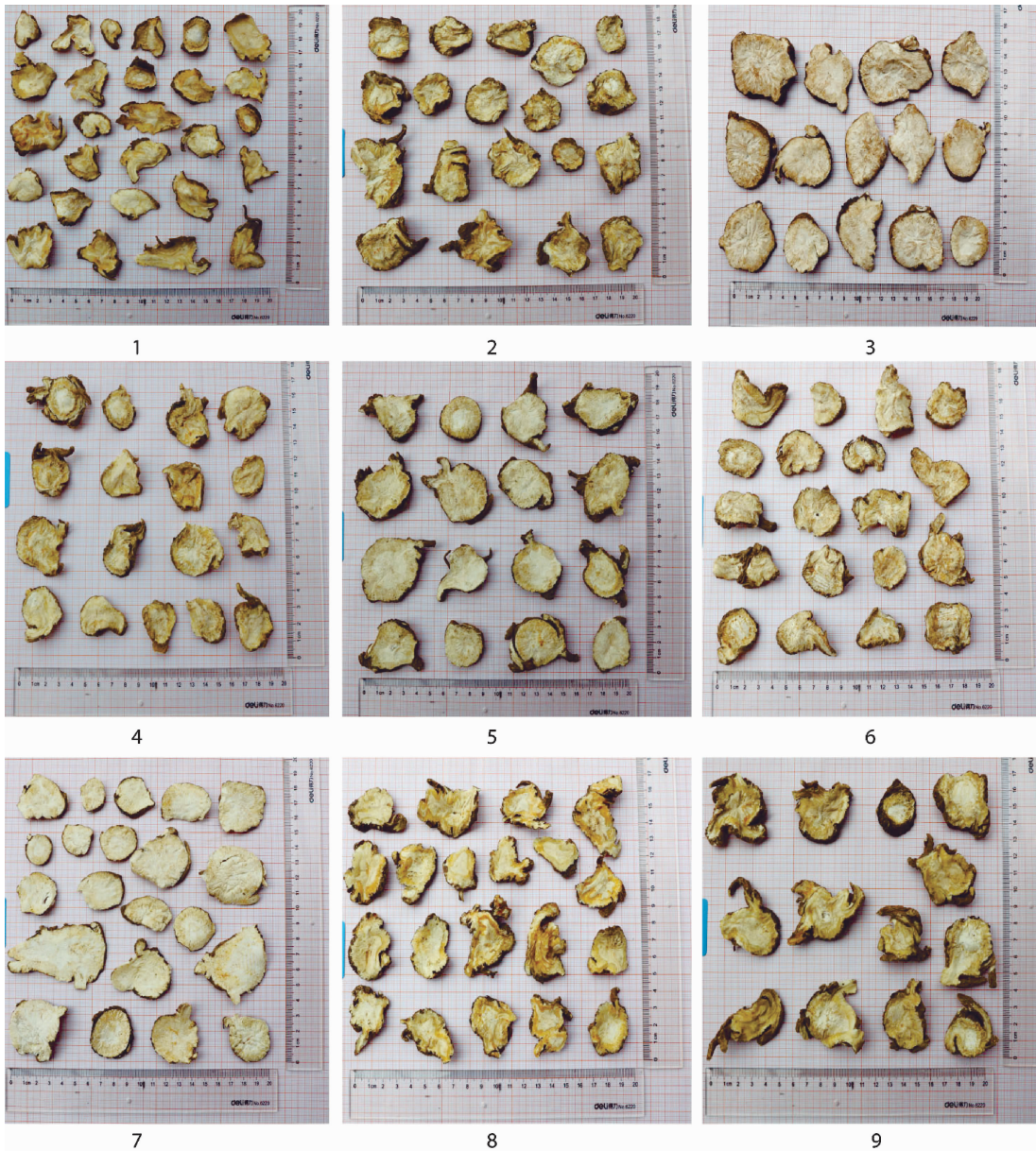


图 2 当归趁鲜切片的外观性状

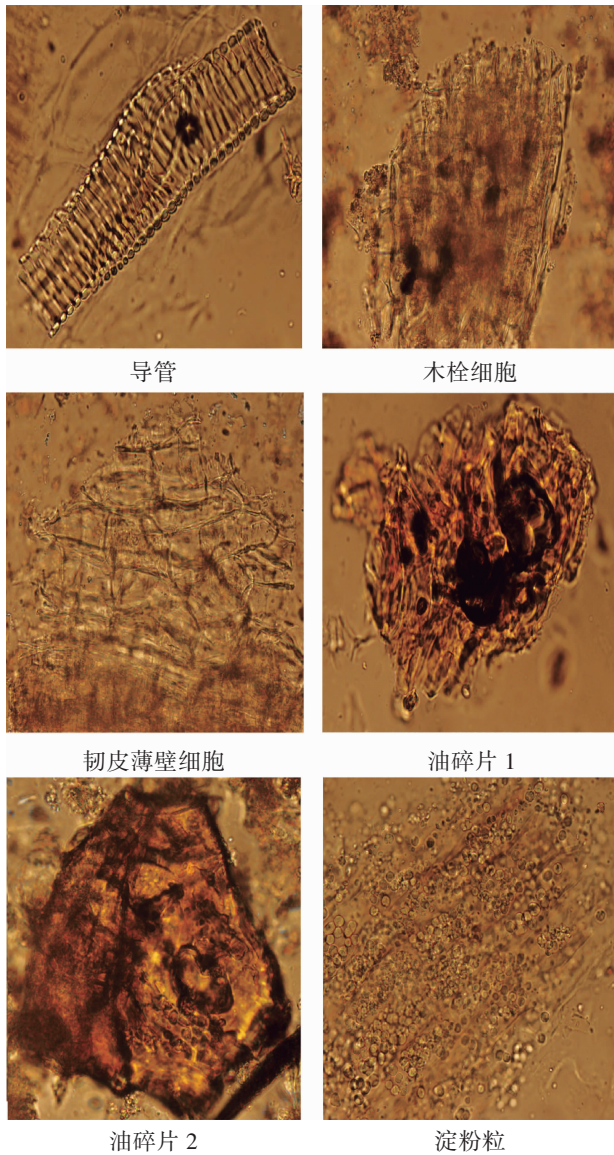


图 3 当归粉末显微镜检测结果

色,表面观呈类多角形,大小不一;韧皮薄壁细胞:纺锤形,壁略厚,表面油极微细的斜向交错纹理,有菲薄的横隔;淀粉粒:多单粒,类球形,可见十字现象;油室碎片:淡黄色,直径不一,内含有挥发油或油块状物),所以趁鲜切制和传统加工所得饮片的显微结构一致。

2.3 正交试验优化当归饮片趁鲜切制的工艺 本文按照表 1 确定的水平及其含义,以当归饮片中阿魏酸为指标,考察鲜当归杂质处理、切制厚度及干燥方式对其的影响情况,其结果见表 3。

从表 3 中的极差可见:RA>RC>RB>RE, 即鲜当归表面杂质处理方法是影响阿魏酸含量的最主要因素,干燥方式的影响次之,当归切制厚度影响最差。对其进行方差分析,结果参见表 4。

表 3 当归趁鲜切制饮片的工艺方案与结果分析

No.	因子				阿魏酸 ( $X_{ij}$ )/%
	A	B	C	E	
1	1	1	1	1	0.189 2*1 000
2	1	2	2	2	0.204 3*1 000
3	1	3	3	3	0.169 1*1 000
4	2	1	2	3	0.168 7*1 000
5	2	2	3	1	0.171 1*1 000
6	2	3	1	2	0.177 0*1 000
7	3	1	3	2	0.180 8*1 000
8	3	2	1	3	0.222 0*1 000
9	3	3	2	1	0.198 0*1 000
$K_{1j}$	562.6	538.7	590.2	558.3	
$K_{2j}$	516.8	599.5	571.0	562.0	
$K_{3j}$	602.9	544.0	521.0	561.9	
$k_{1j}$	187.533 3	179.566 7	196.733 3	186.100 0	
$k_{2j}$	172.233 3	199.833 3	190.333 3	187.333 3	
$k_{3j}$	200.966 7	181.333 3	173.666 7	187.300 0	
$R_j$	28.733 3	20.266 7	23.066 7	1.233 3	

注:实验都是重复 4 次正交实验的平均值,因此用  $X_{ij}$  表示测试实验的值,为了计算方便,将  $X_{ij}$  的值 \*100 0; $K_{ij}$  为第  $j$  列中第  $i$  水平实验指标值之和。 $\bar{k}_{ij}$  表示计算各列同一水平的平均值, $R_j$  表示该因素在其取值范围内实验指标变化的幅度, $R_j = \max \bar{k}_{ij} - \min \bar{k}_{ij}$ 。

表 4 当归趁鲜切制饮片工艺的方差分析

变异来源	SS (平方和)	Df (自由度)	ms	F	Fa
A	1 240.148 9	2	620.074 4	418.654 9**	
B	756.108 9	2	378.054 4	255.250 6**	
C	850.808 9	2	425.404 4	287.219 8**	$F_{0.05(2,2)}=19.00$ $F_{0.01(2,2)}=99.00$
误差	2.962 2	2	1.481 1	-	
总变异	2 695.808 9	8	-	-	

从表 4 方差分析结果显示,因素 A 的  $F$  值为 418.654 9, B 的  $F$  值为 255.250 6 和 C 的  $F$  值为 287.219 8 皆大于  $F_{0.01(2,2)}=99.00$ ,从而说明 A(鲜当归表面杂质处理方法)、B(当归切制厚度)、C(饮片干燥方式)都极显著,从各因素的  $F$  值大小可看出,各因素

对当归饮片的阿魏酸含量的影响主次顺序为:鲜当归表面杂质处理方法>鲜当归饮片干燥方式>当归趁鲜切制的厚度,这与用极差判断的结果一致,从表 3 平均值上看,A 以 A<sub>3</sub> 好,C 以 C<sub>1</sub> 好,B 以 B<sub>2</sub> 好,综合起来应该 A<sub>3</sub>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub> 好,而 A<sub>3</sub>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub> 在试验列表中,因此,最终确定最适宜工艺为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> 组合。

2.4 当归趁鲜最适宜加工工艺试验验证 取鲜当归 50 kg,除去芦头、须根和泥沙,平行 3 份,用水洗净其表面泥土和杂质,稍晾至没有水滴下滴,置于温棚日晒干燥,直到当归归须和归尾(直径在 5 mm 以为内)已经干了,归身变软,然后将其切制厚度为 4 mm,最后进行温棚日晒干燥,即得当归趁鲜切制饮片。检测结果见表 5,结果显示阿魏酸的平均值 0.221 1%,RSD 为 1.357%。结果表明:3 次试验结果和正交试验最适宜工艺的阿魏酸含量相当,且组间均无显著性差异,表明该提取工艺参数 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> 合理可行,稳定性较好。

2.5 最适宜工艺条件下制备得到的当归饮片的质量与传统方法加工的当归饮片的质量比较 趁鲜最适宜工艺制备和传统方法制备的当归饮片质量含量见表 6,从表 6 中可知趁鲜最适宜工艺切制当归饮片中阿魏酸含量(0.221 1%)是传统方法制备当归饮片中阿魏酸含量(0.193 0%)的 1.14 倍;趁鲜最适宜工艺

切制当归饮片的加工周期(7 d),而传统方法制备当归饮片的加工周期时间 54 d。其两种加工方法得到当归饮片中的水分、总灰分、浸出物和挥发油的含量没有显著的变化。

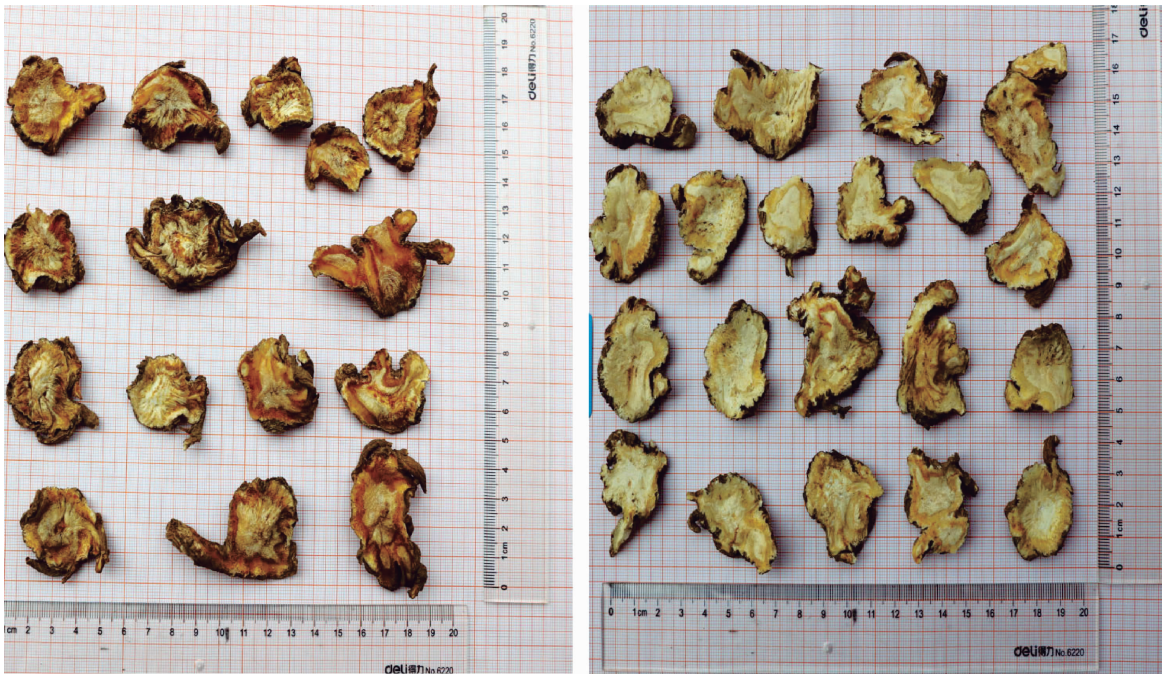
表 5 当归饮片趁鲜切制最适宜工艺验证方差分析结果

序号	水分 /%	总灰分 /%	酸不溶性 灰分/%	浸出物 /%	阿魏酸 /%	挥发油 /%
1	4.12	4.4	0.3	65.1	0.218 1	0.9
2	4.22	4.6	0.4	64.2	0.224 2	0.9
3	4.34	4.6	0.4	63.8	0.221 0	0.9

表 6 趁鲜切制最适宜工艺和传统加工方法制备的当归饮片质量结果

序号	工艺 条件	总灰 分/%	酸不溶性 灰分/%	浸出 物/%	阿魏 酸/%	挥发 油/%	时间 /d
1	趁鲜最 适宜工 艺	4.9	0.4	63.6	0.221 1	0.9	7
2	传统方法	4.9	0.4	65.4	0.193 0	0.8	54

2.6 最适宜工艺条件下制备得到当归饮片的重金属和农药残留量含量 当归饮片即要符合中国药典的要求,又要满足饮片 GMP 的要求,因此按照中国药典



传统方法 最佳生产工艺  
图 4 传统加工方法和趁鲜最适宜切制方法所得当归饮片的片面状况

中当归质量的检测和国家相关的标准进行了当归饮片的重金属和农药残留量含量分析,其结果见表7。

表7 当归趁鲜切制饮片的重金属和农药残留量含量检测结果

序号	检查项目	检测结果(mg/kg)	标准规定
1	铅	0.438	不得过 5 mg/kg
2	镉	0.107	不得过 1 mg/kg
3	砷	0.180	不得过 2 mg/kg
4	汞	未检出 (检出限为 0.083)	不得过 0.2 mg/kg
5	铜	6.147	不得过 20 mg/kg
6	农药残留 33 项	未检出	不得过规定指标

表7结果显示,当归趁鲜切制饮片所检测的指标符合《中国药典》2020版的要求,从而也说明其质量符合《中国药典》2020版中的指标、无重金属超标、不含33项农药残留,并且阿魏酸(0.222%)和挥发油(0.9%)远远大于《中国药典》2020版中当归规定的含量(阿魏酸不得少于0.050%,挥发油不得少于0.4%),故最适宜切制当归饮片工艺(A3B2C1)符合现代当归饮片GMP加工工艺的要求。

### 3 讨论

首先,当归趁鲜切制饮片的质量,鲜当归外表面的杂质清洗是重要的影响因素。当归在水中浸泡的时间过长,则当归外表皮轻微的碰撞就会破损,导致当归中水溶性物质溢出;当归在水中浸泡的时间太短,则杂质清洗不干净,特别是种植在粘土地的当归,清洗时其表面地泥土不容易去除;而传统方法加工当归的前期是不能与水接触,只是在后期切饮片时才进行其表面清洗、润透和切片。本试验用水清洗鲜当归外表面的泥土和杂质时,从表3和表4的结果显示,鲜当归外表面的杂质清洗方式是对当归趁鲜切制质量(阿魏酸含量和挥发油含量)的影响更显著,因此鲜当归与水接触时间、水温关系及其水流动速度是影响当归阿魏酸和挥发油含量的主要因素,还需要进一步研究。

其次,当归鲜片的干燥条件也是影响当归阿魏酸含量和挥发油含量的因素。因阿魏酸和挥发油为热不稳定性物质,受热极易损失。如果长时间置于高温环境或者高温过程有流动气体通过,则阿魏酸和挥发

油的含量也大幅降低,因此当归饮片不能长时间置于高温的环境中干燥。本试验采用温棚日晒的方式干燥当归饮片,温棚内白天中午最高,约40~50℃,持续时间为5h,然后就开始慢慢降温,黎明时温度达到2~8℃,适宜鲜当归趁鲜切片干燥。

最后,鲜当归切制的片厚度对当归饮片质量的影响较小。当归鲜片的厚度越小,干燥的时间就短,但片的厚度太薄了片容易变形和粉碎;片的厚度太厚,干燥的时间就延长。

因此当归趁鲜切制饮片的过程中,其质量主要是由鲜当归外表面杂质的处理方式、鲜当归片干燥的条件、切片片的厚度而决定。本试验研究了温棚日晒、鼓风干燥、冷冻干燥鲜当归片,在温棚日晒、鼓风干燥过程中,鲜当归片内部的水分以水蒸汽的形式溢出,被空气带走,从而减少了物料的内部水分;真空冷冻干燥将鲜当归冷冻到共晶点以下,抽真空加热使水分从固相直接升华为气相水蒸气,达到干燥的目的。但是从表2试验检测结果来看,温棚日晒、鼓风干燥、真空冷冻干燥三种干燥对当归饮片水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物没有显著的差异,而对当归饮片的阿魏酸、挥发油含量有显著的差异。

### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 139.
- [2] 柳小莉, 黄小英, 张小飞, 等. 基于GC-MS成分分析结合网络药理学预测当归挥发油质量标志物(QMarker)[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2696-2706.
- [3] 白钢, 田璐, 丛龙飞, 等. 基于质量标志物(Q-Marker)“量效转换”的药材质量快速整合评价研究[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2527-2533.
- [4] 刘妍如, 唐志书, 宋忠兴, 等. 以药效成分群-活性-功效关联作用筛选当归质量标志物[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2626-2637.
- [5] 臧泽鹏, 黄晓鹏, 马国军, 等. 基于熵权-变异系数法对不同干燥方式下当归干燥特性及理化性质的评价[J]. 中草药, 2022, 53(23): 7403-7413.
- [6] 李伟霞, 泥文娟, 王晓艳, 等. 当归化学成分、药理作用及其质量标志物(Q-marker)的预测分析[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(6): 40-47, 274.

(下转第74页)

- [15] KRYSA J A, OOI T C, PROCTOR S D, et al. Nutritional and lipid modulation of PCSK9: effects on cardiometabolic risk factors[J]. *The Journal of Nutrition*, 2017, 147(4): 473-481.
- [16] 李苗, 俞沁玮, 江振洲, 等. LDLR的调控机制及其相关疾病与药物研究进展[J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2022, 27(8): 946-954.
- [17] SEIDAH N G, PRAT A. The multifaceted biology of PCSK9[J]. *Endocrine Reviews*, 2022, 43(3): 558-582.
- [18] LEE R G, MAZZOLA A M, BRAUN M C, et al. Efficacy and safety of an investigational single-course CRISPR base-editing therapy targeting PCSK9 in nonhuman primate and mouse models[J]. *Circulation*, 2023, 147(3): 242-253.
- [19] 涂越, 刘建平, 胡林芳, 等. 米糠脂肪烷醇的组成、功能及物理化学修饰研究进展[J]. *现代食品科技*, 2023, 39(12): 62-69.
- [20] MILICA Z C, MIODRAG O, IVANA B, et al. Supplementation with octacosanol affects the level of PCSK9 and restore its physiologic relation with LDL-C in patients on chronic statin therapy[J]. *Nutrients*, 2021, 13: 903.
- [21] 赵文萃, 张宁, 周慧琴, 等. 三七总黄酮对高血脂大鼠血脂的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2016, 22(8): 143-147.
- [22] 翁路安, 苏洁, 王婷, 等. 基于PCSK9-LDLR信号通路探讨三七破壁粉对高血脂症大鼠的降脂作用[J]. *中成药*, 2023, 45(2): 564-569.
- [23] 孙飞, 吴相亲, 何琼, 等. 山楂化浊降脂功效成分筛选及质量控制方法研究[J]. *中国中药杂志*, 2024, 49(1): 100-109.
- [24] 孙航, 宁珑, 方钰发, 等. 脂肪乳诱导SD大鼠与KM小鼠高脂血症模型的对比研究[J]. *实验动物科学*, 2022, 39(2): 50-54.
- [25] 张清源, 张敬文, 吴千言, 等. 活血化瘀类复方防治高脂血症的临床研究热点与趋势——基于VOSviewer的可视化分析[J]. *中草药*, 2022, 53(1): 196-205.
- [26] MAFFIA P, MAURO C, CASE A, et al. Canonical and non-canonical roles of complement in atherosclerosis[J]. *Nature Reviews Cardiology*, 2024: 1-19.
- [27] PACKARD C J, BOREN J, TASKINEN M R. Causes and consequences of hypertriglyceridemia[J]. *Frontiers In Endocrinology*, 2020, 11: 532994.
- [28] 周昶, 黄蓉, 蔡园, 等. 天然产物中生物碱类成分调血脂作用机制研究进展[J]. *中草药*, 2024, 55(5): 1717-1727.
- [29] FERGUSON J J A, STOJANOVSKI E, MACDONALD-WICKS L, et al. Curcumin potentiates cholesterol-lowering effects of phytosterols in hypercholesterolaemic individuals. a randomised controlled trial [J]. *Metabolism Clinical and Experimental*, 2018, 82: 22-35.
- [30] 王楚瑶, 蒋素素, 向德彪, 等. 姜黄素通过调节PCSK9促进肝细胞摄取血浆LDL-C[J]. *中国药理学通报*, 2020, 36(10): 1415-1421.
- [31] QAYYUM F, LAURIDSEN B K, FRIKKE S R, et al. Genetic variants in CYP7A1 and risk of myocardial infarction and symptomatic gallstone disease [J]. *European Heart Journal*, 2018, 39(22): 2106-2116.

(收稿日期: 2024-06-19)

(上接第53页)

- [7] 刘敬, 李文建, 王春明, 等. 当归中有效成分阿魏酸的生物合成及调控[J]. *中草药*, 2008, 39(12): 1909-1912.
- [8] 李小阳, 翟小林, 王丹, 等. 基于一测多评法的当归药材质量控制在研究[J]. *中草药*, 2022, 53(20): 6354-6360.
- [9] 胡碧薇, 初杰. 藁本内酯实验研究进展[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2014, 16(1): 215-217.
- [10] 唐文文, 李国琴, 晋小军. 不同干燥方法对当归挥发油成分的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(3): 9-12.
- [11] 纪鹏, 华永丽, 薛文新, 等. 当归及其不同炮制品的挥发油提取及成分分析[J]. *天然产物研究与开发*, 2012, 24(9): 1230-1234, 1238.
- [12] 李越峰, 吴平安, 刘峰林, 等. 当归趁鲜切片对当归中阿魏酸含量的影响[J]. *中国中医药信息杂志*. 2014, 1(9): 90-93.
- [13] 张静, 杨平荣, 王燕萍, 等. 当归产地加工与饮片炮制一体化工艺研究[J]. *兰州大学学报(医学版)*, 2019, 45(3): 13-20.
- [14] 杨林, 罗晓星, 王四旺, 等. 正交设计提取当归川芎中阿魏酸的研究[J]. *云南中医学院学报*, 2007, 30(2): 14-16

(收稿日期: 2024-04-10)