

# 不同初加工工艺对云南阿拉比卡咖啡品质的影响

陈云兰<sup>1</sup>, 陈治华<sup>1</sup>, 蒋快乐<sup>1</sup>, 刀斌<sup>2</sup>, 李学玲<sup>3</sup>

(1. 云南农业大学热带作物学院, 云南普洱 665000)

(2. 普洱市食品药品检验检测中心, 云南普洱 665000) (3. 普洱学院生物与化学学院, 云南普洱 665000)

**摘要:** 为了挖掘优质的云南精品咖啡, 以云南普文南岛河卡蒂姆系列品种、成熟全红果为试材, 探索带果胶非浸泡式发酵(鲜果发酵和水洗干发酵、日晒、黑蜜、干红蜜)和浸泡式发酵(三重水洗发酵、全水洗)等六种不同初加工工艺对生豆粗蛋白质、粗脂肪、咖啡因等内含物质及密度的影响, 并采用模糊数学法对熟豆感官风味进行统计学分析。感官评审结果表明: 采用黑蜜加工处理和日晒加工处理的咖啡感官品质最佳, 综合评分为 5.49 和 5.44, 评定为“优”; 采用三重水洗发酵处理的咖啡豆感官品质最差, 综合评分为 3.37, 评定为“中”; 干红蜜加工处理的咖啡感官品质综合评分为 3.85, 评定为“良好”; 鲜果发酵和水洗干发酵、全水洗发酵加工感官品质综合评分为 3.72, 3.70, 评定为“良”。理化检测结果: 带果胶非浸泡式发酵的四种加工方式所得咖啡生豆的粗蛋白质、粗脂肪、咖啡因含量高于两种浸泡式发酵加工所得咖啡生豆; 不同的初加工工艺对咖啡生豆密度的影响差异不显著。

**关键词:** 云南; 阿拉比卡咖啡; 初加工工艺; 品质

文章篇号: 1673-9078(2019)02-149-156

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.2.021

## Influence of Different Primary Process on the Quality of Arabica Coffee in Yunnan Province

CHEN Yun-lan<sup>1</sup>, CHEN Zhi-hua<sup>1</sup>, JIANG Kuai-le<sup>1</sup>, DAO Bin<sup>2</sup>, LI Xue-lin<sup>3</sup>

(1.College of Tropical Crop, Yunnan Agricultural University, Puer 665000, China) (2.Food and Drug Inspection and Testing Center, Puer 665000, China) (3.College of Biology and Chemistry, Puer University, Puer 665000, China)

**Abstract:** In order to excavate high-quality Yunnan fine coffee, red and ripe coffee cherry of Catimor series in Nandaohu, Puwen, Yunnan Province were chosen as test materials, and six different primary processing methods such as non-soaking fermentation with pectin (fresh Fruit Fermentation and water-washing dry fermentation, pulped natural, black honey and dry red honey) and soaking fermentation (triple water-washed fermentation and washed fermentation) were conducted to explore the effects on the content and density of crude protein, crude fat and caffeine of raw beans. The sensory flavor of roasted beans was analyzed by fuzzy mathematics. The results of sensory evaluation showed that the sensory quality of coffee treated with black honey and pulped natural were the best, with a comprehensive score of 5.49 and 5.44, respectively, which was "excellent". The sensory quality of coffee beans treated with triple water washed fermentation was the worst, with a comprehensive score of 3.37, which was "medium". The sensory quality of coffee processed with dry red honey scored 3.85, which was "good". The comprehensive sensory quality score of fresh fruit fermentation, dry-washing fermentation and water-washed fermentation was respectively 3.72 and 3.70, which was "Satisfactory". Physical and chemical results showed that the crude protein, crude fat and caffeine contents of four kinds of processed coffee raw beans with pectin non-immersion fermentation were higher than those of two kinds of immersion fermentation processing; the influence of different initial processing technology on the density of coffee raw beans was not significant.

**Key words:** Yunnan; Arabica coffee; primary process; quality

收稿日期: 2018-09-19

基金项目: 云南省重大科技专项计划项目(2018ZC001-5); 云南省高校咖啡资源开发与利用工程中心项目; 云南省现代农业咖啡产业技术体系建设咖啡加工技术(2018kJTX009-5)

作者简介: 陈云兰(1984-), 女, 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工及品质分析

通讯作者: 陈治华(1966-), 男, 教授, 硕士研究生, 研究方向: 热带农业工程

咖啡是用经过烘焙后的咖啡豆冲煮出来的饮料, 与可可、茶叶列为世界三大饮品。饮用咖啡具有提神醒脑、消除疲劳、生津止渴、利尿等功效<sup>[1]</sup>。优质的咖啡香气丰富浓郁、口感顺滑、酸甜愉人、层次感强。随着人们生活水平的不断提高, 咖啡已逐渐成为大众日常饮品, 人们对其品质及丰富度的要求也越来越高。然而咖啡成分复杂, 影响其品质的因素比较多。曾凡逵等<sup>[2]</sup>提出: 影响咖啡风味的因素有品种、产地、加

工方式、烘焙方式等。其中鲜果采摘后进行有效的加工(即咖啡初加工)及加工工艺对咖啡品质的影响是十分明显的。咖啡初加工是指从咖啡樱桃获得咖啡生豆的过程,是形成商品豆的重要环节和酝酿咖啡风味的关键步骤,也是影响咖啡产品品质的核心因素之一,经过不同方法加工后的咖啡豆会呈现不同的风味。常见的咖啡鲜果处理法有日晒法、水洗法、半日晒法以及湿刨法等。这些处理法最本质的意义是将咖啡的风味激活,靠发酵分解咖啡豆内的果胶,将风味物质透过羊皮纸层,进入咖啡生豆内,同时依靠微生物和咖啡自身的酶,分解咖啡内的多糖物质转化为醇类、乙酸、乳酸和其他酸类物质。

近年来,国内外对咖啡的研究主要集中在品种、种植管理等产业链前端及烘焙环节,对于咖啡初加工与品质之间的研究报道的还比较少,目前国内有少量关于咖啡初加工方面的相关研究。如:武瑞瑞等<sup>[3]</sup>分析咖啡湿法加工过程中影响品质的因素有采摘过程、脱皮、发酵、水质、储存等;程金焕等<sup>[4]</sup>采用酶促发酵的方式开展在咖啡初加工中的应用,咖啡果胶酶能软化咖啡鲜果皮,同时能加速果胶的分解,大大提升了果皮和果胶的脱净率。胡广发等<sup>[5]</sup>通过概述目前11种咖啡初加工方法、技术流程及优缺点,以期对云南咖啡初加工技术改进提供参考。提出咖啡初加工是影响咖啡产品品质的核心因素,不同方法加工的咖啡产品表现出不同的特质。Ahsan Hameed 等<sup>[6]</sup>研究表明,咖啡品质的影响因素是多方面的,它不可避免地受到采摘后连续加工的方式的影响,其中60%的品质属性是由采后加工决定的。上述研究仅对不同加工方式对风味及品质有影响做了综述分析,对于具体的加工工艺与内含物质之间的关系未见报道,不同的加工工艺所呈现的风味变化规律也未见报道。咖啡产业作为云南特色产业之一,由于历史原因,长久以来,主要是小农户经营方式,生产独立,农户分散,组织化程度较低,加工投入少、方式单一,整体加工工艺较为滞后,无法进行集中性的加工,严重限制了当地咖啡品质的提升<sup>[7]</sup>。此外,云南的主栽品种是抗锈性较强的卡蒂姆种,产量比较高,但杯品质量不是很乐观。在全球精品咖啡中很少见到卡蒂姆种,其主要的原因是评鉴对象基本都是传统的普通小粒种,采用显著提高咖啡豆品质的工艺措施是提升云南咖啡品质的重要途径之一<sup>[8]</sup>。所以探索多种多样的加工方式,挖掘优质的云南精品咖啡,是本研究需要解决的问题。

本课题以同一批咖啡鲜果为原料,平均分成六份,采用不同的初加工工艺,分析感官品质及理化指标的差异,建立了咖啡品质的感官评价模型,可为云南咖

啡生产及品质提升提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用咖啡鲜果采摘于西双版纳傣族自治州普文镇南岛河村,海拔1000~1200 m,品种为目前云南主栽的卡蒂姆。当天采摘的咖啡鲜果120 kg混合均匀后平均分成6份,每份20 kg作为一个加工处理。

### 1.2 试验仪器

6KTP-480 咖啡脱皮机、C-200 咖啡脱壳机、MH-302 数字水分测试仪、IR-800 数字红外色谱仪、TC-300G 双筒咖啡烘焙机、Grindmaster810 咖啡磨。

### 1.3 试验地点

加工试验于2018年1月18日~29日在云南省普洱市云南农业大学热带作物学院内进行,鲜果含糖量平均为16 °Brix。试验期间气候条件为晴,有雾,平均最低温度9 °C,平均最高温度23 °C。

### 1.4 试验处理设置

#### 1.4.1 全水洗加工工艺(处理A)

(1)鲜果采摘;(2)清洗鲜果;(3)剔除漂浮果和异物;(4)脱皮机脱外果皮;(5)加水发酵49 h,水量刚好盖过咖啡豆,然后进行浮选,剔除漂浮豆、果皮及少量带果皮豆;(6)清洗;(7)晾晒架自然干燥,保持通风,夜晚移至口袋内密封储存避免回潮,干燥时间7 d。

#### 1.4.2 鲜果发酵和水洗干发酵加工工艺(处理B)

(1)鲜果采摘;(2)清洗鲜果,剔除漂浮果和异物;(3)鲜果放入袋子内进行鲜果内厌氧发酵24 h;(4)脱皮机脱外果皮;(5)干发酵27 h;(6)浮选,剔除漂浮豆、果皮及少量带果皮豆;(7)清洗;(8)晾晒架自然干燥,保持通风,夜晚移至口袋内密封储存避免回潮,干燥时间7 d。

#### 1.4.3 三重发酵水洗加工工艺(处理C)

(1)鲜果采摘;(2)清洗鲜果,剔除漂浮果和异物;(3)鲜果放入袋子内进行鲜果内厌氧发酵24 h;(4)脱皮机脱外果皮;(5)干发酵15 h;(6)加水湿发酵12 h,水量刚好盖过咖啡豆;(7)浮选,剔除漂浮豆、果皮及少量带果皮豆;(8)清洗;(9)晾晒架自然干燥,保持通风,夜晚移至口袋内密封储存避免回潮,干燥时间7 d。

#### 1.4.4 日晒加工工艺 (处理 D)

(1) 鲜果采摘; (2) 清洗鲜果, 剔除漂浮果和异物; (3) 将鲜果放入袋子内进行鲜果内厌氧发酵 24 h; (4) 晾晒架自然干燥, 保持通风, 夜晚移至口袋内密封储存, 干燥时间 12 d。

#### 1.4.5 黑蜜加工工艺 (处理 E)

(1) 鲜果采摘; (2) 分拣过熟果、干果、霉菌果及异物; (3) 使用晒床轻微初始干燥 24 h; (4) 脱皮机脱外果皮, 手动分拣未脱果皮的豆子、果皮及异物; (5) 晾晒架自然干燥, 保持通风, 夜晚移至口袋内密封储存, 干燥时间 8 d。

#### 1.4.6 干红蜜加工工艺 (处理 F)

(1) 鲜果采摘; (2) 清洗鲜果, 剔除漂浮果和异物; (3) 将鲜果放入袋子内进行鲜果内厌氧发酵 48 h; (4) 脱皮机脱外果皮, 手动分拣未脱果皮的豆子、果皮及异物; (5) 晾晒架自然干燥, 保持通风, 夜晚移至口袋内密封储存, 干燥时间 8 d。

### 1.5 检测方法

#### 1.5.1 咖啡熟豆感官质量的评价方法

咖啡的感官指标在不同的评价体系里都会有差异, 目前国内没有统一的标准对其进行评价, 很难得到一个客观的结果。本试验参考美国精品咖啡协会 (SCAA) 和可持续咖啡学会 (SCI) 咖啡杯测评定方法改良后确定评价指标及等级, 包括: 干香/湿香 (Fragrance/Aroma)、酸度 (Acidity)、甜味 (Sweetness)、余韵 (Aftertaste)、醇厚度 (Body)、干净度 (clean) 及杯品风味描述, 将每个指标设置为 5 个等级, 见表 1。评定指标邀请经过专业训练的 10 名咖啡品鉴师 (Q grader) 进行评价。在评价之前, 对评价员进行评价校准, 使评价员能客观地进行评价, 不掺杂个人情绪。然后采用模糊数学综合感官评价方法对结果进行综合评分, 减少感官评定的主观因素,

规避加权评分法很难解决的多个样品问题, 并综合考虑所有因素, 获得的是综合且客观的结果<sup>[9]</sup>, 为咖啡的感官评价提供一种更科学有效的方法, 使评价结果更客观<sup>[10]</sup>。样品烘焙全豆的 Agtron 值为 58 (+/-1), 研磨咖啡粉的 Agtron 值为 63 (+/-1), 即中焙的全风味烘焙, 不致太尖酸, 焦糖化与碳化不致太剧烈, 烘焙时间为 10 分钟, 样品烘焙 12 小时后进行杯测。

#### 1.5.2 模糊数学模型的建立

##### 1.5.2.1 因素集、评语集和权重集的建立<sup>[11,12]</sup>

$$U=\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}$$

评价因素集  $U$ ,  $U_1$ =香气,  $U_2$ =酸度,  $U_3$ =甜度,  $U_4$ =余韵,  $U_5$ =醇厚度,  $U_6$ =干净度, 即咖啡感官质量构成因素指标的集合。

$$V=\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$$

评价等级集  $V$  为对前述每个评价因素的评价, 结果按照“优”、“良好”、“良”、“中”、“差”五个等级对不同初加工方式的咖啡分别进行模糊综合评判<sup>[13]</sup>,  $V_1, V_2, V_3, V_4$  和  $V_5$  分别代表优、良好、良、中、差, 其中优为 86~90 分, 良好为 80~85 分, 良 75~79 分, 中为 70~74 分, 差为 65~69 分。

$$X=\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}$$

权重集就是前述各评价因素权重系数的集合。权重反应了评价因素在食品感官质量因素构成中的重要程度, 是根据感官评价指标在产品感官质量定级过程中的重要程度而得。本试验采用“60~90 分评判法”确定咖啡各感官指标的权重, 经统计分析后得到质量因素权重集  $X=\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}=\{0.25, 0.2, 0.15, 0.1, 0.1, 0.3\}$ , 即香气占 0.25, 酸度占 0.2, 甜度占 0.15, 余韵占 0.1, 醇厚度占 0.1, 干净度占 0.3。

##### 1.5.2.2 模糊关系综合评判集

模糊关系综合评定集  $Y=X \cdot R=\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$ , 其中  $X$  为权重集,  $R$  为模糊矩阵,  $X \cdot R$  为矩阵合成<sup>[14]</sup>。

表 1 不同初加工工艺咖啡豆评品标准

Table 1 Different preliminary processing of coffee beans evaluation standards

因素	差 (65~69)	中 (70~74)	良 (75~79)	良好 (80~84)	优 (85~90)
香气	木质、粉尘、异味	中等强度, 坚果、奶油香气	中等强度, 坚果、奶油、巧克力	浓郁、强烈、焦糖、蜜香	浓郁、强烈、丰富的花果香
酸度	粗糙、尖锐、酸败	柔和、平淡	酸质突出、活泼	精致明亮的果酸	强烈的, 丰富、生津、红酒质感
甜度	青涩、死酸、尖酸	微微甜度	甜度低	甜度较好、圆润	甜美、酸甜震
余韵	不舒爽、烟感、咬喉	回甘平淡, 短	持久较短, 单一	持久, 口鼻留香	优质风味持久不衰
醇厚度	淡薄、水感	顺滑	圆润顺滑	乳脂感、奶油感	密实, 丝绒感
干净度	轻微瑕疵, 杂味、土腥、轻微发酵	轻微负面杂味: 木质、麻袋	轻微杂味: 草腥、烟熏、焦苦	干净、无杂味和异味	纯净剔透、层次分明

1.5.3 咖啡生豆理化指标测定方法

采集数据用 Excel 2010 处理, 用 SPSS 17.0 分析。

1.5.3.1 水分采用 MH-302 数字水分测试仪检测。

2 结果与分析

1.5.3.2 粗蛋白按 GB/T 5009.5-2010 标准检测。

1.5.3.3 脂肪的测定按 GB/T 5009.6-2016 标准检测。

2.1 不同初加工工艺咖啡豆的模糊感官评价

1.5.3.4 咖啡因按 GB/T 5009.139-2003 标准检测。

1.6 数据处理

结果

表 2 不同初加工工艺咖啡豆的感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation results of coffee beans with different primary processing techniques

样品编号	因素	评分				
		优 (85~90)	良好 (80~84)	良 (75~79)	中 (70~74)	差 (65~69)
全水洗加工 (A)	香气	0	2	5	2	1
	酸度	2	6	1	1	0
	甜度	0	1	7	2	0
	余韵	1	1	5	3	0
	醇厚度	0	5	4	1	0
	干净度	3	3	3	1	0
鲜果内发酵和 水洗干发酵价 格高 (B)	香气	0	2	5	3	0
	酸度	0	7	2	1	0
	甜度	0	2	6	2	0
	余韵	1	1	5	3	0
	醇厚度	0	3	6	1	0
	干净度	1	3	6	1	0
三重水洗发酵 加工 (C)	香气	0	1	5	4	0
	酸度	0	2	6	2	0
	甜度	0	1	6	3	0
	余韵	0	2	5	3	0
	醇厚度	0	3	6	1	0
	干净度	0	5	4	1	0
日晒加工 (D)	香气	4	4	2	0	0
	酸度	2	5	2	1	0
	甜度	2	4	3	1	0
	余韵	1	5	3	1	0
	醇厚度	2	2	4	2	0
	干净度	1	5	3	1	0
黑蜜加工 (E)	香气	0	6	3	1	0
	酸度	0	5	3	2	0
	甜度	2	3	4	1	0
	余韵	1	2	5	2	0
	醇厚度	0	2	6	3	0
	干净度	0	4	5	1	0
干红蜜加工 (F)	香气	1	4	4	1	0
	酸度	0	4	4	2	0
	甜度	1	4	3	2	0

转下页

接上页

干红蜜加工	余韵	1	3	4	2	0
(F)	醇厚度	1	4	3	2	0
	干净度	1	4	5	2	0

10 名感官评价员对六个不同加工工艺的咖啡豆按照香气、酸度、甜度、余韵、醇厚度和干净度等六个指标进行了逐一评价, 汇总评价结果如表 2 所示。

从表 2 可见, 根据感官评定结果, 将各等级评价人数分别除以总评价人数, 以全水洗加工(A)为例, 在香气评价中, 优秀的 0 人, 良好的 2 人, 良的 6 人, 中的 2 人, 差的 0 人, 则得  $U_1$  (香气) = [0.00 0.20 0.60 0.20 0.00], 同理得到  $U_2$  (酸度) = [0.20 0.60 0.10 0.10 0.00],  $U_3$  (甜度) = [0.00 0.10 0.70 0.20 0.00],  $U_4$  (余韵) = [0.10 0.10 0.50 0.30 0.00],  $U_5$  (醇厚度) = [0.00 0.50 0.40 0.10 0.00],  $U_6$  (干净度) = [0.10 0.50 0.30 0.10 0.00], 把上述六个因素的评价结果写成一个模糊矩阵为:

$$R1 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.20 & 0.50 & 0.20 & 0.10 \\ 0.20 & 0.60 & 0.10 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.10 & 0.70 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.30 & 0.30 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

同理可得:

$$R2 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.20 & 0.60 & 0.20 & 0.00 \\ 0.00 & 0.80 & 0.10 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.10 & 0.70 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$Y1 = X \times R1 = \{0.25, 0.20, 0.15, 0.10, 0.10, 0.30\} \times R1 =$$

其中,  $y_1=0.25 \times 0.00 + 0.20 \times 0.20 + 0.15 \times 0.00 + 0.10 \times 0.10 + 0.10 \times 0.00 + 0.30 \times 0.30 = 0.14$ ,  $y_2=0.34$ ,  $y_3=0.44$ ,  $y_4=0.18$ ,  $y_5=0.03$ 。即  $Y1 = \{0.14 \ 0.34 \ 0.44 \ 0.18 \ 0.03\}$ , 同理, 可得到其他样品的模糊评价结果。 $Y2 = \{0.04 \ 0.44 \ 0.47 \ 0.18 \ 0.00\}$ ,  $Y3 = \{0.00 \ 0.29 \ 0.57 \ 0.26 \ 0.00\}$ ,  $Y4 = \{0.23 \ 0.44 \ 0.77 \ 0.12 \ 0.00\}$ ,  $Y5 = \{0.06 \ 0.84 \ 0.49 \ 0.18 \ 0.00\}$ ,  $Y6 = \{0.09 \ 0.43 \ 0.45 \ 0.17 \ 0.00\}$ 。然后按照公式(1)进行综合评分, 即对应评价等级, 将  $Y$  中的各个量与

$$R3 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.10 & 0.50 & 0.40 & 0.00 \\ 0.00 & 0.20 & 0.60 & 0.20 & 0.00 \\ 0.00 & 0.10 & 0.60 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.20 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.30 & 0.60 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R4 = \begin{bmatrix} 0.40 & 0.40 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.20 & 0.50 & 0.20 & 0.10 & 0.00 \\ 0.20 & 0.40 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.20 & 0.20 & 0.40 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R5 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.20 & 0.60 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.70 & 0.10 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.20 & 0.60 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.40 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R6 = \begin{bmatrix} 0.10 & 0.40 & 0.40 & 0.20 & 0.00 \\ 0.00 & 0.40 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.40 & 0.30 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.30 & 0.40 & 0.30 & 0.00 \\ 0.10 & 0.40 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

将评分结果进行处理, 得到模糊数学综合分析结果为  $Y$ , 模糊关系综合评定集  $Y = X \cdot R$ , 其中  $X$  为权重集,  $R$  为模糊矩阵,  $X \cdot R$  为矩阵合成。

$$Y1 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.20 & 0.50 & 0.20 & 0.10 \\ 0.20 & 0.60 & 0.10 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.10 & 0.70 & 0.20 & 0.00 \\ 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.00 \\ 0.00 & 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.30 & 0.30 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \end{bmatrix}$$

评价等级集  $V = \{5, 4, 3, 2, 1\}$  相乘再加和, 得出模糊综合评判总分<sup>[15,16]</sup>, 见表 3。

$$Q = \sum_{j=1}^n j y_j \tag{1}$$

$Q1 = 5 \times 0.14 + 4 \times 0.34 + 3 \times 0.44 + 2 \times 0.18 + 1 \times 0.03 = 3.72$ , 同理可得,  $Q2 = 3.70$ ,  $Q3 = 3.37$ ,  $Q4 = 5.44$ ,  $Q5 = 5.49$ ,  $Q6 = 3.85$ 。由表 3 可知, 不同加工方式咖啡豆的感官质量优劣顺序依次为  $E > D > F > A > B > C$ 。其中, 黑蜜加工

处理(E)和日晒加工处理(D)咖啡豆的模糊数学综合评判峰值为0.84、0.77,综合评分为5.49、5.44,表明两者在感官品质上较为相似,与其它加工方式相比,这两种处理方式咖啡豆的感官品质最佳,综合评定级别为“优”;干红蜜加工(F)的模糊数学综合评判峰值为0.45,综合评分为3.85,综合评定级别为“良好”;全水洗加工(A)、鲜果内发酵和水洗干发酵加工(B)的模糊数学综合评判峰值为0.44、0.47,且两者综合

评分较为接近,分别为3.72、3.70,两者在感官品质上也较为相似,综合评定级别为“良”。

三重水洗发酵(C)的模糊数学综合评判峰值为0.57,综合评分为3.37,综合评定级别为“中”。综合分析可知,六种加工方式所得咖啡豆的感官品质具有明显差异,这可能是由于在不同的咖啡初加工工艺中因发酵时间、发酵温度、果胶含量、发酵介质等工艺差异而酝酿出不同的风味。

表3 不同初加工工艺咖啡豆的综合评定结果

样品编号	Yi 评价结果集	综合评分	排名
A	Y1={0.14 0.34 0.44 0.18 0.03}	3.72	4
B	Y2={0.04 0.44 0.47 0.18 0.00}	3.70	5
C	Y3={0.00 0.29 0.57 0.26 0.00}	3.37	6
D	Y4={0.23 0.44 0.77 0.12 0.00}	5.44	2
E	Y5={0.06 0.84 0.49 0.18 0.00}	5.49	1
F	Y6={0.09 0.43 0.45 0.17 0.00}	3.85	3

表4 不同初加工工艺咖啡豆的含水量及密度测定结果

加工方式	水分含量/%	密度/(g/L)
全水洗(A)	11.60±1.58 <sup>a</sup>	699.10±0.87 <sup>a</sup>
鲜果发酵和水洗干发酵(B)	11.90±1.23 <sup>a</sup>	720.00±1.06 <sup>a</sup>
三重水洗发酵(C)	11.71±1.42 <sup>a</sup>	713.21±1.22 <sup>a</sup>
日晒(D)	11.32±1.64 <sup>a</sup>	715.14±1.78 <sup>a</sup>
黑蜜(E)	12.10±1.77 <sup>a</sup>	730.00±1.98 <sup>a</sup>
干红蜜(F)	11.20±1.56 <sup>a</sup>	710.01±0.89 <sup>a</sup>

注:不同类型样品列内数据小写字母表示在0.05水平上差异显著性(数据为平均值±标准偏差,重复数n=3),字母不同表示差异显著( $p<0.05$ ),字母相同表示差异不显著( $p>0.05$ )。下同。

## 2.2 不同初加工工艺咖啡豆含水量检测

含水量是咖啡生豆品质的重要指标之一,恰当的含水率不仅有助于咖啡豆的储存,且能使咖啡产生平衡的酸度和极好的香气,能提高杯测分数,是烘焙师烘焙咖啡豆的重要依据之一。咖啡的最佳干燥含水率为10.00%~12.00%,干燥不足或干燥过度都会带来交易风险,在生豆贸易中只有水分含量在12.50%以下的生豆才能交易。干燥不足生豆容易发霉变质,干燥过度,风味容易流失,带有不愉悦的木头味。表2为六种加工方式咖啡豆的含水量,都在10.00%~12.00%的范围内,保证了感官评价时因水分含量差异所带来的不一致性。

## 2.3 不同初加工工艺咖啡豆的密度检测

气候、海拔、咖啡物种的多样性、土壤质地等因素会对咖啡豆的密度有所影响。在烘焙工作中,密度

是设计烘焙曲线的重要参数之一,会影响到咖啡风味的发展,体现在入豆温、黄点阶段的控制、整体烘焙节奏等方面。从表4可以看出,不同的初加工方式对咖啡生豆密度的影响差异不显著。

## 2.4 不同初加工工艺咖啡豆脂肪含量检测

脂肪是人体六大营养元素之一,它作为风味前体物,在食品加工过程中,经过一系列化学反应后会产生不同的风味物质。脂肪含量的差异会对咖啡烘焙过程中的美拉德反应产生一定的影响,最终在杯品时通过风味和滋味体现出来<sup>[17,18]</sup>。

从图1可以看出六种不同初加工工艺咖啡生豆脂肪含量均在11.00%以上,依次为:干红蜜(13.21%)>日晒(12.93%)>黑蜜(12.72%)>鲜果内发酵和水洗干发酵(12.62%)>全水洗(12.46%)>三重水洗发酵(11.76%)。干红蜜加工、日晒加工样品的脂肪含量显著高于其他加工方式( $p<0.05$ ),但二者的脂肪含量

差异不显著 ( $p>0.05$ )；黑蜜、鲜果内发酵和水洗干发酵、全水洗加工生豆的脂肪含量差异不显著，但显著高于三重水洗发酵加工咖啡生豆。

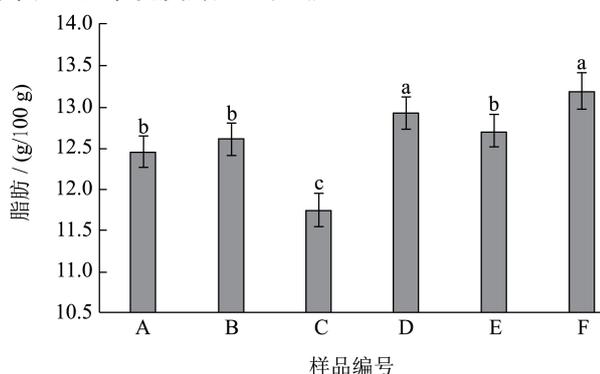


图1 不同初加工工艺咖啡生豆的脂肪含量

Fig.1 The fat content of green coffee beans at different primary coffee processing

## 2.5 不同初加工工艺咖啡豆蛋白质含量检测

蛋白质对食品感官品质的影响主要表现在色泽、滋味、香气、爽滑度与咀嚼度等方面，并且可以与食物中的醛、酸、酚等降解产物结合起到风味载体和改良剂的作用。咖啡生豆中含有丰富的蛋白质，是种重要的风味前体物质，在咖啡烘焙过程中发生美拉德反应，它与含羧基的糖类化合物反应生成醛、酮等物质<sup>[19]</sup>，形成烘焙咖啡特有的色泽、香气和滋味，因此蛋白质含量的差异对咖啡风味具有重要影响，从而影响咖啡的感官品质。

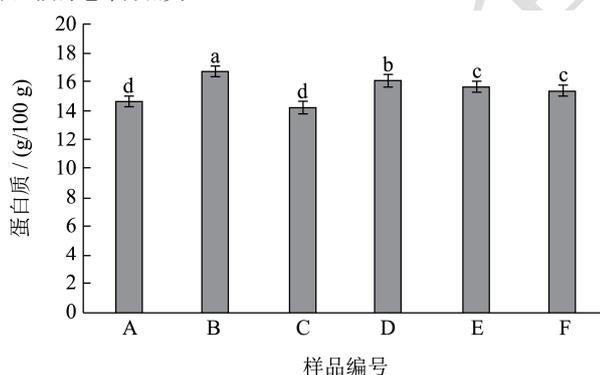


图2 不同初加工方式咖啡生豆的蛋白质含量

Fig.2 The protein content of green coffee beans at different primary coffee processing

如图2所示，不同初加工方式生产的生咖啡豆中蛋白质含量均在14.00%以上，鲜果发酵和水洗干发酵咖啡蛋白质含量为16.80%，显著高于其它五种加工方式，日晒加工咖啡生豆的蛋白质含量为16.20%，仅次于鲜果发酵和水洗干发酵咖啡，黑蜜加工和干红蜜加工生咖啡蛋白含量分别为15.75%和15.50%，二者差异不显著 ( $p>0.05$ )，全水洗加工和三重水洗加工生咖啡

蛋白含量分别为14.40%和14.80%，蛋白质含量无显著性差异 ( $p>0.05$ )。说明初加工方式对生咖啡豆中蛋白质含量有影响。

## 2.6 不同初加工工艺咖啡豆的咖啡因含量分析

咖啡因属于生物碱类化合物，是重要的活性成分，它对于咖啡良好风味的形成至关重要，能够产生平滑的苦味<sup>[20,21]</sup>，但并不是咖啡苦味口感的主要原因。

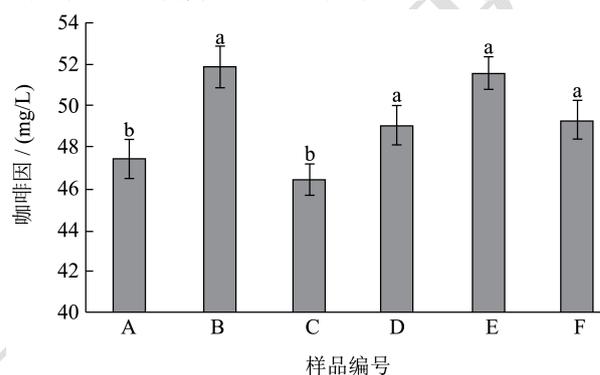


图3 不同初加工方式咖啡生豆咖啡因的含量

Fig.3 The caffeine content of green coffee beans at different primary coffee processing

六种不同加工方式咖啡生豆里的咖啡因含量都有差别，其含量高低顺序为：鲜果内发酵和水洗干发酵(51.95 mg/L)>干红蜜加工(51.52 mg/L)>黑蜜加工(49.35 mg/L)>日晒加工(49.05 mg/L)>全水洗发酵(47.45 mg/L)>三重水洗发酵(46.33 mg/L)。其中，鲜果内发酵和水洗干发酵、干红蜜加工、黑蜜加工、日晒加工四种非浸泡加工方式、全水洗发酵和三重水洗发酵两种浸泡加工之间咖啡因含量差异不显著 ( $p>0.05$ )、但前四种非浸泡加工方式和后两种浸泡加工方式之间咖啡因含量差异显著 ( $p<0.05$ )。

## 3 结论

3.1 在咖啡初加工过程中，咖啡生豆的风味物质会发生不同程度的变化，进而影响咖啡熟豆的品质及杯品质量。本研究主要采用了鲜果内发酵和水洗干发酵、日晒、干红蜜、黑蜜、三重水洗发酵、全水洗发酵六种加工工艺比较感官风味及理化指标差异，其中前四种加工方法在发酵和干燥环节都带果胶，后两种方式在水里浸泡脱果胶后再干燥。研究表明，不同的初加工方式对咖啡生豆的物理指标密度影响差异不显著，但对脂肪、蛋白质、咖啡因等内含物质及感官品质有一定的影响。脂肪含量为：干红蜜加工>日晒加工>黑蜜加工>鲜果内发酵和水洗干发酵加工>全水洗

加工>三重水洗发酵加工;蛋白质含量为:鲜果内发酵和水洗干发酵加工>干红蜜加工>黑蜜加工>日晒加工>全水洗发酵加工>三重水洗发酵;咖啡因含量为:鲜果内发酵和水洗干发酵加工>干红蜜加工>黑蜜加工>日晒加工>全水洗发酵加工>三重水洗发酵加工。就理化指标来看,发酵和干燥环节带果胶的四种加工方式的粗脂肪、粗蛋白质、咖啡因含量更高,在水里浸泡发酵咖啡豆的加工方式,随着果胶在水里的降解其内含物质粗脂肪、粗蛋白质、咖啡因的含量会降低。表明不同的初加工工艺会影响咖啡的内含物质,这与 Andréa Tarzia 等<sup>[22]</sup>的研究采用干法加工、半干法加工和湿法加工制备的咖啡饮料中多糖的含量、总糖含量和蛋白质含量不同相一致。

3.2 感官综合评分为黑蜜加工>日晒加工>干红蜜加工>全水洗加工>鲜果内发酵和水洗干发酵加工>三重水洗发酵加工。总体上来说带果胶非浸泡式发酵加工咖啡豆的风味优于不带果胶浸泡式发酵加工咖啡豆的风味,说明在发酵环节、干燥环节中果胶对风味丰富度的形成有重要作用。同时可以看出,在一定范围内咖啡感官质量与内含物质粗脂肪、粗蛋白质、咖啡因呈正相关。本文侧重于不同加工工艺对咖啡感官风味的影响研究,对其内含物质的影响比如有机酸、绿原酸、葫芦巴碱及香气成分分析等有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] Ebrahimi-Najafabadi H, Leardi R, Oliveri P, et al. Detection of addition of barley to coffee using near infrared spectroscopy and chemometric techniques [J]. *Talanta*, 2012, 99: 175-179
- [2] 曾凡逵,欧仕益.咖啡风味化学[M].暨南大学出版社,2014  
ZENG Fan-di, OU Shi-yi. *Coffee Flavor Chemistry* [M]. Jinan University Press, 2014
- [3] 武瑞瑞,李贵平,王雪松,等.咖啡湿法加工过程中影响品质的因素分析[J].热带农业工程,2012,5(36):1-3  
WANG Rui-rui, LI Gui-ping, WANG Xue-song. Factors affecting the quality of coffee in wet processing [J]. *Tropical Agricultural Engineering*, 2012, 5(36): 1-3
- [4] 程金焕,何红艳,李慧敏,等.酶促发酵在咖啡初加工过程中的应用研究[J].安徽农业科学,2016,44(6):83-84  
CHENG Jin-huan, HE Hong-yan, LI Hui-min. Application of enzymolysis on the pretreating process of coffee [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(6): 83-84
- [5] 胡广发,毕晓菲,黄家熊,等.小粒咖啡初加工方法概述[J].农产品加工,2017,3(3):66-70  
HU Guang-fa, BI Xiao-fei, HUANG Jia-xiong, et al. Overview of the primary processing method of small coffee [J]. *Agricultural Product Processing*, 2017, 3(3): 66-70
- [6] Ahsan Hameed, Syed Ammar Hussain, Muhammad Umair Ijaz, et al. Farm to consumer: Factors affecting the organoleptic characteristics of coffee II: Postharvest processing factors [J]. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 2018, 17(3): 1185-1137
- [7] 张毅,绍源春.现阶段云南咖啡面临的困境及解决对策[J].区域经济,2018,3(3):58-59  
ZHANG Yi, SHAO Yuan-chun. At present, Yunnan coffee faces difficulties and solutions [J]. *The Regional Economic*, 2018, 3(3): 58-59
- [8] 张红波,郭铁英,匡钰,等.影响云南卡蒂姆咖啡杯品质的因素及对策[J].区域经济,2018,41(1):36-42  
ZHANG Hong-bo, GUO Tie-ying, KUANG Yu, et al. The influence factors on catimor cupping quality and its promotion measures [J]. *Tropical Agricultural Science and Technology*, 2018, 41(1): 36-42
- [9] 陈永安,陈鑫,刘艳飞,等.基于模糊数学的猕猴桃感官评定分析[J].食品工业,2013,10:129-133  
Chen Yong-an, Chen Xin, LIU Yan-fei, et al. Sensory evaluation of kiwifruit based on fuzzy mathematics [J]. *The Food Industry*, 2013, 10: 129-133
- [10] 谢季坚,刘承平,等.模糊数学法及其应用(第四版)[M].武汉,华中科技大学出版社,2013  
XIE Ji-jian, LIU Chen-ping. *Fuzzy Mathematics and Its Application (fourth Edition)* [M]. Wuhan, Huazhong University of Science and Technology Press, 2013
- [11] 杨玉红.食品感官检验技术[M].大连理工大学出版社,2015  
YANG Yu-hong. *Sensory Testing of Food* [M]. Dalian University of Technology Press, 2015
- [12] 王朝臣.食品感官检验技术-项目化教程[M].北京师范大学出版社,2012  
WANG Chao-cheng. *Food Sensory Testing Technology-a Project Course* [M]. Beijing Normal University Press, 2012
- [13] 赵镭,李志,汪厚银,等.食品感官分析术语及描述词的良好释义与表达范式[J].标准科学,2014,8:64-66  
ZHAO Lei, LI Zhi, WANG Hou-yin, et al. Good definition and standard expression of terms and descriptors in food sensory analysis [J]. *The Standard of Science*, 2014, 8: 64-66
- [14] 金婷,谭胜兵,汪成.模糊数学法在煎饼感官评定中的应用[J].食品研究与开发,2017,38(3):25-27  
JIN Ting, TAN Sheng-bing, WANG Cheng. Application of fuzzy mathematics in the sensory evaluation of pancake [J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(3): 25-27

- [15] 顾艳君,王芳,张佳汇.基于模糊数学综合评判的鸡精调味料感官评价方法[J].食品工业,2018,39(1):127-131  
GU Yan-jun, WANG Fang, ZHANG Jia-hui. Sensory comprehensive evaluation method of chicken essence seasoning based on fuzzy mathematics [J]. The Food Industry, 2018, 39(1): 127-131
- [16] 左丽丽,安婷,戴美娇,等.基于模糊数学评价法优化软枣猕猴桃果汁工艺[J].食品研究与开发,2018,39(2):13-15  
ZUO Li-li, AN Ting, DI Mei-jiao, et al. Optimization on processing technology of *Actinidia arguta* beverage based on fuzzy mathematics sensory evaluation food [J]. Research and Development, 2018, 39(2): 13-15
- [17] 程可,董文江,胡荣锁,等.微波真空干燥对咖啡风味成分的影响研究[J].热带作物学报,2018,39(2):380-391  
CHEN Ke, DONG Wen-jian, HU Rong-suo, et al. Effect of microwave vacuum drying on flavor components of coffee beans [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(2): 380-391
- [18] 于淼.云南德宏地区咖啡豆的风味品质特性研究[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2017  
YU Miao. Study on flavor quality of coffee beans in Dehong area of Yunnan [D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, 2017
- [19] 付莉,李铁刚.简述美拉德反应[J].食品科技,2006,12(4):9-11  
FU Li, LI Tie-gang. Briefly describe the Maillard reaction [J]. Food Science and Technology, 2006, 12(4): 9-11
- [20] Sereshti H, Samadi S.A. Rapid and simple determination of caffeine in teas, coffees and eight beverages [J]. Food Chemistry, 2014, 158: 8-13
- [21] Frizzarin R M, Maya F, Estela J M, et al. Fully-automated in-syringe dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of caffeine in coffee beverages [J]. Food Chemistry, 2016, 212: 759-767
- [22] Andréa Tarzia, Maria Brigida dos Santos Scholz, Carmen Lucia de Oliveira Petkowic, et al. Influence of the postharvest processing method on polysaccharides and coffee beverages [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45, 2167-2175