

咖啡风味化学

Coffee Flavor Chemistry

曾凡逵 欧仕益 著



暨南
文庫



咖啡风味化学

Coffee Flavor Chemistry

曾凡達 欧仕益 著



暨南大學出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

咖啡风味化学/曾凡逵, 欧仕益著. —广州: 暨南大学出版社, 2014. 10
ISBN 978 - 7 - 5668 - 1071 - 7

I. ①咖… II. ①曾… ②欧… III. ①咖啡—食品风味—化学—普及读物 IV. ①TS273 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 143409 号

出版发行: 暨南大学出版社

地 址: 中国广州暨南大学

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮 编: 510630

网 址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排 版: 广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷: 湛江日报社印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.25

字 数: 410 千

版 次: 2014 年 10 月第 1 版

印 次: 2014 年 10 月第 1 次

定 价: 39.80 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

序

咖啡是世界三大饮料作物（咖啡、茶叶、可可）之一，其产量、产值和消费量均居三大饮料作物之首，在国际贸易中，咖啡是继石油之后的第二大原料产品。近几年，包括我国在内的亚太地区，咖啡消费量每年以20%的速度增长，中国有望成为继美国之后的第二大咖啡消费国。国外对中国的茶叶比较了解，但对中国的咖啡知之甚少。2012年，中国云南省的咖啡种植面积达到了100万亩，主要分布于保山、德宏、普洱和临沧等地区。中国咖啡品质高，非常受咖啡加工企业的青睐。

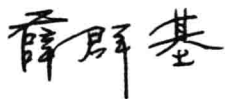
咖啡有三大原生种，即阿拉比卡咖啡、罗伯斯塔咖啡和利比里亚咖啡。这三种咖啡在我国分别俗称小粒种咖啡、中粒种咖啡和大粒种咖啡，只有小粒种咖啡和中粒种咖啡有食用价值。小粒种咖啡一般在高海拔地区栽培（如我国的云南咖啡）。中粒种咖啡一般在低海拔地区栽培（如我国的海南咖啡）。小粒种咖啡可以单独饮用，而中粒种咖啡一般须与小粒种咖啡混合才能饮用。另外还有一种叫阿拉巴斯塔咖啡，这种咖啡是阿拉比卡咖啡和罗伯斯塔咖啡的杂交品种，一般只是在研究文献中有报道。

咖啡风味化学的研究已经有200多年历史，研究者一直致力于咖啡风味物质的分离和鉴定，目前报道的咖啡风味物质已超过1000种。生咖啡豆里含有一些挥发性风味物质，但咖啡饮料中大部分挥发性风味物质都是由生咖啡豆含有的风味前体物质在焙炒过程中发生复杂反应而产生的，特别是噻吩类化合物、咪唑类化合物和噻唑类化合物在生咖啡豆中是没有的，仅存在于焙炒咖啡的挥发性香气成分中。

作者详细阐述了咖啡风味化学的研究历史、发展现状、研究方法等相关内容；还介绍了世界著名产地咖啡——蓝山咖啡，特殊焙炒方式咖啡（焙炒过程添加蔗糖，西班牙、法国、葡萄牙、哥斯达黎加和阿根廷称之为“Torrefacto roasted coffee”），猫屎咖啡（经麝香猫消化系统发酵）等特殊品种咖啡的风味特征；此外还详细介绍了基于16-O-甲基咖啡醇检测高品质阿拉比卡咖啡中掺兑劣质罗伯斯塔咖啡的分析方法。

本书是一本非常有价值的食品风味化学专著。

中国工程院院士



2014年5月

前 言

瑞士联邦理工学院的 Baggenstoss 博士在他毕业论文的前言中谈到，人们爱喝咖啡并不是因为咖啡具有多么好的营养价值或潜在的保健功能，而是因为咖啡除了有那么一点兴奋作用以外，其风味也比较独特。

18 世纪末，国外开始对咖啡风味进行研究。1956 年出现气相色谱以后，对咖啡风味的研究突飞猛进。目前，研究者在生咖啡豆中发现了 300 多种风味物质，在焙炒咖啡中发现了 850 多种风味物质。焙炒过程中超过 500 种风味物质是通过 Strecker 反应和 Maillard 反应产生的。随着仪器分析技术的进步，更多微量的风味物质将会被发现。

目前发现的咖啡风味物质包括烃类、醇类、醛类、酮类、酸类、酯类、内酯类、酚类、呋喃和吡喃类、噻吩类、吡咯类、噁唑类、噻唑类、吡啶类、吡嗪类、含氮类和含硫类化合物。在众多风味物质当中，焙炒咖啡的特征性风味物质一般认为只有 28 种：具有甜味/焦糖味的异丁醛、2-甲基丁醛、异戊醛、2,3-丁二酮、2,3-戊二酮、4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮、5-乙基-4-羟基-2-甲基-3(2H)-呋喃酮、香兰素，具有泥土气味的 2-乙基-3,5-二甲基吡嗪、2-乙烯基-3,5-二甲基吡嗪、2,3-二乙基-5-甲基吡嗪、2-乙烯基-3-乙基-5-甲基吡嗪、2-甲氧基-3-异丁基吡嗪，具有硫黄/焙炒气味的 2-糠基硫醇、2-甲基-3-呋喃硫醇、3-甲硫基丙醛、3-巯基-3-甲基-1-甲酸丁酯、3-甲基-2-丁烯-1-硫醇、甲硫醇、二甲基三硫化物，具有烟熏/酚类香味的愈创木酚、4-乙基愈创木酚、4-乙烯基愈创木酚、乙醛、丙醛、(E)- β -大马酮和具有辛辣味的 3-羟基-4,5-二甲基-2(5H)-呋喃酮、3-羟基-4-甲基-5-乙基-2(5H)-呋喃酮。这 28 种特征性风味物质是区分咖啡产地与品质的重要依据。咖啡品质的好与坏，不仅要看在否含有这 28 种特征性风味物质，还要考虑这 28 种风味物质的平衡。另外，16-O-甲基咖啡醇是检测高档阿拉比卡咖啡是否混杂低档罗伯斯塔咖啡的理想特征性风味物质，阿拉比卡咖啡不含该物质，该物质可以通过液相色谱来进行检测。罗伯斯塔咖啡具有泥土发霉气味是由于含有 2-甲基异茨醇，这种物质的嗅觉阈值非常低，罗伯斯塔咖啡中 2-甲基异茨醇的含量至少比阿拉比卡咖啡中的含量高 3 倍。

本书在参阅大量国内外咖啡方面的专著、学位论文、期刊论文、专利等文献的基础

上，结合作者在咖啡方面的研究工作，经过多年的精心准备、筹划，在暨南大学出版社的大力支持下得以出版。本书由中国科学院兰州化学物理研究所曾凡逵副研究员和暨南大学理工学院食品科学与工程系欧仕益教授共同完成。全书最终由曾凡逵进行统稿、校正。

感谢就职单位领导、同仁为本书出版提供的支持与鼓励，衷心感谢暨南大学出版社对本书出版给予的关心与支持。



2014年5月

于中国科学院兰州化学物理研究所

目 录

序	1
前 言	1
第一章 绪 论	1
第一节 咖啡简介	1
第二节 咖啡加工概述	5
第三节 中国咖啡现状	11
第四节 有机咖啡	14
第二章 咖啡风味研究历史	16
第一节 咖啡风味化学的早期研究(1800—1956年)	16
第二节 咖啡风味化学的近现代研究(气相色谱出现后)	27
第三节 总 结	40
第三章 咖啡风味影响因素	44
第一节 咖啡品种与产地对风味的影响	44
第二节 生咖啡豆加工方式对风味的影响	47
第三节 咖啡焙炒方式对风味的影响	48
第四节 焙炒咖啡贮藏方式对风味的影响	49
第五节 焙炒咖啡研磨方式对风味的影响	51
第六节 速溶咖啡制备过程对风味的影响	52
第四章 咖啡风味分析方法	53
第一节 风味物质的提取方法	53
第二节 风味物质的气相色谱—嗅觉测量法	63
第三节 风味物质的电子鼻分析	65
第四节 风味物质的电子舌分析	71
第五节 咖啡杯测	76

第五章 生咖啡风味物质	81
第一节 生咖啡非挥发性风味前体物质	81
第二节 生咖啡挥发性香气物质	109
第六章 焙炒过程中风味物质的形成途径	117
第一节 咖啡在焙炒过程中发生的主要化学反应	117
第二节 咖啡风味前体物质在焙炒过程中的变化	132
第七章 焙炒咖啡主要风味物质	151
第一节 焙炒咖啡特征性香气成分	154
第二节 焙炒咖啡非挥发性化合物	180
第八章 咖啡挥发性香气成分	187
第一节 烃类化合物	188
第二节 醇类化合物	194
第三节 醛类化合物	197
第四节 酮类化合物	202
第五节 酸类化合物	209
第六节 酯类化合物	218
第七节 内酯类化合物	222
第八节 酚类化合物	224
第九节 呋喃类化合物与吡喃类化合物	234
第十节 噻吩类化合物	246
第十一节 吡咯类化合物	249
第十二节 噁唑类化合物	258
第十三节 噻唑类化合物	261
第十四节 吡啶类化合物	264
第十五节 吡嗪类化合物	266
第十六节 胺类化合物与含氮化合物	275
第十七节 含硫化合物	278
参考文献	281

第一章 绪论

第一节 咖啡简介

一、咖啡带

咖啡是茜草科 (Rubiaceae) 咖啡属 (Coffea) 多年生常绿灌木或小乔木, 原产于非洲中北部, 现已广泛种植于亚洲、非洲、拉丁美洲、大洋洲等热带、亚热带地区。种植咖啡的国家和地区多达 76 个, 主要分布在南、北回归线之间, 少数可以延伸到南北纬 26° 的亚热带地区。这一咖啡栽培区称为“咖啡带”(图 1-1)。

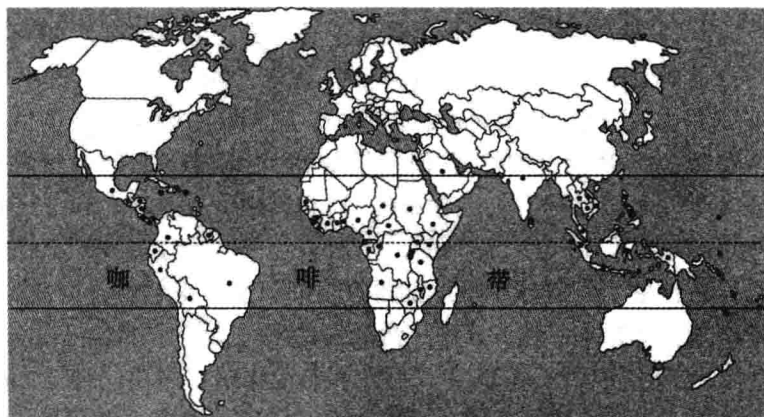


图 1-1 世界咖啡产地分布示意图

二、咖啡豆

咖啡种类较多, 有 90 多个品种。由于品种不同, 咖啡树可以长到 3~12 m 高, 通常将咖啡树修剪成 2~2.5 m 的高度以便采摘咖啡果实 (主要靠密植增产)。咖啡叶呈卵形, 花白色, 果实直径约为 1.5 cm。咖啡的果实 (浆果) 如图 1-2 所示, 外皮呈绿色, 成熟后变成红紫色或深红色; 外皮包裹着具有甜味的中果皮 (或者叫果肉) 和坚硬的咖啡豆; 咖啡豆由两个椭圆形的半球组成; 这两个半球由一层非常结实的纤维状内果皮分开。有些

咖啡豆（10% ~ 15%）只由一个球形的胚乳组成。人们通常所说的咖啡豆是指将深红色咖啡果实的外果皮和银皮（种皮）完全去除以后的核果。

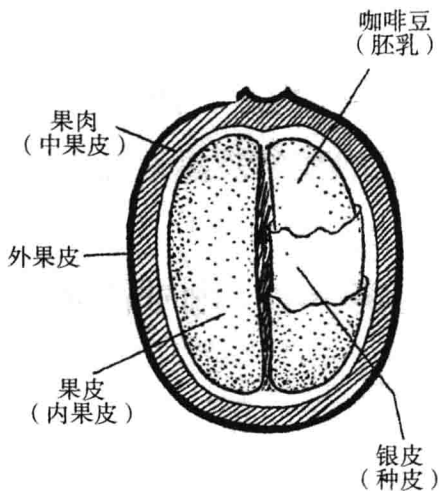


图 1-2 咖啡果的纵切面示意图

三、咖啡栽培

咖啡树通常种植在热带高海拔地区（600 ~ 1 200 m），年平均温度为 15 °C ~ 25 °C。新种植的咖啡树经过 3 ~ 4 年才开花结果，6 年后达到盛产期，可连续挂果 40 年，通常在挂果第 10 ~ 15 年咖啡产量最大。在 90 多个咖啡品种中，栽培较多的主要有阿拉比卡咖啡（*Coffea Arabica*）和罗伯斯塔咖啡（*Coffea Robusta*）。其中，阿拉比卡咖啡（我国俗称“小粒种咖啡”）约占世界咖啡总产量的 75%；罗伯斯塔咖啡（我国俗称“中粒种咖啡”）约占 25%；利比里亚咖啡（我国俗称“大粒种咖啡”）和其他所有品种之和占比低于 1%。

较大规模栽培咖啡是从 15 世纪开始的，如斯里兰卡、印度尼西亚、巴西等地区；18 世纪后，咖啡已广泛种植于非洲、美洲、亚洲的热带和亚热带地区。据统计，2013 年度，世界生咖啡豆总产量为 878.0 万吨，其中产量最大的四个国家分别为巴西（322.2 万吨）、越南（148.8 万吨）、印度尼西亚（55.2 万吨）和哥伦比亚（54.0 万吨）（表 1-1）。

世界主要的咖啡产地有巴西、越南、哥伦比亚、印度尼西亚、墨西哥、印度和埃塞俄比亚等。其中巴西是世界第一大咖啡生产国，平均年产量约为 132 万吨，其中巴拉那州（Parana）、圣保罗州（Sao Paulo）、米纳斯吉拉斯州（Minas Gerais）和圣埃斯皮里图州（Espírito Santo）的产量最大，约占全国总产量的 98%。巴西咖啡大多是低酸度咖啡，口感柔滑。哥伦比亚是世界第二大咖啡生产国，平均年产量约为 78 万吨，主要种植阿拉比卡咖啡。该国咖啡生产地区主要位于安第斯（Andes）山麓。此地有三条科迪勒拉山脉（Cordilleras）南北向纵贯，正好伸向安第斯山。沿着这些山脉的高地种植咖啡，不同时期不同种类的咖啡豆相继成熟，整年都可收获咖啡豆。哥伦比亚是世界上最大的阿拉比卡咖啡豆出口国，也是世界上最大的水洗咖啡豆（washed beans）出口国。哥伦比亚咖啡分

为顶级 (Supremo)、优秀 (Excelso) 和极品 (Unusual Good Quality, UGQ) 三个等级。其中, 优秀等级中的克洛斯 (Klauss) 咖啡出口到德国, 欧罗巴 (Europa) 咖啡出口到北欧国家。在哥伦比亚的多数咖啡店都能买到优秀等级的咖啡和顶级咖啡, 二者的专业规定区别为: 顶级咖啡所用的咖啡豆较大, 其原料取自新收获的咖啡豆, 这样更容易保证产品的质量; 优秀等级咖啡通常比顶级咖啡口感柔和, 酸度也略高。二者均属于芳香型咖啡, 颗粒适中、果实优良。哥伦比亚咖啡经常被描述为具有丝一般柔滑的口感。在所有的咖啡中, 哥伦比亚咖啡均衡度最好, 口味绵软柔滑, 可随时饮用。

表 1-1 2008—2013 年全球咖啡产量统计 单位: 千包 (60 千克/包)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
巴西	53 300	44 800	54 500	49 200	56 100	53 700
越南	16 980	18 500	19 415	26 000	24 950	24 800
印尼	10 000	10 500	9 325	8 300	10 500	9 200
哥伦比亚	8 664	8 100	8 525	7 655	9 000	9 000
埃塞俄比亚	5 500	6 000	6 125	6 320	6 325	6 350
印度	4 375	4 825	5 035	5 230	5 250	5 200
洪都拉斯	3 225	3 550	3 975	5 600	4 600	5 000
墨西哥	4 550	4 150	4 000	4 300	4 300	3 800
秘鲁	4 000	3 300	4 100	5 200	4 300	4100
危地马拉	3 980	4 010	3 960	4 410	4 210	3 885
其他	21 665	20 756	21 487	21 583	21 176	21 290
总计	136 239	128 491	140 447	143 798	150 711	146 325

咖啡的产地、生长纬度、海拔高度和小气候等都显著影响咖啡的生化成分, 并最终影响咖啡风味。

四、咖啡消费

咖啡与可可、茶被称为世界三大饮料。咖啡产品在美国最受欢迎, 销量最大, 其次是德国、法国和日本。全世界喝咖啡的人数已超过 15 亿, 每年消费咖啡 500 余万吨。但以个人消费量而言, 饮用最多的则属芬兰、瑞典等北欧国家。据美国农业部园艺和热带产品处的统计, 1990 年美国人均消费咖啡食品相当于 4.75 kg 咖啡豆, 人均消费最高的芬兰达 10 kg。全球咖啡消费情况见表 1-2, 世界咖啡市场价格随咖啡产销情况而变动, 图 1-3 是 1998—2011 年世界咖啡市场价格波动变化图。

日本的一项流行病学调查研究发现经常喝咖啡的人不容易得抑郁症 (Pham et al., 2013)。作者采用的研究方法为横向比较法, 即通过饮食调查问卷获得消费者喝咖啡的量, 以美国卫生机构官方心理测量表“流行病调查中心抑郁量表”为标准来判断其是否患有抑

郁症,采用多因素 logistic 回归分析对数据进行处理。调查地点为日本东北九州的两个地区,对象年龄介于 20~68 岁,包括 325 名男性和 242 名女性。研究结果显示喝咖啡的人群患抑郁症的概率低。作者统计分析得出的结论排除了其他干扰因素的影响。

2011 年,美国一项针对喝咖啡对女性抑郁症影响的调查研究同样显示咖啡能降低女性抑郁症发病率(Lucas, 2011)。2010 年,芬兰的一项针对芬兰中年男子喝咖啡对患抑郁症影响的调查同样显示喝咖啡能降低男性抑郁症发病率(Ruusunen, 2010)。Kawachi 等(1996)报道喝咖啡的女性自杀率低。抑郁症是引起自杀的一个非常重要的原因。

表 1-2 全球咖啡消费情况

国家或地区	消费比例 (%)
巴西	14
其他生产国	13
日本	6
其他亚洲和太平洋地区国家	4
美国	17
意大利	4
法国	4
德国	7
其他欧盟国家	21
其他进口国	10

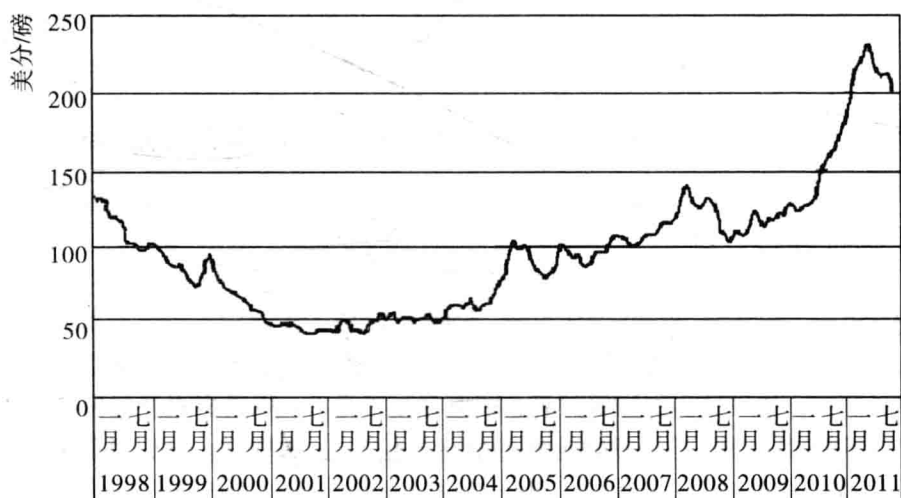


图 1-3 1998—2011 年世界咖啡市场价格

第二节 咖啡加工概述

整个咖啡的生产过程如图 1-4 所示。咖啡加工是指从田间将成熟的咖啡豆采摘后，进行脱皮、脱胶、干燥、脱壳、焙炒等加工的过程。脱壳以后的生咖啡豆还需要将瑕疵豆挑选除去，再用麻袋包装成生咖啡豆商品才能进行销售。国际贸易的生咖啡豆如图 1-5 所示，一般为每袋 60 kg，有些会在麻袋内增加一个防潮塑料薄膜袋（也叫 grain-proof bag）（图 1-5 右）。

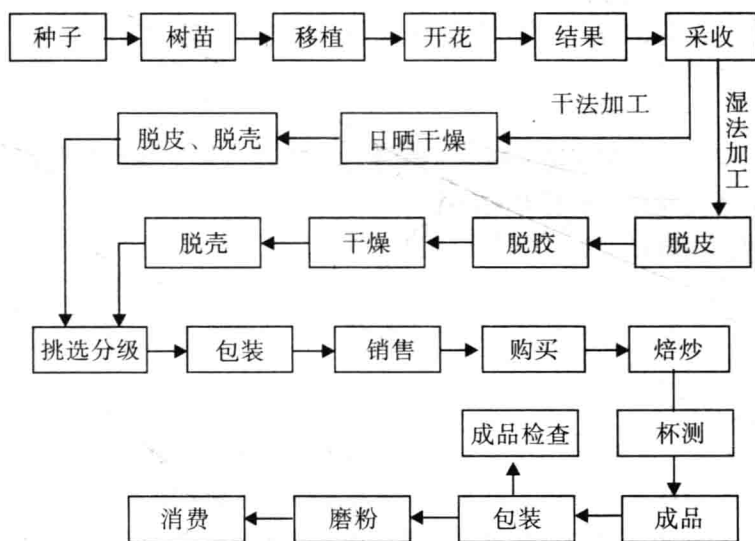


图 1-4 咖啡的生产过程



图 1-5 国际贸易中的生咖啡豆

一、咖啡初加工

(一) 咖啡的采收

咖啡果实须适时进行采收，才能保证产量和质量；未成熟或过熟的果实加工成咖啡的质量都较差。试验证明：未熟果加工后绿色带银皮的咖啡豆所占比例最高，过熟果加工后

褐色和黑色咖啡豆所占比例最高，只有成熟果加工后的咖啡豆才具有良好的饮用质量；未成熟果加工后的咖啡豆虽有 60% 外观正常，但饮用质量很差。

采果标准：咖啡果实呈红色为成熟的标志，此时是最适采收期；如果实为紫红或干黑则为过熟；如果实为绿色或微黄则表示还未成熟。果实成熟后即可分期分批适时采收，采收的绿果比例一般不得超过 5%。

收果时期：小粒种咖啡的采收期较集中，应随熟随收；中粒种咖啡和大粒种咖啡的收获期较长，果实成熟后不易脱落，可待较多果实呈红色或紫色时成批采收。

（二）咖啡的初加工

咖啡初加工方法主要有干法加工和湿法加工，湿法加工又分为普通湿法和机械湿法两种。其中，干法加工的产品品质较差，市场竞争力不强，经济效益不高；湿法加工的咖啡豆质量好，加工中的副产物如鲜果皮可酿造果酒、提炼果胶等，为鲜果加工的综合利用提供了条件，提高了经济效益。

1. 干法加工

将采收的鲜果直接放在晒场上晒干，需时 15~30 天（视光照与空气湿度而定）。每天翻动 3 次，晒时避免发霉，晒至果实在摇动时有响声为干。如无须出售，便可放入仓库保存；需要出售时，用脱壳机或石磨脱去果皮和种壳，筛去杂质，分级即成商品豆。干法加工咖啡豆方法简单，设备费用较低，加工厂的加工人员不需专门训练。但因晒干时间较长，易受不良天气影响，咖啡豆容易发霉，影响品质，与湿法加工相比，干法加工的咖啡豆质量较差。

2. 湿法加工

咖啡湿法加工工艺流程：鲜果清洗→浮选→脱果皮→发酵→洗豆→浮选→浸泡→干燥→脱壳→风选→分级→称重→包装。其中，发酵和干燥是影响咖啡产品质量的重要环节。

（1）**发酵：**指把脱皮后的豆粒放在发酵池或水缸内浸泡发酵。目的是使豆粒表面的果胶在酶的作用下水解或降解，每隔 12 小时换水一次。小粒种咖啡在温度 20℃ 左右发酵 20~24 h 即可；低于此温度，发酵时间可延长一些，为 24~36 h。发酵过度会影响豆粒的品质和色泽；发酵不够则咖啡豆上胶质不易洗掉。中粒种咖啡的发酵时间为 36~48 h。检验发酵是否适宜的最简易方法是将豆粒从发酵池取出，手搓豆粒有粗糙感时，则发酵完毕。发酵不足的咖啡豆水洗后还有果胶残留，咖啡豆有生青味；发酵过度的咖啡则产生臭洋葱味。发酵要掌握温度高、时间短，温度低、时间长的原则，以完全脱出胶为度。如果将脱皮咖啡豆置于塑料袋中在阳光下发酵，则只需几个小时，但加工出的咖啡豆品质不如浸泡发酵的咖啡豆。

咖啡豆质量差的最主要原因就是发酵过度。咖啡果胶化学成分复杂，其果胶物质（原果胶）占 33%，还原糖（包括葡萄糖和果糖）占 30%，非还原糖（蔗糖）占 20%，植物纤维物质、灰分等占 17%。发酵过程中，主要化学反应是通过酶的作用使果胶水解或降解，生成各种脂肪族有机酸，如乳酸、乙酸和后期出现的丙酸等。酶对温度十分敏感，温度升高会加快果胶降解，太高则酶活性受到抑制。酶分解果胶的过程中，一旦有害微生物活性起作用，就会引起豆粒腐烂。水浸泡发酵过程中产生的乳酸往往能起到抑制有害微生物生长的作用，这正是水浸泡发酵比无水发酵更能保证产品质量的重要原因之一。

(2) 干燥：将发酵豆粒洗净、沥干后，其含水量为 52% ~ 53%，需要干燥。咖啡豆仁被一层银皮包裹，银皮外还有一层质地致密的种壳，银皮和种壳结合紧密，这样的结构对干燥的影响比较大，无论是传热还是传质的阻力都比较大。

湿法加工咖啡豆的干燥过程实际上是热、湿的传递过程。介质将热量传给咖啡豆，使豆表和内部水分汽化排出。湿咖啡豆的干燥分为三个阶段：开始是升温阶段，随着干燥箱内温度的上升，咖啡豆吸收热量使豆表水分汽化，同时咖啡豆表温度上升；第二阶段为恒速干燥阶段，咖啡豆的温度不再升高，而湿度仍继续下降，汽热只是使水分转化为蒸汽，含水量随时间成比例减少，经过一段时间后，咖啡豆温度又开始上升；第三阶段为降速干燥阶段，经过恒速干燥阶段后，咖啡豆表已开始变干，吸热升温，并将热量向咖啡豆内部传递，使豆内部水分向豆表扩散，至豆表蒸发，由于此时传热至豆内部和内部水分向豆表扩散都较为缓慢，干燥速度低。咖啡豆干燥的第三阶段温度不能太高，否则会因传热快，内部水分扩散加剧，豆壳阻碍了水分扩散蒸发，内压增大，而出现爆腰现象，影响干燥品质。

国外将咖啡干燥过程分为六个阶段，各阶段含水量变化见表 1-3。

表 1-3 咖啡干燥各阶段的水分含量变化

干燥阶段	表皮阶段	白阶段	软黑阶段	中黑阶段	硬黑阶段	充分干燥阶段
水分含量 (%)	55 ~ 45	44 ~ 33	32 ~ 22	21 ~ 16	15 ~ 12	11 ~ 10.5

第一阶段，表皮阶段，将豆洗净或从浸泡池取出后，必须将咖啡豆的水分含量从 55% 尽快降低到 45% 以下，否则咖啡容易变酸或出现洋葱味。

第二阶段，第一阶段干燥完毕后，种壳与豆仁之间不再有水分存在。这一阶段干燥必须经常搅翻，否则会出现咖啡豆颜色不一致，甚至变成臭豆。要防止太阳曝晒，以免造成种壳炸裂。因此，在中午温度最高时要适当荫蔽或增加摊晒层厚度、增加搅动次数。这个阶段剥去种壳的咖啡豆呈灰白色。

第三阶段，这个时期阳光射线能穿透种壳进入豆内部，从而引起必要的化学变化。一些国家的研究者认为，这个阶段是决定咖啡质量的关键，这时咖啡豆只能用阳光晒干，不能以人工干燥机（烘干机）代替。

第四阶段，咖啡豆已经变得坚硬，颜色变深。这个时期可厚晒，并可短时贮存。

第五阶段，干燥可快速进行，必要时可使用烘干机。这个阶段豆仁内部水分分布均匀，装袋贮存可达一个月而不会降低质量。

第六阶段，最后干燥阶段将咖啡水分含量降低到 10.5% ~ 11%。

咖啡干燥是一个不可逆的生产过程，工作一开始就不能让咖啡豆再回潮，否则会造成大量的坏豆，如海绵豆和白豆等。

干燥方法有自然干燥法和机械干燥法。最简单的方法是自然干燥法：将洗过的豆粒摊开在温和的阳光下晒干，或置于通风处晾干。云南的一些农场用日晒结合火烤的方法来干燥咖啡豆：清洗后的豆粒在晒场上风干 12 h，放入烤棚中用火烤 24 h，棚内温度控制在 50℃ 左右，使豆粒的水分含量迅速降至 18%，然后日晒 1 ~ 2 天，暂存，待脱壳前再晒

1~2天,使豆粒的水分含量降至11%左右。这种干燥方式可解决阴雨天咖啡豆的干燥问题。另外还可采用太阳能除湿干燥、太阳能温室干燥和热气流干燥机干燥。

咖啡品种不同,加工得率差异显著。如加工1kg生豆,阿拉比卡咖啡、罗伯斯塔咖啡和利比里亚咖啡鲜果的需要量分别为6.38kg、4.35kg和11.5kg。

二、咖啡的焙炒

生咖啡豆无香味,咖啡的香气和滋味成分来源于咖啡豆焙炒过程中化学成分的变化,其中蔗糖、绿原酸、蛋白质、葫芦巴碱是焙炒过程中发生显著变化的成分,它们可能是咖啡香气的重要前体。

(一) 咖啡焙炒方式

咖啡焙炒是一门非常依赖经验的技术。咖啡焙炒方式多种多样,从古代简单的焙炒方式(图1-6)到现在的手网焙炒[图1-7(a)]和大型水平鼓式焙炒机[图1-7(b)]。

水平鼓式焙炒机适合工业化生产,热源可以用电也可以用煤气。手网焙炒适合家庭使用,设备简单、焙炒量少,在咖啡消费大国日本非常流行。手网焙炒最大的优点是能够及时除去烟雾,可减轻焙炒咖啡的烟熏味。图1-7(a)中的金属筛用于将焙炒好的咖啡摊凉,摊凉时用电吹风吹,让咖啡豆迅速降温。图1-8为家庭用小型咖啡焙炒机,这类焙炒机用电作为热源。目前市场上尚未见到这类国产咖啡焙炒机,价格也较贵(大约3000元)。



图1-6 古老的咖啡焙炒方式

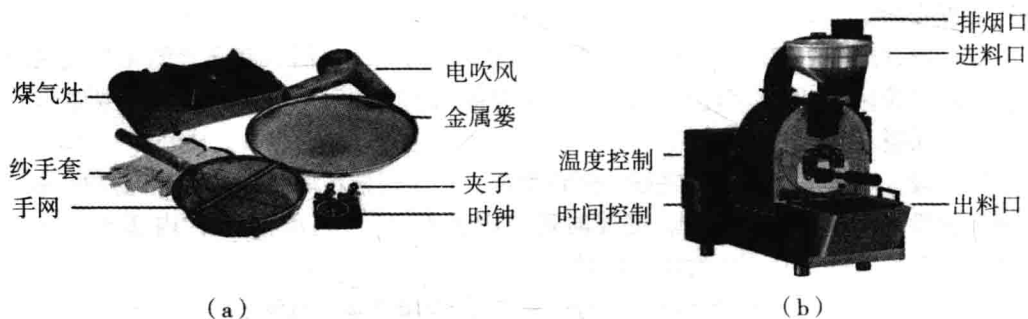


图1-7 手网焙炒装置(a)和水平鼓式焙炒机(b)

(二) 咖啡焙炒工艺

1. 焙炒温度和时间的确定

焙炒温度和焙炒时间是咖啡焙炒过程中最重要的工艺参数。咖啡理想的香气和滋味的成分来源于咖啡豆焙炒过程中成分的变化。过度延长时间和提高温度会导致不希望发生的化学变化,使咖啡变得焦苦;而焙炒不足则会影响一些物质分解及芳香物质的形成,芳香味、滋味差。暨南大学生物医学工程研究所伍颜贞和黎仕钊报道:焙炒温度和焙炒时间是咖啡焙炒过程中最重要的工艺参数,它们与焙炒后咖啡粉中葫芦巴碱的残存量有函数关系。测定咖啡粉中葫芦巴碱的含量,有助于确定咖啡的最佳焙炒条件。用核磁共振技术检测拟定的焙炒温度和焙炒时间组合的焙炒咖啡粉中葫芦巴碱的含量,并与风味品尝试验相结合,有助于优化咖啡焙炒的最佳温度和时间等关键工艺条件。但作者只是对焙炒好的商品咖啡豆进行葫芦巴碱含量和风味分析,并没有在实验室焙炒咖啡豆。

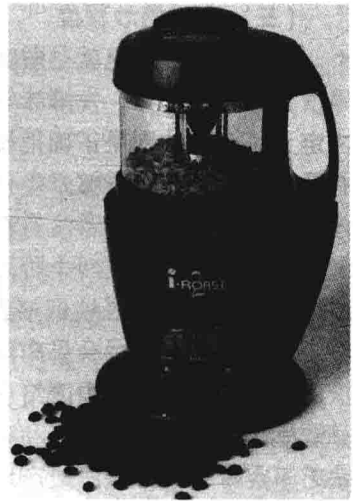


图 1-8 家庭用小型咖啡焙炒机

2. 降温和脱银皮

将刚焙炒好的咖啡豆放在一个带风力反抽系统的转盘(图 1-9)上的目的是降温,散除余热,使焙炒咖啡豆尽快降温,减少芳香物质的损失,以及使咖啡豆表层已脱落的银皮借助反抽的力量抽走除净,减轻最终产品的苦涩味。



图 1-9 咖啡豆降温转盘

3. 研磨

焙炒过的咖啡豆在饮用前要用磨碎机研磨成小微粒。磨碎的咖啡粒度一般控制在 30~40 目为宜,此粒度过滤速度较好。咖啡不宜磨得太细,否则香味会很快挥发散失,因此都采用密封罐装或用复合塑料袋包装。图 1-10 为两款小型磨豆机。左图为比较经典的手动咖啡磨豆机,价格也比较便宜,调节中心转轴可以磨出粗细不同的咖啡,磨好的咖啡粉可以从底部抽屉里取出,但这种磨豆机操作起来会比较累;右图为电动磨豆机,在咖啡馆比较常见。

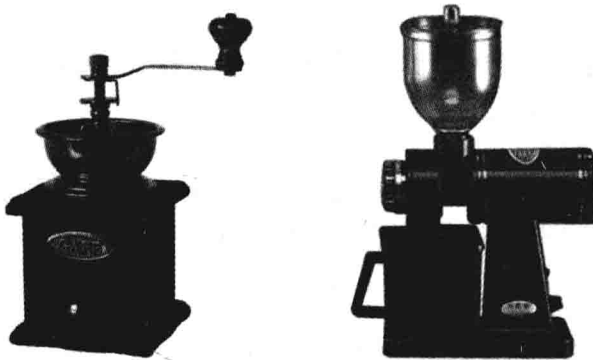


图 1-10 咖啡磨豆机