

贺萍, 张高鹏, 叶松梅, 等. 咖啡类饮料的加工及其发展趋势 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(19): 491–498. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010168

HE Ping, ZHANG Gaopeng, YE Songmei, et al. The Processing and Development Trend of Coffee Beverage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(19): 491–498. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010168

· 专题综述 ·

咖啡类饮料的加工及其发展趋势

贺萍¹, 张高鹏¹, 叶松梅², 张安强^{1,*}

(1. 浙江工业大学食品科学与工程学院, 浙江湖州 313000;

2. 浙江双益菇业有限公司, 浙江丽水 323700)

摘要: 咖啡作为当今世界上最受欢迎的饮料之一, 其气味香醇, 口感浓郁, 具有提神醒脑、抗氧化、抗癌等作用。由于不同人群对咖啡的需求有所不同, 市场上咖啡饮料的品类也日渐繁多, 目前市场上除了纯咖啡饮料以外, 以咖啡为原料之一研制而成的复合饮料产品也在逐渐增多, 常见与咖啡复合加工的食品类型有水果、谷物、乳类、菌类等。近年来, 开始出现更多与药食同源类食品复合加工而成的饮料。咖啡类饮料的加工方式大多为喷雾干燥、冷冻干燥、混合制粒、冷萃浓缩等, 几种方法各有利弊, 研究人员也在根据市场需求积极研发更多咖啡类饮料产品。本文综述了咖啡的主要功能性成分、咖啡类饮料的常见种类、加工方式以及发展趋势, 为以后进一步开发咖啡类饮料产品提供参考。

关键词: 咖啡饮料, 加工方式, 功能成分, 发展趋势

中图分类号: TS273

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)19-0491-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010168



本文网刊:

The Processing and Development Trend of Coffee Beverage

HE Ping¹, ZHANG Gaopeng¹, YE Songmei², ZHANG Anqiang^{1,*}

(1. College of Food Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Huzhou 313000, China;

2. Zhejiang Shuangyi Mushroom Industry Co., Ltd., Lishui 323700, China)

Abstract: One of the most popular beverages in the world, coffee has a mellow smell and strong taste, as well as refreshing, anti-oxidation and anti-cancer. Due to the different needs of different people for coffee, the categories of coffee drinks on the market are also increasing. Currently, in addition to pure coffee drinks, the number of compound beverage products developed with coffee as one of the ingredients is increasing. Common types of foods processed with coffee include fruit, cereals, milk, fungi, etc. In recent years, a growing number of drinks that are processed with the same kind of food and medicine have begun to appear. Most methods of processing coffee drinks are spray drying, freeze drying, mixing granulation, cold extraction and concentration. Each approach has its advantages and disadvantages. Researchers are also actively developing more coffee-based drinks based on market demand. In this paper, the main functional components of coffee, common types of coffee drinks, processing methods and development trends are summarized to provide a reference for future development of coffee drinks.

Key words: coffee drinks; processing method; functional components; development trend

咖啡豆为茜草科、咖啡属植物的种子^[1], 原产于非洲埃塞俄比亚的西南部高原地区^[2]。咖啡豆在全球的 60 多个国家都有种植, 是我国热带地区的主要经济作物之一^[3]。咖啡豆经过烘焙研磨以后可以制成咖啡饮料, 因其口感独特、品类众多, 已成为世界

上最受欢迎的饮品之一^[4], 它与可可、茶并称为世界三大饮料。咖啡豆富含多种营养和功能成分, 如生物碱、氨基酸、蛋白质、绿原酸、碳水化合物和酯类化合物等多种有机成分^[5]。同时, 随着经济全球化进一步加深, 我国人民群众的消费观念也在发生相应的变

收稿日期: 2023-02-02

基金项目: 浙江省自然科学基金 (LY17C200017)。

作者简介: 贺萍 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食药菌精深加工, E-mail: heping1307225@163.com。

* 通信作者: 张安强 (1974-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食药菌精深加工, E-mail: zhanganganqiang@zjut.edu.cn。

化,咖啡饮料类产业在我国发展迅速,成为了诸多国人的日常饮品^[6]。

咖啡类饮料因具有显著的抗疲劳效果,深得各界人士的青睐,近年来,以咖啡为原料生产的饮料和复合饮料层出不穷,《GB/T 30767-2014 咖啡类饮料》将咖啡类饮料定义为以咖啡豆和(或)咖啡制品(研磨咖啡粉、咖啡提取液或其浓缩液、速溶咖啡等)为原料,可向其中添加食糖、乳和(或)乳制品、植脂末和食品添加剂等,最后经过加工制成液体饮料,并根据咖啡和咖啡因含量的多少将咖啡类饮料分为咖啡饮料、浓咖啡饮料、低咖啡因咖啡饮料、低咖啡因浓咖啡饮料四类^[7]。

目前,虽然纯咖啡饮料产品占据了大部分市场,但同时研究人员不断尝试将咖啡类饮料与各类食品原料结合起来,例如各种水果类、素食类、乳类等,开发出功能更多样化的饮料产品,目前已开发出有助于减肥、降血压、降血糖、提高免疫力等的饮料产品^[8]。为了满足不同消费者人群的需求,咖啡类饮料的产品形态和加工方式也越来越丰富。近年来,速溶咖啡在我国咖啡市场上占据着主导地位,但市场增长速度逐渐放缓,甚至预计在未来市场有下降的趋势^[9]。同时,随着冷萃咖啡、复合咖啡饮料的不断出现,其加工流程和技术也在不断更新迭代,各类加工方式各有优缺点,企业往往会根据不同的产品定位,选择适合的加工方式。

咖啡类饮料的产品竞争非常激烈,尤其是在产品开发和加工技术方面仍有很大的提升空间,本文从咖啡的主要功能成分和功效、常见的咖啡及其复合饮料的分类、咖啡的加工方式等几个方面综述了咖啡类饮料的发展现状与趋势,以期对咖啡类饮料的开发和技术加工方面提供科学理论依据。

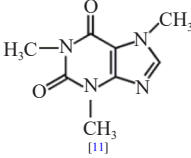
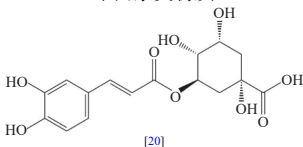
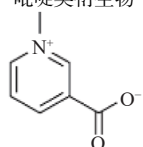
1 咖啡的主要活性成分

咖啡豆含有生物碱类、有机酸类、糖类、酯类、氨基酸类等多种化学成分,具有抗疲劳、抗氧化、降血糖、降血脂等功能,咖啡豆在烘焙过程中会发生极为复杂的化学反应,与未烘焙的生咖啡豆相比产生了大量的挥发性香气物质,例如呋喃类、吡嗪类、酚类、吡啶类、呋喃酮类、吡咯类、硫化物、酯类等,其中呋喃类和吡嗪类的含量最高^[10]。由于咖啡化学成分含量众多,代谢过程非常复杂,目前已知的生物合成途径较为清晰的只有咖啡因、绿原酸和葫芦巴碱,表 1 对它们的结构、功能和研究进展等做了介绍。

咖啡中除了这些典型的活性功能物质以外,还含有黄酮类、萜类等化学成分。例如咖啡醇和咖啡豆醇,它们是从咖啡豆中提取的两种具有不同生物活性的二萜类化合物,两者均通过诱导细胞凋亡和抑制细胞生长来发挥其对多种癌症的作用^[35]。Hiroaki 等^[36]研究发现咖啡豆醇醋酸酯和咖啡豆醇可以抑制前列腺癌细胞的增殖和迁移,并呈剂量依赖关系。Suck 等^[37]研究发现咖啡豆醇在人表皮生长因子受体-2 过表达的癌细胞中通过抑制脂肪酸合成酶,从而抑制癌细胞的增殖并诱导其凋亡。Seo 等^[38]研究发现咖啡豆醇可以通过抑制原代 Kupffer 细胞和原代肝细胞中 NF- κ B 和 STAT3 的活化来改善肝脏炎症。咖啡醇和咖啡豆醇表现出相似的生物活性,但并不完全相同,这可能是由于后者的呋喃环上存在一个共轭双键^[39]。此外,咖啡的衍生品之一绿咖啡油可用作生物活性乳化剂,Wang 等^[40]采用溶液浇铸法制备了不同浓度的阿拉比卡咖啡油(Arabica coffee oil, ACO)和罗布斯塔咖啡油(Robusta coffee oil, RCO)玉米淀粉基复合膜,研究了复合膜的成膜性能和物理化学特性,并对其抗菌活性进行了评价。结果发现随

表 1 咖啡的活性特征成分

Table 1 Main active characteristic ingredients of coffee

名称	物质分类与结构	功能	研究进展	副作用
咖啡因	甲基磺嘌呤类化合物 	可以刺激人的中枢神经系统,具有抗疲劳、兴奋神经系统 ^[12] 、提高记忆力、抗氧化 ^[13] 等功能	可治疗早产儿呼吸暂停 ^[14-15] ,明显改善患儿肺功能 ^[16] ,可作为DNA损伤反应途径的抑制剂 ^[17] ,可作为多种肝脏疾病的潜在预防和治疗药物 ^[18]	摄入过量会使人体产生依赖,停用后会出现疲劳、精神萎靡等症状,影响睡眠 ^[19] ,甚至对肝肾有所损伤
绿原酸	苯丙素类物质 	清除自由基、抗氧化、抗炎 ^[21-22] ;预防并改善糖尿病 ^[23-24] 、心血管疾病 ^[25] 、促进糖类和脂质等营养成分的代谢 ^[26]	对急性呼吸窘迫综合征具有保护作用 ^[27] ;增强内皮屏障功能并促进内皮管形成 ^[28] ;对鱼藤酮诱导的帕金森小鼠模型具有神经保护作用 ^[29]	咖啡烘焙过程中绿原酸会受热降解导致苦味酚类化合物的形成,是造成咖啡涩味和色素沉着的主要原因
葫芦巴碱	吡啶类衍生物 	保护神经和抗糖尿病 ^[30] 、祛寒止痛、抗肿瘤 ^[31] 、降血糖、降低胆固醇、抗抑郁 ^[32] 等	阻止肾结石形成 ^[33] 、对紫外线-B辐射诱导的皮肤损伤具有强烈的拮抗作用 ^[34]	—

注:“—”表示参考文献中未提及相关详细信息。

着咖啡油的加入,玉米淀粉基膜的力学性能得到提升,膜的厚度、紫外光屏蔽性能和透明度显著增加。与无油或 RCO 添加剂膜相比,ACO 的加入显著降低了膜的溶解度和水蒸气透过率,从而提高了膜的防水性能。此外,咖啡油的加入在复合膜中形成了胶束,其中的活性成分具有抑制金黄色葡萄球菌的活性。

2 咖啡类饮料的分类

市场上的咖啡类饮料产品多种多样,其按照不同形态大致可以分为咖啡豆、粉末状产品、颗粒状产品、液体状产品和挂滤式咖啡包等;按照咖啡因含量的多少可以分为非脱因咖啡和低因咖啡;按照咖啡的添加含量多少可以分为纯黑咖啡和其他复合咖啡类饮料。咖啡类饮料加工方式越简单,咖啡豆中营养成分和风味物质流失越少,因此咖啡类产品的开发趋势是尽可能保留营养成分的同时饮用更便捷,表 2 简要介绍了几类咖啡产品的形态分类及特点并举例了几种市场上已研制出的产品。

表 2 咖啡类饮料的形态分类及特点

Table 2 Morphological classification and characteristics of coffee drinks

按照产品形态分类	产品特点	举例
咖啡豆	无深加工,保留了咖啡最原始的香气	澳帝焙意式拼配咖啡豆 辛鹿云南精品咖啡豆 隅田川意式咖啡豆
粉末状	多为喷雾干燥所制得的速溶产品,饮用方便快捷	雀巢特浓咖啡条 柯林速溶纯黑咖啡粉 柠檬味咖啡固体饮料 ^[41] 杏仁咖啡 ^[42]
颗粒状	一部分为冷冻干燥所得产品,一部分为原料混合制粒产品,饮用方便	摩可纳意式浓缩冻干黑咖啡 大卫之选冻干黑咖啡 维里德意式浓缩咖啡液
液体状	多为萃取浓缩所得产品,酸度低,口感顺滑	苦丁茶牛奶咖啡 ^[43] 苦瓜咖啡饮料 ^[44]
挂滤式咖啡包	加工层次低,饮用方便	AGF挂耳滤泡式黑咖啡 瑞幸精品挂耳咖啡

3 咖啡类饮料的加工方式

常见的咖啡类饮料产品加工方式主要有热萃和冷萃两种,热萃咖啡通常是指将生咖啡豆烘焙后进行高温萃取,热萃浓缩后往往需要干燥处理,常见的干燥方式有喷雾干燥和冷冻干燥两种。冷萃咖啡则是将咖啡粉研磨后采取冷酿造的方式,将得到的咖啡液经浓缩杀菌后直接包装。

3.1 热萃浓缩

3.1.1 喷雾干燥 喷雾干燥技术可以将液体类物料加工成粉末状,其原理是利用雾化器使物料分散成液体小雾滴,在热干燥介质中可以将溶剂迅速蒸发,挥发后留下干燥粒子,最后收集粉末状、小颗粒状的干燥产品^[45]。喷雾干燥技术具有干燥效率高、操作时间短、适用范围广等优点,相对来说简单方便,适合

工业化生产,它在乳制品、食品、生化、制药等行业运用十分广泛^[46],也是咖啡粉干燥最常用的方法之一。

但是喷雾干燥技术也有一定的缺点,由于它的设备比较复杂,因此动力消耗也大。在咖啡粉干燥过程中,需要选用高效的分离装置,费用较高^[47]。喷雾干燥对温度的要求也比较严格,温度太高会导致咖啡粉干燥不完全,得粉率低,温度太低则会导致粉末黏结在内壁上,吸潮结块^[48]。市场上利用喷雾干燥法制作的速溶咖啡粉十分常见,它饮用方便,便于携带,因此受众广泛。但是在干燥过程中,高温处理可能会导致咖啡中一些不稳定的挥发性香气物质和营养成分流失,因此咖啡的风味和口感可能会受到有一定程度的影响^[2]。

3.1.2 冷冻干燥 真空冷冻干燥技术在食品、医药等行业的生产加工中应用非常广泛,是将食品原料或产品冻结到共晶点温度以下,在极低的压力和温度条件下升华脱水从而达到干燥目的的一种方法^[49],多用于含热敏性物质及易氧化变性等物料的干燥。冷冻干燥法可以很好地保留住咖啡的色、香、味、形态等,也可以极大地降低咖啡中营养成分及不稳定性物质的损失,由于冷冻干燥后咖啡本身的构架更加稳定,得到的产品呈多孔状海绵型,因此它的溶解性和复水性效果很好^[50]。相比其他干燥方法,冷冻干燥咖啡脱水更加彻底、贮存时间更长、贮存稳定性更好^[51],但是冷冻干燥的运行成本和能源消耗都比较高,因此它多用于特定食品的生产^[2]。

使用冷冻干燥技术生产咖啡时,通常选用含 40% 左右固形物的咖啡浓缩液,将咖啡浓缩液预冻以后进行破碎,筛选出合格的颗粒后便进行冷冻干燥,最后得到冻干咖啡粒。近年来,由于冻干咖啡加工层次低且留香明显,受到了很多消费者的喜爱。

目前,除了喷雾干燥和冷冻干燥技术之外,还有一种将两者优点结合起来的喷雾冷冻干燥技术,与喷雾干燥相比,此法制得的产品活性成分保留更多,质量更好,与冷冻干燥相比,其所需冻结时间和干燥时间更短,制得的产品粒径更小,它属于一种非常规的干燥技术^[52]。Deotale 等^[53]通过比较不同干燥工艺对速溶咖啡的香气保留率、发泡性能、感官特性和绿原酸含量的影响,结果表明喷雾冷冻干燥保留了咖啡最佳的香气(通过电子鼻分析和香气成分分析),在感官分析和起泡特性的描述性感官评价中也最受欢迎;此外,该研究表明喷雾冷冻干燥是最适合的干燥方法,它可以保留速溶咖啡粉中近 85% 的绿原酸。Padma 等^[54]对喷雾冷冻干燥速溶咖啡的物理参数和香气品质指标进行了评价,并与喷雾干燥咖啡和冷冻干燥咖啡进行了比较。喷雾冷冻干燥通过保留咖啡特有的低沸点芳香化合物而显示出更好的风味质量,这些化合物在喷雾干燥和冷冻干燥的初始阶段就已经丢失了。研究发现,喷雾冷冻干燥在产品的最终应

用方面具有一定竞争优势,它的瞬间溶解性以及良好的流动特性和高堆积密度,在包装和运输方面具有积极意义。但是喷雾冷冻干燥技术目前还处于实验室研究阶段,它成本高、操作复杂,更适合今后的高级药物、食品加工领域。

3.1.3 混合制粒 近几年以咖啡为原料制作的复合饮料也逐渐增多,其中很多固体饮料以颗粒为剂型生产加工,常见的咖啡类固体饮料制粒方法有湿法制粒和干法制粒等。湿法制粒主要有挤出制粒、高速搅拌制粒、流化床制粒等方法,主要是将粉末状的食品物料与辅料混合均匀以后再加入液体粘合剂进行制

粒^[55]。此法所得颗粒外形美观、不易飞粉、耐磨性强。但是对于性质不稳定的物料来说,湿法制粒过程中其无法避免地接触水和热,因此很有可能导致物料黏壁和物料性质发生改变,具有不稳定性^[56]。

干法制粒是指在不用或少用粘合剂的条件下,将食品原料与辅料混匀后利用重压或滚压的方法将其直接压制成大片状或条带状固体后再破碎成颗粒状^[57]。干法制粒与传统的湿法制粒相比,省去了制软材和干燥的步骤,工艺相对简化了许多,因此干法制粒具有辅料用量少、生产成本低、生产效率高等优点。对于热敏性和湿敏性的食品原料来说,干法制粒

表 3 不同方法制作的咖啡类产品

Table 3 Coffee products made by different methods

制作方法	产品名称	原料组分及配比	产品特点与功能	参考文献
喷雾干燥	低因人参速溶咖啡	人参咖啡粉末20%~30%、植脂末30%~50%、白砂糖5%~20%、脱脂奶粉5%~20%、食用盐0.1%~0.3%、食用香精0.1%~0.2%	具有提神、抗疲劳、抗氧化的功效,且无咖啡因所导致的依赖性	[64]
	辣木速溶咖啡固体饮料	辣木叶超微粉0.02~10份、速溶咖啡粉5~40份、牛磺酸0~0.14份、维生素B1 0~0.0022份、维生素B2 0~0.0022份、维生素B6 0~0.0022份、菊粉0~25份、 β -环糊精粉0~10份、葡萄糖0~25份、白砂糖粉10~40份、植脂末15~60份、果味粉2~35份	口感更加柔和细腻,具有提神醒脑、抗疲劳等保健功效	[65]
	速溶党参咖啡	咖啡粉100~125份、党参40~60份、红枣20~30份、炙甘草15~20份、枸杞蜜5~10份、小球藻粉6.5~8份、马铃薯全粉9~12.5份、三氯蔗糖1~3份	富含蛋白质、膳食纤维、维生素和氨基酸等营养成分,还含有总黄酮、藻多糖、活性浓缩生长因子及茶儿素等功能成分,可以增强免疫力、提神醒脑、补益气血	[66]
	咖啡浆果固体饮料	咖啡果水溶提取物固形物18%~22%、麦芽糊精30%~60%、 β 环状糊精6%~12%、羧甲基纤维素钠4%~10%	通过水浸法提取咖啡果水溶物,具有抗氧化的功效	[67]
	咖啡椰奶	椰子粉62.1%、白砂糖24.8%、麦芽糊精9.3%、速溶咖啡粉3.7%	用椰奶代替传统咖啡伴侣(植脂末),不仅丰富口味,更具营养性	[68]
	水果咖啡固体饮料	咖啡豆22~36份、植脂末6~10份、葡萄糖3~5份、酸度调节剂~16份、猕猴桃8~10份、脱脂牛奶5~7份、食用盐2~4份	采用酶解和发酵的方式处理猕猴桃果汁,有利于充分提取营养元素,通过冻干的方式制得,不对营养成分造成破坏	[69]
	固体咖啡颗粒饮料	咖啡豆110份、白糖25份、枸杞7份、红枣5份、洛神花5份、柴胡5份、决明子7份	既保留了咖啡原有的口感,又增加了药理作用;产品颗粒细,溶解性好。可以清热解暑、明目、降血压	[70]
	苡蓉咖啡	苡蓉提取物8%~15%、咖啡粉10%~25%、鲜奶5%~35%、植脂末4%~5%、低聚糖0.5%~1%、可可粉4%~12%、蔗糖5%~8%、燕麦4%~56.5%,其重量比	产品富含多种氨基酸、微量元素、高含量的 β -葡聚糖和维生素,营养价值含量高;苡蓉提取物能够激活免疫系统,保护正常的肠道表皮细胞,且温补肾阳	[71]
	防弹咖啡	复合椰子油脂粉60%~75%、植脂末15%~25%、咖啡粉1%~5%、左旋肉碱0.1%~1%、白芸豆粉0.1%~1%、鱼胶原蛋白肽粉0.01%~0.05%、牛奶蛋白粉0.1%~0.5%、中药辅料粉1%~5%、余量为添加剂,包括抗性糊精、聚葡萄糖、三氯蔗糖、二氧化硅	本产品具有良好的冲调性,同时具有减肥燃脂的功效,有利于产品的推广	[72]
	绿咖啡固体饮料	绿咖啡15~25份、植脂末30~50份、菊粉10~20份、白砂糖10~25份、果蔬粉5~10份	有助于减肥、降血压、降血糖、提高免疫力	[73]
冷萃浓缩	中药养生咖啡	咖啡豆10~20份、山药5~15份、毫菊2~5份、山楂2~5份、荷叶1~4份、枸杞子0.5~2份、覆盆子1~3份、桑葚1~3份	具有提神、平肝明目、降血脂的功效	[74]
	核桃咖啡饮料	咖啡浓缩液4%,白砂糖7.5%,脱脂乳粉3.0%,炼乳2.0%	经高温羰氨反应,产生特有的香气和口感	[75]
	苦丁茶牛奶咖啡复合饮料	咖啡提取液添加量55%,苦丁茶提取液添加量6%,牛奶添加量15%,白砂糖添加量4%,碳酸氢钠添加量0.03%	饮料呈奶咖色,组织形态好,风味独特,口感细腻	[43]
	抗疲劳功能性风味冷萃咖啡	蜂蜜8~12份、红枣汁30~40份、草莓汁15~20份、香蕉汁15~22份、方糖6~8份、葡萄糖3~5份、混合咖啡豆粉80~100份、脱脂奶粉5~8份、纯净水	采用酶解方式充分提取红枣中的营养元素,通过添加香蕉、草莓等调节咖啡苦味,增加饮品的风味,具有抗疲劳的功效	[76]
	燕麦拿铁饮料	冻干咖啡粉添加量为1.6%、酶解燕麦粉添加量为11%、亚麻籽油添加量为0.5%、白砂糖添加量为4%;微晶纤维素:单、双甘油脂肪酸酯:硬脂酰乳酸钠:卡拉胶=3:2:2:1(添加量为0.4%)	—	[77]

注:“—”表示该参考文献中未提及相关详细信息;“份”表示相应原料重量份数。

比湿法制粒更具稳定性,它可以最大限度地降低食品原料与润湿剂等物质的接触,因此在食品、医药的加工中,干法制粒的应用也越来越广泛^[58]。很多咖啡类复合固体饮料在制粒过程中为保证其营养物质的保留,也会优先采用干法制粒。

3.2 冷萃浓缩

咖啡浓缩液是以生咖啡豆为原料,经过萃取、过滤、浓缩等工艺加工而成的液体,它大多作为线下门店即饮咖啡产品的制作原料,和速溶咖啡相比,浓缩咖啡饮用更加方便、品质更高,但是咖啡浓缩液在生产加工过程中一直存在着稳定性问题,这也限制了其市场进一步发展^[59]。

冷萃咖啡具有酸度低、口感润的特点,含糖量和热量也更低,因此越来越受到大众的欢迎^[60]。冷萃咖啡采用冷酿造的方式把烘焙研磨后的咖啡粉置于 0~5℃ 的冷水中浸泡至少 12 h 以上,此法使小分子的风味物质如花果香被萃取出来,而偏大的风味物质如烟熏味、焙烤味却很难被萃取出来,从而去除了咖啡中酸性苦涩的味道,提取出口感更顺滑浓郁、层次更分明的咖啡液^[61]。Cai 等^[62] 从色谱法和感官评价两个方面对冷热萃取的咖啡风味进行了全面的研究,通过气相色谱-质谱法和香气活度值的计算发现大多数吡嗪类化合物对冷萃咖啡香气特征的贡献高于热萃咖啡;通过高效液相色谱分离鉴定出 18 种非挥发性化合物,其中大多数在冷萃咖啡中的含量低于热萃咖啡;通过感官评价发现,冷萃咖啡比热萃咖啡拥有更高的果味和更低的苦涩味道,这是由芳樟醇、乙酸呋喃甲醛和槲皮素-3-O-(6"-O-p-香豆酰)半乳糖苷所致。由于咖啡豆中大多数脂类物质在低温下不易萃取出来,故其热量也较低,口感绝佳的冷萃咖啡逐渐在国际饮品市场中开始掀起一股热潮。由于高温会影响冷萃咖啡的口感风味及品质,因此在加工中采用膜过滤的方式进行灭菌,而不采用常见的超高温瞬时灭菌法灭除微生物^[63]。和热萃咖啡相比,冷萃咖啡液更具有咖啡本身的口味,其冷链运输也能更好地保证其香气不受高温影响而损失,因此,冷萃咖啡在未来的饮料市场中有很大的发展前景。表 3 列举了利用不同方法制作的咖啡类饮料产品。

4 咖啡类复合饮料的发展趋势与展望

本文主要综述了目前市场上常见的咖啡类饮料产品及其制作方式,通常速溶类固体咖啡饮料的干燥都是采用喷雾干燥和冷冻干燥两种方式,其中冷冻干燥加工的咖啡风味更佳,而喷雾干燥加工方法成本更低,喷雾冷冻干燥法则很好地结合了两者的优点,虽然此法目前还只停留在实验室阶段,但可以预见未来在高级咖啡类饮料加工中很大的潜力和市场。液体类咖啡更多是采用冷萃浓缩的方式,它饮用更方便,口感更润滑,但一直存在稳定性问题。从整体来看,未来咖啡类饮料产品的加工方式主要有两个发展方向:一是最大程度保留咖啡的原始气味和口感;二是

增强咖啡产品的稳定性。

由于咖啡功能成分多,对于咖啡类饮料的需求也越来越多样化,因此咖啡类饮料的开发及其加工技术的改进和创新也更加需要深入地研究。近年来,以咖啡为原料之一研制的复合类饮料产品正在逐渐进入大众视线,其复合原料的种类选择也日渐丰富,除了果蔬类、粗粮纤维类以外,近年来,灵芝、枸杞、党参等药食同源性食品也逐渐成为咖啡类复合饮料加工的选择对象,通常它们与咖啡在相关功效方面具有良好的协同作用,可以更好地发挥出饮料的功能。与药食同源类食品结合具有更大的市场需求和经济效益,此类饮料产品的开发更加符合现代人注重健康养生的观念,是未来市场的主流发展趋势,可预见此类复合饮料在未来市场有着巨大的发展潜力,还有着很大的开发空间等着研究人员去填补。

参考文献

- [1] 李娜,张富县,李妙清,等.不同焙炒程度对罗布斯塔咖啡豆香气成分的影响[J].*饮料工业*,2019,22(1):49-55. [LIN ZHANG F X, LI M Q, et al. Effect of different roasting degree on aroma components of Robusta coffee beans[J]. *Beverage Industry*, 2019, 22(1): 49-55.]
- [2] 刘毓璠,黄晓燕,刘丽敏,等.咖啡产品的加工技术研究进展[J].*食品工业科技*,2021,42(4):349-355. [LIU C J, HUANG X Y, LIU L M, et al. Advance on processing technology of coffee products[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(4): 349-355.]
- [3] 萧自位,张洪波,田素梅,等.云南咖啡生豆品质研究[J].*食品工业*,2019,40(2):29-33. [XIAO Z W, ZHANG H B, TIAN S M, et al. Study on the quality of coffee beans in Yunnan[J]. *The Food Industry*, 2019, 40(2): 29-33.]
- [4] 郑慧.展望中国特色的咖啡饮品之路[J].*饮料工业*,2017,20(6):68-70. [ZHENG H. Looking forward to the road of coffee drinks with Chinese characteristics[J]. *Beverage Industry*, 2017, 20(6): 68-70.]
- [5] 李学俊,崔文锐,杜华波,等.小粒种咖啡的主要成分及功能分析[J].*热带农业科学*,2016,36(6):71-75. [LI X J, CUI W R, DU H B, et al. Analysis on major components and function of coffee arabica[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2016, 36(6): 71-75.]
- [6] 李蔚敏,丁亦男.进口咖啡的市场现状和发展趋势[J].*现代食品*,2018(20):4-6. [LI W M, DING Y N. Market situation and development trend of imported coffee[J]. *Modern Food*, 2018(20): 4-6.]
- [7] 中国饮料工业协会. GB/T 30767-2014 咖啡类饮料[S]. 北京: 中国标准出版社,2014. [China Beverage Association. GB/T 30767-2014 Coffee based beverages[S]. Beijing: China Standard Press, 2014.]
- [8] 饶建平.市售即饮咖啡产品及发展趋势分析[J].*饮料工业*,2018,21(2):63-66. [RAO J P. Analysis on the commercially available products and development trend of RTD coffee[J]. *Beverage Industry*, 2018, 21(2): 63-66.]
- [9] 饶建平.即饮咖啡的国内外市场现状和发展趋势[J].*食品工业科技*,2017,38(23):346-351. [RAO J P. Situation and development trend of domestic and international market of ready to drink coffee[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(23): 346-351.]

- [10] 张艳霞, 吴国泰, 王晓禹, 等. 咖啡豆化学成分发现及药用价值研究现状[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(5): 57-66. [ZHANG Y X, WU G T, WANG X Y, et al. Advances on the chemical composition and medicinal value of coffee beans[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2022, 41(5): 57-66.]
- [11] 杨惠良, 武永巨, 辛广勤, 等. 茶叶中咖啡因分子结构上甲基的电子效应[J]. 福建茶叶, 2020, 42(7): 9-10. [YANG H L, WU Y J, XIN G Q, et al. Electronic effect of methyl on the molecular structure of caffeine in Tea[J]. Tea in Fujian, 2020, 42(7): 9-10.]
- [12] ZHOU X Y, ZHANG L. The neuroprotective effects of moderate and regular caffeine consumption in Alzheimer's disease[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2021, (2021).
- [13] KO J S, KIM J Y, KIM J W, et al. Anti-oxidative and anti-adipogenic effects of caffeine in an *in vitro* model of Graves' orbitopathy[J]. Endocrine Journal, 2020, 67(4): 439-447.
- [14] 艾义晓, 王珂, 高宝. 咖啡因与氨茶碱治疗早产儿呼吸暂停的效果比较[J]. 中国实用医刊, 2021, 48(22): 95-98. [AI Y X, WANG K, GAO B. Comparison of effects of caffeine and aminophylline in the treatment of apnea in premature infants[J]. Chinese Journal of Practical Medicine, 2021, 48(22): 95-98.]
- [15] SAHOO S, BEHURA S S, WASIQ M A, et al. Respiratory outcome of delivery room caffeine in preterm neonates-A pilot, randomized, controlled Trial[J]. Indian Journal of Pediatrics, 2022.
- [16] WANG J, XIN Y, WEI Y, et al. Effects of caffeine citrate on respiratory mechanics and pulmonary function during peri-extubation in premature infants with low body weight[J]. Minerva Pediatrics, 2021, 74(4): 493-495.
- [17] KANGINAKUDRU S, GILSON T, JOSE L. et al. Effects of caffeine, a DNA damage response inhibitor, on Papillomavirus genome replication[J]. Pathogens, 2022, 11(11): 1298.
- [18] CUNHA A J E, MENEZES D S A L, RODRIGUES V L, et al. Caffeine intoxication: Behavioral and electrocorticographic patterns in wistar rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2022, 170: 113452-113452.
- [19] THEODOROU D J, THEODOROU S J, PAPADOPOULOU S L, et al. Deleterious neurological effects of caffeinated energy drinks[J]. Internal Medicine Journal, 2021, 51(12): 2156.
- [20] 宋丹萍, 张珊, 宋志刚, 等. 绿原酸及其异构体功能比较、结构修饰及在动物上应用的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59(1): 10-19. [SONG D P, ZHANG S, SONG Z G, et al. Research progress on the structural and functional comparison, structural modification of chlorogenic acid and its isomers and application in animals[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2023, 59(1): 10-19.]
- [21] WANG R X, YANG X Y, YOU S, et al. Chlorogenic acid relieves the lupus erythematosus-like skin lesions and arthritis in MRL/lpr mice[J]. Pharmaceuticals (Basel, Switzerland), 2022, 15(11): 1327-1327.
- [22] MASLIN L A, WEEKS B R, CARROLL R J, et al. Chlorogenic acid and quercetin in a diet with fermentable fiber influence multiple processes involved in DSS-induced ulcerative colitis but do not reduce injury[J]. Nutrients, 2022, 14(18): 3706-3706.
- [23] WANG Y, PENG S G, MEI Z H, et al. Chlorogenic acid inhibits forming of diabetes mellitus in rats induced by high-fat high-sucrose and streptozotocin[J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 33(3): 1063-1072.
- [24] WANG D, HOU J X, WAN J D, et al. Dietary chlorogenic acid ameliorates oxidative stress and improves endothelial function in diabetic mice via Nrf2 activation[J]. Journal of International Medical Research, 2021, 49(1): 1-14.
- [25] LUKITASARI M, SAIFUR R M, NUGROHO D A. Cardiovascular protection effect of chlorogenic acid: focus on the molecular mechanism[J]. F1000 Research, 2020, 9: 1462.
- [26] YU M H, HUNG T W, WANG C C, et al. Neochlorogenic acid attenuates hepatic lipid accumulation and inflammation via regulating miR-34a *in vitro*[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(23): 13163-13163.
- [27] HE F, GAO F J, CAI N, et al. Chlorogenic acid enhances alveolar macrophages phagocytosis in acute respiratory distress syndrome by activating G protein-coupled receptor 37 (GPR 37)[J]. Phytomedicine, 2022, 107:154474.
- [28] NATTHADON W, RATTIYAPORN K, SUPANAN N, et al. Chlorogenic acid enhances endothelial barrier function and promotes endothelial tube formation: A proteomics approach and functional validation[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2022, 153: 113471.
- [29] NISHANT S, RITU S, MONIKA S, et al. Chlorogenic acid: a polyphenol from coffee rendered neuroprotection against rotenone-induced Parkinson's disease by GLP-1 secretion[J]. Molecular neurobiology, 2022, 59(11): 6834-6856.
- [30] LIANG Y D, DAI X L, CAO Y, et al. The neuroprotective and antidiabetic effects of trigonelline: A review of signaling pathways and molecular mechanisms[J]. Biochimie, 2023(206): 93-104.
- [31] JEONG Y, KIM D H, CHUNG K D, et al. Antitumor activity of trigonelline-incorporated chitosan nanoparticles[J]. Journal of nanoscience and nanotechnology, 2014, 14(8): 5633-5637.
- [32] MARYAM A, NASIRI B S, ESMAEEL B, et al. Possible involvement of N-methyl-D-aspartate receptor (NMDA-R) in the antidepressant-like effect of trigonelline in male mice[J]. Current Pharmaceutical Design, 2020(26): 5067-5071.
- [33] PALEERATH P, WANIDA B, VISITH T. Trigonelline prevents kidney stone formation processes by inhibiting calcium oxalate crystallization, growth and crystal-cell adhesion, and downregulating crystal receptors[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2022, 149: 112876.
- [34] LONE N A, MALIK T A, SHEIKH U A, et al. Inhibition of ultraviolet-B radiation induced photodamage by trigonelline through modulation of mitogen activating protein kinases and nuclear factor- κ B signaling axis in skin[J]. Photochemistry and Photobiology, 2020, 97(4): 785-794.
- [35] SALMA E, RAMA Q, RASHID A H, et al. Recent updates on the functional impact of kahweol and cafestol on cancer[J]. Molecules, 2022, 27(21): 7332-7332.
- [36] HIROAKI L, KOUJI I, ARIUNBOLD N, et al. Coffee diterpenes kahweol acetate and cafestol synergistically inhibit the proliferation and migration of prostate cancer cells[J]. The Prostate, 2019, 79(5): 468-479.
- [37] OH S H, HWANG Y P, CHOI J H, et al. Kahweol inhibits proliferation and induces apoptosis by suppressing fatty acid synthase in HER2-overexpressing cancer cells[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 121: 326-335.
- [38] SEO H Y, KIM M K, LEE S H, et al. Kahweol ameliorates the liver inflammation through the inhibition of NF- κ B and STAT3 activation in primary Kupffer cells and primary hepatocytes[J]. Nutrients, 2018, 10(7): 863-863.
- [39] REN Y Q, WANG C L, XU J K, et al. Cafestol and kahweol: A review on their bioactivities and pharmacological properties[J].

- International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(17): 4238–4238.
- [40] WANG Y B, WANG X Y, HU G L, et al. Effect of green coffee oil as a natural active emulsifying agent on the properties of corn starch-based films[J]. LWT, 2022, 170(1): 114087.
- [41] 赵春. 一种柠檬味咖啡固体饮料的制作方法: 中国, 201811085226.0[P]. 2018-12-21. [ZHAO C. Method for making lemon taste coffee solid drink: China, 201811085226.0[P]. 2018-12-21.]
- [42] 田继业. 一种杏仁咖啡及其制备方法: 中国, 202110751879.3[P]. 2021-08-31. [TIAN J Y. Almond coffee and preparation method thereof: China, 202110751879.3[P]. 2021-08-31.]
- [43] 杨吕清, 胡慧慧, 田康永, 等. 苦丁茶牛奶咖啡复合饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(20): 151–155. [YANG L Q, HU H H, TIAN K Y, et al. Development of compound beverage kudingtea, milk and coffee[J]. Food Research and Development, 2020, 41(20): 151–155.]
- [44] 韩在祺, 昌盛, 冯波, 等. 苦瓜咖啡饮料的研制及其减肥功能的研究[J]. 吉林医药学院学报, 2019, 40(1): 9–12. [HAN Z Q, CHANG S, FENG B, et al. Preparation of coffee mixed balsam pear and its reducing weight function[J]. Journal of Jilin Medical University, 2019, 40(1): 9–12.]
- [45] 束天锋. 低温真空喷雾干燥乳粉的工艺参数优化[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015. [SHU T F. Study on production parameters of milk powder by low-temperature vacuum spray drying[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2015.]
- [46] 万锋. 喷雾干燥技术在新型制剂设计与生产中的应用[J]. 药学进展, 2019, 43(3): 174–180. [WAN F. Application of spray-drying technique in the design and manufacture of novel formulations[J]. Progress in Pharmaceutical Sciences, 2019, 43(3): 174–180.]
- [47] 叶春苗. 喷雾干燥技术及其在食品加工中的应用[J]. 农产品加工, 2017(4): 63–64. [YE C M. Spray drying technology and its application in food processing[J]. Farm Products Processing, 2017(4): 63–64.]
- [48] 杨净尧, 王仁广, 王畅, 等. 喷雾干燥研究进展[J]. 亚太传统医药, 2018, 14(9): 97–99. [YANG J Y, WANG R G, WANG C, et al. Research progress of spray drying[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2018, 14(9): 97–99.]
- [49] 王静, 张卫卫, 石勇, 等. 真空冷冻干燥技术对食品品质的影响[J]. 农产品加工, 2018(1): 36–38, 42. [WANG J, ZHANG W W, SHI Y, et al. The effect of vacuum freeze-drying technology on food quality[J]. Farm Products Processing, 2018(1): 36–38, 42.]
- [50] 苏倩, 谭艳妮, 纪宏. 真空冷冻干燥技术在食品方面的应用[J]. 品牌与标准化, 2018(6): 71–74. [SU Q, TAN Y N, JI H. Application of vacuum freeze drying technology on food[J]. Brand & Standardization, 2018(6): 71–74.]
- [51] 李宝磊, 张丽, 陈苏, 等. 真空冷冻干燥技术在食品和中草药行业的应用[J]. 饮料工业, 2019, 22(6): 71–74. [LI B L, ZHAN L, CHEN S, et al. Application of freeze-drying technology in food and Chinese herbal medicine industry[J]. Beverage Industry, 2019, 22(6): 71–74.]
- [52] 杨杰, 彭润玲, 郭俊德, 等. 喷雾冷冻干燥技术与设备发展现状[J]. 真空, 2022, 59(2): 72–80. [YANG J, PENG R L, GUO J D, et al. Recent development of spray freeze drying technology and equipment[J]. Vacuum, 2022, 59(2): 72–80.]
- [53] DEOTALE S M, SAYANTANI D, MOSES J A, et al. Influence of drying techniques on sensory profile and chlorogenic acid content of instant coffee powders[J]. Measurement: Food, 2022(6): 100030.
- [54] PADMA ISHWARYA S, ANANDHARAMAKRISHNAN C. Spray-Freeze-Drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 149: 171–180.
- [55] JOANA G C, PRAKASH P S S, LEOPOLD CLAUDIA S, et al. Application of aquasolv lignin in ibuprofen-loaded pharmaceutical formulations obtained via direct compression and wet granulation[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 174: 229–239.
- [56] 吴司琪, 伍振峰, 岳鹏飞, 等. 中药制粒工艺及其设备的研究概况[J]. 中国医药工业杂志, 2016, 47(3): 341–346. [WU S Q, WU Z F, YUE P F, et al. Research overview on granulation process and equipment of Chinese traditional medicines[J]. Chinese Journal of Pharmaceuticals, 2016, 47(3): 341–346.]
- [57] 张青铃, 罗友华, 许光辉, 等. 干法制粒工艺在中药口服固体制剂制备中的应用[J]. 中国现代中药, 2020, 22(5): 827–834. [ZHANG Q L, LUO Y H, XU G H. Application of dry granulation technology in preparation of oral solid preparation of tradition Chinese medicine[J]. Modern Chinese Medicine, 2020, 22(5): 827–834.]
- [58] 张伟, 逯文俊, 王巧灵, 等. 干法制粒技术在肝爽颗粒制备中的应用[J]. 现代中医药, 2020, 40(3): 21–23. [ZHANG W, LU W J, WANG Q L. Application of dry granulation technology in the preparation of Ganshuang granules[J]. Modern Chinese Medicine, 2020, 40(3): 21–23.]
- [59] 饶建平. 酶在咖啡浓缩液体系稳定性中的应用[J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 97–100, 113. [RAO J P. Application of enzymes in stability of concentrated coffee system[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(18): 97–100, 113.]
- [60] 吴琛, 盛丽. 冷萃咖啡的现状及应用[J]. 食品安全导刊, 2017(21): 111. [WU C, SHENG L. Current situation and application of cold extract coffee[J]. China Food Safety Magazine, 2017(21): 111.]
- [61] ANGELONI G, GUERRINI L, MASELLA P, et al. Characterization and comparison of cold brew and cold drip coffee extraction methods[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018, 99(1): 391–399.
- [62] CAI Y P, XU Z Z, PAN X, et al. Comparative profiling of hot and cold brew coffee flavor using chromatographic and sensory approaches[J]. Foods, 2022, 11(19): 2968.
- [63] 张磊, 宋明宇, 邱瑾. 冷萃咖啡生产中的过滤可行性研究[J]. 饮料工业, 2019, 22(5): 24–27. [ZHANG L, SONG M Y, QIU J. Feasibility study of filtration in manufacturing process of cold brew coffee[J]. Beverage Industry, 2019, 22(5): 24–27.]
- [64] 柳青, 王莹, 陈月, 等. 一种低因人参速溶咖啡: 中国, 201910466342.5[P]. 2020-12-01. [LIU Q, WANG Y, CHEN Y, et al. Low-caffeine ginseng instant coffee: China, 201910466342.5[P]. 2020-12-01.]
- [65] 黄观伟, 黄金成, 周汝敏. 一种辣木速溶咖啡固体饮料: 中国, 201810890249.2[P]. 2019-01-01. [HUANG G W, HUANG J C, ZHOU R M. Moringa oleifera instant coffee solid beverage: China, 201810890249.2[P]. 2019-01-01.]
- [66] 王福元, 冉小花, 简兴遥, 等. 一种速溶党参咖啡及其制备方法: 中国, 201911107514.6[P]. 2020-02-21. [WANG F Y, RAN X H, LIN X Y, et al. Instant codonopsis pilosula coffee and preparation method thereof: China, 201911107514.6[P]. 2020-02-21.]
- [67] 王秋萍, 龚加顺, 赵春燕, 等. 一种咖啡浆果固体饮料的加工方法: 中国, 202011460795.6[P]. 2021-03-26. [WANG Q P, GONG J S, ZHAO C Y, et al. Method for processing coffee berry

solid beverage: China, 202011460795.6[P]. 2021-03-26.]

[68] 刘爽, 龙达嘉. 咖啡椰奶配方研究[J]. 饮料工业, 2018, 21(3): 28-30. [LIU S, LONG D J. Study on the formula of coffees and coconut milk[J]. Beverage Industry, 2018, 21(3): 28-30.]

[69] 赵春. 一种水果咖啡固体饮料及其制备方法: 中国, 201811077268.X[P]. 2019-02-12. [ZHAO C. Fruit and coffee solid beverage and preparation method thereof: China, 201811077268. X [P]. 2019-02-12.]

[70] 赵春. 一种固体咖啡颗粒饮料及其制备方法: 中国, 201811078537.4[P]. 2018-12-21. [ZHAO C. Solid coffee granule beverage and preparation method thereof: China, 201811078537.4 [P]. 2018-12-21.]

[71] 叶文明. 一种苡蓉咖啡饮料组合物: 中国, 201210331263.1 [P]. 2012-12-19. [YE W M. Desert cistanche coffee beverage composition: China, 201210331263.1 [P]. 2012-12-19.]

[72] 官德成. 一种防弹咖啡及其制备方法: 中国, 202110440889.5 [P]. 2021-07-23. [GUAN D C. Bulletproof coffee and preparation method thereof: China, 202110440889.5 [P]. 2021-07-23.]

[73] 黄猛. 一种绿咖啡固体饮料及其制备方法: 中国, 201610528727.6[P]. 2016-09-21. [HUANG M. Green coffee sol-

id drink and preparation method thereof: China, 201610528727.6 [P]. 2016-09-21.]

[74] 蒲顺昌, 王鹏, 马伟, 等. 一种中药养生咖啡冲饮制备方法: 中国, 201710612298.5[P]. 2017-11-17. [PU S C, WANG P, MA W, et al. Preparation method of traditional Chinese medicine health-preservation coffee brewed beverage: China, 201710612298.5[P]. 2017-11-17.]

[75] 李娜, 何爱民, 吉洋洋, 等. 核桃咖啡饮料的加工工艺研究[J]. 饮料工业, 2019, 22(6): 38-40. [LI N, HE A M, JI Y Y, et al. Study on the processing of walnut coffee functional beverage[J]. Beverage Industry, 2019, 22(6): 38-40.]

[76] 赵建国. 一种抗疲劳功能性风味冷萃咖啡及其制备方法: 中国, 202110539476.2[P]. 2021-08-17. [ZHAO J G. Anti-fatigue functional flavor cold extraction coffee and preparation method thereof: China, 202110539476.2[P]. 2021-08-17.]

[77] 方明, 沈鱼, 洪鹏, 等. 燕麦拿铁饮料的研制及稳定性研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(12): 233-242. [FANG M, SHEN Y, HONG P, et al. Study on the development and stability of oat latte beverage[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(12): 233-242.]