

胶囊式咖啡概述及其安全性分析

唐晓双¹, 刘飞¹, 汪才华², 冷小京^{1*}

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 中信出版股份有限公司, 北京 100029)

摘要: 本文介绍了胶囊式咖啡的产生和发展过程, 并通过与现磨及速溶咖啡的比较阐述了胶囊式咖啡风味独特、品质持久、方便快捷的特性。同时对胶囊式咖啡包装材料中的铝、塑化剂、胶囊中咖啡粉的潜在安全性进行了分析, 并对胶囊式咖啡产品的研发、改进提出了合理的发展方向。

关键词: 胶囊式咖啡; 食品安全; 塑化剂

An overview on coffee capsule and its safety analysis

TANG Xiao-Shuang¹, LIU Fei¹, WANG Cai-Hua², LENG Xiao-Jing^{1*}

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Citic Press Corporation, Beijing 100029, China)

ABSTRACT: Coffee capsule, a new type of single coffee system with unique flavor, long-lasting quality and convenience of brew-up, is becoming popular in the world. In this paper, the origin and development of coffee capsule were briefly introduced. The potential hazards from ground coffee and packaging materials, such as aluminium and plasticizer were discussed, and the developing directions in research and improvement of the product were proposed.

KEY WORDS: coffee capsule; food safety; plasticizer

胶囊式咖啡是一种新型的咖啡产品, 在最近 30 年里得到迅速发展, 并因其卓越的品质及便利性占据了咖啡消费市场中的重要地位。将经过研磨、烘焙后的咖啡粉密封于特制胶囊里制成的胶囊式咖啡具有特殊的风味、持久的品质, 配合胶囊咖啡机的冲泡, 使冲泡过程简单快捷。然而, 胶囊式咖啡特殊的制备工艺和包装材料在带来方便的同时, 也带来了一些安全隐患, 废弃胶囊的不当处理更是为环境保护带来了巨大的挑战。因此, 如何更大程度发挥胶囊式咖啡的特点, 并保障其安全性和环保性是胶囊式咖啡

产品未来发展的方向。

1 胶囊式咖啡的简介

胶囊式咖啡(coffee capsule)是一种特殊的咖啡消费品类。将经过研磨、烘焙后的咖啡粉于 4 h 之内密封在一种特制的胶囊里, 饮用时将其放进专用咖啡机, 采用标准程序萃取, 制备而成的咖啡^[1], 具有品质持久稳定、方便快捷等特点。雀巢奈斯派索胶囊式咖啡的外观如图 1 所示。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171771)、“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD23B04)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31171771), 12th Five-year National Science and Technology Support Program (2011BAD23B04)

*通讯作者: 冷小京, 副教授, 主要研究方向为可食用膜、食品微胶囊及纳米胶囊。E-mail: lengxiaojingcau@163.com

*Corresponding author: LENG Xiao-Jing, Associate Professor, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, No.17, Qinghua East Road, Haidian District, Beijing 100083, China. E-mail: lengxiaojingcau@163.com



图1 Nespresso胶囊式咖啡
Fig. 1 Nespresso coffee capsule

1.1 胶囊式咖啡的由来

现磨咖啡是利用手动或自动方式将新鲜的咖啡豆磨成咖啡粉,然后利用滤纸滤杯、法压壶、虹吸壶等工具冲泡而成。这种方式制作过程繁琐、费时,即便是最简单的手冲法,冲泡一杯咖啡也需花费5~10 min,并且咖啡渣不易清理。此外,经过烘焙、研磨处理后的咖啡粉对周围环境非常敏感,不易保存^[2],因而现磨咖啡并不能满足现代人快节奏的生活需要。为了满足人们对方便快捷的追求,20世纪40年代,速溶咖啡首先被发明出来,它是从烘焙、研磨后的咖啡豆中提取的有效成份经过干燥制成的。然而,经过提取、干燥后的咖啡粉难免会失去一部分芳香物质,从而使成品的风味、口感不如现磨咖啡浓郁纯正^[3]。

为了使咖啡兼具便利性与品质持久性的优点,20世纪70年代,雀巢公司率先推出一种新的产品—胶囊式咖啡(Nespresso)^[4],即将经烘焙、研磨后的咖啡粉快速密封在避光、干燥并且充满惰性气体的胶囊里,这样既节省了每次冲泡前烘焙、研磨等工序,又最大程度地减少了咖啡粉中芳香物质的损失,保留了咖啡的原有风味和口感。

1.2 胶囊式咖啡的发展

1970年,雀巢研发部门发明了第一个胶囊式咖啡,并于1976年获得专利^[5];胶囊式咖啡的概念第一次出现并进入研发阶段。1986年,市场上第一次出现胶囊式咖啡产品。近几年,胶囊式咖啡进入高速发展阶段,目前胶囊式咖啡的品牌主要有:雀巢的Nespresso(瑞士)、星巴克的K-cup(美国)、Lavazza(意大利)、Monodor(瑞士)等。

如今,胶囊式咖啡不断在寻求多元化发展,主要体现在胶囊式咖啡种类丰富、品质与口味改善等方面。例如:通过咖啡种类的选择及其拼配比例来调整胶囊式咖啡的口感和风味^[6];通过对烘焙时间和时间的选择来调整胶囊式咖啡的苦味程度^[7];通过胶囊式咖啡出水口形状的优化控制咖啡泡沫的产生,进而改善咖啡品质等^[8]。

1.3 胶囊式咖啡的特点

1.3.1 风味独特

咖啡豆在烘焙过程中,咖啡油脂将挥发性的香气成分以气态的形式吸附在粉末上。普通冲泡方法并不能溶解咖啡的大部分油脂成分,从而影响其风味和口感,但若通过高压使高温水蒸气在短时间内通过咖啡粉,就可以将咖啡油脂与同样不溶于水的胶质一起乳化在水中,在液体上层形成一层似奶油的咖啡泡沫(即cream),从而使咖啡的芳香物质得以保留^[9]。因此,胶囊式咖啡冲泡后,具有意大利浓咖啡爱思巴苏(espresso)所特有的浓香和醇厚度^[10]。

1.3.2 品质持久、稳定

通常经过烘焙、研磨处理后的咖啡粉与空气接触保存,咖啡的优质风味仅能保存3 d,因为咖啡的风味物质对周围环境(如湿度、温度、氧气)非常敏感,容易发生酸化、氧化等反应,使其品质劣变^[2]。例如:芳香物质醛类本身易被氧化,暴露于光照下将加速氧化;二甲基硫化物不仅易挥发,还容易被氧化成无香味、不易挥发的甲基亚砷而失去香味^[2]。胶囊式咖啡则将经烘焙、研磨后的咖啡粉迅速密封于避光、干燥并充满惰性气体(氮气)的胶囊里,可以防止咖啡粉的氧化、酸化以及芳香物质挥发,从而长时间保留咖啡原有的风味。然而这种品质并不能够永久保存,目前,市售的胶囊式咖啡的保质期通常只有12~18个月。

此外,通过流水线生产制作胶囊式咖啡,实现标准化,避免了人工操作产生误差,从而较大程度地保证了每杯咖啡品质的稳定。

1.3.3 冲泡简单、携带方便

胶囊式咖啡的冲泡方法非常简单,通过一台胶囊咖啡机即可实现。冲泡咖啡时,只需将胶囊放入咖啡机的相应位置,按下开关,大约等待1 min即可,完全省略了普通咖啡机冲泡咖啡所需要的研磨、装粉、压粉、清理咖啡渣等一系列操作,在保证咖啡原有风味的同时,极大地减少了咖啡的冲泡时间。一些

咖啡机甚至可以自动回收使用过的胶囊外壳, 方便易行。

2 胶囊式咖啡目前存在的问题

2.1 安全性

2.1.1 胶囊式咖啡的结构组成及其安全性评价

通常, 胶囊式咖啡的制备工艺是将经过标准化研磨、烘焙后的咖啡粉迅速装入由封口、过滤膜、耐热容器等构成的胶囊里, 并立刻充氮密封, 其结构如图2所示。

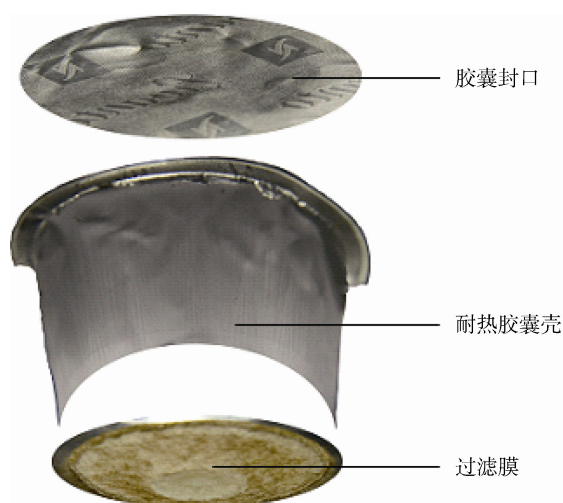


图2 雀巢Nespresso胶囊式咖啡的结构组成

Fig. 2 Constitution of Nespresso coffee capsule from Nestle Company

不同种类的胶囊式咖啡选择的包装材料不尽相同。例如: 雀巢公司生产的胶囊式咖啡, 其杯状耐热胶囊壳通常是用铝、铝-聚丙烯复合物、聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺以及其复合物制备的, 胶囊封口的材料通常是塑料和/或铝, 并通过高温密封于胶囊壳上, 形成唇状卷边, 过滤膜是用多孔塑料、纤维、铝基板制备的^[11]; 太平洋咖啡公司(香港)生产的K-fee胶囊式咖啡的过滤膜通常是用热塑性材料(如聚丙烯)制备的^[12]; MONODOR生产的胶囊式咖啡的多层薄膜通常是用聚丙烯、聚乙烯等制备的^[13]。近年来, 运用生物可降解的材料制备胶囊的专利也不少见^[14], 但总体上, 目前投产的胶囊式咖啡的胶囊材料通常还是用铝、塑料及其复合物制备的, 作为咖啡粉的直接接触包装, 这些材料的安全性值得探讨。

铝元素曾经一直被认为是一种无毒、无害、无副作用的安全元素, 但现代医学表明, 铝可在人体内蓄积并产生慢性毒性, 对中枢神经系统和胚胎发育有较大影响^[15]。咖啡萃取液往往呈弱酸性, 在冲泡过程中若使用铝制容器, 铝元素易迁移入冲泡好的咖啡中^[16]。研究表明, 铝元素的迁移量与咖啡冲泡方式有关。例如: 采用铝制摩卡炉制备的咖啡与简单萃取制备的咖啡, 前者咖啡中铝的含量显著高于后者^[17]。而有些胶囊式咖啡采用铝箔做包装, 采用高温蒸汽萃取的方法制备咖啡。虽然目前关于铝制胶囊式咖啡冲泡的咖啡中铝元素迁移的研究很少, 但采用这种方法冲泡的咖啡可能存在潜在的安全隐患。

为了增加胶囊式咖啡壳中塑料质材料的延展性和稳定性, 制作过程中往往会添加塑化剂, 常用的塑化剂主要是邻苯二甲酸酯(PAEs)类。现代医学、毒理学研究表明多种PAEs对人的生殖、发育、免疫毒性有较大影响^[18]。目前, 针对胶囊式咖啡中塑化剂相关的研究不多, 其中一项研究表明, 运用毛细管气相色谱-质谱技术(SPF-GC-MS)对经固相萃取后的胶囊式咖啡进行分析检测, 几乎所有的样本都发现含有PAEs类增塑剂, 包括邻苯二甲酸二甲基酯(DMP)、邻苯二甲酸二异丁基酯(BiBP)、二叔丁基(DBP)和邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)^[19]。其中, 国际癌症研究中心(IARC)已将DEHP列为2B类致癌物, BBP列为3类致癌物^[20]。

2.1.2 胶囊式咖啡的咖啡粉安全性评价

咖啡在烘焙、冲泡等加工过程中易产生一些对人体健康有害的成分, 最典型的有丙烯酰胺(acrylamide)、呋喃(furan)等^[21-22]。咖啡豆的糖、脂含量较高, 在高温烘焙过程中易发生美拉德反应, 产生丙烯酰胺^[23]。丙烯酰胺是一种高水溶性的不饱和羰基化合物, 具有较强的渗透作用, 可经消化道、呼吸道、皮肤、黏膜快速进入体内, 引起慢性中毒, 对神经、生殖、遗传等方面具有一定的毒害作用^[24]。IARC已将其列入2A类致癌物^[20], 因此咖啡中丙烯酰胺含量是评价咖啡安全性的一项重要指标。除了丙烯酰胺, 咖啡在烘焙与冲泡的过程中还容易因高温产生呋喃类污染物^[22]。呋喃是一种具有芳香味、低沸点(31℃)的小分子环状烯醚, 容易通过生物膜被肺或肠吸收, 引起肿瘤或癌变, IARC已将其列入2B类致癌物^[20]; 呋喃还具有麻醉和弱刺激作用, 对肝、肾损害严重^[27]。

作为咖啡的一种, 胶囊式咖啡在烘焙、冲泡等过

程中也不可避免地会产生丙烯酰胺和呋喃等有害成分,又由于其制备和冲泡方式的特殊性,使得其产生的有害成分含量和普通咖啡相比有共性也有不同。研究表明,用胶囊式咖啡冲泡的浓咖啡中丙烯酰胺的含量与咖啡豆种类、烘焙程度、冲泡时间长短有关。与普通咖啡相似,当其他条件相同时,使用阿拉比卡豆比罗布斯塔豆冲泡的咖啡中的丙烯酰胺含量少一半;深度烘焙后的咖啡豆冲泡的咖啡中丙烯酰胺含量是轻度烘焙的80%。不同的是,比起滴滤式、法压式等长时间冲泡的咖啡,胶囊式咖啡的短时间冲泡过程可以有效降低丙烯酰胺含量^[25-26]。然而,用胶囊式咖啡冲泡的浓咖啡中呋喃含量比运用滴滤式冲泡的咖啡产生的呋喃含量更多,其可能的原因是:冲泡胶囊式咖啡时提供的高压(900~1000 kPa)使呋喃从咖啡粉中的萃取率比滴滤式(100 kPa)冲泡显著提高;冲泡时间短(30 s)使呋喃没有足够的时间挥发,从而使其呋喃含量高于滴滤式(冲泡时间100 s)冲泡^[28]。

2.2 环保性

胶囊式咖啡作为一种优质、快捷的消费品,其市场份额在整个咖啡市场,特别是欧美市场占有重要的地位。根据The Star新闻的报道,目前胶囊式咖啡在美国的销售量正以每年100%以上的速度增长,很多办公室一天会消费5份以上胶囊式咖啡产品,由此产生的废弃胶囊数量也相当巨大。多数胶囊壳在制作过程中已经将铝和塑料混合,无法燃烧,难以分离、降解,对环境构成了巨大的威胁。目前,人们对废弃胶囊的回收利用做了许多尝试,例如:从废弃胶囊中回收铝元素;研发可重复使用的胶囊式咖啡外壳^[29];运用生物可降解的包装材料如聚乳酸、聚乙烯醇等^[15]。但是,在实际回收与处理过程中仍存在许多挑战,例如:废弃胶囊体积小、种类多、成分复杂,回收后不易统一处理;公众意识不强,回收体系难以健全;相关标准、法规不完善;许多企业并没有处理以及合理利用废弃胶囊的有效手段^[30]等。因此,妥善处理废弃胶囊的方法还需要进一步研究。

3 结 论

胶囊式咖啡以其优越的品质、长时间的保质期及便利性在咖啡市场占有举足轻重的地位,但咖啡粉及其胶囊外壳的安全性存在一定的隐患,为了保证其安全性,应当提前采取相应措施。例如:在咖啡粉

制备方面,选择合适的咖啡豆种类及其配比、合理优化烘焙及冲泡条件;在胶囊外壳选择方面,选用无毒无害且性能满足要求的材料、研发可食用包装涂料等;在生产加工方面,做到标准化生产,对产品质量严格把关。此外,废弃的胶囊壳处理不当会造成环境污染和资源浪费,通过加强宣传、建立相关标准法规、健全废弃胶囊的回收利用体系以及寻找可降解胶囊材料等对于减少环境污染,提高经济效益具有重要的意义。

参考文献

- [1] Aardenburg CJM. Coffee capsule [P]: US, D606363S. 2009-12-22.
- [2] 伍颜贞. 咖啡的化学特性[J]. 热带农业科学, 1988, 1: 73-77.
Wu YZ. Chemical properties of coffee [J]. Chin J Trop Agr, 1988, 1: 73-77.
- [3] 符伟扬. 冻干技术在速溶咖啡生产中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 1999, 5: 16-18.
Fu WY. Application on freeze-drying technology in the manufacturing of instant coffee [J]. Beverage Fast Frozen Food Ind, 1999, 5: 16-18.
- [4] Kashani K, Miller J. Innovation and renovation: The Nespresso story [J]. Int Inst Manag Dev, 2003, 5: 1-24.
- [5] ERIC F. Capsule for beverage preparation [P]: US, 4136202. 1978-09-29.
- [6] Mazzafera P. Chemical composition of defective coffee beans [J]. Food Chem, 1999, 64: 547-554.
- [7] Blumberg S, Frank O, Hofmann T. Quantitative studies on the influence of the bean roasting parameters and hot water percolation on the concentrations of bitter compounds in coffee brew [J]. J Agr Food Chem, 2010, 58: 3720-3728.
- [8] Blanco GD. Capsule for coffee, tea and other soluble products [P]: EP, 2465792 A2. 2012-06-20.
- [9] Dold S, Lindinger C, Kolodziejczyk E, *et al.* Influence of foam structure on the release kinetics of volatiles from espresso coffee prior to consumption [J]. J Agr Food Chem, 2011, 59: 11196-11203.
- [10] Illy A, Viani R. Espresso coffee [M]. London: Academic Press, 1995.
- [11] Yoakim A, Perentes A, Gerbaulet A. Capsule for preparing coffee in a device comprising a cartridge holder with relief and recessed elements [P]: EP, 2364930 A2. 2011-09-14.
- [12] Eder HC, Herrmann R. Portion capsule [P]: EP, 2391559 B1. 2012-12.
- [13] Favre E, Hentsch J. Method for preparing a beverage from a capsule and device therefor [P]: WO/2005/006927. 2005-01-27.

- [14] Vanni A. Capsule for the preparation of a beverage and capsule-holding unit for use therewith [P]: WO/2010/106516 A1. 2010-9-23.
- [15] 郑新. 铝对人体健康的影响及食品中铝含量的测定[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2007, 9: 36-37.
Zheng X. Influence of aluminum to people's health and testing the content of aluminum in food [J]. J Chongqing Univ Sci Technol (Natural Sciences Edition), 2007, 9: 36-37.
- [16] Barabasz W, Albinska D, Jaskowska M, *et al.* Ecotoxicology of aluminium [J]. Polish J Environ Studies, 2002, 11: 199-204.
- [17] Franková A, Drábek O, Havlík J, *et al.* The effect of beverage preparation method on aluminium content in coffee infusions [J]. J Inorg Biochem, 2009, 103: 1480-1485.
- [18] 陈波,倪静. 邻苯二甲酸酯的毒理学效应及对人体健康的影响[J]. 化工技术与开发, 2010, 11: 46-49.
Chen B, Ni J. Toxicological effects of phthalic acid esters on human health [J]. Technol Dev Chem Ind, 2010, 11: 46-49.
- [19] Bella GD, Potorti AG, Turco VL, *et al.* Analysis of plasticizers in coffee capsules by SPE-GC-MS [J]. Emirates J Food Agr, 2012, 29: 1.
- [20] Pánková K. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans [M]. Biologia Plantarum, 1986, 28(5): 354.
- [21] Stadler RH, Theurillat V. Acrylamide in Coffee. In Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention[M]. John Wiley & Sons, 2012: 259-273.
- [22] Guenther H, Hoenicke K, Biesterveld S, *et al.* Furan in coffee: pilot studies on formation during roasting and losses during production steps and consumer handling [J]. Food Addit Contam, 2010, 27: 283-290.
- [23] 张根义. 热加工食品中丙烯酰胺的形成机理和风险分析[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22: 91-99.
Zhang GY. Formation mechanism and risk assessments of acrylamide generated in heated foodstuffs [J]. J Wuxi Univ Light Ind, 2003, 22: 91-99.
- [24] 李军, 邓洁红, 谭兴和. 丙烯酰胺毒性及油炸食品丙烯酰胺抑制方法研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2010, 9: 31-33.
Li J, Deng JH, Tan XH. Toxicity of acrylamide and recent progress of acrylamide suppression method in fried food [J]. Cereal Feed Ind, 2010, 9: 31-33.
- [25] Alves RC, Soares C, Casal S, *et al.* Acrylamide in espresso coffee: Influence of species, roast degree and brew length [J]. Food Chem, 2010, 119: 929-934.
- [26] Lantz I, Ternité R, Wilkens J, *et al.* Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee [J]. Mol Nutr Food Res, 2006, 50: 1039-1046.
- [27] 谢明勇, 黄军根, 聂少平. 热加工食品中呋喃的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29: 1-8.
Xie MY, Huang JG, Nie SP. Recent progress of furan in heat-processed foods [J]. J Food Sci Biotechnol, 2010, 29: 1-8.
- [28] Altaki M, Santos F, Galceran M. Occurrence of furan in coffee from Spanish market: Contribution of brewing and roasting [J]. Food Chem, 2011, 126: 1527-1532.
- [29] 陈能. 可重复使用的咖啡胶囊外壳 [P]: CN, 201120117841.2. 2011-04-21.
Chen N. Reusable shell of coffee capsule [P]: CN, 201120117841.2. 2011-04-21.
- [30] Collecting and recycling used capsules [Z]. <http://www.nespresso.com/ecolaboration/uk/en/article/9/29/i-collecting-and-recycling-used-capsules.html>, 2012-9-29.

(责任编辑: 佟丽)

作者简介



唐晓双, 硕士研究生, 主要研究方向为可食用膜及微胶囊科学。
E-mail: xiaoshuang30428@163.com



冷小京, 副教授, 主要研究方向为可食用膜、食品微胶囊及纳米胶囊。
E-mail: lengxiaojingcau@163.com