

清醒与陶醉之间——“酱香拿铁”的奇妙漂流

周彤, 谢丽怡, 刘楚钰, 郑熙妍, 李宝*

华中科技大学化学与化工学院, 武汉 430074

摘要: 以近期风靡大众的“酱香拿铁”为蓝本, 创新性地以“美酒加咖啡”的双线结构展开, 从乙醇和咖啡因的性质、对人体的作用机制、体内代谢途径等方面进行拟人化叙述, 以期帮助读者了解背后的化学知识及对健康的影响, 从而更科学、适度地摄入饮品。

关键词: 乙醇; 咖啡因; 作用机制; 代谢途径; 人体反应; 饮用建议

中图分类号: G64; O6

Between Sobriety and Intoxication: The Fascinating Journey of Sauce-Flavored Latte

Tong Zhou, Liyi Xie, Chuyu Liu, Xiyan Zheng, Bao Li*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074

Abstract: Drawing inspiration from the recent trend of Sauce-Flavored Latte, this paper ingeniously explores the dual narrative of “wine meets coffee”, unraveling the anthropomorphic tale of ethanol and caffeine. Delving into their chemical properties, physiological mechanisms, and metabolic pathways, the narrative aims to enlighten readers about the underlying chemistry and health implications, enabling a more informed and moderate consumption of beverages.

Key Words: Alcohol; Caffeine; Mechanism; Metabolism; Physiological response; Drinking guidelines

本文紧跟生活热点进行创新, 介绍了乙醇和咖啡因同时在人体内发挥作用和代谢的过程, 亦提出了科学的饮用建议。科学与趣味并重, 对于引导大众养成健康的生活习惯有积极作用。

1 6:00 p.m.

007回家继续工作, 喝下自己特调的高酒精版“酱香拿铁”。

1.1 咖啡酒特调任我行 007漫游醉与醒

“美酒加咖啡, 就爱这一杯。”007举杯一饮而尽, 感到一阵陶醉和真假难辨的清醒。自此, 在他的身体内部, 乙醇和咖啡因踏上了一段惊险奇妙的旅程……

1.2 明性质双方初相识 又分别二者漂流始

杯中, 面对初次相见的咖啡因, 乙醇开始自我介绍: “我是 C_2H_5OH , 易挥发, 低毒性, 味甘易燃, 在酒中能活血, 养气, 通经脉, 行药势, 但若过量则会伤神耗血, 损胃亡精, 生痰动火^[1]。此外, 我在化工、医疗、农业方面也用途广泛呢!” 咖啡因接着说: “我是 $C_8H_{10}N_4O_2$, 又叫1,3,7-三甲基黄嘌呤, 我的六元杂环中有两个氮原子相邻排列, 并与一个苯基相接; 而在每个五元杂环中, 又

收稿: 2023-12-12; 录用: 2024-02-02; 网络发表: 2024-06-17

*通讯作者, Email: libao@hust.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金(92161123); 湖北本科高校省级教学改革研究项目(2023040)

有一个含有三条双键的半乳糖骨架，这些结构赋予我许多重要的生理活性。在临床上，我是一种中枢神经兴奋剂，也是世界上最被普遍使用的精神药品，我可以作疼痛佐剂、治疗早产儿呼吸暂停、降低患阿尔兹海默症的风险，但过量摄入也会导致心律失常、高血压等疾病。”话音刚落，它们感到天旋地转，然后进入了温热的腔体——007的口腔。

2 6:30 p.m.

007长期作息反规律、膳食不均衡，机体早已不堪重负，此时面对双重刺激，他感到胃部一阵滚烫。

2.1 入胃部咖啡引翻腾 进循环小肠菌群生

45 min内，咖啡因被胃肠完全吸收^[2]。

舌尖味觉神经细胞首先感知到客人光临，拉开了会厌软骨闸门，咖啡因们便从食道飞流直下到达了胃部，在胃部的酸性环境中，它们和胃粘膜壁细胞反复碰撞，导致胃酸开始分泌，其他食物都开始被侵蚀分解。咖啡因的追随者——绿原酸，它含有R-OH基，能形成具有抗氧化作用的氢自由基，以消除羟基自由基和超氧阴离子等自由基的活性，也可以抑制胰蛋白酶和其他消化酶的活性^[3]，让大部队得以保全。随着胃的反应越来越剧烈，小部分咖啡因直接挤过胃壁细胞、穿过胃毛细血管开启了血液循环，大部分则选择进入小肠开始新的冒险。

进入小肠后的咖啡因分子登上了弯弯曲曲的传送带，肠道发生了一些微妙的变化，其中的粪杆菌属和玫瑰孢属细菌含量增加，丹毒梭菌属含量减少，能降低发生肥胖的风险^[4]。咖啡因小队(咖啡酸、绿原酸、葫芦巴碱、咖啡醇等)还发挥了抗菌、抗炎作用，可有效减少肠道炎症和感染的发生。以绿原酸为例，杜仲绿原酸有较强的抗菌消炎作用，桃叶珊瑚苷及其多聚体有明显的抑菌作用，桃叶珊瑚苷元对革兰氏阴性、阳性菌都有抑制作用。最终，60%–70%的咖啡因被小肠通过微绒毛吸收进入了血液循环，剩余30%–40%转而进入了大肠。

2.2 穿胃肠乙醇吸收慢 惹是非疾病隐患埋

3 h内，乙醇被胃肠完全吸收。

在这场激流勇进中，乙醇伴随咖啡因进入食道，小部分直达毛细血管壁，开启了血液循环线路，大部分则首先来到胃分拣站。由于无法被聚集在此的胃蛋白酶系识别，10%从胃壁细胞进入血液循环大冒险，余下的便前往下一分拣站。

穿过幽门，乙醇也来到了最大的分拣站——小肠。在十八弯的肠道中，它们被各种各样的消化酶“无视”，80%–90%最终选择向小肠绒毛上皮细胞，穿过障壁，加入血液循环。

而这边胃肠刚送走咖啡因，还没喘息，又有乙醇过来“大闹天宫”。它们刺激着胃部，使胃不停地分泌胃液，过量的胃液如果返进食道中，其中的胃酸(即胃分泌的盐酸)很可能腐蚀食道。它们对胃黏膜、肠粘膜也有腐蚀作用，埋下了胃溃疡、肠穿孔等疾病的隐患。也许正是因为咖啡因和乙醇如此“捣蛋”，胃肠才拖拉地把它们放入了血液大循环中^[5]。

3 7:00 p.m.

忽略胃部的不适感，007脸色红润，心脏跳动有力。他感到心情格外愉悦，殊不知这份良好的感觉只是乙醇和咖啡因营造的假象。

3.1 咖啡因进军屏障摇 伪装者预支抗疲劳

1 h内，咖啡因含量在血液内到达峰值。

在一阵随波逐流后，咖啡因来到了“血脑屏障”。这是脑毛细血管壁与神经胶质细胞形成的血浆与脑细胞之间的屏障和由脉络丛形成的血浆和脑脊液之间的屏障，也是大脑重要的保护罩，有害和不需要的物质都会被无情地阻拦在外。然而咖啡因们凭借自己脂溶性较强的天赋，生生挤开了排列紧密的细胞们，扩散进入了“大脑宫殿”。

夜色渐深，导致疲劳的罪魁祸首——“腺苷”悄悄地被释放，也潜入“大脑宫殿”，正要与神经

细胞上的腺苷受体接头，向大脑传达“熄灯睡觉”的通知。不速之客咖啡因却凭借与腺苷高度相似的结构抢先与腺苷受体结合，成功干扰了“睡眠-清醒”神经通路^[6]。然而，处于竞争劣势的腺苷在突触间隙中集结兵力，等到咖啡因下场，它们便会卷土重来。

精密的大脑检测到腺苷的积累，便会生产更多的受体来平衡供需^[7]。当轮到腺苷反击，就是一个“咖啡因崩溃”的过程——咖啡因的代谢也有“半衰期”，即代谢50%需要的时间，随着摄入咖啡因时间的推移，咖啡因逐步降解，然而不断积累的腺苷仍然存在，急不可耐的腺苷一拥而上与更多的受体结合，身体会达到疲惫的顶峰。长此以往，人更容易感到疲惫、头晕，咖啡因的提神效果变差，想要再阻断疲惫信号，就要加大摄入量，从而导致耐受性的产生。

当然了，在这虚假繁荣的泡沫破碎之前，咖啡因仍是提神醒脑的大功臣，它们的到来提高了神经元的兴奋性，还刺激了肾上腺素和多巴胺的分泌，进而促进了心血管活动、提高了机体的警觉性和反应速度，只不过代价是预支未来的活力。

3.2 过肝脏乙醇难再出 强联手乙醛攻中枢

与此同时，乙醇的含量在血液里也达到了峰值。

乙醇脱氢酶系是肝脏站点最庞大的监督者，它们对于乙醇是及其警觉的，在监督者的介导下，乙醇脱去电子和 H^+ ，并伴有乙醛的生成。在乙醛脱氢酶的作用下，乙醛变为乙酸，接着乙酰辅酶A的协助下，乙酸最终变身二氧化碳离开了站点^[8]。最初意气风发的乙醇褪去一身行囊，遗憾谢幕。

而微粒体乙醇氧化系是比较少见的监督者，乙醇能促使它一同兴奋起来，但要是把它惹急了，乙醇可就“小命不保”，因为它的高强度代谢会伴随很多氧自由基的生成，此时肝脏站点的中坚力量——谷胱甘肽就会出来控场，出动氧化性小队与还原性小队在酶促反应中消除自由基，同时，还原性小队还能在谷胱甘肽S-转移酶的支持下结合乙醇或乙醛，裹挟着它们离开肝脏，进而维持整个肝脏站点的流通平衡。

然而对于肝脏系统而言，这一次乙醇的摄入超标了，因此即使大部队伤亡惨重，还有小部分及其代谢产物幸存，回到血液大道向中枢神经系统进发，准备在这具身体里掀起一阵风暴。

它们首先盯上了多巴胺(DA)这一与愉悦、成瘾密切相关的神经递质。乙醇作为一种亲神经兴奋性毒物，它熟练地通过了位于多巴胺能神经末梢的多巴胺转运体，进入DA神经元，来到中脑-边缘DA系统和 中脑-额叶DA系统。它伪装指挥官，向那些富含DA的区域神经元发出指令，命其增多DA的释放并且减少其分解^[9]。错误的指令下DA含量逐渐升高，使得心脏血管收缩，血压升高，同时在大脑皮层产生了愉悦感。

小脑中存在一种抑制性神经递质—— γ -氨基丁酸(GABA)，其能与 γ -氨基丁酸A型受体(GABA_A)结合，引起 Cl^- 内流增加，增强静息电位。乙醇见此故技重施，冒充GABA与GABA_A结合，抑制作用增强，造成细胞膜超极化，膜电位阈值变大，兴奋性下降，使机体感到昏昏欲睡。而乙醛则在一旁煽风点火，与多巴胺缩合成内源性阿片肽，直接或间接地对中枢神经系统产生抑制作用，造成恶心呕吐的感觉来给机体添乱。

4 10:00 p.m.

咖啡因和乙醇仍在007身体里兴奋地代谢着，让他隐隐感到腹胀，心悸。他准备早早入睡时，却失眠了。

4.1 酶超家族铁面审判 乙醇肝脏穷途再战

当咖啡因脱离腺苷受体的怀抱后，它们就踏上了代谢的不归路。进入肝脏后咖啡因就来到了细胞色素P450酶超家族的势力范围。家族元老CYP1A2酶开始无情审判：“被告咖啡因，由于刺激胃肠道粘膜、冒充腺苷导致神经系统紊乱等罪名被判处分解，即刻执行。”CYP1A2酶的表达受其他代谢途径的调节，通过增强底物代谢清除来帮助维持细胞化学环境中的动态平衡。在酶的作用下，咖啡因脱去甲基，约84%转化为1,7-二甲基黄嘌呤——能够加速脂解，导致血浆中的甘油及自由脂肪酸的

含量增加；12%转化为可可碱——能够扩张血管，增加尿量；4%转化为茶碱——能够舒缓支气管平滑肌，被用作治疗哮喘。其中，茶碱脱甲基转化为1-甲基黄嘌呤(1X)和3-甲基黄嘌呤(3X)，8-羟基化转化为1,3-二甲基尿酸(13U)^[10]。最终这些残骸被流放到了肾脏，通过肾小球的滤过作用进行了最后一道安检，随着尿液被排出体外，它们的奇妙漂流就此告一段落。

而乙醇在大脑宫殿里兴风作浪，中枢神经系统也对此做出了反应，通过血液大循环又将他们送回了肝脏，这些乙醇、乙醛等分子在此接到了机体的通报，它们同咖啡因一样，被判处分解。最终，它们残存的部分也将通过皮肤代谢与肾脏代谢，离开人体。至此，属于乙醇的惊心历险，也落下了帷幕。

4.2 醉似醉凭醉见幻象 清亦清以清得真相

在清醒与陶醉之间，007似乎做了个梦。

他看见自己本就千疮百孔的胃被乙醇和咖啡因弄得翻江倒海，炎症因子肆虐，他们甚至扩散到了中枢神经系统，使神经紊乱、大脑麻痹，他们破坏肝脏的正常代谢，导致酒精堆积、脂肪肝、肝硬化……他的免疫系统顽强抵抗，雪崩仅在一线之间……

007手足无措地旁观了这场大战，想到自己平时的种种陋习，准备醒过来迎接病痛的风暴时——咖啡因和乙醇已经“面目全非”地湮没在自己的身体里，留下的话却在007脑中久久不散：“我们本无意损害你的身体，初衷是想不让你的生活如白开水般平淡，可你却不合理地饮用我们，给你的身体造成了极大的负担，经此一役，希望你养成健康的生活习惯，再见面时不要这样兵戈相向了——”

自007喝下那杯“酱香拿铁”起，8–10 h咖啡将完全代谢，24–72 h酒精将完全代谢，至此它们的奇妙漂流才彻底结束。

5 奇旅如梦终归醒 健康中国我先行

翌日清晨醒来，酒精过量使007头痛欲裂，疲惫也如潮水般袭来^[11]。他决定从现在起纠正自己的习惯。经过调阅资料，007了解到健康的饮用方式：对于酒饮，一天中最适合喝酒的时间为傍晚6点左右；饮酒要适量，男性每天不超过66 mL白酒，女性不超过33 mL白酒；饮酒不宜空腹，搭配高蛋白和含维生素多的食物最佳；饮酒时间要把握，一般而言每两次饮酒间隔3天是对身体较为适宜的。对于咖啡，需要把控咖啡因的摄入，200–250 mg的咖啡因日摄入量为最佳，并且研究发现，200 mg咖啡搭配15 min午睡提神效果最好^[12]；如果想要良好的睡眠质量，睡前6 h应停止摄入咖啡。

“健康是幸福生活最重要的指标，健康是1，其他是后面的0。没有1，再多的0也没有意义。”领路人健康的嘱托让007改过自新，于是乎他放下美酒和咖啡，在每晚夜色未深之时便安然入梦。

参 考 文 献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [2] Newton, R.; Broughton, L. J.; Lind, M. J.; Morrison, P. J.; Rogers, H. J.; Bradbrook, I. D. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* **1981**, 21 (1), 45.
- [3] Rima, M. *101 Reasons to Drink Coffee without Guilt*. 陈步星, 胡大一, 译. 南京: 江苏文艺出版社, 2009: 7–9.
- [4] Wang, W.; Wang, S. H.; Pan, Y. Q.; Yang, J.; Zhang, S.; Chen, G. H. *Dry. Technol.* **2019**, 37 (16), 2126.
- [5] 冯杨梦晓, 德央, 任青兮, 周志磊, 姬中伟, 罗桑江才, 松桂花, 毛健. *食品与发酵工业*, **2024**, 50 (9), 298.
- [6] 王钰清, 王轶凡, 郑学丽, 秦朗, 吴迪. *大学化学*, **2018**, 33 (7), 56.
- [7] 易超然, 卫中庆. *医学研究生学报*, **2005**, 18 (3), 270.
- [8] Yaroslavsky, I.; Tejani-Butt, S. M. *Pharmacol. Biochem. Be.* **2010**, 94 (3), 471.
- [9] 王宝宝. *生物学教学*, **2023**, 48 (7), 87.
- [10] Guo, J.; Zhu X.; Badawy, S.; Ihsan, A.; Liu, Z.; Xie, C.; Wang, X. *Curr. Drug Metab.* **2021**, 22 (1), 40.
- [11] “酒精+咖啡”是成年人的提神快乐水还是健康“毒水”? [2023-11-19]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/76375170>
- [12] Hayashi, M.; Masuda, A.; Hori, T. *Clin. Neurophysiol.* **2003**, 114 (12), 2268.