

身边的“双面派-CH₃CH₂OH”——解锁身边的科学奥秘，感知科学的无限魅力

孙红泽 张子涵 李思睿 李丹丽*

北京市大峪中学，北京 102399

[摘要]乙醇(CH₃CH₂OH，俗称酒精)是和人类生产生活密切相关的有机化合物，具备鲜明的双面属性。本文从负面维度梳理乙醇体内代谢路径、乙醛堆积致醉酒与脏器损伤机理，归纳人参枳椇子口服液、水提高良姜、发酵粉葛提取物、莲藕解酒软糖、益生菌发酵番茄汁五种天然产物解酒保肝原理；从正面维度介绍乙醇在燃料、有机溶剂、烹饪助剂、临床医护、精细化工原料等领域应用价值。依托化学原理科普乙醇特性，倡导科学适度饮酒，减少酒精带来的健康损害。

[关键词]乙醇；酒精代谢；醉酒机制；天然解酒；化工应用

DOI: 10.33142/nsr.v3i2.20000

中图分类号: Z285

文献标识码: A

The "Double Faced Fact-CH₃CH₂OH" around Us - Unlock the Mysteries of Science and Perceive the Infinite Charm of Science

SUN Hongze, ZHANG Zihan, LI Sirui, LI Danli*

Beijing Dayu School, Beijing, 102399, China

Abstract: Ethanol (CH₃CH₂OH, commonly known as alcohol) is an organic compound closely related to human production and life, with distinct dual sided properties. This article summarizes the metabolic pathways of ethanol in the body from a negative perspective, the mechanisms of acetaldehyde accumulation leading to drunkenness and organ damage, and summarizes the principles of five natural products for sobering up and protecting the liver: ginseng and jujube oral liquid, water enhanced ginger, fermented Pueraria extract, lotus root hangover gummies, and probiotic fermented tomato juice; Introduce the application value of ethanol in the fields of fuel, organic solvents, cooking aids, clinical healthcare, and fine chemical raw materials from a positive perspective. Based on the principles of chemistry, popularize the characteristics of ethanol, advocate scientific moderate drinking, and reduce the health damage caused by alcohol.

Keywords: Ethanol; alcohol metabolism; drunkenness mechanism; natural hangover relief; chemical applications

引言

乙醇(CH₃CH₂OH，俗称酒精)是和人类生产生活密切相关的有机化合物，具备鲜明的双面属性。本文从负面维度梳理乙醇体内代谢路径、乙醛堆积致醉酒与脏器损伤机理，归纳人参枳椇子口服液、水提高良姜、发酵粉葛提取物、莲藕解酒软糖、益生菌发酵番茄汁五种天然产物解酒保肝原理；从正面维度介绍乙醇在燃料、有机溶剂、烹饪助剂、临床医护、精细化工原料等领域应用价值。依托化学原理科普乙醇特性，倡导科学适度饮酒，减少酒精带来的健康损害。

1 “反面派”(CH₃CH₂OH): 过量饮酒危害与天然解酒研究

1.1 乙醇理化性质、体内代谢与醉酒机理

乙醇是酒中的关键组分，乙醇的浓度决定了酒的度数

和酒味。乙醇为含羟基饱和一元醇，常温常压下无色透明、易挥发易燃，密度 0.798g/cm³ (20℃)，沸点 78.3℃、熔点-114.1℃，可与水以及氯仿、丙酮等绝大多数有机溶剂任意混溶，挥发蒸气与空气可形成爆炸性混合气。

1.2 酒文化及醉酒机理



图1 美味的“酒”

中华酒文化传承久远，如图1所示，日常宴席、民俗活动中饮酒十分普遍，少量饮用能够烘托氛围、舒缓情绪，

但古语“小酌怡情、大酌伤身”点明过量饮酒存在健康隐患。酒精进入人体后迅速被吸收代谢，长期过量摄入会加重脏器负荷，带来永久性损伤。

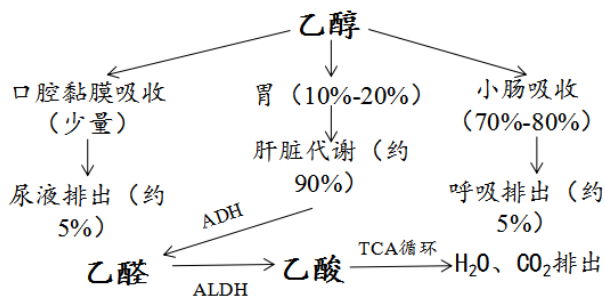


图2 喝酒醉酒的机制

ADH: 乙醇脱氢酶 (alcohol dehydrogenase); ALDH: 乙醛脱氢酶 (acetaldehyde dehydrogenase); TCA 循环: 三羧酸循环 (tricarboxylic acid cycle) [1]

酒精进入人体 10min 入血, 60~90min 血药浓度到达峰值。人体吸收路径分为三处: 口腔微量吸收、胃部吸收 10%~20%、小肠吸收 70%~80%。摄入酒精 5%随尿液排出、5%经呼吸道挥发, 剩余 90%在肝脏分步酶解: 第一步在乙醇脱氢酶 (ADH) 催化下转化为乙醛; 第二步依靠乙醛脱氢酶 (ALDH) 将乙醛氧化为乙酸; 第三步乙酸进入三羧酸循环 (TCA 循环) 彻底分解为二氧化碳和水 [2]。

总反应: $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 \uparrow + 3H_2O$

人体 ADH、ALDH 的合成能力由基因调控, 酶活性的个体差异直接造成酒量区别。短时间大量饮酒会超出 ALDH 代谢上限, 乙醛在体内大量蓄积: 一方面扩张体表毛细血管, 引发脸红、身热; 另一方面穿透血脑屏障抑制中枢神经, 依次出现亢奋多语、走路失衡、昏睡昏迷等急性醉酒症状。

长期持续酗酒时, 乙醛反复侵蚀肝细胞与神经系统, 逐步诱发脂肪肝、肝硬化、末梢神经损伤, 还会形成酒精依赖, 提升脏器癌变风险。基于代谢规律, 天然产物解酒主要分为两大方向: 一是在肠胃形成保护膜, 延缓酒精吸收、强化胃部首过代谢; 二是提升肝脏 ADH、ALDH、SOD、GSH-Px 等关键酶活性, 加速酒精分解、清除氧化自由基, 减轻肝组织损伤, 这也让天然解酒食材的研发对酒精性肝病防控具备实用价值。

1.3 解酒的机制

根据乙醇在体内的代谢特点, 天然解酒物的作用机制可分为两类: 乙醇胃肠吸收抑制剂和代谢增强剂。乙醇胃肠吸收抑制剂通过加强乙醇在胃肠道的首过代谢, 抑制酒

精吸收, 从而降低血液中乙醇浓度, 减轻对机体的损害 [3]。首过代谢与胃内 ADH 活性密切相关, 提高 ADH 活性可有效减轻乙醇的毒害作用。代谢增强剂则直接作用于肝脏代谢酶系, 加速乙醇及其代谢产物的消除, 减轻组织与细胞损伤。

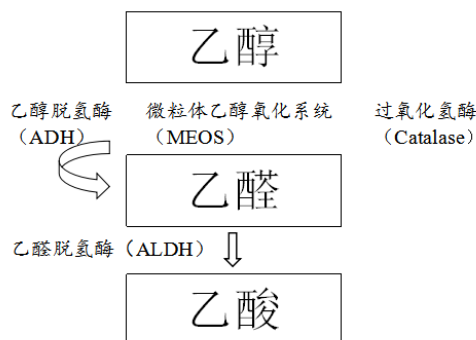


图3 乙醇在肝脏的代谢途径

肝脏对乙醇的代谢主要在肝细胞的不同位点, 通过不同的酶系统进行, 包括乙醇脱氢酶系统和非乙醇脱氢酶系统。乙醇脱氢酶系统依赖胞质溶胶中的 ADH, 该酶具有立体专一性, 以烟酰胺腺嘌呤二核苷酸 (NAD^+) 为辅酶, 结合非蛋白组分后表现酶活性 [4]。非乙醇脱氢酶系统则涉及光滑内质网上的微粒体乙醇氧化系统 (MEOS) 和过氧化物酶体上的过氧化氢酶, 如图 3 所示。三条代谢途径均可将乙醇氧化为有毒的乙醛, 而乙醛在 ALDH 作用下迅速转化为乙酸 [5]。因此, 提高肝脏中乙醇代谢酶的活性是解酒的关键。促进乙醇肝脏代谢的方式主要有两种: (1) 增强肝脏内细胞色素 P450 酶、ADH 和 ALDH 等乙醇降解酶的活力, 加速乙醇降解解毒; (2) 提高超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶及谷胱甘肽转硫酶等清除自由基酶的活性, 增强机体清除自由基的能力, 从而抑制醉酒引起的酶损伤、组织损伤及脂质过氧化所致的细胞氧化损伤 [6]。

由此可见, 饮酒对肝脏危害极大。我国是肝病高发国家, 病毒性肝炎、脂肪肝、酒精性肝病等严重威胁人民健康, 因此, 有效的解酒护肝手段对缓解酒精性肝损伤, 尤其在预防乙醇损伤方面具有重要意义 [7]。

1.4 五种天然解酒物质作用分析

1.4.1 人参枳椇子口服液

人参枳椇子口服液以宋代《严氏济生方》葛根汤、元代《世医得效方》枳椇丸为研发基础, 主料为人参、枳椇子, 复配葛根粉、玉米低聚肽、牡蛎肽, 依靠多组分协同增效, 区别于市面单一药材配方解酒产品。多项试验证实,

产品可提升机体抗氧化酶活性,降低酒精诱导的氧化应激,加速肝脏酒精代谢,实现防醉、醒酒、保肝效果^[8];已有文献证实人参提取物能够减轻酒精造成的肝细胞损伤^[9]。

1.4.2 水提高良姜

高良姜,性味辛热,有散寒止痛、温中止呕之功,可用于解酒毒。药理学研究表明,其具有抗溃疡、抗腹泻、镇痛抗炎、抗血栓形成、抗氧化、抗菌等药理活性^[10]。有研究表明,高良姜对酒精性肝损伤具有保护作用^[11]。

水提高良姜是指高良姜原药材经过“水提工艺”处理后得到的水溶性成分富集物,它不是独立的药材品种,而是高良姜的深加工产物,属于天然植物提取物范畴^[12]。水提工艺通过水煎浓缩富集药材水溶性黄酮、多糖,剔除大部分挥发性油脂。药理数据表明,水提高良姜一方面上调肝脏 ADH 活性,加速乙醇分解、降低血醇浓度;另一方面依托高良姜素等黄酮成分清除自由基,阻断肝细胞氧化损伤,同时凭借温中止呕的药性改善酒后反胃。动物试验显示,水提物能够延长小鼠醉酒潜伏期、缩短醉酒时长,对急性酒精肝损伤存在保护作用。

1.4.3 发酵粉葛提取物

粉葛是卫健委收录药食同源原料,根茎富含葛根素、大豆苷、槲皮素等黄酮类活性物质,黄酮是解酒护肝核心有效成分,相比普通葛根,粉葛解酒效果更突出^[13]。原料经微生物发酵后活性物质溶出率提升,提取物通过双重路径起效:一是阻隔肠道对乙醇吸收,降低血液酒精峰值;二是提高 ADH、SOD、GSH-Px 活性,下调氧化损伤标志物 MDA,改善肝脏氧化应激^[14,15]。

ADH 是酒精代谢的关键酶,其活性会影响血液中乙醇的含量,所以可用 ADH 的活性来衡量药物的解酒效果^[16]。当酒精摄入过量时,会在体内短时间大量蓄积,使 ADH、GSH-Px 的活性显著降低,对肝脏产生直接损伤作用。其代谢机理主要涉及乙醇的代谢产物乙醛的生理损伤,氧缺乏、氧应激、自由基的损伤以及还原性辅酶异常引起代谢紊乱等方面。酒精代谢后 MDA 含量会显著降低,同时会提高 SOD 和 GSH-Px 的活性,改善氧化应激水平。因此低活性 GSH-Px、SOD、ADH 和高水平 MDA 是肝脏发生氧化应激的重要标志。

1.4.4 莲藕解酒功能软糖

莲藕自古入药,《本草拾遗》记载解酒功效,内含多酚、植物多糖、B 族维生素与矿物电解质。现代工艺提取莲藕活性物质制成软糖,相较胶囊剂,口感更佳、有效成分吸收率更高^[17,18]。其中多酚(没食子酸、儿茶素)激

活 ADH、ALDH,打通酒精完整代谢链条;植物多糖附着胃壁形成保护膜,延缓酒精入血;B 族维生素充当代谢辅酶,钾钠电解质补充饮酒流失养分^[19]。试验证实,该软糖可提升酒精分解速率 30%~50%,降低 ALT、AST 等肝损伤指标。

表 1 莲藕解酒功能软糖的解酒机制

机制	具体作用
加速代谢	显著提高肝脏 ADH 活性,使酒精分解速度提升 30~50%
保护肝脏	清除酒精代谢产生的自由基,减轻肝损伤,降低 ALT/AST 水平
胃壁防护	在胃黏膜形成保护膜,减少酒精刺激,缓解恶心呕吐
缓解不适	补充水分电解质,减轻头痛、口干等宿醉症状

1.4.5 益生菌发酵番茄汁

新鲜番茄富含番茄红素与多酚,经植物乳杆菌发酵后,大分子蛋白分解为游离氨基酸,B 族维生素、可溶性营养成分明显提升^[20]。发酵产物 PFTJ 可提升机体 SOD、GSH-Px 抗氧化酶活力,降低 AST、ALT、TG 等肝损伤指标^[21],抑制肝细胞水肿与脂肪变性,缩短急性酒精中毒动物醒酒时间,依靠抗氧化作用缓解酒精带来的全身性氧化损伤^[22]。

2 “正面派”(CH₃CH₂OH):乙醇多领域应用价值

前文阐述了过量摄入乙醇带来的各类健康危害,但乙醇并非只有负面影响。依托独特的理化性质,乙醇在化工、医药、餐饮等诸多行业不可或缺,凭借优良的溶解能力、杀菌效果实现多元化应用,适度饮用还可舒缓情绪、烘托氛围,下面从多个领域具体介绍乙醇的实用价值。

2.1 作燃料

酒精(乙醇)具有可燃性,当酒精挥发到空气中形成一定浓度时,可以形成可燃气体,这时如果有火源接触到酒精蒸气,就会发生燃烧。其燃烧温度范围在 400~500℃ 之间。酒精燃烧时发出淡蓝色火焰,完全氧化反应会生成二氧化碳和水,并放出大量热,不完全燃烧时还会生成一氧化碳,有黄色火焰。其正面刚用途如用作实验室的酒精灯;将酒精制成酒精块燃烧,用于餐饮。

2.2 用作有机溶剂

(1) 浸制药酒:乙醇作为有机溶剂,能与水和大多数有机溶剂互溶。亲水性的成分如蛋白质、粘液质、果胶、淀粉和部分多糖等在乙醇中溶解度较大,而难溶于水的亲脂性成分在乙醇中的溶解度也较大。中草药中含有多种有药用价值的有机物。利用乙醇良好的溶解性,可以制备出药性良好的药酒。

(2) 配制碘酒溶液:碘酒也被称为碘酊,它是游离

状态的碘和酒精混合产生的液体，其外表是呈枣红色的。碘酒的临床作用就是用金属碘让细菌的蛋白质凝固，从而进一步破坏细菌的结构，然后再破坏菌体。因此碘酒能够起到杀灭真菌、细菌、芽孢、病原体，以及包括寄生虫等作用。

2.3 乙醇在食品烹饪中的功效

乙醇（俗称酒精）作为一种兼具安全性与功能性的食品加工辅助剂，在厨房烹饪场景中具有重要应用价值，其核心功能主要体现在腥味去除与食品质构优化两个方面，具体机制如下：

（1）鱼肉腥味的靶向去除作用

鱼肉在储存及加工过程中，会因体内含氮化合物代谢产生以三甲胺（Trimethylamine, TMA）为核心的挥发性腥味物质。该物质具有典型疏水性，在水溶液中溶解度极低，常规清水清洗难以实现有效去除。乙醇作为极性有机溶剂，可通过分子间氢键作用与 TMA 形成稳定溶剂化复合物，显著提升其溶解性能。在烧鱼烹饪过程中，向食材中添加适量乙醇后，随着烹饪温度升高（通常达到 90~100℃），乙醇（沸点 78.5℃）与 TMA（沸点 2.87℃）均易发生热挥发，二者随蒸汽共同逸出烹饪体系，从而实现腥味的高效去除，且不会对鱼肉的风味物质与营养成分造成破坏，保障食材原有食用品质。

（2）油炸食品酥脆质构的调控机制

在油炸食品的面糊配方中，引入极低剂量（1~2 勺，约 5~10mL）的 95%食用级乙醇，经均匀搅拌使乙醇与面糊形成均一分散体系，再包裹于食材表面进行油炸处理（油炸温度通常为 150~180℃）。由于乙醇的沸点（78.5℃）远低于食用油的油炸温度区间，在高温油炸过程中，乙醇会快速发生汽化相变，从面糊内部向外部逸出。这一过程中，乙醇蒸汽的逸出会在面糊基质中形成均匀分布的微小孔隙结构，该结构可有效降低食材表面与油脂的接触面积，减少油脂吸附量；同时，孔隙化的外皮结构在冷却后形成疏松酥脆的质构特征，显著提升油炸食品的口感品质，为功能性油炸食品的开发提供了简单可行的技术路径。

2.4 舒筋活血功效及作用机制

针对关节疼痛症状，可采用乙醇（酒）引燃后局部揉擦按摩的传统应用方式，以实现疼痛缓解或消退。具体操作为：将适量乙醇引燃后，手部蘸取燃烧状态的乙醇，对关节疼痛部位进行轻柔揉擦按摩。该操作具有良好的安全性，无需担忧烫伤风险，其核心原因在于乙醇燃烧过程中，体系中的水分与乙醇同步发生汽化现象，汽化过程伴随大量热量散失，可有效控制局部接触温度，避免皮肤组织损伤^[23]。

从作用机制来看，乙醇燃烧产生的温和温热效应与局部揉擦的物理刺激相结合，一方面可促进病变部位的血液循环，改善局部组织供氧与代谢状态；另一方面能够缓解关节周围肌肉痉挛，减轻炎症因子对神经末梢的刺激，进而发挥舒筋活血、镇痛消肿的功效，为关节疼痛的辅助缓解提供了兼具传统经验与物理化学原理支撑的应用方案。

2.5 临床用途

乙醇在临床医学领域具有明确的应用价值，核心集中于消毒杀菌与物理降温两大场景^[24]，具体应用机制及操作规范如下：

消毒杀菌作用：乙醇的消毒机制主要通过破坏微生物细胞膜结构、导致蛋白质变性凝固实现，从而抑制微生物代谢活动并最终使其灭活^[25]。研究表明，浓度为 70%~75%的乙醇杀菌活性最强，该浓度下乙醇可快速渗透微生物细胞内部，兼顾杀菌效率与作用持续性，细菌及真菌接触后 1~2min 即可被灭活。在外科临床中，乙醇常用于手臂消毒，标准操作流程为将手臂完全浸泡 70%乙醇溶液中，持续 5min 以达到无菌要求；此外，还可广泛应用于安瓿瓶、体温计、肠线、锐利器械、橡胶及乳胶制品等医疗器械的消毒处理。针对特殊人群及部位，如碘过敏者、婴幼儿，以及阴囊等皮肤敏感区域的术前消毒，乙醇因其温和性与有效性成为优选消毒方案^[24]。

物理降温作用：基于乙醇易挥发的物理特性及扩张皮肤血管的生理效应，临床上将乙醇用于高热患者（体温 > 39℃）的物理降温治疗^[24]。常规操作采用浓度为 25%~30%的乙醇溶液，通过体表擦浴或重点涂擦大血管分布区域（如颈部、腋下、腹股沟等）的方式实施。乙醇接触皮肤后快速挥发，挥发过程中吸收体表大量热量，同时其血管扩张作用可促进局部血液循环，加速热量散发，从而实现快速、安全的降温效果，避免高热对机体组织器官造成损伤。

2.6 乙醇衍生化工产品的开发与应用

乙醇作为一种重要的化工原料，通过不同的合成路径可衍生出多种高附加值化工产品^[26,27]：一是乙醇钠，由乙醇与氢氧化钠加苯脱水制得，为吸湿性粉末，遇水易水解，多用于医药、农药合成的碱性催化剂^[28]；二是乙二醇单乙醚，依托乙醇与环氧乙烷加成合成，为无色油状液体，互溶性优异，常用作树脂溶剂、涂料稀释剂与皮革助剂^[29]；三是乙醛缩二乙醇，乙醇和乙醛在酸催化、氯化钙脱水条件下缩合而成，常温稳定、酸性易水解，是涂料、香料、塑料行业优质溶剂^[30]；四是乙二醇二乙醚，经乙醇与环氧乙烷分步加成制得，溶解与挥发性能突出，广泛用于工业

清洗剂、电子清洗及有机合成介质^[31]。

3 结论

本文从化学视角对乙醇 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 的“双面派”特性进行了系统梳理, 主要结论如下:

(1) 乙醇代谢机制与醉酒危害: 乙醇在体内主要经 ADH 和 ALDH 催化分解, 个体酶活性差异决定酒量高低。乙醛蓄积速率超过 ALDH 代谢能力时, 即引发醉酒及器官损伤; 长期大量饮酒可导致酒精性肝病、神经系统损害等不可逆后果。

(2) 天然解酒物的多靶点机制: 人参枳椇子口服液、水提高良姜、发酵粉葛提取物、莲藕解酒功能软糖和益生菌发酵番茄汁等天然解酒物, 均能通过提高 ADH/ALDH 活性、增强 SOD、GSH-Px 等抗氧化酶功能、抑制胃肠乙醇吸收等多靶点协同机制, 发挥解酒保肝功效, 为开发安全高效的解酒保健产品提供了科学依据。

(3) 乙醇的多元正面应用价值: 乙醇在燃料、有机溶剂、食品烹饪、临床消毒与物理降温以及化工衍生品开发等领域均具有不可替代的重要价值, 体现了其作为重要有机化合物的广泛功能性。

综上所述, 乙醇是一种典型的“双面派”有机物, 其对人体健康的利弊取决于使用方式与剂量。科学认识乙醇的化学本质, 有助于引导公众合理饮酒、安全用酒, 同时充分发挥其在工农业生产和医疗健康领域的积极作用。建议在日常生活中做到: 适量饮酒, 合理搭配解酒食材, 避免空腹饮酒, 以最大程度降低酒精对健康的危害。

[参考文献]

- [1] 方芳, 王凤忠. 醉酒与解酒的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2013(22): 5-10.
- [2] 孟文文, 刘慧茹, 张文光, 等. 中药防治酒精性肝病作用机制的研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(3): 868-881.
- [3] 钟晓凌, 王然. 醒酒机理的研究进展[J]. 理工可研, 2009(8): 271-272.
- [4] 张若明, 李经才. 解酒天然药物研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2001(18): 138-142.
- [5] Yocoyama H, Baraona E, Lierber S. Upstream structure of human ADH7 gene and the organ distribution of its expression[J]. Biochem Biophys Commun, 1995(215): 251-272.
- [6] 隋玉杰, 何慧, 石燕玲, 等. 玉米肽的醒酒活性体外试验及其醒酒机理研究[J]. 中国粮油学报, 2008(23): 54-58.
- [7] Juan Caballeria M D. Current concepts in alcohol

metabo-lism[J]. Annals of Hepatology, 2003(1): 60-68.

- [8] 郑彦楠, 阮郑石诗, 高建平, 等. 人参枳椇子口服液的解酒保肝作用研究[J]. 世界中医药, 2024, 19(15): 2253-2259.
- [9] 罗群, 沈先荣, 侯登勇, 等. 铁皮枫斗多糖对小鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2019, 40(13): 150-154.
- [10] 胡佳惠, 闫明. 高良姜的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(10): 2544-2546.
- [11] 周园, 黎小妍, 熊天琴, 等. 高良姜对小鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 北方药学, 2012(7): 30-31.
- [12] 周利, 葛方, 杨中林. 高良姜水提和醇提样品液解酒效果比较研究[J]. 亚太传统医药, 2014, 10(13): 4-6.
- [13] 张娜郡, 陈超, 李云飞, 等. 发酵前后粉葛提取物对酒精性肝损伤大鼠的解酒护肝作用[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(15): 18-24.
- [14] 许皖. 葛花、枳椇子及其配伍对急性酒精性肝损伤小鼠保护作用的实验研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2020.
- [15] Xu Wan. Experimental study on protective effects of flos Puerariae lobatae, Semen hoveniae and their compatibility on acute alcoholic liver injury in mice[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2020.
- [16] LIU Y S, YUAN M H, ZHANG C Y, et al. Puerariae lobatae radix flavonoids and puerarin alleviate alcoholic liver injury in zebrafish by regulating alcohol and lipid metabolism[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2021(134): 111-121.
- [17] 张会香, 刘邻渭, 杨世军. 解酒药剂及保健食品的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2002, 14(2): 83-86.
- [18] ZHANG Huixiang, LIU Linwei, YANG Shijun. Progress of antialcoholism agents and functional foods[J]. Natural Product Research and Development, 2002, 14(2): 83-86.
- [19] 杨紫瀚, 吴伟杰, 高原, 等. 莲藕解酒功能软糖的制备及功效评价[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(2): 404-415.
- [20] 屈青松, 林峰, 赵崇妍, 等. 发酵乳杆菌发酵人参工艺优化及人参皂苷抗氧化活性测定[J]. 中成药, 2020, 42(10): 2738-2743.
- [21] YUAN S, DONG P Y, MA H H, et al. Antioxidant and biological activities of the lotus root polysaccharide-iron (III) complex[J]. Molecules, 2022, 27(20): 7106.
- [22] 韩紫薇, 赵斗, 马自强, 等. 益生菌发酵番茄汁对酒精中毒小鼠的解酒护肝作用[J]. 现代食品科技, 2024, 40(7): 35-43.

- [23] 许卫红.乙醇的用途种种[J].数理化学学习(高中版),2002(4):64.
- [24] 胡智伟.乙醇的临床用途[J].河南医药信息,2001(18):61-62.
- [25] 薛广波.实用消毒学[D].北京:人民军医出版社,1986.
- [26] Kelsey J R.Ethylene oxide derived glycol ethers: A review of the alkyl glycol ethers potential to cause endocrine disruption[J].Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2022(129):105-113.
- [27] Randriana N R, Randrianomenjanahary A M, Rabearitsara A T.Sodium Ethoxide Concentrated Solution Synthesis at Ambient Temperature Using Sodium Hydroxide and Ethanol-90 in Excess[J].World Journal of Applied Chemistry,2021,6(1):6-11.
- [28] Mohamed Ahmed M S, Abdelfattah A M, Ahmed A A M.Synthesis of novel benzo [6,7] cyclohepta [1, 2-b] thieno [3,2-e]pyridines and their bis-analogues linked to different spacers:Approach to a new ring system[J].Synthetic Communications,2023,53(20):1701-1712.
- [29] Durgabhavania M,Kavithaa C,Narendrab K,et al. Volumetric properties of binary mixtures of cyclohexane with 2-ethoxyethanol at 303.15, 308.15,313.15 and 318.15 K[J].Indian Journal of Chemistry,2019(58):1206-1210.
- [30] Bhansali K J,Balinge K R,Raut S U,et al.Design of metal-free porphyrin photocatalyst:synergetic effect of donor-acceptor phenomenon for 1,1-Diethoxyethane production under visible light[J].Biomass Conversion and Biorefinery,2024,14(1):1037-1058.
- [31] Khan N,Kumar A,Johns M L,et al.Experimental investigation to elucidate the hydrate Anti-Agglomerating characteristics of 2-Butoxyethanol[J].Chemical Engineering Journal,2023(471):144288.

作者简介: 孙红泽(1988—),女,汉族,河北省衡水市,一级教师,硕士研究生,中国科学院大学,植物学专业,中学教师。