

中药发酵研究进展*

□王延年** 董 雪 (沈阳药科大学中药学院 沈阳 110016)
乔延江** 史新元 (北京中医药大学中药信息研究中心 北京 100029)

摘 要:本文论述了发酵对中药活性成分、药理作用、毒副作用、药效、中药资源及发酵工艺对中药质量的影响。发酵过程中微生物发挥强大的分解转化能力,并能产生丰富的次生代谢产物,中药炮制采用微生物发酵法具有一般方法所无法比拟的优势,为中药的发展开辟新的研究领域。应用现代发酵技术,定向发酵中药,应成为中药发酵研究的方向。

关键词:中药炮制 微生物 发酵

doi: 10.3969/j.issn.1674-3849.2010.03.026

中药发酵是借助于酶和微生物的作用,在一定的环境条件下(如温度、湿度、空气、水分等),使药物通过发酵过程,改变其原有性能,增强或产生新的功效,扩大用药品种,以适应临床用药的需要^[1]。发酵法为中药炮制方法之一,在中药发展史上有着光辉的一页,例如,《医学入门》(1575年)中“五倍子”条下载有“五倍子粗粉,并矾、曲和匀,如作酒曲样,入瓷器内遮不见风,候生白取出”。这里的“生白”,就是从五倍子中用发酵法得到的没食子酸,是世界科技发展史上最早制得的有机酸,比瑞典药学家舍勒氏制备没食子酸(1786年)早了210多年。

随着现代科学技术的发展,发酵法在中药领域的应用范围越来越广泛。实验研究结果表明,中药发酵具有多方面的优势,如提高中药药效^[2-3]、生成新的活

性成分、产生新药效^[4]、节省药源等。总之,利用现代生物技术发酵中药,将对扩大中药治疗范围、改进剂型、创制新药方面提供新的技术手段,为中药吸收现代科技成果提供新途径^[5],对中药的发展具有广阔的前景。

一、发酵与中药炮制

中药发酵法是将净制或处理后的药物,置于一定的温度和湿度环境中,由于霉菌和酶的催化分解作用,使药物发泡、生衣的一种加工炮制方法^[6]。中药六神曲、半夏曲、红曲、建神曲、淡豆豉、沉香曲等都是通过发酵炮制而成的药物。名贵中药虫夏草是蝙蝠蛾幼虫经虫草菌发酵而生成的。中药传统的发酵炮制,是利用天然的霉菌、细菌等菌种发酵,因而存在菌种不纯、针对性不强等缺点,同时也不能根据需要将各种微生物组合接种在一起,从而限制了微生物的作用。另外,发酵过程中可能会落入有害菌,所以微生物在药物发酵过程

收稿日期: 2009-12-08

修回日期: 2010-05-11

* 北京市教育委员会北京市重点实验室(JD100260652):清热解暑中药有效成分发现的方法学研究,负责人:乔延江;科学技术部行业专项(XK100270569):中药抗病毒有效物质基础研究,负责人:乔延江。

** 联系人:王延年,副教授,硕士生导师,2009年教育部高等学校青年骨干教师国内访问学者,主要研究方向:中药炮制机理研究、中药活性成分及质量控制,Tel:010-84738650,E-mail:ynwang358@sohu.com;乔延江,本刊编委,教授,博士生导师,主要研究方向:中药质量控制方法学研究、中药数据挖掘研究与虚拟筛选研究、中药生产过程在线检测与质量控制研究,E-mail:yjqiao@263.net。

中的潜在效能未能得到最大限度地发挥^[6]。

在现代中药发酵炮制中, 研究人员逐渐开始利用现代研究成果, 定向改变药物的性能, 或根据药物之间的特性有目的进行组合, 利用单一菌种, 或用混合菌种定向发酵。如五倍子的发酵炮制, 是采用含有根霉菌和 L-赖氨酸等物质的酵母发酵五倍子, 通过发酵, 克服了鞣酸在肠道内与食物中的蛋白质结合的缺点, 显著提高五倍子的收敛作用^[7]。中药发酵主要有液体深层发酵和固体发酵两种, 其中中药的现代发酵工艺一般仍采用固体发酵炮制, 且在整个发酵过程中力求准确地控制发酵菌种的种类和数量, 同时对温度、湿度、酸碱度、通气等工艺因素进行动态控制, 提高发酵品质量。现代中药发酵工艺基本包含了生物发酵工程的全部环节, 包括菌种的选育、培养基的配制、灭菌、扩大培养和接种、发酵、产品的分离、提纯等过程^[8]。

二、发酵对中药活性成分的影响

在中药发酵过程中, 由于微生物的生长代谢和生命活动具有强大分解转化物质的能力, 并能产生多种次生代谢产物, 可以比一般的物理或化学手段更大幅度地改变药性, 产生新的化学成分或活性更强的先导化合物。发酵过程能完成一些化学合成难以进行的反应, 主要涉及羟基化、环氧化、脱氢、氯化、水解、水合、酯基转移、酯化、胺化、脱水、异构化、芳构化等化学反应^[9]。

发酵对中药活性成分的影响, 可以从 4 个方面概括其途径^[5]: ①微生物在生长过程中产生生物活性物质, 包括多种酶、抗生素等。如米曲霉在生长过程中产生数种蛋白酶、纤维素酶、果胶酶、酰胺酶、酯化酶、淀粉酶和糖化酶等, 酵母在发酵时可产生蔗糖酶、淀粉酶、酒化酶、脂肪酶等。这些酶类可以催化中药成分的分解, 或转化成其他成分, 如中药淡豆豉, 经过发酵过程, 其苷类成分发生了变化, 转化为游离的苷元, 具有更强的生理活性。②微生物的次生代谢过程中产生活性化合物。③中药所含的某些成分可以改变微生物的代谢途径, 形成新的成分或改变各成分的相互比例。④微生物的代谢可以将中药中的有效成分转化成新的化合物, 同时微生物的次生代谢产物和中药中的成分发生反应, 也能产生新的化合物。

薛慧玲等^[11]采用筛选获得的 β -葡萄糖醛酸酶产生菌 HQ-10, 通过发酵, 将黄芩中的主要前体物质黄芩苷转化为黄芩苷元, 结果发酵后的黄芩苷元含量

是原药材含量的 5.3 倍。李国红等^[10]用枯草芽孢杆菌对三七须根进行发酵, 并对产物中的皂苷成分进行分离、鉴定。结果显示, 通过发酵新产生了人参皂苷 Rh4, 而在三七原料药中未发现含有该化合物。

1. 中药发酵产物的降血脂活性成分

Negishi 等^[12]对红曲霉属菌株进行筛选, 从 *M. ruber*、*M. purpureus*、*M. pilosus*、*M. vitreus* 和 *M. pubigerus* 5 种红曲霉属菌种中得到 Monacolin K、Monacolin J、Monacolin L、Monacolin X 以及 Monacolin M 等降血脂成分。其中 Monacolin K 是强效降血脂成分, 其类似物是特异性的 HMG-CoA 还原酶抑制剂, 对血清胆固醇降低作用显著, 并有降低甘油三酯及低密度脂蛋白的作用^[13]。袁德云等^[14]研究证明, 灰树花发酵液及胞内多糖纯化物也具有降血脂作用。

2. 中药发酵产物的抗菌活性成分

田天丽等^[15]利用能产生 β -葡萄糖苷酶的一株根霉菌种与虎杖共发酵, 结果虎杖苷转化为白藜芦醇、结合蒽醌转化为游离蒽醌。另有研究报道^[16], 红曲中得到的主要抗菌活性成分梦那玉红 (Monascopubrin) 和潘红胺 (Rubropunctamine) 两种色素对芽孢杆菌属、链球菌属、假单孢菌属有抑菌活性。

3. 中药发酵产物的类雌激素作用活性成分的变化

大豆中含有多酚类混合物大豆异黄酮, 能发挥雌激素作用。大豆发酵成中药淡豆豉, 其 5,7,4'-三羟基异黄酮-7-葡萄糖苷 (染料木苷) 和 7,4'-二羟基异黄酮-7-葡萄糖苷 (大豆苷) 等苷类成分转化为游离的苷元, 而游离的苷元生理活性更强。测定结果显示, 淡豆豉中染料木素含量比原料大豆高 48.3%, 大豆黄素含量比原料大豆高 94%^[17]。

4. 中药发酵产物抗氧化活性成分

Aniy 等^[18]指出, 红曲所含主要抗氧化成分为 Dimeric acid, 与 Fe^{3+} 有高度的亲和力, 而具有抗氧化作用, 具有较好的清除 DPPH 自由基的能力。

任莉颖^[19]等研究发现, 利用夏枯草芽孢杆菌 S2-13 发酵炮制的红花, 一些有效成分可能经 S2-13 生物转化, 从而明显提高红花的抗氧化功效。通过发酵炮制中药红花, 使其酚羟基的数目大大提高, 进一步提高红花的抗氧化活性^[20]。

5. 发酵影响活性成分的含量及提取率

蔡琨等^[21]从淡豆豉中分离筛选纯种菌株, 进行单一菌种发酵, 并以高效液相色谱法研究纯种发酵对淡豆豉主要有效成分的影响。结果纯种发酵淡豆豉中染

料木素和大豆黄素的含量均高于自然发酵。另有研究报道^[22-23],提取黄连等中药中的小檗碱之前,将药材经纤维素酶进行酶解后,可以提高小檗碱的收率。

三、发酵对中药药理作用的影响

1. 抗 菌

李国红等^[24]利用枯草芽孢杆菌对中药进行发酵并检测其抗菌活性的变化。由于枯草芽孢杆菌与中药发生相互作用使中药成分发生变化,引起抗菌活性的变化,如射干、杏仁等中药的发酵产物抗菌活性明显增强。

王炎焱等^[25]研究发现,红曲各剂量组与洛伐他汀组比较抗炎作用相似。由于洛伐他汀为内酯式 Monacolin K 需在体内水解为酸式才能发挥药效。此外,该过程需要消耗体内的羟基酯酶,长期使用会增加肝、肾的负担,而红曲中的 Monacolin K 多为酸式,无需水解,在体内可以直接发挥作用^[26]。

2. 降血压

对自发高血压大鼠(SHR)、肾血管型高血压大鼠(RHR)及 DO CA-盐型高血压大鼠(DHR)每日口服红曲 3~4 周。结果显示,红曲能够降低 SHR、DOCA-盐型高血压大鼠的血压,其中对 DOCA-盐型高血压大鼠的降血压作用强于 SHR^[27]。

3. 溶栓作用

齐海萍等^[28]利用豆豉提取豆豉溶栓粗酶,测定了豆豉溶栓酶的体外溶栓能力,并研究了豆豉溶栓酶在不同温度、酸碱度、金属离子强度及各种不同的化学物质中溶栓能力的大小,测定了加入各种类型的抑制剂,其溶栓能力的变化情况。

4. 防治骨质疏松

毛俊琴等^[29]报道淡豆豉可显著提高卵巢切除大鼠的骨密度及血清钙(Ca)、磷(P)浓度,降低血清总碱性磷酸酶的活性,其作用与剂量有关,提示淡豆豉具有改善绝经后骨质疏松作用。

5. 降血脂

宋洪涛等^[30]以高脂血症鹌鹑模型研究了红曲 H-40 和 H-18 的血脂调节作用。结果显示,红曲 H-40 和 H-18 均具有降低高脂血症鹌鹑血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDC-C)的作用,而红曲 H-18 比红曲 H-40 具有更强的降血脂活性。

6. 发酵对中药抗肿瘤作用的影响

毛俊琴等^[31]采用稻瘟霉分生孢子法初筛,四唑盐

(MTT)比色法研究中药淡豆豉,结果显示,中药淡豆豉醇提物(SAE)可显著抑制 SMMC-7721 和 QSG-7701 生长,同时具有一定的时间、剂量依赖关系,且作用强于原料黑豆醇提物(HAE)。

董枚^[32]等报道六味地黄发酵液连续给药两周,可显著抑制小鼠肝癌 H22 的生长,抑瘤率为 30%,而同等剂量的六味地黄煎剂无明显的抑瘤作用,表明抑瘤作用是经发酵产生的。

四、发酵对中药药效的影响

发酵过程中,微生物能分解、转化中药中的纤维、糖类、蛋白质等成分,同时可以使中药细胞破壁,促进有效成分溶出。中药中所含成分与微生物的生长、代谢存在相互作用,生成新的化学成分或改变各成分之间的比例。微生物的次生代谢产物和中药所含成分发生协同作用,达到提高药效、改变药性或产生新的治疗作用。

王林等^[3]报道,用麻黄、莱菔子、金银花、连翘等中药发酵灵芝菌,能明显增加灵芝菌的生物量,而且灵芝发酵液的祛痰、止咳作用更强。

中药经发酵,分子量相对较小,在人体中吸收较快、较完全。药物进入人体后不能被利用的有效活性组分,可以通过发酵将其降解成小分子活性物质而被直接利用,从而提高药效。例如,2mg 芥子裂变物的药效等于未提取的芥子 50g 的药效^[33]。

大豆经发酵加工成淡豆豉,即具有降血脂、抗氧化、抗癌及类雌激素等生理功能,用于治疗心血管疾病、糖尿病、骨质疏松、乳腺癌及女性更年期综合征等^[34]。

刘涛等^[35]报道了临床针对痰邪的不同性质,把半夏或用药汁浸或加其它药物制成曲,使半夏更能发挥其祛痰功效,包括生姜曲、矾曲、皂角曲、竹沥曲、麻油曲、牛胆曲、开郁曲、硝黄曲、海粉曲、霞天曲等的不同应用。

中药复方的发酵制剂三株赋新康口服液,经临床药理研究室实验证实,其 S180 抑瘤率达 60% 以上,而相同中药复方不经发酵其抑瘤率仅为 31%^[36]。综上所述,中药发酵能显著提高疗效,发挥抗癌药提高癌症患者免疫力和对化疗的增效减毒功效。

不同的培养基经同样的微生物类群转化后也会产生药性的差异,如发酵淡豆豉时,用桑叶、青蒿同制,药性偏于寒凉,适用于外感风热或温病初起之证;用麻黄、

紫苏等同制,药性偏于辛温,适用于外感风寒之证^[37]。

五、发酵对中药毒副作用的影响

微生物的分解作用有可能分解中药中的有毒物质,从而降低毒副作用,或使原来不易被消化吸收的物质,经微生物的分解作用而变得易于吸收,如动物血经微生物发酵后,消化吸收率可以成倍地提高^[9]。通过发酵炮制,可以降低或消除部分患者服用五倍子后食欲不振的副反应^[7]。李雁群等^[38]报道苦参灵芝发酵液,具有抗 HBV 的作用,苦参经过灵芝发酵后毒性降低。

药用真菌发酵,可将中药的有毒物质进行分解,降低药物的毒副作用。如利用灵芝对大豆进行深层发酵可以较完全地去除引起食后胀气的低聚糖^[39]。在一定程度上,中药发酵可以起到减毒增效的作用。

六、发酵与中药资源

秦俊哲等^[40]用中药渣代替传统原料进行灵芝固体发酵,发现其固体菌丝中多糖含量和氨基酸含量都大大提高,不仅提高了药效,而且节约了药用资源。中药提取后的药渣,也可以利用发酵技术对中药进行多次提取,能充分有效地吸收利用大部分营养物质、节省药源、提高企业的经济效益。

杨海龙等^[41]研究中药对灵芝液体发酵生物量及胞外多糖的影响。结果表明,除黄芪外,薏苡仁、枸杞子、当归、玄参、山药、党参、牛膝、石斛和芦荟的水提液均能促进灵芝的生长(生物量增加),尤以牛膝、山药效果显著。并提出可以利用灵芝酶活力强的优势,在培养基中添加中药,对中药中的某些成分进行转化,可以降低中药的毒副作用或提高其效价。建议将现代发酵技术与中药材的加工进行有机的结合,利用灵芝等药用真菌对中药材进行发酵,生产包含中药活性成分、灵芝菌体及其活性代谢产物且组方配伍更佳的新型制剂。

中药复方是中医药的特色,利用药用真菌进行中药发酵加工,也可以组成中药复方并提供了新的组方形式。发酵后的产品可利用现代分离技术再加工或直接加工成制剂^[42]。天然培养基中添加中药成分的混合培养基的研究,有希望广泛地提供新的药用资源,并成为未来中药资源研究的热点。

七、发酵工艺影响中药质量

王世宇等^[43]以半夏曲的淀粉酶活力、蛋白酶活力

和小肠推动率为评价指标,研究半夏曲的处方。结果半夏曲最佳的发酵处方为:清半夏 80g、法半夏 80g、六神曲原料 5g、白矾 10g、生姜汁 20g、面粉 32g。蔡琨等^[21]指出,大豆在自然发酵的过程中易被杂菌污染,影响其有效成分的含量。而应用纯种发酵则可以较好地控制温度、湿度、酸度等因素,保证发酵产品质量的稳定性,生产出安全、有效、质量可靠的药用淡豆豉。高慧等^[44]报道神曲原料中的青蒿、苍耳、辣蓼,用鲜品或干品未见显著差异;面粉、麦麸配比影响淀粉酶活力;发酵时间对各酶活力有显著影响。

菌种的选育及分离筛选是中药发酵品生产的基础和关键。为获得优良菌种,一方面在自然界中分离筛选优良的工程菌,另一方面综合利用物理化学诱变技术、原生质体融合技术或基因重组工程技术进行选育^[45]。

综上所述,中药发酵是中药学与生物学这两门科学的重要结合点之一。发酵影响到中药活性成分、药理药效等,可以较大幅度地改变药性、提高疗效、降低毒副作用、发现新的药用资源,为中药的发展开辟新的研究领域,具有十分广阔的前景。祖国传统医药历经了长期的实践积累和历史的沉淀,是十分优越的。这需要我们不仅继承这些优秀成果,还应利用现代科学技术,深入研究其原理,掌握其规律性,从而推广到数量巨大的其他中药,为中药的理论和实践发展做出贡献。中药发酵是运用现代生物技术研究与发展中药的理想途径。

参考文献

- 1 丁安伟. 中药炮制学. 北京: 高等教育出版社, 2007: 318.
- 2 吴志勇. 发酵中药—现代生物技术与传统中药配方的结合. 现代中医药, 2003, 2: 22-27.
- 3 王林, 王玉红, 章克昌. 灵芝中药发酵液对慢性支气管炎疗效的研究. 中国食用菌, 2004, 23(5): 39-41.
- 4 庄毅. 中国药用真菌概况. 中国食用菌, 2001, 20(2): 3-5.
- 5 王兴红, 李祺德, 曹秋娥. 微生物发酵中药应成为中药研究的新内容. 中草药, 2001, 32(3): 267-268.
- 6 王延年. 现代中药炮制. 北京: 人民军医出版社, 2008: 207.
- 7 郑利华, 焦素珍. 五倍子发酵炮制. 中国中药杂志, 1998, 23(1): 26.
- 8 李羿, 万德光. 试论传统中药的发酵炮制. 成都医学院学报, 2006, 1(2): 99-101.
- 9 何文胜. 微生物转化在中草药生产中的应用研究. 海峡药学, 2006, 18(4): 191-194.
- 10 李国红, 沈月毛, 王启方, 等. 发酵三七中的皂苷成分研究. 中草药, 2005, 36(4): 499.
- 11 薛慧玲, 徐萌萌, 阳泰, 等. 黄芩微生物发酵产物的分离提取. 天然产

- 物分离,2005, 3 (5):5-7.
- 12 Shigenori N, Zheng Cai H, Keiji H, et al. Productivity of monacolin K (mevinolin) in the genu *Monascus*, 1986, 64 (6):509.
 - 13 Endo A, Monacolin K. a new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxyl-3-methyl glutaryl coenzyme A reductase. *J Antibiotics*, 1980, 33:334.
 - 14 袁德云,章克昌. 灰树花发酵液及其胞内纯化物的降血脂作用. *中国药理学杂志*, 2003, 38(7):507-508.
 - 15 田天丽,王婧,王永宏,等. 虎杖的微生物发酵转化及其发酵产物提取分离的研究. *天然产物分离*, 2006, 4(4):1-4.
 - 16 邢旺兴. 中药红曲的生药学及其基源真菌的分类学研究. 上海:第二军医大学, 1999:4.
 - 17 毛俊琴,宓鹤鸣,姜子洋,等. HPLC 法测定淡豆豉中异黄酮的含量. *第二军医大学学报*, 21 (10):955.
 - 18 Aniy Y, Yokomakura T, Yonamine M, et al. Screening of antioxidant action of various molds and protection of *Monascus anka* against experimentally induced liver injure of rats. *Gen Pharmacol*, 1999, 32 (2):225.
 - 19 任莉颖,刘康,李宏婧. 发酵炮制对红花抗氧化活性的影响. *中华临床医学杂志*, 2005, 6 (8):47.
 - 20 冯志华,孙启玲,米坤,等. 微生物发酵炮制对红花抗氧化活性的影响. *中草药*, 2004, 35 (6):32-34.
 - 21 蔡琨,冯华,田维毅. 纯种发酵对淡豆豉主要有效成分的影响. *甘肃中医学院学报*, 2006, 23 (5):39-41.
 - 22 马田田. 纤维素酶用于中药提取的初步研究. *中草药*, 1994, 25 (3):123.
 - 23 马桔云,赵晶岩,姜颖,等. 纤维素酶在黄连提取工艺中的应用. *中草药*, 2000, 31 (2):103-104.
 - 24 李国红,张克勤,沈月毛. 枯草芽孢杆菌对中药的发酵及抗菌活性检测. *中药材*, 2006, 29 (3):154-157.
 - 25 王炎焱,赵征,黄烽,等. 红曲抗炎机制研究. *中国药物与临床*, 2006, 6(5):350-352.
 - 26 Endo A. The discovery and development of HMG-CoA reductase inhibitor. *J Lipid Res*, 1992, 33 (11):1569-1579.
 - 27 孙明,李悠悠,严卫星. 红曲降血压作用的研究. *卫生研究*, 2001, 30 (4):206.
 - 28 齐海萍,钱和,王璋,等. 淡豆豉提取物的体外溶栓特性研究. *中国调味品*, 2003, (7):15-17.
 - 29 毛俊琴,李铁军,黄晓瑾. 中药淡豆豉防治去卵巢大鼠骨质疏松的实验研究. *解放军药学报*, 22 (2):136-138.
 - 30 宋洪涛,郭涛,宓鹤鸣,等. 中药红曲对高脂血症鹌鹑模型的降血脂作用. *中草药*, 1998, 29(5):317-319.
 - 31 毛俊琴,李铁军,黄晓瑾,等. 中药淡豆豉提取物的体外抗肿瘤作用研究. *解放军药学报*, 2003, 19(6):407-410.
 - 32 董枚,郭芳. 六味地黄发酵液的抗瘤和减毒作用. *现代中西医结合杂志*, 2002, 11 (18):1753-1754.
 - 33 李羿,刘忠荣,吴洽庆. 发酵中药——拓展中药新药研究开发的新空间. *天然产物研究与开发*, 2004, 16 (2):179-181.
 - 34 毛峻琴,宓鹤鸣. 大豆异黄酮的研究进展. *中草药*, 2000, 31(1):61-64.
 - 35 刘涛,齐更红,张艳霞. 半夏造曲的临床应用. *吉林中医药*, 2001, (6):30.
 - 36 杨秀伟,邹臣亭,服部征雄. 哈巴昔代谢素 I 和 II ——人肠内细菌代谢哈巴昔产生的两个新的代谢产物. 第三届国际天然药与微生态学术研讨会论文集, 2000.
 - 37 颜正华. *中药学*. 北京:人民卫生出版社, 1991.
 - 38 李雁群,张莲芬,张志斌,等. 苦参灵芝发酵液在 2215 细胞中抗 HBV 作用. *无锡轻工大学学报*, 2004, 23 (2):98-100.
 - 39 熊晓辉,沈昌,沈爱光. 大豆蛋白为原料的灵芝深层发酵工艺研究. *南京农业大学学报*, 1994, 17 (3):111.
 - 40 秦俊哲,张洁,陈合,等. 灵芝新型固体发酵菌质中活性成分的研究. *食用菌*, 2005, 1:8-10.
 - 41 杨海龙,吴天祥,章克昌. 中药提取液对灵芝深层发酵的影响. *微生物学报*, 2003, 43(4):519-521.
 - 42 杨海龙,陈高洪,章克昌. 利用药用真菌深层发酵加工中药. *中国中药杂志*, 2005, 30(21):1717-1719.
 - 43 王世宇,任振丽,傅超美,等. 半夏曲发酵处方的筛选. *华西药学杂志*, 2009, 24 (4) :367-369.
 - 44 高慧,陈秀媛. 神曲的发酵工艺研究. *辽宁中医学院学报*, 2004, 6(3):221-222.
 - 45 Stephanopoulos G. Metabolic engineering by genome shuffling. *Nat Biotechnol*, 2002, 20(7):666-668.

Fermentation of Traditional Chinese Medicine

Wang Yannian^{1,2}, Dong Xue¹, Qiao Yanjiang², Shi Xinyuan²

(1. College of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China;
2. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract: TCM fermentation, as a Traditional Chinese Medicine processing method, has a splendid history. This paper introduces the fermentation influence on active ingredients, pharmacological functions, toxicity and side-effects, efficacy, Chinese medicinal resources, and quality of Chinese medicine. Microbes have a strong ability to decompose compounds, and generate rich secondary metabolites, which makes TCM fermentation incomparably advantageous. The application of modern fermentation technology and directed fermentation may be the developmental direction of TCM fermentation

Keywords: Process, Fermentation, Microbes

(责任编辑:李沙沙,责任译审:张立崑)

441 [World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica]