

DOI:CNKI:61-1390/S. 20120223. 1721. 002

网络出版时间:2012-02-23 17:21

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120223.1721.002.html>

冠突散囊菌研究进展

陈桂梅

(陕西苍山茶业有限责任公司 茶叶研究所, 陕西 咸阳 712044)

[摘要] 冠突散囊菌(*Eurotium cristatum*)是茯砖茶“发花”过程中的优势菌,在特定的温、湿度条件下,其可在茯砖茶中形成黄色闭囊壳,俗称“金花”,是表征茯砖茶品质的重要指标之一。文章从冠突散囊菌的鉴定命名、生理特性、功能及其对茯砖茶品质的影响与应用方面进行了综述,并对目前存在的问题及未来的发展方向进行了讨论与展望。

[关键词] 冠突散囊菌;茯砖茶;子囊孢子

[中图分类号] TS201.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)03-0179-06

Research progress on *Eurotium cristatum*

CHEN Gui-mei

(Tea Research Institute, Shaanxi Cangshan Tea Co. Ltd., Xianyang, Shaanxi 712044, China)

Abstract: *Eurotium cristatum* is predominate fungus in Fu-brick tea. It grows yellow cleistothecium during floating technique, which is called “golden flower”, on special temperature and humidity conditions. It is one of the important standards in Fu-brick tea. The naming, the suitable environment, the physiological characteristics, functional properties and application were summarized, the current problems and the future research were explained in this paper.

Key words: *Eurotium cristatum*; Fu-brick tea; spore

冠突散囊菌(*Eurotium cristatum*)是茯砖茶加工过程中,在特定的温、湿度条件下,通过“发花”工艺长成的自然益生菌体。其产生的黄色闭囊壳,均匀地附着在茯砖茶中,形似“米兰”,俗称“金花”^[1],是边疆少数民族评价茯砖茶品质优劣的依据之一。由于冠突散囊菌的存在,使得茯砖茶具有了不同于其他茶类的色、香、味^[2-3],并且有促消化、降脂减肥、治疗心血管疾病等保健功效^[4]。因此,开展对冠突散囊菌的研究,对改善茯砖茶的品质、深加工工艺及保健药物的开发具有重要意义。目前,对冠突散囊菌的研究已由起初的鉴定命名、生理特性,逐渐转向其安全性及代谢产物(如酶类物质、多糖物质、抗氧化活性物质等)对茯砖茶品质的影响与保健效果等

方面。本文从冠突散囊菌的命名、适生环境、生理特性、功能特性及应用等方面进行综述,并分析目前研究中存在的问题,以期对冠突散囊菌的深入研究和开发利用提供指导。

1 冠突散囊菌的鉴定与命名

20 世纪 50 年代,学者们开始探讨茯砖茶中的“金花”或者“黄花”物质,并称其为黄霉菌^[5]。当时对这种物质知之甚少,只知其在茯砖茶中的含量越高,茶的品质就越好;同时,中国茶业公司认为,茯砖茶中着生的优势菌主要为绿曲霉^[6]。但邓冠云^[7]研究表明,绿曲霉的说法不准确,应为灰绿曲霉群。80 年代初,仓道平等^[5]对茯砖茶中的优势菌进行了分

* [收稿日期] 2011-10-08

[基金项目] 陕西省“13115”科技创新工程重大科技产业化项目(2010ZDCY-01)

[作者简介] 陈桂梅(1983—),女,内蒙古巴彦淖尔人,硕士,主要从事茶叶加工中的微生物研究。E-mail:huojian566@163.com

离鉴定,初步认为是薛氏曲霉(*Aspergillus chevalieri*),也称谢瓦氏曲霉。但温琼英^[8]认为,谢瓦氏曲霉的子囊孢子表面是光滑的,而“金花”菌的子囊孢子表面明显粗糙,并与中国科学院微生物研究所齐祖同共同将该菌鉴定为灰绿曲霉组、冠突曲霉种。1990 年,齐祖同等^[9]进一步研究后,将其命名为冠突散囊菌(*E. cristatum*(Raper & Fennell)Malloch & cain),其无性型是针刺曲霉(*A. spiculosus Blas-er*),异名冠突曲霉(*A. cristatus*)。而刘作易等^[10]的鉴定结果认为,“金花”菌属于灰绿曲霉组、谢瓦氏曲霉间型变种(*A. chevalierivar. intermedius Thom and Raper*)。虽然关于“金花”菌的命名至今没有定论,但多数文献均以“冠突散囊菌”报道。因此,关于此菌的命名有待继续研究。

2 冠突散囊菌的生理特性

2.1 冠突散囊菌子囊孢子的生理特性

对冠突散囊菌子囊孢子的研究开始于 20 世纪 90 年代初。冠突散囊菌子囊孢子为有性孢子,其孢壁质地坚韧,耐酸碱,极难氧化分解,因此若要对其孢子内的有效营养成分进行准确分析,必须对孢子进行破壁。研究表明,蒸馏水浸泡一温差一振摇法是冠突散囊菌子囊孢子破壁的理想方法^[11],这种方

法操作简单,经济适用,且破壁率高(90.8%)。最新研究表明,根据 GenBank 中不同种真菌的 *veA* 相关蛋白与序列同源性,运用 Touchdown PCR 技术,可从冠突散囊菌总 RNA 中克隆与有性孢子发育相关的基因 *veA* cDNA 片段^[12]。在真菌细胞中,*veA* 基因参与许多细胞活动的调节,如有性和无性发育的调节,次级代谢产物的调控等。因此,通过对 *veA* 基因的调控,可有针对性地使冠突散囊菌产生大量有性孢子。

2.2 冠突散囊菌的生长条件

过去,人们一直认为冠突散囊菌是茯砖茶特有的^[13];但最近研究表明,在康砖和青砖茶中也可分离到冠突散囊菌^[14]。该菌对营养物质的需求及外界环境条件的要求很低,能在 PDA、孟加拉红培养基上生长,适应力强^[15]。蔡正安等^[16]选用几种非黑茶茶类和几种常见的药用植物枝叶为材料,模拟茯砖茶成型工艺和发花工艺,在不接种冠突散囊菌的条件下进行“发花”试验,结果表明,这些材料中均有“金花”长出。表 1 中列出了冠突散囊菌在不同材料上的发花情况,由表 1 可以看出,冠突散囊菌可在多种材料上生长并产生子囊孢子,说明其生长时对寄主所含的营养并无特殊要求。

表 1 冠突散囊菌在不同材料上的发花情况^[16]

Table 1 Fungi growing on each kind of material about *E. cristatum*

材料 Material	发花情况 Fungi growing
白茶 White tea	发花欠匀,颗粒小 Golden flowers are owe even and small
绿茶 Green tea	发花欠匀,颗粒小 Golden flowers are owe even and small
青茶 Oolong tea	金花茂盛,分布广 Golden flowers are flourish and widespread
黑茶 Dark tea	金花茂盛,分布广 Golden flowers are flourish and widespread
红茶 Black tea	金花茂盛,分布广 Golden flowers are flourish and widespread
枇杷叶 Loquat leaf	金花较少,零星分布 Golden flowers are lesser and sporadic
藤茶 Ampelopsis grossedentata	Golden flowers are lesser and located in the center of Fu-brick tea
银杏叶 Gingkgo leaf	金花较少,由砖身中心向四周扩散 Golden flowers are lesser,but the center are located more flowers than the surrounding
杜仲叶 <i>Eucommia ulmoides</i> leaf	金花较少,分散分布 Golden flowers are lesser and scatter
杭菊花 Chrysanthemum leaf	金花较少,零星分布 Golden flowers are lesser and sporadic

大部分冠突散囊菌菌株可以在 CZG(改良查氏培养基)、PDA 培养基上较快生长,且呈现“S”形生长曲线;其生长适温为 25~35 ℃,产子囊孢子的最佳温度为 25~30 ℃,最适生长 pH 值为 5^[17-18]。一般在温度低于 30 ℃和低渗透压条件下产生子囊孢子^[19]。但在 40 ℃条件下,若 CZG 培养基中的 NaCl 质量分数达 14%或蔗糖质量分数达 60%时即进行无性繁殖,产生分生孢子等结构^[20]。液态培养条件下,与未添加茶汤培养基相比,冠突散囊菌在添

加黑茶汤的培养基中生长较好^[21-22],这可能是由于茶汤中所含的特殊物质和微量元素促进了冠突散囊菌的生长。

2.3 冠突散囊菌的产酶特性

茯砖茶所用原料为粗老茶叶,冠突散囊菌在茯砖茶中生长繁殖的同时会分泌一些胞外酶,这些酶通过酶促作用又可将茶叶中的物质进一步转化,从而形成茯砖茶特有的品质和风味。如其产生的纤维素酶可将部分粗纤维降解为可溶性糖^[23],从而改善

茯砖茶的风味;多酚氧化酶则可以促使儿茶素类物质氧化形成茶黄素、茶红素和其他氧化聚合物,同时伴随儿茶素的氧化,氨基酸、胡萝卜类等香气前体发生偶联氧化,产生各种各样的香气化合物^[24]。

2.4 冠突散囊菌的抑菌性

在茯砖茶“发花”的过程中,由于冠突散囊菌的存在,其他微生物的生长明显被抑制,因此成品茯砖茶中很少有细菌和霉菌^[25]。李佳莲等^[26]研究表明,冠突散囊菌发酵液对细菌有较强的抑制作用,但对酵母菌和霉菌的抑制作用不明显。因此,在茯砖茶加工过程中,应严格控制工艺条件,以防霉菌生长。

2.5 冠突散囊菌的安全性

肖文军等^[27]研究了速溶茯砖茶对小鼠与大鼠的毒理特性,结果表明,茯砖茶属无毒物。王志刚等^[28]研究表明,冠突散囊菌的培养液对卤虫无毒性。1994年,王志刚等^[29]又用卤虫生物法研究了冠突散囊菌的毒性,发现10株冠突散囊菌菌体提取物在蔗糖酵母浸汁培养基上培养后均未发现明显产毒,进一步证实冠突散囊菌确实是无毒的。结合上述研究结果,及边疆地区人民多年来饮用茯砖茶的实际情况,均说明冠突散囊菌确实是安全无毒的。

3 冠突散囊菌的功能特性及其对茯砖茶品质的影响

3.1 冠突散囊菌的功能特性

胞外多糖能提高人体的免疫能力和生理功能,大部分胞外多糖还具有较强烈的抗肿瘤活性,对癌细胞有较强的抑制力^[30]。近些年,对冠突散囊菌胞外多糖的研究成为热点,研究涉及到冠突散囊菌胞外多糖的提取工艺及其对肥胖和肿瘤细胞增殖的抗性等方面^[31-32]。研究表明,从冠突散囊菌液体深层发酵液中可以分离纯化到ECP-A1和ECP-A2 2种多糖,这2种多糖对与血脂代谢及肥胖、肿瘤细胞增殖相关的PPAR α 、PPAR γ 、PPAR δ 有一定的活性,对K562细胞有一定的抑制作用^[33]。另外,“金花”孢子粉醇提物和萃取的水层还有较好的降脂效果^[34]。冠突散囊菌还具有较强的抗氧化活性^[35-37]和清除1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)(ABTS)自由基的能力^[38]。因此,长期饮用茯砖茶或含有冠突散囊菌的其他茶类,均可起到减肥、延缓衰老的作用。

3.2 冠突散囊菌对茯砖茶品质的影响

冠突散囊菌对茶叶品质的影响主要有以下几个方面:1)冠突散囊菌接种量的多少直接影响着茯砖

茶的发花效果和品质^[19]。2)可以提高茯砖茶的含氮量及脱镁叶绿酸酯a、b和叶黄素、 β -胡萝卜素的含量,减少茯砖茶中可可碱和茶碱的含量^[39]。3)减轻茶的苦涩味,可使茶叶在发酵过程中的茶多酚、儿茶素、氨基酸含量及pH值逐渐降低,茶褐素含量明显增加^[40]。4)有助于茯砖茶汤色的变化和香气成分的形成。研究表明,在冠突散囊菌液体发酵过程中,发酵液色泽随发酵的进行逐渐加深,由最初的橙黄色变成棕褐色,且由澄清变成混浊,并且随发酵的进行,发酵液散发出越来越浓郁的菌花香气^[41]。茯砖茶品质的变化过程,其实就是冠突散囊菌利用茶叶中物质进行代谢转化的过程。正是这种特殊菌体的存在,影响了茯砖茶的生化成分和香气成分,使得茯砖茶形成了独特的品质和风味。

4 冠突散囊菌的开发利用

4.1 茯砖茶饮料

近些年,茶饮料产业在国内迅速发展起来。市面上的红茶、绿茶等种类繁多,已成为人们的日常饮品。而茯砖茶形似砖块、压制紧实,因其取茶、泡茶不便,但又有特殊功效,所以学者们逐渐将目光转向茯砖茶饮料的开发。研究表明,在26~30℃条件下,茶水体积比为1:30、接种1%的菌种、120 r/min振荡培养180~216 h后,即可获得茯砖茶饮料。所得产品汤色明亮、橙红,滋味醇和,香气浓郁,且发酵茶品质最佳。这是因为随着发酵时间的延长,茶叶中的部分茶多酚和儿茶素发生氧化降解,氨基酸、总糖、咖啡碱含量逐渐降低,主要呈味物质含量发生改变,色泽、香气、滋味得以明显改善^[42],因此,发酵后的液态茶感官品质、滋味品质均显著提高。但是,目前茶饮料还处于实验室研制阶段,如何进行中试试验和工业化生产,还有待进一步研究。

4.2 冠突散囊菌菌丝体中黄色素的提取

黄色素为苯丙吡喃的衍生物,是一类重要的食品色素。目前,关于从冠突散囊菌中提取黄色素的研究报道较少。王波等^[43]研究表明,如果能在工业化中利用冠突散囊菌大批量生产黄色素,将为解决我国黄色素缺乏的问题找到新途径。所以,关于冠突散囊菌中黄色素的研究具有很好的发展前景。

5 问题与展望

冠突散囊菌是茯砖茶“发花”过程中的优势菌,由于茯砖茶的独特功效,该菌备受人们关注。现有的关于冠突散囊菌的研究均是以茶叶作为载体进行

的,而单独针对冠突散囊菌的研究还比较少。虽然冠突散囊菌可在多种基质上生长,且对生长条件的要求并不苛刻,一般条件下均可生长,并能产生子囊孢子,但在工业化生产中,由于受各种因素的影响,要使其在每块茯砖茶中产生大量子囊孢子还是一个技术难点。

综上所述,未来关于冠突散囊菌的研究开发应主要集中在以下几个方面:1)冠突散囊菌在茯砖茶加工中能够达到全部发花的工艺参数。2)冠突散囊菌的产孢机理,开发利用其孢子成分。3)冠突散囊菌代谢产物(酶类物质、多糖类物质、抗氧化活性物质等)的提取工艺及产品研发。4)冠突散囊菌茶饮料的生产应用研究。

[参考文献]

[1] 王志刚,童 哲,程苏云. 茯砖茶中霉菌含量和散囊菌鉴定及利弊分析 [J]. 食品科学,1992(5):6-8.
Wang Z G, Tong Z, Cheng S Y. Analysis of advantages and disadvantages and identification of *Eurotium cristatum* in Fuzhuan tea [J]. Food Science, 1992(5):6-8. (in Chinese)

[2] 温琼英. 茯砖茶中主要微生物的研究 [J]. 茶叶通讯,1986(4):19-21.
Wen Q Y. Research of predominant species in Fu-brick tea [J]. Tea Communication, 1986(4):19-21. (in Chinese)

[3] 刘作易. 一种决定茯砖茶品质的重要真菌“金花”菌的研究进展 [J]. 贵州茶叶,1993(2):33-35.
Liu Z Y. General situation of “Golden-Flower” fungus determined on the quality of Fuzhuan Tea [J]. Journal of Guizhou Tea, 1993(2):33-35. (in Chinese)

[4] 屠幼英,梁慧玲,陈 喧. 紧压茶儿茶素和有机酸的组成分析 [J]. 茶叶,2002,28(1):22-24.
Tu Y Y, Liang H L, Chen X. Analysis of catechins and organic acids in compressed teas [J]. Journal of Tea, 2002, 28(1):22-24. (in Chinese)

[5] 仓道平,温琼英. 茯砖茶发酵中优势菌与有害菌类的分离鉴定 [J]. 茶叶通讯,1981(3):12-14.
Cang D P, Wen Q Y. Identification of predominant species and harmful species in brick tea [J]. Tea Communication, 1981(3):12-14. (in Chinese)

[6] 胡建成,胡月龄. 四种砖茶中霉菌的分离鉴定 [J]. 茶叶,1957(2):18-19.
Hu J C, Hu Y L. Identification of mycete in four kinds of brick tea [J]. Journal of Tea, 1957(2):18-19. (in Chinese)

[7] 邓冠云. 紧压茶发酵产生“黄花”的探讨 [J]. 茶叶,1981(3):22-23.
Deng G Y. Analysis of “yellow-flower” fungus on the coarct fermentation tea [J]. Journal of Tea, 1981(3):22-23. (in Chinese)

[8] 温琼英. 茯砖茶中优势菌的种名鉴定 [J]. 中国茶叶,1990(6):

2-3.
Wen Q Y. Identification of the main species in Fuzhuan Brick Tea [J]. China Tea, 1990(6):2-3. (in Chinese)

[9] 齐祖同,孙曾美. 茯砖茶中优势菌种的鉴定 [J]. 真菌学报,1990,9(3):176-179.
Qi Z T, Sun C M. Identification of predominant species in brick tea [J]. Mycosystema, 1990, 9(3):176-179. (in Chinese)

[10] 刘作易,秦 京,王通亮. 茯砖茶“金花”菌分离及鉴定 [J]. 贵州农学院学报,1990,9(1):69-74.
Liu Z Y, Qin J, Wang T L. Isolation and identification of “Golden-Flower” fungus on the Fuzhuan Tea [J]. Journal of Guizhou Agricultural Institution, 1990, 9(1):69-74. (in Chinese)

[11] 易凤英,刘素纯,袁 潇,等. 冠突散囊菌子囊孢子破壁方法的研究 [J]. 食品与机械,2011,27(3):137-139.
Yi F Y, Liu S C, Yuan X, et al. Research on methods to broken *Eurotium cristatum* ascospores [J]. Food & Machinery, 2011, 27(3):137-139. (in Chinese)

[12] 马 权,刘永翔,刘作易. 冠突散囊菌有性孢子发育基因 *veA* cDNA 片段的克隆 [J]. 贵州农业科学,2011,39(3):25-27.
Ma Q, Liu Y X, Liu Z Y. Cloning of *veA* cDNA fragment related to sexual spore development in *Eurotium cristatum* [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2011, 39(3):25-27. (in Chinese)

[13] 刘作易,秦 京. 茯砖茶“金花”菌生长条件研究 [J]. 贵州科学,1991(1):69-74.
Liu Z Y, Qin J. Study on the condition of growth of golden flower fungus in Fuzhuan Tea [J]. Guizhou Science, 1991(1):69-74. (in Chinese)

[14] 陈云兰,于汉寿,吕 毅. 康砖和青砖茶中散囊菌的分离、鉴定及其生物学特性研究 [J]. 茶叶科学,2006,26(3):232-236.
Chen Y L, Yu H S, Lü Y. Investigation on the isolation, identification and the biological characteristic of eurotium fungi in the Kangzhuan and Qingzhuan Brick Tea [J]. Journal of Tea Science, 2006, 26(3):232-236. (in Chinese)

[15] 蔡正安,刘素纯,刘仲华,等. 茯砖茶中冠突散囊菌纤维素酶的酶学性质研究 [J]. 茶叶科学,2010,30(1):57-62.
Cai Z A, Liu S C, Liu Z H, et al. Cellulase enzymatic property of *Eurotium cristatum* from Brick Tea [J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(1):57-62. (in Chinese)

[16] 蔡正安,刘素纯,刘杏益,等. 冠突散囊菌在不同茶类及几种植物材料上“发花”的研究 [J]. 茶叶科学,2010,30(4):263-268.
Cai Z A, Liu S C, Liu X Y, et al. Study of the growth of *Eurotium cristatum* fungi on some kinds of tea and plant materials [J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(4):263-268. (in Chinese)

[17] 陈云兰. 茯砖茶“金花菌”的分类鉴定及其对茯砖茶品质的影响 [D]. 南京:南京农业大学,2004.
Chen Y L. Jinhua fungus: its taxonomic position and its influence on quality of Fuzhuan Brick tea [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2004. (in Chinese)

[18] 尹旭敏. 四川“金花”菌生物学特性及其发酵液态茶工艺的初

- 步研究 [D]. 成都:四川农业大学,2006.
- Yin X M. Primary study on biological characteristic and fermentation technique of liquid tea of golden flower fungi from Sichuan [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [19] 刘作易,秦京,李乃亮. 茯砖茶“金花”菌——谢瓦氏曲霉间型变种的孢子产生条件 [J]. 西南农业学报,1991,4(1):73-77.
- Liu Z Y, Qin J, Li N L. Study of condition of sporogenesis of *Aspergillus chevalieri* var. *intermedius* in Fuzhan tea [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1991, 4(1):73-77. (in Chinese)
- [20] 魏晓惠. 金花菌不同接种量固态发酵对绿毛茶品质的影响 [J]. 贵州农业科学,2010,38(6):82-84.
- Wei X H. Effect of different inoculation dosage of *Eurotium cristatum* on quality of green tea by solid-state fermentation [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2010, 38(6):82-84. (in Chinese)
- [21] 杨抚林. 冠突散囊菌液体发酵工艺及其发酵液对消化酶活性影响的研究 [D]. 长沙:湖南农业大学,2005.
- Yang F L. Studies on liquid fermentation technology of *Eurotium cristatum* and the effects of the fermentative liquor on digestive enzyme activities [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- [22] 姚茂君,黄群,陈林杰. 冠突散囊菌的分离及其液态发酵特性 [J]. 食品与发酵工业,2007,33(6):28-31.
- Yao M J, Huang Q, Chen L J. Studies on the selecting of *Eurotium cristatum* and it's liquid fermentation characters [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(6):28-31. (in Chinese)
- [23] 蔡正安,刘素纯,刘仲华,等. 茯砖茶中冠突散囊菌纤维素酶的酶学性质研究 [J]. 茶叶科学,2010,30(1):57-62.
- Cai Z A, Liu S C, Liu Z H, et al. Cellulase enzymatic property of *Eurotium cristatum* from Brick Tea [J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(1):57-62. (in Chinese)
- [24] 李适. 微生物多酚氧化酶酶源筛选及其在茶黄素合成中的应用 [D]. 长沙:湖南农业大学,2006.
- Li S. Study on theaflavins synthesis by screening and using microorganism polyphenol oxidase [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [25] 温琼英,刘素纯. 茯砖茶发花中优势菌的演变规律 [J]. 茶叶科学,1991,11(增刊1):56-62.
- Wen Q Y, Liu S C. Evolutionary regulation of dominant fungi in Fuzhuan Brick Tea during the fungus growing process [J]. Journal of Tea Science, 1991, 11(Suppl. 1):56-62. (in Chinese)
- [26] 李佳莲,胡博涵,赵勇彪,等. 冠突散囊菌发酵液的抑菌作用 [J]. 食品科学,2011,32(11):157-160.
- Li J L, Hu B H, Zhao Y B, et al. Anti-microbial activity of fermentation supernatants of *Eurotium cristatum* [J]. Food Science, 2011, 32(11):157-160. (in Chinese)
- [27] 肖文军,傅冬和,任国谱. 茯茶毒理学试验报告 [J]. 茶叶科学,2007,27(4):307-310.
- Xiao W J, Fu D H, Ren G P. Study on the toxicity experiments of Fuzhuan Tea [J]. Journal of Tea Science, 2007, 27(4):307-310. (in Chinese)
- [28] 王志刚,程苏云,童哲. 茯砖茶中散囊菌的产毒性研究 I:散囊菌培养液的毒性 [J]. 茶叶科学,1992,12(1):65-70.
- Wang Z G, Cheng S Y, Tong Z. Study on the toxin-producing capability of eurotium isolated from Fuzhuan Brick Tea I: Toxicities of the cultural liquid of eurotium [J]. Journal of Tea Science, 1992, 12(1):65-70. (in Chinese)
- [29] 王志刚,程苏云,童哲. 茯砖茶中散囊菌的产毒性研究 II:冠突散囊菌的菌体毒性测定 [J]. 茶叶科学,1994,14(1):69.
- Wang Z G, Cheng S Y, Tong Z. Study on the toxin-producing capability of eurotium isolated from Fuzhuan Brick Tea II: Toxicity test on thallus of *Eurotium cristatum* [J]. Journal of Tea Science, 1994, 14(1):69. (in Chinese)
- [30] 郭敏,张宝善,金晓辉. 微生物发酵生产多糖的研究进展 [J]. 微生物学通报,2008,35(7):1084-1090.
- Guo M, Zhang B S, Jin X H. Research progress on fermentation of microbial polysaccharide [J]. Microbiology, 2008, 35(7):1084-1090. (in Chinese)
- [31] 龚淑俐,邓放明,周向荣. 冠突散囊菌胞外多糖提取工艺研究 [J]. 现代食品科技,2007,23(2):48-50.
- Gong S L, Deng F M, Zhou X R. Extraction techniques of extracellular polysaccharide of *Eurotium cristatum* [J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(2):48-50. (in Chinese)
- [32] 邓放明,龚淑俐,赵荣,等. 冠突散囊菌胞外多糖的分离纯化 [J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(6):662-666.
- Deng F M, Gong S L, Zhao R, et al. Study on isolation and purification of polysaccharide from *Eurotium cristatum* [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2007, 33(6):662-666. (in Chinese)
- [33] 邓放明,龚淑俐,杨伟丽. 冠突散囊菌胞外多糖生物活性高通量筛选试验 [J]. 食品与机械,2007,23(6):48-51,113.
- Deng F M, Gong S L, Yang W L. Study on bioactivity of extracellular polysaccharide of *Eurotium cristatum* by high throughput screening [J]. Food & Machinery, 2007, 23(6):48-51,113. (in Chinese)
- [34] 袁勇,黄建安,徐小江,等. 茯茶中“金花”孢子粉提取物对体外诱导的非酒精性脂肪肝细胞内甘油三酯代谢的影响 [J]. 茶叶科学,2011,31(2):129-135.
- Yuan Y, Huang J A, Xu X J, et al. Effects of Jinhua spores extracts in Fu Tea on metabolizability of intracellular triglyceride of non-alcoholic fatty liver cells induced *in vitro* [J]. Journal of Tea Science, 2011, 31(2):129-135. (in Chinese)
- [35] Yukihiro I, Kyoza M, Takashi H. Flavoglucan, a metabolite of *Eurotium chevalieri*, its antioxidation and synergism with tocopherol [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1984, 61(12):1864-1868.
- [36] Yukihiro I, Kyoza M, Takashi H. Metabolites of eurotium species, their antioxidative properties and synergism with tocopherol [J].

Journal of Food Science,1985,50(6):1742-1744.

[37] 曹 进. 茶色素抗菌抗病毒作用的研究进展 [J]. 中草药, 1998,29(9):636-638.

Cao J. Review on the antimicrobial and antiviral activities of tea pigments [J]. Chinese Traditional Herb and Drugs,1998, 29(9):636-638. (in Chinese)

[38] 欧阳梅,熊昌云,屠幼英,等. 冠突散囊菌对茶叶品质成分及其抗氧化活性影响 [J]. 菌物学报,2011,30(2):343-348.

Ouyang M, Xiong C Y, Tu Y Y, et al. Effects of *Eurotium cristatum* on tea quality and antioxidant activity [J]. Myco-systema,2011,30(2):343-348. (in Chinese)

[39] 曹 聪,刘素纯,达海韬,等. 不同原料及生长因子对冠突散囊菌固体培养特性的影响 [J]. 安徽农业科学,2010,38(17): 9178-9179,9243.

Cao C, Liu S C, Da H T, et al. Influences of different raw ma-terials and growth factors on solid culture characteristics of *Eurotium cristatum* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sci-ences,2010,38(17):9178-9179,9243. (in Chinese)

[40] 徐瑞瑞,李立祥,倪 媛,等. 绿茶液冠突散囊菌发酵期间品质变化的研究 [J]. 安徽农业大学学报,2010,37(3):478-482.

Xu R R, Li L X, Ni Y, et al. Changes of the quality of green tea liquid feremented with *Eurotium cristatum* [J]. Journal of Anhui Agricultural University,2010,37(3):478-482. (in Chi-nese)

[41] 刘巧林,齐桂年. 微生物在发酵茶饮料中的应用 [J]. 福建茶叶,2007(1):23-24.

Liu Q L, Qi G N. Application on liquid fermentation tea for microorganism [J]. Tea in Fujian,2007(1):23-24. (in Chi-nese)

[42] 刘巧林. 液态发酵茶工艺参数及相关酶活性的研究 [D]. 成 都:四川农业大学,2007.

Liu Q L. Studies on technologic parameters of liquid fermenta-tion and interrelated enzyme activity of tea [D]. Chengdu:Si-chuan Agricultural Uniersity,2007. (in Chinese)

[43] 王 波,于汉寿,刘雪慧. 散囊菌黄色素的提取及稳定性研究 [J]. 生物学杂志,2009,126(3):63-71.

Wang B, Yu H S, Liu X H, et al. Research on the extraction and stability of yellow pigment produced by *Eurotium crista-tum* [J]. Journal of Biology,2009,126(3):63-71. (in Chinese)

(上接第 178 页)

[11] Tieleman A E, Warthesen J J. Comparison of three extraction procedures to characterize Cheddar cheese proteolysis [J]. Dairy Science,1991,74(11):3686-3694.

[12] Aston J. Contribution of the components of the water soluble fraction to flavour of cheddar cheese [J]. Dairy Science Tech-nol,1986,21(3):229-232.

[13] Park Y W, Juarez M, Ramos M, et al. Physico-chemical char-acteristics of goat and sheep milk [J]. Small Ruminant Re-search,2007,68(1/2):88-113.

[14] 王海涛,潘明喆. 影响干酪品质的因素 [J]. 中国乳品工业, 2006,34(9):44-46.

Wang H T, Pan M Z. Factors that affect cheese quality [J]. Chinese Dairy Idustry,2006,34(9):44-46. (in Chinese)

[15] 任 娟,张富新. 3 种发酵剂在羊奶干酪生产中应用效果的研 究 [J]. 江苏农业学报,2010,26(3):613-616.

Ren J, Zhang F X. Applicati on effects of three ferments in goat cheese production [J]. Jiangsu J of Agr Sci,2010,26(3): 613-616. (in Chinese)

[16] Bertola N C. Proteolytic and rheological evaluation of matura-tion of Tybo Argentino cheese [J]. Dairy Science,1992,75 (12):3273-3281.

[17] 盛占武,孙志高,鄯晋晓. 国内外干酪发酵的研究进展 [J]. 中 国乳品工业,2006,34(11):36-39.

Sheng Z W, Sun Z G, Shan J X. Progress studied on cheese fermentation [J]. Chinese Dairy Industry,2006,34(11):36- 39. (in Chinese)

[18] Hickey D K, Kilcawley K N, Beresford T P, et al. Starter strain related effects on the biochemical and sensory properties of Ched-dar cheese [J]. Journal of Dairy Research,2007,74(1):9-17.