



论著 • Article

四种金花菌产他汀类物质能力研究

龙承麒 李滔滔 陈凯峰 卢家成 刁宇罡 胡治远 余松林

(湖南城市学院 黑茶金花湖南省重点实验室 湖南 益阳 413000)

摘要 有研究表明茯砖茶有降脂减肥的功效,而茯砖茶中的优势菌种为金花菌。他汀类物质是较为全面的调脂药物,从微生物发酵液中检测他汀类物质的研究对象大多是曲霉,以金花菌为对象的研究较少,本论文以此为切入点。以从茯砖茶样分离得出的四种金花菌(标号为A、R、H和G9)为研究对象,对金花菌液体培养基中的碳源和氮源进行调节,并检测发酵液中他汀类物质的含量。结果表明:四种金花菌均能产洛伐他汀,不能产辛伐他汀,其中G9型金花菌产洛伐他汀能力最强,其发酵液中洛伐他汀的浓度最高可达11.624 mg/L,氮源比碳源更能影响金花菌生产洛伐他汀的产量。

关键词 金花菌;洛伐他汀;茯砖茶;培养基优化

文章编号 019-2024-0125

The Production of Statins from Four Kinds of *Eurotium Cristatum* strains

Long Chengqi, Li Taotao, Chen Kaifeng, Lu Jiacheng, Diao Yugang, Hu Zhiyuan, Yu Songlin

(Hunan Provincial Key Lab of Dark Tea and Jin-hua, Hunan City University, Yiyang 413000, China)

Abstract Studies have shown that Fuzhuan tea has the effect on reducing fat and weight, and the dominant bacteria in Fuzhuan tea is *Eurotium cristatum*. Statins are relatively comprehensive lipid-lowering drugs. There are few studies on *Eurotium cristatum* producing statins. In this study, four species of *Eurotium cristatum* (named A, R, H and G9) which isolated from Fuzhuan tea samples were used as research objects. Carbon and nitrogen sources in liquid culture medium are regulated, respectively, then those statins concentration in fermentation broth were detected by HPLC. The results show that all four species of *Eurotium cristatum* could produce lovastatin, could not produce simvastatin. The G9 type *Eurotium cristatum* has the strongest ability to produce lovastatin, and the highest concentration of lovastatin in fermentation broth is 11.624 mg/L. Meanwhile, comparing with carbon source, nitrogen source is mainly factor which affect lovastatin production in *Eurotium cristatum* fermentation broth.

收稿日期: 2024-03-11 录用日期: 2024-05-29

基金项目: 黑茶金花湖南省重点实验室(2016TP1022); 湖南省教育厅项目(22B0785, S202411527026, 23B0748); 益阳市科技局项目(2024RC8220)

通讯作者: 李滔滔; 单位: 湖南城市学院 黑茶金花湖南省重点实验室 湖南 益阳

引用格式: 龙承麒, 李滔滔, 陈凯峰, 等. 四种金花菌产他汀类物质能力研究[J]. 现代精准农业快报, 2024, 2(1): 24-33.

Keywords *Eurotium cristatum*; Lovastatin; Fuzhuan tea; Culture medium optimization

《中国心血管病报告 2018》^[1]指出自 2012 年以来, 城乡居民的冠心病发病率持续上涨并将继续保持上涨趋势, 并且男性冠心病发病率高于女性, 目前降血脂的一线药物是他汀类药物。黑茶, 最初作为边疆游牧民族饮品, 因其消食解腻的作用逐渐在市场上受到青睐。黑茶发酵液中活性成分众多, 具有降脂活性的成分不止一种, 具体是何种物质起主要作用尚不明确。茯砖茶, 黑茶的一种, 其优势菌种是金花菌。有研究表明金花菌发酵液具有调节血脂的作用, 有学者在金花菌发酵液中检测到他汀类物质, 说明某些金花菌具有生产他汀类物质能力。

冠突散囊菌, 俗称金花菌。它是茯砖茶中的优势菌种, 可在特定的环境下通过传统工艺自然“发花”的茯砖茶中分离纯化得到。傅冬阳等^[2-5]多项研究表明金花菌能够有效地调节人体脂代谢、糖代谢, 起到降压调脂功效。在茶叶品评中, 冠突散囊菌的质量和数量是评判茯砖茶品质优劣的重要指标^[6-8]。对于冠突散囊菌调脂功效的研究已有较多研究: 袁勇等人^[9]研究金花菌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, 研究结果表明金花菌孢子粉具有调脂功效。李佳莲等人^[10]研究发现肠道、口腔致病菌能够被茯冠突散囊菌发酵液和砖茶浸提液有效抑制。邓放明等人^[11-14]的研究发现冠突散囊菌发酵液在体外模拟的肠、胃液环境中对胰蛋白酶等消化酶具有激活的作用, 对脂肪酶具有抑制作用; 从冠突散囊菌培养基中提取到多糖物质, 利用高通量技术进行对和血脂代谢相关的三种模型进行筛选, 发现胞外多糖具有降血脂的功效。目前已有研究从黑茶中检测到洛伐他汀, 但金

花菌中洛伐他汀的含量研究较少, 本文主要探讨实验室自主保存的金花菌产洛伐他汀的能力。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌种 金花菌由湖南城市学院黑茶研究所提供, 标号为 A、G9、H、R。

1.1.2 试剂 蛋白胨、酵母膏、牛肉浸膏、硝酸钾、氯化氨、蔗糖、可溶性淀粉(分析纯)、葡萄糖、麦芽糖、乳糖、琼脂、无水乙醇、去离子水等试剂均为分析纯; 甲醇(高效液相色谱级别)、洛伐他汀标准品、辛伐他汀标准品。

1.1.3 培养基 固体培养基: 6% 蔗糖、2% 蛋白胨、2% 琼脂

种子液体培养基: 6% 蔗糖、3% 蛋白胨

1.2 实验方法

1.2.1 金花菌培养 由于菌种存放在冰箱中, 低温会影响其活性, 因此首先需要进行菌种活化: 将斜面保存的菌种转接到固体培养基上, 在 28℃ 人工气候培养箱中培养 3-5 天。然后, 从固体培养基上挑选菌落, 将其接种到含 150 mL 已灭菌液体种子培养基的 250 mL 锥形瓶中, 并在 30℃、160 r/min 的恒温震荡培养箱中培养, 获得金花菌培养液。每个菌种进行 3 个平行试验, 并标记菌种类别及日期。

1.2.2 碳源单因素实验 碳源单因素实验设置分为三类: 一是单糖, 选用葡萄糖; 二是二糖, 选用 α-乳糖、麦芽糖和蔗糖; 三是多糖, 选用可溶性淀粉。在超净工作台上, 取 10 mL 种子液, 分别加入含不同碳源的液体培养基中, 标记相应的因素及日期。接种完成后, 置于 30℃、160 r/min 的恒温震荡培养箱中培养。通

过高效液相色谱法定期检测发酵液中的他汀类物质的有无及含量。

1.2.3 氮源单因素实验 氮源单因素设置为：无机氮源（硝酸钾和氯化氨）和有机氮源（蛋白胨、牛肉浸膏和酵母浸膏）。在超净工作台上分用 10 mL 离心管量取 10 mL 种子液，再将移取的种子液分别倾倒在不同的氮源液体培养基中。分别标记因素及日期。接种完成后在 30℃、160 r/min 的恒温震荡培养箱中进行培养。利用高效液相色谱法定期检测发酵液中他汀类物质有无及含量。

1.2.4 他汀类物质检测 参考陈景智的研究^[15]，精确称取洛伐他汀和辛伐他汀标准品 3.6 mg，用甲醇溶解，制得浓度为 0.3 mg/mL 的标准品母液。母液梯度稀释，配制成浓度为 5 mg/mL、30 mg/mL、50 mg/mL、90 mg/mL、130 mg/mL 和 250 mg/mL 的标准品溶液。使用高效液相色谱法（HPLC）确定洛伐他汀和辛伐他汀标准品的特征保留时间及相应浓度下的峰面积。HPLC 检测条件为：C18 柱，柱温 25℃，流动相甲醇与水体积比 4:1，流速 1.0 mL/min，检测波长 237 nm，进样量 20 μL。

待测样品制备：在超净工作台上，在 10 mL 的离心管，分别向其中加入 5 mL 的无水乙醇和 5 mL 的待测菌液，标记。将离心管置于 28℃、160 r/min 恒温震荡培养箱中震荡提取 1 h。用 0.45 μm 的有机微孔滤膜过滤待测液，所得滤液则为待测菌液样品，即可进样检测。

2 结果与分析

2.1 洛伐他汀标准品标准曲线绘制

2.1.1 洛伐他汀标准品紫外扫描 将洛伐他汀标准品用甲醇溶液进行溶解，充分溶解后将标准品放置在紫外分光光度计中，消除背景，将标准品在波长为 200-280 nm 之间的波段进行

扫描，得到紫外吸收图谱。吸收图谱如下：

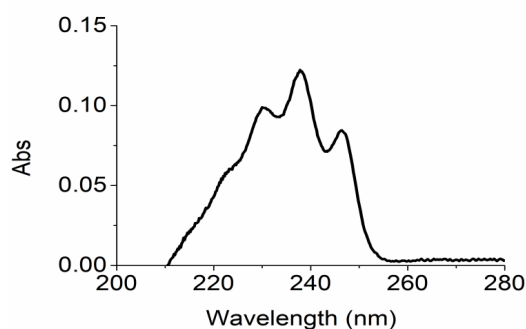


图 1 洛伐他汀紫外吸收光谱图

Fig. 1 UV absorption spectrum of lovastatin

由图可以看出洛伐他汀在 200-280 nm 之间有三个吸收峰，分别在 230、237 和 245 nm 处，其中在 237 nm 处有最大吸光度，其吸光度为 0.124。因此，后期 HPLC 法检测洛伐他汀时所用检测波长为 237 nm。

2.1.2 标准曲线绘制 以洛伐他汀标准品浓度为横坐标，峰面积为纵坐标，绘制出洛伐他汀标准品标准曲线。标准曲线如下：

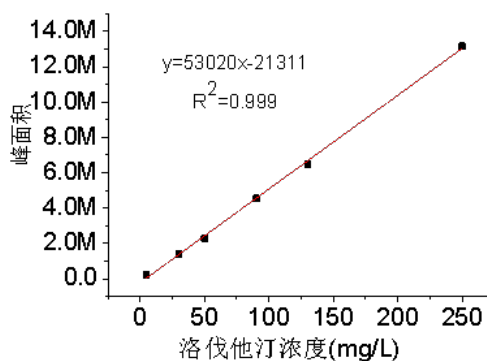


图 2 洛伐他汀标准曲线

Fig. 2 Standard curve of lovastatin

由图可知，在 5-250 mg/L 浓度范围内浓度与峰面积线性良好， $y = 53020x - 21311$ ， $R^2=0.999$ ，可用于计算洛伐他汀的含量。

2.2 碳源单因素实验 图 3、图 4 分别是洛伐他汀与辛伐他汀标准品的 HPLC 检测图谱, 由图可知: 洛伐他汀标准品的保留时间为 7.836 min, 辛伐他汀标准品保留时间为 9.789 min, 所选用 HPLC 检测条件能较好的区别两种不同他汀类物质。

图 5 是 H 型金花菌培养 10 天的 HPLC 检测图谱。由图可知, 在保留时间为 7.795 min 时有一个吸收峰, 和洛伐他汀标准品特征保留时间一致, 其峰面积为 78169。说明 H 型金花

菌发酵液中含有洛伐他汀。辛伐他汀标准品特征保留时间是 9.789 min, 在图中无对应特征吸收峰, 说明发酵液中不含有辛伐他汀。

表 1 是 A 型菌种在不同碳源设定下生产他汀类物质的情况表。单从菌种长势看来, 葡萄糖最适合菌种生长, 同样在第 4 天时葡萄糖有明显菌落且菌落数可观; 从洛伐他汀含量来看, 葡萄糖虽然是第 10 天含量最高的样品, 可是在后续时间检测里葡萄糖含量无明显上升趋势, 反而是蔗糖, 在第 13 天达到峰值, 洛

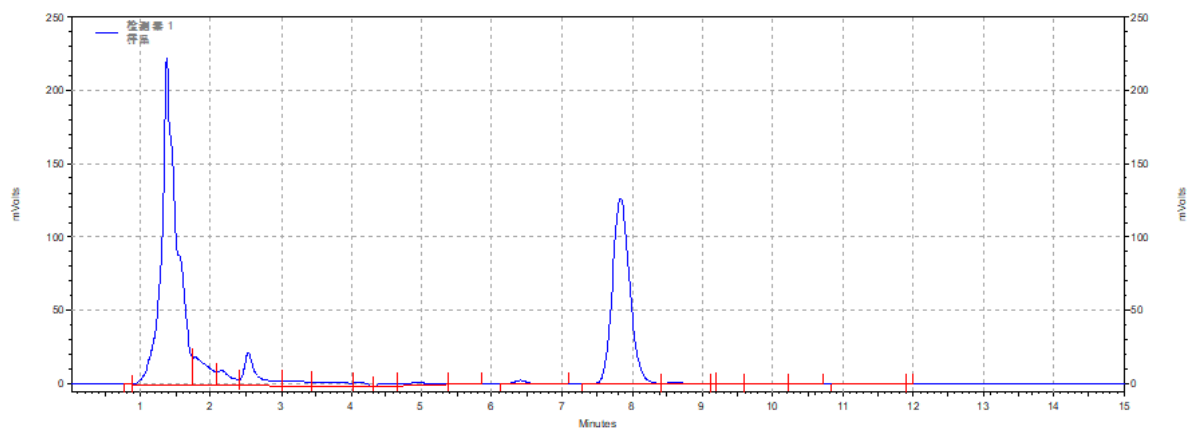


图 3 浓度为 100mg/L 洛伐他汀标准品 HPLC 检测图谱

Fig. 3 HPLC chromatogram of lovastatin standard at 100 mg/L

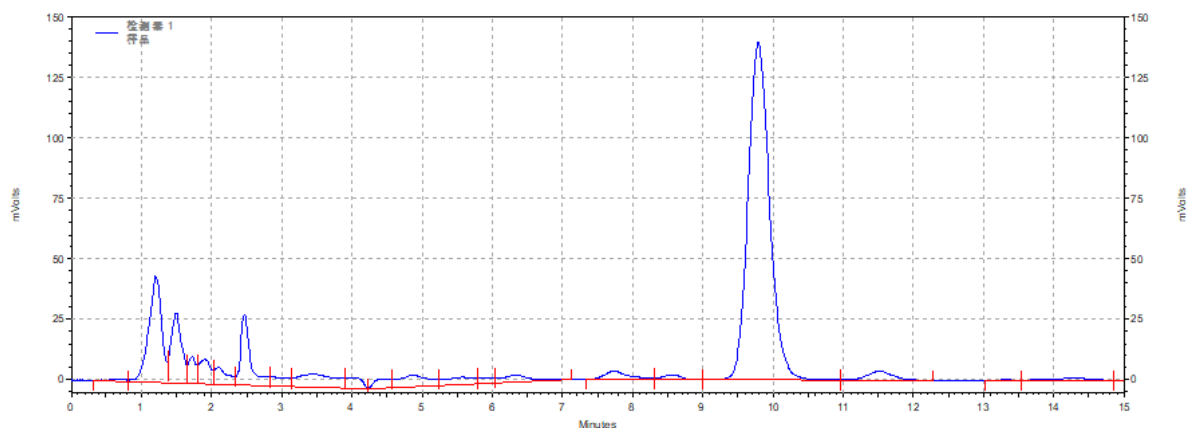


图 4 浓度为 120mg/L 辛伐他汀标准品 HPLC 检测图谱

Fig. 4 HPLC chromatogram of simvastatin standard at 120 mg/L

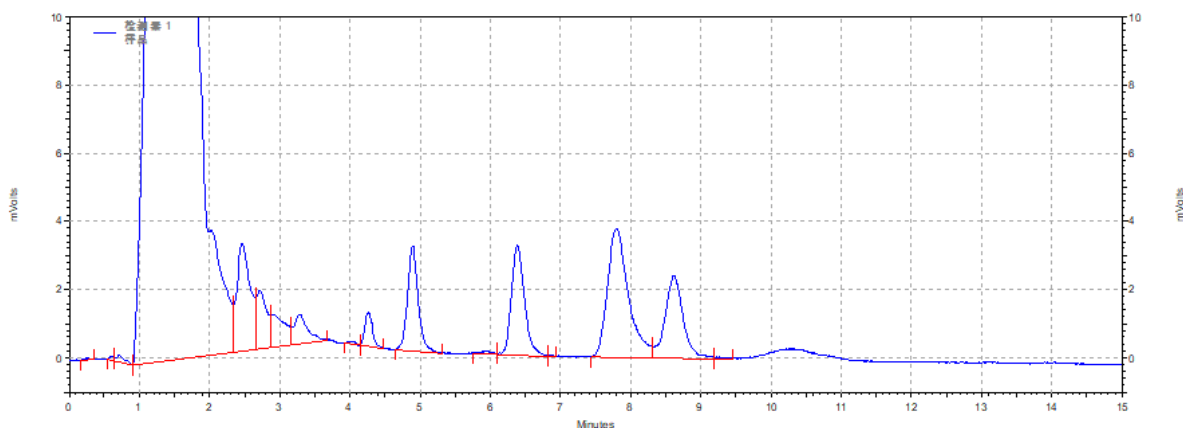


图 5 H 型菌种 HPLC 检测图谱

Fig. 5 HPLC chromatogram of Type H strain

表 1 不同碳源对 A 型金花菌代谢产生洛伐他汀能力影响

Table 1 Effect of different carbon sources on lovastatin production in Eurotium cristatum Type A

碳源	辛伐他汀含量 mg/L			洛伐他汀含量 mg/L		
	10 d	13 d	15 d	10 d	13 d	15 d
葡萄糖	—	—	—	2.226	2.164	0.993
麦芽糖	—	—	—	0.455	1.687	0.604
乳糖	—	—	—	0.221	3.581	1.140
蔗糖	—	—	—	1.472	6.123	0.914
可溶性淀粉	—	—	—	1.009	5.234	0.901

注：“—”表示未检测到

伐他汀含量约 6.12 mg/L。而麦芽糖和乳糖发酵液中洛伐他汀含量一直都不高，因此在蔗糖条件下有利于 A 型菌种生产洛伐他汀。A 型金花菌发酵液中没有检测到辛伐他汀，所以，A 型菌种并不会生产辛伐他汀。

以上实验结果表明：A 型金花菌生产洛伐他汀的最佳碳源是蔗糖，最佳发酵时间是 13 天，无生产辛伐他汀能力。

由图可知：A 型菌种的麦芽糖、乳糖、蔗糖和可溶性淀粉因素设置都在发酵时间第 13 天时生产洛伐他汀含量达到峰值，其中蔗糖洛

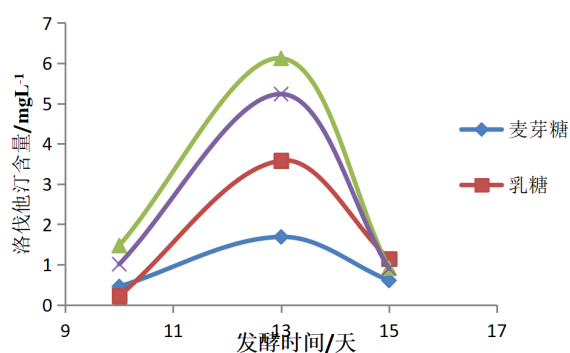


图 6 发酵时间对 A 型菌种生产洛伐他汀能力的影响

Fig. 6 Effect of fermentation time on lovastatin production in Type A strain

伐他汀含量最高，生产洛伐他汀含量可达到 6.123 mg/L。

以上结果表明：A 型菌种生产洛伐他汀的最佳发酵时间为 13 天。

由表 2 可知，所设置的碳源都可以较好的使 G9 型菌种生产洛伐他汀。就工业生产来说，葡萄糖虽然发酵第 9 天是含量最高，可达 11.624 mg/L，可是下降却也是最快的；可溶性淀粉含量在发酵第 9 天位居第二，含量可达 10.675 mg/L 且在后续时间里洛伐他汀含量下降较为缓慢。麦芽糖在发酵第 9 天生产洛伐他含量最低，发酵第 11 天生产洛伐他汀含量

为 11.451 mg/L，仅次于葡萄糖最高生产量。综合生产量与发酵周期，葡萄糖最适合用来培养 G9 型菌种生产洛伐他汀。没有检测到辛伐他汀。

以上结果显示：G9 型菌种生产洛伐他汀最佳碳源为葡萄糖，最佳发酵时间为 9 天，无生产辛伐他汀能力。

表 3 是不同碳源对 H 型菌种生产洛伐他汀能力的影响，由表可知：设置的各种不同碳源因素对 H 型菌种生产洛伐他汀的含量没有明显区别，生产洛伐他汀含量在 3-5 mg/L 范围内，其中检测到生产洛伐他汀含量最高仅为 4.999

表 2 不同碳源对 G9 型菌种生产洛伐他汀能力影响
Table 2 Effect of different carbon sources on lovastatin production in Type G9 strain

碳源	辛伐他汀含量 mg/L			洛伐他汀含量 mg/L		
	9 d	11 d	13 d	9 d	11 d	13 d
葡萄糖	—	—	—	11.624	3.379	—
麦芽糖	—	—	—	7.121	11.451	5.191
乳糖	—	—	—	7.210	1.838	—
蔗糖	—	—	—	9.319	4.442	—
可溶性淀粉	—	—	—	10.675	8.696	—

注：“—”表示未检测到

表 3 不同碳源对 H 型菌种生产洛伐他汀能力影响
Table 3 Effect of different carbon sources on lovastatin production in Type H strain

碳源	辛伐他汀含量 mg/L		洛伐他汀含量 mg/L	
	10 d	17 d	10 d	17 d
葡萄糖	—	—	3.311	3.199
麦芽糖	—	—	3.957	4.552
乳糖	—	—	3.226	3.225
蔗糖	—	—	4.999	3.722
可溶性淀粉	—	—	3.445	4.643

注：“—”表示未检测到

mg/L，若用广泛运用于工业生产，主要考虑生产成本即可。未检测到辛伐他汀。

以上结果表明：H 型菌种生产洛伐他汀最佳碳源是蔗糖，无生产辛伐他汀能力。

由表 4 可知：各碳元素对 R 型菌种生产洛伐他汀能力影响不明显，所有因素在发酵第 12 天时洛伐他汀含量已下降，整个发酵过程洛伐他汀最高含量仅 5.741mg/L，是蔗糖在发酵第 10 天生产的洛伐他汀含量。说明 R 菌种本身产洛伐他汀的能力就比较弱，或者碳源不是影响 R 菌种生产洛伐他汀的关键性因素。未检测到辛伐他汀。

以上结果表明：R 型菌种生产洛伐他汀最佳碳源是蔗糖，最佳发酵时间是 10 天，无生产辛伐他汀能力。

2.3 氮源单因素实验 表 5 是不同氮源对 A 型菌种生产洛伐他汀能力影响，在发酵第 5 天时观察 A 型菌种菌落生长情况，有机氮源菌落生长普遍比无机氮源好，无机氮源无菌落生长。从实验目的出发无机氮源更适合生产他汀类物质，其中硝酸钾最适合 A 型菌种生产洛伐他汀，含量最高达 8.056 mg/L。

以上结果表明：有机氮源更适合 A 型菌种菌落生长，无机氮源更适合 A 型菌种生产洛伐

表 4 不同碳源对 R 型菌种生产洛伐他汀能力影响

Table 4 Effect of different carbon sources on lovastatin production in Type R strain

碳源	辛伐他汀含量 mg/L		洛伐他汀含量 mg/L	
	10 d	12 d	10 d	12 d
葡萄糖	—	—	3.832	2.663
麦芽糖	—	—	4.388	2.888
乳糖	—	—	3.891	3.599
蔗糖	—	—	5.741	2.916
可溶性淀粉	—	—	5.065	4.532

注：“—”表示未检测到

表 5 不同氮源对 A 型菌种生产洛伐他汀能力影响

Table 5 Effect of different nitrogen sources on lovastatin production in Type A strain

氮源	辛伐他汀含量 mg/L				洛伐他汀含量 mg/L			
	10 d	13 d	15 d	17 d	10 d	13 d	15 d	17 d
蛋白胨	—	—	—	—	1.472	6.123	0.914	—
牛肉浸膏	—	—	—	—	0.188	4.102	4.334	0.049
酵母浸膏	—	—	—	—	—	4.020	4.223	1.511
硝酸钾	—	—	—	—	—	8.056	3.774	—
氯化氨	—	—	—	—	—	5.622	7.311	3.215

注：“—”表示未检测到

他汀，其中硝酸钾为最佳氮源，最佳发酵时间为 13 天。无生产辛伐他汀能力。

表 6 是不同氮源对 G9 型菌种生产洛伐他汀能力影响。菌种发酵第 9 天时蛋白胨样品中洛伐他汀含量最高，达 9.319 mg/L。第 11 天时除牛肉浸膏和硝酸钾以外，其它三个因素设置生产洛伐他汀含量均明显下降，牛肉浸膏样品检测洛伐他汀含量最高可达 10.673 mg/L。未检测到辛伐他汀。

以上结果表明：G9 型菌种生产洛伐他汀最氮碳源是牛肉浸膏，最佳发酵时间为 11 天，无生产辛伐他汀能力。

表 7 是不同氮源对 H 型菌种生产洛伐他汀能力影响数据，从数据看无论是有机氮源还是无机氮源对 H 型菌种的生产洛伐他汀含量均无明显影响，除硝酸钾生产洛伐他汀含量稳定在 3.0 mg/mL 以外，其他氮元素产洛伐他汀含量均在 4.0-5.0 mg/mL 之间。未检测到辛伐他汀。

以上结果显示：H 型菌种生产洛伐他汀最佳氮源为蛋白胨，最佳发酵时间为 10 天，无生产辛伐他汀能力。

表 8 是不同氮源对 R 型菌种生产洛伐他汀能力影响，对比可知酵母浸膏最适合 R 型菌种生产洛伐他汀，其产量可达 10.923 mg/L，但

表 6 不同氮源对 G9 型菌种生产洛伐他汀能力影响
Table 6 Effect of different nitrogen sources on lovastatin production in Type G9 strain

氮源	辛伐他汀含量 mg/L			洛伐他汀含量 mg/L		
	9 d	11 d	13 d	9 d	11 d	13 d
蛋白胨	—	—	—	9.319	4.442	—
牛肉浸膏	—	—	—	7.352	10.673	6.616
酵母浸膏	—	—	—	8.346	2.474	—
硝酸钾	—	—	—	7.753	8.404	3.465
氯化氨	—	—	—	7.364	4.165	—

注：“—”表示未检测到

表 7 不同氮源对 H 型菌种生产洛伐他汀能力影响
Table 7 Effect of different nitrogen sources on lovastatin production in Type H strain

氮源	辛伐他汀含量 mg/L		洛伐他汀含量 mg/L	
	10 d	17 d	10 d	17 d
蛋白胨	—	—	4.999	3.722
牛肉浸膏	—	—	4.195	1.977
酵母浸膏	—	—	0.748	3.431
硝酸钾	—	—	2.949	2.809
氯化氨	—	—	4.936	2.863

注：“—”表示未检测到

表 8 不同氮源对 R 型菌种生产洛伐他汀能力影响

Table 8 Effect of different nitrogen sources on lovastatin production in Type R strain

氮源	辛伐他汀含量 mg/L		洛伐他汀含量 mg/L	
	10 d	12 d	10 d	12 d
蛋白胨	—	—	5.471	2.916
牛肉浸膏	—	—	4.737	3.270
酵母浸膏	—	—	10.923	2.382
硝酸钾	—	—	6.702	3.923
氯化氨	—	—	6.124	5.993

注：“—”表示未检测到

含量下降快。无论是有机氮源还是无机氮源在发酵第 12 天发酵液中洛伐他汀含量都已下降且下降幅度明显。未检测到辛伐他汀。

以上结果显示：R 型菌种生产洛伐他汀最佳氮源为酵母浸膏，最佳发酵时间为 10 天，无生产辛伐他汀能力。

3 结论

本实验研究了金花菌生产他汀类物质的能力。结果表明，四种金花菌亚种均未能生产辛伐他汀，且其生产洛伐他汀的能力较弱。其中，G9 型金花菌产洛伐他汀的能力最强，发酵液中洛伐他汀浓度最高可达 11.624 mg/L。A 型金花菌的最佳发酵时间为 13 天，此时洛伐他汀的含量为 6.123 mg/L。通过对不同培养碳源和氮源的比较，发现改变碳源对洛伐他汀的生产影响不大；而改变氮源时，洛伐他汀的生产含量则会有所变化，表明氮源对金花菌生产洛伐他汀的影响较碳源更为显著。

根据实验结果，最适合不同金花菌亚种生产洛伐他汀的培养基配方分别为：A 型菌种为 6% 蔗糖 +2% 硝酸钾；H 型菌种为 6% 蔗糖 +2% 蛋白胨；R 型菌种为 6% 可溶性淀粉 +2% 酵母浸膏；G9 型菌种为 6% 葡萄糖 +2% 牛肉

浸膏。每个亚种的最佳培养基配方不同，说明在研究某一金花菌的洛伐他汀生产时，需进行单独的培养基优化。在菌种的发酵过程中，单糖和有机氮源有利于菌丝的生长。在碳源实验中，葡萄糖促进金花菌菌落生长最快，且最为旺盛。在氮源实验中，有机氮源有利于菌种生长，而无机氮源几乎不促进菌落生长，但在检测到的他汀类物质中，无机氮源的发酵液含量高于有机氮源。后续研究可考虑尝试混合使用有机与无机氮源进行培养。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 胡盛寿, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告 2018》概要 [J]. 中国循环杂志, 2019, 34(03): 209-220.
- [2] 张海艳. 冠突散囊菌在发酵茶中的应用研究进展 [J]. 黑龙江科学, 2018, 9(22): 30-31.
- [3] 傅冬阳, 刘仲华, 黄建安, 等. 高通量筛选研究茯砖茶降脂减肥功效 [J]. 茶叶科学, 2006, 26(03): 209-214.
- [4] 傅冬阳, 刘仲华, 黄建安, 等. 高通量筛选研究茯砖茶对 FX R 的作用 [J]. 食品科学, 2007, 28(05): 331-334.

- [5] 傅冬阳, 刘仲华, 黄建安, 等. 茯砖茶中几种单体成分功效的高通量筛选研究 [J]. 茶叶科学, 2008, 28(01): 39-42.
- [6] 傅冬阳, 刘仲华, 黄建安, 等. 茯砖茶加工过程中主要化学成分的变化 [J]. 食品科学, 2008, 29(02): 64-67.
- [7] 杨抚林, 邓放明, 赵玲艳, 等. 茯砖茶发花过程中优势菌的研究进展 [J]. 茶叶科学技术, 2005(01): 4-7.
- [8] 李智芳. 茯砖茶品质形成机理的研究进展 [J]. 福建茶叶, 2009(01): 10-11.
- [9] 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(02): 129-135.
- [10] 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(01): 157-160.
- [11] 邓放明. 茯砖茶中冠突散囊菌分离培养及其发酵液胞外多糖与应用酶学研究 [D]. 湖南农业大学, 2007.
- [12] 邓放明, 龚淑莉, 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(06): 48-52.
- [13] 胡治远, 赵运林, 刘素纯, 等. 不同品种茯砖茶中优势微生物的分离鉴定 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(12): 60-64.
- [14] 张浩, 李华, 莫海珍. 天然发酵茯砖茶微生物菌群及抗菌特性研究 (英文) [J]. 食品科学, 2010, 31(21): 293-297.
- [15] 陈景智, 王力超, 李亮, 等. 红曲霉洛伐他汀的液态发酵及其分离纯化 [J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(02): 31-38.