

冬虫夏草液体发酵产多糖条件优化及饮料研制

武忠伟¹, 王振河¹, 赵现方¹, 郭爱莲²

(1. 河南科技学院生物工程系, 河南 新乡 453003 2. 西北大学生命科学学院, 陕西 西安 710069)

摘 要: 研究了培养时间、初始 pH 值、乙醇浓度、二次补糖等因素对冬虫夏草菌丝生长和产糖的影响, 得出了最佳培养时间为 6d, 初始 pH 为 5.5, 乙醇浓度为 1.0%, 二次补糖为复合碳源葡萄糖 + 甘露糖 + 半乳糖 (3:4:2) 1.2g/100ml, 发酵液胞外多糖产量和菌丝干重最高分别可达 5949.6mg/L 和 17.35g/L。功能性虫草饮料以添加枸杞 + 党参 (2:1) 15g/100ml 发酵的配伍最佳。最优饮料配方: 发酵液: 水 = 70:30、蔗糖 7%、柠檬酸 0.1%、稳定剂 0.15%。
关键词: 冬虫夏草; 深层培养; 多糖; 饮料

Study on Optimization of Submerged Fermentation for Cordycepic Polysaccharides and Beverage Exploitation

WU Zhong-wei¹, WANG Zhen-he¹, ZHAO Xian-fang¹, Guo Ai-lian²

(1. Department of Bioengineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;

2. College of Life Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The effects of culture time, initial pH, ethanol concentration and secondary supplementing sugar on the biomass and the polysaccharides production of *Cordyceps sinensis* were studied. The results showed: the optimum culture time 6d, initial pH 5.5, ethanol thickness 1.0% and secondary supplementing sugar Glu+Man+Gal (3:4:2) 1.2g/100ml. The maximal output of polysaccharides and the mycelium weight reached 5949.6mg/L and 17.35g/L respectively. The optimum functions obtained when

收稿日期: 2005-11-29

基金项目: 河南科技学院重点科研基金资助项目

作者简介: 武忠伟 (1979-), 男, 硕士, 主要从事应用微生物学研究。

T_m 值为 123℃) 和相变热焓值 (纯 TGase 的 ΔH 为 17.9J/g), 同时导致失重率降低 (纯酶失重率为 35.0%)。同时海藻糖的存在大大延长了 TGase 热变性开始的时间, 即从对照的 158s 延长至 760s。从 2.2 和 2.3 的结果, 对于葡萄糖和蔗糖而言则未表现出上述影响趋势。

当然, 糖的加入对酶蛋白稳定性的影响和作用因素是多方面的, 如糖分子的水合作用可以在生物分子的失水部位以羟基和生物大分子形成氢键, 取代水的作用^[10], 因此糖分子羟基的数目和空间伸展会对酶蛋白在受热情况下维持其空间构象和活性中心产生不同程度的影响。加入糖的蛋白质溶液体系去折叠的自由能增加, 蛋白质的天然构象会保持一定程度上的稳定^[11], 因此, 葡萄糖和蔗糖在一定程度上也表现出对 TGase 的弱保护作用, 不过说明该方面的保护机理仍待进一步深入研究。

参考文献:

[1] 郑美英, 陈坚, 陈世伦. 谷氨酰胺转氨酶—理化性质、生产方法及其在食品工业中的应用[J]. 生物工程进展, 2001, 21(1): 33-37.

- [2] DURAN R, JUNQUA M, SCHMITTER J M, et al. Purification, characterization, and gene cloning of transglutaminase from *Streptococcus thermophilus* CBS 683 68[J]. Biochimie, 1998, 80: 313-319.
- [3] 常忠义, 江波, 王璋. 微生物谷氨酰胺转氨酶的应用进展[J]. 食品科学, 2000, 21(9): 6-8.
- [4] 王璋, 许时婴, 汤坚. 食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 48-69.
- [5] GROSSOWICZ N, WAINFAN E, BOREK E, et al. The enzymatic formation of hydroxamic acids from glutamine and asparagine[J]. Biol Chemistry, 1950, 7(1): 111-125.
- [6] 刘云娜. 鸡卵清白蛋白的示差扫描量热法研究[J]. 现代科学仪器, 2000(4): 59-60.
- [7] 荣绍丰, 张海平, 毛忠贵. 合成海藻糖的新型非磷酸化酶[J]. 生物工程进展, 2001, 21(2): 54-57.
- [8] 李余增. 热分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987: 220-292.
- [9] 易薇, 胡一桥. 差式扫描量热法在蛋白质热变性研究中的应用[J]. 中国药理学杂志, 2004, 39(6): 401-403.
- [10] MOTOKI M, SEGURA K. Transglutaminase and its use for food processing [J]. Trends in Food Science & Technology, 1998(9): 204-210.
- [11] 曲红, 焦克芳. 蛋白质与糖的相互作用[J]. 国外医学: 药学分册, 1999, 26: 95-98.

cordycepic beverage was added with *Lycium barbarum* and *Codonopsis pilosula* (2:1) 15g/100ml. The best beverage formula is fermentative fluid:water=70:30, sucrose 7%, citric acid 0.1% and stability 0.15%.

Key words: *Cordyceps sinensis*; submerged culture; polysaccharides; beverage

中图分类号 TS272.4

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2007)02-0205-05

人工冬虫夏草菌丝体和发酵液多糖的理化性质研究表明:多数虫草多糖组分由甘露糖、半乳糖、葡萄糖等组成,为高度分支杂多糖^[1]。大量药理试验表明,虫草的多糖具有多种作用:抗肿瘤、增强单核巨噬细胞的吞噬能力、提高小鼠血清中 IgG 的含量、对体外淋巴细胞转化有促进作用和抗辐射等^[2-4]。而冬虫夏草发酵液也含有多种功能性有效成分,如对病菌有抑制作用的虫草菌素、有抗癌作用的生物多糖和对人体有益的腺甙类、麦角甾醇类、多肽类、甘露醇、单糖、多糖、有机酸、多胺、磷脂酰胆碱、微量元素及 VB₁₂ 等成分^[5]。它们的生理活性极其丰富多彩,可抗菌、抗癌、抗血小板凝结、抗辐射、改善和提高记忆力、调节机体免疫能力、钙离子拮抗、对脑和心脏在常压缺氧下有保护作用、镇静和镇痛等^[6]。因此,虫草发酵液可以作为功能性饮料开发的优良材料。

为此,本文以冬虫夏草的生长量和多糖总量为指标,筛选出对冬虫夏草生长和多糖产量有促进作用发酵条件,为利用冬虫夏草深层发酵活性多糖提供了新的技术途径,并进而与一定的中药配伍发酵,开发出高生物活性的多糖功能型发酵饮品^[7]。

1 材料与方法

1.1 材料

冬虫夏草(*Cordyceps sinensis*)为本实验室保藏。

斜面培养基(%):土豆汁 20,蛋白胨 0.5,酵母膏 0.5, KH₂PO₄ 0.1, MgSO₄·7H₂O 0.05, VB₁ 0.001~0.005, 琼脂 2.0, pH 自然;发酵基础培养基(%):葡萄糖 1.2, 玉米粉 1.5, 黄豆粉 2.0, 酵母膏 0.57, 麦芽汁 1.0, pH 6.4。

1.1.1 中药材

当归(*Angelica sinensis*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)、车前草(*Plantago asiatica*)、枸杞子(*Lycium barbarum*)、党参(*Codonopsis pilosula*) 北京同仁药店西安市分店。

1.2 方法

1.2.1 种子液的制备

将斜面菌种活化 2~3 次,取培养 4d 的斜面菌种刮取菌苔,用无菌生理盐水进行稀释成菌悬液,备用。

1.2.2 中药水提液的制备

称取中药材 15g,加 6 倍水浸泡 1h 后,用砂锅煎熬 30min,倒出药汁,再在药渣中补加适量的水,煮

沸 20min,倒出药汁。合并药汁,过滤,定容。以 DNS 法^[9]测定药汁中的还原糖含量,药汁用于冬虫夏草液体培养。

1.2.3 摇瓶发酵培养

将 80ml 水加入 250ml 三角瓶中,再加入基础发酵培养基;二次补糖试验在发酵 3d 后加入各个组合糖源 1.2g/10ml(已灭菌),对照组加 10ml 蒸馏水;中药加富培养,加入 80ml 药汁代替水,控制各实验组与对照组中还原糖浓度相同(试验组葡萄糖加入量=对照组葡萄糖加入量-药汁中还原糖含量),每个样品设 2 个重复;接种量 5%,24℃静置 1d 后振荡培养 5d,摇床转速 150r/min。

1.2.4 中药种类及其发酵性质的确定

分别在发酵基础培养基上加入当归、车前草、枸杞子、党参、刺五加及其一定的配伍的中药提取液,发酵培养后观察发酵液特性,综合感官评价(分)=20%×色泽评分+20%×风味评分+40%×口感评分+20%×多糖含量。

1.2.5 发酵工艺流程

冬虫夏草菌种→活化→中药加富培养→发酵醪离心分离
→菌丝体→用于其他的开发
——→发酵液→过滤→调配→精滤→装瓶→封口
→杀菌、冷却→检验、包装

1.2.6 胞外多糖样品的制备

发酵液调 pH 值到 7.5 后,取 1ml 加 3 倍量的无水乙醇,沉淀 12h 后,3500r/min 离心 15min,再用 95% 的乙醇洗至 DNS 法检验无还原糖反应为止,然后沉淀用蒸馏水复溶,稀释到适当浓度,用苯酚-硫酸法测定多糖含量。

1.2.7 菌丝体干重的测定

收取的发酵醪以 3500r/min 离心或过滤获得菌丝球,70℃烘干至恒重,称重。

1.2.8 多糖含量的计算^[8]

多糖含量(g/L)=葡萄糖浓度×稀释倍数×0.9

胞内多糖(g/L)=菌丝多糖含量(g/g)×生物量(g/L)

1.2.9 测定方法

还原糖测定用 DNS 法;氨基态氮的测定用甲醛滴定法;总酸用指示剂法,NaOH 滴定(以柠檬酸表示);可溶性固形物用手持糖度计测定。

2 结果与分析

2.1 冬虫夏草液体培养生长曲线

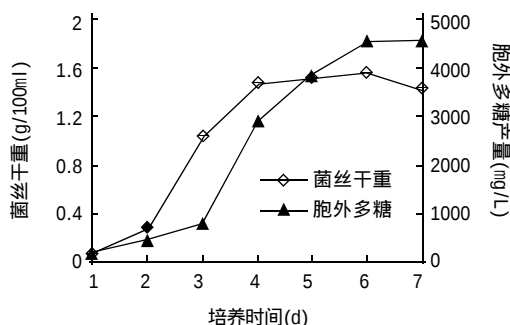


图1 冬虫夏草深层培养生长周期的动力学曲线

Fig.1 Kinetics curve of growth period of Cordyceps sinensis in submerged culture

从图1可以看出,采用液体接种冬虫夏草菌丝在培养后,经历了1d的延滞期,第2~4d为快速生长期,4~6d到达稳定期,6d时菌丝干重达到最大值1.56g/100ml,之后菌丝开始自溶,产量开始下降。胞外多糖的产量在2~6d期间与菌丝生长呈正相关关系,但在7d时达到最大值4559.8mg/L,但在以后增幅不大。综合考虑菌丝产量和胞外多糖产量,定培养时间为6d。

2.2 还原糖和氨基态氮浓度的变化

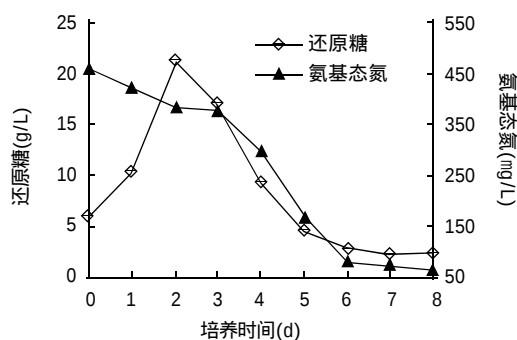


图2 还原糖和氨基态氮的变化曲线

Fig.2 The variational curve of deoxidize sugar and amino-nitrogen

从图2可以看出,培养初期还原糖量明显下降,中期略有回升,随着进入稳定期又降到一定范围。这可能在中期时,菌体代谢合成了部分胞外多糖,而中后期(快速生长期和稳定期)菌体自身代谢合成一些初级和次级代谢产物,要消耗能量,致使糖量又下降。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的上升可能是由于菌体分泌了蛋白酶酶解了不溶性黄豆蛋白成为可溶性多肽或氨基酸,同时菌体在代谢过程中也可能合成了部分水溶性氨基酸或多肽类物质。而中后期由于菌体合成自身物质消耗了大量的氨基酸,使 $\text{NH}_3\text{-N}$ 又下降。

2.3 初始 pH 对冬虫夏草生长和多糖产量的影响

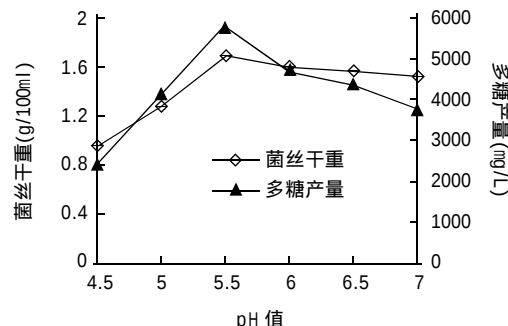


图3 初始 pH 对冬虫夏草生长的影响

Fig.3 Effects of the different initial pH values on Cordyceps sinensis in submerged culture

从图3可以看出,在初始 $\text{pH} < 5.5$ 时,冬虫夏草菌丝生长及多糖的产生均在较低水平;当 $\text{pH} \geq 5.5$ 时,菌丝的生长量略有增长,但是胞外多糖产量开始下降,综合考虑培养基的初始 pH 值选择 5.5 为宜。

2.4 乙醇浓度对冬虫夏草生长的影响

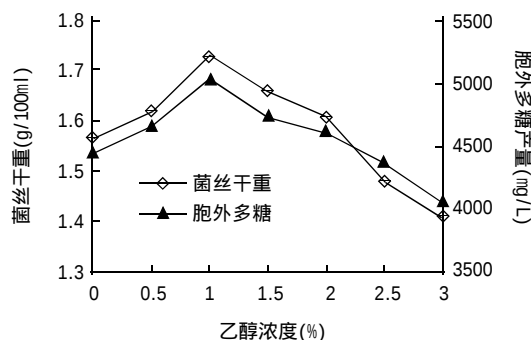


图4 乙醇浓度对冬虫夏草生长的影响

Fig.4 Effects of the different ethanol thicknesses on Cordyceps sinensis in submerged culture

从图4可以看出,在0%~1.0%范围内,乙醇的添加对冬虫夏草菌丝的生长和胞外多糖产量有明显的促进作用,并且胞外多糖的产量和菌丝生长具有正相关性,而在乙醇浓度大于1.0%时胞外多糖的产量和菌丝生长均开始下降。在添加1.0%的乙醇时,菌丝干重和胞外多糖均达到最大值,分别为1.73g/100ml和5069.3mg/L。

2.5 二次补糖对冬虫夏草深层发酵的影响

从图5可以看出,经过二次补糖可以提高冬虫夏草菌丝体和胞外多糖的产量,它们分别是对照组的1.006~1.114倍和1.014~1.345倍;补糖的种类对冬虫夏草菌丝体和胞外多糖的产量也有较大的影响,其中以复合糖类葡萄糖+半乳糖+甘露糖的效果最好,菌丝干重和胞外多糖产量的增幅分别可以达到11.4%和34.5%。

2.6 中药强化冬虫夏草发酵特性研究

从表1可以看出,其中当归、枸杞、党参、车

表1 冬虫夏草发酵中草药的特性研究
Table 1 Characteristics of Chinese medicine Cordyceps sinensis fermentation

试样	胞外多糖含量(mg/L)	色泽	味道	口感和风格	综合评分
对照组	4350.3	淡黄色, 浊度较高	清香, 豆香味较重, 稍有异味	爽口, 稍有豆腥味	60
当归	7864.4	黄色, 浊度较高	特别的香味, 有醇香, 无异味	有当归香气, 比较厚重	72
枸杞子	7318.0	亮红色, 浊度低, 清亮	清香淡雅, 稍带甜味无异味	爽口, 明快, 甜香味	88
车前草	5894.7	浅绿色, 浊度低, 清亮	有青草香味, 稍有土味	清爽, 清凉感, 后味稍苦	80
党参	8183.3	淡红色, 较清亮, 浊度低	醇香, 厚重, 无异味	爽口, 回味好	85
刺五加	5249.1	浅黄色, 浊度低, 清亮	淡香, 味道不明显	爽口, 恬淡, 回味不够明显	75
枸杞+党参(2:1)	7893.5	亮红色, 清亮, 浊度低	清香, 厚重, 无异味	爽口, 明快, 回味悠长	94
当归+刺五加(2:1)	7058.4	浅黄色, 透明度较差	香味较重, 无异味	不够爽口, 回味较好	86

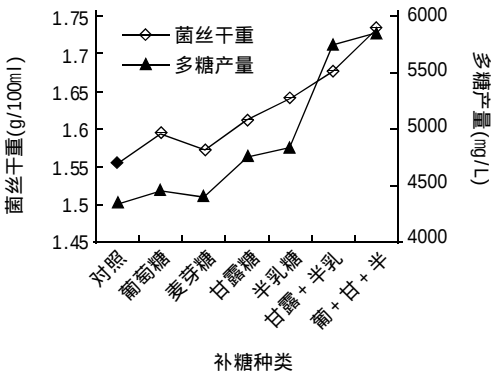


图5 二次补糖对冬虫夏草深层培养的影响

Fig.5 Effects of secondary supplementing sugar on Cordyceps sinensis in submerged culture

表2 L₉(3⁴)正交设计因素与水平
Table 2 Factors and levels of the L₉(3⁴) orthogonal test

水平	因素			
	A 发酵液:水(%)	B 蔗糖(%)	C 柠檬酸(%)	D 稳定剂(%)
1	80:20	5	0.05	0.10
2	70:30	6	0.10	0.15
3	60:40	7	0.15	0.20

前草刺五加及其它之间的配伍对冬虫夏草的多糖产量都有促进作用,并且对冬虫夏草发酵液的性质也有一定的改善,根据综合评分情况,最后选择以枸杞+党参(2:1)15g/100ml的配伍为佳。

2.7 饮料配方的确定

从表3的R值可以看出,对产品品质影响各因素的影响次序为A>B>C>D,最佳配方为A₂B₃C₂D₂。即发酵液:水=70:30、蔗糖7%、柠檬酸0.1%、稳定剂0.15%。

2.8 营养饮料质量指标的确定

2.8.1 感官指标

色泽:淡棕红色、外观均匀一致。
口味:口感酸甜爽口、具有浓郁清香味,无异味。
组织状态:均匀稳定,细腻,无分层、沉淀现象。

2.8.2 理化指标

蛋白质:0.53g/L;多糖:5587.5mg/L;酸度:0.3g/L(以柠檬酸计);可溶性固形物:8%~10%,稳定剂符

表3 L₉(3⁴)正交试验结果
Table 3 Results of orthogonal test

试样号	因素与水平				综合评分
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	58
2	1	2	2	2	65
3	1	3	3	3	77
4	2	1	2	3	85
5	2	2	3	1	75
6	2	3	1	2	94
7	3	1	3	2	72
8	3	2	1	3	69
9	3	3	2	1	88
K ₁	200	215	221	221	
K ₂	254	209	238	231	
K ₃	229	259	224	231	
R	18	16.7	5.7	3.3	

合GB2760—1996食品添加剂使用卫生标准。

2.8.3 微生物指标

细菌总数≤100个/ml,大肠杆菌≤3个/100ml,致病菌不得检出。

3 结论

研究培养时间、初始pH值、乙醇浓度、二次补糖等因素对冬虫夏草菌丝生长和产糖的影响,得出最佳培养时间为6d、初始pH5.5、乙醇浓度为1.0%、二次补糖为复合碳源葡萄糖+甘露糖+半乳糖(3:4:2)1.2g/100ml,发酵液胞外多糖产量和菌丝干重最高分别可达5949.6mg/L和17.35g/L。功能性虫草饮料以添加枸杞+党参(2:1)15g/100ml发酵的配伍最佳。最优饮料配方:发酵液:水=80:20、蔗糖7%、柠檬酸0.1%、稳定剂0.15%。其多糖含量在5587.5mg/L,亮红色、透明、清香厚重、无异味、清爽明快、回味悠长;口感浑然一体,十分协调。

参考文献:

[1] 董彩虹.冬虫夏草研究进展[J].食品科学,2004,25(7):195-197.
[2] KAWAGUCHI N, OHMORI T, TAKESHITA Y, et al. Occurrence of Gal beta(1-3)GalNAc-Ser/thr in the linkage region of polygalactosamine containing fungal glycoprotein from Cordyceps ophioglossoides[J].

源于不同菌种的谷氨酰胺转胺酶的特性研究

马 微¹, 李 春², 付 丽³, 王海波¹, 张兰威^{4,*}

(1. 东宁出入境检验检疫局, 黑龙江 东宁 157200 2. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030

3. 郑州牧业工程高等学校, 河南 郑州 450011 4. 哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 本文对 TG-K 和 TG-N 的特性进行对比研究发现: TG-K 和 TG-N 粗酶酶活分别为 11.32、9.41U/ml; 对酶进行分离纯化的步骤越多, 酶活力和蛋白含量就损失的越多, 但是 TG-K 降低的幅度比 TG-N 小; 经 SDS-PAGE 凝胶电泳可知 TG-K 的分子量为 41.5kDa, 而 TG-N 的分子量为 39.6kDa, 不同离子对 TG-K 和 TG-N 交联酪蛋白的影响不尽相同; 经扫描电镜对酸奶凝块的超微结构进行观察, 证实 TG-K 比 TG-N 更适合催化交联酪蛋白。

关键词: 谷氨酰胺转胺酶; 不同菌种; SDS-PAGE; 酶活力; 超微结构

Study on Transglutaminase Characteristics of Different Bacillus Strains

MA Wei¹, LI Chun², FU Li³, WANG Hai-bo¹, ZHANG Lan-wei^{4,*}

(1. Dongning Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dongning 157200, China 2. Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China 3. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou 450011, China

4. Harbin Institute of Technology, Harbin 150030, China)

Abstract: This paper mainly studied the characteristics of TG-K and TG-N apparently. The crude enzyme activity of TG-K and TG-N were 11.32U/ml and 9.41U/ml respectively. The results showed that the more separated and purification steps, the less of enzyme activity and protein contents, but the lowering level of TG-N was less than TG-K. The molecular weight of TG-K is 41.5 kDa and while that of TG-N 39.6kDa by SDS-PAGE. The different ionics have different effects on cross-linking casein of TG-K or TG-N. It has proved that TG-K is better to cross-linked casein observing the ultra structure of yoghurt by EM.

Key words: transglutaminase; different strains; SDS-PAGE; enzyme activity; ultra structure

中图分类号 Q814.9

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2007)02-0209-06

谷氨酰胺转胺酶(transglutaminase, EC.2.3.2.13 全称 R-glutamyl-peptide amine-γ-glutamyl-transferase, 简称 TGase) 又称转谷氨酰胺酶, 是一种可以生产出满足人们需求的新型蛋白食品(营养价值高、外形美观、质构合理、安全卫生、货架期长、口感好且抗过敏等)的重要酶制剂, 具有“21 世纪超级粘合剂”美称。它能催

化蛋白质分子内的交联、分子间的交联、蛋白质和氨基酸之间的连接以及蛋白质分子内谷氨酰胺酰胺基的水解^[1], 从而可进一步改善蛋白质的弹性、发泡性、溶解性、乳化性、持水性及乳化稳定性等, 并且提高了蛋白质的营养价值, 因此在食品、生物、医药保健等方面具有广阔的应用前景。

收稿日期: 2005-01-21

*通讯作者

作者简介: 马微(1978-), 女, 硕士, 研究方向为发酵食品。

Biochem Biophys Res Commun, 1986, 140(1): 350.

[3] OHMORI T, TAMURA K, TAKART H, et al. Component analysis of protein-bound polysaccharides (SN-C) from Cordyceps ophioglossoides and its effects on syngeneic murine tumor[J]. Chem Pharm Bull, 1988, 36(11): 4505.

[4] KIHIO T, OKUBO K, USUI S, et al. Structural features and hypoglycemic activity of a polysaccharides (CS-F10) from the cultured mycelium of Cordyceps sinensis[J]. Biol Pharm Bull, 1999, 22(9): 966-970.

[5] TADASHI K, et al. Polysaccharides in fungi. XXXVI. hypoglycemic

activity of a polysaccharides from the cultural mycelium of Cordyceps sinensis and its effect on glucose metabolism in mouse liver[J]. Biom Pharm Bull, 1996, 19(2): 294-296.

[6] 李绍平, 李晖, 李萍, 等. 冬虫夏草抗肿瘤作用研究[J]. 中草药, 2001, 32(4): 373-374.

[7] 王兴红, 李旗德, 曹秋娥. 微生物发酵中药应成为中药研究的新内容[J]. 中草药, 2001, 32(3): 267-268.

[8] 林加涵, 魏文铃, 彭宣宪. 现代生物学实验: 下册[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 7-8.

冬虫夏草液体发酵产多糖条件优化及饮料研制

作者: 武忠伟, 王振河, 赵现方, 郭爱莲, WU Zhong-wei, WANG Zhen-he, ZHAO Xian-fang, Guo Ai-lian
作者单位: 武忠伟, 王振河, 赵现方, WU Zhong-wei, WANG Zhen-he, ZHAO Xian-fang (河南科技学院生物工程系, 河南, 新乡, 453003), 郭爱莲, Guo Ai-lian (西北大学生命科学学院, 陕西, 西安, 710069)
刊名: 食品科学 
英文刊名: FOOD SCIENCE
年, 卷(期): 2007, 28 (2)
被引用次数: 1次

参考文献(8条)

1. KAWAGUCHI N; OHMORI T; TAKESHITA Y Occurrence of Gal beta(1-3)GalNAc-Ser/thr in the linkage region of polygalactosamine containing fungal glycoprotein from Cordyceps ophioglossoides 1986(01)
2. TADASHI K Polysaccharides in fungi. XXXVI. hypoglycemic activity of a polysaccharides from the cultural mycelium of Cordyceps sinensis and its effect on glucose metabolism in mouse liver [外文期刊] 1996(02)
3. KIIHO T; OOKUBO K; USUI S Structural features and hypoglycemic activity of a polysaccharides (CS-F10) from the cultured mycelium of Cordyceps sinensis 1999(09)
4. OHMORI T; TAMURA K; TAKART H Component analysis of protein-bound polysaccharidea (SN-C) from Cordyceps ophioglossoides and its effects on syngeneic murine tumor 1988(11)
5. 林加涵; 魏文铃; 彭宣宪 现代生物学实验 2001
6. 王兴红; 李旗德; 曹秋娥 微生物发酵中药应成为中药研究的新内容 [期刊论文] - 中草药 2001 (03)
7. 李绍平; 李晖; 李萍 冬虫夏草抗肿瘤作用研究 [期刊论文] - 中草药 2001 (04)
8. 董彩虹 冬虫夏草研究进展 [期刊论文] - 食品科学 2004 (07)

引证文献(1条)

1. 张卉, 杨占森, 雷晓燕, 岳静 姬松茸保健饮料的研制及其免疫调节功能评价 [期刊论文] - 食品科学 2008 (7)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_spkx200702051.aspx