(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116463243 A
(43)申请公布日 2023.07.21

(21)申请号 202310187309.5

(22)申请日 2023.03.01

(83)生物保藏信息
CGMCC No.26189 2022.12.14

(71)申请人 领先生物农业股份有限公司
地址 066000 河北省秦皇岛市海港区经济技术开发区秦皇西大街78-1号

(72)发明人 周立华 杨娜 孙杉杉 王东 明艳超 徐志文

(74)专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463
专利代理师 王焕

(51)Int.Cl.
C12N 1/20(2006.01)
C12P 13/02(2006.01)
C12R 1/10(2006.01)

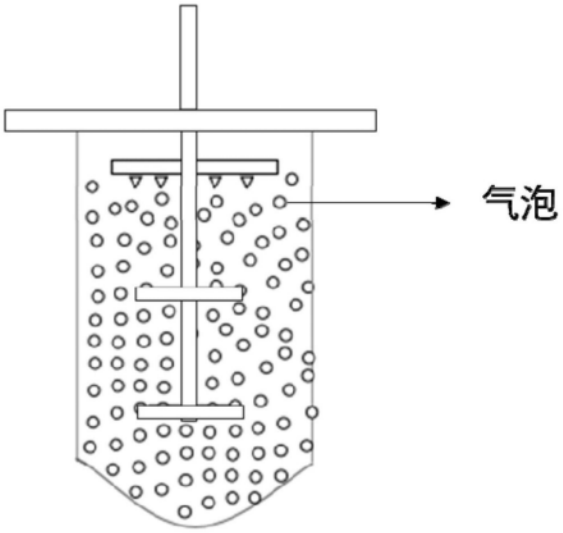
权利要求书1页 说明书7页
序列表（电子公布） 附图1页

(54)发明名称

地衣芽孢杆菌及其应用、γ-聚谷氨酸的制备方法

(57)摘要

本发明涉及微生物及其发酵技术领域，具体而言，涉及地衣芽孢杆菌及其应用、γ-聚谷氨酸的制备方法。该地衣芽孢杆菌(Bacillus licheniformis)，保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心，保藏编号为CGMCC NO.26189，保藏日期为2022年12月14日。该地衣芽孢杆菌具有产γ-聚谷氨酸的特性。



CN 116463243 A

1.地衣芽孢杆菌(Bacillus licheniformis),保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏编号为CGMCC NO.26189,保藏日期为2022年12月14日。

2.微生物菌剂,其特征在于,包括权利要求1所述的地衣芽孢杆菌及其代谢产物。

3.一种γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

将权利要求1所述的地衣芽孢杆菌接种至发酵培养基中进行第一阶段发酵;向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入空气包裹剂后进行第二阶段发酵;向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述空气包裹剂和补料培养基后进行第三阶段发酵;

其中,所述空气包裹剂包括:卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油。

4.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,所述卵磷脂、所述椰油基葡糖苷、所述大豆油和所述石蜡油的质量比为(2～3):(1～4):(2～4):(2～4)。

5.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入0.1%～1.0%体积比的所述空气包裹剂。

6.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入0.1%～0.5%体积比的所述空气包裹剂。

7.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入159～173g/L的所述补料培养基。

8.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,所述第一阶段发酵的时间为15～20h;优选地,所述第一阶段发酵的温度为36～37℃;

优选地,所述第二阶段发酵的时间为20～30h;更优选地,所述第二阶段发酵的温度为36～37℃;

优选地,所述第三阶段发酵的温度为36～37℃。

9.根据权利要求3所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,所述地衣芽孢杆菌的接种量为所述发酵培养基体积的0.8%～1.2%;

优选地,所述第三阶段发酵结束时的发酵体系中γ-聚谷氨酸的含量为60～75g/L。

10.根据权利要求3～9任一项所述的γ-聚谷氨酸的制备方法,其特征在于,所述γ-聚谷氨酸的制备方法制备得到的γ-聚谷氨酸的分子量为200～1000kDa。

地衣芽孢杆菌及其应用、γ-聚谷氨酸的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微生物及其发酵技术领域，具体而言，涉及地衣芽孢杆菌及其应用、γ-聚谷氨酸的制备方法。

背景技术

[0002] γ-聚谷氨酸(γ-polyglutamic acid，γ-PGA)是由谷氨酸单体通过α-氨基和γ-羧基脱水缩合而成的一种新型生物高分子聚合物，是芽孢杆菌属微生物的次级代谢产物，最早在炭疽芽孢杆菌中发现，γ-聚谷氨酸在水溶性、吸附性与生物可降解性方面表现出优异的性能，是一种优良的环保型高分子材料，在环境保护、沙漠治理、农业、医药、化妆品、食品等领域具有很大的商业价值与社会价值。

[0003] 随着研究的深入，液体发酵成为了γ-聚谷氨酸的主要生产方式，然而其发酵液随着产量的增加而逐渐变得粘稠，粘稠的发酵环境又直接导致发酵液中的溶氧含量急剧下降，溶氧急剧下降又大大的影响聚谷氨酸的生成量，而发酵所使用的菌株基本全为严格好氧菌，最终形成恶性循环，导致产量不能达到很高的水平，这也成为了行业的瓶颈。

[0004] 有鉴于此，特提出本发明。

发明内容

[0005] 本发明的一个方面，涉及地衣芽孢杆菌(Bacillus licheniformis)，保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心，保藏编号为CGMCC NO.26189，保藏日期为2022年12月14日。

[0006] 该株地衣芽孢杆菌具有产γ-聚谷氨酸的特性。

[0007] 本发明的另一个方面，还涉及微生物菌剂，包括所述的地衣芽孢杆菌及其代谢产物。

[0008] 所述微生物菌剂具有高含量的γ-聚谷氨酸。

[0009] 本发明的另一个方面，还涉及一种γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0010] 将所述的地衣芽孢杆菌接种至发酵培养基中进行第一阶段发酵；向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入空气包裹剂后进行第二阶段发酵；向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述空气包裹剂和补料培养基后进行第三阶段发酵；

[0011] 其中，所述空气包裹剂包括：卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油。

[0012] 所述γ-聚谷氨酸的制备方法，该方法利用地衣芽孢杆菌结合特定的发酵方案制备γ-聚谷氨酸，在发酵过程通过添加空气包裹剂后，使发酵体系中形成大量的小气泡，大大地增加了空气与发酵液的接触面积，保证发酵的中后期发酵体系中具有较高水平的溶氧量，最终使γ-聚谷氨酸的产量大大提升，制备得到的γ-聚谷氨酸具有产量高和分子量稳定的特点。

[0013] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0014] (1)本发明提供的地衣芽孢杆菌(Bacillus licheniformis)，保藏于中国微生物

菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏编号为CGMCC NO.26189,该地衣芽孢杆菌具有产γ-聚谷氨酸的特性。

[0015] (2)本发明提供的微生物菌剂,包含γ-聚谷氨酸,并且具有γ-聚谷氨酸含量高的特点。

[0016] (3)本发明提供的γ-聚谷氨酸的制备方法,该方法利用地衣芽孢杆菌结合特定的发酵方案制备γ-聚谷氨酸,在发酵过程通过添加空气包裹剂保证发酵的中后期,使发酵体系中形成大量的小气泡,大大地增加了空气与发酵液的接触面积,保证发酵的中后期发酵体系中具有较高水平的溶氧量,最终使γ-聚谷氨酸的产量大大提升,制备得到的γ-聚谷氨酸具有产量高和分子量稳定的特点。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为使用空气包裹剂后发酵过程中发酵液的状态图;

[0019] 图2为不使用空气包裹剂后发酵过程中发酵液的状态图。

具体实施方式

[0020] 下面将结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,但是本领域技术人员将会理解,下列所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例,仅用于说明本发明,而不应视为限制本发明的范围。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0021] 本发明的一个方面,涉及地衣芽孢杆菌(Bacillus licheniformis),保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏编号为CGMCC NO.26189,保藏日期为2022年12月14日。该菌株具有产γ-聚谷氨酸的特性,经过16Sr DNA分子鉴定为地衣芽孢杆菌,序列如SEQ ID NO.1所示。该株地衣芽孢杆菌在正常发酵过程中后期,发酵体系中溶氧水平极低,在2%以下,发酵状态如图1,最终发酵到65-75h后,γ-聚谷氨酸产量为35-42g/L。

[0022] SEQ ID NO.1:

[0023] tagagatagggcttccccttcgggggcagagtgacaggtggtgcatggttgtcgtcagctcgtgtcgtgagatgttgggttaagtcccgcaacgagcgcaacccttgatcttagttgccagcattcagttgggcactctaaggtgactgccggtgacaaaccggaggaaggtggggatgacgtcaaatcatcatgccccttatgacctgggctacacacgtgctacaatgggcagaacaaagggcagcgaagccgcgaggctaagccaatcccacaaatctgttctcagttcggatcgcagtctgcaactcgactgcgtgaagctggaatcgctagtaatcgcggatcagcatgccgcggtgaatacgttcccgggccttgtacacaccgcccgtcacaccacgagagtttgtaacacccgaagtcggtgaggtaacctttggagccagccgccgaaggtgggacagatgattggggtgaagtcgtaacaaggtagccgtatcggaaggtgcggctggatcac

ctccttt。

[0024] 本发明的另一个方面，还涉及微生物菌剂，包括所述的地衣芽孢杆菌及其代谢产物。该微生物菌剂，包含γ-聚谷氨酸，并且γ-聚谷氨酸具有含量高的特点。

[0025] 本发明的另一个方面，还涉及一种γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0026] 将所述的地衣芽孢杆菌接种至发酵培养基中进行第一阶段发酵；向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入空气包裹剂后进行第二阶段发酵；向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述空气包裹剂和补料培养基后进行第三阶段发酵；

[0027] 其中，所述空气包裹剂包括：卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油。

[0028] 该方法利用地衣芽孢杆菌结合特定的发酵方案制备γ-聚谷氨酸，在发酵过程通过添加空气包裹剂保证发酵的中后期发酵体系中具有较高水平的溶氧量，制备得到的γ-聚谷氨酸具有产量高、纯度高、分子量稳定的特点。本发明的发酵过程，发酵体系中的空气以小气泡的形势悬浮于发酵体系中(如图2)，极大的增加了发酵液与空气的接触面积和接触时间，显著的增加了溶氧水平。在加入空气包裹剂后发酵体系发生明显的变化，空气以小气泡的形势悬浮于发酵体系中，极大的增加了发酵液与空气的接触面积和接触时间，显著的增加了溶氧水平。整个发酵过程发酵体系中发酵液呈现泡沫状，且泡沫可控，不会出现喷罐现象。

[0029] 优选地，所述发酵培养基包括：葡萄糖59～61g/L、蛋白胨2.9～3.1g/L、酵母粉3.9～4.1g/L、谷氨酸钠49.9～50.1g/L，磷酸二氢钾14.9～15.1g/L、碳酸钙1.9～2.1g/L、氯化钙0.09～0.11g/L、硫酸镁0.39～0.41g/L和硫酸锰0.019～0.031g/L。

[0030] 优选地，所述发酵培养基的初始pH为6.9～7.2(例如6.9、7.0、7.1或7.2)。

[0031] 优选地，所述卵磷脂、所述椰油基葡糖苷、所述大豆油和所述石蜡油的质量比为(2～3)：(1～4)：(2～4)：(2～4)(例如2:4:2:2、2.3:3:3:2.8、2.8:2:3.5:3.6或3:1:4:4)。

[0032] 优选地，向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入0.1％～1.0％(例如0.1％、0.3％、0.5％、0.7％、0.9％或1.0％)体积比的所述空气包裹剂。

[0033] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入0.1％～0.5％(0.1％、0.2％、0.3％、0.4％或0.5％)体积比的所述空气包裹剂。

[0034] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入159～173g/L(150g/L、155g/L、160g/L、165g/L或170g/L)的所述补料培养基。

[0035] 优选地，所述补料培养基包括：葡萄糖、谷氨酸钠、柠檬酸、磷酸二氢钾和硫酸铵。

[0036] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述葡萄糖98～102g/L(例如98g/L、99g/L、100g/L、101g/L或102g/L)。

[0037] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述谷氨酸钠48～52g/L(例如48g/L、49g/L、50g/L、51g/L或52g/L)。

[0038] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述柠檬酸8～12g/L(例如8g/L、9g/L、10g/L、11g/L或12g/L)。

[0039] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述磷酸二氢钾4～6g/L(例如4g/L、5g/L或6g/L)。

[0040] 优选地，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入所述硫酸铵1～3g/L(例如1g/L、2g/L或3g/L)。

[0041] 优选地，所述第一阶段发酵的时间为15～20h(例如15h、16h、17h、18h、19h或20h)。

[0042] 优选地，所述第一阶段发酵的温度为36～37℃(例如36℃、36.5℃或37℃)。

[0043] 优选地，所述第二阶段发酵的时间为20～30h(例如20h、22h、24h、26h、28h或30h)。

[0044] 更优选地，所述第二阶段发酵的温度为36～37℃(例如36℃、36.5℃或37℃)。

[0045] 优选地，所述第三阶段发酵的温度为36～37℃(例如36℃、36.5℃或37℃)。

[0046] 优选地，所述地衣芽孢杆菌的接种量为所述发酵培养基体积的0.8%～1.2%(例如0.8%、0.9%、1.0%、1.1%或1.2%)。

[0047] 优选地，所述第三阶段发酵结束时的发酵体系中γ-聚谷氨酸的含量为60～75g/L(例如60g/L、63g/L、65g/L、68g/L、70g/L、73g/L或75g/L)。

[0048] 优选地，所述γ-聚谷氨酸的制备方法制备得到的γ-聚谷氨酸的分子量为200～1000kDa(例如200kDa、250kDa、300kDa、350kDa、400kDa、450kDa、500kDa、550kDa、600kDa、650kDa、700kDa、750kDa、800kDa、850kDa、900kDa、950kDa或1000kDa)。

[0049] 本发明发酵过程中从第一阶段发酵开始至发酵结束的发酵罐搅拌转速和风量的控制如表1所示。

[0050] 表1

[0051]

时间段	转速/(转/分钟)	风量/(L/min)
接种后的第0h-第5h	100	2
接种后的第5h-第20h	300	8
接种后的第20h-第52h	550	15
接种后的第52h-发酵结束	750	20

[0052] 本发明实施例中所用液体种子培养基包括：葡萄糖14.9～15.1g/L、蛋白胨2.4～2.6g/L、酵母粉3.9～4.1g/L、磷酸二氢钾1.4～1.6g/L、碳酸钙1.4～1.6g/L、氯化钙0.2～0.4g/L、硫酸镁0.1～0.3g/L和硫酸锰0.04～0.06g/L。

[0053] 下面将结合具体的实施例和对比例对本发明的实施方案进行详细描述。

[0054] 实施例1

[0055] 本实施例提供的γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0056] 1、将保藏编号为CGMCC NO.26189的地衣芽孢杆菌从冷冻保藏的甘油管中划线培养于固体培养基上，35℃培养24h，得到原始斜面种子，再将原始斜面种子接种于250mL含有液体种子培养基的三角瓶中培养，180转/min，35℃下，培养18小时，待用；

[0057] 2、15L发酵罐中培养基的装料系数为0.6，115℃高温蒸汽灭菌30分钟，培养基初始pH为6.98；将步骤1中的种子液按照体积的1.0%的接种量接种于灭菌冷却后的发酵培养基中进行第一阶段发酵，第一阶段发酵的时间为15h，培养温度为37℃，通气量和转速按照表1进行控制，不对溶氧数据进行监测；

[0058] 3、当发酵至15h时，按照发酵体系体积的0.1%加入灭菌的空气包裹剂进行第二阶段发酵，第二阶段发酵的时间为25h，使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:2:2:4；

[0059] 4、当发酵至40h，向发酵体系中加入灭菌的补料培养基，同时加入灭菌的空气包裹剂后进行第三阶段发酵，第三阶段发酵的时间为30h，空气包裹剂的加量为发酵体系体积的0.5%；使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:2:2:4。

[0060] 经过以上步骤的发酵后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到65g/L，分子量为250±50kDa。

[0061] 实施例2

[0062] 本实施例提供的γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0063] 1、同实施例1；

[0064] 2、15L发酵罐中培养基的装料系数为0.6，115℃高温蒸汽灭菌30分钟，培养基初始pH为6.98；将步骤1中的种子液按照体积的1.0%的接种量接种于灭菌冷却后的发酵培养基中进行第一阶段发酵，第一阶段发酵的时间为20h，培养温度为37℃，通气量和转速按照表1进行控制，不对溶氧数据进行监测；

[0065] 3、当发酵至20h时，按照发酵体系体积的1.0%加入灭菌的空气包裹剂进行第二阶段发酵，第二阶段发酵的时间为25h，使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:4:2:4；

[0066] 4、当发酵至45h时，向发酵体系中加入灭菌的补料培养基，同时加入灭菌的空气包裹剂后进行第三阶段发酵，第三阶段发酵的时间为30，空气包裹剂的加量为发酵体系体积的0.1%；使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:4:2:4。

[0067] 经过以上步骤的发酵后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到72.5g/L，分子量为950±50kDa。

[0068] 实施例3

[0069] 本实施例提供的γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0070] 1、同实施例1；

[0071] 2、15L发酵罐中培养基的装料系数为0.6，115℃高温蒸汽灭菌30分钟，培养基初始pH为6.98；将步骤1中的种子液按照体积的0.8%的接种量接种于灭菌冷却后的发酵培养基中进行第一阶段发酵，第一阶段发酵的时间为18h，培养温度为37℃，通气量和转速按照表1进行控制，不对溶氧数据进行监测；

[0072] 3、当发酵至18h时，按照发酵体系体积的0.1%加入灭菌的空气包裹剂进行第二阶段发酵，第二阶段发酵的时间为22h，使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:2:2:4；

[0073] 4、当发酵至40h时，向发酵体系中加入灭菌的补料培养基，同时加入灭菌的空气包裹剂后进行第三阶段发酵，第三阶段发酵的时间为35h，空气包裹剂的加量为发酵体系体积的0.5%；使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为2:2:2:4。

[0074] 经过以上步骤的发酵后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到70g/L，分子量为750±50kDa。

[0075] 实施例4

[0076] 本实施例提供的γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0077] 1、同实施例1；

[0078] 2、15L发酵罐中培养基的装料系数为0.6，115℃高温蒸汽灭菌30分钟，培养基初始pH为6.98；将步骤1中的种子液按照体积的1.2%的接种量接种于灭菌冷却后的发酵培养基

中进行第一阶段发酵，第一阶段发酵的时间为19h，培养温度为37℃，通气量和转速按照表1进行控制，不对溶氧数据进行监测；

[0079] 3、当发酵至19h时，按照发酵体系体积的0.1％加入灭菌的空气包裹剂进行第二阶段发酵，第二阶段发酵的时间为26h，使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为3:1:4:4；

[0080] 4、当发酵至45h时，向发酵体系中加入灭菌的补料培养基，同时加入灭菌的空气包裹剂后进行第三阶段发酵，第三阶段发酵的时间为20h，空气包裹剂的加量为发酵体系体积的0.5％；使用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为3:1:4:4。

[0081] 经过以上步骤的发酵后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到75g/L，分子量为700±50kDa。

[0082] 对比例1

[0083] 本对比例提供的γ-聚谷氨酸的制备方法，包括以下步骤：

[0084] 1、同实施例2；

[0085] 2、同实施例2；

[0086] 3、按照发酵体系的1.0％体积比加入灭菌水进行第二阶段发酵；

[0087] 4、向发酵体系中加入灭菌的补料培养基，同时加入灭菌水后进行第三阶段发酵，灭菌水的加量为发酵体系的0.1％体积比，其余同实施例2。

[0088] 经过以上步骤的发酵后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到39g/L，分子量为150±50kDa。

[0089] 对比例2

[0090] 本对比例与实施例2的区别仅在于，所用的空气包裹剂中椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为4:2:4。

[0091] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到49g/L，分子量为600±50kDa。

[0092] 对比例3

[0093] 本实施例与实施例2的区别仅在于，向所述第一阶段发酵的发酵体系中加入体积比为2.0％的所述空气包裹剂。

[0094] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到51g/L，分子量为720±50kDa。

[0095] 对比例4

[0096] 本实施例与实施例2的区别仅在于，向所述第二阶段发酵的发酵体系中加入体积比的2.0％的所述空气包裹剂。

[0097] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到53g/L，分子量为700±50kDa。

[0098] 对比例5

[0099] 本实施例与实施例2的区别仅在于，第一阶段发酵的时间为7h。

[0100] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到48g/L，分子量为650±50kDa。

[0101] 对比例6

[0102] 本实施例与实施例2的区别仅在于，第二阶段发酵的时间为55h。

[0103] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到56g/L，分子量为750±50kDa。

[0104] 对比例7

[0105] 本对比例与实施例2的区别仅在于，所用的空气包裹剂中卵磷脂、椰油基葡糖苷、大豆油和石蜡油的质量比为1:5:1:6。

[0106] 发酵结束后，发酵体系中的γ-聚谷氨酸的发酵含量达到47g/L，分子量为850±50kDa。

[0107] 通过分析以上实施例和对比例的发酵结果，可以看出本发明提供的地衣芽孢杆菌以及空气包裹剂对γ-聚谷氨酸的发酵过程产生显著的增益作用，为今后实验与工业生产提供了新思路，对聚谷氨酸发酵提高产量提供了参考。

[0108] 尽管已用具体实施例来说明和描述了本发明，然而应意识到，以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；本领域的普通技术人员应当理解：在不背离本发明的精神和范围的情况下，可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围；因此，这意味着在所附权利要求中包括属于本发明范围内的所有这些替换和修改。

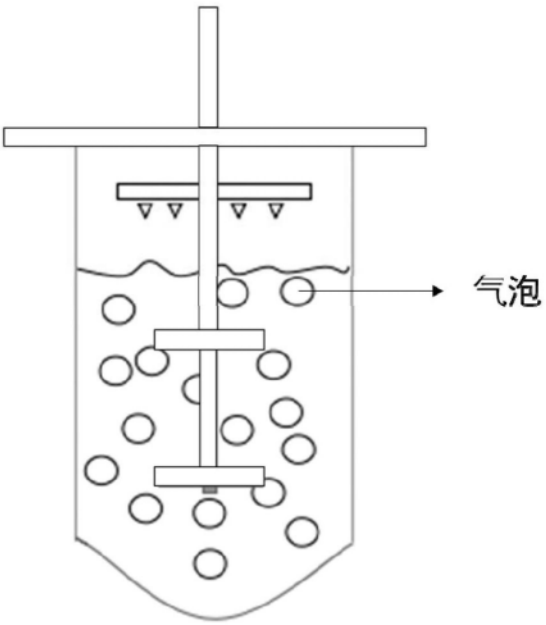


图1

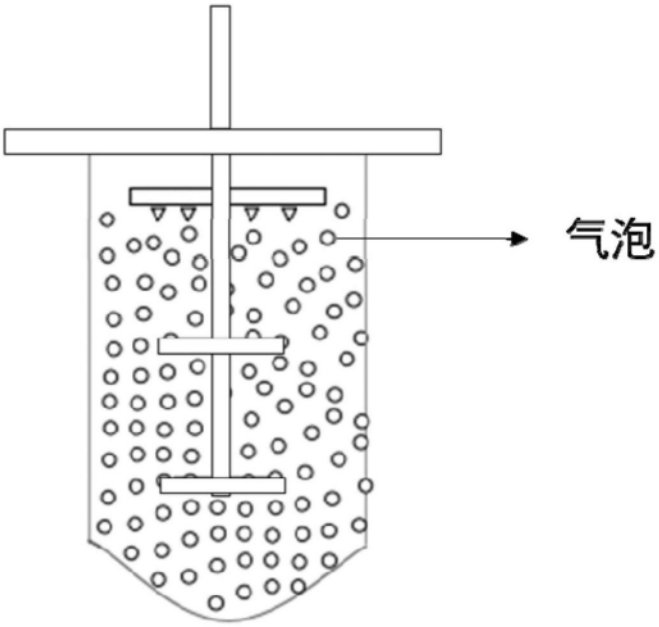


图2