

优化鸡粪微生态分解及添加降解液促进微藻过量合成生物油脂

梁国斌, 汪斌, 林伟, 朱华, 贺沁婷, 周全法

(江苏理工学院 化学与环境工程学院, 江苏 常州 213001)

摘要: 以小球藻(*Chlorella protothecoides*)为出发菌株, 优化鸡粪微生态分解及添加降解液促进微藻细胞生长和胞内油脂合成。通过控制溶解氧(DO)优化鸡粪微生态分解, 获得高氮和低氮两种降解液。微藻培养过程分为细胞生长(0~120 h)和油脂合成(120~200 h)两个阶段, 前期添加高氮降解液促进细胞生长, 后期添加低氮降解液和葡萄糖补充氮源及能量过量合成油脂, 实现细胞浓度和生物油脂产率最大化。*C. protothecoides* 培养期间, 0~120 h 恒速流加(15 mL/(L·D)) 高氮降解液, 120~200 h 流加(15 mL/(L·D)) 低氮降解液和葡萄糖(1.5 g/(L·D)), 培养结束(200 h)时, 油脂质量浓度高达 5.28 g/L, 分别比对照及不添加葡萄糖时油脂质量浓度增加 74.8%和 21.1%。结果表明, 两阶段鸡粪降解液添加与葡萄糖再生 ATP 结合策略促进油脂合成是有效的。

关键词: 鸡粪降解液; 葡萄糖; 溶氧控制; 油脂合成; 小球藻(*Chlorella protothecoides*)

中图分类号: X 713 文献标志码: A 文章编号: 1673-1689(2017)06-0576-07

Enhanced Lipid Production by Adding Digested Chicken Manure Filtrate in Culture *Chlorella protothecoides*

LIANG Guobin, WANG Bin, LIN Wei, ZHU Hua, HE Qinting, ZHOU Quanfa

(School of Chemistry and Environmental Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou 213001, China)

Abstract: The degradation of chicken manure was optimized and digested chicken manure filtrate (DCMF) was added to promote cells growth and lipid production in heterotrophic culture *Chlorella protothecoides*. Higher and low nitrogen DCMF were obtained by controlling dissolved oxygen (DO) level. Based on the fact that higher nitrogen DCMF favored cells growth but retarded lipid accumulation and vice versa for lower nitrogen DCMF, a two-step DCMF supplementation of feeding higher nitrogen DCMF (15 mL/L/D) at the cell growth phase (0~120 h) and lower one (15 mL/L/D) at the stationary phase (120~200 h) was adopted to enhance lipid production. Moreover, the strategies of DCMF supplementation coupled with adenosine triphosphate (ATP) regeneration from

收稿日期: 2015-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(21502074); 江苏省产学研前瞻联合性研究项目(BY2015028-04)。

作者简介: 梁国斌(1975—), 男, 陕西安康人, 工学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事生物工程方面的研究。

E-mail: lianggb@jsut.edu.cn

引用本文: 梁国斌, 汪斌, 林伟, 等. 优化鸡粪微生态分解及添加降解液促进微藻过量合成生物油脂[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(06): 576-582.

glucose feeding (1.5 g/L/D) were developed. Experimental results showed that lipid yield of 5.28 g/L was achieved after 200 h cultivation, increased by 74.8% and 21.1% respectively, compared to the control and the one without glucose addition. It was suggested that application of DCMF combined with glucose feeding as being feasible for lipid overproduction.

Keywords: digested chicken manure filtrate (DCMF), glucose, dissolved oxygen control, lipid production, *Chlorella protothecoides*

世界原油产量持续减少,预计到2018年将下降至75亿桶/年,仅相当于1950年原油产量。生物柴油是指由植物油、动物脂肪及微生物胞内油脂与短链醇,经酯交换反应得到的酯类物质,具有环境友好性和可再生性。我国目前主要以油料植物种子和废弃动植物油脂为原料制备生物柴油,油料植物果实季节性及其废弃油脂有限性使生物柴油制备受到限制。微藻具有生长周期短、速度快等特点,合成的油脂组成以C16、C18系脂肪酸为主,脂肪酸含量可达70%^[1-2],可通过光合自养和异养合成生物油脂^[3-4],与自养相比,异养促进油脂合成和细胞生长效率更高^[5]。

微藻培养目标是获取油脂高产量、高底物转化率和生产强度的相对统一。优化环境(温度、pH和溶氧浓度等)和营养条件(碳氮源浓度和种类、细胞生长促进剂和前体物质添加等)可改善藻类高速率、高密度生长^[6-7];此外,通过限氮、硅、铁等元素及pH调控、盐及重金属胁迫等方式可促进生物油脂合成^[8-12]。随着养鸡集约化程度越来越高,大量粪便直接排放成为引起农业生态环境恶化的一个主要原因,已经引起公众的普遍关注^[13-14]。鸡消化道很短,饲料在消化道内停留的时间比较短,因此,鸡粪中含有许多未被消化吸收的营养物质^[15]。据报道,鸡粪中含粗蛋白质28%,纯蛋白质11.3%,粗脂肪2.35%,粗纤维12.7%,无氮浸出物28.7%,钙8.8%,磷2.5%^[16-17]。由此可见,鸡粪中含有丰富的养分,经过加工处理和再生利用,是实现资源化的有效途径。

作者通过优化鸡粪微生态降解,得到富含氮、磷等小分子降解液,并以此降解液培养微藻合成生物油脂,实现农业固体废弃物资源化、高效附加值循环利用,完善可持续发展的微藻系统环保高新技术,同时为其他家禽粪便的综合利用提供理论依据和技术支撑,对促进绿色产业发展具有重大的意义。

1 材料与方法

1.1 菌种

小球藻(*Chlorella protothecoides*):由捷克共和国查理大学提供,江苏理工学院微生物研究室保藏;新鲜鸡粪:常州市家禽养殖场;酵母粉:安琪酵母股份有限公司产品;其余试剂均为国产分析纯。

1.2 培养基

1.2.1 斜面培养基(g/L) 葡萄糖10,酵母粉1,甘氨酸1,琼脂40;pH 6.0。

1.2.2 种子培养基(g/L) 葡萄糖20,酵母粉1,甘氨酸1;pH 6.0。

1.2.3 基本培养基(g/L) 葡萄糖20,酵母粉1,甘氨酸1,溶于1 L BBM溶液中;pH 6.0。

1.2.4 BBM成分(g/L) NaNO_3 0.25, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.075, NaCl 0.025, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0.075, KH_2PO_4 0.175, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.025;其中微量元素成分(10^{-3} g/L)为: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 8.82, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.44, MoO_3 0.71, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1.57, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.49, H_3BO_3 11.42, EDTA 50.0, KOH 31.0, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4.98。

1.3 鸡粪降解

新鲜鸡粪用蒸馏水稀释至两倍,置500 mL三角瓶中,摇床中进行微生态降解。摇床转速分别控制在50、100、200 r/min,温度为28℃,降解时间为5 d。降解结束后,过滤收集滤液在121℃下灭菌15 min,于4℃冰箱保存待用。

1.4 微藻培养

1.4.1 种子培养 从斜面上挑取一定量微藻接种至装有100 mL种子培养基的250 mL三角瓶中进行培养,培养时间72 h,温度28℃,摇床转速180 r/min。

1.4.2 分批发酵培养 全自动发酵罐KFT-5 L (KoBio Techco., Ltd, 韩国)中装发酵培养基3.0 L,接种体积分数10%,搅拌转速200 r/min,通气量1.2 vvm。温度范围28~30℃,pH 6,采用pH电极进行在

线检测,通过自动加料泵流加 3 mol/L H_2SO_4 和 3 mol/L NaOH 溶液进行调节,维持 pH 变化在 ± 0.1 以内,培养时间 200 h。

1.5 鸡粪降解液添加方法

摇床转速为 200 r/min 和 50 r/min 时,分别获得高氮和低氮两种鸡粪降解液,添加方式为:

1) 间歇流加:从开始培养到 160 h,每隔 40 小时在发酵罐中添加高低氮鸡粪降解液,每次添加量为 100 mL。

2) 恒速流加:从开始培养到 200 h,分别以 10、15、20 mL/(L·D) 三种不同速率往发酵罐中流加高低氮鸡粪降解液。

1.6 两阶段鸡粪降解液及葡萄糖添加方法

分别称取 33、66、100、133 g 葡萄糖溶解于 1 L 低氮鸡粪降解液中,高氮降解液流加速率为 15 mL/(L·D),时间为 0~120 h;低氮降解液流加速率为 15 mL/(L·D),时间为 120~200 h,葡萄糖流加速率分别为 0.5、1.0、1.5、2.0 g/(L·D)。

1.7 分析方法

鸡粪降解液中钾和磷的测定:分别采用分光光度法和火焰光度法测定^[18];总氮测定:半微量凯氏法进行测定^[19];葡萄糖浓度的测定:3,5-二硝基水杨酸法^[20];细胞浓度测定:收集培养液,8 000 r/min 离心 10 min,去上清液,收集细胞蒸馏水洗涤 3 次后冷冻干燥;油脂测定:将冷冻干燥细胞研磨成粉末状,放入纱布内,将纱布包好塞在锥形瓶口,锥形瓶内加入 60 mL 环己烷,用酒精灯加热,环己烷蒸发,油脂溶解于环己烷,油脂滴于锥形瓶中,一段时间后,不再有油脂滴下。实验前后分别称粉末质量,两者相减获得油脂质量,用油脂质量除以培养液体积得到相应油脂质量浓度。

所有实验有 3 个平行并且重复两次,结果取平均值+标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 溶氧浓度(DO)对鸡粪降解的影响

新鲜鸡粪中氮、磷等元素以有机物态形式存在,不能被微藻吸收利用,作者首先考察了高、中、低 3 种溶氧水平(DO)对鸡粪降解的影响。由表 1 可以看出,经过 5 d 分解后,DO 对降解液中 N 影响显著,而对 K、P、C 则相对较小。例如转速 50 r/min 时,5 d 降解后鸡粪降解滤液中氨氮和总氮质量浓

度分别 385 mg/L 和 0.68 g/L,而在转速 200 r/min 时,氨氮和总氮质量浓度分别为 123 mg/L 和 1.06 g/L。

低 DO 情况下,降解液中主要以厌氧环境下反消化细菌为主,因而含氮有机物经过系列分解后,在反消化细菌作用下发生反硝化作用,产生大量氮气(N_2)和氨气(NH_3)释放到空气中;高 DO 下,大多数微生物为好氧消化细菌,最终含氮有机物被氧化分解以硝态氮(NO_3^-)形式存在。前人研究表明,高氮有利于细胞生长,而低氮则可促进油脂合成^[21]。因而异养微藻培养时,将 200 r/min 和 50 r/min 时所得两种含氮降解液用于促进细胞生长和油脂合成。

表 1 不同溶解氧(DO)水平对鸡粪微分解的影响

Table 1 Effects of dissolved oxygen (DO) levels on chicken manure(CM) decomposition

过滤液组成	搅拌速度/(r/min)		
	50	100	200
总氮质量浓度/(g/L)	0.68±0.01 ^c	0.81±0.01 ^b	1.06±0.02 ^a
磷质量浓度/(g/L)	0.63±0.01 ^c	0.82±0.01 ^b	1.03±0.01 ^a
钾质量浓度/(g/L)	1.24±0.02 ^a	1.22±0.03 ^a	1.26±0.03 ^a
总碳质量浓度/(mg/L)	134±0.5 ^b	145±0.6 ^a	126±0.4 ^c
氨基氮质量浓度/(mg/L)	385±0.5 ^a	252±0.4 ^b	123±0.4 ^c
硝基氮质量浓度/(mg/L)	102±0.2 ^c	464±0.5 ^b	723±0.6 ^a

注:数值为平均值±标准差,相同字母表示没有显著差异。

2.2 异养培养微藻生产油脂

首先,探讨微藻分批培养时氮消耗、细胞生长及油脂合成情况,结果见图 1。根据生物量增加和油脂累积状况,整个微藻培养过程可分为细胞生长和油脂合成两个阶段。氮在 120 h 时被耗尽,细胞停止增长,细胞质量浓度为 5.96 g/L;此时葡萄糖还没有被完全消耗,说明细胞停止生长由于氮耗尽所致。同时发现,在氮耗尽和细胞停止生长以后(120~200 h),胞内油脂从 2.34 g/L 增加到 3.02 g/L,油脂质量分数从 39%增加到 52%。说明微藻培养 120 h 时,葡萄糖没有被完全消耗,在 120~200 h 期间,葡萄糖继续分解产生 ATP 及中间产物(乙酰辅酶 A 等)用于呼吸和油脂合成。由于细胞质量浓度相对较低,导致油脂产率不高,因而后期添加高氮和低氮鸡粪降解液促进细胞生长和油脂合成。

2.3 鸡粪降解液添加方式对细胞生长和油脂合成的影响

作为胞内产物,可通过增加细胞质量浓度和胞内油脂质量分数来提高油脂产率。微藻培养时,氮

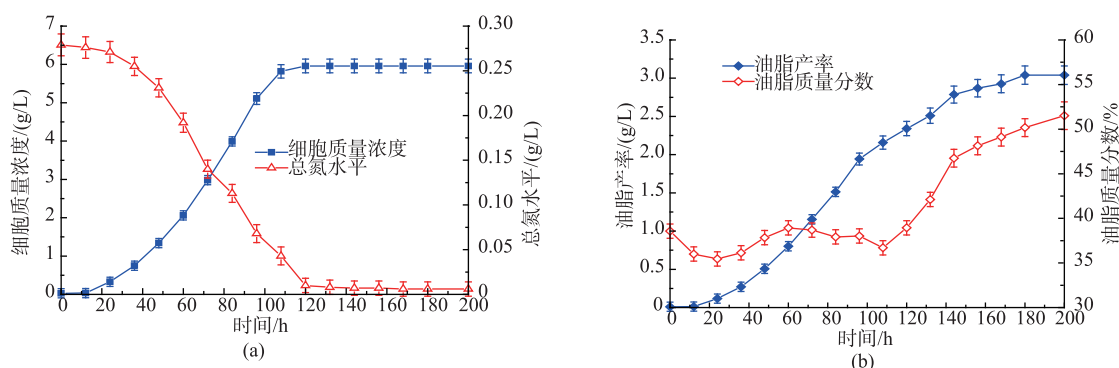


图1 微藻分批培养时氮消耗、细胞生长及油脂合成情况

Fig. 1 Nitrogen consumption, cells growth and lipid production in batch culture of *C. protothecoides*

源对细胞生长及油脂合成影响显著。研究发现,分批培养时未添加鸡粪降解液时细胞质量浓度和油脂质量分数相对较低,为此通过添加高氮和低氮鸡粪降解液来提高油脂质量浓度。首先,比较不同鸡粪降解液添加方式对细胞生长以及油脂合成的影响。如图2所示,间歇式添加对细胞生长和油脂合成有显著影响。添加高氮降解液时,葡萄糖在110 h几乎被消耗,120 h时细胞质量浓度达到最大值7.26 g/L;添加低氮鸡降解液时,葡萄糖消耗相对减慢,130 h时细胞质量浓度达到最大值6.73 g/L。间歇添加高低氮降解液培养200 h时,油脂质量浓度分别

为3.45 g/L和3.58 g/L,相应油脂质量分数为47.5%和53.2%。

此外考察恒速流加鸡粪降解液对细胞质量浓度和油脂合成的影响,如表2所示,恒速流加高低氮鸡粪降解液,细胞质量浓度和油脂产量都随着添加速率的增加而提高,当速率为20 mL/(L·D)时,细胞质量浓度和油脂质量浓度增加相对缓慢。综合考虑细胞生长和油脂合成情况,最适鸡粪降解液添加速率为15 mL/(L·D)。

上述结果表明,间歇添加高氮和低氮鸡粪降解液时,油脂质量浓度分别为3.45、3.58 g/L;恒速流

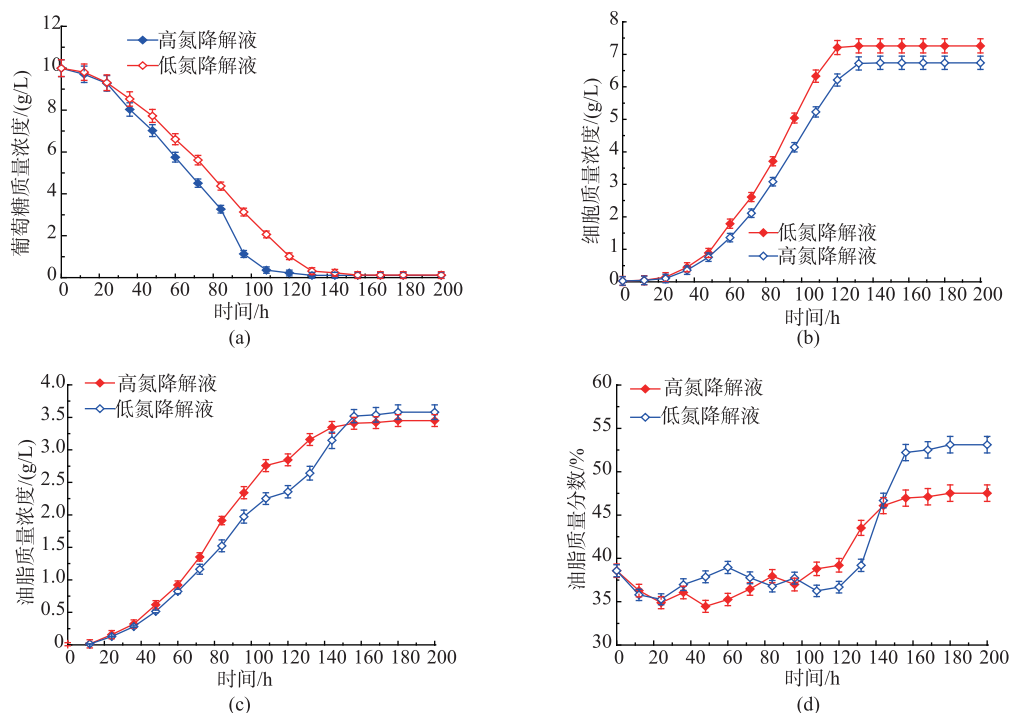


图2 间歇添加对葡萄糖消耗、细胞生长和油脂合成的影响

Fig. 2 Effects of intermittent DCMF supplementation on glucose consumption, cells growth and lipid production

加高低氮降解液时, 油脂质量浓度分别为 3.61、3.75 g/L。此外, 间歇添加降解液的量为 500 mL, 而恒速流加 (15 mL/(L·D)) 为 380 mL。因此, 可以得出恒速流加降解液更能促进油脂合成, 并且还能节约降解液添加量。前人研究表明, 高氮有利于细胞生长, 而低氮可促进油脂合成, 进一步证实前人的结论。无论是间歇还是恒速流加鸡粪降解液, 最终油脂浓度没有显著差异。例如以 15 mL/(L·D) 恒速流加高低氮鸡粪降解液, 最终细胞质量浓度分别为

7.32、6.78 g/L, 相应油脂质量分数为 49.3% 和 55.1%, 总油脂质量浓度没显著差异, 其原因是细胞质量浓度和油脂质量分数不能同时提高。因此可以在细胞生长阶段恒速流加高氮降解液, 油脂合成阶段恒速流加低氮降解液, 这种两阶段添加方法要比整个过程仅添加高氮或低氮降解液更能促进细胞生长和油脂合成。因此, 将采用两阶段鸡粪降解液添加方式同时提高细胞密度和油脂质量分数。

表 2 恒速流加降解液体对细胞生长和油脂合成影响

Table 2 Effects of DCMF feeding at constant rates on cells growth and lipid production

参数	培养模式					
	DCMF ^h	DCMF ^l	DCMF ^h	DCMF ^l	DCMF ^h	DCMF ^l
流加速率/(mL/(L·D))	10	10	15	15	20	20
培养时间/h	200	200	200	200	200	200
最大生物质量浓度/(g/L)	6.83±0.4 ^b	6.16±0.3 ^c	7.32±0.4 ^a	6.78±0.3 ^b	7.02±0.4 ^{ab}	6.46±0.3 ^{bc}
最大油脂收率/(g/L)	3.23±0.1 ^b	3.32±0.1 ^b	3.61±0.2 ^a	3.75±0.2 ^a	3.33±0.1 ^b	3.35±0.2 ^b
油脂质量分数/%	47.3±0.3 ^b	53.8±0.4 ^a	49.3±0.3 ^b	55.1±0.3 ^a	47.5±0.2 ^b	51.8±0.3 ^a

注: DCMF^h 和 DCMF^l 分别为高氮和低氮鸡粪降解液。数值为平均值±标准差, 相同字母表示没有显著差异。

2.4 两阶段鸡粪降解液添加促进细胞生长和油脂合成

采用两阶段添加模式来同时促进细胞生长和油脂合成, 结果见图 3。0~120 h 期间, 以 15 mL/(L·D) 恒速流加高氮降解液, 120~200 h 期间, 以 15 mL/(L·D) 流加低氮降解液。经过 200 h 培养, 细胞质量浓度达到最大值 7.42 g/L, 最终油脂质量浓度达到 4.36 g/L。

由此可见, 不添加鸡粪降解液时, 油脂产量在 200 h 为 3.02 g/L; 以 15 mL/(L·D) 分别流加高氮和低氮降解液时, 油脂产量在 200 h 达到 3.61、3.75 g/L, 比不加降解液高出 19.5% 和 24.2%; 应用两阶段添加策略, 油脂产量比对照增加 44.3%, 表明两阶段鸡粪降解液添加方法是可行和有效的。

油脂合成除了需要乙酰辅酶和甘油外, 还需要消耗能量 ATP 和辅因子 NADPH 等。微藻合成油脂过程中, ATP 和前体物质主要来自有氧条件下糖酵解和三羧酸循环。上述实验结果表明, 微藻培养 120 h 时, 葡萄糖耗尽, 油脂质量浓度持续增加, 可能原因是胞内其他形式储存的能量转变为 ATP 用于油脂合成。由于胞内存储能量有限, 因此在油脂合成阶段添加适量葡萄糖产生能量可促进油脂合成。

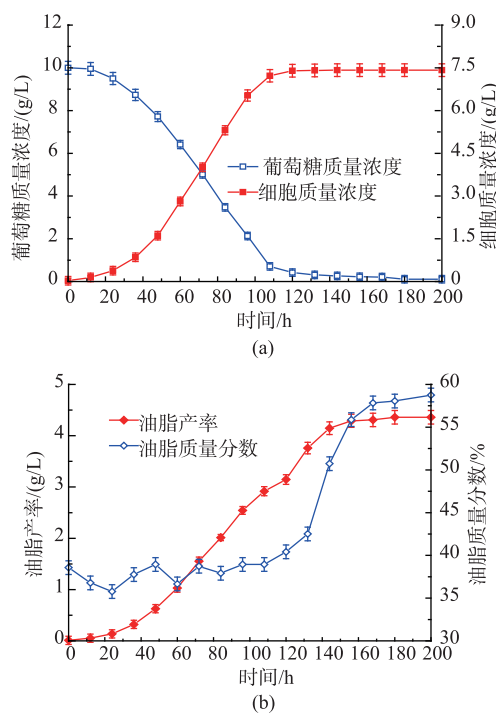


图 3 两阶段降解液添加策略促进细胞生长和油脂合成

Fig. 3 Effects of two-stage DCMF supplementation on cells growth and lipid production

2.5 添加葡萄糖再生 ATP 促进微藻过量合成油脂

葡萄糖分解可产生充足 ATP 和前体物质来有

效促进油脂合成。为了避免葡萄糖过量或不足,120~200 h 期间恒速流加不同质量浓度葡萄糖溶液,结果见表 3。油脂质量浓度随葡萄糖流加速率增加而提高,当流加速率为 0.5、1.0 g/(L·D)时,油脂质量浓度分别为 4.51 g/L 和 4.84 g/L,当添速率上升到 2.0 g/(L·D)时,油脂质量浓度达到 5.33 g/L,略高于速率为 1.5 g/(L·D)时的油脂质量浓度。说明葡萄糖流加速率为 1.5、2.0 g/(L·D) 对于油脂合成没有显著差异,所以最适葡萄糖流加速率选择 1.5 g/(L·D)。由此可见,120~200 h 期间以 1.5 g/(L·D)流加时,共消耗葡萄糖为 5 g/L,油脂质量浓度增加 0.92 g/L。增加油脂利润高于消耗葡萄糖成本,说明两阶段鸡粪降解液结合葡萄糖添加策略促进油脂合成是有效的。

3 结 语

优化鸡粪微生态分解获得富含氮、磷、钾等小分子物质。将 *C. protothecoides* 培养过程分为细胞生

表 3 鸡粪降解液和葡萄糖添加相合过量合成生物油脂
Table 3 DCMF supplementation coupled with glucose feeding for lipid overproduction

参数	葡萄糖流加速率/(g/(L·D))			
	0.5	1	1.5	2
培养时间 /h	200	200	200	200
最大生物质量浓度/(g/L)	7.46±0.3 ^a	7.64±0.4 ^a	7.86±0.4 ^a	7.94±0.5 ^a
最大油脂收率/(g/L)	4.51±0.1 ^c	4.84±0.2 ^b	5.28±0.3 ^a	5.33±0.3 ^a
油脂质量分数/%	60.5±0.4 ^a	63.4±0.5 ^b	67.2±0.5 ^a	67.1±0.4 ^a

注:数值为平均值±标准差,相同字母表示没有显著差异。

长和油脂合成两个阶段,前期添加高氮降解液促进细胞生长,后期添加低氮降解液促进油脂合成;此外,培养后期添加葡萄糖补充能量 ATP 过量合成油脂,实现微藻细胞生长和油脂合成同时最大化。结果表明,添加鸡粪降解液和葡萄糖促进微藻合成油脂是有效的,上述策略为其他家禽粪便的综合利用提供技术支撑和借鉴作用。

参考文献:

- [1] RAJVANSI S, SHARMA M P. Microalgae: a potential source of biodiesel[J]. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2012(2): 49-59.
- [2] MATA T M, MARTINS A A, CAETANON S. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review[J]. *Renew Sust Energ Rev*, 2010, 14: 217-232.
- [3] HE L, SUBRAMANIAN V R, TANG Y J. Experimental analysis and model-based optimization of microalgae growth in photo-bioreactors using flue gas[J]. *Biomass Bioenerg*, 2012, 41: 131-138.
- [4] LEPEREZ-GARCIA O, ESCALANTE F M, DE-BASHAN L E, et al. Heterotrophic cultures of microalgae: metabolism and potential products[J]. *Water Res*, 2011, 45: 11-36.
- [5] LIANG Y N, SARKANY N, CUI Y. Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions[J]. *Biotechnol Lett*, 2009, 31: 1043-1049.
- [6] CHADER S, MAHMAH B, CHETEHOUNA K, et al. Biodiesel production using *Chlorella sorokiniana* a green microalga[J]. *Revue des Energies Renouvelables*, 2011, 14: 21-26.
- [7] CHU W L. Biotechnological applications of microalgae[J]. *JeJSME*, 2012, 6: 24-37.
- [8] SHARMA K K, SCHUHMANN H, SCHENK P M. High lipid onduction in microalgae for biodiesel production[J]. *Energies*, 2012, 5: 1532-1553.
- [9] LI Changling, YANG Hailin, LI Yuji, et al. Effect of culture models on metabolism and protein components of microalgae *Chlorella vulgaris*[J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2014, 33(1): 56-62. (in Chinese)
- [10] LIANG G B, MO Y W, TANG J H, et al. Improve lipid production by pH shifted-strategy in batch culture of *Chlorella protothecoides*[J]. *Afr J Microbiol Res*, 2011, 5: 5030-5038.
- [11] RAJA R, SHANMUGAM H, GANESAN V, et al. Biomass from microalgae: an overview[J]. *Oceanography*, 2014, 2: 118-125.
- [12] STEPHENSON A I, DENNIS J S, HOWE C J, et al. Influence of nitrogen limitation regime on the production by *Chlorella vulgaris* of lipids for biodiesel feedstocks[J]. *Biofuels*, 2010(1): 47-58.
- [13] MANDAL S, MALLICK N. Waste utilization and biodiesel production by the green microalga *Scenedesmus obliquus*[J]. *Appl*

- Environ Microb**, 2011, 77:374-377.
- [14] WANG L, LI Y C, CHEN P, et al. Anaerobic digested dairy manure as a nutrient supplement for cultivation of oil-rich green microalgae *Chlorella sp*[J]. **Bioresource Technol**, 2010, 101:2623-2628.
- [15] JOSEPH B, SANKARGANESH P, EDWIN B T, et al. Sustainable energy resources from chicken[J]. **Asian Journal of Applied Sciences**, 2011, 4(4):355-361.
- [16] MAGID H M A, ABDEL-AAL S I, RABIE R K, et al. Chicken manure as a biofertilizer for wheat in the sandy soils of Saudi Arabia[J]. **J Arid Environ**, 1995, 29:413-420.
- [17] ORTIZ ESCOBAR M E, HUE N V. Temporal changes of selected chemical properties in three manure-amended soils of Hawaii [J]. **Bioresource Technol**, 2008, 99:8649-8654.
- [18] AMANULLAH M. Nutrient release pattern during composting poultry manure[J]. **Research Journal of Agriculture Biology Science**, 2007(3):306-308
- [19] KIRCHMANN H, WITTER E. Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition[J]. **Plant Soil**, 1988, 115:35-41.
- [20] LIANG G B, DU G C, CHEN J. A novel strategy of enhanced glutathione production in high cell density cultivation of *Candida utilis*-Cysteine addition combined with dissolved oxygen controlling[J]. **Enzyme Microb Tech**, 2008, 42:284-289.
- [21] BOROWITZKA M A. High-value products from microalgae-their development and commercialisation[J]. **J Appl Phycol**, 2013, 25:743-756.

会 议 消 息

会议名称(中文): 中国生物工程学会第 11 届学术年会

所属学科: 生物技术与生物工程

开始日期: 2017-09-23

结束日期: 2017-09-25

所在城市: 湖北省 宜昌市

具体地点: 宜昌市馨岛国际酒店

主办单位: 中国生物工程学会

协办单位: 三峡大学 湖北省生物工程学会

承办单位: 安琪酵母股份有限公司

摘要截稿日期: 2017-07-15

全文截稿日期: 2017-07-15

联系人: 蒋玉清

联系电话: 010-64807678

E-MAIL: xh@im.ac.cn

会议网站: <http://www.biotechchina.org/Notice/show/id/201>

会议背景介绍: 由中国生物工程学会主办, 安琪酵母股份有限公司承办的“中国生物工程学会第 11 届学术年会暨 2017 年全国生物技术大会”, 定于 2017 年 9 月在湖北省宜昌市举行。大会安排特邀报告及多个专题会场, 设有成果及产品展示平台, 诚挚地邀请国内外生命科学研究与生物技术应用领域的专业人员到会交流。

征文范围: 生物技术及相关领域科学研究、生物技术与生物产业发展战略与对策、行业分析。