



(12) Wirtschaftspatent

Korrigiert gemäß § 23 Absatz 2 Anordnung
über die Verfahren vor dem Patentamt

(19) DD (11) 240 564 C2

4(51) C 12 N 1/24
C 12 N 1/30
F 24 J 3/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP C 12 N / 280 479 1

(22) 10.09.85

(44) 25.05.88

(44) 05.11.86

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD

(72) Ringpfeil, Manfred, Prof. Dr. sc. nat.; Heinritz, Brigitte, Dr. rer. nat.; Baumann, Frank, Dipl.-Chem.; Meyer, Dietrich, Prof. Dr. sc. nat., DD

(54) Verfahren zur mikrobiellen Erzeugung von Heizwärme und anderen Produkten

(57) Die Erfindung betrifft ein mikrobielles Verfahren zur Erzeugung von nutzbarer Wärmeenergie, wobei volkswirtschaftlich effektiv verwertbare mikrobielle Nebenprodukte gebildet werden. Als Energiequellen für die mikrobielle Wandlung kommen vorzugsweise energiereiche Rohstoffe, wie Erdgas, zum Einsatz. Die Erfindung kann in der stoff- und energiewandelnden Industrie angewandt werden. Ziel der Erfindung ist die effektive und umweltfreundliche Gewinnung von Wärmeenergie und ihre energieökonomische Nutzung. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein solches mikrobielles Verfahren auszuarbeiten, das es gestattet, die Reaktionswärme auf einem Temperaturniveau $\geq 60^\circ\text{C}$ energieökonomisch, z. B. zur Heizung von Wohnhäusern und Produktionsanlagen, zu nutzen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Kultivierung von extrem thermophilen Mikroorganismen bei Temperaturen $\geq 60^\circ\text{C}$ und Drucken ≥ 1 atm gelöst. Die Reaktionswärme wird über Wärmeaustauscher Wasser in einem Heizkreislauf bzw. zur Heizung geförderten Tiefenwässern zugeführt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur mikrobiellen Erzeugung von Heizwärme und anderen Produkten, **gekennzeichnet dadurch**, daß extrem thermophile Mikroorganismen bei Temperaturen $\geq 60^{\circ}\text{C}$ und Drucken $\geq 1\text{ atm}$ kultiviert werden und die Reaktionswärme einem Wärmeträger zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Bakterien der Gattungen Bacillus, Thermus, Methylobacter oder Methylococcus verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß Bakterien des Stammes TP 5/85 ZIMET 11093, eine Mischpopulation aus TP 5/85 und Stämmen von Thermus aquaticus bzw. der Stamm GBT3 ZIMET 11202 verwendet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Wärmeträger Wasser eines Heizkreislaufes oder gefördertes Tiefenwasser verwendet werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein mikrobielles Verfahren zur Erzeugung von Heizwärme und anderen volkswirtschaftlich effektiv verwertbaren Produkten, wie z. B. Einzellerprotein und thermostabile Enzyme. Sie kann in der Energie- und Stoffwirtschaft zur Heizung von Betriebs- und Wohneinheiten bei gleichzeitiger Herstellung von mikrobiellen Wertstoffen eingesetzt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Auf dem Gebiet der Energiewirtschaft sind eine Vielzahl von Verfahren zur Umwandlung nicht regenerierbarer Primärenergieträger, wie Kohle, Erdöl oder Erdgas, bekannt, bei denen durch Verbrennung dieser Rohstoffe unter entsprechenden Umwandlungsverlusten Nutzenergie, z. B. elektrische Energie oder Heizwärme erzeugt wird (Grathwohl, M., Energieversorgung, Berlin, New York, de Gruyter-Verlag, 1978).

Diese Verfahren sind damit verbunden, daß Rohstoffe für die stoffwandelnde Industrie verloren gehen. Beim Verbrennungsprozeß entstehen zudem schadstoffreiche Abgase, die entweder die Umwelt belasten oder mit erheblichem Umfang entfernt werden müssen.

Es sind auch Ergebnisse bekannt, wonach Energieträger mittels Biokonversion erzeugt werden können, z. B. kohlenwasserstoffhaltige Pflanzensäfte bestimmter Euphorbia-Gewächse. Bei Verwendung dieser landwirtschaftlich erzeugten Energieträger treten letztlich ähnliche Umweltprobleme auf wie beim Einsatz fossiler Rohstoffe.

Die Verwendung der Abwärme von biologischen Wachstumsvorgängen in Reaktoren wird in der DE-AS 2845384 beschrieben. In diesem Verfahren wird die beim Wachstumsprozeß von Hefezellen erzeugte Wärme dazu herangezogen, die Verdampfung von Wasser aus der Nährlösung zum Zwecke einer Wirbelbettgranulation der gewonnenen Mikroorganismen zu realisieren. Die notwendige Wärmemenge wird durch eine aufwendige Hochleistungsfermentation erreicht. Die Verwendung der anfallenden Wärme als Heizwärme in entsprechenden Kreisläufen ist nach diesem Verfahren nicht möglich, da zur Realisierung eines wirtschaftlich ausnutzbaren Temperaturniveaus eine besondere Strategie zum mikrobiellen Regime notwendig ist, will man die zusätzlichen Energie- und Investkosten für Wärmepumpen umgehen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Gewinnung von Heizwärme in einem effektiven und umweltfreundlichen Verfahren auf einem Temperaturniveau, welches ohne Einsatz von Wärmepumpen eine direkte Verwertung möglich macht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Heizwärme auf einem Temperaturniveau $\geq 60^{\circ}\text{C}$ in einem mikrobiellen Verfahren durch den Einsatz geeigneter Mikroorganismen zu gewinnen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, extrem thermophile Mikroorganismen bei Temperaturen $\geq 60^{\circ}\text{C}$ und Drucken $\geq 1\text{ atm}$ zu kultivieren und die entstehende Reaktionswärme einem Wärmeträger zuzuführen.

Als Mikroorganismen, die gemäß dieser Erfindung zur Produktion von Heizwärme eingesetzt werden, kommen generell alle extrem thermophilen Mikroorganismen in Betracht.

Beispielsweise können Spezies der Gattungen Bacillus, Thermus, Methylobacter und Methylococcus in Rein- oder Mischkultur Verwendung finden.

Vorteilhafterweise können die Stämme TP 5/85 ZIMET 11093, eine Mischkultur dieses Stammes mit Stämmen von Thermus aquaticus bzw. der Stamm GBT3 ZIMET 11202 eingesetzt werden. Finden

diese vorzugsweise einzusetzenden Stämme Verwendung, sind als Kohlenstoffs substrat im Kultivierungsprozeß für TP 5/85 kohlehydrathaltige und für GBT 1-3 methanhaltige Substrate einzusetzen.

Die Kultivierung erfolgt in bekannter Weise stationär oder vorzugsweise dynamisch (DD WP 219036). Auch unter Verwendung anderer, zum Stand der Technik zu rechnender thermophiler Mikroorganismen erfolgt das der Wärmegewinnung dienende Kultivierungsverfahren in bekannter Weise.

Das Hauptprodukt der erfindungsgemäßen Verfahrensweise stellt energieökonomisch zu nutzende Reaktionswärme auf einem Temperaturniveau $\geq 60^{\circ}\text{C}$ dar. Diese Reaktionswärme wird über Wärmetauscher einem Wärmeträger, z. B. Wasser in einem Heizkreislauf bzw. Tiefenwässern, zugeführt. Natürlich kann eine weitere Anhebung des erreichten Temperaturniveaus mittels

Wärmepumpen erfolgen, es ist jedoch besonders vorteilhaft gegenüber dem Stand der Technik, daß eine direkte Verwertung der Reaktionswärme zu Heizzwecken ohne Wärmepumpe erfolgen kann. Die Heizwärme kann beispielsweise zur Beheizung von Wohnhäusern und Produktionsanlagen genutzt werden.

Als mikrobielle Nebenprodukte fallen Zellmasse und andere intra- und extrazelluläre Produkte, wie thermophile Enzyme und organische Säuren, an, die die Ökonomie des Verfahrens weiter verbessern können.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird anhand folgender Beispiele verdeutlicht:

Beispiel 1

Eine extrem thermophile definierte Mischpopulation, bestehend aus den Bakterienstämmen TP 5/85 ZIMET 11093 und *Thermus aquaticus* im Verhältnis von 1:1, wurde kontinuierlich in einem 100-t-Reaktor bei 75°C auf Sulfitablauge bei einer Verweilzeit von 1 h und einem Druck von 4 atm gezüchtet. Die Belüftungsrate betrug 10⁵ l/t h. Das Nährmedium hatte folgende

Zusammensetzung:

NH ₄ Cl	9,0 g/l
KH ₂ PO ₄	2,1 g/l
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	1,1 g/l
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	0,14 g/l
ZnCl ₂	0,07 g/l
CoSO ₄ · 7 H ₂ O	0,06 g/l
MnSO ₄ · 4 H ₂ O	0,12 g/l
FeCl ₃	0,001 g/l
Hefeextrakt	1,5 g/l
Reduzierende Substanz (Sulfitablauge)	60,0 g/l

Im stationären Prozeß wurden folgende Prozeßkennziffern erreicht:

Produktivität	12 g BTS/kg h
Ausbeute	0,4 g BTS/g reduzierende Substanz
Reaktionswärme	240 kJ/kg h
spezifische Wärmebildung	20 kJ/g BTS

Die im Reaktor anfallende Wärme wurde über eine Wärmeaustauschereinheit mit einem Wirkungsgrad von 0,7 Wasser in einem Heizkreislauf zugeführt. Diese Wärmeenergie reicht aus, um pro Stunde 400 t Wasser von 35°C auf 75°C zu erwärmen. Die Erwärmungszeit wird dabei von der Temperatur des in den Wärmeaustauscher eintretenden Wassers bestimmt. Wenn das Wasser, im Falle der Verwendung von Tiefenwässern, eine Eingangstemperatur von 60°C hat, dann steigt die pro Stunde auf 75°C erwärmte Wassermenge. Die erwärmte Wassermenge steigt ebenfalls mit der zur Durchmischung des Reaktors eingetragenen Hilfsenergie.

Beispiel 2

Methanoxidierende Bakterien des Stammes GBT3 ZIMET 11202 wurden kontinuierlich stationär bei 62 °C, einem pH-Wert von 7,0, einem Druck von 8 atm, einer Begasungsrate von 75 l/kg h und einem Begasungsverhältnis von 0,84 NI/hO₂/NI/hCH₄ gezüchtet. Die Durchflußrate betrug 0,25 h⁻¹.

Die Zusammensetzung der Nährlösung war pro Liter Wasser (bilanziert für 1 g Zellmassezuwachs):

H ₃ PO ₄ (80 %)	0,028 ml
KH ₂ PO ₄	35 mg
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	25 mg
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	0,79 mg
MnSO ₄ · 4 H ₂ O	1,8 mg
FeCl ₂ · 4 H ₂ O	1,2 mg
ZnCl ₂	0,32 mg
CoSO ₄ · 7 H ₂ O	0,036 mg
NiSO ₄ · 7 H ₂ O	0,11 mg
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	0,19 mg
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	0,88 mg
Nε ₃ MoO ₄ · 2 H ₂ O	0,04 mg
H ₃ BO ₃	1,29 mg
CrCl ₃ · 6 H ₂ O	0,08 mg
NaNO ₃	607 mg
Hefeextrakt	100 mg

Unter diesen Bedingungen wurden folgende Prozeßkennziffern erreicht:

Ausbeute	7 g BTS/kg h
Reaktionswärme	0,8 g BTS/g Methan

Durch die Anwendung einer Wärmepumpe wurde der größte Teil der Reaktionswärme in einem 10-t-Reaktor von einem Temperaturniveau von 62°C auf 75°C gebracht (Wirkungsgrad 0,9). Die Wärmeenergie reicht aus, um 45 t Tiefenwässer von 65°C auf 75°C in einer Stunde zu erwärmen. Dabei wird ein Wärmeaustauscher mit einem Wirkungsgrad von 0,7 zur Wärmeübertragung eingesetzt.