

مكتب براءات الاختراع

لمجلس التعاون لدول الخليج العربية



شهادة منح براءة اختراع

إن مكتب براءات الاختراع لمجلس التعاون لدول الخليج العربية استناداً إلى أحكام نظام براءات الاختراع لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية المقر في نوفمبر 1999 م ولأئحته التنفيذية المقررة في أبريل 2000 م يقرر منح:

فيردانت بيوبرودكتس ليمتد Verdant Bioproducts Limited

براءة اختراع

براءة اختراع رقم: GC0009278

عن الاختراع المسمى: كائن حي دقيق و المودع في: 14/07/2012 م ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق التي يمنحها نظام براءات الاختراع لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية تعتبر هذه البراءة سارية المفعول لمدة عشرين عاماً اعتباراً من 14/07/2012 م ، وتنتهي بنهاية: 14/07/2032 م وذلك بشرط تسديد الرسوم السنوية للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع أو اللائحة التنفيذية

مدير عام مكتب براءات الاختراع
عبدالله بن ابراهيم المقحم

٢٠١٤



[12] براءة اختراع

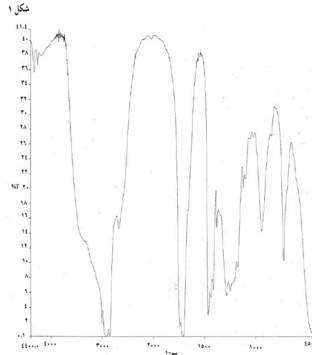
رقم قرار الموافقة على منح البراءة: 140791/2018	[11] رقم البراءة: GC0009278
تاريخ قرار الموافقة على منح البراءة: 04/ديسمبر/2018	[45] تاريخ النشر عن منح البراءة: 31/ديسمبر/2018 56/2018

[51] التصنيف الدولي: Int. Cl.: C12N 1/20; C12R 1/01, 1/02 (2006.01)	[21] رقم الطلب: GC 2012-21760
[56] المراجع: -US 2010/151543 A1 (REEVES ANDREW [US])17 June 2010 -WO 2008/070561 A1 (TEXAS A & M UNIV SYS[US]; GRANDA CESAR B [US]; HOLTZAPPLEMARKT [US]) 12 June 2008 -WO 2010/115054 A2 (XYLOFUEL LLC [US]; KOHNRICHARD A [US]; KIM SEON-WOO [US] XYLOFUELLC) 7 October 2010	[22] تاريخ تقديم الطلب: 14/7/2012
الفاحص: أشواق حامد القمامي	[30] الأولوية: [31] رقم الأولوية: 1112231.4 [32] تاريخ الأولوية: 2011/7/15 [33] اسم الدولة: بريطانيا
	[72] المخترع: إيرين فينيجان [73] مالك البراءة: 1- فيردانت بيوبرودكتس ليمتد، سمر فارم، ويست هادون رود، كريك، إن إن 7 6 إس كيو، نورثامبتونشير، مملكة متحدة، [74] الوكيل: ابو غزاله للملكية الفكرية (ش.م.م)

[54] كائن حي دقيق

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بكائن حي دقيق يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك، ونظام إنزيم ثان قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. كما يتعلق الاختراع الحالي بطرق عديدة لإنتاج الزيت، وبيجوانب أخرى للاختراع أيضا.

عدد عناصر الحماية: 17 عدد الأشكال: 4



ملاحظة : يجوز لكل ذي مصلحة خلال ثلاثة أشهر من تاريخ نشر منح البراءة أن يعترض على هذا المنح أمام لجنة التظلمات بعد دفع رسوم التظلم المقررة.

كائن حي دقيق

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بكائن حي دقيق يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك، ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. كما يتعلق الاختراع الحالي بطرق عديدة لإنتاج الزيت، وبجوانب أخرى للاختراع أيضاً.

كائن حي دقيق

الوصف الكامل

المجال التقني:

يتعلق الاختراع الحالي بكائن حي دقيق قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك يتم تحويله بعد ذلك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة كبير. هناك أنظمة إنزيمات معينة في الكائن الحي الدقيق تكون مسئولة عن تلك التفاعلات. تتعلق جوانب أخرى للاختراع بطرق لإنتاج حمض فورميك والأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، والأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية ذاتها. ٥

الخلفية التقنية:

على مدار السنوات السابقة، زاد الاهتمام باستهلاك أنواع الوقود الحفري وإنتاج الغازات المسببة للاحتباس الحراري. تتمثل إحدى طرق تقليل الاعتماد العالمي على أنواع الوقود الحفري في تطوير أنواع وقود حيوي من مصادر متجددة. تعتبر أنواع الوقود الحيوي مثل الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي بديلة أنظف وغير مضرّة للبيئة لأنواع الوقود الحفري. ١٠

على الرغم من أن أنواع الوقود الحفري يمكن أن تساعد في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، فهي لا تخلو من المشكلات. ومن الجوانب الجدلية مشكلة "الطعام من أجل الوقود" حيث يعتبر الطلب على محاصيل الطاقة دافعاً لزيادة أسعار الحبوب. ومن العيوب الخطيرة أيضاً الضرر الناتج بسبب الأنظمة البيئية الحساسة بيئياً، مثل الغابات المطيرة، التي تسبب فيها زراعة محاصيل الطاقة مثل الصويا والنخيل تدميراً واسع النطاق. ١٥

تحولت صناعة أنواع الوقود الحيوي إلى الجيل الثاني والثالث من أنواع الوقود الحفري وذلك للتقليل من حدة هذه المشكلات. ويعد إنتاج أنواع الوقود عن طريق الكائنات الحية الدقيقة (١) واستخدام الركائز المتخلفة (٢) من مجالات البحث المهمة.

إن تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى جزيئات وقود من الطرق المعروفة. يمكن تحويل ثاني أكسيد الكربون كيميائيًا (٣)، كهروكيميائيًا (٤)، وإما بشكل مباشر (٥) أو غير مباشر (٦) بواسطة الكائنات الحية الدقيقة. وقد ورد ذكر منتجات مثل حمض الفورميك، فورمات، ميثانول، فورمالدهيد، إيثيلين، ميثان وحمض أوكساليك. ومع ذلك، فلا يمكن لهذه الكائنات الحية الدقيقة أن تحول ثاني أكسيد الكربون عبر حمض الفورميك إلى مصدر طاقة طويل السلسلة مثل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية.

في براءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٢٠٠٣٧٠٥، يتم وصف تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى كتلة حيوية (٧) ثم معالجة الكتلة الحيوية لتوفير مجموعة من الجزيئات المفيدة تجاريًا. ومع ذلك، لا يتم ذلك عبر خطوات تثبيت ثاني أكسيد الكربون بحمض الفورميك ثم تحويل حمض الفورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية.

لقد كانت هناك قيود على المحاولات السابقة لاستخدام ثاني أكسيد الكربون كركيزة كربون لإنتاج جزيئات الوقود. يتميز ثاني أكسيد الكربون وكربونات وبيكربونات أيوناته المائية بالثبات الفطري وتكون طاقة Gibbs الحرة للتكوين سلبية كهربائيًا لجزيئات الكربون. إن تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى جزيئات وقود يحتاج إلى إدخال كبير للطاقة (حرارة)، وظروف صارمة (ضغط) ومواد كيميائية عالية التفاعل (محفزات). غالبًا ما تكون النواتج ضعيفة جدًا وتبدأ معدلات التفاعل. ولا تعتبر الطرق الكيميائية للاستخدام المباشر لثاني أكسيد الكربون قابلة للتطبيق الاقتصادي. وبالمثل، لا يتم إنتاج الكتلة الحيوية بشكل مبدئي من خلال البكتيريا جمادية التغذية بشكل كبير وذلك بسبب قيود التكلفة المفروضة على عملية الإنماء والمعالجة البعدية.

كما أن التحفيز الكهربائي يتمتع بنسبة نجاح محدودة. فقد كانت النتائج مقيدة بالدوبانية الضعيفة لثاني أكسيد الكربون في الماء (٠,٠٣٣ مولار) ومتطلبات الطاقة التي يحتاجها التفاعل

مع جهد سالب الشحنة الكهربائية بشكل قوي ($E0 = -0.61$ فولت). كما يعد التحفيز الكهربائي تقنية مكلفة تحتاج إلى معادن عالية الجودة لإنشاء أسطح الإلكترود. لقد تم وصف إنتاج منتجات طويلة السلسلة من حيث تفاعلات من نوع فيشر-تروبش (٨)، ولكن مرة أخرى فإن السلاسل تكون محدودة الطول. ينتج عن الاختزال الضوئي على الأسطح شبه الموصلية المشعة أول أكسيد الكربون، فورمات، ميثانول، ميثان، فورمالدهيد، حمض أوكساليك وجليوكسال. مرة أخرى، فهو يعد تقنية مكلفة منخفضة النواتج.

بينما تكون الإنزيمات مثل فورمات ديهيدروجيناز البكتيري معروفة بقدرتها على اختزال ثاني أكسيد الكربون إلى فورمات (٩)، فإن التفاعل الأمامي (أكسدة الفورمات للحصول على ثاني أكسيد الكربون) يكون مفضلاً بوجه عام نظراً للحاجة إلى NADPH لإجراء التفاعل وتكون قدرة NADP على الاختزال أكثر إيجابية من تلك الخاصة بثاني أكسيد الكربون. يحتاج هذا التفاعل أيضاً إلى مانح إلكترون وجزيئات مستقبلية. تكون الإنزيمات المحتوية على التنجستين من Syntrophotobacterium fumioidans (١٠) قادرة على تنفيذ هذا التفاعل ولكنها تحتاج إلى امتصاص نظام حفزي كهربائي على سطح الإلكترود لكي تعمل بكفاءة. علاوةً على ذلك، فلا يتم إنتاج جزيئات وقود أطول.

يعد الاختراع الحالي تحسیناً مقارنةً بالفن السابق من حيث إمكانية تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى جزيء سطحي مبدئي (حمض فورميك) ثم تجميعه في سلاسل طويلة بتنسيق سريع لا يحتاج إلى التخمر أو إنتاج ومعالجة كتلة حيوية. يعد ذلك تحسناً يفوق الطرق المعروفة مثل براءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٢/٠٠٣٧٠٥ (١١)، التي تحتاج إلى إنتاج كتلة حيوية وإعادة تدوير مانحات ومستقبلات الإلكترونات، وبراءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٠/٠٣١٧٠٧٤١ (١٢)، وبراءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٢/٠٠٣٧٠٦ (١٣)، وبراءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٢/٠٣٧٠٧ (١٤) وبراءة الاختراع الأمريكية رقم ٢٠١٢/٠٣٤٦٦٤ (١٥) التي تحتاج جميعها إلى عمليات تخمر.

الكشف عن الاختراع:

قام مخترع هذا الطلب بعزل كائن حي دقيق جديد قادر على تثبيت ثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى مصدر طاقة من حمض كربوكسيلي أليفاتي. وبالتالي، فيتعلق الاختراع الحالي، بوجه عام، بهذا الكائن الحي الدقيق الذي يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز يقوم بتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. يشتمل الكائن الحي الدقيق أيضًا على نظام إنزيم ثانٍ يقوم بتحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يعني ذلك أن الأحماض الكربوكسيلية التي يمكن إنتاجها تشمل على خمس ذرات كربون أو أكثر بشكل إجمالي في المركب. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن ينتج نظام الإنزيم الثاني أيضًا أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ اثنتين أو ثلاث أو أربع ذرات كربون. يمكن تحويل هذه الأحماض الكربوكسيلية ذات السلسلة القصيرة إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر.

يكون الكائن الحي الدقيق المعزول بواسطة المخترع، *Acetobacter lovaniensis*، مناسبًا لإنتاج زيوت وذلك من الناحية التجارية. يستخدم هذا الكائن الحي الدقيق ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون وينتج أحماض كربوكسيلية متعددة الأطوال. إن حقيقة أن الكائن الحي الدقيق يستخدم ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدر الكربون الوحيد له تعني أنه من الممكن إنتاج الزيت بدرجة أكبر مما تكون عليه مع الكائنات الحية الدقيقة التي يجب إمدادها بركيزة هيدروكربون لأداء نفس المهمة (١٦، ١٧، ١٨). يكون استخدام هذا الكائن الحي الدقيق لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى وقود قابل للاحتراق ذا قيمة تجارية. علاوةً على ذلك، بما أن الكائن الحي الدقيق لا يحتاج إلى ركيزة هيدروكربون، فيتم القضاء على الحاجة إلى إنتاج محاصيل الطاقة.

يحسن الاختراع من الطرق الحالية التي يتم فيها تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى منتج وقود سائل دون الحاجة إلى تخمير أو إنتاج ومعالجة كتلة حيوية. بالإضافة إلى ذلك، يعد تحويل ثاني أكسيد

الكربون إلى جزيئات وقود خيارًا جذابًا من حيث إنه مصدر حر للكربون المتجدد كما أن لتنحية أيوناته تأثيرات إيجابية على البيئة.

تتمثل المميزات الأخرى المصاحبة للكائن الدقيق المعزول في الآتي:

- ١) يكون كائنًا حيًا دقيقًا غير ممرض ويتم تصنيفه بالفئة ١؛
 - ٢) لا يحتاج إلى ظروف نمو خاصة أو أحجام نمو كبيرة مثلما يكون الوضع مع الطحالب؛
 - ٣) يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قوي؛
 - ٤) يتم تخليق الزيت خارج الخلية وبالتالي يكون أسهل في حصاده وتهيئته مع عملية التصنيع التجارية؛
 - ٥) يتألف الزيت المنتج بشكل كبير من أحماض كربوكسيلية طويلة السلسلة. يمكن استخدام هذا الزيت كمصدر للطاقة من خلال الاحتراق، أو يمكن استخدامه كخام تغذية في عددٍ من الصناعات مثل إنتاج الديزل الحيوي والمطهرات والعديد من المواد الكيماوية الزيتية؛
 - ٦) سيعمل نظام الإنزيم في مستحلبات زيت في ماء والتي تم وصفها كطريقة جديدة للتصنيع يعمل فيها الزيت الموجود في المستحلب كبادئ لإنشاء السلسلة وزيادة ذوبانية ثاني أكسيد الكربون في أوساط التفاعل؛ و
 - ٧) يعمل نظام الإنزيم دون الحاجة لإنتاج ومعالجة كتلة حيوية.
- تتعلق جوانب أخرى للاختراع بطرق لإنتاج حمض فورميك ومصدر طاقة بالحمض الكربوكسيلي الأليفاتي، ومصدر الطاقة نفسه.
- سيتم وصف هذه الجوانب وغيرها من جوانب الاختراع بمزيدٍ من التفصيل أدناه.

وصف مختصر للأشكال والرسومات:

٢٠ الأمثلة:

سيتم وصف الاختراع الآن بمزيدٍ من التفصيل عن طريق الأمثلة وبالإشارة إلى الأشكال حيث:

شكل ١ عبارة عن مسح بالأشعة تحت الحمراء لمصدر طاقة منتجة بواسطة الكائن الحي الدقيق الوارد في الاختراع. يكون مصدر الطاقة عبارة عن منتج زيت يشتمل على أحماض كربوكسيلية أليفاتية ويبين المسح بالأشعة تحت الحمراء السمات الكيميائية النمطية لحمض كربوكسيل أليفاتي.

شكل ٢ عبارة عن نظام صهريج أول يمكن استخدامه لإنتاج الزيت وفقاً للاختراع.

شكل ٣ عبارة عن نظام صهريج ثانٍ يمكن استخدامه لإنتاج الزيت وفقاً للاختراع.

شكل ٤ عبارة عن مخطط سير عمليات يبين عملية إنتاج الزيت باستخدام نظام الصهريج الثاني.

الوصف التفصيلي للاختراع:

١٠ في أحد جوانب الاختراع، يتم توفير كائن حي دقيق يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر.

يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق أي كائن حي دقيق مناسب طالما أنه قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم تحويل حمض الفورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يفضل أن يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن

١٥ خلية بدائية النواة. والأفضل أن يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن بكتيريا. في أحد النماذج، يكون الكائن الحي الدقيق جمادي التغذية. إن الكائن جمادي التغذية عبارة عن كائن حي

يستخدم ركيزة غير عضوية (تكون عادةً من أصل معدني) للحصول على متكافئات مختزلة للاستخدام في التخليق الحيوي (على سبيل المثال، تثبيت ثاني أكسيد الكربون) أو حفظ الطاقة

٢٠ عبر التنفس الهوائي أو اللاهوائي. يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق جمادي وذاتي التغذية.

يكون الكائن جمادي وذاتي التغذية قادرًا على استخدام ثاني أكسيد الكربون من الهواء كمصدر

للكربون. يمكن أن يستخدم الكائن الحي الدقيق ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون. يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق جمادي وكيميائي التغذية. تستخدم الكائنات جمادية وكيميائية التغذية مركبات غير عضوية للتنفس الهوائي أو اللاهوائي. تكون الطاقة المنتجة بواسطة أكسدة هذه المركبات كافية لإنتاج ATP. كما تكون هناك حاجة لإدخال بعض الإلكتروليتات المشتقة من المانحات غير العضوية في قنوات التخليق الحيوي. في أحد النماذج،
٥ يكون الكائن الحي الدقيق جمادي وذاتي وكيميائي التغذية.

إن المصطلحات "جمادي التغذية"، و"جمادي وذاتي التغذية"، و"جمادي وكيميائي التغذية" و"جمادي وكيميائي وذاتي التغذية" المستخدمة أعلاه معروفة جيدًا لأصحاب المهارة في المجال وتكون بالمعنى الدقيق المعروف عامةً. نتيجة لذلك، سيكون الشخص المتمرس قادرًا بالفعل على تحديد ما إذا كان كائن حي دقيق معين، مثل البكتيريا، يقع ضمن تعريف واحد أو أكثر من هذه المصطلحات أم لا. علاوةً على ذلك، يمكن للشخص المتمرس أن يختبر أي من الكائنات الحية الدقيقة محل الاهتمام لتحديد ما إذا كانت مصنفة إلى واحدة أو أكثر من هذه الفئات. يمكن للشخص المتمرس أيضًا أن يختبر كائن حي دقيق ليتحقق مما إذا كان يمكنه إنتاج زيت لأحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. إن الطرق المناسبة لإجراء هذه الاختبارات معروفة جيدًا لأصحاب المهارة في المجال.
١٥

في أحد النماذج، يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن كائن حي دقيق هوائي. مرة أخرى، يقع ضمن قدرات المتمرس في المجال إمكانية تحديد ما إذا كان كائن حي دقيق معين عبارة عن كائن حي دقيق هوائي. في سياق الاختراع الحالي، ينتج الكائن الحي الدقيق، وعلى وجه التحديد الأنظمة الإنزيمية للكائن الحي الدقيق، أحماض كربوكسيلية أليفاتية في ظل ظروف هوائية، أي يتم تحمل وجود الأكسجين في التفاعلات التي تنتج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية.
٢٠

عندما يكون الكائن الحي الدقيق هو البكتيريا، يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق أي بكتيريا مناسبة تشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يفضل أن تكون البكتيريا من نوع *Acetobacter*. في نموذج محدد، يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن *Acetobacter lovaniensis*. يمكن أن يتشابه الكائن الحي الدقيق مع سلالة *Acetobacter* التي لها رقم وصول NCIMB 41808 (المودع في Ferguson Building, Craibstone Estate, Bucksburn, Aberdeen, AB21 9YA) NCIMB Ltd. في ١٢ يناير ٢٠١١ بموجب شروط معاهدة بودابست؛ المشار إليها فيما بعد باسم السلالة (FJ1). يعني مصطلح "مماثل" كائن حي دقيق يكون مكافئًا بشكل وظيفي لـ FJ1. يجب أن يشتمل الكائن الحي الدقيق على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ويجب أن يكون قادرًا على النمو في ظل نفس الظروف الخاصة بـ FJ1. علاوةً على ذلك، يجب أن يشتمل الكائن الحي الدقيق على نفس المسارات الإنزيمية أو على مسارات إنزيمية مماثلة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق بتطابق متوالية يبلغ حوالي ٦٠% على الأقل مع FJ1. في بعض النماذج، يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق بتطابق متوالية يبلغ حوالي ٦٥% على الأقل، حوالي ٧٠% على الأقل، حوالي ٧٥% على الأقل أو حوالي ٨٠% على الأقل مع FJ1. يفضل أن يكون الكائن الحي الدقيق بتطابق متوالية يبلغ حوالي ٨٥% على الأقل، حوالي ٩٠% على الأقل، حوالي ٩٣% على الأقل، حوالي ٩٥% على الأقل، حوالي ٩٧% على الأقل، حوالي ٩٨% على الأقل، أو حوالي ٩٩% على الأقل مع FJ1. إن طرق تحديد تطابق المتواليات بين الكائنات الحية الدقيقة المختلفة معروفة جيدًا لأصحاب المهارة في المجال. على سبيل المثال، يمكن استخدام تحليل 16S rDNA. سترد أدناه معلومات تفصيلية تتعلق بزراعة

FJ1. وبالتالي، فيقع ضمن قدرات المتمرس في المجال إمكانية تحديد ما إذا كان كائن حي دقيق مماثلاً لـ FJ1 أم لا. في أحد النماذج، يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن FJ1.

في نموذج محدد، يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن كائن حي دقيق ناتج عن عودة الارتباط الجيني، أي، كائن حي دقيق معالج وراثيًا. يمكن أن يشتمل الكائن الحي الدقيق على متواليات نيوكليوتيد (مثل DNA) من جنس آخر من الكائن الحي الدقيق. ويمكن أن يشتمل

الكائن الحي الدقيق، على وجه التحديد، على جين متغاير التكوين أو جينات مشفرة لنظام إنزيم الهيدروجيناز. يمكن أن يرتبط الجين أو الجينات متغايرة التكوين بشكل فعال بمعزز متغاير التكوين أو بمعزز للكائن الحي الدقيق. يمكن أن يُشكّل الجين أو الجينات متغايرة التكوين جزءًا من بلازميد (٢٢). سيتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات متغايرة التكوين في الكائن الحي

الدقيق لإنتاج نظام إنزيم هيدروجيناز وظيفي يسمح للكائن الحي الدقيق بتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. إن الطرق المناسبة لإدخال متواليات النيوكليوتيد (مثل DNA) محل الاهتمام إلى الخلايا العائلة الخاصة بالكائن الحي الدقيق معروفة جيدًا لأصحاب المهارة في المجال (انظر، على سبيل المثال، Sambrook, J. and Russell, D. Molecular Cloning: A Laboratory

(Manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press, U.S).

١٥ على نحوٍ بديل، يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن كائن حي دقيق حادث في الطبيعة. يكون هذا الكائن الحي الدقيق عبارة عن كائن حي دقيق لم يتغير أو يتعدل وراثيًا.

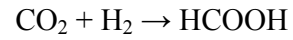
في أحد النماذج، يمكن اشتقاق الكائن الحي الدقيق من FJ1. يعني المصطلح "مشتق من" أنه من الممكن تعديل FJ1 أو إحداث طفرات به لإنتاج كائنات حية دقيقة أخرى وفقًا للاختراع.

على سبيل المثال، يمكن إدخال الجينات أو إزالتها من FJ1. يجب أن تكون الكائنات الحية الدقيقة المشتقة من FJ1 متكافئة وظيفيًا لـ FJ1 ويجب أن تشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز

٢٠ قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. علاوةً على ذلك، يجب أن تكون

الكائنات الحية الدقيقة المشتقة قادرة على النمو في ظل نفس الظروف الخاصة بـ FJ1. علاوةً على ذلك، يجب أن تشمل الكائنات الحية الدقيقة المشتقة على نفس المسارات الإنزيمية أو على مسارات إنزيمية مماثلة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يمكن أن تنتج الكائنات الحية الدقيقة المشتقة أحماض كربوكسيلية أليفاتية بنفس الطريقة مثل FJ1. في بعض النماذج، يمكن اشتقاق الكائنات الحية الدقيقة من خلال زراعة أو اختيار الكائنات الحية الدقيقة بشكل متكرر في عملية اختيار صناعية.

يمكن أن يكون نظام إنزيم الهيدروجيناز عبارة عن أي نظام إنزيم مناسب قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. يحفز نظام إنزيم الهيدروجيناز تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. يؤكسد نظام إنزيم الهيدروجيناز الهيدروجين لإنتاج الإلكترونات لاختزال ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك، على سبيل المثال، باستخدام التفاعل التالي:



بوجهٍ عام، يتم تحفيز تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك في محلول حيث يكون ثاني أكسيد الكربون قابلاً للدوبان. في المحلول، يتم تحويل ثاني أكسيد الكربون بشكل قابل للعكس إلى حمض الكربونيك (H_2CO_3). بناءً على الرقم الهيدروجيني للمحلول، سيوجد حمض الكربونيك بطبيعة الحال في صورة بيكربونات (HCO_3^-) أو كربونات (CO_3^{2-}). وبالتالي، يتضمن تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك بواسطة نظام إنزيم الهيدروجيناز الوارد في الاختراع الحالي أيضًا تحويل البيكربونات و/أو الكربونات إلى حمض فورميك. بصورة أخرى، تعتبر الكربونات والبيكربونات صورًا أخرى من ثاني أكسيد الكربون في الاختراع الحالي. يمكن إضافة أملاح البيكربونات و/أو الكربونات (مثل بيكربونات الصوديوم أو كربونات الصوديوم) إلى المحلول لزيادة مستوى هذه الأملاح. ومع ذلك، فلا يفضل ذلك حيث يمكن أن تُشكّل أيونات الملح (مثل أيونات الصوديوم) صابونًا عند إنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية.

مثلما هو مشار إليه أعلاه، يفضل أن يكون ثاني أكسيد الكربون هو المصدر الوحيد للكربون. ويفضل تحويل ثاني أكسيد الكربون مباشرةً من ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك دون تكوين أي مركبات وسيطة ثابتة. بصورة أخرى، يحدث التفاعل في خطوة واحدة. تعتبر الكربونات والبيكربونات صورًا لثاني أكسيد الكربون تكون في المحلول ولا تعتبر مركبات وسيطة. وبالتالي، فيعتبر حل ثاني أكسيد الكربون إلى أيونات كربونات وبيكربونات في المحلول ثم إلى حمض فورميك تحويلًا مباشرًا. من الناحية الأخرى، لا يعتبر تحويل ثاني أكسيد الكربون (أو أيونات الكربونات و/أو البيكربونات) إلى ميثانول ثم إلى حمض فورميك تحويلًا مباشرًا حيث يتم إنتاج مركب الميثانول الوسيط.

في بعض النماذج، تكون مواد التفاعل البادئة لإنتاج حمض فورميك عبارة عن ماء وثاني أكسيد الكربون. في نماذج مفضلة، لا تكون هناك ضرورة من استخدام مواد تفاعل أخرى لإنتاج حمض فورميك بخلاف ثاني أكسيد الكربون والماء. وإن كان ذلك لا يستبعد إمكانية وجود مكونات أخرى في خليط التفاعل المبدئي. على سبيل المثال، يمكن أن يوجد عامل أكسدة لتعجيل بدء التفاعلات. ولا تكون تلك المكونات الأخرى مواد تفاعل مستخدمة عند إنتاج حمض الفورميك.

لا يحتاج نظام إنزيم الهيدروجيناز إلى وجود جزيئات مانحة ومستقبلة للإلكترونات لإنتاج حمض الفورميك. على سبيل المثال، فلا داعٍ من استخدام جزيئات مثل NADP و NADPH للمواصلة التفاعل. في واقع الأمر، فلا تحتاج جميع التفاعلات المستخدمة لإنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات أو أكثر إلى جزيئات مانحة أو مستقبلية للإلكترونات.

لا يستخدم نظام إنزيم الهيدروجيناز التخمير لإنتاج حمض الفورميك. علاوةً على ذلك، فلا يستخدم نظام الإنزيم الثاني أيضًا التخمير لإنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. إن التخمير

عبارة عن تحويل المركبات العضوية مثل الكربوهيدرات إلى مركبات أخرى من خلال العمليات الكيميائية الحيوية التي تتضمن مركبات مانحة و/أو مستقبلة للإلكترونات.

لا يحتاج نظام إنزيم الهيدروجيناز إلى كتلة حيوية لإنتاج حمض الفورميك. وبالتالي، فلا داعٍ من إمداد الكائن الحي الدقيق بكتلة حيوية لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية. إن الكتلة الحيوية عبارة عن مادة عضوية بيولوجية مأخوذة من النباتات أو الحيوانات والتي يمكن تحويلها إلى مصدر طاقة.

في الاختراع الحالي، لا داعٍ من استخدام عملية كهروكيميائية، مثل التحفيز الكهربائي، لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية. إن العملية الكهروكيميائية عبارة عن تفاعل كيميائي يحدث في محلول عند السطح البيني لموصل إلكترونات (فلز أو شبه موصل) وموصل أيوني (المحلول الإلكتروليتي) والذي يتضمن نقل الإلكترونات بين الإلكتروليت والمحلول الإليكتروليتي أو الأنواع في محلول.

يفضل أن يتحمل نظام إنزيم الهيدروجيناز الأكسجين. يعني ذلك أن نظام إنزيم الهيدروجيناز يمكن أن يتحمل المستويات المرتفعة نسبيًا من الأكسجين دون إتلاف نظام الإنزيم أو التأثير على نشاطه. يفضل أن يعمل نظام إنزيم الهيدروجيناز عند مستوى أكسجين أكثر من حوالي ١٠%، والأفضل أن يعمل عند مستوى أكسجين أكثر من حوالي ١٥%، بل والأفضل عند مستوى أكسجين يتراوح بين ٢٠% وحوالي ٢١%، مثل العمل عند مستوى الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي (حوالي ٢٠,٩٥%). تكون العديد من إنزيمات الهيدروجيناز حساسة لوجود الأكسجين، فهي تتوقف بشكل فعال عن العمل عند وجود الأكسجين. يفضل أن يكون نظام إنزيم الهيدروجيناز خارج الخلية، أي خارج خلية الكائن الحي الدقيق. بصورة أخرى، يتم وضع نظام إنزيم الهيدروجيناز خارج غشاء الخلية. فيتم توجيهه خارج الخلية. ويفضل أن يكون نظام إنزيم الهيدروجيناز خارج الخلية بالكامل بحيث لا يتم ربطه بالكائن الحي الدقيق بأية

طريقة، على سبيل المثال، من خلال ربطه بغشاء خلية الكائن الحي الدقيق. يتيح ذلك، على نحوٍ مميز، أن يتم تكوين حمض فورميك خارج خلية الكائن الحي الدقيق. يفضل أن يعمل نظام إنزيم الهيدروجيناز عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٣,٠ و ٨,٥، والأفضل عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٣,٥ و ٤,٥. علاوةً على ذلك، يفضل أن يعمل نظام إنزيم الهيدروجيناز بين ٥ م و ٦٠ م والأفضل بين ١٥ م و ٢٠ م.

يمكن أن يشتمل نظام إنزيم الهيدروجيناز على واحد أو أكثر من الإنزيمات، بالإضافة إلى إنزيم الهيدروجيناز، وذلك للمساعدة في تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. في أحد النماذج، يكون نظام إنزيم الهيدروجيناز هو ذلك الخاص بـ FJI. في جانبٍ آخر للاختراع، يتم توفير نظام إنزيم الهيدروجيناز لـ FJI.

١٠ يشتمل الكائن الحي الدقيق أيضًا على نظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يمكن أن يكون نظام الإنزيم الثاني أي نظام إنزيم مناسب قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يحفز نظام الإنزيم الثاني تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يمكن استخدام الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، في الاحتراق على سبيل المثال، لإنتاج الطاقة.

١٥ يفضل أن يكون نظام الإنزيم الثاني خارج الخلية، أي خارج خلية الكائن الحي الدقيق. بصورة أخرى، يتم وضع نظام الإنزيم الثاني خارج غشاء الخلية. يتم توجيه نظام الإنزيم الثاني خارج الخلية. يعني ذلك أن تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية يحدث خارج الخلية. يتيح ذلك، على نحوٍ مميز، استخلاص الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بسهولة بمجرد إنتاجها بواسطة الكائن الحي الدقيق. ويفضل أن يكون نظام الإنزيم الثاني بالكامل خارج الخلية بحيث لا

يكون مرتبطًا بالكائن الحي الدقيق بأية طريقة، على سبيل المثال، من خلال ربطه بغشاء خلية الكائن الحي الدقيق.

في أحد النماذج، يكون نظام الإنزيم الثاني عبارة عن ذلك الخاص بـ FJI. في جانبٍ آخر للاختراع، يتم توفير نظام الإنزيم الثاني لـ FJI.

٥ مثلما هو مشار إليه أعلاه، يمكن أن يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن كائن حي دقيق ناتج عن عودة الارتباط الجيني. وبالتالي، يمكن أن يشتمل الكائن الحي الدقيق على جين متغاير التكوين أو جينات مشفرة لنظام الإنزيم الثاني. يمكن ربط الجين أو الجينات متغايرة التكوين بشكل فعال بمعزز متغاير التكوين أو بمعزز للكائن الحي الدقيق. يمكن أن يُشكّل الجين أو الجينات متغايرة التكوين جزءًا من البلازميد. سيتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات متغايرة التكوين في الكائن الحي الدقيق لإنتاج نظام إنزيم ثانٍ فعال يسمح للكائن الحي الدقيق بتحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. ستعتمد الطبيعة الخاصة بالأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية التي يتم إنتاجها بواسطة الكائن الحي الدقيق، جزئيًا، على طول الفترة الزمنية للتفاعلات الإنزيمية.

١٥ يمكن أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية المنتجة بواسطة الكائن الحي الدقيق بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. يتم أيضًا إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ اثنتين أو ثلاث أو أربع ذرات كربون بواسطة الكائن الحي الدقيق. يمكن أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية المنتجة عبارة عن أحماض دهنية. كما يمكن أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أحماض كربوكسيلية أليفاتية قصيرة أو متوسطة أو طويلة السلسلة، أو توليفة مما سبق.

٢٠ يعني مصطلح "أليفاتي" في سياق الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أن المجموعة المربوطة بالمجموعة -COOH للحمض الكربوكسيلي تشتمل على سلسلة من ذرات الكربون المرتبطة معًا لتكوين

سلسلة رئيسية للمجموعة. يمكن أن تكون سلسلة الكربون الرئيسية المذكورة متفرعة أو غير متفرعة. يفضل أن تكون سلسلة الكربون الرئيسية غير متفرعة. يمكن أن تكون سلسلة الكربون الرئيسية مشعبة، أحادية غير مشعبة (أي رابطة كربون-كربون مزدوجة) أو متعددة غير مشعبة (أي أكثر من رابطة كربون-كربون مزدوجة). في أحد النماذج، تكون سلسلة الكربون الرئيسية أحادية غير مشعبة. وترتبط سلسلة الكربون الرئيسية، بوجه عام، بذرات الهيدروجين (بخلاف مجموعة -COOH). ومع ذلك، فبدلاً من واحدة أو أكثر من ذرات الهيدروجين، يمكن استبدال سلسلة الكربون الرئيسية بمجموعات أخرى مثل مجموعات OH. يفضل أن تكون سلسلة الكربون الرئيسية بدون استبدال، أي ترتبط ذرات الهيدروجين فقط بسلسلة الكربون الرئيسية بخلاف المجموعة -COOH.

- ١٠ يقوم نظام الإنزيم الثاني الخاص بالكائن الحي الدقيق الذي ينتج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية من حمض فورميك بذلك بطريقة تدرجية. تتم إضافة ذرة كربون إلى سلسلة الكربون الرئيسية الخاصة بالأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بمعدل ذرة في المرة الواحدة. ينتج عن ذلك مدى من الأحماض الكربوكسيلية التي بها سلسلة الكربون الرئيسية الخاصة بـ C2، C3، C4، C5، C6، C7، C8، C9، C10، وهكذا. على سبيل المثال، فبدلاً من حمض فورميك (C1)، يمكن لنظام الإنزيم الثاني أن يضيف ذرة كربون إلى سلسلة الكربون الرئيسية الخاصة بـ حمض فورميك لإنتاج حمض أسيتيك (C2). وبعد ذلك، يمكن أن يضيف نظام الإنزيم الثاني ذرة كربون إلى سلسلة الكربون الرئيسية الخاصة بـ حمض الأسيتيك لإنتاج حمض برويونيك (C3). يمكن أن تستمر هذه العملية بحيث يمكن إنتاج حمض بيوتيريك (C4)، حمض فاليريك (C5)، حمض هكسانويك (C6)، حمض هبتانويك (C7)، حمض أوكتانويك (C8)، حمض نونانويك (C9)، حمض ديكانويك (C10)، وهكذا بالتعاقب. وبالتالي، يكون نظام الإنزيم الثاني قادرًا على تحويل حمض فورميك إلى حمض كربوكسيلي أليفاتي له طول سلسلة يبلغ اثنين أو أكثر من ذرات الكربون، ثلاثة أو أكثر من
- ٢٠

ذرات الكربون، أربعة أو أكثر من ذرات الكربون، خمس أو أكثر من ذرات الكربون، ستة أو أكثر من ذرات الكربون، سبعة أو أكثر من ذرات الكربون، ثمانية أو أكثر من ذرات الكربون، تسعة أو أكثر من ذرات الكربون، عشرة أو أكثر من ذرات الكربون، وهكذا. يمكن أن يحفز نظام الإنزيم الثاني إضافة ذرة كربون (مثل وحدة CH_2) إلى سلسلة الكربون الخاصة بأحماض كربوكسيلية أليفاتية.

٥ بهذه الطريقة، يمكن أن تنتج الأنظمة الإنزيمية الخاصة بالكائن الحي الدقيق مجموعة من الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية مختلفة الأطوال. على سبيل المثال، يمكن أن ينتج الكائن الحي الدقيق مجموعة من أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ٢ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ٣ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ٤ وحوالي ٢٤ ذرة كربون أو يتراوح بين ٥ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. علاوةً على ذلك، يمكن أن ينتج الكائن الحي الدقيق مجموعة من أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ٦ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ٧ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ٨ وحوالي ٢٤ ذرة كربون أو يتراوح بين ٩ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن ينتج الكائن الحي الدقيق مجموعة من أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ١٠ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ١١ وحوالي ٢٤ ذرة كربون، أو يتراوح بين ١٢ وحوالي ٢٤ ذرة كربون أو يتراوح بين ١٣ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. عند زراعة الكائن الحي الدقيق، فمن المحتمل أن يكون طول سلسلة الهيدروكربون أطول إذا تمت زراعة الكائن الحي الدقيق لفترة طويلة بما أن الأنظمة الإنزيمية ستظل نشطة لفترة أطول. تحدد فترة زراعة الكائن الحي الدقيق متوسط طول السلسلة. في أحد النماذج، يتم حساب محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي في صورة C18 يتراوح بين ٧٠% و ٩٠%. والأفضل أن يتم حساب محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي في صورة C18 يبلغ حوالي ٨٠%.

يفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية المنتجة بواسطة الكائن الحي الدقيق قابلة للاحتراق. كما يفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية المنتجة بواسطة الكائن الحي الدقيق في صورة زيت. فيسهل ذلك من فصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. يمكن أن يكون الزيت عبارة عن زيت شبه جاف. ويمكن تحديد ما إذا كان الزيت شبه جاف أم لا من قيمة اليود. ومن الطرق القياسية للتحليل، على سبيل المثال، نذكر EN 14111. ويفضل أن تتراوح قيمة اليود الخاصة بالزيت من ٨٥ إلى ٩٥ مجم I/١٠٠ جم. والأفضل أن تتراوح قيمة اليود الخاصة بالزيت من ٩٠ إلى ٩٥ مجم I/١٠٠ جم. يمكن أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أحادية غير مشبعة.

يعرض شكل ١ لمسح بالأشعة تحت الحمراء لأحماض كربوكسيلية أليفاتية منتجة بواسطة كائن حي دقيق وفقاً للاختراع. يبين ذلك أن العينة، وهي عبارة عن زيت، مؤلفة من أحماض كربوكسيلية طويلة السلسلة وهي عبارة عن حمض كربوكسيلي أليفاتي.

يمكن أن تتمتع الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، بمجرد استخلاصها، بوحدة أو أكثر من من الخواص التالية:

التحليل	القيمة النمطية	طريقة التحليل
رماد جم/١٠٠ جم	٠,٠٥٠-٠,٠٢٥	ISO 3987
نقطة الوميض م	١٠٠ <	EN ISO 3679
اللزوجة الحركية سنتي ستوك	٧٥-٧٠	EN ISO 3104
عند ٢٠ م	٥٧-٥٢	
عند ٣٠ م	٥٢-٤٧	
عند ٤٠ م	٣٥-٣٠	
عند ٥٠ م	٢٥-٢٠	
عند ٦٠ م	٢٠-١٥	
عند ٧٠ م		

	١٥-١٠	عند ٨٠ م
	١٢-٧	عند ٩٠ م
ASTM D2270	٥٥	مؤشر اللزوجة
EN ISO 12937	>٠,٥	محتوى الماء جم/١٠٠ جم
EN ISO 12185	٩٥٠-٩٢٠	الكثافة كجم/لتر عند ٢٠ م
EN 14104	١٦٠-١٤٠	القيمة الحمضية مجم KOH/جم
EN 14111	٩٥-٨٥	قيمة اليود مجم I/١٠٠ جم
ASTM D849	1B	تآكل الشريحة النحاسية
ASTM D2274	<٤٨ ساعة	الثبات المؤكسد H
ASTM D2622	>٠,١ (بشكل نمطي (٠,٠٥	% للكبريت م/م
AOAC 965.33	>٣	قيمة البيروكسيد ملي متكافئ/كجم
ASTM D976	٥٠~	مؤشر السيتان
ASTM D5865	<٣٧	إجمالي القيمة السعرية ميجا جول/كجم
ASTM D-6469	>٠,٢ (بشكل نمطي (٠,٠٨	قدرة الترسيب

في بعض النماذج، يمكن أن تتراوح اللزوجة الحركية (سنتي ستوك) عند ٤٠ م من ٢٠ إلى ٢٥. علاوةً على ذلك، يمكن أن تكون نقطة الوميض أكبر من ١٨٠ م. لقد وُجد أن الثبات المؤكسد للأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية مرتفع بشكل مثير للاهتمام مقارنةً لأنواع الوقود الحيوي الأخرى مثل الديزل الحيوي. يكون الديزل الحيوي الطبيعي بثبات مؤكسد

يبلغ حوالي ٣٠ دقيقة (عند اختباره بطريقة ASTM D2274). تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بثبات مؤكسد يزيد عن ٤٨ ساعة.

فيما يلي عرض لتركيبية نمطية للزيوت المنتجة بعد فترات زمنية مختلفة للتفاعل. توضح هذه الجداول نقطة غليان العديد من الأجزاء. وبالتالي، فعند تجزئة الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، يتم تقسيم الأجزاء إلى نطاقات وقياس نقطة الغليان الخاصة بهذه الأجزاء. على سبيل المثال، ستكون نسبة الـ ١٠٪ الأولى من الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية عند تجزئتها بنقطة غليان معينة. وستكون نسبة الـ ١٠٪ الثانية (أي ١٠-٢٠٪ المشار إليها أدناه في صورة ٢٠٪) بنقطة غليان أخرى وهكذا.

مدى تقطير نمطي لجزء ثقيل منتج بواسطة التفاعل لمدة ١,٥ ساعة

النسبة المئوية لنواتج التقطير	نقطة الغليان م
نقطة الغليان المبدئية	١٨٨
١٠٪	٢٣٢
٢٠٪	٢٥٦
٣٠٪	٢٧٢
٤٠٪	٢٩٢
٥٠٪	٣٠٦
٦٠٪	٣٢١
٧٠٪	٣٣٢
٨٠٪	٣٥٩
٩٠٪	٣٩١
نقطة الغليان النهائية	٣٩٥

١٠ مدى تقطير نمطي لجزء أخف منتج بواسطة التفاعل لمدة ٠,٥ ساعة

النسبة المئوية لنواتج التقطير	نقطة الغليان م
-------------------------------	----------------

٩٩	نقطة الغليان المبدئية
١١٣	%١٠
١١٥	%٢٠
١١٨	%٣٠
١١٨	%٤٠
١١٩	%٥٠
١٢١	%٦٠
١٢٩	%٧٠
٣٠٨	%٨٠
٣٧٠	%٩٠
٣٩٥	نقطة الغليان النهائية

مثلما وردت مناقشته أعلاه، يمكن إنتاج الكائن الحي الدقيق عن طريق عودة الارتباط الجيني. وبالتالي، ففي جانب آخر من الاختراع، يتم توفير طريقة لإنتاج كائن حي دقيق، حيث تشمل الطريقة على خطوة إدخال جين أو جينات مشفرة لنظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك في كائن حي دقيق، حيث يتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات بواسطة الكائن الحي الدقيق. ٥

تشتمل الطريقة أيضاً على خطوة إدخال جين أو جينات مشفرة لنظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، حيث يتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات بواسطة الكائن الحي الدقيق.

كما يتم توفير طريقة لإنتاج كائن حي دقيق، حيث تشمل الطريقة على خطوة إدخال جين أو جينات مشفرة لنظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ١٠

إلى كائن حي دقيق، حيث يشتمل الكائن الحي الدقيق على نظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، وحيث يتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات بواسطة الكائن الحي الدقيق.

كما يتم توفير طريقة لإنتاج كائن حي دقيق، حيث تشتمل الطريقة على خطوة إدخال جين أو جينات مشفرة لنظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر إلى كائن حي دقيق، حيث يشتمل الكائن الحي الدقيق على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك، وحيث يتم التعبير الوراثي عن الجين أو الجينات بواسطة الكائن الحي الدقيق.

يتعلق الوصف الوارد أعلاه بالكائن الحي الدقيق الوارد في الاختراع، لذا تنطبق سماته المفضلة على طرق إنتاج الكائن الحي الدقيق. على سبيل المثال، تنطبق السمات المحددة المتعلقة بطبيعة الكائن الحي الدقيق أيضًا على الطرق.

في جانبٍ آخر، يوفر الاختراع طريقة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية، حيث تشتمل الطريقة على زراعة كائن حي دقيق يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر.

مثلما هو مشار إليه أعلاه، يمكن إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها مجموعة من أطوال سلسلة الكربون الرئيسية. يفضل إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ٥ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. والأفضل أن يتم إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ١٠ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. ولا يزال من الأفضل إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها سلسلة كربون رئيسية بطول يتراوح بين ١٦ وحوالي ٢٠ ذرة كربون. في أحد النماذج، تشتمل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية على سلسلة الكربون الرئيسية بطول يزيد

عن ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩ أو ١٠. علاوةً على ذلك، يمكن أن تشتمل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية على سلسلة الكربون الرئيسية بطول أقل من ٢٥.

على نحوٍ بديل، يتراوح محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي المحسوب في صورة C18 بين ٧٠% و ٩٠%. والأفضل أن يبلغ محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي المحسوب في صورة C18 حوالي ٨٠%.

يمكن استخدام أي ظروف مناسبة لزراعة الكائن الحي الدقيق. يمكن زراعة الكائن الحي الدقيق عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٣,٠ وحوالي ٨,٥، والأفضل أن يتراوح بين ٣,٥ وحوالي ٤,٥. علاوةً على ذلك، يمكن زراعة الكائن الحي الدقيق عند درجة حرارة تتراوح بين ٥ م وحوالي ٦٠ م، والأفضل أن تتراوح بين ١٥ م وحوالي ٢٠ م.

١٠ سيحتوي محلول المزرعة على ثاني أكسيد الكربون. يمكن أن يكون ذلك ثاني أكسيد الكربون المنحل من الهواء. ويفضل إحداث فقائيع من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال محلول المزرعة لزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون المتاح للتفاعل. عند إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون خلال محلول المزرعة، فيمكن أن يصدر من أسطوانة غاز مضغوط. على نحوٍ بديل، يمكن تضمينه في غاز من مصدر آخر. على سبيل المثال، يمكن إحداث فقائيع من الغازات المهذورة من الاحتراق خلال وسط المزرعة.

١٥ في بعض النماذج، يمكن إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون (مثل الغازات المهذورة من الاحتراق) خلال محلول المزرعة (والذي يمكن أن يشتمل بشكل اختياري على عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون) قبل إضافة الكائن الحي الدقيق.

يفضل زراعة الكائن الحي الدقيق مع ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون.

٢٠ يمكن أن يكون وسط المزرعة الذي تتم فيه زراعة الكائن الحي الدقيق أي وسط مزرعة مناسب. ويفضل أن يكون ثاني أكسيد الكربون هو المصدر الوحيد للكربون في الوسط (مثلما ورد ذكره

من قبل، يعتبر HCO_3^- و CO_3^{2-} الصور القابلة للذوبان من ثاني أكسيد الكربون وهما يندرجان تحت مصطلح ثاني أكسيد الكربون. يمكن أن يشتمل وسط المزرعة على واحد أو أكثر من المكونات التالية : KH_2PO_4 ؛ $\text{MgSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$ ؛ CaCO_3 ؛ CuSO_4 ؛ FeCl_3 ؛ MnCl_3 ؛ MoCl_3 و ZnCl_3 . علاوةً على ذلك، يمكن أن توجد هذه المكونات في وسط المزرعة بالتركيزات التالية:

المادة الغذائية	جم/لتر
KH_2PO_4	١,٠٠
$\text{MgSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	٠,١٠
CaCO_3	٠,١٠
CuSO_4	٠,١٠
FeCl_3	٠,٠١
MnCl_3	٠,٠١
MoCl_3	٠,٠١
ZnCl_3	٠,٠١

٥ يفضل زراعة الكائن الحي الدقيق في المحلول في مستحلب زيت في ماء. يمكن أن يتم ذلك من خلال إدخال بعض الزيت إلى وسط المزرعة وتقليب خليط الزيت والماء لتكوين مستحلب. على سبيل المثال، يمكن أيضاً تدوير خليط التفاعل. ومن المعتقد أن استخدام مستحلب زيت في ماء يساعد في زيادة ذوبانية ثاني أكسيد الكربون. كما يعتقد أيضاً أنه يساعد في الحفاظ على وجود الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية في المحلول بحيث يمكن أن يستمر طول سلسلتها في الزيادة. ١٠

يفضل إدخال عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون في خليط التفاعل؛ حيث يساعد ذلك في لزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في خليط/محلول التفاعل وذلك للحفاظ على/زيادة

معدل التفاعل. إن عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة معروفة جيداً لأصحاب المهارة في المجال وتشتمل على مركبات قلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم، كلوريد الباريوم، تراي إيثانول أمين، داي إيثانول أمين، مونو إيثانول أمين، أمونيا، ميثانول، سلفولان، إيثرات بولي إيثيلين جليكول، بولي إيثيلين جليكولات، جليسرول، ومواد خافضة للتوتر السطحي مثل سلسلة Triton TX. لقد تم وصف بعض عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة في (Ortrud Ashenbrenner and Peter Styring (2010) (٢١). يفضل أن يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين أو بولي إيثيلين جليكول. في بعض النماذج، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين. في نماذج أخرى، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن بولي إيثيلين جليكول مثل PEG 300. على نحوٍ مميز، لا تحتاج بولي إيثيلين جليكولات إلى تفاعل كيميائي لتحرير ثاني أكسيد الكربون، كما لا تحتوي على النيتروجين الذي قد يُشكّل انبعاثات NOX عند الاحتراق، ولا تُشكّل مواد صابونية، وتساعد في اختزال الرماد الموجود في المنتج النهائي.

يفضل إدخال عامل الأكسدة في خليط التفاعل. يساعد ذلك في بدء عملية التفاعل وتعجيل بدء التفاعل. تشتمل عوامل الأكسدة المناسبة على تحت كلوريت الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم. يجب أن يكون عامل الأكسدة عامل أكسدة معتدل. في أحد النماذج، يمكن استخدام مادة تقصير في صورة عامل الأكسدة.

يمكن أن تشتمل الطريقة أيضاً على خطوة لفصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. في جانبٍ آخر، يوفر الاختراع أحماض كربوكسيلية أليفاتية منتجة بواسطة الطريقة سابقة الذكر. في جانبٍ آخر أيضاً، يوفر الاختراع أحماض كربوكسيلية أليفاتية تنشأ من سلسلة من تفاعلات التكثيف التي تتم بين جزيئات حمض الفورميك.

مثلما هو مشار إليه أعلاه، يمكن إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بها مجموعة من أطوال سلسلة الكربون الرئيسية. يفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بطول سلسلة كربون رئيسية يتراوح بين ٥ وحوالي ٢٤ ذرة كربون. والأفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بطول سلسلة كربون رئيسية يتراوح بين ١٠ وحوالي ٢٤. ولا يزال من الأفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بطول سلسلة كربون رئيسية يتراوح بين ١٦ وحوالي ٢٠ ذرة كربون. على نحوٍ بديل، يتراوح محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي المحسوب في صورة C18 بين ٧٠% و٩٠%. والأفضل أن يبلغ محتوى الحمض الكربوكسيلي الأليفاتي المحسوب في صورة C18 حوالي ٨٠%.

يفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية في صورة زيت. يسهل ذلك من فصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. يمكن أن يكون الزيت عبارة عن زيت شبه جاف. ويفضل أن تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أحادية غير مشبعة.

يمكن أن تتمتع الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، بمجرد استخلاصها، بواحدة أو أكثر من

الخواص التالية:

التحليل	القيمة النمطية
الرماد جم/١٠٠ جم	٠,٠٥٠-٠,٠٢٥
الكثافة عند ١٥ م	٠,٨٧٢٠-٠,٨٤٨٣
نقطة الوميض م	١٠٠<
اللزوجة الحركية سنتي ستوك	
عند ٢٠ م	٧٥-٧٠
عند ٣٠ م	٥٧-٥٢
عند ٤٠ م	٥٢-٤٧

٣٥-٣٠	عند ٥٠ م
٢٥-٢٠	عند ٦٠ م
٢٠-١٥	عند ٧٠ م
١٥-١٠	عند ٨٠ م
١٢-٧	عند ٩٠ م
٥٥	مؤشر اللزوجة
١ كحد أقصى (يفضل > ٠,٥)	محتوى الماء جم/١٠٠ جم
١٦٠-١٤٠	القيمة الحمضية مجم KOH/جم
٩٥-٨٥	قيمة اليود مجم I/١٠٠ جم
1B	تآكل الشريحة النحاسية
+ ٤٨ ساعة	الثبات المؤكسد H
> ٠,١	% للكبريت م/م
> ٣	قيمة البيروكسيد ملي متكافئ/كجم
٥٠~	مؤشر السيتان
< ٣٧	إجمالي القيمة السعرية ميغا جول/كجم
> ٠,٢ (بشكل نمطي ٠,٠٨)	قدرة الترسيب

يوفر الاختراع أيضًا استخدام الكائنات الحية الدقيقة الموضحة أعلاه لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية.

في أحد النماذج، تكون الإنزيمات المسئولة عن تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية خارج خلية الكائن الحي الدقيق. تعمل هذه الإنزيمات بغض

النظر عما إذا كانت خلايا الكائن الحي الدقيق موجودة أم لا. وبالتالي، في جانب آخر للاختراع، يتم توفير طريقة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية، حيث تشتمل الطريقة على إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية باستخدام وسط يشتمل على إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر. ٥

يمكن إنتاج الوسط بواسطة زراعة الكائن الحي الدقيق لفترة زمنية تتيح إنتاج الأنظمة الإنزيمية في الوسط. حسب الرغبة، يمكن إنتاج مستخلص خالٍ من الخلية يحتوي على الإنزيمات ولا يحتوي على خلايا الكائن الحي الدقيق. يمكن أن يتحقق ذلك، على سبيل المثال، من خلال إزالة خلايا الكائن الحي الدقيق من الوسط بعد الزراعة، على سبيل المثال، عن طريق الترشيح الفائق المتكرر. على نحوٍ بديل، بدلاً من إزالة خلايا الكائن الحي الدقيق من الوسط، فيمكن ترك الخلايا في الوسط ولكن يتم قتلها، على سبيل المثال، من خلال إدخال مطهر أو عامل مضاد للجراثيم في الوسط. على نحوٍ بديل، يمكن ترك الكائنات الحية الدقيقة في الوسط. يمكن أن تشتمل الطريقة أيضاً على تحضير الوسط قبل إنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية باستخدام الوسط. ١٠

يمكن استخدام أي ظروف مناسبة لإنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. على سبيل المثال، يتم توفير ثاني أكسيد الكربون وماء. يمكن أن يشتمل الوسط على رقم هيدروجيني يتراوح بين ٣,٠ وحوالي ٨,٥، والأفضل أن يتراوح بين ٦,٠ وحوالي ٧,٠. علاوةً على ذلك، يمكن أن يشتمل الوسط على درجة حرارة تتراوح بين ٥ م وحوالي ٦٠ م، والأفضل أن تتراوح بين ١٥ م وحوالي ٢٠ م. ١٥

كما هو الحال مع الطريقة الأولى، يفضل استخدام ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون، على سبيل المثال، من خلال إحداث فقاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال ٢٠

وسط التفاعل. يفضل أن يكون وسط التفاعل عبارة عن مستحلب زيت في ماء. علاوةً على ذلك، يفضل إدخال عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون في وسط التفاعل. يمكن أن تشتمل الطريقة أيضًا على خطوة لفصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. في جميع نماذج طرق إنتاج الأحماض الكربوكسيلية الإليفاتية الموضحة أعلاه، بمجرد إنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية، يمكن تنفيذ العديد من الخطوات الاختيارية على الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. على سبيل المثال، يمكن أن تشتمل الطرق بشكل اختياري على واحدة أو أكثر من الخطوات التالية:

- ١) فصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية؛
 - ٢) ترشيح الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية؛
 - ٣) مزج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية مع وقود مختلف، يفضل وقود الزيت؛
 - ٤) التعديل الكيميائي للأحماض الكربوكسيلية، على سبيل المثال، إلى إستر، كحولات، كيتونات أو مركبات ألدهيد؛ و
 - ٥) تفصل أجزاء معينة من الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية بالتقطير. في جانبٍ آخر، يوفر الاختراع أحماض كربوكسيلية أليفاتية المنتجة بواسطة الطرق الموضحة أعلاه.
- ١٥ يوفر أحد جوانب الاختراع أيضًا وسط يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر.
- ٢٠ من الوسط المشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، يمكن عزل الإنزيمات المتضمنة به باستخدام عدة تقنيات. على سبيل المثال، يمكن فصل الإنزيمات باستخدام تقنيات معروفة مثل الفصل الكروماتوجرافي باستثناء الجل والتي يتم اختيارها بناءً على حجمها الجزيئي ومعدلات فعاليتها.

يوفر الاختراع أيضًا استخدام نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية.

علاوةً على ذلك، يوفر الاختراع طريقة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية، حيث تشمل الطريقة على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم تحويل حمض الفورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، حيث تحدث تفاعلات التحويل في مستحلب زيت في ماء.

إن السمات المفضلة للطريقة السابقة الذكر تتماثل مع تلك الخاصة بطريقة إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية الواردة أعلاه. على سبيل المثال، إن السمات المتعلقة بمدى أطوال سلسلة الكربون الرئيسية المنتجة، ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني اللذين تحدث عندهما التفاعلات، ومصدر ثاني أكسيد الكربون، وعامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون، وعامل الأكسدة، وما إلى ذلك تعتبر السمات المفضلة لهذه الطريقة.

على سبيل المثال، سيحتوي المستحلب على ثاني أكسيد الكربون. فيمكن أن يكون ذلك عبارة عن ثاني أكسيد الكربون المنحل من الهواء. ويفضل إحداث فقائيع من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال المستحلب لزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون المتاح للتفاعل. عند إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون خلال المستحلب، فيمكن أن يصدر من أسطوانة غاز مضغوط. على نحوٍ بديل، يمكن تضمينه في غاز من مصدر آخر. على سبيل المثال، يمكن إحداث فقائيع من الغازات المهذورة من الاحتراق خلال المستحلب.

في بعض النماذج، يمكن إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون (مثل الغازات المهذورة من الاحتراق) خلال المستحلب (والذي يمكن أن يشتمل بشكل اختياري على عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون).

- يفضل أن يكون ثاني أكسيد الكربون هو المصدر الوحيد للكربون.
- يفضل إدخال عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون إلى المستحلب؛ حيث يساعد ذلك في زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في خليط/محلل التفاعل وذلك للحفاظ على/زيادة معدل التفاعل. إن عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة معروفة جيداً لأصحاب المهارة في المجال وتشتمل على مركبات قلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم، كلوريد الباريوم، تراي إيثانول أمين، داي إيثانول أمين، مونو إيثانول أمين، أمونيا، ميثانول، سلفولان، إيثرات بولي إيثيلين جليكول، بولي إيثيلين جليكولات، جليسرول، ومواد خافضة للتوتر السطحي مثل سلسلة Triton TX. تم وصف بعض عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة في (Ortrud Ashenbrenner and Peter Styring (2010) (٢١). يفضل أن يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين أو بولي إيثيلين جليكول. في بعض النماذج، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين. في نماذج أخرى، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن بولي إيثيلين جليكول مثل PEG 300. على نحوٍ مميز، لا تحتاج بولي إيثيلين جليكولات إلى تفاعل كيميائي لتحرير ثاني أكسيد الكربون، كما لا تحتوي على النيتروجين الذي قد يُشكّل انبعاثات NOX عند الاحتراق، ولا تُشكّل مواد صابونية، وتساعد في اختزال الرماد الموجود في المنتج النهائي.
- يفضل إدخال عامل أكسدة في المستحلب. يساعد ذلك في بدء عملية التفاعل وتعجيل بدء التفاعل. تشتمل عوامل الأكسدة المناسبة على تحت كلوريت الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم. يجب أن يكون عامل الأكسدة عامل أكسدة معتدل. في أحد النماذج، يمكن استخدام مادة تقصير عامل الأكسدة.
- يمكن أن تشتمل الطريقة أيضاً على خطوة لفصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أو أية واحدة أو أكثر من خطوات المعالجة الموضحة أعلاه.

بالإضافة إلى ذلك، يوفر الاختراع طريقة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، حيث تشتمل الطريقة على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم تحويل حمض الفورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، حيث يتم استخدام عامل أكسدة لبدء تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك. ٥

إن السمات المفضلة للطريقة سابقة الذكر تتماثل مع تلك الخاصة بطرق إنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية الموضحة أعلاه. على سبيل المثال، فإن السمات المتعلقة بمدى أطوال سلسلة الكربون الرئيسية المنتجة، ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني اللذين تحدث عندهما التفاعلات، ومصدر ثاني أكسيد الكربون، وعامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون، والمستحلب، وما إلى ذلك تعتبر السمات المفضلة لهذه الطريقة. ١٠

على سبيل المثال، بوجه عام، سيتم إنتاج حمض الفورميك وأحماض كربوكسيلية أليفاتية في المحلول. سيحتوي المحلول على ثاني أكسيد الكربون. يمكن أن يكون ذلك عبارة عن ثاني أكسيد الكربون المنحل من الهواء. يفضل إحداث فقائيع من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال المحلول لزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون المتاح للتفاعل. عند إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون خلال المحلول، فيمكن أن يصدر من أسطوانة غاز مضغوط. على نحوٍ بديل، يمكن تضمينه في غاز من مصدر آخر. على سبيل المثال، يمكن إحداث فقائيع من الغازات المهدورة من الاحتراق خلال المحلول. ١٥

في بعض النماذج، يمكن إحداث فقائيع من ثاني أكسيد الكربون (مثل الغازات المهدورة من الاحتراق) خلال المحلول (والذي يمكن أن يشتمل بشكل اختياري على عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون). ٢٠

يفضل أن يكون ثاني أكسيد الكربون هو المصدر الوحيد للكربون.

يفضل إدخال عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون في المحلول؛ حيث يساعد ذلك في زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في خليط/محلول التفاعل وذلك للحفاظ على/زيادة معدل التفاعل. إن عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة معروفة جيدًا لأصحاب المهارة في المجال وتشتمل على مركبات قلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم، كلوريد الباريوم، تراي إيثانول أمين، داي إيثانول أمين، مونو إيثانول أمين، أمونيا، ميثانول، سلفولان، إيثرات بولي إيثيلين جليكول، بولي إيثيلين جليكولات، جليسرول، ومواد خافضة للتوتر السطحي مثل سلسلة Triton TX. لقد تم وصف بعض عوامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون المناسبة في (Ortrud Ashenbrenner and Peter Styring (2010) (٢١). يفضل أن يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين أو بولي إيثيلين جليكول. في بعض النماذج، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن تراي إيثانول أمين. في نماذج أخرى، يكون عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون عبارة عن بولي إيثيلين جليكول مثل PEG 300. على نحوٍ مميز، لا تحتاج بولي إيثيلين جليكولات إلى تفاعل كيميائي لتحرير ثاني أكسيد الكربون، كما لا تحتوي على النيتروجين الذي قد يُشكّل انبعاثات NOX عند الاحتراق، ولا تُشكّل مواد صابونية، وتساعد في اختزال الرماد الموجود في المنتج النهائي.

يفضل أن تحدث التفاعلات في مستحلب زيت في ماء. يمكن أن تشتمل الطريقة أيضًا على خطوة لفصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية أو أية واحدة أو أكثر من خطوات المعالجة الموضحة أعلاه. إن طريقة إنتاج الزيت "تم" بطريقة جديدة. تتمثل الخطوة الأولى من العملية في اختزال ثاني أكسيد الكربون لإنتاج حمض فورميك. يكون حمض الفورميك عبارة عن عامل اختزال (قدرة أكسدة واختزال -٠,٢٥). تقوم الخطوة الأولى من التفاعل بتثبيت ثاني أكسيد الكربون ولكنها

تنتج أيضًا متكافئات منخفضة كافية لتشغيل الجزء التالي من العملية (إنشاء السلاسل). يمكن أيضًا استخدام بطارية كيميائية "في الموقع" لإجراء تفاعلات الأكسدة والاختزال الأخرى. يعمل حمض الفورميك (مادة الاختزال) بعد ذلك على اختزال الأحماض الكربوكسيلية المتوفرة (عامل الأكسدة)، بإضافة ذرة كربون واحدة إلى سلسلة متنامية وإطلاق الأوكسجين في صورة O_2 . يتغلب ذلك على الحاجة لإضافة عامل اختزال لإحداث التفاعل، وتتم تنحية أيونات الكربون ومتكافئات الاختزال في المنتج النهائي.

لا يجد الوصف التالي من مجال الاختراع بأية حالٍ من الأحوال.

نظرة عامة:

ستتم مناقشة الجوانب التالية للاختراع:

- ١٠ (١) خواص المزرعة البكتيرية؛
 - (٢) إنتاج كتل مكونة للكربون (حمض فورميك)؛
 - (٣) تجميع الكتل المكونة في أحماض كربوكسيلية أليفاتية قصيرة ومتوسطة وطويلة السلسلة؛ و
 - (٤) المنتج.
- المزرعة البكتيرية:

١٥ يفضل أن تتسم المزرعة البكتيرية بالخواص التالية:

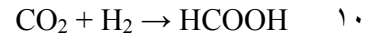
- أن تكون عبارة عن كائن حي هوائي جمادي وكيميائي التغذية ينمو على ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون.
- تتمتع بنظام إنزيم هيدروجيناز يتحمل الأوكسجين يوجد خارج الخلية. يجب أن يكون نظام الإنزيم المذكور ثابتًا ونشطًا عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٠.٣ و ٠.٨ و ٥ وبين ٥ م و ٦٠ م.

٢٠

- تتمتع بمكون إنزيم خارج الخلية قادر على تجميع حمض فورميك إلى جزيئات هيدروكربون قصيرة ومتوسطة وطويلة السلسلة بوظيفة حمض كربوكسيلي.
 - تكون قادرة على تشكيل منتج شبيه بالزيت بالقيم النمطية المحددة أدناه. يجب تخليق الزيت خارج الخلية وفصله فيزيائياً عند الجزء العلوي من أوساط التفاعل.
- ٥ في أحد النماذج، تكون البكتيريا عبارة عن *Acetobacter lovaniensis* FJ1.

إنتاج إحدى الكتل المكونة للكربون (حمض فورميك)

يجب أن يختزل الكائن الحي الدقيق ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك باستخدام نظام إنزيم هيدروجيناز. تتم أكسدة الهيدروجين لإنتاج إلكترونات لاختزال ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك على النحو التالي:



يعمل نظام الإنزيم المذكور في مستخلص خالٍ من الخلية والذي يتضمن نشاطاً خارج الخلية.

تجميع حمض فورميك في صورة هيدروكربونات قصيرة ومتوسطة وطويلة السلسلة

يجب أن يكون الكائن الحي الدقيق قادراً على إنتاج حمض فورميك وتشكيل المزيد من الجزيئات المعقدة من خلال الإضافة التدريجية لحمض الفورميك. تتكون مستويات مرتفعة من حمض الفورميك ويتم الحفاظ على مستوى أدنى يبلغ ٢٥٠ جرام لكل لتر من متكافئات حمض الفورميك. وعند هذه المرحلة، يتم حساب مستوى الحمضية في صورة حمض فورميك. تتكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية قصيرة السلسلة أولاً.

مزرعة لمدة ١٠ أيام مجم/لتر	مزرعة لمدة ٥ أيام مجم/لتر	حمض متطاير
٦١٩	١٥٢	حمض أسيتيك (C2)
١٨٤٠	٤٠٦	حمض برويونيك (C3)

١٢٢٠	٢٧٦	حمض بيوتيريك (C4)
١٢٥٠	٢٧٢	حمض فاليريك (C5)
٥٠.>	٥٠.>	حمض أيزو بيوتيريك (C4)
٥٠.>	٥٠.>	حمض أيزو فاليريك (C5)

يتضمن وجود الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية C2، C3، C4 و C5 بالإضافة التدريجية لحمض فورميك، بما أنه يتم التعبير عن أطوال السلسلة الفردية والزوجية. ويكون حمض أيزو بيوتيريك وأيزو فاليريك إما غير موجودين أو عند معدل أقل من مستوى الكشف مما يُظهر إنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية مستقيمة السلسلة. يزيد مقدار أي حمض كربوكسيلي أليفاتي مع الوقت. ٥

يتم بعد ذلك الحفاظ على توازن النظام بين إنتاج حمض الفورميك وتكوين الجزيئات الأكبر. وعند التوازن، تتراوح كمية الزيت المنتجة (مثلما تم قياسه بالوزن الجاف) من ٥ إلى ١٠% من الحموضة مثلما تم قياسه في صورة متكافئات لحمض الفورميك. يتم إنتاج الزيت بعد ذلك على أساس متواصل من خلال إزالة الطبقة الزيتية عند السطح البيئي الموجود بين الهواء والسائل وإضافة حجم متساوٍ من الوسائط الحديثة. يتم تجميع وتركيز الطبقة الزيتية العلوية. ١٠

يتألف منتج الزيت من خليط من أحماض كربوكسيلية متنوعة أطوال السلسلة. يتم ضبط طول السلسلة بمعدل الإزالة من المزرعة الأولية. يتنوع كل من طول السلسلة ونسب الجزيئات المتولدة من خلال ضبط ظروف التفاعل ونوع المعدات المستخدمة. تشمل أنواع المفاعلات التي يمكن استخدامها، على سبيل المثال وليس الحصر، على الدفعي والمتواصل وشبه المتواصل. تشمل أنواع المفاعلات، على سبيل المثال وليس الحصر، على المفاعلات المغلقة والمفاعلات المفتوحة والمفاعلات التي تعمل بأرياش ومفاعلات دوارة ومفاعلات مرفوعة بالغاز. ١٥

يمكن أن يتم إنتاج الزيت على أساس شبه متواصل. يتم الحفاظ على الكائن الحي في مزرعة دفعية باستخدام أدنى وسائط مثلما سيرد ذكره بالتفصيل في الجدول التالي. وهذا ما يطلق عليه اسم "مزرعة خام".

المادة الغذائية	جم/لتر
KH ₂ PO ₄	١,٠٠
MgSO ₄ . 7H ₂ O	٠,١٠
CaCO ₃	٠,١٠
CuSO ₄	٠,٠١
FeCl ₃	٠,٠١
MnCl ₃	٠,٠١
MoCl ₃	٠,٠١
ZnCl ₃	٠,٠١

٥ يتم ضبط الرقم الهيدروجيني للوسائط على ٤,٠ + ٠,٢. ويتم الحفاظ على الحموضة في المزرعة الخام عند ٢٠-٢٥%، المحسوبة في صورة حمض فورميك.

قبل الاستخدام في صهريج التفاعل، يتم تخفيف وسائط مزرعة الخلية ١٠/١ في ماء والحفاظ عليها في صهريج متوسط. ويطلق على ذلك اسم مزرعة المعالجة.

١٠ يتم إنتاج الزيت في صهاريج التفاعل التي تتضمن، على سبيل المثال وليس الحصر، أنظمة الصهاريج الموضحة أدناه. تشتمل مصادر ثاني أكسيد الكربون، على سبيل المثال وليس الحصر، على ثاني أكسيد الكربون الجوي، كربونات، أيونات بيكربونات، ماء الصرف المحتوي على أيونات كربونات أو بيكربونات، غاز مضغوط وغازات عادم تحتوي على ثاني أكسيد الكربون.

نظام الصهريج ١ :

إن صهريج التفاعل عبارة عن صهريج ضيق طويل (شكل ٢) مصنوع من بلاستيك أو مادة مغلقة بالبلاستيك. يتم وضع موصلات أنثى بحجم مناسب في جانب الصهريج لإتاحة إضافة الوسائط أو إزالة المنتج. يمكن أن يكون البعد النمطي بطول ٥ وحدات في ١ إلى ١,٥ وحدة عرض ومن ٠,٥ إلى ١ وحدة عمق. يتم وضع قسم في الصهريج ٥/١ من أحد أطراف الصهريج. يمثل هذا القسم ٥/٤ من ارتفاع الصهريج. تتم إضافة مضخات دوارة في كل قسم. ويمكن أيضًا إضافة قضيب رش لإعادة تدوير المحتويات إلى كل قسم. يمكن إضافة ثاني أكسيد الكربون المضغوط إلى صهريج التفاعل عبر أسطوانة غاز وخط. يمكن وضع سخان أو مصباح سخان على أصغر جزء من قطاعي الصهريج.

١٠ لبدء إنتاج الزيت في صهريج التفاعل، تتم تعبئة القطاع الأكبر من وعاء التفاعل بوسائط مزرعة خام. يتم تدوير الوسائط بعد ذلك حتى يزيد الرقم الهيدروجيني ليصل إلى رقم يتراوح بين ٥ و ٧ ويتم فصل الزيت إلى السطح العلوي. يتم بعد ذلك إيقاف المضخة.

على نحوٍ بديل، لبدء إنتاج الزيت في صهريج التفاعل، تتم تعبئة القطاع الأكبر من وعاء التفاعل بوسائط المزرعة الخام وتتم إضافة كمية صغيرة من الزيت لكي تعمل كبادئ. يتم خلط الزيت والمزرعة الخام بالدوران حتى تكوين مستحلب. يتم ضخ ثاني أكسيد كربون إضافي عبر خليط التفاعل حتى يتحول المستحلب إلى زيت. يتم قياس التحول إلى زيت من خلال انخفاض مستوى الماء في خليط التفاعل.

يمكن إزالة الزيت من السطح العلوي من خلال سحب مجمع أو عارضة دهون عبر السطح العلوي، مما يؤدي إلى إزاحة الزيت داخل القطاع الأصغر من قطاعي الصهريج. يتم استبدال الحجم الذي تمت إزاحته بحجم مساوٍ من وسائط مزرعة المعالجة.

٢٠

عند ملء القسم واكتمال التفاعل، يتم ضخ الزيت في صهريج ترسيب مستقيم وتركه ليستقر. تتم إضافة عامل مضاد للجراثيم والسماح للماء بالترسب. تتم إزالة الماء عبر الصمام السفلي. يمكن معالجة الزيت بالترشيح أو من خلال إزالة الماء حتى مستويات محددة باستخدام مرشحات تفكيك المستحلب أو عوامل تجفيف.

٥ في طريقة بديلة، يتم خلط ٢ لتر من وسط المزرعة المحتوي على ٢٠% من البكتيريا مع مطهر لقتل البكتيريا قبل بدء إنتاج الزيت. يحتوي وسط المزرعة المذكور على الإنزيمات المطلوبة لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ثم إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية.

تتم إضافة وسط المزرعة المحتوي على الإنزيمات (والبكتيريا المقتولة) إلى صهريج التفاعل المحتوي بالفعل على ٢٠٠ لتر من الزيت المبدد. تتم إضافة ٥٠ لتر من الماء بعد ذلك كل ساعة حتى يحتوي صهريج التفاعل على حوالي ٢٠٠٠ لتر من السائل. تنتج الإنزيمات البكتيرية الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية فقط عندما يحتوي صهريج التفاعل على كمية من الزيت أكبر من الماء. بما أن الإنزيمات تنتج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية (في صورة زيت)، فيزيد مستوى الزيت. وبما أنه يتم إنتاج الزيت، يزيد مستوى الماء داخل الصهريج لإزاحة الزيت إلى سد. يتم إعادة تزويد صهريج التفاعل عند فواصل زمنية تزيد من الماء للحفاظ على إنتاج الزيت.

١٥ يتم الحفاظ على الرقم الهيدروجيني لصهريج التفاعل عند حوالي ٦,٥ ودرجة حرارة عند حوالي ١٥-٢٠ م.

يتم إيقاف التفاعل عند فواصل زمنية لإتاحة إطلاق الغازات المتحللة وإعادة توازن إلكترونيات النظام.

بمجرد إنتاج الأطوال المطلوبة للأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية في صهريج التفاعل، فتم إزالة الزيت من السطح العلوي من خلال سحب مجمع أو عارضة دهون عبر السطح العلوي، مما يؤدي إلى إزاحة الزيت إلى قطاع أصغر من صهريج التفاعل. تعطي لزوجة الزيت دلالة على

طول الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية. يتم ضخ الزيت إلى صهريج منفصل وتتم إزالة أي ماء متبقٍ لمنع أي تفاعلات أخرى من الحدوث، مما يؤدي إلى الحفاظ على طول الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية عند الطول المطلوب. تتم أيضًا إضافة عامل مضاد للجراثيم قبل ترشيح الزيت.

٥ نظام الصهريج ٢:

يشتمل خيار ثانٍ على صهريج خلط مستقيم به قاع مخروطي، وإعادة الدوران عبر مضخة، وسخان غمر ثابت درجة الحرارة وبوسيلة رش مربوطة بقاع الصهريج لإدخال غاز ثاني أكسيد الكربون المضغوط (شكل ٣). تتم إضافة محلول إنزيمات خام وكمية صغيرة من الزيت لتعمل كبادئ وماء إلى الصهريج. وبشكل اختياري، يمكن أيضًا إضافة عامل تنحية لأيونات CO₂ مثل تراي إيثانول أمين أو PEG 300. علاوةً على ذلك، يمكن إضافة عامل أكسدة معتدل (مثل فوق كلوريت الصوديوم أو هيدروكسيد الصوديوم) للمساعدة في بدء التفاعل. يتم ضبط السخان على درجة حرارة تبلغ ٣٥ م° ويتم خلط المحتويات بالدوران لتكوين مستحلب. يتم إدخال ثاني أكسيد الكربون عبر رشاش غاز عند قاع الصهريج. ويتبع تحويل مستحلب الزيت والماء إلى زيت للحمض الهيدروكسيلي الأليفاتي اختزال في مستوى الماء داخل الصهريج.

١٥ عند اكتمال التفاعل، يتم إنهاء تدفق الحرارة والدوران وتدفق الغاز ويتم ترك المحتويات لتستقر. ويتم تصريف أي ماء حر من قاع الصهريج وضخ الزيت إلى صهريج ترسيب ثانٍ عبر مرشح بحجم ٢٠ ميكرون. يتم ترك الزيت ليستقر لإزالة الماء المتبقي. ويتم إعادة تدوير ماء الصرف أو يمكن تقطيره لإزالة المادة العضوية مثل الزيت الخفيف. (شكل ٣). يمكن إحراق الزيت عبر محرك طاقة وحرارة مجمعة لتوليد الحرارة والكهرباء. يمكن إعادة تدوير انبعاثات العادم الصادرة من المحرك بعد ذلك عبر وحدة غسل مؤلفة من أية مادة كيميائية مناسبة لتنحية أيونات ثاني

٢٠

أكسيد الكربون، بما في ذلك، على سبيل المثال وليس الحصر، بولي إيثيلين جليكول ٣٠٠ (PEG 300).

يمكن معالجة الزيت بالترشيح أو بإزالة الماء حتى مستويات محددة إما باستخدام مرشحات تفكيك المستحلب أو عوامل تجفيف.

٥ يختلف نظام الصهرج ١ و ٢ في الزمن المطلوب لتكوين منتج الزيت. ويعد نظام الصهرج ١ خيارًا منخفض استهلاك الطاقة ولكنه يحتاج إلى أزمدة تفاعل طويلة بينما يعد نظام الصهرج ٢ تقنية أكثر سرعة ولكنها تحتاج إلى إدخال طاقة أعلى.

تم اختبار الزيت حتى الحدود المحددة.

يمكن معالجة الزيت بناءً على الاستخدام المنشود له. وفي بعض الحالات، يمكن مزج الزيت مع زيت آخر، على سبيل المثال، لتعديل خواص/سمات الزيت الآخر.

١٠ منتج الزيت:

تم الحصول على منتج زيت يتسم بالقيم النمطية التالية:

التحليل	الوحدات	القيمة	المواصفات (المقترحة)
التحديد بالأشعة تحت الحمراء	-	حمض كربوكسيلي أليفاتي	حمض كربوكسيلي أليفاتي
رماد	م/م	٠,٠٣	٠,٠٢٥-٠,٠٥٠
محتوى الماء	م/م	٢,٧	٠,٠٥ حد أقصى
نقطة وميض	م°	١٩٨	١٩٠ دقيقة
اللزوجة عند ٤٠ م°	سنتي ستوك	٠,٩٢ . ٢٣	٢٠-٢٥ (٥٠ حد أقصى)

مؤشر اللزوجة	-	٥٥	٥٠ دقيقة
الكثافة عند ٢٠ م	كجم/لتر	٩٣٨	٩٥٠-٩٢٠
قيمة اليود	مجم I/١٠٠ جم	٩٠,٦	٩٥-٨٥
القيمة الحمضية	مجم KOH/جم	١٤٧	١٦٠-١٤٠
قيمة البيروكسيد	ملي متكافئ/كجم	٩.٢	٣ حد أقصى
إجمالي القيمة السعيرية	ميغا جول/كجم	١٢.٣٨	٣٧ دقيقة

على نحوٍ بديل، يمكن الحصول على منتج زيت بالقيم النمطية التالية:

التحليل	الوحدات	القيمة	المواصفات (المقترحة)
التحديد بالأشعة تحت الحمراء	-	حمض كربوكسيلبي أليفاتي	حمض كربوكسيلبي أليفاتي
رماد	م/م	٠,٠٣	٠,٠٥٠-٠,٠٢٥
نقطة وميض	م	١٠٥	١٠٠ دقيقة
اللزوجة عند ٤٠ م	سنتي ستوك		٥٠ حد أقصى
الكثافة عند ١٥ م	كجم/لتر	٠,٨٥٣	٠,٨٨٢-٠,٨٥
قيمة اليود	مجم I/١٠٠ جم	٩٠,٦	٩٥-٨٥
القيمة الحمضية	مجم KOH/جم	١٤٧	١٦٠-١٤٠
قيمة البيروكسيد	ملي متكافئ/كجم	٢,٩	٣ حد أقصى
الثبات المؤكسد	H	٤٨+	٤٨ دقيقة
محتوى الكبريت	م/م	٠,٠٨	٠,١٠ حد أقصى
إجمالي القيمة السعيرية	ميغا جول/كجم	٤٣,٤٢	٣٧ دقيقة

مؤشر السيتان	٥٠	٥٠ دقيقة
قدرة الترسيب	>٠,٢ (بشكل نمطي) (٠,٠٨)	% كتلة/كتلة

يتألف الزيت من أحماض كربوكسيلية أليفاتية:

- يكون آثار الأشعة تحت الحمراء (شكل ١) متطابق مع أحماض كربوكسيلية أليفاتية.
- يتفاعل الزيت كيميائياً مثلما هو الحال مع الحمض الكربوكسيلي.
- ٥ يمكن استخدام الزيت في صورة خام تغذية قصير أو متوسط أو طويل.
- يشتمل الزيت بشكل نمطي على طول سلسلة أكبر من ٢ وأقل من ٢٤.
- يكون الزيت بشكل نمطي أحادي غير مشبع وبقيمة يود تبلغ ٩٠-٩٥ مجم I/١٠٠ جم.
- يمر منتج زيت بتفاعلات الحمض الكربوكسيلي إما في صورة خام تغذية قصير أو متوسط أو طويل السلسلة لإنتاج منتجات أخرى مفيدة تجارياً. تشتمل هذه التفاعلات، على سبيل المثال
- ١٠ وليس الحصر، على:
 - أ- إنتاج إسترات من خلال التفاعل مع كحولات باستخدام إنزيمات الليباز، محفزات الحمض أو محفزات قلووية.
 - ب- إنتاج أميدات إما من خلال مركب إستر وسيط أو بشكل مباشر عبر تفاعل Schmidt.
 - ج- إنتاج أملاح كربوكسيلات بقواعد تتضمن ولكن ليس على سبيل الحصر مركبات
 - ١٥ هيدروكسيد قلووية أو كربونات أو كربونات الهيدروكسيل.
 - د- الاختزال إلى كحولات بشكل مباشر عبر الهدرجة أو عبر مركب الألدهيد الوسيط باستخدام محفزات تتضمن، على غير سبيل الحصر، NN دايميثيل كلورو إيثيل أمونيوم كلوريد وليميوم ألومنيوم هيدريد.

هـ- الاختزال إلى مركبات ألدهيد بشكل مباشر عبر الهدرجة أو عبر مركب وسيط مثل هاليد الحمض باستخدام اختزال Rosenmund أو ثيو إستر عبر اختزال Fukuyama.

و- إنتاج كلوريد الحمض باستخدام مواد تفاعل تشتمل، على سبيل المثال وليس الحصر، أكسيد داي كلوريد الكبريت، وكلوريد الفسفور (V) وثالث كلوريد الفسفور.

٥ ز- إزالة مجموعة الكربوكسيل من الحمض الكربوكسيلي أو ملح الحمض إما إنزيميًا باستخدام دي كربوسكيلاز أو جير الصودا لتوليد الهيدروكربون المتكافئ.

ح- اختزال الحجم عبر تحلل Barbier Wieland.

يتم إنتاج الزيت بشكل مباشر وليس من خلال الإنتاج السابق للكتلة الحيوية وما يتبعها من عملية معالجة.

١٠ - لا يتم إنتاج الزيت بالتخمير.

إن طريقة إنتاج الزيت "تم" بطريقة جديدة. فتتمثل الخطوة الأولى من العملية في اختزال ثاني أكسيد الكربون لإنتاج حمض فورميك. يكون حمض الفورميك عبارة عن عامل اختزال (قدرة أكسدة واختزال -٠,٢٥). تقوم الخطوة الأولى من التفاعل بتثبيت ثاني أكسيد الكربون ولكنها تنتج أيضًا متكافئات منخفضة كافية لتشغيل الجزء التالي من العملية (إنشاء السلاسل). يمكن

١٥ أيضًا استخدام بطارية كيميائية "في الموقع" لإجراء تفاعلات الأكسدة والاختزال الأخرى. يعمل

حمض الفورميك (مادة الاختزال) بعد ذلك على اختزال الأحماض الكربوكسيلية المتوفرة (عامل الأكسدة)، بإضافة ذرة كربون واحدة إلى سلسلة متنامية وإطلاق الأكسجين في صورة O₂.

يتغلب ذلك على الحاجة لإضافة عامل اختزال لإحداث التفاعل، وتتم تنحية أيونات الكربون ومتكافئات الاختزال في المنتج النهائي.



تتحسن الخطوات المبدئية في إنشاء السلاسل من خلال ميل حمض الفورميك (ومعظم الأحماض الكربوكسيلية قصيرة السلسلة) لتكوين ديمرات في المحلول.

المراجع:

- Qiang, L. et al. Applied Microbiology & Biotechnology (2008) pp 749-756 (١)
- Haas, M.J. et al. Biodiesel Handbook (2005) Eds. Knothe,G., Krahl, J. And Gerpen, (٢)
J.V. AOCS Press, Urbana, IL pp 42-61
- Eliasson, B. et al. Ind Eng.Chem. Res. (1998) 37 pp 3350 (٣) ٥
- Wenzhein, L. Advances in Carbon Dioxide Conversion and Utilization (2010) Edit (٤)
- Hu, Y Am Chem Soc, Washington D.C
- Howell, K. Scientific American (2009) pp 22 (٥)
- Liao, J.C. et al. Nature Biotechnology 29 (2011) 346-351 (٦)
- Yin, S et al, (05.01.2012), USA Patent 2012003705 (٧) ١٠
- McCollom, R. et al. Origins of Life and Evolution in the Biosphere (1999) 29 153- (٨)
166
- Yoneyama, H. Catalysis Today (1997) 39 169-175 (٩)
- Reda, T et al. PNAS (2008) 105 10654-10658 (١٠)
- Song Yin et al. (2012), US Patent 2012/0003705 (١١) ١٥
- Simpson, S.D (2010), US Patent 2010/0317074A1 (١٢)
- Hickey, R. (2012) US Patent 2012/0003706A1 (١٣)
- Hickey, R (2012) US Patent 2012/0003707A1 (١٤)
- Kohn, R.A and Kim S-W (2012) US Patent 2012/0034664A1 (١٥)
- Worm, P et al. Microbiology (2011) 157 286-289 (١٦) ٢٠

Molinari, F., Villa, R., Aragozzini, F., Cabella, P., Barbeni, M. and Squarcia, F. J. (١٧)

Chem. Biotechnol. (1997) 70 294-298

Fox, M.G.A, Fox, F., Dickinson, M and Ratledge, R. J. Gen. Microbiol. (1992) (١٨)

138 1963-1972

Tosatto, S.C.E., Toppo, S., Carbonera, D., Giacometti, G.M. and Costantini, P. (١٩) ◦

Int. J. Hydrogen Energy (2008) 33 570-578

Eberz, G., Hogrefe, C., Kortluke, C., Kamienski, A. And Friedrich, B. J. Bacteriol (٢٠)

(1986) 168 636-641

Ortrud Ashenbrenner and Peter Styring (2010) Energy Environmental Science 3, (٢١)

1106-1113 ١٠

عناصر الحماية

- ١ - كائن حي دقيق يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر، حيث يكون الكائن
- ٢
- ٣
- ٤ الحي الدقيق عبارة عن سلالة *Acetobacter* لها رقم وصول NCIMB 41808 أو مشتق
- ٥ منها.

- ١ - الكائن الحي الدقيق وفقاً لعنصر الحماية ١، حيث يستخدم الكائن الحي الدقيق
- ٢ ثاني أكسيد الكربون بكونه مصدره الوحيد للكربون.

- ١ - الكائن الحي الدقيق وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية السابقة، حيث يكون الكائن
- ٢ الحي الدقيق عبارة عن سلالة *Acetobacter* لها رقم الوصول NCIMB 41808.

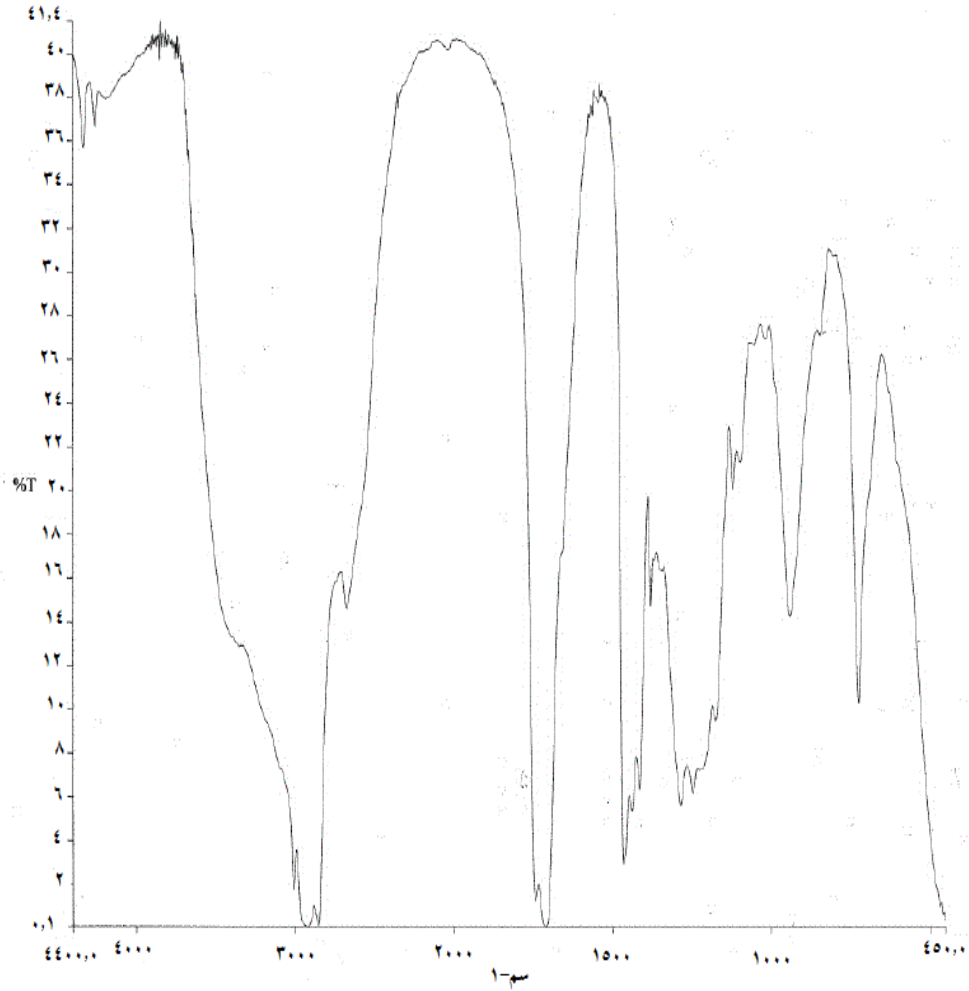
- ١ - استخدام الكائن الحي الدقيق وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية السابقة لإنتاج أحماض
- ٢ كربوكسيلية أليفاتية.

- ١ - طريقة لإنتاج أحماض كربوكسيلية أليفاتية، حيث تشتمل الطريقة على إنتاج أحماض
- ٢ كربوكسيلية أليفاتية باستخدام وسط يشتمل على نظام إنزيم هيدروجيناز قادر على
- ٣ تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك ونظام إنزيم ثانٍ قادر على تحويل حمض
- ٤ فورميك إلى أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو أكثر،
- ٥ حيث يكون الكائن الحي الدقيق عبارة عن سلالة *Acetobacter* لها رقم وصول
- ٦ NCIMB ٤١٨٠٨ أو مشتق منها.

- ١ ٦- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية ٥، يحدث التفاعل الخاص بإنتاج الأحماض
٢ الكربوكسيلية الأليفاتية عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٣,٠ وحوالي ٨,٥.
- ١ ٧- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية ٦، حيث يحدث التفاعل الخاص بإنتاج الأحماض
٢ الكربوكسيلية الأليفاتية عند رقم هيدروجيني يتراوح بين حوالي ٦,٠ وحوالي ٧,٠.
- ١ ٨- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ٧، حيث يحدث التفاعل الخاص
٢ بإنتاج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية عند درجة حرارة تتراوح بين ٥ م وحوالي ٦٠ م.
- ١ ٩- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية ٨، يحدث التفاعل الخاص بإنتاج الأحماض
٢ الكربوكسيلية الأليفاتية عند درجة حرارة تتراوح بين ١٥ م وحوالي ٢٠ م.
- ١ ١٠- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ٩، حيث يكون ثاني أكسيد
٢ الكربون هو المصدر الوحيد للكربون.
- ١ ١١- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية ١٠، حيث يتم إحداث فقائيع من ثاني أكسيد
٢ الكربون خلال الوسط.
- ١ ١٢- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ١١، حيث يكون الوسط عبارة
٢ عن مستحلب زيت في ماء.
- ١ ١٣- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ١٢، حيث يشتمل الوسط على
٢ عامل تنحية أيونات ثاني أكسيد الكربون.

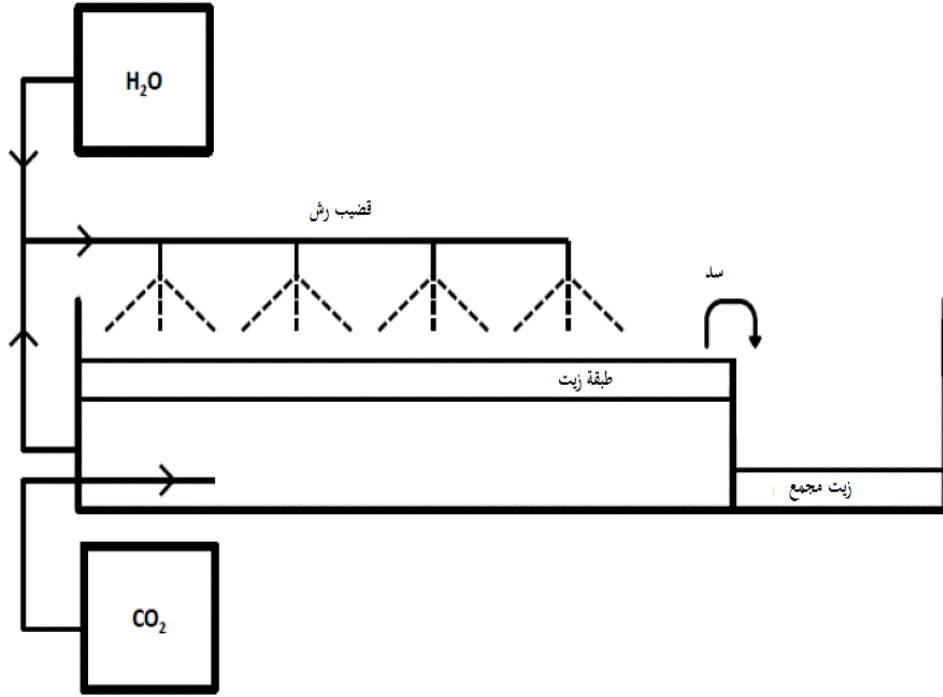
- ١ ١٤- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ١٣، حيث يشتمل الوسط على
- ٢ عامل أكسدة.
- ١ ١٥- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ١٤، حيث تشتمل الطريقة
- ٢ كذلك على إزالة خلايا الكائن الحي الدقيق أو قتلها بعد الزراعة.
- ١ ١٦- الطريقة وفقاً لأيٍّ من عناصر الحماية من ٥ إلى ١٥، تشتمل كذلك على واحدة
- ٢ أو أكثر من الخطوات التالية:
- ٣ (١) فصل الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية؛
- ٤ (٢) ترشيح الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية؛
- ٥ (٣) مزج الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية مع وقود مختلف، يفضل وقود الزيت؛
- ٦ (٤) التعديل الكيميائي للأحماض الكربوكسيلية، على سبيل المثال، إلى إستر، كحولات،
- ٧ كيتونات أو مركبات ألدهيد؛ و
- ٨ (٥) تقطير وفصل أجزاء معينة من الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية.
- ١ ١٧- طريقة لإنتاج كائن حي مجهري، تشتمل الطريقة على:
- ٢ تعديل أو تطهير البكتيريا التي لها رقم وصول NCIMB 41808 لإنتاج الكائن الحي
- ٣ المجهري،
- ٤ حيث يمكن للكائن الحي المجهري أن يحول ثاني أكسيد الكربون إلى حمض فورميك
- ٥ ويمكن أن ينتج أحماض كربوكسيلية أليفاتية بطول سلسلة يبلغ خمس ذرات كربون أو
- ٦ أكثر.

شکل ١



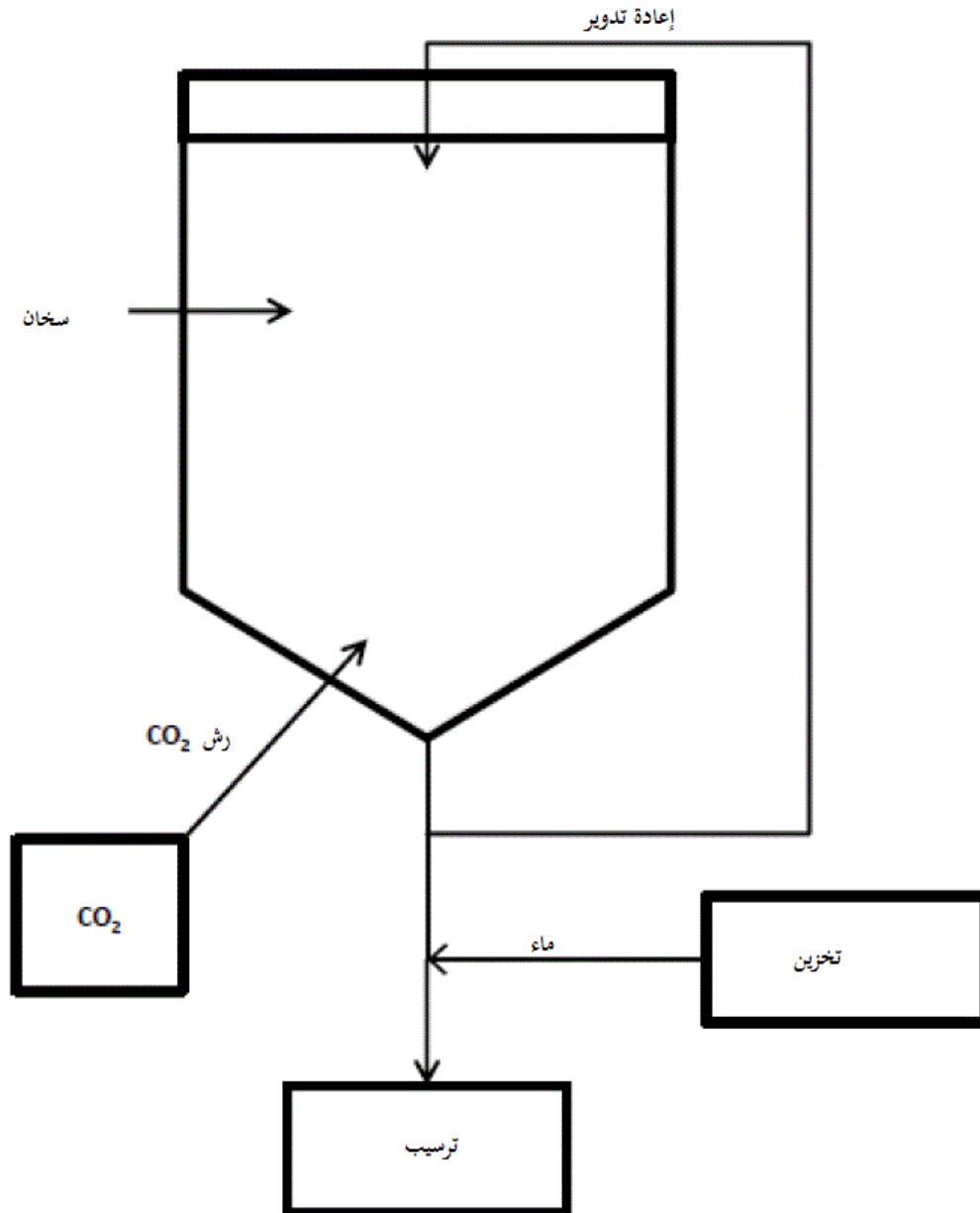
شكل ٢

نظام الصهريج ١

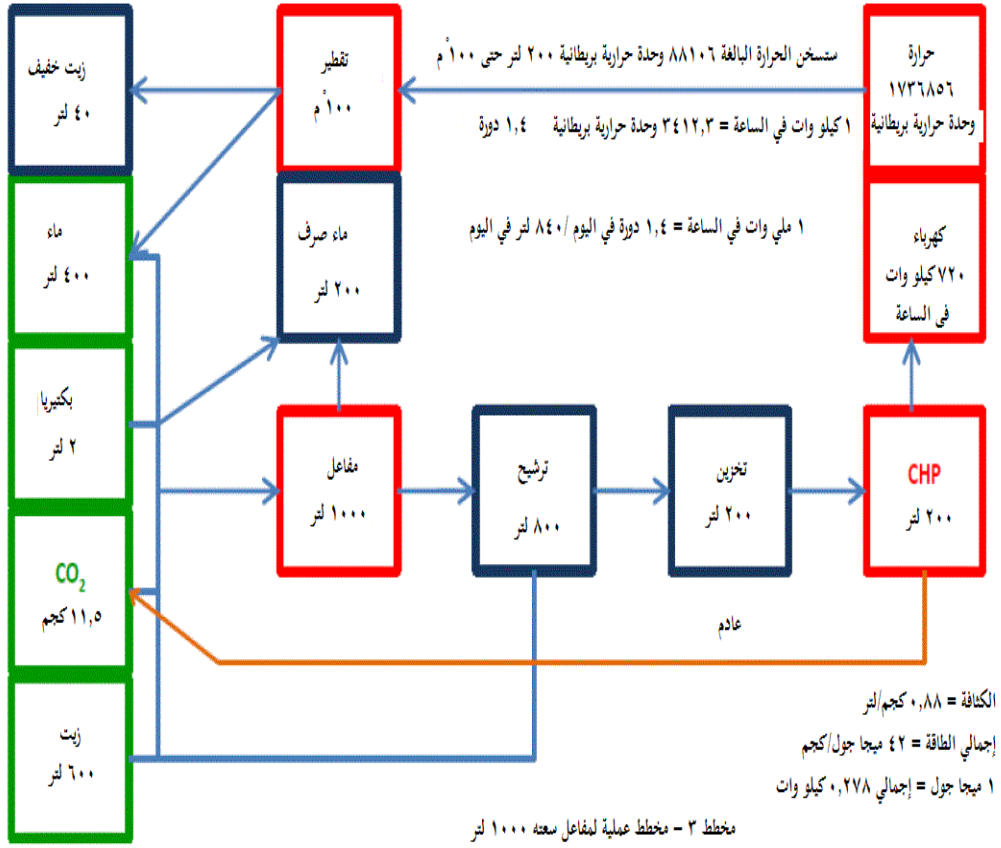


شكل ٣

نظام الصهريج ٢



شكل ٤



مكتب براءات الاختراع

لمجلس التعاون لدول الخليج العربية



براءة اختراع رقم: GC0009278

تعتبر هذه البراءة سارية المفعول لمدة عشرين عاماً اعتباراً من 14/07/2012 م ، وتنتهي بنهاية: 14/07/2032 م وذلك بشرط تسديد الرسوم السنوية للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع أو اللائحة التنفيذية

ملاحظات :

عند حدوث عدم وضوح في نص المواصفة المرفقة فيسترشد بالنص الذي تم على أساسه فحص الطلب □