الغذاء من البترول

من المعروف أن البترول نتج عن تحول جيولوجى لأحياء عاشت منذ أحقاب سحيقة ، ثم طمرت بفعل عوامل الطبيعة التى تتسبب فى حدوث تغييرات فى سطح الأرض كالزلازل والبراكين وتعرضت لضغوط شديدة ، وحدث لها خلال الأزمنة الطويلة تحول إختزالى شديد ، تحولت بعدها أجساد تلك الأحياء إلى مركبات عضوية تتركب أساساً من عناصر الكربون والإيدروجين والأكسوجين ، وبفعل عوامل الاختزال فقدت تلك المواد معظم ما بها من عنصر الأكسوجين ونتج عن ذلك مكونات البترول الخام المتكونة أساساً من عنصرى الكربون والإيدروجين ، ولهذا فهى تعرف بإسم المواد الهيدروكربونية hydrocarbons .

فكرة إنتاج الغذاء من البترول تعتمد على نظرية إعادة الحياة إلى بعض مكونات البترول الخام بطريقة غير مباشرة ، وذلك باعتبارها مكونات أساسية لبيئة تغذية كائنات دقيقة واعتبار البترول مصدراً للكربون ، فتقوم هذه الكائنات الحية بتحويل المكون البترولى وخاصة ما به من كربون إلى مواد عضوية حية تدخل فى تركيب أجسام الكائنات الحية. والكائنات الحية النامية على البترول هى الغذاء غير التقليدى الذى سنتحدث عنه.

الكربون بوجه عام يعتبر العنصر الأساسى الذى يميز الكائنات الحية ، فهو يكون حوالى 50 % من مادته الحية الجافة ، يليه فى ذلك عنصر النتروجين الذى يمثل نسبة تتراوح ما بين 3 إلى 15 % من مادة الكائن الحى الجافة.

لاحظ المؤلف عند إفتتاح مشروع الجبيل الصناعى عام 1977 ، بالمملكة العربية السعودية وهو مشروع كبير يهتم بالصناعات المرتبطة بالبترول ، أن معظم هذه الصناعات يندرج تحت مسمى الصناعات البتروكيميائية petrochemicals ، إلا أنه

من الملاحظ أيضاً أن المخطط العام آنذاك إشتمل على مصنع لإنتاج البتروبروتين petroprotein ، أى البروتين البترولى وهو المصنع الوحيد فى المخطط الذى يندرج تحت مسمى الصناعات البتروبيولوجية petrobiology. بعد ذلك لم نسمع عن دراسات أو خطط تتجه نحو تنفيذ هذا المصنع وإنتاج البروتين من البترول ، تلك المادة الغذائية الهامة. ولعل الإرتفاع الشديد الذى طرأ ، عقب ذلك ، على أسعار البترول وإرتفاع الطلب عليه كان من أسباب إرجاء التفكير فى صناعة البروتين البترولى. لكن الوقت قد حان لإعادة الدراسة والعودة إلى المخطط بالنسبة لهذه الصناعة ، من أجل أمن غذائى نحن فى أمس الحاجة إليه ، لاسيما أن تعداد سكان كوكب الأرض فى تزايد مستمر ، وأن أسعار البترول قد تراجعت بعد الطفرة الكبيرة فى زيادة أسعاره ، وبعد تسخير مصادر أخرى للطاقة منافسة لطاقة البترول.

والبترول فى مجال صناعة البتروبروتين ليس إلا أحد مكونات وسط غذائى أو بيئة غذائية ، تشتمل بجانب البترول على مكونات أخرى تتلاءم مع نمو الكائنات الدقيقة التى لا تستطيع تثبيت الكربون أو الاستفادة من غاز ثانى أكسيد الكربون كمصدر لعنصر الكربون ، أى أن هذه البيئة تتلاءم مع نمو الكائنات الحية التى لا يدخل الكلوروفيل فى تكوين خلاياها كالبكتيريات والفطريات.

وفكرة استخدام البترول فى تنمية الكائنات الدقيقة هى جزء من فكرة عامة نشأت عن محاولات لتنمية كائنات دقيقة فطرية أو بكتيرية على مخلفات عضوية معظمها نباتية الأصل مثل المولاس ومصاصة القصب وتبن القمح وحطب القطن ، كمصادر لعنصر الكربون اللازم لتغذية ونمو وتكاثر الكائنات الدقيقة ، أو تنمية طحالب على محاليل مغذية خالية من المادة العضوية ، ثم إستخدام الكائنات الدقيقة النامية على تلك البيئات ، سواء كانت هذه الكائنات فطرية أو بكتيرية أو طحلبية كغذاء غنى فى البروتين. ونظراً لأن معظم هذه الكائنات الدقيقة وحيدة الخلية ، فقد أطلق على

البروتين المنتج فى هذه الحالة ، بروتين الخلية الواحدة single cell protein ، ولـهذا يمكن القول بأن البتروبروتين هو أحد أنواع بروتين الخلية الواحدة.

البتروبروتين

البتروبروتين كلمة مستحدثة ، إشتقت من مصدريـن ؛ أولـهما البـترول وثانيـهما البروتين ... أولهما الوقود الجيولوجى الهام وثانيـهما المـادة الغذائيـة الهامـة لنمـو الإنسان وكافة الحيوانات ... الإثنين غذاء ... أولهما غذاء للميكروبات وثانيهما غذاء للحيوان حاليا وللإنسان مستقبلا بإذن الله.

بدأت المحاولة الأولى لإنتاج بروتين تجارى من البترول فـى نهايـة الخمسينات من القرن الماضى ، وذلك بتنمية كائنات دقيقة على هيدروكربونات بالفرع الفرنسى لشركة البترول البريطانية ، BP ، ويتـم الإنتـاج أساسـا لتغذيـة الماشـية والدواجن. وقد قطعت الدراسة فى هذا المجال شوطا كبيرا وأصبح هناك دول منتجـة للبروتين من البترول وأخرى مستهلكة له ، فمن الدول المنتجة للبتروبروتين فرنسا وإسكتلندة والولايات المتحدة الأمريكية واليابان وروسيا.

ومن المواضيع الهامة التـى تشـغل أذهـان البـاحثين فـى هـذا المجـال ، اسـتخدام البتروبروتين فى تغطية النقص فى إحتياجات الإنسان من البروتين. وقد اتضح من الدراسات التى أجراها جونسن Johnsen عام 1967 أنه من الممكن إستخدام ما بين 15 إلى 20 % من إنتاج البترول العالمى فى ذلك الوقت لتغطية طلبات سـكان العـالم من البروتين وقتذاك. الموضوع ليس بالبساطة كما يتصور الكثيرون ، فالدراسات التى تجرى لمعرفة صلاحية البروتين المنتج من البترول ، لتغذية الإنسان مـا زالـت مستمرة. ذلك أن هنـاك مـن الأسـباب مـا يدعـو إلـى ضـرورة إسـتمرارية هـذه الدراسات حتى يتسنى إنتاج البروتين الملائم للإنسان.

ليست جميع مكونات البترول الخام صالحة لتنمية الكائنات الدقيقة ، ولعل أكثرها ملاءمة لهذا الغرض هى المركبات الهيدروكربونية المعروفة بالألكانات n-alkanes * ، وأفضل الألكانات فى هذا المجال تلك التى تحتوى جزيئاتها على عدد من ذرات الكربون تتراوح ما بين 10 إلى 22 ذرة ، غير أن المجموعة المفضلة من تلك الألكانات هى المكونة من سلاسل طولية غير متفرعة ، تليها فى الأفضلية المجموعة المكونة من سلاسل متفرعة ، وأقل منها فى الأفضلية المركبات الهيدروكربونية المكونة من أشكال حلقية.

الألكانات المستخدمة فى تنمية الكائنات الدقيقة ، عبارة عن مركبات سائلة تحت الظروف الجوية العادية ، لكنها قليلة الذوبان فى الماء ، وتتراوح معدلات ذوبانها فى الماء ما بين 6 إلى 16 جرام لكل لتر ماء. ولإنخفاض معدلات ذوبانها فى الماء ميزة ، إذ أنه يسهل فصل بقاياها التى لم تستهلك فى تنمية الكائنات الدقيقة ، إلا أن قلة الذوبان تلك ينشأ عنها صعوبة فى نقل الغذاء الهيدروكربونى من بيئة النمو إلى داخل خلايا الكائن النامى.

المركبات الهيدروكربونية الألكانية التى تحتوى جزيئاتها على ذرتين إلى تسعة ذرات كربون ، لا تقبل عليها الكائنات الدقيقة ، أما تلك التى تحتوى جزيئاتها على 23 ذرة كربون فأكثر فهى مركبات صلبة يصعب إستخدامها.

تهاجم المركبات الهيدروكربونية الألكانية السائلة والمناسبة لنمو الكائنات الدقيقة بعدد من تلك الكائنات منها الخمائر كانديدا *Candida* وتوريولا *Torula* وتوريولوبسس *Torulopsis* ، وأنواع من البكتيريا منها ميكوبكتيريا *Mycobacteria* وسيدومونس *Pseudomonas* ونوكارديا *Nocardia* وكورينبكتيريم *Corynebacterium* وميكروكوكس *Micrococcus* .

---

* الألكانات ، هى مركبات هيدروكربونية مشبعة ذات سلاسل مفتوحة تركيبها العام C_nH_{2n+2} ، وتعرف أيضا بالبرافينات paraffines . أول هذه المجموعة الميثان CH_4

ومن منتجات البترول الأخرى التى استخدمت بنجاح فى تنمية الكائنات الدقيقة ، بغرض إنتاج البتروبروتين ، غاز الميثان methane ، وهو غاز يحتوى جزيئه على ذرة كربون واحدة ؛ CH_4 ، كما إستخدم لنفس الغرض ولكن بدرجة أقل ، غازى البروبان propane ؛ $C_3 H_8$ والبيوتان butane ؛ $C_4 H_{10}$. ومن الممكن تحويل بعض الألكانات الغازية إلى كحولات والاستفادة منها فى تغذية الميكروبات ، ومن ذلك كحول الميثايل methanol ؛ $CH_3 OH$ وكحول الإيثايل ethanol ؛ $C_2 H_5 OH$ ، وكلا الكحولين يسهل دخولهما فى البيئة لتغذية الكائنات الدقيقة وإنتاج البروتين. وقد وجد أن ثلاثة أنواع من البكتيريا السالبة لصبغة جرام تستخدم الميثان أو كحول الميثايل كمصدر إجبارى للكربون والطاقة وهى سيدوموناس ميثانيكا *P. methanica* وميثانوموناس ميثانوأكسيدنس *Methanomonas methanooxidans* وميثايلوكوكس كبسيولاتس *Methylococcus capsulatus* . وقد وجد أن إستخدام مزرعة بكتيرية مختلطة ؛ أى تحتوى على اكثر من نوع من البكتيريا تعطى محصول أكبر عن المزارع النقية فى حالة إستخدام الميثان كمصدر للكربون. وقد اقترح البعض أنه من الممكن إنتاج مزرعة من البروتوزوا بالتغذية على البكتيريا المنماة على منتجات البترول ، ثم تغذية مزرعة سمكية على البروتوزوا ، والأسماك الناتجة تكون غذاءاً مقبولاً للإنسان. ومن الخمائر التى نجحت تنميتها على الميثان ومشتقاته كانديدا ليبوليتيكا *C. lipolitica* .

جدول 8
محصول أنواع من البكتيريا المنماة على بيئة تحتوى على الميثان كمصدر للكربون

نوع البكتيريا	المحصول جم / جم ميثان
Pseudomonas methanica	56
Methanomonas methanooxidans	110
Methylococcus capsulatus	110

ملاحظة : يقل المحصول بحوالى 20 % فى حالة استخدام كحول الميثايل بدلا من الميثان.

عند استخدام المنتجات البترولية فى تنمية الكائنات الدقيقة ، تكون المادة البترولية هى مصدر عنصر الكربون فى البيئة ، اللازم لتغذية الكائن الحى ، ويلزم مع هذا ضرورة توفر عناصر أخرى فى صور أملاح مختلفة. فمن الضرورى أن تشتمل بيئة النمو على مصدر لعنصر النتروجين مثل كبريتات الأمونيوم أو نترات البوتاسيوم أو اليوريا ، حتى يمكن للميكروب النامى تكوين المواد البروتينية. ومن العناصر الأخرى الضرورية لنمو الكائنات الدقيقة الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز وغيرها. كما يراعى توفر التهوية اللازمة ودرجتى الحرارة والحموضة الملائمتين أثناء نمو هذه الكائنات. وعموما فإن التركيبة التخميرية تتكون من أربعة أطوار ؛ مواد هيدروكربونية مستحلبة أو ذائبة أو غازية، مواد غذائية أخرى ذائبة فى الماء ، هواء متجدد ، ويضاف إلى ذلك الخلايا البكتيرية.

فى البيئات الغذائية المركبة العادية التى تستخدم عادة لتنمية البكتيريا والفطريات يكون مصدر الكربون فيها هو أحد المواد الكربوإيدراتية كالمواد السكرية ، وتتميز المواد الكربوإيدراتية على المواد الهيدروكربونية بإحتواء الأولى على عنصر الأكسوجين بجانب عنصرى الكربون والإيدروجين ، وغياب الأكسوجين فى المواد الهيدروكربونية ، مما يتضح معه زيادة حاجة الكائنات الدقيقة المنماة على منتجات البترول إلى الأكسوجين اللازم لأكسدة المواد البترولية. وقد قدر البعض نفقات تزويد الأكسوجين لبيئة التنمية على المركبات الهيدروكربونية بحوالى 20 % من قيمة الإنتاج. كذلك فقد وجد أن زيادة عمليات الأكسدة يصاحبها زيادة فى كميات الحرارة الناتجة عن نمو الميكروبات ، ويقابل هذا كفاءة عالية فى تحويل المواد الهيدروكربونية إلى خلايا حية. وتعتبر عملية التبريد أثناء التخمير من المشاكل الهامة وخاصة فى البلاد الحارة.

جدول 9
كفاءة تحويل المواد الهيدروكربونية إلى خلايا حية والأكسوجين المطلوب والحرارة الناتجة مقارنة بالمواد الكربوايدراتية

الميكروب	وسط النمو	معدل المحصول إلى وسط النمو جم / جم	الأكسوجين المطلوب جم /100 جم محصول جاف	الحرارة الناتجة عن نمو 100 جم ميكروب (كيلو كالورى)
بكتيريا	مواد هيدروكربونية	1/1	192	780
خميرة	مواد هيدروكربونية	1/1	197	799
خميرة	مواد كربو إيدراتية	2/1	67	383

ويمكن الاستفادة من الحرارة العالية الناتجة عن أكسدة المواد البترولية بتنمية كائنات دقيقة محبة للحرارة مثل البكتيريا باسلس ستيروثرموفيلس *Bacillus stearothermophilus* التى يمكنها النمو على حرارة 60 إلى 70 ° م ، وهذه البكتيريا ذات محتوى بروتينى مرتفع يصل إلى حوالى 70 % من وزنها الجاف. ومن الفطريات التى تتحمل حرارة مرتفعة خميرة كانديدا تروبيكالس *C. tropicalis* .

يتضح مما سبق أهمية الأكسوجين عند تنمية الكائنات الدقيقة على منتجات البترول ، فقد وجد أن إنتاج جرام واحد وزن جاف من الخمائر يحتاج إلى جرامين من الأكسوجين تقريبا عند التنمية على مواد هيدروكربونية ، وذلك مقابل حوالى 0.7 جرام أكسوجين عند التنمية على منتجات كربوايدراتية. كذلك فقد تبين أن إنتاج جرام واحد من خميرة كانديدا تتطلب جرام واحد من مواد هيدروكربونية وينتج عن ذلك ما بين 4.5 إلى 8 كيلو كالورى حرارة ، فى حين أن إنتاج نفس الكمية يتطلب حوالى جرامين من مواد كربوايدراتية وينتج عن ذلك حوالى نصف كمية الحرارة.

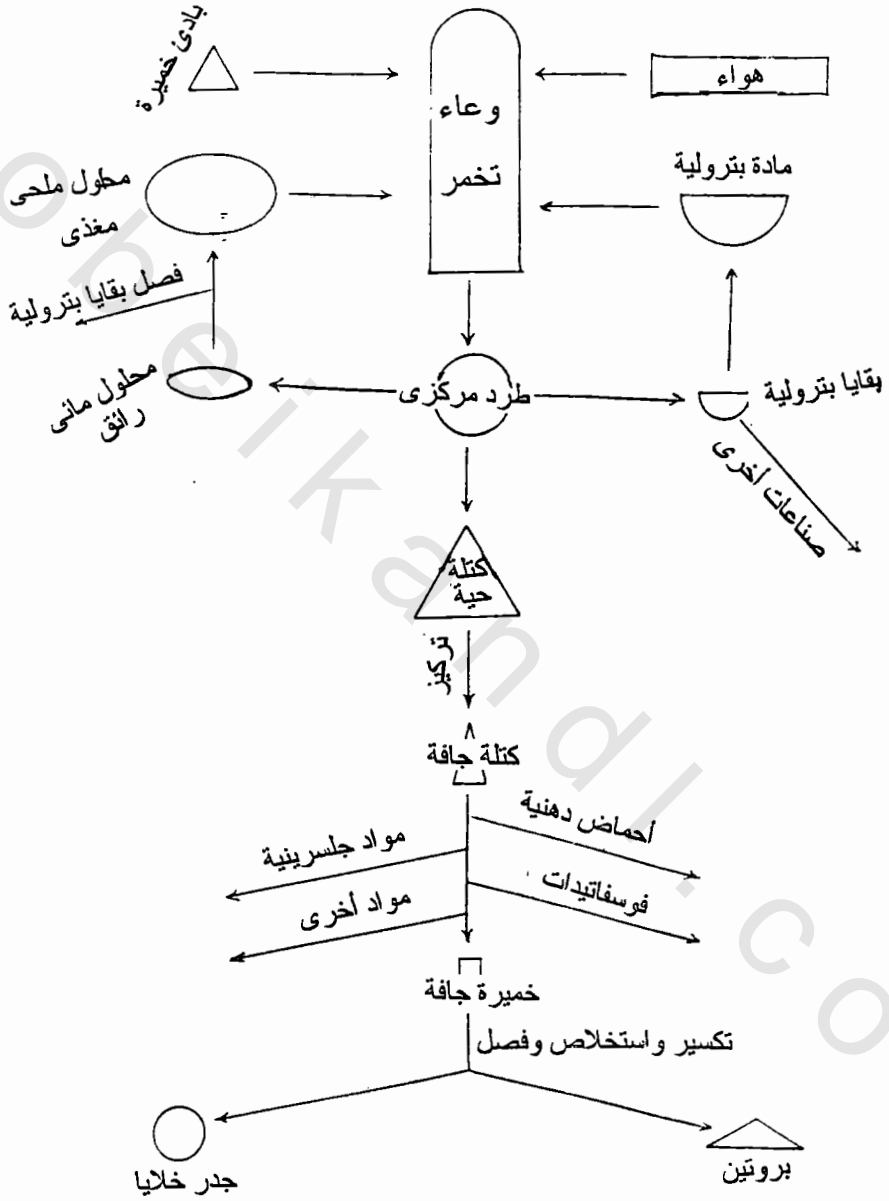
وكما سبق ذكره فالبتروبروتين ، بالرغم من أن أهم خامات إنتاجه هى بعض مشتقات البترول ، إلا أنه ينتج أساسا من كائنات دقيقة حية ، قد تكون بكتيرية وقد تكون فطرية ، وأكثر تلك الكائنات قبولا ونجاحا فى هذا المجال ، ميكروبات فطرية تعرف بالخمائر • والخمائر فى نموها لا تكون نموا خيطيا متصلا ، بل تكون خلايا فردية غالبا ، وقد تتبرعم تلك الخلايا • خلايا الخميرة تكبر خلايا البكتيريا عشرات المرات ، كما تتميز بخلايا الخميرة نواة محددة بكل منها ، لا توجد مثيلاتها فى خلايا البكتيريا • وقد تركزت صناعات البتروبروتين الناجحة حتى الآن على إنتاج الخمائر • وقد عرفت منها فى الصناعة أنواع مختلفة من أشهرها كانديدا ليبوليتيكا *C. lipolitica* وكانديا تروبيكالس *C. tropicalis* ، حيث تعتمد عليهما مصانع شركة البترول البريطانية ؛ BP لإنتاج البتروبروتين المعروف تجاريا باسم توبرينا toprina فى كل من فرنسا واسكتلندا وسردينيا • كذلك فإن كل من روسيا وألمانيا قد اتفقتا على إنتاج بتروبروتين باسم فرموسين fermosin من سلالة من خميرة كانديدا •

لقد فضلت الخمائر عن البكتيريات فى إنتاج البتروبروتين لسببين أساسيين فى الصناعة • السبب الأول فى تفضيل الخمائر عن البكتيريا يرجع إلى سهولة مهاجمة البكتيريا بمفترسات تقوم بتحليلها ، وبطفيليات فيروسية تهاجمها تعرف بالفاج phage ، مما يتطلب إجراءات خاصة للتعقيم قبل وأثناء التنمية فى حالة استخدام البكتيريا وليس فى حالة الخمائر • السبب الثانى لتفضيل الخمائر يتمثل فى صعوبة فصل البكتيريا من وسط النمو نتيجة لصغر حجمها مقارنة بحجم الخمائر • ويجرى الفصل فى الصناعة عادة باستخدام الطرد المركزى ، ومن المعروف أن سرعة فصل الأجزاء الصلبة بالطرد المركزى يتناسب طرديا مع مربع قطر الجزء المفصول ، لهذا فإن البكتيريا وهى أصغر الكائنات المستخدمة فى إنتاج البتروبروتين ، وفى نفس الوقت فإن كثافتها تقترب من كثافة الماء ، تحتاج لفصلها

إلى جهد زائد ، وتقدر تكاليف فصلها بأربعة أمثال تكاليف فصل الخمائر الأكبر حجما . وقد أمكن تسهيل عمليات فصل الميكروبات عموما وخفض تكاليفها بتجميع الكائنات الدقيقة قبل إجراء عملية الطرد المركزى وذلك بطريقة التجميع الكهربائى . وهناك سبب آخر لتفضيل الخمائر عن البكتيريا فى صناعة البتروبروتين تتعلق بالصفات الصحية للمنتج ، وهى إرتفاع معدلات الأحماض النووية فى البكتيريا عنها فى الخمائر .

تتم صناعة البتروبروتين من الخمائر على خطوات ... الواحدة تلو الأخرى ، بدءا بتجهيز خليط التخمير ؛ أى بيئة التنمية ، فى وعاء التخمر . يجهز المحلول الملحى المغذى والمحتوى على عناصر التغذية المختلفة ، عدا الكربون مذابة فى ماء . يستكمل سائل التخمير بإضافة المصدر الكربونى ، وهو منتج بترولى سائل غالبا ، وعادة ما يكون فى صورة مستخلص بترولى بارافينى مكون من سلاسل كربونية طولية تتراوح عدد ذرات الكربون فى الجزيئى الواحد منها ما بين 10 إلى 22 ذرة . وتفضل بعض الشركات إستخدام زيت البترول الخفيف الذى تتراوح درجة غليانه ما بين 240 إلى 360 ° م ، ويفضل البعض الآخر الزيت الثقيل الذى يغلى على حرارة 300 إلى 380 ° م .

ولبدء عملية التخمر ، يلزم إضافة كمية من الخميرة تعمل كبادىء لعملية التخمر . ويشترط فى بادئ الخميرة المختار أن تكون الخميرة المنتقاه قادرة على إنتاج محصول مرتفع ذى عائد اقتصادى جيد . لهذا وجب أن تكون هذه الخميرة ذات تركيب وراثى ثابت حتى يضمن إستمرارها فى الإنتاج الجيد جيلا بعد آخر ، وأن تكون نشطة سريعة التكاثر ، سائدة فى نموها على سائر الميكروبات الأخرى التى قد تنمو على بيئة النمو البترولية تحت ظروف الصناعة ، ملوثة مزرعة



شكل 23 : رسم تخطيطي لخطوات صناعة البتروبروتين

obeikandl.com

الخميرة المنماة. تؤدى القوة السيادية للخميرة المستخدمة إلى عدم الحاجة إلى التنمية تحت ظروف معقمة. يؤدى ذلك بالتالى إلى الإقلال من التكاليف الناتجة عن التعقيم فى المبدأ والمحافظة على ظروف التعقيم خلال التنمية.

لا تستكمل عملية التخمر إلا بتوفير وسط جيد للتهوية ، نظرا لاحتياج عمليات تخمر المركبات الهيدروكربونية إلى أكسوجين يفوق كثيرا إحتياجات التخمر فى حالة إستخدام مواد كربوايدراتية (جدول 9).

ونظرا لأن مخلوط التخمر يتكون من طورين سائلين غير قابلين للإمتزاج ، هما المحلول الملحى المائى والسائل البترولى ، لهذا وجب أن يكون الاتصال بينهما كاملا ، وكذلك بين الطورين السائلين والهواء الجوى والخميرة المنماة ، ويتم ذلك بالرج المستمر الكافى لاستحلاب الكمية القليلة من السائل الهيروكربونى فى الكمية الكبيرة من المحلول المائى ، ولإمتزاجهما بالكائن الحى النامى والهواء الجوى الكافى.

بعد تمام عملية التخمر ، التى تختلف مدتها حسب نوع وسلالة البادىء المستخدم وكميته ، وحسب تركيب المخلوط المغذى ودرجة التهوية ودرجة الحرارة ، تبدأ عملية فصل الخميرة عن سائل التخمر ، ويتم ذلك بالتصفية أولا ثم بالطرد المركزى ثانيا ، وبذلك يتم فصل حوالى 60 % من المحتوى المائى لمخلوط التخمر ، كما تفصل معظم بقايا المواد البترولية التى لم تستخدم فى التغذية. تظهر الكتلة الحية المفصولة فى صورة سائل قشدى يحتوى على خلايا الخميرة الحية وماء ، وقد يحتوى على بقايا بترولية ممتصة على جدر خلايا الخميرة.

عقب ذلك ، تبدأ عمليات تركيز الكتلة الحية وتنقيتها ، حيث تجفف فى وحدات تجفيف ، ثم يعاد تنقيتها لضمان خلوها تماما من المواد البترولية. تتضمن عمليات التنقية إستخلاص متعدد المراحل للكتلة الحية ، مستخدما فى ذلك مذيبات مختلفة مثل الكحولات والأسيتون اللاتى تعمل على إزالة الماء وبعض الدهون الداخلية ،

فيؤدى ذلك إلى تحسن خواص الخميرة ، حيث أن إحتواء الخمائر على الدهون يفوق المعدلات الطبيعية للأغذية الأخرى المماثلة. كذلك فإن هذه المعاملات تؤدى إلى تسهيل فصل بقايا البترول الممتص على جدر خلايا الخميرة.

من الطبيعة أن يعقب كل إستخلاص أو غسيل عملية فصل خلايا الخميرة من المذيب أو سائل الغسيل ، ويتم ذلك عادة بالطرد المركزى ثم بالتقطير أحيانا. وبذلك يمكن إستعادة المذيبات وإعادة إستخدامها ، كما يمكن الاستافدة من بعض المواد الذائبة مثل الفوسفاتيدات والأحماض الدهنية والمواد الجلسرينية والإرجوستيرين ergosterine وغير ذلك ، بعد فصلها بمعاملات خاصة. كذلك فإن ما يتخلف من المادة البترولية بعد استهلاك الخميرة النامية لمعظم ما بها من برافينات ، يمكن الاستفادة منها بخلطها مع زيت الديزل فتحسن من خواصه الحرارية.

بعد تمام عمليات الاستخلاص والتنقية والتجفيف نحصل على محصول من خلايا خميرة غير حية تحتوى على معدلات عالية من البروتين تصل إلى 65 %.

بروتين الخلية الواحدة .. ما له .. وما عليه

يتساءل البعض عن إمكانية صلاحية البروتين المنتج من البترول كغذاء للإنسان. الحقيقة أن هذا المنتج يحتاج إلى رقابة كيميائية وفيزيائية وصحية شديدة لضمان نقاوته ، كما أنه يحتاج إلى دراسات إكلينيكية للتأكد من سلامته للصحة الآدمية ، وقد أوصت بذلك مجموعة البروتين الاستشارية ؛ PAG النابعة عن هيئة الأمم المتحدة عام 1971 ، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب. ولعل أكثر الأسباب إثارة لدى جمهور المستهلكين هو إحتمال وجود بعض المواد المنبهة لإحداث خلايا سرطانية فى المنتج المنمى على البترول ، ومن المواد المسرطنة المحتمل وجودها بالمنتج مادتى ميثيل كولانثرين methyl cholanthrene وبنزبيرين 3,4-benzpyrene ، علما بأن التركيز الذى وجد من هذين المركبين بالخمائر المنماة على البترول يقل كثيرا عن مثيليهما الموجودان فى اللحوم المدخنة. وقد اتضح حتى الآن أن وجود المواد المسرطنة بالبتروبروتين لا تمثل مشكلة عويصة الحل ، بل هى من المسائل القابلة للحل. كذلك فقد لوحظ فى تجارب تغذية على الفئران ، تكون قرح فى كبد الفئران المغذاة على الخمائر ، وقد علل ذلك بنقص فى عنصر السلينيم وفى فيتامين B_{12} ، ومثل هذا النقص يسهل علاجه بإستكمال هذا النقص بالإضافة فى الوجبات الغذائية.

المشكلة الحقيقية التى تحد كثيرا من إستخدام الغذاء الميكروبى ، سواء أكانت بيئة نموها تدخلها مركبات بترولية أو كربوإيدراتية ، لتغذية الإنسان ، تكمن فى إرتفاع معدلات الأحماض النووية بخلايا الكائنات الدقيقة حيث تصل إلى 8- 25% من بروتيناتها ، مقارنة بنسبة 4 % فى بروتين الكبد وحوالى 1 % فى بروتين دقيق القمح. يعزى الضرر الناتج عن إرتفاع نسبة الإحماض النووية إلى إحتواء تلك الأحماض النووية على بيرينات pyrines التى ينتهى تحولها الغذائى فى الإنسان إلى تكوين حمض يوريك uric acid ، مما يؤدى إلى زيادة ضغط العمل على الكلى وإلى

إرتفاع معدل وجوده فى بلازما الدم. كذلك فإن قلة ذوبان حمض اليوريك تحت ظروف الحموضة الفسيولوجية تزيد من إحتمالات تكون الحصى بالمجارى البولية، أو تكوين بلورات فى المفاصل مسببة مرض النقرس gout أو التهاب المفاصل.

بالنسبة لبعض الأشخاص ، قد تتسبب زيادة معدلات الأحماض النووية بالوجبات الغذائية إلى حدوث إضطرابات معوية وحدوث قيء وإسهال. ومن الأعراض الأخرى التى قد تحدث ، تقشر الجلد فى راحة اليد أو أخمص القدم مع حدوث إستسقاء وهرش فى إصبع القدم الكبير.

وبالرغم من الآثار الضارة الناجمة عن إرتفاع معدلات الأحماض النووية فى الخمائر ، فإن المستقبل يبشر بإمكانية علاج هذا العيب ، فقد عرفت عدة طرق لتقليل الأحماض النووية فى البتروبروتين ، وبدأ المشتغلون فى صناعة بروتين الخلية الواحدة ، أى بروتين الكائنات الدقيقة فى أقلمة هذه الصناعة للإستخدام على نطاق واسع.

ومن العيوب الأخرى لبروتينات الخميرة بالنسبة للإستهلاك الآدمى ، صعوبة هدم جدر خلايا الخميرة وفصل البروتين ، ويتطلب ذلك تحليل أو كسر جدر الخلايا ثم فصل البروتين ، ويتم ذلك بالطرد المركزى ، ويعقب ذلك استخلاص البروتين ثم تركيزه.

تغذية الحيوانات المزرعية ببروتينات الكائنات الدقيقة لا تصحبه حدوث الأضرار السابق الإشارة إليها فى تغذية الإنسان ، ذلك أنه فى معظم الثدييات الأخرى لا تنتهى عملية التحول الغذائى البروتينى بتكوين حمض اليوريك كما يحدث فى حالة الإنسان ، بل يتعداه ، فينتهى بتكوين مادة اللانتوين allantion التى يتخلص منها الجسم بسهولة. وفى حالة تغذية الدواجن ببروتين الخلية الواحدة يتكون حمض اليوريك ، إلا أنه لا يحدث للدواجن أضرار منه ، بل يكون هذا الحمض مفيدا لها ، حيث يؤدى إلى تنظيم فقد الماء خلال فتحة المجمع.

وعموما فإن بروتين الخلية الواحدة يحتوى على معدلات عالية من البروتين النقى يتراوح ما بين 50-70 % ، كما يحتوى هذا البروتين على كميات مرضية من الأحماض الأمينية الأساسية وخاصة الليسين lysine التى توجد به بمعدلات تفوق معدلات وجودها فى البروتينات الأخرى ، ويشذ عن ذلك الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت مثل المثيونين methionine والتربتوفان tryptohane اللذان يوجدان بمعدلات منخفضة (جدول 4) وقد وجد أن إضافة البروتين الميكروبى إلى دقيق المحاصيل النجيلية مثل القمح والأرز والذرة الفقيرة فى الأحماض الأمينية ليسين وثريونين يرفعان من القيمة الغذائية للدقيق. هذا وقد إتضح للجنة البروتين الاستشارية أن إضافة جرامين من الأحماض النووية إلى وجبات الشخص البالغ يومياً يعتبر حداً أعلى. فقد وجد أن الإنسان البالغ يحتاج يومياً إلى حوالى 75 جرام بروتين ، ويفقد الإنسان خلال مجرى البول ، عند تغذيته بهذه الكمية من بروتينات خالية من البيرينات ، 350 إلى 400 ملليجرام من حمض اليوريك يومياً ، كما تحتوى بلازما الدم فى هذه الحالة على 50 ميكروجرام فى كل ملليلتر من البلازما. ترتفع هذه المعدلات فى حالة إشتمال الوجبة اليومية على 2 جرام من الحمض الريبوينوكليك RNA فى صورة صورة خميرة ، فيرتفع الفقد اليومى فى البول من حمض اليوريك إلى 670 ملليجرام ، كما يرتفع حمض اليوريك فى بلازما إلى 60 ميكروجرام فى الملليلتر. وتعتبر هذه الزيادة حد أعلى مقبول صحياً ، أما إذا إرتفعت معدلات حمض اليوريك عن ذلك ، فمن المتوقع حدوث أضرار صحية.

إن الزيادة المضطردة فى أعداد سكان العالم ، ستجعل من المحتم استغلال جميع الفرص المتاحة لاستغلال مصادر الغذاء المختلفة ... تقليدية كانت أم غير تقليدية. ويكفى أن أذكر أنه من الممكن تزويد العالم بعشر حاجته من البروتين من المصدر الميكروبى ، أى من بروتين الخلية الواحدة ، ومنها البتروبروتين ، من وحدات إنتاجية تشغل مساحة 2.5 كيلومتر مربع (250 هكتار) فقط من سطح

الأرض ، مما تتضح معه أهمية استكمال تلك الدراسات والتوسع فى إنتاج هذا النوع من البروتين• وليس أدل على إهتمام العالم بهذه الدراسات من تشكيل المجموعة الاستشارية للبروتين ، PAG سنة 1955 التابعة لهيئة الأمم المتحدة والتى ركزت إهتماماتها بهذا النوع من البروتين ، وإرسائها للتوجيهات الخاصة بصفات هدا البروتين الغذائية والصحية فى كل من حالتى الاستخدام الآدمى والإستخدام الحيوانى•

وإلى أن تنتهى هذه الدراسات ، والوصول إلى منتج مأمون الإستخدام فى الغذاء الإنسانى دون ما أضرار صحية ، فإن المنتج التجارى منه سيكون موجها إلى تغذية الحيوانات الزراعية من ماشية وأغنام ودواجن•

obeikandl.com