

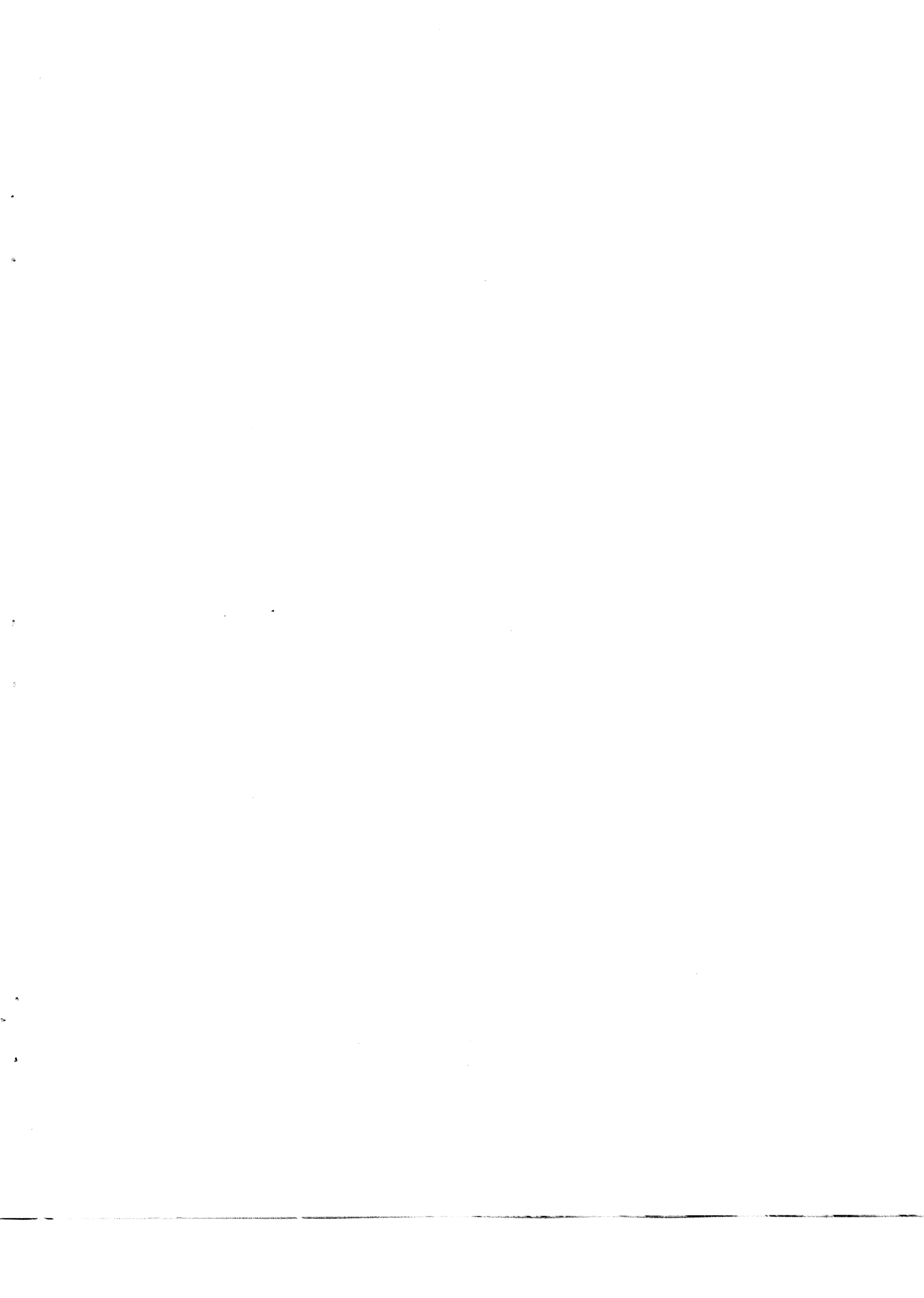
المؤتمر العربي الأول لآفاق التقانات الحيوية الحديثة
في الوطن العربي
٢٧-٣٠ آذار/مارس ١٩٨٩
عمان - الأردن

ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION
FOR WESTERN ASIA
31-03-2000
LIBRARY & DOCUMENT SECTION

أنتاج الهايدروجين بأستخدام التركيب الضوئي

فاضل مهدي صالح
مجلس البحث العلمي/مركز بحوث الطاقة الشمسية
العراق

ان هذه الورقة لم يتم تحريرها.



Hydrogen Production Using Photosynthetic Bacteria

Fadhil M. Salih
Solar Energy Research Center
Jadiriya P.O.Box 13026
Baghdad , Iraq

In an attempts to produce hydrogen from organic waste photosynthetic bacteria were grown in cheese whey at 30°C in presence of light. A total amount of hydrogen produced in 10 days was 950 ml/l of whey. This amount was increased 4 folds when whey was preincubated at 37°C in presence of E.coli for 1 to 5 days prior to use. The volume of hydrogen produced depended on the period of preincubation with E.coli (i.e. on lactic acid concentration produced) giving its highest after 4 days of preincubation. In order to activate the nitrogenase enzyme, which plays on important role in the process of hydrogen production, iron, molybdenum or manganese was added either individually or in combinations. This addition highly increased the production of hydrogen to give 9500 ml/l of whey when 5.0, 0.8 and 7.68 mg/l of ferric chloride, sodium molybdate and manganese sulphate were used, respectively.

انتاج الهيدروجين باستخدام بكتريا التركيب الضوئي

فاضل مهدي صالح

مجلس البحث العلمي

مركز بحوث الطاقة الشمسية

الجادرية ص . ب ١٣٠٢٦

بغداد - العراق

في محاولة لانتاج غاز الهيدروجين من الفضلات العضوية بواسطة بكتريا التركيب الضوئي فقد تم تنمية هذه البكتريا في شرش الجبن بوجود الضوء (٢مليواط /سم²) ودرجة حرارة ٣٠°م حيث بلغ مجموع ما انتج من الهيدروجين خلال عشرة ايام ٩٥٠ مليلتر/ لتر شرش . وقد امكن زيادة كفاءة الانتاج قرابة اربعة اضعاف (٣٦٠٠ مليلتر /لتر شرش) خلال ذات الفترة عندما عومل الشرش مع بكتريا القولون (E.coli) ولفترات يوم واحد الى خمسة ايام بدرجة حرارة ٣٧°م ، حيث ارتبطت الزيادة بطول فترة المعاملة مع بكتريا القولون (اي مع تركيز حامض اللبنيك المتكون) اذ بلغت اعلاها بعد اربعة ايام . وبغية تحفيز انزيم النايتروجينيز الذي يلعب دورا بارزا في عملية انتاج الهيدروجين فقد تم اضافة عناصر الحديد والمولبيدينوم والمنغنيز منفردة وعلى شكل امزجة ، وقد ادت هذه الاضافة الى زيادة الانتاج بشكل كبير (٩٥٠٠مليلتر /لتر شرش خلال عشرة ايام) عندما تواجدت العناصر الثلاثة سوية وبتراكيز ٥ و ٨ و ٧٦٨ ملغم/لتر لكل من كلوريد الحديدك ومولبيدات الصوديوم وكبريتات المنغنيز ، على التوالي.

المقدمة :

قد لا يختلف اثنان حول كون غاز الهيدروجين من مصادر الطاقة التي لاتضاهي لما يمتلكه من طاقة عالية جدا نسبة الى وزنه ولكونه لايتسبب بأية حال في تلوث البيئة او زيادة التلوث (١) . وعلى هذا الاساس كرس الكثير من الجهود لانتاج هذا الغاز بشكل يضمن رخص ثمنه وسهولة انتاجه ، وتمخضت هذه الجهود عن طرق عديدة لانتاجه والتي وان اختلفت في الاسلوب الا انها تخدم الهدف نفسه وكمسان للانظمة الحياتية حصة اذ كان من بين ما استقطب اهتمام المعنيين هو استخدام الاحياء المجهرية لانتاج الهيدروجين ، وكان ذلك معتمدا بالاساس على دراسة اجراها كل من Kamen و Gest عام ١٩٤٩ (٢) حيث تمكنا من انتاج غاز الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي (*Rhodospirillum rubrum*) وبمساعدة الضوء . كانت هذه الدراسة فاتحة عهد حيث اعقبتها العديد من الدراسات التي اشتملت على استعمال انواع مختلفة من بكتريا التركيب الضوئي والتعرف على الوسائل اللازمة لزيادة كفاءة انتاجها بما في ذلك زيادة نشاط وكمية انزيم النايتروجينيز الذي يلعب الدور الاهم في عملية الانتاج وكذلك علاقة شدة الاضاءة ودرجات الحرارة وطبيعة المواد العضوية المستخدمة في تنمية هذه البكتريا (١ ، ٣ - ٨) .

ومما تجدر الاشارة اليه هو ان انتاج غاز الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي يحتاج الى توفر المواد العضوية كلاحماض العضوية في الاوساط الغذائية ، ولذلك كان لفضلات المعامل والمجاري من الاهمية بحيث اتجهت معظم الدراسات الى اعتمادها كمواد اولية لتنمية هذه البكتريا عليها . وقد نجحت العديد من المحاولات التي مهدت الطريق لاستغلال الفضلات لانتاج غاز الهيدروجين والتخلص مما تحويه من مواد اولية غذائية والتي عادة ما تكون عبئا كبيرا على البيئة (٣ ، ٤ ، ٩) . وكواحد من الفضلات التي تحوي على قدر كبير من المواد الغذائية وبالاخص الكربوهيدرات (النشويات والتي تذهب هدرًا كل يوم هو شرش الجبن (٥-٦% سكر الحليب) الذي تنتجه معامل الالبان بكثرة ، وحيث ان هذه المادة (اي الشرش) تصلح ان تكون خيزر وسط لتنمية الاحياء المجهرية عليها فقد جرت محاولة لاستخدامها في تنمية بكتريا التركيب الضوئي بوجود الضوء لغرض انتاج غاز الهيدروجين (٩)، حيث امكن

انتاج الغاز وبكميات اعتمدت بالاساس على كمية الشرش التي تضاف الى المزرعة بين اونه واخرى . وقد حفزتنا هذه الدراسة على استخدام شرش الجبن المنتج من احد معامل البان منطقة بغداد لانتاج غاز الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي والتعرف على الظروف التي قد تزيد من كفاءة الانتاج وتشجع على استغلال هذه المادة التي عادة ما ترمى الى مجاري المياه الثقيلة مباشرة دونما اية فائدة ناهيك عن الضرر البيئي التي تسببه .

المواد وطرق العمل :

الاحياء المجهرية

استعملت بكتريا التركيب الضوئي نوع Rhodospirillum rubrum S-1 حيث تم انماؤها وتكثيرها في الوسط الغذائي (RCV) الذي اشارة اليه Weaver (١٠) ، وعوض عنه بمادة الشرش في بقية التجارب التي اجريت لانتاج الهيدروجين . كما استخدمت بكتريا القولون (Eschrichia coli) لتحويل ما موجود في مادة الشرش من سكر الحليب (Lactose) الى حامض اللبنيك (Lactic Acid) .

معاملة الشرش :

قبل البدء بانماء اية بكتريا على الشرش حديث الانتاج تجري عملية تصفيته وذلك بتسخينه لدرجة حرارة ٩٥° لمدة ١٥ دقيقة ثم يمرر خلال قطعة قماش اذ يتم التخلص من بعض المواد الصلبة العالقة . بعدها ينبذ باستخدام جهاز المنبذ (Centrifuge) حيث تعامل كميات بحجم ٥٠ مليلتر لمدة ٣٠ دقيقة وعلى سرعة ٣٠٠٠ دورة في دقيقة وبذلك تظمن شفاقية لابس به ، عندها تعدل حموضته بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم الى ٧ ويعقم بدرجة حرارة ١٢١° لمدة ١٥ دقيقة . ولما كانت بكتريا التركيب الضوئي ليس لها القدرة على اخذ سكر الحليب الموجود في الشرش بل بمقدورها استغلال حامض اللبنيك الذي فيه (٩) ، لذلك تمت تنمية بكتريا القولون التي لها القدرة على اخذ سكر الحليب وتحويله الى حامض اللبنيك ، حيث طعم شرش الجبن ببكتريا القولون وحض بدرجة حرارة ٣٠° لمدة ٥،٤،٣،٢،١ يوم . وبعد انتهاء فترة الحضنة ينبذ الشرش للتخلص قدر المستطاع من الخلايا البكتيرية ثم يعرض لدرجة حرارة ٨٠° لمدة عشرة دقائق لقتل ما تبقى فيه من بكتريا .

حسبت كمية سكر الحليب وحامض اللبنيك في الشرش قبل وبعد المعاملة مع بكتريا القولون حسب ما جاء بطريقة Hawk (١١) وطريقة Hullin and Noble (١٢) ، على التوالي .

انتاج الهيدروجين :

في البدء تم تنشيط خلايا بكتريا التركيب الضوئي وذلك بزراعتها في انابيب اختبار سعة ٣٠ مليلتر تحوي على ٢٧ مليلتر من وسط RCV ثم سدت الانابيب باحكام وحضنت بدرجة ٣٠°م وبوجود الضوء الاتي من مصباح تنكستن (٦٠ واط وعلى مسافة ٢٥سم) لمدة ٢٤ ساعة . تعاد الكرة مرتين ثم تنقل محتويات الكرة الثانية الى قنينة بحجم ١٢٥ مليلتر تحوي ١٠٠ مليلتر من مادة الشرش المعامل مع بكتريا القولون او غير المعامل (او وسط RCV) بحيث تملأ كامل القنينة وتسد بعدها بسداد مطاطي تاركها بينه وبين اعلى السائل فراغا لجمع الغاز الذي يخرج من القنينة عبر ابرة مفروزة خلال السداد المطاطي ، وتتصل الابرة بانبوب لنقل الغاز الناتج الذي يجمع عن طريق الازاحة السفلية للماء الحاوي على ٤٠ غم هيدروكسيود الصوديوم و ٢٠٠ غم ملح الطعام لكل لتر وذلك لازالة غاز ثاني اوكسيد الكربون الذي ينتج مع الهيدروجين .حضنت القنينة بدرجة ٣٠°م في حاضن بجدران شفافة ومضاء بمصباحين قدرة كل منهما ٦٠ واط وعلى مسافة ٢٥ سم ..

قيست كثافة نمو بكتريا التركيب الضوئي باستخدام جهاز المطياف PYE Unicam Sp 8-200 UV/Vis Spectrophotometer وكانت بحدود ٢ر٤٥ على طول موجي ٦٦٠ نانومتر وواقع وزن جاف قدرة ١٤١ر٠٠٠غم/مليلتر لمزرعة عمرها يومان كما قيست شدة اضافة المصادر الضوئية بجهاز .

IL 700 A Research Radiometer, International Light, U.S.A حيث وجدت تساوي ٢٠ مليواط /سم^٢ .

ولغرض معرفة اهمية العناصر التي تلعب دورا في انتاج وتحفيز انزيم النايترروجينيز فقد اضيف الى الشرش تراكيز مختلفة من عنصر الحديد والموالبدينيوم والمنغنيز اما بصورة منفردة او على شكل مزيج . كما تم اضافة عدد من المواد العضوية الى الشرش غير المعامل مع بكتريا القولون ، كحامض الليمون وحامض الخليك وحامض السكسنيك والكحول الايثيلي التي يعتقد انها تنتج عند تخمير الشرش بيكتريا القولون (١٣) .

النتائج والمناقشة :

من المعروف ان شرش الجبن يحتوي على العديد من المواد كالبروتينات والدهون والاملاح والفيتامينات اضافة الى ٥-٦% سكر الحليب والماء ، وتختلف نسب هذه المكونات تبعاً لطريقة تحضير الجبن ومصادر الحليب المستعمل . يمكن التخلص من بعض هذه المكونات كالدهون والبروتينات غير الذائبة والتي تسبب عكرة الشرش وذلك باستخدام التسخين الحراري وعملية النيدز . ومن حسن الصدد ان هذه المعاملة لم تؤثر على كمية سكر الحليب التي يحويها الشرش حيث كانت ٥٨٢غم/لتر قبل و ٥٧٩غم/لتر بعد المعاملة .

حينما تمت تنمية بكتريا التركيب الضوئي في الشرش الطبيعي غير المعامل (مصفى ومعقم فقط) امكن انتاج غاز الهيدروجين بمعدل معقول في البداية ، ثم بدأ الانتاج بالانخفاض وتوقف كلياً بعد حين حيث بلغ مجموع ما انتج خلال ١٠ ايام هو ١٠٥ مليلتر . ولكن الامر قد اختلف كثيراً عندما استعمل شرشا معاملاً مع بكتريا القولون لمدة خمسة ايام اذ كان مجموع ما انتج من الهيدروجين مساوياً الى ٤٥٠ مليلترا ، وكان الاخير اعلى قليلاً مما انتج باستخدام وسط RCV حيث كان مجموع الغاز الناتج ٣٨٠ مليلتر خلال ١٠ ايام كما مبين في الشكل (١) . وقد اعزيت الانتاجية الواطئة للشرش غير المعامل الى قلة احتواءه على المواد النشوية التي يمكن لبكتريا التركيب الضوئي استغلالها خصوصاً وان معظم المواد النشوية التي يحويها الشرش هي على شكل سكر الحليب وهذه المادة لاتستطيع هذه البكتريا اخذها وان الكمية القليلة من غاز الهيدروجين التي تحسرت في البداية كان سببها توفر كمية قليلة من حامض اللبنيك التي تكونت خلال عملية انتاج الجبن (٩) . غير ان هذا التفسير لا يبدو مقبولاً خصوصاً وانه عندما اضيفت املاح حامض اللبنيك (Lactate Sodium) الى الشرش غير المعامل لم تزداد الانتاجية (شكل ٢) بينما امكن زيادة كمية الهيدروجين المنتج عندما احتوى الشرش غير المعامل على ٥٠% منه وسط RCV حيث قارب الانتاج ذلك الذي انتج الشرش المعامل مع بكتريا القولون مما يدل على ان وجود حامض اللبنيك وحده لايزيد من انتاج الهيدروجين بل لابد من وجود مواد اخرى تتكون خلال المعاملة مع بكتريا القولون تساعد على زيادة الانتاج وقد يكون لها شبه بتلك التي يحويها وسط RCV .

ولغرض معرفة العلاقة بين كمية حامض اللبنيك المتكون وكمية سكر الحليب المستهلك وتأثير ذلك على إنتاج الهيدروجين فقد تمت معاملة الشرش بيكتريا القولون وللفترات ١، ٢، ٣، ٤، ٥ ايام تم خلالها حساب كمية سكر الحليب وحامض اللبنيك وعلاقة ذلك بزيادة عدد هذه الخلايا كما مبين في الشكل (٣) . يتبين لنا جليا ان كمية سكر الحليب تقل مع تقدم عمر المزرعة اذ انخفضت في اليوم الرابع الى ٢١١ غم/لتر بينما ازدادت كمية حامض اللبنيك من ٢٧ غم/لتر لتصل في اليوم الرابع الى ٣٩١ غم/لتر ، وينطبق ذلك على عدد الخلايا الذي استمر بالزيادة لحد اليوم الرابع حينها توقف عن الزيادة . ان التوقف في انتاج حامض اللبنيك لم يكن بسبب نفاذ سكر الحليب كما هو واضح بل قد يكون بسبب وصول المزرعة الى الطور الذي توقفت فيه عن النمو لزيادة عمرها (Stationary Phase) .

واذا ما اخذنا كمية الهيدروجين المنتج بواسطة بيكتريا التركيب الضوئي النماذج على الشرش المعامل مع بيكتريا القولون لفترات مختلفة كما مبين في الشكل (٤) نجد ان كميات ومعدل انتاج غاز الهيدروجين تزداد مع زيادة فترة معاملة الشرش مع بيكتريا القولون . فقد كانت الكميات الكلية المنتجة من المزارع التي عومل فيها الشرش مع بيكتريا القولون للفترات ١، ٢، ٣، ٤، ٥ ايام هي ٢١٠، ٢٨٠، ٣٥٢، ٤٥٠، ٤٥٥ مليلتر، خلال ١٠ ايام ، على التوالي ، وهذه القيم اعلى بكثير عما حصل مع الشرش غير المعامل الذي اعطى ما مجموعه ١٠٥ مليلترا خلال الفترة ذاتها .

ان العلاقة القوية بين كمية حامض اللبنيك وكمية الهيدروجين المنتج نشير الى ان هذا الحامض هو المسؤول عن الزيادة في كفاءة الانتاج وهذا ما لا يبدو صحيحا وذلك لانه ، كما اسلفنا ، عند اضافة املاح حامض اللبنيك الى الشرش غير المعامل لم تؤثر على كمية الغاز المنتج وهذا ما دعانا الى التحري عن نواتج تخمر اخرى قد تكون هي السبب في زيادة كفاءة الشرش المعامل مع بيكتريا القولون اضافة الى حامض اللبنيك . وحيث ان هناك العديد من المواد التي معروف انها تتكون في مثل عملية التخمر هذه كحامض الخليك وحامض الليمون وحامض السكسينيك والكحول الاثيل (١٣) لذلك فقد تمت اضافتها (٣٠ ملليمول لكل مادة) الى الشرش غير المعامل مع بيكتريا القولون اما منفردة او على شكل مزيج . وقد تبين ان اضافة هذه المواد مجتمعة قد زاد كمية الهيدروجين المنتج ولكن الى حد اوطأ

مما أحدثه الشرش المعامل مع بكتريا القولون ، في حين ان اضافة هذه المواد منفردة لم يؤثر على كمية الهيدروجين المنتج كما موضح في الشكل (٥) وقد يبدو هذا مغايرا بعض الشيء لما اشارت اليه دراسات اجريت في اماكن اخرى حيث امكن انتاج غاز الهيدروجين من اوساط زرعية صناعية تحوي على بعض من هذه المواد فقط (١٤) . نستدل من ذلك ان الشرش المعامل مع بكتريا القولون لابد وان يكون قد احتوى على نواتج اخرى غير تلك التي درسناها لها دور فعال في زيادة كفاءة الانتاج .

وفي محاولة اخرى لزيادة كفاءة شرش الجبن المعامل مع بكتريا القولون على انتاج الهيدروجين فقد تم اضافة بعض العناصر التي تلعب دورا هاما في تحفيز انزيم النايتروجينيز ، وكان لاضافة كلوريد الحديدك وبتراكينز ٢٠،١٠،٥ ملغم/لتر تأثيرا متميزا ، اذا غير من كفاءة الانتاج ، حيث كان اعلاها عند تركيز ٥ملغم/لتر (٧٥٠مليتر هايدروجين خلال ١٢ يوم) في حين لم يؤثر تركيز ١٠ملغم/لتر بينما ادى وجود ٢٠ملغم/لتر الى تردي الانتاج كما مبين في الشكل (٦) . وقد يرجع التأثير العكسي للتركيز العالية الى احتمال تسمم الخلايا وهذا ما كان واضحا من الترددي في نمو المزارع التي احتوت هذه التراكينز .

اما عند اضافة عنصر المولبدينوم على شكل موليبدات الصوديوم وبتراكينز ٨٠ ملغم/لتر فقد ازدادت كفاءة الانتاج لتعطي ٤٩٠ و ٥٢٥ مليلتر خلال ١٢ يوما على التوالي ، في حين عند مزج المولبدنيوم (٦٨ملغم/لتر)والحديد (٥ملغم/لتر) لم يظهر لوجود الحديد اي تأثير وبقي الانتاج كما لو كان المولبدنيوم وحدة ، اي بعبارة اخرى ان وجود المولبدنيوم قد ازال تأثير الحديد الناتج عن وجود ٥ملغم /لتر كما في الشكل (٧) .

ان الصورة قد اختلفت تماما عندما تواجد الحديد (٥ملغم/لتر) والمولبدنيوم (٨٠ملغم/لتر) مع كبريتات المنغنيز (٢٦٥ ، ١٢٥ و ٧٦٨ ملغم/لتر) فقط فـازدادت كفاءة الانتاج بشكل كبير ان اعطت المعاملات الثلاثة ما مجموعه خلال ١٢ يوم هو ٥٠٠ و ٦٧٥ و ١١٨٠ مليتر كما مشار اليه في الشكل (٨) .

مما تقدم نستنتج ان كفاءة انتاج الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي المنمأة في شرش الجبن المعامل مع بكتريا القولون لمدة خمسة ايام

والحاوي على ٥ ملغم / لتر كلوريد الحديدك و ٨٠ ملغم / لتر موليبيدات الصوديوم و ٧٦٨ ملغم / لتر كبريتات المنغنيز كانت في اعلاها في حين لم تجري زيادة تركيز المنغنيز الى اكثر مما استعمل . الا ان ذلك لايعني نهاية المطاف بالنسبة لكفاءة الانتاج ولكن طالما ان طبيعة وكميات النواتج العرضية التي تتكون نتيجة نمو الاحياء المجهرية تختلف من نوع الى آخر ومن عترة الى عترة وبما ان هناك العديد من الاحياء المجهرية القادرة على تخمير سكر الحليب فسيكون من المجدي دراسة امكانية استخدام انواع اخرى من هذه الاحياء المجهرية بدلا من بكتريا القولون ومقارنة تأثيرها على كفاءة انتاج الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي .

شكر وتقدير :

نتقدم بالشكر الجزيل للسيد جمال ناصر المعاضيدي لمساعدته الفنية في انجاز جزء من التجارب في هذه الدراسة

- 1- Margaritis, A. and J. Vogrinetz. 1983. The effect of glucose concentration and pH on hydrogen production by Rhodopseudomonas spheroides VM 81. Int. J. Hydrogen Energy, 8: 281-284.
- 2- Gest. H. and M. D. Kamen. 1949. Photoproduction of molecular hydrogen by Rhodospirillum rubrum. Science , 109: 558-559.
- 3- Bolliger, R., H. Zurrer and R. Bachofen. 1985. Photoproduction of hydrogen from waste water of a sugar refinery by photosynthetic bacteria. Appl. Microbiol. Biotechnol., 23: 147-151.
- 4- Miyake, J., X. Mao and S. Kawamura. 1984. Photoproduction of hydrogen from glucose by a co-culture of a photosynthetic bacterium and Clostridium butyricum, J. Ferment. Technol., 62: 531-535.
- 5- Segers, L. and W. Verstraete. 1983. Conversion of organic acid to H₂ by Rhodospirillaceae grown with glutamate or dinitrogen as nitrogen source , Biotechnol. Bioeng., 25: 2843-2853.
- 6- Weetall, H. H., B. P. Sharma and C. C. Detar. 1981. Photometabolic production of hydrogen from organic substrates by free and immobilized cultures of Rhodospirillum rubrum and Klebsiella pneumoniae. Biotechnol. Bioeng., 23: 605-614.
- 7- Zurrer, H., M. Berchtold and R. Bachofen. 1981. Hydrogen production by photosynthetic microorganisms. In G. Akoyunoglou , ed. , Photosynthesis VI. Photosynthesis and Productivity, Photosynthesis and Environment, pp. 689 - 697. Balaban Int. Sc. Service, Philadelphia, Pa .
- 8- Meyer, J., B. C. Kelley and P.M. Vignais .1978. Effect of light on nitrogenase function and synthesis in Rhodopseudomonas capsulata. J. Bacteriol., 136: 201-208.
- 9- Zurrer, H. and R. Bachofen. 1979. Hydrogen production by photosynthetic bacterium Rhodospirillum rubrum . Appl. Environ. Microbiol., 37: 789-793.
- 10- Weaver, P. E., S. Lien and M. Seibert. 1980. Photobiological production of hydrogen. Solar Energy, 24: 3-45.
- 11- Hawk, P. B., B. L. Oser and W. H. Summerson. 1954. Practical Physiological Chemistry (13th Edn). Mc Graw - Hill Co. Inc., New York .
- 12- Hullin, R. P. and R. L. Noble. 1953. The determination of lactic acid in microgram quantities. Biochem., J., 55: 289-291.
- 13- Stanier, R. Y. E. A. Adelberg and J. L. Ingraham. 1977. General Microbiology (4th Edn) pp. 612-629 Macmillan Press, London.
- 14- Weaver, P. F. 1981. Photoconversion of organic substrates into hydrogen using photosynthetic bacteria. Proceedings of Fifth Conference on Energy from Biomass and Wastes. 489-497.

شكل (١) انتاج الهيدروجين من مزرعة بحجم ١٢٥ ميليلتر شرش تحوي بكتريا
التركيب الضوئي غير معاملة (▲)، معاملة مع بكتريا القولون (●)
والوسط الصناعي RCV (○) .

شكل (٢) انتاج الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي المنمأة في الشرش
غير المعاملة والحاوي على ٥٠% وسط RCV (○) او املاح حامض اللبنيك
(△) .

شكل (٣) التغير في كمية سكر الحليب (○) وحامض اللبنيك (●) في شرش الجبن
المعاملة مع بكتريا القولون لافترات مختلفة . (×) يمثل التغير في
عدد خلايا بكتريا القولون الحية .

شكل (٤) انتاج الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي المنمأة في الشرش
المعاملة مع بكتريا القولون للفترات يوم واحد (▲) ، يومان (△)
ثلاثة ايام (○) اربعة ايام (●) وخمسة ايام (×) وللشرش غير
المعاملة (□) .

شكل (٥) انتاج الهيدروجين بواسطة بكتريا التركيب الضوئي من شرش غير معاملة
(الخطوط المتقطعة) الحاوي على ٣٠-٣٠ مليمول من املاح الصوديوم الحامض
اللبنيك (●) او على ٣٠ مليمول من كل من املاح الصوديوم لحامض
اللبنيك وحامض الليمون وحامض الخليك والسكسينك والايثانول (○)
وللوضوح لم ترسم نتائج استخدام كل من هذه المواد على حدة ماعدا
املاح حامض اللبنيك وذلك لكون هذه الاملاح لم تؤثر على كفاءة الانتاج .

شكل (٦) تأثير اضافة ايون الحديد على انتاج الهيدروجين من شرش الجبن
المعاملة مع بكتريا القولون والحاوي على الحديد بتراكيز ٥ ملغم/لتر
(○) و ١٠ ملغم/لتر (●) و ٢٠ ملغم/لتر (▲) . يمثل الخط
المتقطع الشرش المعاملة دون اضافة .

شكل (٧) تأثير اضافة عنصر المولبدينوم على كمية الهيدروجين المنتج من الشرش

المعامل والحاوي على ٥ ملغم حديد / لتر ومولبيدات الصوديوم بتركيز ٠٨

ملغم / لتر (○) و ١٦ ملغم / لتر (▲) وشرش معامل فقط (●) .

شكل (٨) تأثير اضافة مزيج من الحديد (٥ ملغم / لتر) و المولبدنيوم

(٠٨ ملغم / لتر) والمنغنيز بتركيز ٢٥٨ ملغم / لتر (○) ، ١٢ ملغم

/ لتر (▲) و ٧٦٨ ملغم / لتر (●) .

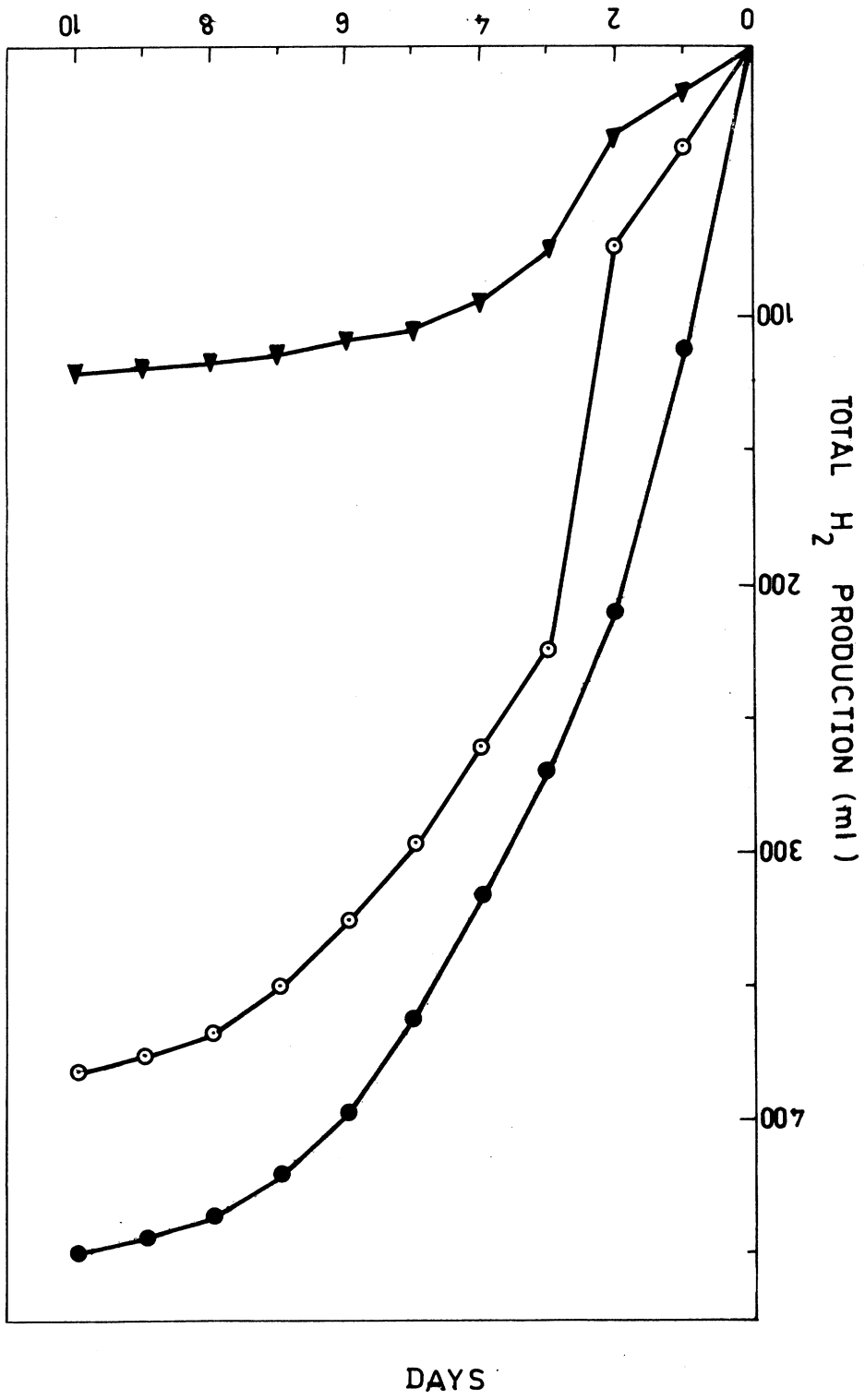


Figure (1)

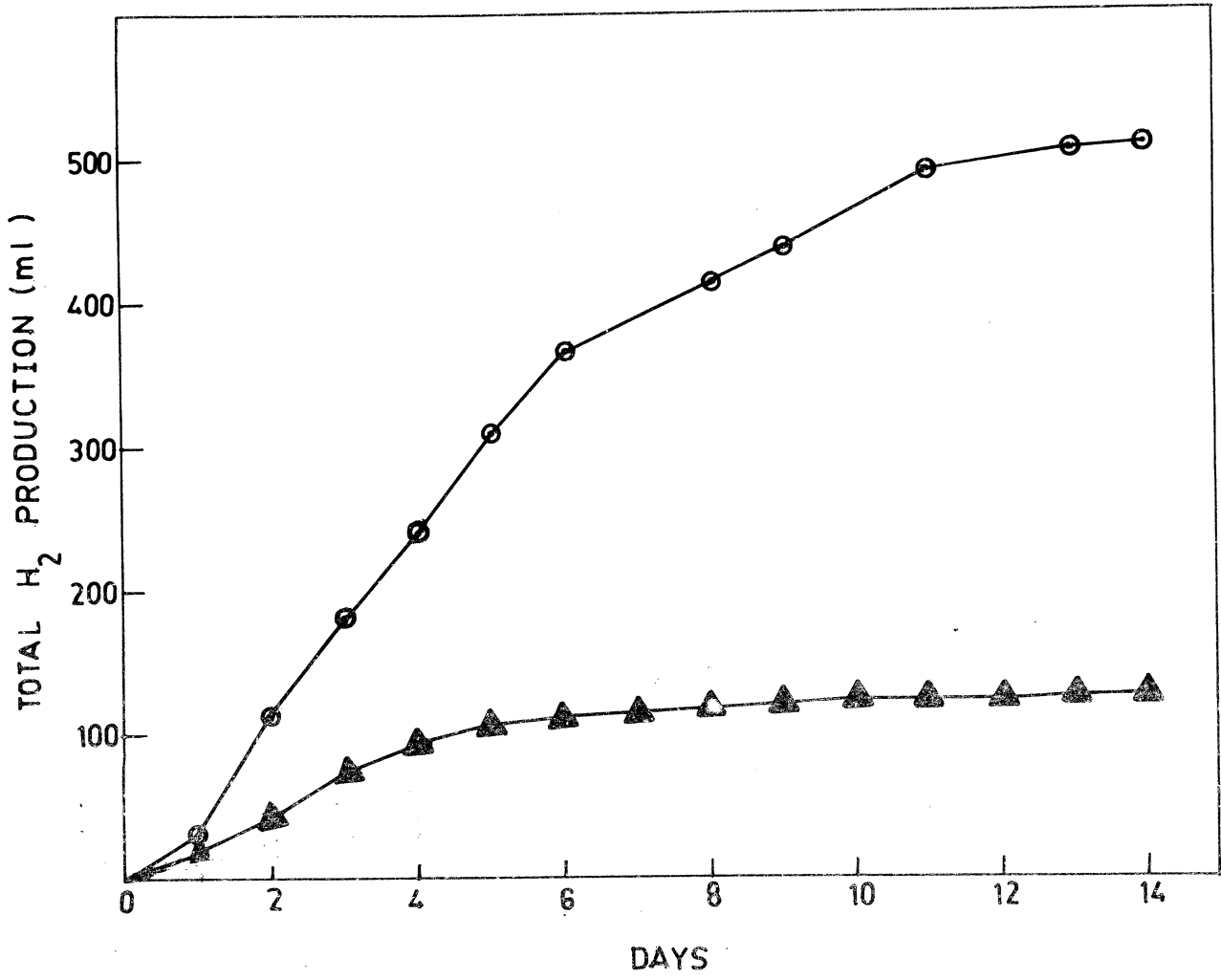


Figure (2)

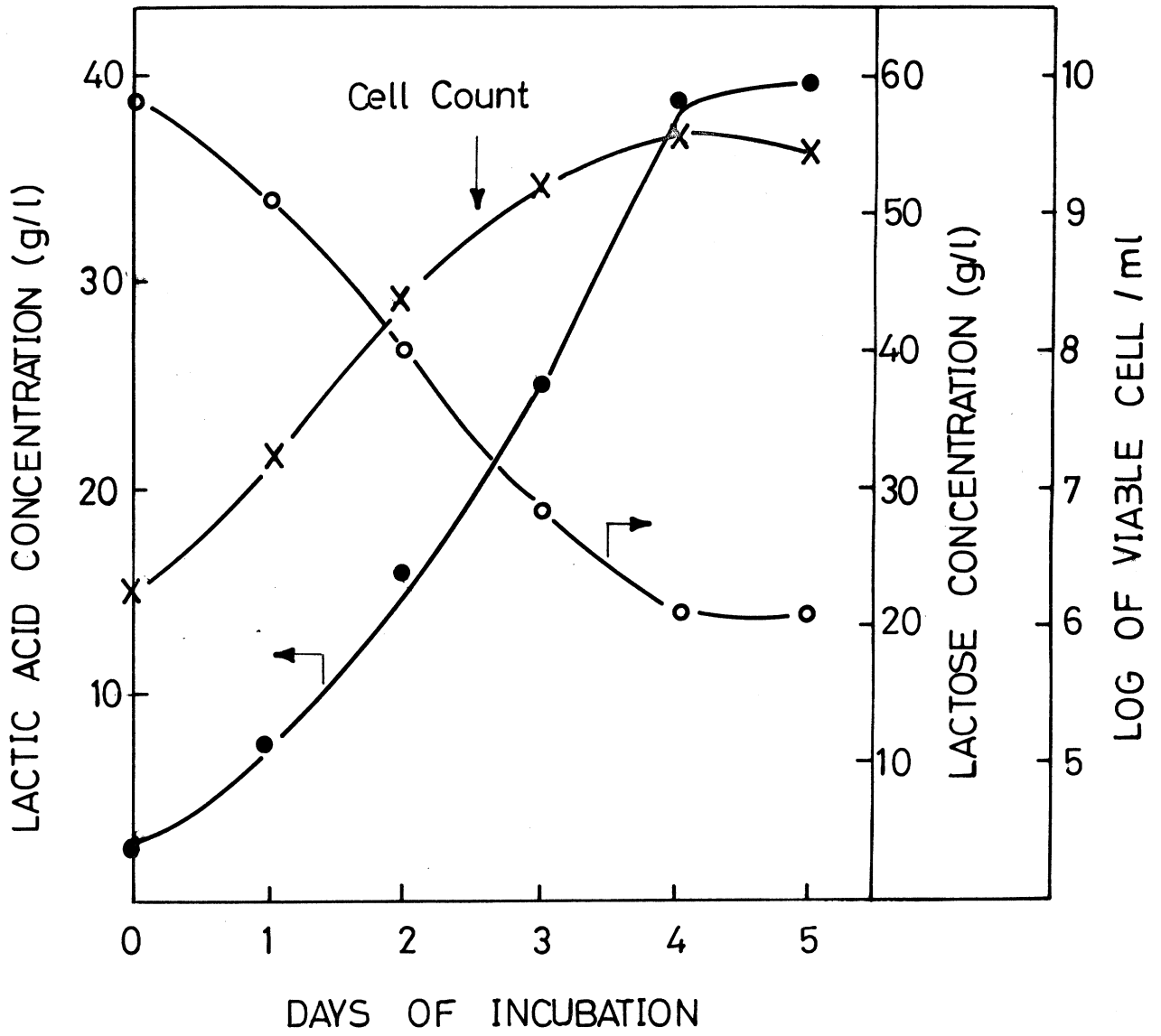


Figure (3)

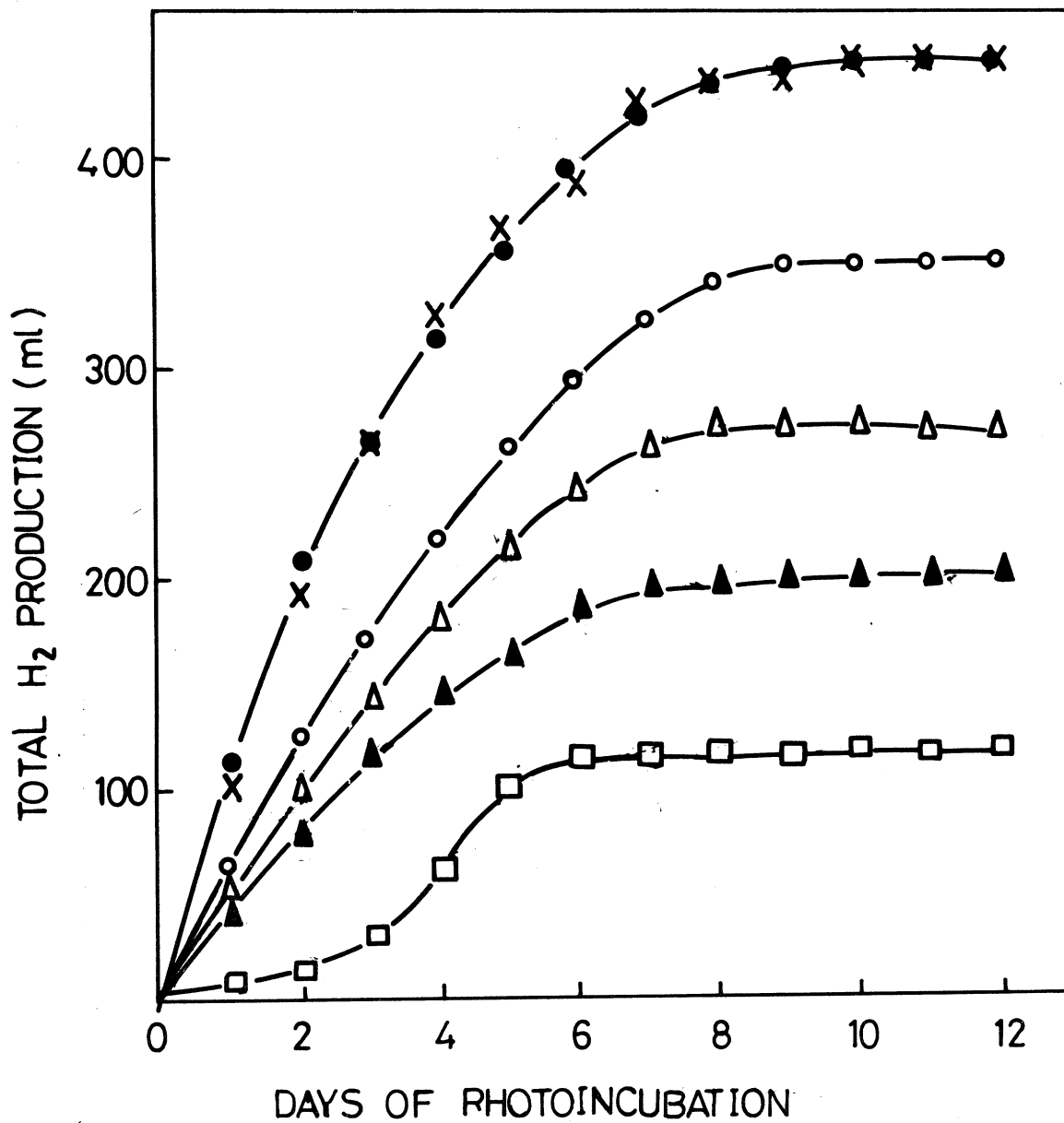


Figure 4

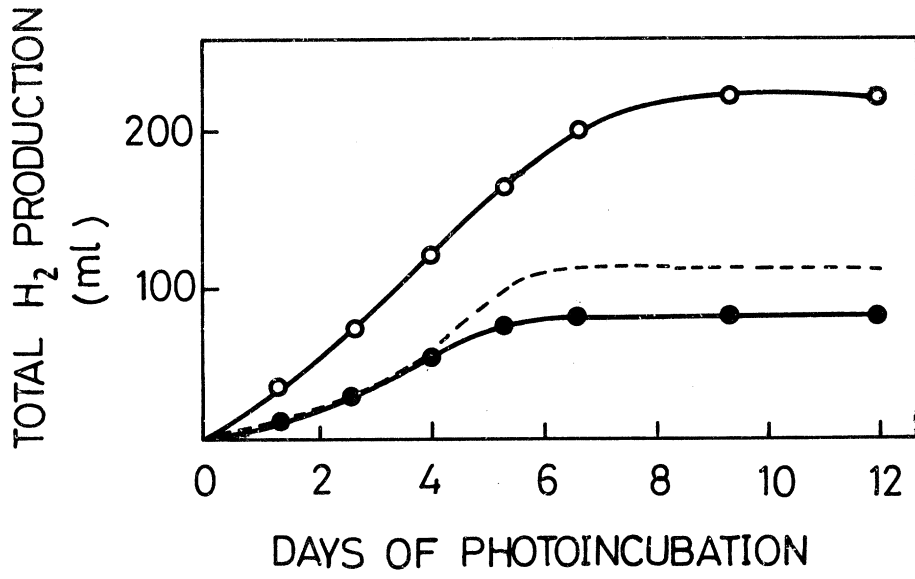


Figure 5

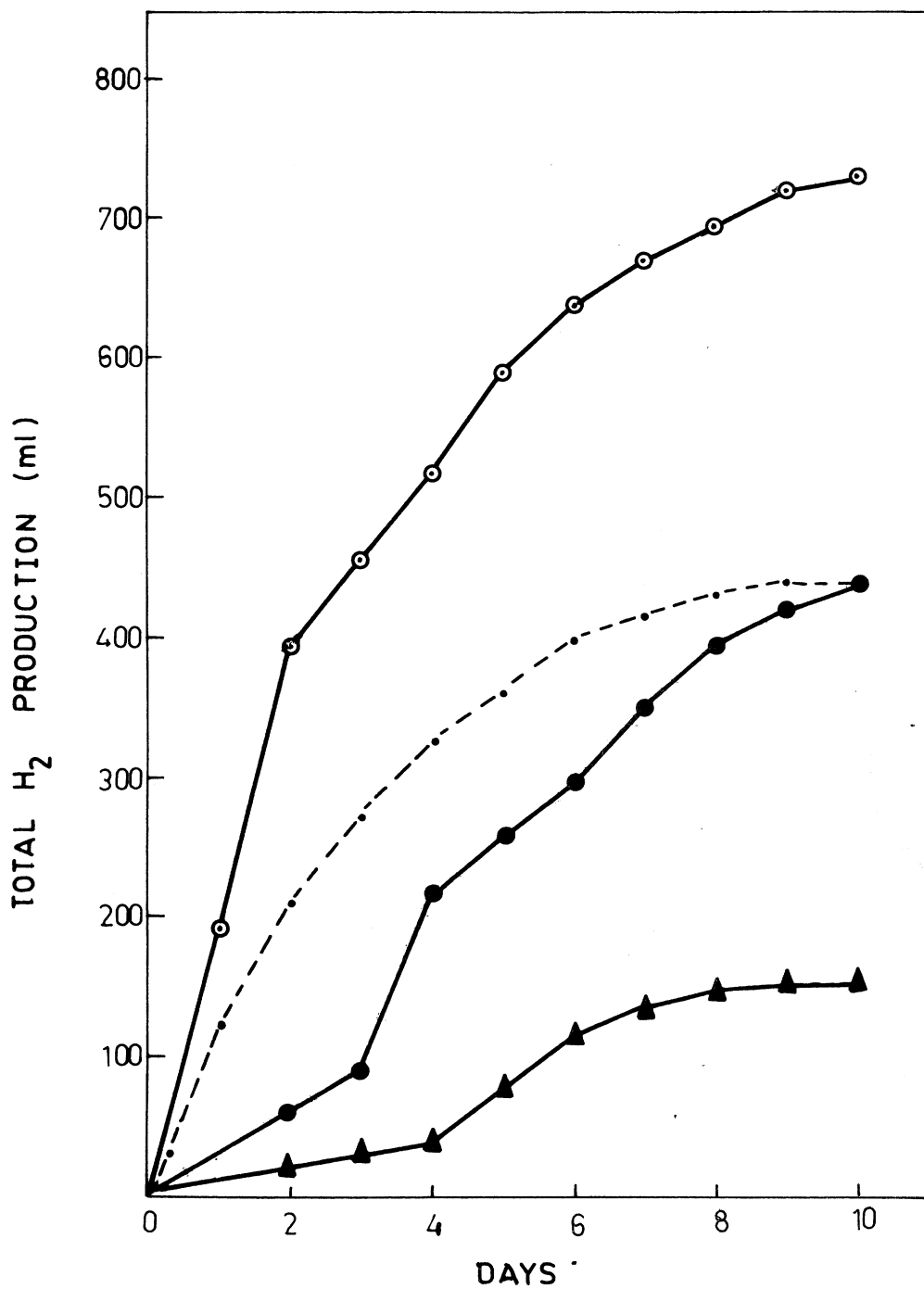


Figure 6

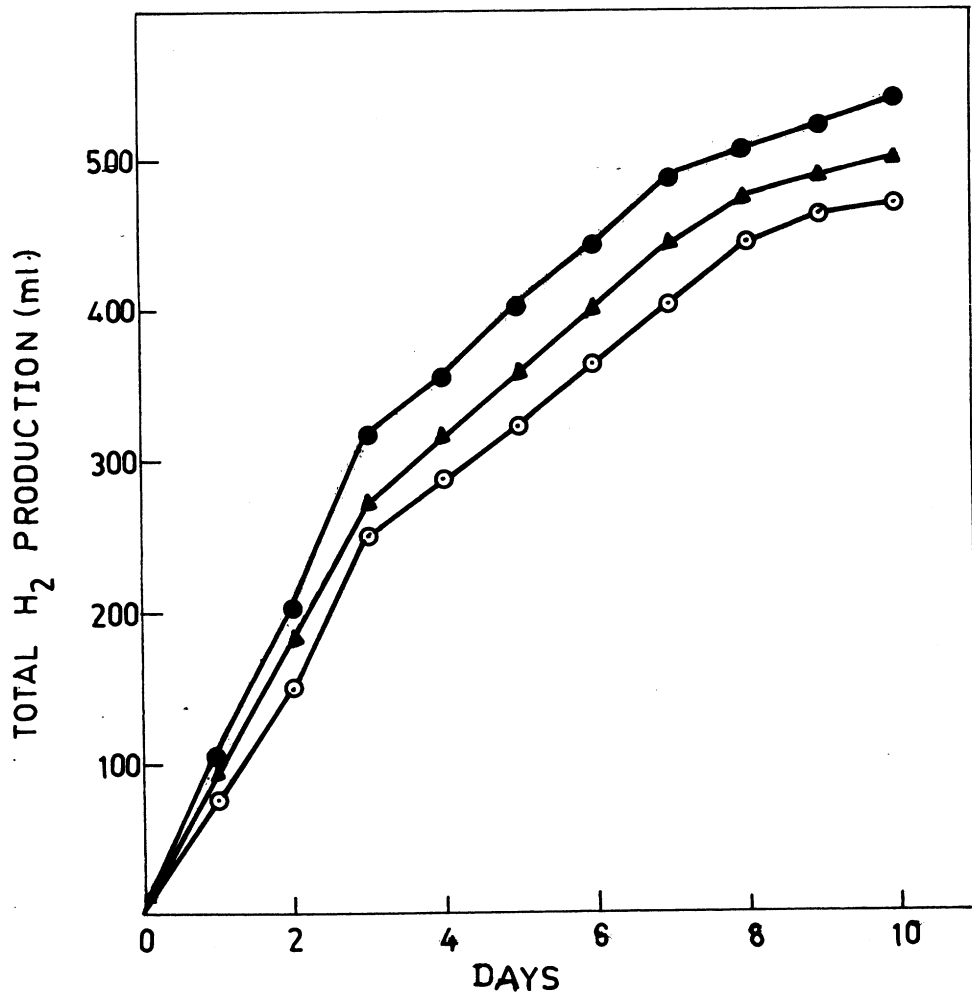


Figure 7

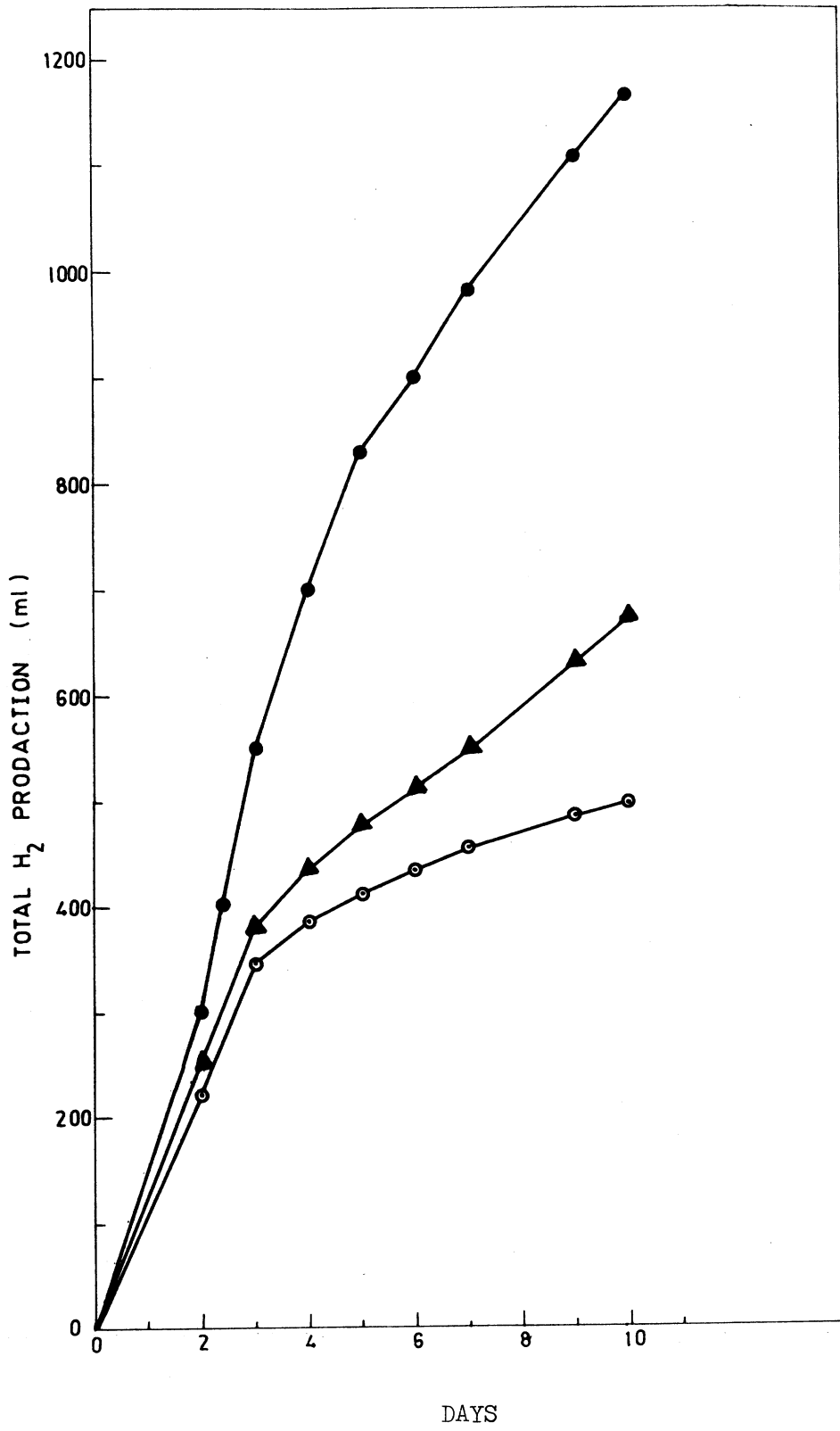


Figure 8

