

INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS ON MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDES SYNTHESIS

M. Ivahniuk, N. Gritsenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Exopolysaccharides
Producer
Biosynthesis
Intensification of biosynthesis
Substrate*

ABSTRACT

The current literature data about the influence of cultivation conditions on the synthesis of exopolysaccharides (EPS) by different physiological groups of microorganisms are presented in the review. It was shown that the synthesis of EPS (its concentration, yield from biomass and substrate) as well as their physical and chemical properties depend on nature and concentration of carbon and nitrogen sources, C/N ratio, physical and chemical factors (level of aeration, temperature, pH). The article presents data about the possibility of microbial polysaccharides synthesis on unconventional substrates (engine oil, whey and technical glycerol), and the ability to synthesize EPS by extremophilic microorganisms.

Article history:

Received 30.09.2014
Received in revised form
12.10.2014
Accepted 25.10.2014

Corresponding author:

M. Ivahniuk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ВПЛИВ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ НА СИНТЕЗ МІКРОБНИХ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ

М.О. Івахнюк, Н.А. Гриценко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано сучасні літературні дані про вплив умов культивування на синтез екзополісахаридів (ЕПС) мікроорганізмами різних фізіологічних груп. Показано, що показники синтезу ЕПС (концентрація, вихід від біомаси та субстрату), а також їх фізико-хімічні властивості залежать від природи і концентрації джерела вуглецю й азоту, їхнього співвідношення та фізико-хімічних факторів (рівень аерації, температура, рН). Наведено дані про можливості синтезу мікробних полісахаридів на нетрадиційних субстратах (моторна олива, молочна сироватка й технічний гліцерин), а також синтезу ЕПС екстремофільними мікроорганізмами.

Ключові слова: екзополісахариди, продуцент, біосинтез, інтенсифікація біосинтезу, субстрат.

Мікробні екзополісахариди (ЕПС) — це високомолекулярні полімери, які широко використовуються у харчовій, парфумерній, нафтовидобувній і текстильній промисловості завдяки своїм властивостям змінювати реологічні

характеристики водних систем [1, 8, 11]. Останнім часом ЕПС знаходять широкое застосування в медицині як імуномодулятори, антивірусні препарати і стимулятори кровотворення [2].

У зв'язку з цим у багатьох науково-дослідних лабораторіях провідних країн світу проводиться розробка ефективних способів одержання полісахаридів шляхом мікробіологічного синтезу. До промислово-значущих полісахаридів належать: ксантан (продуцент *Xanthomonas campestris*), склероглюкан (продуценти *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotium* sp.), курдлан (продуценти *Agrobacterium* sp., *Cellulomonas flavigena*), пулулан (продуцент *Aerobasidium pullulans*) [1, 11]. Проте й далі ведуться активні пошуки нових продуцентів, які б синтезували велику кількість ЕПС з необхідними реологічними властивостями за мінімальних економічних витрат.

Мета дослідження. Узагальнення сучасних літературних даних про вдосконалення технологій одержання мікробних полісахаридів різними продуцентами за зміни умов культивування.

Результати і обговорення. *Природа і концентрація джерела вуглецю.* Оптимізація умов культивування продуцентів ЕПС насамперед передбачає вибір субстрату (суміші субстратів) та інших важливих компонентів поживного середовища. Зазвичай для одержання мікробних полісахаридів використовують вуглеводні субстрати, а дані про синтез цих метаболітів на промислових відходах є вкрай обмеженими [4, 8].

У [2] досліджувалася здатність бактерій *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* CRC 002 синтезувати ЕПС на середовищі з глюкозою, галактозою, лактозою або фруктозою (2 %, об'ємна частка). Встановлено, що максимальна кількість синтезованого ЕПС (1080 мг/л) спостерігалася за використанням лактози, а при внесенні фруктози, галактози або глюкоза показники синтезу полісахариду були майже однаковими: 512, 564 і 616 мг/л відповідно. Автори зазначають, що за використання інших субстратів відбувалося утворення кислот, що інгібувало ріст клітин і синтез продукту [2].

Для синтезу мікробних полісахаридів можливе використання такого субстрату, як моторна олива. *Acinetobacter* sp. DR1 вирощували на середовищі з оливою за концентрації 1—3 % (об'ємна частка). Встановлено, що продуцент синтезував близько 780 мг ЕПС/г біомаси за концентрації оливи 2 % [3]. Використання вищої концентрації моторної оливи інгібувало ріст клітин через наявність у ній токсичних речовин.

Зазвичай біосинтез левану *Halomonas* sp. AAD6, здійснюють на середовищі із сахарозою. Проте перспективним є використання субстратів, які є відходами інших галузей промисловості, наприклад, меляса. Встановлено, що штам AAD6 трансформував 30 г/л меляси в 12,4 г/л полісахариду. У той же час, за умов росту *Halomonas* sp. AAD6 на середовищі з 50 г/л сахарози, кількість синтезованого ЕПС становила всього 1,84 г/л [4].

Утворення ксантану *Xanthomonas campestris* ATCC 13951 спостерігали за умов росту продуцента на молочній сироватці [5]. Сироватка є основним відходом виробництва молочних продуктів і характеризується вмістом великої кількості лактози. Молочний білок — це другий важливий компонент, що міститься у сироватці в концентрації 1 % (об'ємна частка). Необхідність ути-

лізації сироватки є важливою проблемою для молочної галузі, оскільки щоденно у світі утворюється в середньому 500 м³ цього відходу виробництва [5].

Штам АТСС 13951 вирощували на поживному середовищі з трьома типами сироватки: депротейнізованою, або частково гідролізованою, або гідролізованою та депротейнізованою [5].

Показано, що *X. campestris* АТСС 13951 на середовищі з гідролізованою сироваткою (43 г/л) синтезував 28 г/л ЕПС, тоді як використання депротейнізованої сироватки і тієї, що була гідролізована та депротейнізована, не дало бажаних результатів. Це свідчать про те, що немає необхідності депротейнізувати сироватку, потрібно лише гідролізувати її лактозу β-лактамазою [5].

Інші автори встановлювали вплив різної концентрації сахарози (12,1—37,8 г/л), нітрату амонію та дріжджового автолізату на синтез ксантану *X. Campestris* pv. *campestris* NRRL B-1459. Так, кількість синтезованого полісахариду досягала 15,8 г/л при культивуванні продуцента на середовищі з 25 г/л сахарози, 3,0 г/л дріжджового екстракту та 0,86 г/л нітрату амонію [6].

У [7] досліджено вплив різної концентрації глюкози (10—40 г/л) на підвищення біосинтетичної здатності гриба *Volvariella volvacea* AMLR 188. Встановлено, що максимальну кількість ЕПС (1,1—1,5 г/л) спостерігали за умов росту штаму з 30 г/л глюкози [7].

У [8] встановлено, що бактерії *Pseudomonas oleovorans* NRRLB-14682 синтезують високомолекулярні екзополісахариди під час росту на технічному гліцерині. Найбільша кількість синтезованих ЕПС (12,18 г/л), продуктивність (3,85 г/л/доба) і вихід від субстрату (0,36 г/г) досягалися при культивуванні бактерій на неочищеному гліцерині, ці ж показники під час росту на чистому гліцерині становили всього 11,82 г/л, 2,00 г/л/доба та 0,28 г/г відповідно [8].

У [9] описано процес біосинтезу ЕПС за періодичного культивування *Aerobasidium pullulans* IMS822 на мінеральному середовищі із сахарозою. За наявності в середовищі 165,3 г/л сахарози, 3,08 г/л нітрату натрію штам IMS822 синтезував 29 г/л ЕПС упродовж 84 год росту [9].

Продуцент склероглюкану *Sclerotium glucanicum* NRRL 30063 культивували на середовищі, що містило 30 г/л глюкози або 35 г/л сахарози. Встановлено, що за використання цих джерел вуглецю кількість синтезованого склероглюкану досягала 8,5—10 г/л [11]. Внесення сахарози в середовище культивування *S. glucanicum* NRRL 30063 у концентрації понад 45 г/л призводило до інгібування росту і, відповідно, зниження синтезу полісахариду.

У [19] вивчали вплив високих концентрацій сахарози (до 150 г/л) на синтез ЕПС *Sclerotium rolfsii* АТСС 15206. Так, продуцент синтезував 16,5 г/л склероглюкану на середовищі, що містило сахарозу у концентрації 80 г/л. Проте при культивуванні не вся сахароза споживалася, що свідчить про економічну недоцільність введення такої кількості субстрату у середовище [19].

У праці [12] досліджено біосинтез ЕПС *Paenibacillus polymyxa* 1465 на середовищі з глюкозою (30 г/л) або сахарозою (30 г/л). Встановлено, що штам 1465 синтезував лише 2,1 г/л полісахариду на середовищі з глюкозою. Водночас при використанні сахарози як джерела вуглецю кількість синтезованого ЕПС збільшилася до 12,4 г/л [12].

Проаналізовані наукові праці останніх років підтвердили можливість розширення сировинної бази мікробіологічного виробництва ЕПС за рахунок використання альтернативних субстратів (сироватка, м'яса, моторна олива, гліцерин тощо). Проте кількість полісахаридів, одержуваних дотепер з відходів інших галузей, залишається невеликою, а основним джерелом вуглецю й енергії для культивування продуцентів ЕПС залишаються вуглеводи.

Природа і концентрація джерела азотного живлення. Для утворення ЕПС суттєве значення має співвідношення концентрації вуглецю і азоту (C/N) у середовищі культивування продуцента [1, 7]. Відомо, що дуже низький вміст азоту призводить до зниження рівня біомаси, зміни фізичного стану клітин та зменшення виходу ЕПС від субстрату, тому необхідним є встановлення оптимального співвідношення C/N [1].

У праці [15] вивчено вплив дворазового внесення NH_4Cl на синтез ЕПС, *Alteromonas* sp. 1644. Початкова концентрація хлориду амонію у середовищі культивування становила 0,4 г/л, а на початку експоненційної фази його додатково вносили у такій же кількості. За цих умов культивування штам 1644 синтезував 2 г/л полісахариду, а вихід ЕПС від субстрату був на 50 % вищим, ніж за разового внесення 0,8 г/л NH_4Cl [13].

У [15] досліджено вплив природи і концентрації джерела азотного живлення на синтез ЕПС *A. pullulans* ATCC 9348. Так, штам ATCC 9348 трансформувалася 0,13 г/л NaNO_3 в 7,8 г/л пулулану. Проте при підвищенні концентрації нітрату натрію до 0,78 г/л кількість синтезованого ЕПС знизилася майже вдвічі [15]. Автори зазначають, що наявність нітрату натрію у середовищі культивування *A. pullulans* ATCC 9348 у концентрації 0,13 г/л супроводжується зміною не лише кількості утвореного клітинами ЕПС, а і його хімічного складу. За такої кількості джерела азоту синтезувався ЕПС із значною кількістю мальтотріозних залишків, тоді як використання вищої кількості нітрату натрію (0,78 г/л) супроводжувалося зміною мальтотріозних залишків на глюкозу [15].

Заміна нітрату натрію на сульфат амонію (0,13 г/л) у процесі безперервного культивування *A. pullulans* ATCC 9348 призвела до збільшення синтезу пулулану до 12 г/л. Підвищення концентрації $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до 0,78 г/л у середовищі культивування супроводжувалося підвищенням рівня біомаси, проте не ЕПС [14].

У [9] встановлено, що при концентрації нітрату натрію 3,08 г/л та за високих концентрацій вуглецю (165,7 г/л сахарози) *A. pullulans* IMS822 синтезував 29 г/л ЕПС упродовж 84 год [9].

Для культивування *Volvariella volvacea* AMLR 188 як джерело азоту використовували такі органічні сполуки, як дріжджовий екстракт і пептон. За наявності в середовищі 2,5 г/л дріжджового автолізату (використовували автолізат, який у своєму складі містив 11 % азоту) та 3,5 г/л пептону штам AMLR 188 синтезував 1,5 г/л полісахариду [7].

Отже, синтез ЕПС може відбуватися як за наявності органічного, так і неорганічного азоту, велике значення також має його концентрація і співвідношення C/N, адже за низького вмісту джерела азоту в середовищі культивування можливе суттєве підвищення виходу полісахариду відносно біомаси та субстрату.

Аерація. Продукенти ЕПС, в основному, є строгими аеробами, рідше факультативними анаеробами. Рівень дихання бактерій впливає на синтезу полісахариду, оскільки при інтенсивному диханні кількість синтезованого ЕПС зменшується, тому що основна частина субстрату перетворюється на CO_2 , а недостатня концентрація розчиненого кисню може пригнічувати ріст клітин [1, 18].

У [16] досліджено вплив швидкості перемішування (в діапазоні 200—700 об/хв) на синтез альгінату, продуцентом якого є *Azotobacter vinelandii* ATCC 9046. Культивування здійснювали у лабораторному ферментері упродовж 72 год. Результати показали, що при швидкості перемішування 400 об/хв штам ATCC 9046 синтезував максимальну кількість альгінату (4,51 г/л). В'язкість культуральної рідини досягала 24,61 Па·с при цій же швидкості перемішування, в той час як її збільшення до 700 об/хв призводило до зниження в'язкості (4,26 Па·с).

Важливим є дослідження впливу швидкості перемішування на співвідношення D-гіалуронової та D-мануронової кислот у складі альгінату, оскільки найвищі реологічні властивості даного ЕПС спостерігаються при їх співвідношенні 1:1 [16]. Одержані результати свідчать про те, що оптимальною швидкістю перемішування є 400 об/хв.

У [18] досліджено синтез курдлану *Agrobacterium* sp. ATCC 31749 у діапазоні концентрації розчиненого кисню (pO_2) 5—75 % від насичення повітрям [18]. Результати показали, що при pO_2 5 % концентрація курдлану становила 15 г/л, а при pO_2 60 % цей показник був втричі вищим (42,8 г/л) [18].

У [11] встановлено, що для *S. glucanicum* NRRL 30063, продуцента склероглюкану, оптимальною швидкістю перемішування є 400 об/хв. У таких умовах культивування штам NRRL 30063 синтезував 15 г/л полісахариду [11].

Отже, потреба в розчиненому кисні є одним з основних факторів, що регулює синтез полісахаридів. Оптимальне значення pO_2 може змінюватися для продуцента на різних фазах росту. Проаналізована література також продемонструвала можливість зміни реологічних властивостей полісахаридів за рахунок зміни швидкості перемішування.

Температура. За відношенням до температури мікроорганізми поділяються на психрофіли, мезофіли, термофіли [13]. Зазвичай продуценти ЕПС належать до мезофілів, а підвищення синтезу ЕПС при екстремальних температурах можна розглядати як прояв захисних функцій у відповідь на неоптимальні умови існування [1, 13].

Так, для штаму *Bacillus megaterium* RB-05 встановлено, що оптимальною температурою для синтезу полісахариду (0,852 г/л) є 34 °С, а за температури нижче 30 °С концентрація синтезованого ЕПС знижувалася майже вдвічі [20].

Оптимальною температурою для синтезу склероглюкану *S. glucanicum* NRRL 30063 та *S. rolfisii* ATCC 15206 є 28 °С, за таких умов культивування концентрація ЕПС становила 45 г/л та 16,5 г/л відповідно [11, 21].

Останніми роками з'являються поодинокі повідомлення про синтез полісахаридів не лише мезофільними мікроорганізмами, а й штамми, які були виділені з глибоководних джерел, вулканічних і гідротермальних морських зон [13]. Так, у [13] встановлено, що оптимальною температурою для *Thermococcus litoralis* NS-C — продуцента протипухлинного ЕПС — є 88 °С [13].

Alteromonas macleodii sp. *fijiensis*, виділений із високотермальних водойм (60 °С), синтезує ЕПС, який характеризується здатністю зв'язувати іони важких металів, завдяки наявності у складі ЕПС залишків уронової, сульфатної кислот і пірувату. При температурі 60 °С продуцент синтезував 6 г/л ЕПС упродовж 60 год культивування [13]. Виділений із підводних морських печер *Geobacillus* sp. 4004 може синтезувати 90 мг/л ЕПС при температурі 60 °С та рН 7. У складі ЕПС виявлено глюкозу, галактозу і манозу [13].

Термотолерантні бактерії *Bacillus thermodenitrificans* В3-72 та *Bacillus licheniformis* В3-15, виділені з неглибоких гарячих водойм біля острова Вулкан (Італія), на середовищі з глюкозою синтезують 70 мг/л та 165 мг/л ЕПС відповідно. Встановлено, що цьому полісахариду притаманні імуномодулюючі властивості [13]. У літературі є повідомлення про синтез ЕПС мікроорганізмами, виділеними з холодних морських зон (-2...+15 °С) [13].

У [13] описано вирощування *Pseudoalteromonas* sp. SM9913, ізольованого із морської глибини (1855 м), при температурі 15 °С. За таких умов штам SM9913 синтезував 5,25 г/л ЕПС, основним компонентом якого є глюкоза (61,8 %) [13]. Із розтопленого морського льоду, зібраного в Південному океані, виділено *Pseudoalteromonas* CAM025, який синтезує ЕПС в широких температурних межах (-2...+20 °С). Найбільший вихід полісахариду становив 100 мг ЕПС/г АСБ при температурі -2...+5 °С [13].

Використання екстремофільних бактерій як продуцентів ЕПС надає можливість розширити межі практичного використання полісахаридів, стійких до різних температур. Крім того, культивування продуцентів ЕПС за досить високих чи низьких температур виключає необхідність у стерильності процесу.

рН. Встановлення оптимального значення рН для продуцентів різних важливих метаболітів є досить важливим, оскільки цей параметр може змінювати активність мікробних ферментів, що, відповідно, впливатиме на синтез вторинних метаболітів [18].

P. oleovorans NRRL В-14682 синтезує ЕПС (11,82 г/л) за умов росту на середовищі із гліцирином при рН 6,85 [8]. За нейтрального значення рН *X. campestris* pv. *campestris* NRRL В-1459 та *X. campestris* ATCC 13951 синтезували 15,8 та 22 г/л ЕПС відповідно [6].

Оптимальним для синтезу пулулану *A. pullulans* є рН 4,5. За таких умов росту продуцент синтезував до 15 г/л ЕПС [15].

Для продуцента склероглюкану *S. glucanicum* NRRL 30063 розроблено двостадійний спосіб культивування, що базується на підтриманні різного значення рН: на першому етапі рН середовища підтримували на рівні 3,5 упродовж 36 год для накопичення біомаси, на другому — рН доводили до 4,5, оптимального для синтезу ЕПС. Встановлено, що за двостадійного способу культивування *S. glucanicum* NRRL 30063 синтезував до 10 г/л склероглюкану [11].

Отже, більшість продуцентів ЕПС є нейтрофілами, винятком може бути продуцент пулулану (*A. pullulans*), який синтезує максимальну кількість полісахариду за рН 4,5. Для деяких штамів значення рН може бути різним для утворення біомаси та синтезу полісахариду, тому умови їх культивування передбачають підтримання різних значень рН на різних етапах росту.

Висновки

Умови культивування продуцента суттєво впливають як на концентрацію синтезованого ЕПС, так і на його фізико-хімічні властивості. До найважливіших факторів належать природа і концентрація джерела вуглецю та азоту, рівень аерації, температура, рН. Показано можливість використання нетрадиційних субстратів (сироватка, гліцерин, моторна олива) для синтезу ЕПС, проте, незважаючи на це, вуглеводи залишаються основним джерелом вуглецю й енергії у технологіях мікробного синтезу полісахаридів. Використання як продуцентів ЕПС термофільних і психрофільних бактерій надає можливість одержувати стійкі до різних температур полісахариди, що розширює межі їх практичного використання.

Література

1. Підгорський В.С. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог — К.: «Наукова думка», 2010. — 328 с.
2. Audy J. Sugar source modulates exopolysaccharide biosynthesis in *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* CRC002 / J. Audy, S. Labrie, D. Roy // *Microbiol. — 2010. — Vol. 156, № 3. — P. 653—664.*
3. Kang Y. Protection against diesel oil toxicity by sodium chloride-induced exopolysaccharides in *Acinetobacter* sp. strain DR1 / Y. Kang, W. Park // *J. Biosci. Bioeng. — 2010. — Vol. 109, № 2. — P. 118—123.*
4. Faruk K. Molasses as fermentation substrate for levan production by *Halomonas* sp. / K. Faruk, K. Hande // *Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2011. — Vol. 89, № 8. — P. 1729—1740.*
5. Savvides A. Xanthan production by *Xanthomonas campestris* using whey permeate medium / A. Savvides, E. Katsifas // *World J Microbiol. Biotechnol. — 2012. — Vol. 28, № 8. — P. 2759—2764.*
6. Faria S. Comparison between shaker and bioreactor performance based on the kinetic parameters of xanthan gum production medium / S. Faria, P. Vieira // *Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2009. — Vol. 156, № 1—3. — P. 45—58.*
7. Panagiota D. Mushroom polysaccharides and lipids synthesized in liquid agitated and static cultures. part II: study of *Volvariella volvacea* / D. Panagiota, P. Seraphim // *Appl. Biochem. Biotechnol. — 2011. — Vol. 167, № 7. — P. 1890—1906.*
8. Freitas F. Production of a new exopolysaccharide by *Pseudomonas oleovorans* NRRL B-14682 grown on glycerol / F. Freitas, V. Awes, J. Pais // *Biores. Technol. — 2010. — Vol. 45. — P. 297—305.*
9. Yoon S. Optimization of culture medium for enhanced production of exopolysaccharide from *Aureobasidium pullulans* / S. Yoon, E. Hong, S. Kim and other. // *Bioprocess. Biosyst. Eng. — 2012. — Vol. 35, № 1—2. — P. 167—172.*
10. West T.P. Effect of carbon source on polysaccharide production by alginate-entrapped *Aureobasidium pullulans* ATCC 420223 cells / T.P. West // *J. Basic. Microbiol. — 2011. — Vol. 51, № 6. — P. 673—681.*
11. Shrikant A. Scleroglucan: fermentative production, downstream processing and applications / A. Shrikant, S. Parag // *Food Technol. Biotechnol. — 2010. — Vol. 45. № 2. — P. 107—118.*
12. Yegorenkove I. Biofilm formation by *Paenibacillus polymyxa* strains differing in the production and rheological properties of their exopolysaccharides / I. Ye-

gorenkove, K. Tregubova, L. Matora, G. Burygin // *Curr. Microbiol.* — 2011. — Vol. 62, № 5. — P. 1554—1559.

13. *Poli A.* Bacterial exopolysaccharides from extreme marine habitats: production, characterization and biological activities / A. Poli, G. Anzelmo, B. Nicolaus // *Mar. Drugs.* — 2010. — Vol. 8, № 6. — P. 1779—1802.

14. *Leathers T.* Biotechnological production and applications of pullulan / T. Leathers // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2003. — Vol. 62, № 5—6. — P. 468—473.

15. *Orr D.* Culture conditions affect the chemical composition of the exopolysaccharide synthesized by the fungus *Aureobasidium pullulans* / D. Orr, W. Zheng, B.S. Campbell and other // *J. Appl. Microbiol.* — 2009. — Vol. 107, № 2. — P. 691 — 698

16. *Kıvılcımdan C.* An investigation of agitation speed as a factor affecting the quantity and monomer distribution of alginate from *Azotobacter vinelandii* ATCC_9046 / C. Kıvılcımdan, F. Sanin C. Kıvılcımdan, F. Sanin // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* — 2011. — Vol. 39, № 3. — P. 513—519.

17. *Altamirano C.* Alginate production and alg8 gene expression by *Azotobacter vinelandii* in continuous cultures / C. Altamirano, E. Soto // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* — 2011. — Vol. 39, № 4. — P. 613—621.

18. *Zhang H.* Improved curdlan fermentation process based on optimization of dissolved oxygen combined with pH control and metabolic characterization of *Agrobacterium sp.* ATCC 31749 / H. Zhang // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2011. — Vol. 93, № 1. — P. 367—379.

19. *Jochen S.* Scleroglucan: biosynthesis, production and application of a versatile hydrocolloid / S. Jochen, V. Meyer // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2011. — Vol. 91, № 5. — P. 937—947.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА СИНТЕЗ МИКРОБНЫХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ

Н.А. Ивахнюк, Н.А. Гриценко

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы современные литературные данные о влиянии условий культивирования на синтез экзополисахаридов (ЭПС) микроорганизмами различных физиологических групп. Показано, что показатели синтеза ЭПС (концентрация, выход от биомассы и субстрата), а также их физико-химические свойства зависят от природы и концентрации источника углерода и азота, их соотношения и физико-химических факторов (уровень аэрации, температура, pH). Приведены данные о возможности синтеза микробных полисахаридов на нетрадиционных субстратах (моторное масло, молочная сыворотка и технический глицерин), а также синтеза ЭПС экстремофильными микроорганизмами.

Ключевые слова: *экзополисахариды, продуцент, биосинтез, интенсификация биосинтеза, субстрат.*