ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
នាយកដ្ឋានស្រាវជ្រាវនិងនវានុវត្តន៍

OPEN ACCESS

ទស្សនាវដ្តីស្រាវជ្រាវកម្ពុជាសម្រាប់ការអប់រំ និងស្ទែម
Cambodian Journal of Education and STEM

អត្ថបទស្រាវជ្រាវ (Original Article)

ការប្រៀបធៀបមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះខុសៗគ្នានៃផ្សិតមេដំបែ Saccharomyces cerevisiae លើការលូតលាស់ និងផលិតផលអាល់កុល

Comparing Different Types of Media of *Saccharomyces cerevisiae* on Growth and Ethanol Production

ហ៊ន មេតា[១,*] អិន សុខរ៉ា[២] វឹង ណាំរ៉ុង [១] វ៉ា ម៉ារាឌី [១] និង នី សុខហ៊ាន[១]

[១]ដេប៉ាតឺម៉ង់វិទ្យាសាស្ត្រចំណីអាហារ មហាវិទ្យាល័យកសិ-ឧស្សាហកម្ម សាកលវិទ្យាល័យក្រចេះ ខេត្តក្រចេះ ប្រទេសកម្ពុជា

[២]ដេប៉ាតឺម៉ង់វិទ្យាសាស្ត្រដី និងដំណាំ មហាវិទ្យាល័យកសិកម្ម សាកលវិទ្យាល័យក្រចេះ ខេត្តក្រចេះ ប្រទេសកម្ពុជា

អ្នកនិពន្ធទទួលបន្ទុកឆ្លើយឆ្លង៖ rommeta1903@gamil.com

Meta Horn[1,*], In Sokra[2], Namrong Veung[1], Marady Va[1], and Sokheang Ny[1]

[1]Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Agro-industry, University of Kratie, Cambodia

[2]Department of Soil and Crop production, Faculty of Agronomy, University of Kratie, Kratie, Cambodia

*Corresponding author: rommeta1903@gamil.com

https://doi.org/10.62219/cjes.2025316

ទទួលបានអត្ថបទ៖ ៦ មីនា ២០២៤	កែសម្រួល៖ ៧ វិច្ឆិកា ២០២៤	យល់ព្រមឱ្យបោះពុម្ព៖ ១០ មីនា ២០២៥
Received: 6 March 2024	**Revised:** 7 November 2024	**Accepted:** 10 March 2025

មូលន័យសង្ខេប

ដំបែគឺជាផ្សិតឯកកោសិកាដែលលូតលាស់ល្អក្រោមលក្ខខណ្ឌសមស្រប។ ដំបែត្រូវបានគេប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយក្នុងការផលិតអាល់កុលក្នុងផលិតកម្មអាល់កុល និងកាបូនឌីអុកស៊ីតសម្រាប់ផលិតផល នំប៉័ង ស្រា និងផលិតផលជាច្រើនផ្សេងទៀត។ ទាំងនៅក្នុងសិប្បកម្ម និងឧស្សាហកម្ម ត្រូវធ្វើការជ្រើសរើសយកដំបែ និងវត្ថុធាតុដើមដែលសមស្របគឺចាំបាច់ណាស់ក្នុងការបង្កើនប្រាក់ចំណេញ ជាពិសេសនៅពេលពិចារណាទៅលើតម្លៃដែលមានប្រសិទ្ធភាព និងគ្រឿងផ្សំដែលអាចរកបាន។ ការសិក្សានេះមានគោលបំណងវាយតម្លៃពីឥទ្ធិពលនៃប្រភេទមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះផ្សេងៗគ្នាលើការលូតលាស់ផ្សិត និងការផលិតអេតាណុល ដើម្បីកាត់បន្ថយការចំណាយ និងសម្រួលដល់ការស្វែងរកវត្ថុធាតុដើមក្នុងស្រុក។ ការពិសោធត្រូវបានធ្វើឡើងរយៈពេល ៣ ខែ ដោយប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រឆូតជាជួ (Streak plate)

និង ការត្រដូសពាសពេញផ្ទៃនៃចានប៉េទ្រី (Spread plate) ដើម្បីកំណត់ពីចំនួនកូឡូនី (Colony)។ មជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះដែលប្រៀបធៀបមាន៖ T1-PDA ទិញពីផ្សារ T2-PDA ប្រើប្រាស់គ្លុយកូស និង T3-PDA ប្រើប្រាស់ស៊ុចក្រូស។ ការបណ្ដុះនិងរាប់ចំនួនកូឡូនីត្រូវបានប្រើប្រាស់រយៈពេល ១ ខែ។ ការធ្វើល្បើងដោយប្រើប្រាស់ដំបែបានពីការបណ្ដុះត្រូវបានធ្វើឡើងដោយប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូស ៥% និងប្រើរយៈពេលអស់ ២ ខែ។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថា បច្ច័យដែលប្រើប្រាស់មជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះផ្ទុកស៊ុចក្រូស (T៣) មានចំនួនកូឡូនីខ្ពស់ជាងគេជាមធ្យម ៥០៥,៦៧ ± ៤,៩៣ CFU/៥០ µL ។ ការវិភាគ One-way ANOVA បង្ហាញពីភាពខុសគ្នាទៅលើការលូតលាស់ (p<០,០១)។ ទោះយ៉ាងណាក្រោយដំណើរការល្បើង ការប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូស ទិន្នផលអាល់កុល កម្រិតជីវម៉ាសនៃបច្ច័យនីមួយៗពុំមានភាពខុសគ្នាឡើយ (p> ០,០៥)។ លើសពីនេះ បច្ច័យប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូស ជាបច្ច័យដែលប្រើប្រាស់ថ្លៃដើមទាបបំផុតដោយចំណាយអស់ ១ ១០៥ រៀល/លីត្រ នៃអាហាររាវ។ សរុបមកការប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូសក្នុងមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះជាជម្រើសប្រសើបំផុតក្នុងការផលិតមេដំបែដោយវាផលិតនូវចំនួនកូឡូនីច្រើន ងាយស្រួលរក និងតម្លៃថោក។ ហេតុនេះមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូស ជាអាហារសមស្របសម្រាប់ការប្រើប្រាស់ក្នុងការផលិតអាល់កុលក្នុងផ្នែកសិប្បកម្ម និងឧស្សាហកម្ម និងឧស្សាហកម្មនៃផលិតផលអាល់កុល។

ពាក្យគន្លឹះ៖ មជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះ ការលូតលាស់ ផ្សិតមេដំបែ *Saccharomyces cerevisiae*

Abstract

Yeast is a single-celled fungus that grows well under suitable conditions. It is widely used in the production of alcohol and carbon dioxide for bread, wine, and many other products. In both artisanal and industrial production, selecting the right yeast and raw materials is essential for maximizing profits, particularly when considering cost-effectiveness and the availability of ingredients. The purpose of this study was to evaluate the effects of different media on yeast growth and ethanol production to reduce costs and facilitate local sourcing. The experiments were conducted over a period of three months using the streak plate and spread plate methods to determine colony counts. The media compared were: T1 - PDA purchased from the market, T2 - PDA with glucose, and T3 - PDA with sucrose. Colony growth and counting were monitored for one month. The yeast fermentation experiment, using a 5% sugar solution, lasted for two months. The results showed that the sucrose-based medium (T3) produced the highest number of colonies, with an average of 505.67 ± 4.93 CFU/50 µL. One-way ANOVA analysis revealed significant differences in colony growth ($p < 0.01$). However, there were no significant differences in alcohol yield or biomass levels between the treatments ($p > 0.05$). Additionally, the sucrose-based medium had the lowest cost, at 1,105 riel per liter of liquid media. In conclusion, the use of sucrose in the growth medium is

the best option for yeast production, as it yields a high number of colonies, is easy to source, and is inexpensive. Therefore, sucrose-based media are suitable for use in both artisanal and industrial alcohol production.

Keywords: Media; growth; yeast; *Saccharomyces cerevisiae*

សេចក្តីផ្តើម

ដំបែជាផ្សិតដែលជាសារពាង្គកាយឯកកោសិកា និងជាមីក្រូសារពាង្គកាយប្រើប្រាស់ក្នុងឧស្សាហកម្មផ្សេងៗ ជាពិសេសគឺការប្រើប្រាស់ក្នុងការបម្លែងស្ករជា អាល់កុល និងកាបូនឌីអុកស៊ីតចេញពីល្បើង (Rutz & Janssen, 2007)។ ក្នុងចំណោមដំបែទាំងនោះ *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយក្នុងផលិតកម្មអេតាណុល ដោយសារសមត្ថភាពក្នុងការលូតលាស់ និងអាចប្រើប្រាស់ស្ករខ្ពស់កម្រិតពី ១២% ទៅ ២០%(Tamanag, 2010) ។ ដំបែផ្តល់ប្រយោជន៍ដល់ការបង្កើននូវវិស័យកែច្នៃអាហារ បច្ចេកវិទ្យាជីវសាស្ត្រ និងកម្មវិធីឧស្សាហកម្មផ្សេងៗ (Johnson & Echavarri-Erasun, 2011)។ ការជ្រើសរើសមេដំបែសម្រាប់ការធ្វើល្បើងគឺជាផ្អែកលើអត្រាកំណើននៃការលូតលាស់ ទិន្នផលអេតាណុល និងផលិតផលផ្តល់នូវក្លិន (Briggs et al., 2004)។ ការធ្វើល្បើងបានល្អអាស្រ័យលើការជ្រើសរើសពូជផ្សិត មជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះ និងការធ្វើអនាម័យបានល្អ (Soley, 2001)។ ដំបែមានទម្រង់ស្ងួតមានភាពងាយស្រួលក្នុងការរក្សាទុក និងចែកចាយ ប៉ុន្តែត្រូវការបន្ថែមជាតិទឹកឡើងវិញ នៅពេលដែលត្រូវការប្រើប្រាស់ (Slaa & Else, 2009)។ ប្រភេទស្ករដូចជា គ្លុយកូស និងស៊ុចក្រូសដើរតួនាទីយ៉ាងសំខាន់ក្នុងមេតាប៉ូលីសនៃមេដំបែ (Verstepen et al., 2004; Sota & Tetsuo, 2011)។ Verstepen et al. (2004) បានលើកឡើងថា ស្ករទាំងពីរប្រភេទអាចត្រូវបានប្រើប្រាស់ដោយផ្ទាល់ដោយ *S. cerevisiae* ដើម្បីផលិតជាអេតាណុល។ ទោះយ៉ាងណា ការជ្រើសរើសស្ករប្រើប្រាស់ក្នុងមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះមានសារៈសំខាន់សម្រាប់ការបង្កើនប្រសិទ្ធភាពល្បើងអាល់កុល (Parapouli et al., 2020; Vejarano & Gil-Calderón, 2021)។ នៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា ការផលិតស្រាក្នុងស្រុកមានភាពពេញនិយម តែអ្នកផលិតភាគច្រើនប្រឈមនឹងបញ្ហាតម្លៃ និងពិបាកស្វែងរកវត្ថុធាតុដើម (Chakrya, 2018)។ ម្យ៉ាងវិញទៀត នៅខេត្តក្រចេះមានតែ ១០% ប៉ុណ្ណោះនៃអ្នកផលិតស្រាសសរុប ៧៦១ គ្រួសារ ដែលបានចុះបញ្ជីស្តង់ដា នាំឱ្យមានករណីពុលស្រាជាច្រើន (Chakrya, 2018)។ Chay et al. (2017) និង Serio et al. (2003) បានលើកឡើងថា ការជ្រើសរើសវត្ថុធាតុដើមត្រឹមត្រូវកាត់បន្ថយការចម្លង និងបង្កើននូវទិន្នផលអាល់កុលបានល្អ។ Thomson et al. (2021) បានលើកឡើងថា ការយកចិត្តទុកដាក់លើសុវត្ថិភាពអាហារនៅប្រទេសកម្ពុជានៅមានកម្រិតទាបនៅឡើយទៅលើផលិតកម្មស្រាស។ នៅក្នុងផលិតកម្មអាល់កុល វត្ថុធាតុដើមដើរតួនាទីយ៉ាងសំខាន់ក្នុងការកំណត់នូវគុណភាពផលិតផល និងប្រសិទ្ធភាពនៃតម្លៃ (Fiore et al., 2020; Jiao et al., 2017)។ ដោយមើលឃើញពីបញ្ហាប្រឈមទាំងនេះ ការស្រាវជ្រាវមានគោលបំណងសិក្សាពីការប្រើប្រាស់ប្រភេទមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះខុសៗគ្នាក្នុងការបណ្តុះមេដំបែ និងទិន្នផលអាល់កុល។

សម្ភារ និងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

ទីតាំង និងពេលវេលាពិសោធន៍

ការពិសោធនេះធ្វើឡើងនៅមន្ទីរពិសោធន៍កែច្នៃអាហារ ក្នុងបរិវេណសាកលវិទ្យាល័យក្រចេះ ភូមិស្រែស្ដៅ សង្កាត់ អូឫស្សី ក្រុងក្រចេះ ខេត្តក្រចេះ។ មន្ទីរពិសោធន៍កែច្នៃអាហារមានមជ្ឈដ្ឋានសមស្រប និងឧបករណ៍ សម្ភារៈ និងវត្ថុធាតុគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការពិសោធនេះ។ ពិសោធន៍ចាប់ផ្ដើមពីថ្ងៃទី ០១ ខែ មករា រហូតដល់ថ្ងៃទី ៣០ ខែ មេសា ឆ្នាំ ២០២៤ ដែលមានចំនួន ៩០ ថ្ងៃ។

សម្ភារ និងវត្ថុធាតុដើមពិសោធន៍

ការពិសោធត្រូវបានប្រើប្រាស់ ផ្សិតមេដំបែ (*S. cerevisiae*) ដំឡូងបារាំង ម្សៅអាហ្គា ម្សៅចាហួយ ម្សៅគ្លុយកូស ស្ករស៊ុចក្រូស ទឹក ឧបករណ៍ឆូត (Loop) និងដងត្រដុស (Spreader) ទូរជីវសុវត្ថិភាព (Laminar air flow) ចង្កៀងអាល់កុល ចានប៉េទ្រី បំពង់សាក មីក្រូពីប៉ែត្រ (Micropipette) ឧបករណ៍រាប់កូឡូនី និងកែវ។

ការរៀបចំមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះទាំងបីបច្ច័យ

បច្ច័យទី១ (T1) ថ្លឹងម្សៅ Potato Dextrose Agar (PDA) ៤០ ក្រាម លាយជាមួយទឹកមួយលីត្រ។ បច្ច័យទី២ (T2) ចិត្តសំបកដំឡូងបារាំង និងថ្លឹង ២០០ ក្រាម ដាក់ស្ងោរជាមួយទឹកឱ្យពុះ ១០ នាទី បន្ទាប់មកច្រោះយកតែទឹក និងដាក់ទឹកបិតឱ្យគ្រប់ ១ លីត្រ និងបន្ថែមស្ករ គ្លុយកូស ២០ ក្រាម ណិងម្សៅអាហ្គា (Agar) ១៥ ក្រាម។ បច្ច័យទី៣ (T3) ចិតសំបកដំឡូងបារាំង និងថ្លឹង ២០០ ក្រាមដាក់ស្ងោរជាមួយទឹកឱ្យពុះ ១០ នាទី បន្ទាប់មកច្រោះយកតែទឹក និងបន្ថែមទឹកបិតឱ្យគ្រប់ ១ លីត្រ និងស៊ុចក្រូស ២០ ក្រាម និងម្សៅចាហួយ ១៥ ក្រាម។ យកបច្ច័យនីមួយៗក្រឡុកឱ្យសព្វ និងយកទៅស្ដេរីលដោយប្រើសីតុណ្ហភាព ១២១ អង្សាសេ សម្ពាធ ១០៦ kPa (១ atm) រយៈពេល ២០ នាទីនៅក្នុងកែវ។ ទុកឱ្យត្រជាក់ត្រឹមសីតុណ្ហភាព ៦០ អង្សាសេ បន្ទាប់មកចាក់ចូលចានប៉េទ្រីជាការស្រេច។

ការបណ្ដុះផ្សិតមេដំបែ

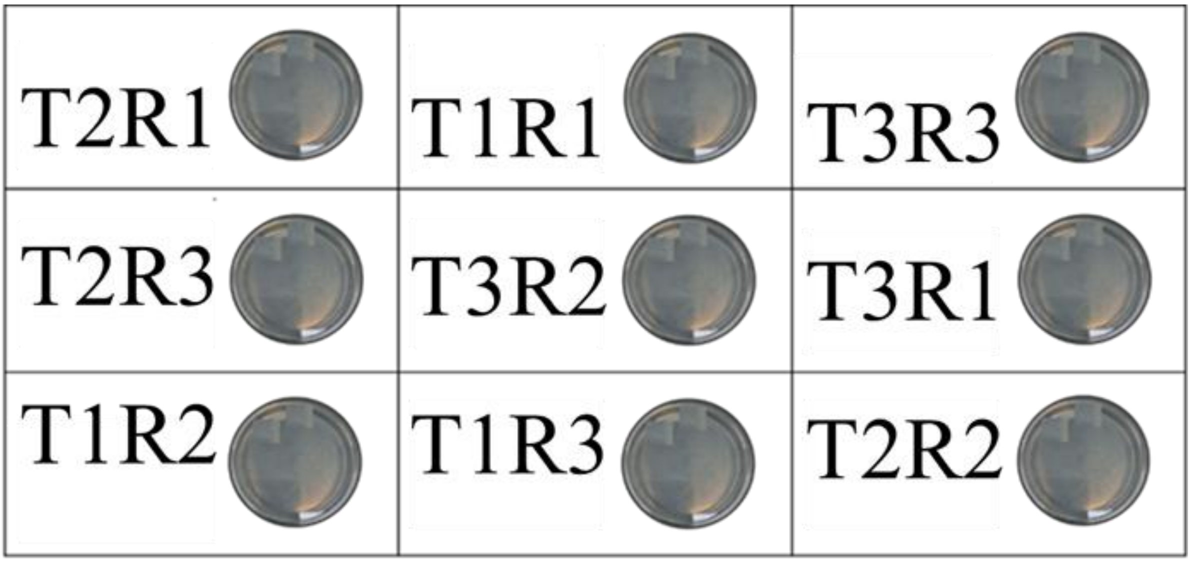
មេដំបែពូជសុទ្ធត្រូវបានជ្រើសរើស និងបណ្ដុះនៅលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះរឹងនៃបច្ច័យនីមួយៗដោយប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រកូតជាជួ និងត្រដុសពេញផ្ទៃអាហាររឹង។ ទុកចានបណ្ដុះទាំងអស់ក្នុងលក្ខណ្ឌសីតុណ្ហភាពបន្ទប់រយៈពេល ៣ ថ្ងៃ និងធ្វើការរាប់ចំនួនកូឡូនីដោយប្រើប្រាស់ម៉ាស៊ីន DOT Colony Counter (ម៉ូដែល 211×395×320 mm)។

ការធ្វើល្បើង

ផ្សិតមេដំបែនៃបច្ច័យនីមួយៗបានពីការបណ្ដុះខាងលើ ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងការធ្វើល្បើងអាល់កុលដោយប្រើប្រាស់កម្រិតស្ករស៊ុចក្រូស ៥% នៅលក្ខខណ្ឌសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ និងប្រើប្រាស់ម៉ាស៊ីន IKA Shakers (ម៉ូដែល KS 260 basic, Identification No: 0002980200) ក្រឡុកក្នុងកម្រិត ២០០ ជុំក្នុងមួយនាទី (round per minute: rpm) នៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ ។

ការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍

ការពិសោធនេះនឹងបណ្ដុះដោយប្រើប្រាស់ប្លង់ចាំដន្យទាំងស្រុង (Completely Randomized Design: CRD) ដែលមានកម្រិតសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ និងលក្ខ័ណ្ឌផ្សេងទៀតដូចគ្នា។



រូបភាពទី១៖ ប្លង់ពិសោធន៍នៃការបណ្ដុះផ្សិតមេដំបែដោយមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះខុសៗគ្នា
T1R1, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3 ជាបច្ច័យ និងសារនីមួយៗនៃការពិសោធន៍។
បច្ច័យទី១ (T1)៖ បណ្ដុះផ្សិតមេដំបែលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះផ្សំពីម្សៅ PDA
បច្ច័យទី២ (T2)៖ បណ្ដុះផ្សិតមេដំបែលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះផ្សំពីដំឡូងបារាំង គ្លុយកូស និងម្សៅចាហួយ
បច្ច័យទី៣ (T3)៖ បណ្ដុះផ្សិតមេដំបែលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះផ្សំពីដំឡូងបារាំង ស៊ុចក្រូស (ស្ករស) និងម្សៅចាហួយ

ការប្រមូលទិន្នន័យ

ការបណ្ដុះផ្សិតមេដំបែនៅលើចានចានប៉េទ្រី ដែលជាប្រភេទមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះទាំងបីប្រភេទបានរៀបចំខាងលើ និងធ្វើការរាប់ចំនួនកូឡូនីក្រោយការបណ្ដុះបានរយៈពេល ៣ ថ្ងៃដោយប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ Dot colony counter។ ចានបណ្ដុះត្រូវដាក់នៅផ្នែកកណ្ដាលនៃម៉ាស៊ីន បន្ទាប់មកត្រូវបញ្ចាំងកែវពង្រីកលើចានបណ្ដុះ។ បន្ទាប់មកទៀត ត្រូវយកប៊ិចអេឡិចត្រូនិចដែលជាប់នឹងម៉ាស៊ីនគូសលើចំនួនកូឡូនី។ ចំនួនកូឡូនីលោតតម្លៃលេខលើអេក្រង់នៃម៉ាស៊ីនរាប់ចំនួនដោយស្វ័យប្រវត្តិ។ ចំពោះដំណើរការល្បើងត្រូវបានធ្វើការវាស់វែងកម្រិតស្ករប្រើប្រាស់ម៉ាស៊ីន Brix Refractometer (Model: RHB-32ATC, Brix: 0-32% brix) និងកម្រិតអាល់កុល ប្រើប្រាស់ម៉ាស៊ីន Alcohol Refractometer (Alcohol: 0-50% v/v) នៃបច្ច័យ និងសារនីមួយៗរៀងរាល់ ២៤ ម៉ោងម្ដង។ ដើម្បីវាស់វែងត្រូវប្រើប្រាស់សំណាកមួយទៅពីរដំណក់បន្តក់លើផ្នែកនៃឧបករណ៍វាស់វែងវាបង្ហាញនូវកម្រិតស្ករ ឬអាល់កុល។ ទិន្នន័យដែលប្រមូលជាប្រភេទបរិមាណវិស័យ ដោយត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងការវិភាគស្ថិតិ។

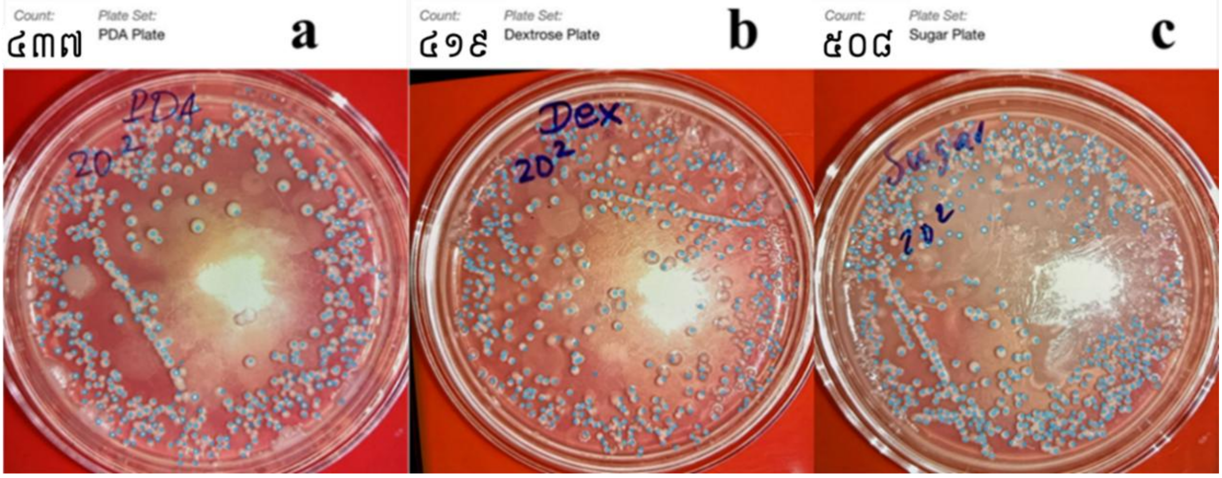
ការវិភាគទិន្នន័យ

រាល់ទិន្នន័យទាំងអស់ត្រូវបានធ្វើការគណនារកតម្លៃមធ្យម និងគំលាតស្ដង់ដារដើម្បីសង់ក្រាហ្វ និងបង្ហាញជាតម្លៃលេខ។ បច្ច័យនីមួយៗត្រូវបានធ្វើការវិភាគ ANOVA single factor ដើម្បីរកភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិតជឿជាក់ ៩៥% ដោយប្រើប្រាស់កម្មវិធី GraphPad Prism 9 version 9.5.1 (733) ដែលសមស្របសម្រាប់ការវិភាគផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ និងប្រើប្រាស់ Tukey multiple comparison test សម្រាប់ប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យម។

លទ្ធផលស្រាវជ្រាវ

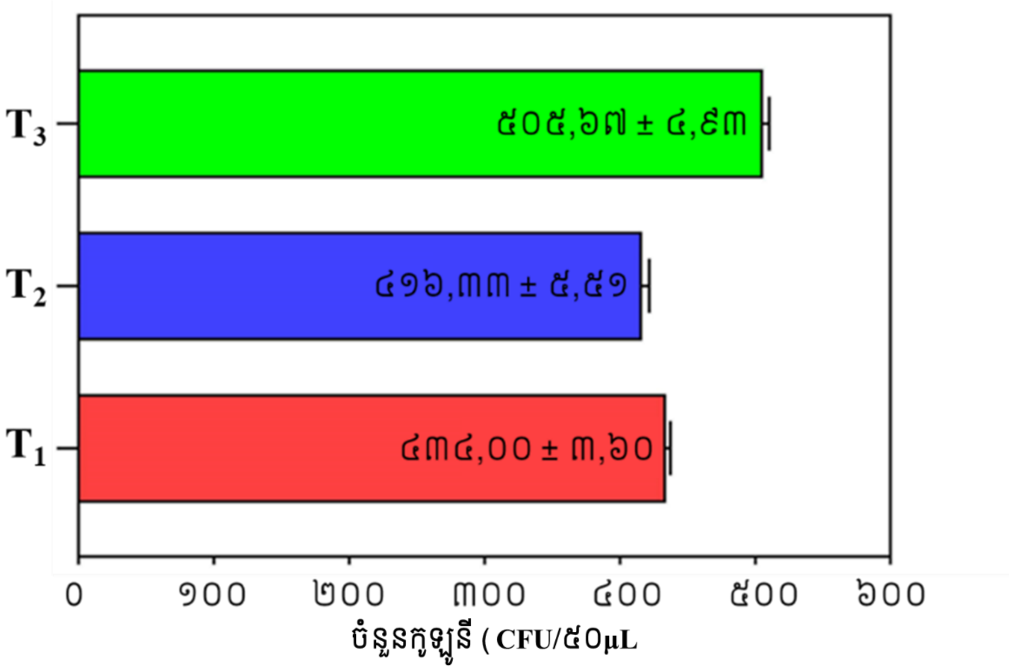
លក្ខណៈ និងចំនួនកូឡូនីនៅលើចានបណ្ដុះទាំងបីប្រភេទ

ក្រោយបណ្ដុះរយៈពេល ៣ ថ្ងៃចំនួនកូឡូនីដុះនៅលើចានបណ្ដុះទាំងបីបច្ច័យ និងសារ។ រូបភាពទី១ បង្ហាញថា ក្រោយការបណ្ដុះផ្សិតមេដំបែក្នុងចានប៉េទ្រីដែលជាមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះខុសៗគ្នាទទួលចំនួនកូឡូនីទទួលបានក៏ខុសៗគ្នាផង ដែរដោយចំនួនកូឡូនីនៅលើចានបណ្ដុះ PDA មានទំហំធំៗ និងទទួលបានជាមធ្យមចំនួន ៤៣៧ Colony Forming Unit (CFU) (បច្ច័យទី១) ។ បច្ច័យទី២ ដែលប្រើប្រាស់មជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះជាស្ករដិចត្រូសរូបរាងកូឡូនីមានទំហំតូច និង មធ្យម ដែលទទួលបានកូឡូនីចំនួន ៤១៩ CFU ។ បច្ច័យទី៣ ជាបច្ច័យចុងក្រោយដែលប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូសទទួល បានរូបរាងកូឡូនីស្រដៀងនឹងបច្ច័យទី២ដែរគឺមានទំហំតូច និងមធ្យមតែទទួលបានចំនួនកូឡូនីខ្ពស់ជាងគេជាមធ្យម ស្មើនឹង ៥០៨ CFU ។



រូបភាពទី២៖ ចំនួនកូឡូនីដុះនៅលើចានបណ្ដុះនៃបច្ច័យទាំងបី។ (a) ចានបណ្ដុះប្រើប្រាស់ម្សៅ PDA (b) ចានបណ្ដុះ ប្រើប្រាស់ស្ករដិចត្រូស និង (c) ចានបណ្ដុះប្រើប្រាស់ស្ករស (ស៊ុចក្រូស)។

តាមរយៈរូបភាពទី២ បង្ហាញថាការបណ្ដុះកូឡូនីនៃផ្សិតមេដំបែ *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) ដែលជាប្រភេទតែមួយនៅលើមជ្ឈដ្ឋានដែលមានធាតុផ្សំខុសគ្នាមានការលូតលាស់ និងទទួលបាន ចំនួនកូឡូនីខុសៗគ្នាដោយក្នុងចំណោមបច្ច័យទាំងបី បច្ច័យដែលទទួលបានចំនួនកូឡូនីច្រើនជាងគេនោះគឺ បច្ច័យដែល ប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូស (ស្ករស) ដែលទទួលបានជាមធ្យម ៥០៥,៦៧ ± ៤,៩៣ CFU/៥០μL និងបច្ច័យដែលទទួល បានចំនួនកូឡូនីទាបជាងគេនោះគឺ បច្ច័យដែលប្រើប្រាស់ស្ករដិចត្រូស ដែលទទួលបានជាមធ្យម ៤១៦,៣៣ ± ៥,៥១ CFU/៥០μL ។ តាមរយៈការវិភាគ One-way ANOVA នៃបរិមាណចំនួនកូឡូនីនៃបច្ច័យទាំងបីបង្ហាញថាបច្ច័យទាំងបី មានភាពខុសគ្នា (p<0,0១)។



រូបភាពទី៣៖ មធ្យមនៃចំនួនកូឡូនីរបស់ផ្សិតមេដំបែនៃបច្ច័យទាំងបី។

តារាង១៖ *ការប្រៀបធៀបចំនួនកូឡូនីនៃបច្ច័យនីមួយៗ។*

ការប្រៀបធៀប	ភាពខុសគ្នានៃមធ្យម	តម្លៃ *p*
T1 vs. T2	17.67	0.0092
T1 vs. T3	-71.67	0.0001
T2 vs. T3	-89.33	0.0001

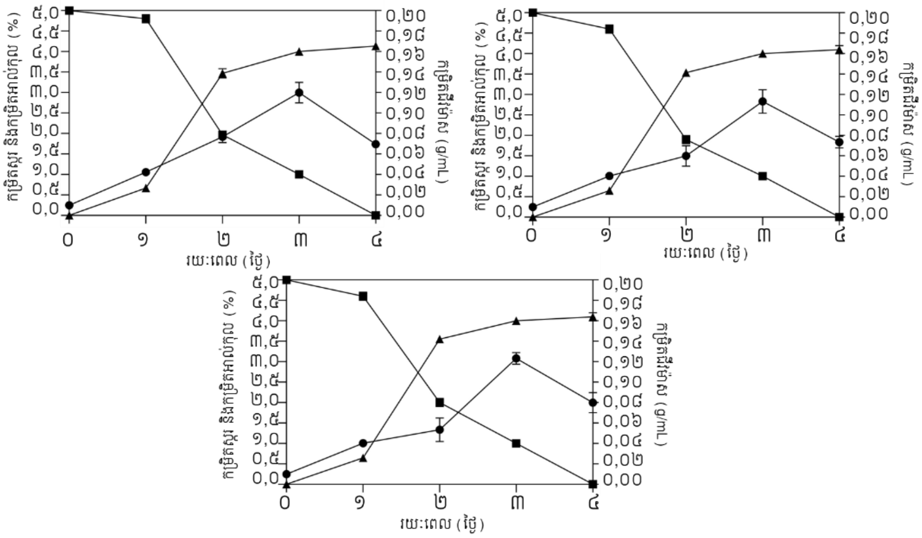
តារាងទី១ បង្ហាញថា បរិមាណកូឡូនីនៃផ្សិតមេដំបែក្នុងបច្ច័យទាំងបីមានភាពខុសគ្នាដោយ បច្ច័យទី១ (T1) និងបច្ច័យទី២ (T2) មានភាគខុសគ្នា (p<0,0១)។ បច្ច័យទី១ (T1) និងទី៣ (T3) និងបច្ច័យទី២ (T2) និងបច្ច័យទី៣ (T3) មានភាពខុសគ្នា (p<0,0១)។

ល្បើងអាល់កុលដោយប្រើផ្សិតមេដំបែចេញពីមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះទាំងបីប្រភេទ

រូបភាពទី៤ បង្ហាញថាក្រោយការប្រើប្រាស់អាហាបណ្តុះផ្សេងៗគ្នាផ្សិតមេដំបែត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងដំណើរការល្បើងអាល់កុលដោយប្រើប្រាស់ស្ករ ៥% ។ លទ្ធផលគឺការប្រើប្រាស់ស្ករ ការផលិតអាល់កុល និងការលូតលាស់របស់ផ្សិតមេដំបែនៃបច្ច័យនីមួយៗពុំមានភាពខុសគ្នានោះទេ។ បច្ច័យនីមួយៗមានការលូតលាស់ក្នុងកម្រិតរៀងគ្នាគឺមានកម្រិតជីវមាសខ្ពស់បំផុត 0,១២ g/mL (បច្ច័យ T1), 0,១១ g/mL (បច្ច័យ T2) និង 0,១២ g/mL (បច្ច័យ T3)។ ក្នុងនោះដែរ ការប្រើប្រាស់ស្ករកម្រិតដូចគ្នាដោយអាចប្រើប្រាស់ស្ករអស់នៅថ្ងៃទី៤ និងកម្រិតជីក្រេអាល់កុលកើនឡើងដល់ ៤,១ មានភាពដូចគ្នានៃបច្ច័យនីមួយៗ។

តាមការវិភាគ One-way ANOVA នៃកម្រិតជីវម៉ាសនៃបច្ច័យទាំងបីបានបង្ហាញថាកម្រិតជីវម៉ាសនៃល្បើងទាំងបីពុំមានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិតជឿជាក់ឡើយ (p>0,0៥)។ ចំណែកកម្រិតអាល់កុលក៏ពុំមានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិត

ជឿជាក់ដែរ (p>0,0៥)។ អាស្រ័យហេតុនេះការប្រើប្រាស់មជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះខុសគ្នាពុំជះឥទ្ធិពលលើការលូតលាស់ជីវម៉ាស ការប្រើប្រាស់ស្ករ និងការផលិតអាល់កុលនៃផ្សិតមេដំបែនោះទេ។



រូបភាពទី៤៖ ល្បឿងអាល់កុលដែលប្រើប្រាស់ស្ករ និងផ្សិតមេដំបែបានពីមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះទាំងបីប្រភេទ។ (a) ផ្សិតមេដំបែ របណ្ដុះលើចាន PDA (b) ផ្សិតមេដំបែបណ្ដុះលើចានបណ្ដុះប្រើស្ករដិចត្រូស (c) ផ្សិតមេដំបែបណ្ដុះលើចាន បណ្ដុះប្រើស្ករស៊ុចក្រូស។

ការវិភាគតម្លៃសរុបវត្ថុធាតុដើម

តារាងទី២៖ *ការចំណាយលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្ដុះចំនួន ១ លីត្រនៃបច្ច័យនីមួយៗ។*

លរ.	ឈ្មោះទំនិញ	តម្លៃទំនិញ(រៀល)	កម្រិតប្រើ	តម្លៃប្រើ(រៀល)
		បច្ច័យ T១		
១	ម្សៅ PDA	360 000500ក្រាម/	40 ក្រាម	28 800
២	ទឹក	20/លីត្រ	1 លីត្រ	20
			សរុប	**28 820 រៀល**
		បច្ច័យ T២		
១	ដំឡូងបារាំង	5 5000គីឡូក្រាម/	200 ក្រាម	900
២	ស្ករដិចត្រូស	60 000 500ក្រាម /	20 ក្រាម	2 400
៣	ទឹក	20/លីត្រ	1 លីត្រ	20
៤	ម្សៅចាហួយ	3 500គីឡូក្រាម/	30 ក្រាម	105
			សរុប	**3 425 រៀល**
		បច្ច័យ T៣		
១	ដំឡូងបារាំង	5 500គីឡូក្រាម/	200 ក្រាម	900
២	ស្ករស	4 000គីឡូក្រាម/	20 ក្រាម	80

៣	ទឹក	20/លីត្រ	1 លីត្រ	20
៤	ម្សៅចាហួយ	3 500គីឡូក្រាម/	30 ក្រាម	105
				1 105 រៀល

តារាងទី៣ បានបង្ហាញថាការប្រើប្រាស់មជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះខុសៗគ្នានៃបច្ច័យនីមួយៗការចំណាយលើវត្ថុធាតុដើមក៏ខុសគ្នាដែរ។ ការប្រើប្រាស់មជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះ PDA (T1) ចំណាយខ្ពស់ជាងគេក្នុងការរៀបចំចំនួន ១ លីត្រ បន្តដោយ បច្ច័យ T_3 និង បច្ច័យ T3 មានតម្លៃរៀងគ្នា ២៨ ៨២០ រៀល/លីត្រ ៣ ៤២៥ រៀល/លីត្រ និង ១ ១០៥ រៀល/លីត្រ។ ក្នុងចំណោមមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះទាំងអស់ បច្ច័យ T3 ជាបច្ច័យដែលចំណាយលើវត្ថុធាតុដើមទាបជាងគេ និងងាយស្រួលរកទិញ ដែលអ្នកពិសោធន៍ទូទៅអាចស្វែងរកបាននៅតាមទីផ្សារ។

ការពិភាក្សា

ក្រោយពីបណ្តុះផ្សិតមេដំបែលើចានបណ្តុះដែលមានអាហារបីប្រភេទខុសៗគ្នា ចំនួនកូឡូនីត្រូវបានរាប់ដោយប្រើវិធីសាស្ត្រកូតជាជួរ។ បន្ទាប់មក កូឡូនីទាំងនោះត្រូវបានពង្រាវក្នុងបរិមាណស្មើគ្នា ហើយបណ្តុះលើផ្ទៃចានប៉េទ្រីដើម្បីទទួលបានចំនួនកូឡូនីដែលអាចរាប់បាន។ ការសិក្សារកឃើញថា មជ្ឈដ្ឋានដែលប្រើស្ករស៊ុចក្រូសផ្តល់ចំនួនអាណាណូអ៊ីសខ្ពស់ជាងគេ។ ការរកឃើញនេះស្របគ្នានឹងការសិក្សារបស់ Mwesigye & Barford (1996) ដែលបានអះអាងថា ស្ករស៊ុចក្រូស (ជាឌីសាការីត) ត្រូវបានអ៊ីដ្រូលីសនៅក្រៅកោសិកាផ្សិតមេដំបែ ដើម្បីប្រើជាថាមពលសម្រាប់ការលូតលាស់ និងបង្កើនចំនួន។ នេះជាមូលហេតុដែលមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះដែលមានស្ករស៊ុចក្រូសផ្តល់ចំនួនកូឡូនីខ្ពស់។ ការសិក្សាថ្មីៗរបស់ Ly et al. (2018) បានលើកឡើងថា ក្រោយពីផ្សិតមេដំបែបន្សាំនឹងស្ករស៊ុចក្រូសហើយ វាអាចប្រើប្រាស់ស្ករនេះដោយផ្ទាល់ ដោយមិនចាំបាច់អ៊ីដ្រូលីសជាមុនសម្រាប់ផលិតថាមពលទេ។ លទ្ធផលនេះស្របគ្នានឹងការសិក្សារបស់ Marques et al. (2015) និង Smith & Dayton (1974) ដែលបានរកឃើញថា ផ្សិតដែលបន្សាំហើយអាចប្រើស្ករស៊ុចក្រូសដោយផ្ទាល់ ដោយមិនចាំបាច់បំបែក ធ្វើឱ្យការលូតលាស់មានប្រសិទ្ធភាពល្អ។ ការសិក្សារបស់ Pepin & Marzzacco (2015) ក៏បានរកឃើញថា ការប្រើស្ករស៊ុចក្រូសក្នុងអាហារផ្សិតមេដំបែអាចធ្វើឱ្យវាលូតលាស់លឿនជាងស្ករប្រភេទផ្សេង។ ក្រៅពីនេះ មជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះ PDA ដែលទិញពីទីផ្សារ និង PDA ដែលប្រើស្ករដិចត្រូសក៏ផ្តល់ចំនួនអាណាណូអ៊ីសល្អដែរ។ លទ្ធផលនេះស្របគ្នានឹងការសិក្សារបស់ Moore et al. (2021) និង Otterstedt et al. (2004) ដែលបានរកឃើញថា ផ្សិតមេដំបែប្រើស្ករដិចត្រូស និង គ្លុយកូសជាប្រភពថាមពលសំខាន់សម្រាប់ការលូតលាស់ និងបង្កើនចំនួន។

ការសិក្សានេះបានធ្វើល្បើងដោយប្រើផ្សិតមេដំបែពីមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះនីមួយៗ ក្នុងស្ករស៊ុចក្រូស ៥% ដើម្បីផលិតអាល់កុល និងវាយតម្លៃលក្ខណៈជីវសាស្ត្រ។ លទ្ធផលបង្ហាញថា គ្មានភាពខុសគ្នាគួរកត់សម្គាល់លើកម្រិតជីវម៉ាស កម្រិតអាល់កុល និងការប្រើប្រាស់ស្ករទេ។ ការសិក្សានេះស្របគ្នានឹងការសិក្សារបស់ Lee (2023) ដែលរកឃើញថា ស្ករស៊ុចក្រូស និងដិចត្រូសមិនប៉ះពាល់ដល់ចំនួនកូឡូនី ឬការផលិតអាល់កុលទេ។ ការសិក្សារបស់ Lee & Kim (2016) បានអះអាងថា ស្ករស៊ុចក្រូសត្រូវបានបំបែកជាគ្លុយកូស និងហ្វ្រុកតូស មុនពេលបំលែងទៅជាពីរូវេត (pyruvate) ដើម្បី

ផលិតថាមពល។ នេះអាចពន្យល់ពីមូលហេតុដែលការលូតលាស់ ការផលិតអាល់កុល និងការប្រើប្រាស់ស្ករមិនមានភាពខុសគ្នាច្រើនឡើយ។ ចំណែកស្ករដិចត្រូស (ជាស្ករម៉ូណូសាការីត) អាចត្រូវបានផ្សិតប្រើដោយផ្ទាល់ដើម្បីផលិតថាមពលជាពិសេសក្នុងលក្ខខណ្ឌគ្មានវត្តមានអុកស៊ីសែន (Christiansen et al., 2018; Moore et al., 2021)។

ការសិក្សាបានរកឃើញថា មជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះដែលប្រើស្ករស៊ុចក្រូសមានថ្លៃដើមទាប ប៉ុន្តែផ្តល់ចំនួនកូឡូនីខ្ពស់។ ជាក់ស្តែង មជ្ឈដ្ឋានទី៣ មានថ្លៃដើមទាបជាងមជ្ឈដ្ឋានទី១ រហូតដល់ ២៦ ដង និងទាបជាងមជ្ឈដ្ឋានទី២ រហូតដល់ ៣ ដង។ ចំណែកមជ្ឈដ្ឋានទី២ ថ្លៃដើមទាបជាងទី១ រហូតដល់ ៨ ដង។ លទ្ធផលនេះស្របគ្នានឹងការសិក្សារបស់ Hubalek et al. (2022) ដែលបានលើកឡើងថា តម្លៃវត្ថុធាតុដើមជះឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំងលើការសន្សំថ្លៃដើម។ ក្រៅពីនេះ ការប្រើ PDA ទិញពីទីផ្សារទោះងាយស្រួល ប៉ុន្តែថ្លៃដើមខ្ពស់ជាងការរៀបចំដោយខ្លួនឯង (Black, 2020) ។ ការសិក្សារបស់ Dranka et al. (2020) ក៏បានគាំទ្រថា ការប្រើប្រាស់វត្ថុធាតុដើមដែលងាយស្រួលរក និងមានតម្លៃសមរម្យ អាចជំរុញដល់ការពង្រីកផលិតកម្ម។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

មេដំបែ (*S. cerevisiae*) ត្រូវបានធ្វើការកូតជាជួរនៅលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះរឹងថ្មីផ្សេងៗគ្នាដើម្បីទទួលបានកូឡូនីអាចរាប់បាន។ បន្ទាប់មកកូឡូនីទាំងនោះត្រូវបានយកទៅពង្រាវដើម្បីធ្វើការបណ្តុះពេញផ្ទៃដោយទទួលបានចំនួនកូឡូនីជាច្រើន។ ក្រោយពីការរាប់ចំនួនកូឡូនីនៃបច្ច័យនីមួយៗ បច្ច័យដែលប្រើប្រាស់ស្ករស៊ុចក្រូសទទួលបានចំនួនកូឡូនីច្រើនជាងគេគឺ ៥០៥,៦៧ ± ៤,៩៣ CFU/៥០μL។ បន្ទាប់មក ការធ្វើល្បើងនៅក្នុងសូលុយស្យុងស្ករស៊ុចក្រូស ៥% ត្រូវបានពិសោធន៍។ ជាលទ្ធផល បច្ច័យទាំងបីពុំមានភាពខុសគ្នានោះទេទាំងចំនួនកោសិកា ការប្រើប្រាស់ស្ករ និងផលិតផលអាល់កុល។ តម្លៃវត្ថុធាតុដើមសម្រាប់ការប្រើប្រាស់ក្នុងបច្ច័យទី៣ ចំណាយលើវត្ថុធាតុដើមទាបជាងគេគឺ ១០៨៧ រៀល/លីត្រ។ អាស្រ័យហេតុនេះយើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ការប្រើប្រាស់ប្រភេទមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះ ដែលប្រើប្រាស់ដំឡូង ម្សៅសារាយ និងស្ករស (T3) មានការលូតលាស់ល្អជាងគេ និងការធ្វើល្បើងពុំមានភាពខុសគ្នានោះទេ។ ចំពោះតម្លៃនៃវត្ថុធាតុដើមគឺទាបជាងមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះទី២ ចំនួន ៣ ដង និងទាបជាងមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះទី១ ចំនួន ២៦ ដង មានន័យថា T3 ជាបច្ច័យដែលល្អប្រសើរជាងគេទៅលើតម្លៃវត្ថុធាតុដើម។

ទោះយ៉ាងណា មានដែនកំណត់មួយចំនួនក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។ ការសិក្សានេះកំណត់ទៅលើមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះតែបីប្រភេទប៉ុណ្ណោះ ដែលមិនអាចរកឃើញនូវមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះផ្សេងទៀតដែលមានសក្តានុពល។ ការពិសោធត្រូវបានធ្វើឡើងនៅក្នុងមន្ទីរពិសោធន៍ ដែលអាចខុសគ្នាពីលក្ខខណ្ឌនៅក្នុងឧស្សាហកម្មមានមាឌ ឬទំហំធំ និងការប្រើប្រាស់ដំបែតែមួយប្រភេទ (*S. cerevisiae*) ។ ដើម្បីបំពេញខ្វះចន្លោះនេះ ការស្រាវជ្រាវបន្ទាប់គួរសិក្សាលើប្រភេទមជ្ឈដ្ឋានបណ្តុះ និងពូជផ្សិតមេដំបែ ដើម្បីបង្កើនទំហំសិក្សាដើម្បីស្របតាមវិស័យឧស្សាហកម្ម។ គ្រប់គ្រងលក្ខខណ្ឌនៃល្បើងឱ្យបានល្អប្រសើរថែមទៀត។ ប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រវិភាគទំនើប និងជាក់លាក់។ បង្កើននូវអត្ថប្រយោជន៍នៃការវិភាគថ្លៃដើមសម្រាប់ការប្រើប្រាស់ក្នុងឧស្សាហកម្ម ដើម្បីបង្កើនការយល់ដឹង និងប្រើប្រាស់របកគំហើញនេះ។

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

អ្នកនិពន្ធសូមថ្លែងអំណរគុណដល់បុគ្គលិកមន្ទីរពិសោធន៍មីក្រូជីវសាស្ត្រ និងកែច្នៃអាហារសម្រាប់ការជួយដឹកនាំ

ពិសោធន៍។ សូមថ្លែងអំណរគុណដល់និពន្ធនាយក និងអ្នកត្រួតពិនិត្យជំនាញរបស់ទស្សនាវដ្ដីស្រាវជ្រាវកម្ពុជាសម្រាប់ការអប់រំ និងស្ទែម សម្រាប់មតិយោបល់កែលម្អលើអត្ថបទស្រាវជ្រាវនេះ។ រាល់ទិន្នន័យ និងខ្លឹមសារនៅក្នុងអត្ថបទនេះ គឺមានការទទួលខុសត្រូវដោយអ្នកនិពន្ធ និងមិនមានទស្សនៈ ឬនិន្នាការនយោបាយរបស់ក្រុមណាមួយឡើយ។

ឯកសារយោង (References)

Black, W. D. (2020). A comparison of several media types and basic techniques used to access outdoor airborne fungi in Melbourne, Australia. *PLoS ONE, 15*(12), 1–25. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238901

Briggs, D. E., Bouton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing science and practice*. Woodhead & CRC Press.

Chakrya, K. S. (2018, October 24). Kratie rice wine operations halted amid poisoning. *Phnom Penh Post*. https://www.phnompenhpost.com/national/kratie-rice-wine-operations-halted-amid-poisoning

Chay, C., Dizon, E. I., Elegado, F. B., Norng, C., Hurtada, W. A., & Raymundo, L. C. (2017). Isolation and identification of mold and yeast in medombae, a rice wine starter culture from Kampong Cham Province, Cambodia. *Food Research, 1*(6), 213–220. https://doi.org/10.26656/fr.2017.6.101

Christiansen, K., Bratcher, C., Fletcher, T., Larison, K., & Hyde, B. (2018). Concentrating on *Saccharomyces cerevisiae* with dextrose. *Journal of Introductory Biology Investigations, 9*(3), 82–85.

Dranka, G. G., Ferreira, P., & Vaz, A. I. F. (2020). Cost-effectiveness of energy efficiency investments for high renewable electricity systems. *Energy, 198*, 1–28. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117198

Fiore, E., Stabellini, B., & Tamborrini, P. (2020). systemic design approach applied to rice and wine value chains. The case of the innovaecofood project in piedmont (italy). *Sustainability*, *12*(21), 9272. https://doi.org/10.3390/su12219272

Hubalek, S., Post, M. J., & Moutsatsou, P. (2022). Towards resource-efficient and cost-efficient cultured meat. *Current Opinion in Food Science, 47*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100885

Jiao, A., Xu, X., & Jin, Z. (2017). Research progress on the brewing techniques of new-type rice wine. *Food Chemistry, 215*, 508–515. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.014

Johnson, E. A., & Echavarri-Erasun, C. (2011). Yeast biotechnology. In C. P. Kurtzman, J. W. Fell, & T. Boekhout (Eds.), *The yeasts* (5th ed., pp. 21–44). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52149-1.00003-3

Lee, C. H., & Kim, M. L. (2016). History of fermented foods in Northeast Asia. In J. P. Tamang (Ed.), *Ethnic fermented foods and alcoholic beverages of Asia* (pp. 1–16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2800-4_1

Lee, J. (2023). Exploring sucrose fermentation: Microorganisms, biochemical pathways, and applications. *Fermentation Technology, 12*(1), 166–170. https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/exploring-sucrose-fermentation-microorganisms-biochemical-pathways-and-applications.pdf

Ly, S., Mith, H., Tarayre, C., Taminiau, B., Daube, F., Fauconnier, M., & Delvigne, F. (2018). Impact of microbial composition of Cambodian traditional dried starters (Dombea) on flavor compound of rice wine: Combining amplicon sequencing with HP-SPME-GCMS. *Frontiers in Microbiology, 9*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00894

Marques, W. L., Raghavendran, V., Stambuk, B. U., & Gombert, A. K. (2015). Sucrose and *Saccharomyces cerevisiae*: A relationship most sweet. *FEMS Yeast Research, 16*(1), 1–16. https://doi.org/10.1093/femsyr/fov107

Moore, M., Hamrock, R., Parker, C., Richardson, R., & Menefee, M. (2021). A sweet tooth for dextrose: The different effects of monosaccharide and disaccharide sugars on fermentation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Introductory Biology Investigations, 15*(2), 45–50. https://undergradsciencejournals.okstate.edu/index.php/jibi/article/view/14236

Mwesigye, P. K., & Baford, J. (1996). Mechanism of sucrose utilization by *Saccharomyces cerevisiae*. *The Journal of General and Applied Microbiology, 42*(4), 297–306. https://doi.org/10.2323/jgam.42.297

Otterstedt, K., Larsson, C., Bill, R. M., Stahlberg, A., Boles, E., Hohmann, S., & Gustafsson, L. (2004). Switching the mode of metabolism in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *EMBO Reports, 5*(5), 532–537. https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400132

Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A. S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology, 6*(1), 1–31. https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001

Pepin, C., & Marzzacco, C. (2015). The fermentation of sugars using yeast: A discovery experiment. *Beautiful Chemistry, 414*(2), 16–19.

Rutz, D., & Janssen, R. (2007). *Biofuel technology handbook*. WIP Renewable Energies.

Serio, M. D., Aramo, P., de Alteriis, E., Tesser, R., & Santacesaria, E. (2003). Quantitative analysis of the key factors affecting yeast growth. *Industrial & Engineering Chemistry Research, 42*(21), 5109–5116. https://doi.org/10.1021/ie030078z

Slaa, J. G., & Else, H. (2009). Yeast and fermentation: The optimal temperature. *Journal of Organic Chemistry, 134*(1), 1–3. https://newsroom.nvon.nl/files/default/LA-2.10.1-Fermentation_article.pdf

Sloley, A. W. (2001). *Distillation of alcohol and de-naturing: Technology in distillation* (2nd ed.). Distillation Group, Inc.

Smith, R. F., Blasi, D., & Dayton, S. L. (1974). Evaluation of media for selective isolation of yeast from oral, rectal, and burn wound specimens. *Applied Microbiology, 28*(1), 112–116. https://doi.org/10.1128/am.28.1.112-116.1974

Sota, Y., & Tetsuo, M. (2011). Rice fermentation starters in Cambodia: Cultural importance and traditional methods of production. *Southeast Asian Studies, 49*(2), 192–213. https://doi.org/10.20495/tak.49.2_192

Tamang, J. P. (2010). Diversity of fermented beverages and alcoholic drinks. In J. P. Tamang & K. Kailasapathy (Eds.), *Fermented foods and beverages in the world* (pp. 85–126). CRC Press.

Thompson, L., Vipham, J., Hok, L., & Ebner, P. (2021). Towards improving food safety in Cambodia: Current status and emerging opportunities. *Global Food Security, 31*. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100572

Vejarano, R., & Gil-Calderón, A. (2021). Commercially available non-*Saccharomyces* yeasts for winemaking: Current market, advantages over *Saccharomyces*, biocompatibility, and safety. *Fermentation, 7*(3), 171–184. https://doi.org/10.3390/fermentation7030171

Verstrepen, K. J., Iserentant, D., Malcorps, P., Derdelinckx, G., Van Dijck, P., Winderickx, J., Pretorius, I. S., Thevelein, J. M., & Delvaux, F. R. (2004). Glucose and sucrose: Hazardous fast-food for industrial yeast. *Trends in Biotechnology, 22*(10), 531–537. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2004.08.001

Wilson, J., Miller, A., Hoang, A., Collette, J., & Dubose, T. (2019). Sucrose increases the emission of CO2 during yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentation faster than glucose. *Journal of Undergraduate Biology Laboratory Investigations, 2*(1), 1–4.

ឧបសម្ព័ន្ធ

តារាងទី១៖ *តារាង One way ANOVA មធ្យមចំនួនកូឡូនីលើចានបណ្តុះទាំងបី*

ANOVA table	Sum Square	Degree Freedom	Mean Square	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)	13429	2	6714	F (2.6) = 297.7	0.0001
Residual (within columns)	135.3	6	22.56		
Total	13564	8			

តារាងទី២៖ *តារាងប្រៀបធៀបបច្ច័យនីមួយៗនៃចំនួនកូឡូនី*

Tukey's multiple comparisons test	Mean Difference	95.00% CI of difference	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value	
T1 vs. T2	17.67	5.769 ទៅ 29.56	Yes	**	0.0052	A-B
T1 vs. T3	-71.67	-83.56ទៅ -59.77	Yes	****	0.0001	A-C
T2 vs. T3	-89.33	-101.2 ទៅ -77.44	Yes	****	0.0001	B-C

តារាងទី៣៖ *តារាង One way ANOVA មធ្យមកម្រិតជីវម៉ាស*

ANOVA table	Sum Square	Degree Freedom	Mean Square	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)	0.0001647	2	8.233e-005	F (2.6) = 1.848	0.2370
Residual (within columns)	0.0002673	6	4.456e-005		
Total	0.004320	8			

តារាងទី៤៖ *តារាងប្រៀបធៀបបច្ច័យនីមួយៗនៃកម្រិតជីវម៉ាស*

Tukey's multiple	Mean Difference	95.00% CI of difference	Below threshold ?	Summary	Adjusted P Value

comparisons test						
T1 vs. T2	-0.003667	-0.02039 ទៅ 0.01306	No	ns	0.7871	A-B
T1 vs. T3	-0.01033	-0.02706 ទៅ 0.006389	No	ns	0.2199	A-C
T2 vs. T3	-0.006667	-0.02339 ទៅ 0.01006	No	ns	0.4835	B-C

តារាងទី៥៖ *តារាង One way ANOVA មធ្យមកម្រិតអាល់កុល*

ANOVA table	Sum Square	Degree Freedom	Mean Square	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)	0.002222	2	0.001111	F (2.6) = 0.1429	0.8697
Residual (within columns)	0.04667	6	0.007778		
Total	0.04889	8			

តារាងទី៦៖ *តារាងប្រៀបធៀបបច្ច័យនីមួយៗនៃកម្រិតអាល់កុល*

Tukey's multiple comparisons test	Mean Difference	95.00 CI of difference	Below threshold ?	Summary	Adjusted P Value	
T1 vs. T2	0.033333	-0.1876 ទៅ 0.2543	No	ns	0.8906	A-B
T1 vs. T3	0.03333	-0.1876 ទៅ 0.2543	No	ns	0.8906	A-C
T2 vs. T3	0.000	-0.2209 ទៅ 0.2209	No	ns	0.9999	B-C