សាកលវិទ្យាល័យ ភូមិន្ទកសិកម្ម
មហាវិទ្យាល័យកសិឧស្សាហកម្ម

បច្ចេកវិទ្យាស្ករ និង ម្សៅ

STARCH AND SUGAR TECHNOLOGY

ស្រី ឆាវី

ឧបត្ថម្ភដោយ

CAMBODIA
RESEARCH CREATIVITY INNOVATION

២០២១

សាកលវិទ្យាល័យ ភូមិន្ទកសិកម្ម

មហាវិទ្យាល័យកសិឧស្សាហកម្ម

បច្ចេកវិជ្ជាស្ករ និងម្សៅ

Starch and Sugar Technology

ស្រី ធាវី

២០២១

រក្សាសិទ្ធ

© ឆ្នាំ ២០២១

រក្សាសិទ្ធគ្រប់យ៉ាង

គ្មានផ្នែកណាមួយនៃសៀវភៅនេះ អាចត្រូវបានថតចម្លង និងផលិតឡើងវិញ ដោយគ្មានការអនុញ្ញាតជាលាយលក្ខណ៍អក្សរពីអ្នកនិពន្ធ និងសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម។

បោះពុម្ពលើកទី១ ដោយមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ (ស.គ.ន) នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា នៅព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា

ទំនាក់ទំនងព័ត៌មាន:

អ្នកនិពន្ធ៖ កញ្ញា ស្រី ធាវី

ទូរស័ព្ទ៖ (+៨៥៥) ៧៧ ៦៥៩ ២៣៥

អ៊ីមែល៖ theavyysrey@gmail.com

©. 2021 Srey Theavy, all rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted by any process without the prior written permission from the author and the Royal University of Agriculture.

First Edition

Printed by the Research Creativity and Innovation Fund (RCI Fund) of Ministry of Education, Youth and Sport, the Kingdom of Cambodia

Enquiries about the book:

Author: Ms. Srey Theavy

Mobile phone: +855 77 659 235

Email: theavyysrey@gmail.com

បុព្វកថា

ដំណើរអភិវឌ្ឍនៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជានៅក្នុងយុគសម័យទំនើបនេះ ជាមេរៀនដ៏ជោគជ័យបំផុតមួយ ដែលចាប់ឫសគល់ចេញពីការបញ្ចប់របបប្រល័យពូជសាសន៍ ការបញ្ចប់សង្គ្រាម ការផ្សះផ្សាជាតិ ការកសាងមូលដ្ឋានរឹងមាំនៃសន្តិភាពនិងស្ថេរភាព និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ច។ នៅក្រោយពេលដែលសន្តិភាពត្រូវបានកើតឡើងដោយបរិបូរណ៍នៅឆ្នាំ១៩៩៨ កម្ពុជាទទួលកំណើនសេដ្ឋកិច្ចខ្ពស់ គឺប្រមាណ៨% ក្នុងមួយឆ្នាំ។ លើសពីនេះទៀត អត្រានៃភាពក្រីក្រត្រូវបានកាត់បន្ថយពីប្រមាណ៥៣% នៅឆ្នាំ២០០៤ មកនៅទាបជាង១០% នៅឆ្នាំ២០១៩។ ដំណើរនៃការអភិវឌ្ឍជាតិជាសកម្មភាពដែលបន្តទៅមុខជាប់ជានិច្ច ហើយគោលនយោបាយថ្មីៗដែលមានលក្ខណៈអន្តរវិស័យគ្របដណ្តប់ក៏កំពុងលេចរូបរាងឡើង ដើម្បីតម្រង់ទិសកម្ពុជាឆ្ពោះទៅកាន់ប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ២០៣០ និងឈានឡើងជាប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់ នៅឆ្នាំ២០៥០។ ការប្រែប្រួលឆាប់រហ័សនៃនិម្មាបនកម្មពិភពលោកនិងតំបន់ រួមទាំងទំនាក់ទំនងភូមិសាស្ត្រនយោបាយ បានផ្តល់កាលានុវត្តភាពសម្រាប់ការអភិវឌ្ឍឧស្សាហកម្មនៅកម្ពុជា ដែលត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលចាត់ទុកជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃកំណើនសេដ្ឋកិច្ចកម្ពុជា។ រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាបាន និងកំពុងបន្តពង្រឹងនិងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំឆ្ពោះទៅរកការស្រាវជ្រាវនិងនវានុវត្តន៍ ដើម្បីពង្រឹងសមត្ថភាពនិងជំនាញរបស់ធនធានមនុស្សនៅកម្ពុជា ឱ្យស្របទៅនឹងបរិបទថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍ ជាពិសេសការពង្រឹងសហគ្រិនភាពក្នុងការរៀបចំម៉ូដែលធុរកិច្ចថ្មីៗ។ ដើម្បីចាប់យកកាលានុវត្តភាពពីបដិវត្តន៍ឧស្សាហកម្មទី៤ និងសេដ្ឋកិច្ចឌីជីថលដែលកំពុងផុសផុលឡើង ប្រព័ន្ធអេកូឡូហ្ស៊ីដែលបង្កលក្ខណៈអំណោយផលដល់ការបង្កើតថ្មី នវានុវត្តន៍ ការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ត្រូវតែមានការកែលម្អ។

បណ្តាប្រទេសនៅទ្វីបអាស៊ីកំពុងនាំមុខក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ដោយមានភាគហ៊ុនប្រមាណ៤៤% នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក។ ប្រទេសចិនកំពុងបន្តកសាងហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ក៏ដូចជាសមត្ថភាពមនុស្ស។ ផ្ទុយទៅវិញ ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូងនិងអាហ្វ្រិក កំពុងស្ថិតនៅឆ្ងាយពីការវិនិយោគនេះ ហើយជាលទ្ធផលប្រទេសទាំងនោះក៏ពុំមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ចគួរឱ្យកត់សម្គាល់ដែរ។ ទុនវិនិយោគសរុបលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍរបស់ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូងនិងអាហ្វ្រិក មានប្រមាណ៥%នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក ក្នុងពេលដែលតំបន់ទាំង២នេះមានប្រជាជនប្រមាណ២០%នៃប្រជាជនពិភពលោក។ ប្រទេសចំនួន៦ដែលមានលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេនៅក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ រួមមាន សហរដ្ឋអាមេរិក ចិន ជប៉ុន អាល្លឺម៉ង់ ឥណ្ឌា និងកូរ៉េខាងត្បូង ដែលស្មើនឹងប្រមាណ៧០%នៃទុនវិនិយោគសរុបរបស់ពិភពលោក។

តើចំណេះដឹង ផលិតផល និងសេវាកម្មថ្មីទាំងនេះកើតឡើងពីអ្វី? ហើយកើតឡើងដោយរបៀបណា? ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាកំពុងតែកសាងមូលដ្ឋានសម្រាប់ការត្រៀមខ្លួនទទួល និងប្រកួតប្រជែងក្នុងយុគសម័យបដិវត្តឧស្សាហកម្មទី៤ នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ចដែលផ្អែកលើពុទ្ធិ ហើយដែលប្រការនេះ

ចាំបាច់តម្រូវឱ្យពលរដ្ឋកម្ពុជា ត្រូវក្លាយខ្លួនជាពលរដ្ឋឌីជីថល ពលរដ្ឋសកល និងពលរដ្ឋដែលប្រកបដោយការទទួលខុសត្រូវ ដែលមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ចែកចាយ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិដើម្បីទទួលមនុញ្ញផល និងរួមចំណែកក្នុងកំណើន។ ធនាគារពិភពលោកបានធ្វើការកត់សម្គាល់តាំងពីឆ្នាំ ២០០២នូវបម្លាស់ប្តូរនៃមូលដ្ឋានសេដ្ឋកិច្ច ពីសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើកម្លាំងពលកម្ម និងធនធានអតិកម្ម (Labour and Resource Based Economy) ទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិ (Knowledge Based-Economy) ដែលក្នុងន័យនេះ ពុទ្ធិគឺជាគន្លឹះនៃការអភិវឌ្ឍ។ អាស្រ័យហេតុនេះ នៅលើគន្លងដែលកម្ពុជាកំពុងធ្វើដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចឌីជីថល សង្គមកម្ពុជាត្រូវតែមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ជ្រើសរើស បន្សាំ បង្កើតមុខរបរ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិ ដើម្បីរក្សានិរន្តរភាពនៃកំណើន និងកែលម្អជីវភាពរស់នៅ។ សមត្ថភាពទាំងនេះ អាចកើតឡើងនៅពេលពលរដ្ឋកម្ពុជាមានឱកាសក្នុងការទទួលបានបទពិសោធន៍ពីការស្រាវជ្រាវ ការបណ្តុះគំនិតច្នៃប្រឌិត និងការស្វែងរកនវានុវត្តន៍។

កំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ គឺជាការត្រួសត្រាយមាគ៌ាសម្រាប់ដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ និងប្រជាពលរដ្ឋប្រកបដោយភាពរស់រវើក។ តាមរយៈមូលដ្ឋានអប់រំ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិនឹងប្រមូលផ្តុំ បង្កើត និងចែករំលែក ទៅកាន់សមាជិកក្នុងសង្គមនូវសម្បទាអប់រំ ពិសេសគឺពុទ្ធិសម្បទាក្នុងបុព្វហេតុនៃមនុស្សជាតិនិងឧត្តមប្រយោជន៍នៃប្រទេស។ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ គឺពុំគ្រាន់តែជាសង្គមដែលសម្បូរព័ត៌មានប៉ុណ្ណោះទេ តែជាសង្គមដែលប្រជាពលរដ្ឋអាចធ្វើបរិវត្តកម្មពីព័ត៌មានទៅជាមូលធនប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព។ ការរីកចម្រើនទៅមុខជាលំដាប់នៃបច្ចេកវិទ្យានិងតំណភ្ជាប់ បានពង្រីកព្រំដែននៃការចូលទៅកាន់ និងការទទួលបានព័ត៌មានជាសកល ហើយដែលក្នុងន័យនេះ ការអប់រំនឹងបន្តវិវត្តទៅមុខនិងមានការផ្លាស់ប្តូរ។ សង្គមមួយដែលមានអំណាន និងរបាប់ជាបុរេលក្ខខណ្ឌនៃជីវភាពប្រចាំថ្ងៃនៃប្រជាពលរដ្ឋ ពេលនោះបំណិននៃអំណាន និពន្ធ និងការគណនាលេខនព្វន្ត គឺជាចលករនៃការរៀនរបស់សិស្ស។ ធាតុដ៏ចម្បងមួយដែលស្ថិតនៅក្នុងការកសាងសង្គមដែលប្រកបដោយពុទ្ធិគឺសៀវភៅសិក្សា ហើយការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សាជាប្រចាំ គឺជានវានុវត្តន៍នៃវិស័យអប់រំដែលនាំទៅរកការសិក្សាពេញមួយជីវិត ការអភិវឌ្ឍសម្បទាអប់រំ និងការចែករំលែកចំណេះដឹង។ មូលដ្ឋានអប់រំ ជាពិសេសគឺគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាត្រូវមានតួនាទីដែលប្រកបដោយការឆ្លើយតប ចំពោះតម្រូវការខាងលើនេះ។ សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំត្រូវបន្តសិក្សាជាប់ជានិច្ច តាមរយៈការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ហើយដែលសៀវភៅសិក្សាទាំងនេះនឹងក្លាយជាស្ពាននៃទំនាក់ទំនងរវាងនវានុវត្តន៍នៃបច្ចេកវិទ្យា និងការរៀននិងបង្រៀននៅក្នុងថ្នាក់រៀន។

សង្គមដែលប្រកបពុទ្ធិ ក៏ជាសង្គមដែលបណ្តុះឱ្យមានរចនាសម្ព័ន្ធទន់នៃសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិដែរ។ ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងនៃបែបផែននេះរួមមាន Silicon Valley នៃសហរដ្ឋអាមេរិក សួនឧស្សាហកម្មវិស្វកម្មអាកាសយានយន្តនិងយានយន្តនៅទីក្រុង Munich ប្រទេសអាល្លឺម៉ង់ តំបន់ជីវបច្ចេកវិទ្យានៅក្រុង Hyderabad ប្រទេសឥណ្ឌា តំបន់ផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិកនិងសារគមនាគមន៍ឌីជីថលនៅទីក្រុង Seoul ប្រទេសកូរ៉េខាងត្បូង ក៏ដូចជាសួនឧស្សាហកម្មថាមពល និងឥន្ធនគីមីសាស្ត្រនៃប្រទេសប្រេស៊ីល ហើយក៏នៅមានទីក្រុងនៃប្រទេសជាច្រើនទៀតនៅលើពិភពលោក។ លក្ខណៈសម្បត្តិ

នៃទីក្រុងទាំងនេះគឺការប្រើប្រាស់និន្នាការនៃការអភិវឌ្ឍដែលជំរុញ និងតម្រង់ទិសដោយចំណេះដឹង ហើយដែលចំណេះដឹងទាំងនោះកើតចេញជាដំបូងពីការវិនិយោគទៅលើគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា ស្ថាប័នស្រាវជ្រាវ មជ្ឈមណ្ឌលឧត្តមភាពនៃជំនាញជាន់ខ្ពស់ ការប្រកួតប្រជែងដោយគុណាធិបតេយ្យ និងជាពិសេសគឺការបណ្តុះវប្បធម៌អំណាននិងនិពន្ធសៀវភៅ។ ល្បឿននៃការរីកចម្រើនផ្នែកពុទ្ធិ និងបច្ចេកវិទ្យាកំពុងមានសន្ទុះលឿនជាងអ្វីដែលសិស្ស និងនិស្សិតអាចទទួលបានពីគ្រូនៅគ្រឹះស្ថានសិក្សា ដែលធ្វើឱ្យគោលដៅនៃការអប់រំនៅពេលបច្ចុប្បន្ននេះ មានការប្រឈមខ្លាំងជាងពេលណាទាំងអស់។ ឧទាហរណ៍ក្នុងមួយឆ្នាំ មានសៀវភៅជាង២,២លានចំណងជើង ត្រូវបានសរសេរនិងបោះពុម្ព ដែលក្នុងនោះប្រទេសចិនមាន៤៤០ពាន់ ចំណែកឯសហរដ្ឋអាមេរិកមាន៣០៥ពាន់ និងប្រទេសរុស្ស៊ីមាន១២០ពាន់ចំណងជើង។

ខណៈពេលដែលបច្ចេកវិទ្យាកំពុងរីកចម្រើនជារៀងរាល់ថ្ងៃ មធ្យោបាយសម្រាប់អំណានក៏មានច្រើនជម្រើសសម្រាប់សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជន រួមមានការអានសៀវភៅ ការអានលើឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិក ការអានដោយប្រើទូរសព្ទវៃឆ្លាត និងការអានលើកុំព្យូទ័រ ដែលសុទ្ធសឹងជាមធ្យោបាយសំខាន់ៗដែលនាំអ្នកអានទាំងឡាយឱ្យសម្រេចគោលបំណងអានរបស់ខ្លួន។ម្យ៉ាងវិញទៀត អំណានដោយប្រើមធ្យោបាយបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ចំណាយពេលតិច ងាយស្រួលអាន និងជួយដល់បរិស្ថានមួយកម្រិតទៀត។ នាពេលបច្ចុប្បន្ន សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជនកម្ពុជាដែលស្រឡាញ់អំណានកំពុងតែប្រើប្រាស់មធ្យោបាយអំណានទាំងនេះ។ បើយើងក្រឡេកមើលទៅប្រទេសជឿនលឿន ទោះបីជាបច្ចេកវិទ្យារីកចម្រើនខ្លាំងយ៉ាងណា អំណានតាមរយៈសៀវភៅនៅតែមានសន្ទុះដដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត បច្ចេកវិទ្យាអានបែបទំនើបតាមរយៈឧបករណ៍ទំនើប អាស្រ័យលើលទ្ធភាពនៃធនធានអប់រំឌីជីថល និងមាតិកាឌីជីថលគ្រប់គ្រាន់ដែលបានផលិត និងបង្ហោះចែកចាយសម្រាប់អំណាន។

ក្នុងបរិបទកម្ពុជា ជាពិសេសក្នុងបរិការណ៍នៃការផ្ទុះរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានជំរុញឱ្យមានបរិវត្តកម្មឌីជីថលនៅក្នុងអេកូស៊ីស្តែមនៃការអប់រំ ជាពិសេសការអប់រំតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិកនិងការអប់រំពីចម្ងាយ ដើម្បីលើកកម្ពស់អំណាន តាមរយៈការផលិតមាតិកាឌីជីថលដែលមានភាពចំរុះ ការកសាងសមត្ថភាពផ្នែកតំណភ្ជាប់និងវេទិកាឌីជីថល ការពង្រីកវិសាលភាពនៃមជ្ឈមណ្ឌលទិន្នន័យ និងការលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការផលិតធនធានអប់រំឌីជីថល គួបផ្សំជាមួយការចែកសន្លឹកកិច្ចការឱ្យសិស្សយកទៅរៀននៅផ្ទះ និងការចុះទៅជួបជាមួយសិស្សជាបណ្តុំនៅតាមសហគមន៍។ ក្នុងន័យលើកកម្ពស់អំណាន និងភាពសម្បូរបែបនៃធនធានសៀវភៅសិក្សា ឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពនិងភាពសក្តិសិទ្ធិ និងផ្តល់ឱកាសអំណានកាន់តែច្រើនថែមទៀតដល់សិស្សានុសិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាលើកទឹកចិត្តនូវចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

១. សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំ សូមបន្តនិងបង្កើនការបោះពុម្ពស្នាដៃបន្ថែមទៀត ដើម្បីធ្វើឱ្យធនធានសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប ជាពិសេសធនធានអំណានជាខេមរភាសា

២. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា សូមផ្តល់លទ្ធភាពគ្រប់បែបយ៉ាង ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់ និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចចូលរួមអាន និងសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមគ្រប់លទ្ធភាពជាមួយធនធានអំណាន ជាពិសេសការរៀបចំឱ្យមានពេលវេលាសម្រាប់សហសិក្សា និងអំណានក្នុងបណ្ណាល័យ

៣. សាស្ត្រាចារ្យតាមមុខវិជ្ជា និងអ្នកស្រាវជ្រាវតាមជំនាញឬវិស័យ ត្រូវរៀបចំដំណើរការរៀនបង្រៀន និងស្រាវជ្រាវដែលមានដាក់បញ្ចូលកិច្ចការស្វ័យសិក្សា សហសិក្សា ឬការស្រាវជ្រាវបណ្ណាល័យដែលតម្រូវឱ្យនិស្សិត ត្រូវអាននិងស្រាវជ្រាវជាមួយធនធានអំណាន

៤. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងមជ្ឈមណ្ឌលស្រាវជ្រាវ ត្រូវខិតខំឱ្យអស់លទ្ធភាពក្នុងការបង្កើតបណ្ណាល័យ មជ្ឈមណ្ឌលរក្សាឯកសារ ឬមជ្ឈមណ្ឌលអប់រំឌីជីថលជាដើម ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចទទួលបាន និងស្វែងរកប្រភពសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប និងមានភាពបត់បែន ឆ្លើយតបតាមតម្រូវការអ្នកអាន

៥. និស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាត្រូវខិតខំនិងចំណាយពេលវេលាដើម្បីអាន និងចាត់ទុកវប្បធម៌និងអកប្បកិរិយាអំណានជាផ្នែកមួយ នៃពេលវេលានិងភាពស៊ីវិល័យនៃជីវិតប្រចាំថ្ងៃ

៦. បងប្អូនជនរួមជាតិ ដែលជាមាតាបិតា ឬអ្នកអាណាព្យាបាល សូមជួយជំរុញនិងបង្កលក្ខណៈកាន់តែច្រើនថែមទៀត ជាពិសេសការលែលកចំណាយនៅក្នុងគ្រួសារសម្រាប់ការទិញសម្ភារៈសិក្សា សៀវភៅអាន និងឧបករណ៍សម្រាប់អំណានដល់កូនៗ ដែលចាត់ទុកជាការវិនិយោគមួយដ៏សំខាន់ សម្រាប់ បង្កើនចំណេះដឹង និងអនាគតរបស់ពួកគេ។

ដោយមានការគាំទ្រពីក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ នៅឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលហៅកាត់ថា "មូលនិធិ ស.គ.ន." និងហៅជាភាសាអង់គ្លេសថា The Research Creativity and Innovation Fund ដែលហៅកាត់ជាភាសាអង់គ្លេសថា "RCI Fund"។ គោលដៅចម្បងនៃមូលនិធិនេះ គឺរួមចំណែកលើកកម្ពស់វប្បធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ បំផុសគំនិតច្នៃប្រឌិត និងជំរុញការធ្វើនវានុវត្ត ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងទីផ្សារពលកម្ម និងសាកលភាវូបនីយកម្ម។ មូលនិធិ ស.គ.ន. បានសម្រេចកំណត់ប្រធានបទ ជាអាទិភាពសម្រាប់ការគាំទ្រដោយមូលនិធិចំនួន៣ រួមមានឌីជីថលនីយកម្មសម្រាប់បដិវត្តឧស្សាហកម្ម៤.0 (Digitalization for IR.4.0) ការស្រាវជ្រាវអនុវត្តលើវិស័យកសិកម្ម (Applied Agricultural Research) និងការស្រាវជ្រាវគរុកោសល្យសតវត្សទី២១ (21st Century Pedagogy Research)។

ដោយមានការធ្វើអាទិភាពូបនីយកម្មទៅលើទិសដៅ នៃការប្រើប្រាស់ថវិកាមូលនិធិសម្រាប់ឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានផ្តល់ការគាំទ្រដល់ការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សា (Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ គោលបំណងនៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា គឺដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូនដល់និស្សិត

ដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ លើសពីនេះទៀត ការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា មានគោលដៅដូចខាងក្រោម ៖

១. ឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់និស្សិតនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា

២. លើកកម្ពស់ទំនើបភាវូបនីយកម្ម និងឧត្តមានុវត្តន៍នៃការរៀននិងបង្រៀន និងការស្រាវជ្រាវនៅលើមុខវិជ្ជា កម្មវិធីសិក្សា ឬមុខជំនាញជាក់លាក់

៣. បង្កើនភាពស៊ីជម្រៅក្នុងការកសាងវិជ្ជាជីវៈនិងបទពិសោធន៍សម្រាប់បានៈសាស្ត្រាចារ្យ និងអ្នកស្រាវជ្រាវ

៤. រួមចំណែកដល់ការកសាងភាពជាសហគមន៍វិជ្ជាជីវៈ ការចែករំលែកបទពិសោធន៍ និងវប្បធម៌នៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានវាយតម្លៃខ្ពស់ចំពោះការបោះជំហានប្រកបដោយមនសិការវិជ្ជាជីវៈនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងបុគ្គលិកអប់រំទាំងអស់ ក្នុងការរៀបចំ រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រឹងសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូននិស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ សៀវភៅសិក្សាជាផ្នែកមួយនៃការទទួលស្គាល់គុណភាពអប់រំនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងជាធនធានសិក្សាដែលជាមូលដ្ឋានមួយដ៏សំខាន់ ក្នុងការគាំទ្រដល់ការបង្រៀន និងរៀន ហើយត្រូវមានបរិមាណគ្រប់គ្រាន់ ឆ្លើយតបទៅនឹងកម្មវិធីអប់រំ និងតម្រូវការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ជាគោលការណ៍ គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាទាំងអស់ ត្រូវមានសៀវភៅសិក្សាដែលប្រើជាគោលសម្រាប់មុខវិជ្ជានីមួយៗ។ ចំនួនសៀវភៅសិក្សាដែលគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ និងការសិក្សារបស់និស្សិត ត្រូវមានយ៉ាងតិចមួយចំណងជើងក្នុងមួយមុខវិជ្ជា ហើយត្រូវតម្កល់យ៉ាងតិច២ច្បាប់នៅក្នុងបណ្ណាល័យ ឬអាចរកបានតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា លើកទឹកចិត្តបន្ថែមទៀតជូនដល់គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលបានស្នើសុំថវិកាមូលនិធិ ស.គ.ន រួច សូមចូលរួមបន្ថែមទៀតដើម្បីបង្កើនចំនួនចំណងជើងសៀវភៅ។ ចំណែកគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលពុំទាន់បានដាក់ពាក្យស្នើសុំថវិកាមូលនិធិ ដើម្បីរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា សូមរួសរាន់ចូលរួមដើម្បីជាគុណប្រយោជន៍ដល់តម្រូវការដ៏ទទូចនិងថ្លៃថ្លានៃនិស្សិតកម្ពុជាក្នុងការសិក្សា និងស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

សេចក្តីបញ្ជាក់
នៃមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

សៀវភៅសិក្សានេះជាលទ្ធផលនៃការស្នើសុំអនុវត្តថវិកាមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ក្នុងគម្រោងរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ សៀវភៅសិក្សានេះ ត្រូវបានរៀបរៀង និពន្ធ ឬកែលម្អដោយមានការធានាអះអាងថាជាស្នាដៃរបស់អ្នកនិពន្ធផ្ទាល់ និងបានឆ្លងកាត់ត្រួតពិនិត្យ ផ្តល់យោបល់ និងវាយតម្លៃដោយក្រុមប្រឹក្សាអប់រំ ក្រុមប្រឹក្សាស្រាវជ្រាវ ឬក្រុមប្រឹក្សាដែលមានតម្លៃស្មើនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងតាមរយៈកិច្ចសន្យាដែលបានធ្វើឡើង និងដែលបានតម្កល់ទុកនៅមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។ រាល់ខ្លឹមសារ ការបកស្រាយ ឬរូបភាព ដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅនេះ គឺជាជំហរនិងទស្សនៈផ្ទាល់របស់អ្នកនិពន្ធ ហើយពុំឆ្លុះបញ្ចាំង ឬជាតំណាងដល់មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាឡើយ។

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

សូមថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅសម្រាប់ការឧបត្ថម្ភគាំទ្រ និងត្រួតពិនិត្យលើការងារសៀវភៅនេះដល់៖

- ឯកឧត្តមសាស្ត្រាចារ្យបណ្ឌិត ង៉ោ ប៊ុនថាន សាកលវិទ្យាធិការនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម
- បណ្ឌិត ហួន ថាវរៈ សាកលវិទ្យាធិការរងនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម
- បណ្ឌិត ប៊ុនតុង បូរារិន ប្រធានផ្នែកស្រាវជ្រាវ
- សាស្ត្រាចារ្យរង គង់ ថុង ព្រឹទ្ធបុរសមហាវិទ្យាល័យកសិឧស្សាហកម្ម
- ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា និងមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និង នវានុវត្តន៍
- ឯកឧត្តម សាន វឌ្ឍនា អនុរដ្ឋលេខាធិការនៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
- អង្គភាព/ស្ថាប័ននានា ក្រៅពីស.រ.ភ.ក ដែលបានជួយជ្រោមជ្រែងក្នុងការស្រាវជ្រាវ
- គណៈកម្មការមហាវិទ្យាល័យ លោក ឯក សុភាព បណ្ឌិត ចាយ ជីម
- គណកម្មការត្រួតពិនិត្យ សាស្ត្រាចារ្យរង គង់ ថុង សាស្ត្រាចារ្យរងបណ្ឌិត ហួន ថាវរៈ និងបណ្ឌិត ជ្រុន រីទ្ធី
- អ្នកម្តាយ សរ សុភាព បងប្អូនប្រុសស្រី ព្រមទាំងកូនខ្ទួយទាំងប្រុសទាំងស្រី ដ៏គួជាទីគោរព និងស្រឡាញ់ និងជាកម្លាំងចិត្តដល់ខ្ញុំគ្រប់ពេលវេលា

អារម្ភកថា

សៀវភៅ **«បច្ចេកវិជ្ជាស្ករនិងម្សៅ»** ជាសៀវភៅមួយដែលមានដាក់បញ្ចូលនូវការស្រាវជ្រាវវិទ្យាសាស្ត្រដែលសិក្សាអំពីលក្ខណៈរចនាសម្ព័ន្ធ និងរូបផ្គុំរបស់គ្រាប់ម្សៅ លក្ខណៈគីមីនិងជាតុផ្សំនៃផ្ទៃរបស់គ្រាប់ម្សៅ ការប្រើប្រាស់ម្សៅ ប្រភេទនៃអង់ស៊ីមនិងការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមក្នុងឧស្សាហកម្មអាហារដោយការបំបែកនៃម្សៅដោយអង់ស៊ីម វិធីសាស្ត្របឋមលើលក្ខណៈខេនេទិករបស់អង់ស៊ីមក្នុងធ្វើអ៊ីដ្រូលីសម្សៅដែលមិនទ្បើងស្អិត ការវិភាគពីសកម្មអង់ស៊ីម ស្ករនិងលក្ខណៈសម្បត្តិរបស់ស្ករ វត្ថុធាតុដើមដែលអាចយកមកធ្វើស្ករ ការកែច្នៃស្ករ ការប្រើប្រាស់ស្ករ និងទីផ្សាររបស់ស្ករ និងស្ករនិងសុខភាព ដើម្បីជាប្រយោជន៍សម្រាប់អ្នកសិក្សានិងអ្នកស្រាវជ្រាវ។

ជាមួយគ្នានេះអ្នករៀបរៀងនិពន្ធសៀវភៅនេះ ក៏សូមអធ្យាស្រ័យចំពោះការខ្វះខាត និងរាល់កំហុសឆ្គងលើអក្ខរាវិរុទ្ធ ឬកំហុសឆ្គងផ្សេងៗដែលអាចកើតមាននៅក្នុងអត្ថបទសៀវភៅនេះដោយកត្តាណាមួយផងដែរ។ សូមថ្លែងអំណរគុណផងដែរ ចំពោះការចូលរួមជាមតិយោបល់ ការត្រួតពិនិត្យ និងជាពិសេសរាល់ប្រភពទិន្នន័យដើម សម្រាប់ជាធនធានចម្បង ដែលអាចយកមករៀបរៀងជាសៀវភៅនេះបាន។

សូមឱ្យសៀវភៅនេះបានជាប្រយោជន៍ ដល់អ្នកអានគ្រប់ៗគ្នា។

ថ្ងៃសុក្រ ៦ រោច ខែកត្តិក ឆ្នាំឆ្លូវ ត្រីស័ក ព.ស.២៥៦៥
រាជធានីភ្នំពេញ ថ្ងៃទី ២៥ ខែ វិច្ឆិកា ឆ្នាំ២០២១
អ្នកនិពន្ធ

ស្រី ធាវី

អ្នកនិពន្ធ

នាម និងគោត្តនាម ៖ ស្រី ជាវី

អាស័យដ្ឋាន ៖ ផ្ទះ ១៧ ក្រុម ៣០ ភូមិខ្វា សង្កាត់ដង្កោ ខណ្ឌដង្កោ ភ្នំពេញ

ស្ថាប័នការងារ ៖ មហាវិទ្យាល័យកសិកឧស្សាហកម្ម នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម

ឯកទេស ឬមុខជំនាញ ៖ ជំនាញគោល បច្ចេកវិទ្យាអាហារ ជំនាញបន្ទាប់បន្សំ បច្ចេកវិទ្យាក្រោយការប្រមូលផល និង អាហារូបត្ថម្ភ

ប្រវត្តិការសិក្សា ៖

- អនុបណ្ឌិតជំនាញបច្ចេកវិជ្ជាអាហារ នៅសាកលវិទ្យាល័យភីលីពីនឡូសបាញ៉ូស ប្រទេសភីលីពីន ឆ្នាំ ២០១៧
- ឌីផ្លូម៉ាជំនាញប្រព័ន្ធជីវកសិកម្មចម្រុះ នៅសាកលវិទ្យាល័យខនគេន ប្រទេសថៃ ឆ្នាំ ២០០៧
- បរិញ្ញាបត្រជំនាញកសិឧស្សាហកម្ម នៅសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម ប្រទេសកម្ពុជា ឆ្នាំ ២០០៥

បទពិសោធន៍ការងារ ៖

- ២០១៧ ដល់បច្ចុប្បន្ន ៖ អនុប្រធានដេប៉ាតឺម៉ង់បច្ចេកវិជ្ជាអាហារ មហាវិទ្យាល័យកសិឧស្សាហកម្ម នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម
- ២០០៧ ដល់បច្ចុប្បន្ន ៖ គ្រូបង្រៀនថ្នាក់ឧត្តម នៅមហាវិទ្យាល័យកសិឧស្សាហកម្ម

មាតិកា

បុព្វកថា និងសេចក្តីបញ្ជាក់មូលនិធិ

ទំព័រ

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ..i
អារម្ភកថា..ii
មាតិកា..xi

ជំពូក ១
រចនាសម្ព័ន្ធនៃគ្រាប់ម្សៅ

I. សេចក្តីផ្តើម.. ១
II. ស្ថាប័ត្យកម្មរបស់គ្រាប់ម្សៅ..៥
១. ការសង្ខេបនៃរចនាសម្ព័នរបស់គ្រាប់ម្សៅ..៥
២. ការរៀបចំម៉ូលេគុលនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់ ៦
៣. លក្ខណៈពិសេសនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់ ១២
៤. The Supramolecular Organization of Starch Granules ១៥
III. ផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅ..២២
១. ផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅ និងលក្ខណៈគីមី និងជាតុផ្សំ..២៣
២. ការវិភាគគីមីលើផ្ទៃដាក់លាក់..២៤
IV. រូបភាពផ្ទៃខាងក្នុងរបស់ជាលិកាគ្រាប់ធញ្ញជាតិ..២៥
១. ការផ្តិតយករូបភាពរបស់គ្រាប់ម្សៅដោយវិធីសាស្ត្រ SEM..២៦
២. គោលការណ៍នៃ AFM.. ២៧
៣. ការរៀបចំសំណាកសម្រាប់ AFM នៃម្សៅ ២៨
៤. ពណ៌មានលំអិត និងរចនាសម្ព័ន្ធគ្រាប់ម្សៅខាងក្នុងដែលបានប្រើដោយ AFM ២៩
៥. ការបងប្រែរូបភាពនៃ AFM លើគ្រាប់ម្សៅ..២៩
៦. ការពិភាក្សាលើការថតរូបនៃផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅដោយ Scanning Probe Microscopy (SPM) ៣០

V. សុចូនាករនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រាប់ម្សៅដោយទ្រឹស្តី the blocklets concept ៣២
VI. ទីតាំង និងបណ្តុំនៃអាមីឡូសនៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ ៣៣
VII. រន្ធនៅលើផ្ទៃប៉ះនិងបណ្តាញខាងក្នុងនៃគ្រាប់ម្សៅស្ពាច ៣៤
VIII. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន ៣៥

ជំពូកទី ២

ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមដែលបំបែកស្តាចក្នុងឧស្សាហកម្មបច្ចេកវិទ្យាអាហារ

សង្ខេបអត្ថបទ ៤៣
១. សេចក្តីផ្តើម ៤៤
២ ប្រភេទអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅ ៤៥
២.១ អង់ស៊ីមអង់ដូអាមីឡាស ៥០
២.៣ អង់ស៊ីម De-branched enzymes ៥២
២.៤ អង់ស៊ីម α-glucanotransferases ៥៥
៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន ៦១

ជំពូកទី ៣

ឥទ្ធិពលនៃវិធីសាស្ត្របឋមលើខេនេទិកនៃអង់ស៊ីម នៃការបំបែកម្សៅដំឡូងមី ដែលមិនស្អិតដោយមានទឹកចូលរួម

សង្ខេបអត្ថបទ ៧២
១. សេចក្តីផ្តើម ៧៣
២. លទ្ធផលនិងពិភាក្សា ៧៥
២.១ ផលប៉ះពាល់នៃការធ្វើប្រព្រឹត្តកម្មបឋមលើទិន្នផលពីអ៊ីដ្រូលីស ៧៥
២.២ ខេនេទិកនៃការស្រូបរបស់អង់ស៊ីម ៧៨
២.៣. គម្រូនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសខេនេទិក ៨៤
៣. វិធីសាស្ត្រសិក្សានិងវត្ថុធាតុដើម ៨៥

៣.១. សមាសធាតុម្សៅនិងអង់ស៊ីម ៨៥
៣.២. ការវិភាគគីមីជីវ និងទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីស ៨៦
៣.៣. ការកំណត់រកទំហំគ្រាប់ម្សៅ ៨៧
៣.៤. ការស្កេនដោយប្រើ Scanning Electron Microscopy (SEM) ៨៨
៣.៥. ការកំណត់រកការស្រូបនៃអង់ស៊ីមនិងស្ថេរភាពនៃខេនេទិក ៨៨
៣.៦. ការវិភាគអង់ស៊ីម ៨៩
៣.៧. ការធ្វើគម្រូ Hydrolysis Kinetics Modelling ៨៩
៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន ៩០
ជំពូកទី ៤ .... ៩៥
អំពីបច្ចេកវិជ្ជាស្ករ ៩៥
១. សេចក្តីផ្តើម ៩៥
១.១ តើអ្វីទៅជាស្ករ? ៩៥
១.២ លក្ខណៈសម្បត្តនៃស្ករ ៩៥
១.៣. ជុំនៃស្ករ ៩៦
២. ប្រវត្តិរបស់ស្ករ ៩៧
២.១. ស្ករនៅក្នុងសម័យបុរាណ នឹង សម័យថ្មី ៩៧
៣. ពពួកដើមរុក្ខជាតិដែលមានជាតិស្ករ ៩៨
៣.១ ស្កររអំពៅ ៩៨
៣.២. ស្ករផៃថាវ ១០០
៤. ប្រភពនៃការកែច្នៃស្ករ ១០១
៤.១ វិធីសាស្ត្រ GeneraZ ១០១
៤.២ ការសិក្សារអំពីស្ករអំពៅ ១០១
៤.៣ ប្រភពស្ករ beet ១០៥
៥.ផលិតផលស្ករមកពីអំពៅ ១០៦

៥.១ លក្ខណៈទូទៅ ១០៦

៥.២ ដំណើរការនៃស្ករអំពៅ ១០៦

៥.៣. ផលិតផលបន្ទាប់បន្សំនៃស្ករអំពៅ ១០៧

៦. ផលិតផលស្ករដែលផលិតមកពីឆៃថាវពណ៌ក្រហម(Beet) 107

៦.១. រោងចក្រផលិតស្ករពីឆៃថាវក្រហម(Beet) ១០៧

៦.២ ដំណើរការផលិត ១០៧

៦.៣. ផលិតផលបន្ទាប់បន្សំរបស់ឆៃថាវស្ករ ១៤១

៦.៤. Off-Campain ១៤១

៧. ការបន្សុទ្ធស្ករដើម ១៤២

៧.១. រោងចក្រចម្រាញ់ស្ករ ១៤២

៨. ទីផ្សារស្ករនិងការប្រើប្រាស់ ១៤៣

៨.១. ការចែកចាយស្ករ ១៤៣

៨.២. ការប្រើប្រាស់ ១៤៤

៩. អ្នកប្រើប្រាស់ថ្មីឬអ្នកប្រើប្រាស់ស្ករផ្សេងៗទៀត ១៤៤

៩.១. ស្ករជាប្រភពថាមពល ១៤៤

៩.២. ស្ករជាប្រភពជម្រើសជំនួសសម្រាប់ឧស្សាហកម្មគីមី ១៤៤

ជំពូក ៥

ស្ករនិងសុខភាព

១. ការជំនួសស្ករគឺមិនប្រសើរទេ ១៤៦

២. ទស្សនៈអំពីស្ករ ១៤៧

៣. របៀបដែលកាបូអ៊ីដ្រាតធ្វើឱ្យអ្នកជាត់ ១៤៨

៣.១. ស្ករស ១៤៨

៣.២. «ស្ករផ្លែឈើ» ឬ គ្រីស្តាល់ហ្វ្រាក់តូស ១៤៩

៣.៣. ស្ករពណ៌ត្នោត ១៤៩

៣.៥. ទឹកអំពៅហួតនិងស៊ូកាណាត™ ១៥០
៣.៦. ស្ករត្នោត ១៥០
៤. ស្កររាវ ១៥១
៤.១. ស៊ីរ៉ូពោត ១៥១
៤.២. ស៊ីរ៉ូ Agave ១៥២
៤.៣. ស៊ីរ៉ូ Yacon ១៥៣
៤.៤. ស៊ីរ៉ូស្រូវ ១៥៤
៤.៥. ម៉ូឡាស ១៥៤
៤.៦. ស៊ីរ៉ូ Maple ១៥៥
៤.៧. ទឹកឃ្មុំ ១៥៦
៤.៨. Sorghum ១៥៧
៤.៩. ស្ករដូង Coconut Nectar ១៥៧
៥. ស្ករអាល់កុល ១៥៧
៥.១. Xylitol, Erythritol, Mannitol, Sorbitol and Glycerine (Glycerol) ១៥៧
៥.២. Swerve® ១៥៩
៦. សារជាតិផ្អែមគ្មានស្ករ ១៥៩
៦.១. Stevia ១៥៩
៦.២. ផ្លែ Monkfruit ១៦០
៦.៣. Saccharin, Aspartame & Sucralose ១៦១
៦.៤. The Sweet Surrender ១៦១

ជំពូក ៦

ការវាយតម្លៃគុណភាពស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសផលិតចេញពីអ៊ីដ្រូលីសកម្ម

ម្សៅដំឡូងមី (*Manihot esculenta* Cranz.) ដោយប្រើស្រូវបណ្ដុះ (*Oriza sativa* L.)

សង្ខេបអត្ថបទ ១៦២

១. សេចក្តីផ្តើម ១៦៣
២. សម្ភារនិងវិធីសាស្ត្រសិក្សាស្រាវជ្រាវ ១៦៤
២.១ ការបែងចែកបច្ច័យពិសោធន៍ ១៦៤
២.២. ដំណុះគ្រាប់ ១៦៤
២.៣. ការរៀបចំម្សៅស្រូវបណ្តុះ ១៦៤
២.៤. ការវិភាគសកម្មភាពអង់ស៊ីម α-Amylase នៅក្នុងស្រូវបណ្តុះ ១៦៥
២.៥. ការរៀបចំស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ១៦៦
២.៦. ការវិភាគលក្ខណៈរូប-គីមី ១៦៧
២.៧. ប្រូតេអ៊ីន ១៦៨
២.៨. ភាពទទួលយកបាននៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ១៦៨
២.៩. ការវិភាគទិន្នន័យ ១៦៩
៤. លទ្ធផលនៃការសិក្សា ១៦៩
៤.១. ការផ្លាស់ប្តូសីតុណ្ហភាព និងសំណើមបរិយាកាស (RH) នៃស្រូវនៅកម្រិតនៃការដុះលូតលាស់ខុសៗគ្នា ១៦៩
៤.២. ការដុះលូតលាស់នៃស្លឹកនិងឫសរបស់សំណាបនៅរយៈពេលបណ្តុះខុសៗគ្នា ១៦៩
៤.៣. សកម្មភាពអង់ស៊ីម α -Amylase នៃស្រូវបណ្តុះនៅរយៈពេលខុសៗគ្នា ១៦៩
៤.៤. ស្កររ៉េដុក និង Dextrose Equivalent នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ១៧០
៤.៥. លក្ខណៈគីមីនៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ១៧១
៥. ការពិភាក្សា ១៧៣
៦. សន្និដ្ឋាន ១៧៦
៧. សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ ១៧៦

ជំពូក ១
រចនាសម្ព័ន្ធនៃគ្រាប់ម្សៅ

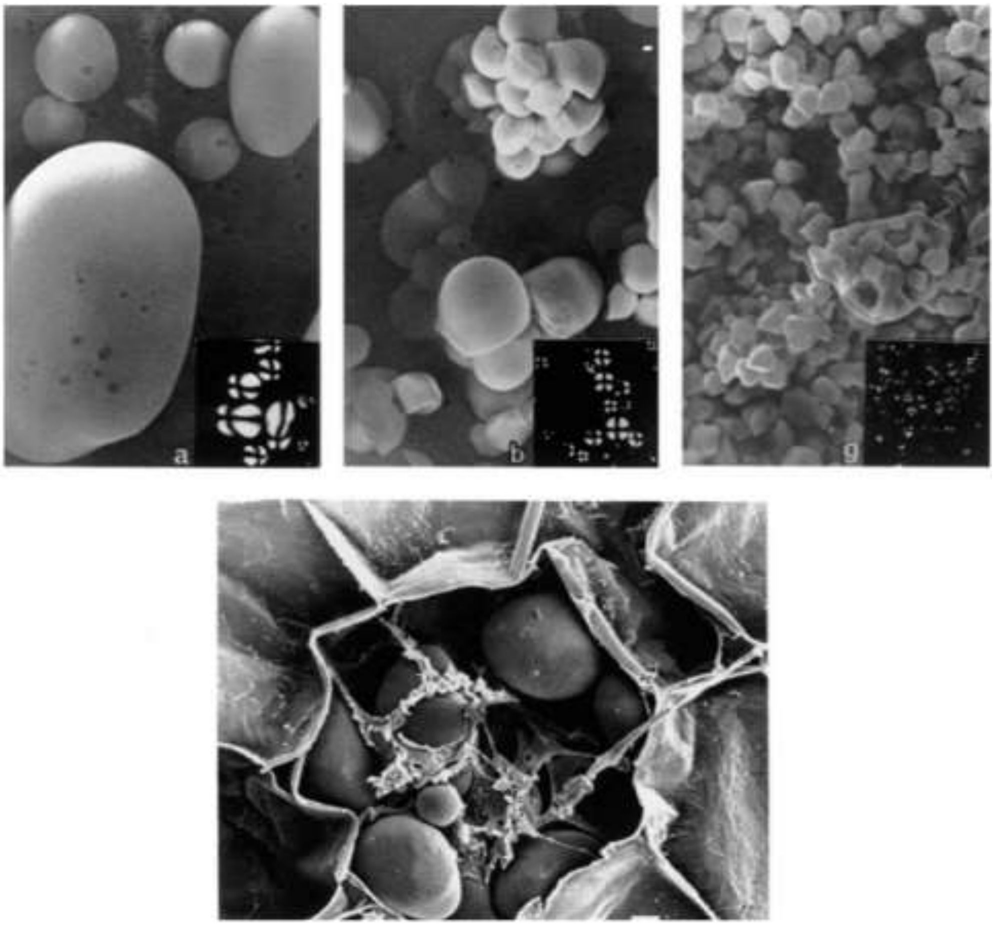
I. សេចក្តីផ្តើម

ដូចដែលបានអានជំពូកនេះនិងជំពូកទី ៦ ដែលបានសិក្សាអំពីម៉ូលេគុល amylose និង amylopectinរចនាសម្ព័ននៃគ្រាប់ម្សៅ ហើយនិងលក្ខណៈនិងបរិមាណម៉ូលេគុលរបស់លីពីត និងម៉ូលេគុលប្រូតេអ៊ីន ដែលមាននៅក្នុងគ្រាប់ មានភាពខុសប្លែកគ្នាជាមួយនឹងប្រភពរុក្ខសាស្ត្រនៃម្សៅ ដែលមានលក្ខណៈប្លែកពីប្រភេទម្សៅនីមួយៗ ។

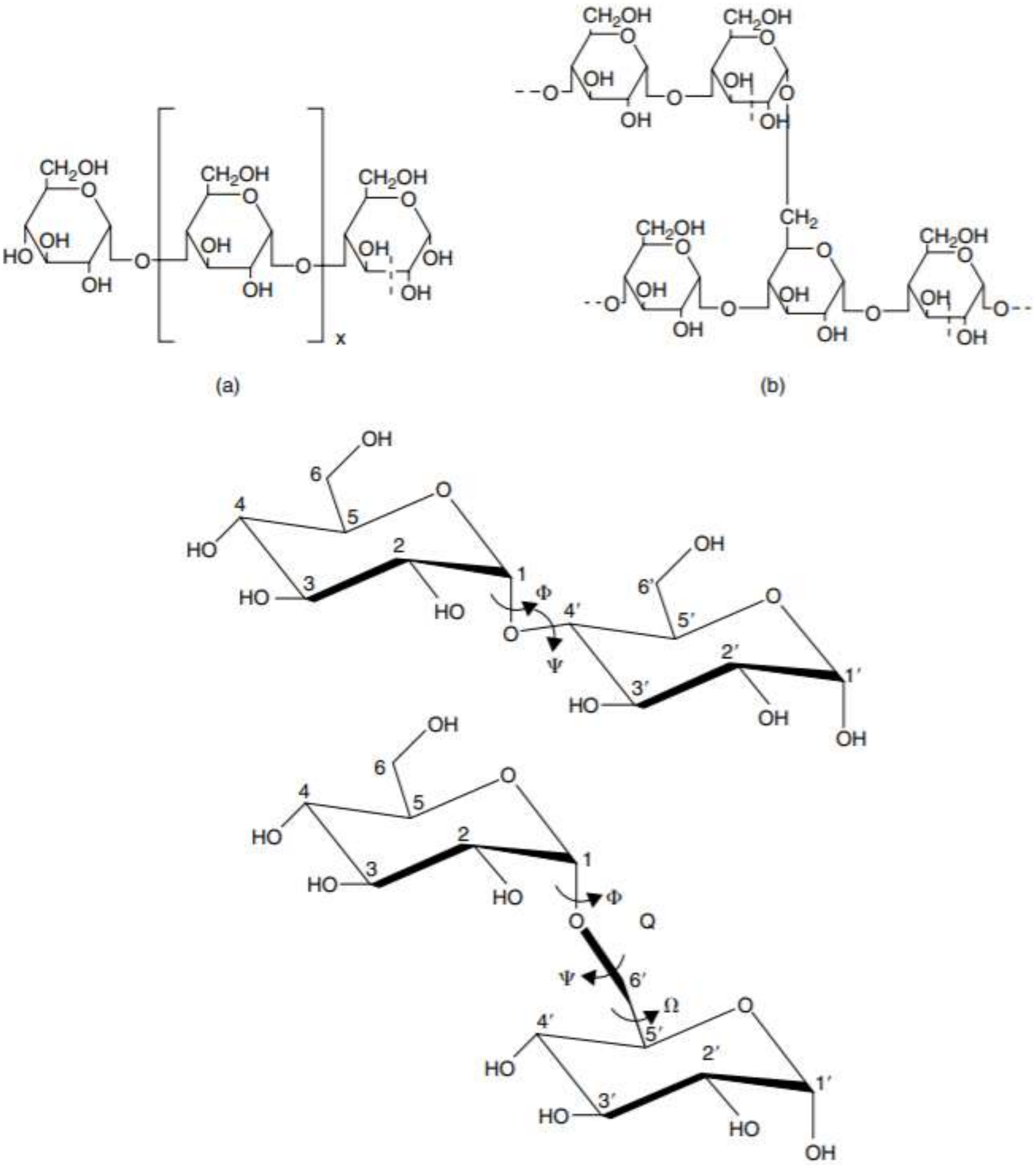
ម្យ៉ាងទៀត អ្វីដែលបានរកឃើញអំពីលក្ខណៈរូបផ្ទុំនៃម្សៅមួយប្រភេទ មិនសំខាន់ថាអាចយកទៅប្រើលើប្រភេទម្សៅផ្សេងទៀតនោះទេ។ បច្ចុប្បន្ននេះ លក្ខណៈទូទៅដែលអាចត្រូវបានយកទៅប្រើប្រាស់សម្រាប់គ្រាប់ម្សៅទាំងគ្រប់ប្រភេទ ដូចជាលក្ខណៈសម្គាល់ដែលអាចប្រើបានលើគ្រប់ទាំងប្រភេទគ្រាប់នៃម្សៅទាំងអស់ គឺមិនទាន់បានរកឃើញនៅឡើយទេ។

គ្រាប់ម្សៅគឺជាវិធីសាស្ត្រគោលធម្មជាតិ នៃការរក្សាទុកថាមពលក្នុងរយៈពេលដ៏យូរមួយ នៅក្នុងរុក្ខជាតិបៃតង ។ គ្រាប់នៃម្សៅនេះគឺពិតជាសាកសមនឹងតួនាទីនេះណាស់ គឺវាមិនអាចរលាយក្នុងទឹកនិងផ្ដុំគ្នាយ៉ាងក្រាស់ ប៉ុន្តែវានៅតែអាចប្រើបាននៅក្នុងការបំបែកនៃអង់ស៊ីមនៅក្នុងរុក្ខជាតិដដែល។ គ្រាប់ម្សៅ ត្រូវបានគេរកឃើញនៅក្នុងគ្រាប់ ឫស និង ម៉ើមរុក្ខជាតិ ប៉ុន្តែវាក៏មាននៅក្នុងដើម ស្លឹក ផ្លែ និងលំអងផងដែរ ។ គ្រាប់ម្សៅ មានគ្រប់ទំហំ គ្រប់ទម្រង់ (មូល ពងក្រពើ ពហុកោណ ផ្លាកែត និងទម្រង់មិនទៀងទាត់) មានប្រវែងចាប់ពី ០.១ ដល់ ២០០មីក្រូម៉ែត្រ អាស្រ័យទៅនឹងប្រភេទរុក្ខជាតិ ។ ភាពខុសគ្នាផ្នែកខាងក្រៅដោយ morphology នៃគ្រាប់ម្សៅ ជាទូទៅវាគ្រាន់តែផ្តល់លក្ខណៈពិសេសនៃឯកសារប្រភពរុក្ខសាស្ត្រតាមរយៈមីក្រូទស្សន៍អុបទិក ។ ពពួកគ្រាប់ម្សៅទាំងនេះ មានផ្ទុកនូវពពួកគ្រីស្តាល់ (crystallinity) ចាប់ពី ១៥% ទៅ ៤៥%[២] ដោយគ្រាប់ ម្សៅទាំងនេះអាចបង្ហាញពីស្នាមរង្វះរបស់វា នៅពេលដែលយើងប្រើប្រាស់មីក្រូទស្សន៍ពន្លឺប៉ូលែរ (រូបភាព ៥.១)។ តាមទ្រឹស្ដី ការប្រើប្រាស់បាច់ពន្លឺនេះដែលមានបន្ទុកវិជ្ជមាន គឺអាចចង្អុលបង្ហាញ ពីស្នាមកាត់ពុះជា៤នៃដុំគ្រីស្តាល់។ ប៉ុន្តែ បាច់ពន្លឺនេះ គឺរក្សាភាពដែលគ្មានបន្ទុក នៃចំណុចប៉ូលទាំង២ និងអ័ក្សកាត់កណ្តាល ឬ អេក្វាទ័រនៃគ្រាប់ម្សៅ ដែលនេះជាមូលហេតុបង្ហាញថា គ្រាប់ម្សៅមានទំហំតូចណាស់ និងអាចមានរូបរាងខុសៗគ្នា ហើយមានការពិបាកក្នុងកំឡុងពេលពិសោធន៍មើលរូបរាង។ បើគិតពីកម្រិតនៃភាពគ្រីស្តាល់របស់ម្សៅ បង្ហាញថា ភាគច្រើនប៉ូលីម៉ែរបស់ម្សៅនៅក្នុងគ្រាប់ (ដែលមានប្រហែលជា ៧០%) គឺស្ថិតនៅ

ក្នុងទម្រង់ជា amorphous (ទម្រង់រលាយក្នុងទឹក)។ ពពួកគ្រាប់ធញ្ញជាតិនេះទៀតសោត យ៉ាងណាមិញ ក៏បង្កើតជាទម្រង់បាច់កាំរស្មី X ដែលពួកទាំងនេះជាទូទៅ ជាគ្រាប់ដែលមានគុណភាពទាប ហើយអាចប្រើប្រាស់ក្នុងការកំណត់រកពួក allomorphs មួយចំនួន។ ការបែងចែកថ្នាក់ ដែលអាស្រ័យទៅលើ អនុភាពនៃបាច់ពន្លឺនេះ គឺវាមិនស្របទៅតាមការបែងចែកថ្នាក់ទៅតាមលក្ខណៈនៃរូបរាងនោះទេ ប៉ុន្តែវាអាចចាត់ក្រុមនៃពួកម្សៅ យ៉ាងងាយស្រួល យោងទៅតាមលក្ខណៈរូបរបស់វា។ ជាទូទៅ ពពួក គ្រាប់ធញ្ញជាតិនិងមើម ដូចជា ដំឡូងបារាំង មានគ្រាប់ម្សៅស្អាច ដែលមានទម្រង់ជា ប្រភេទ A និងពួកម្សៅរបស់រុក្ខជាតិខ្លះដែលសម្បូរដោយ amylose វាផលិតជាទម្រង់ប្រភេទ B ខណៈដែលពួក Legume មានម្សៅស្អាចក្នុងទម្រង់ប្រភេទ C។



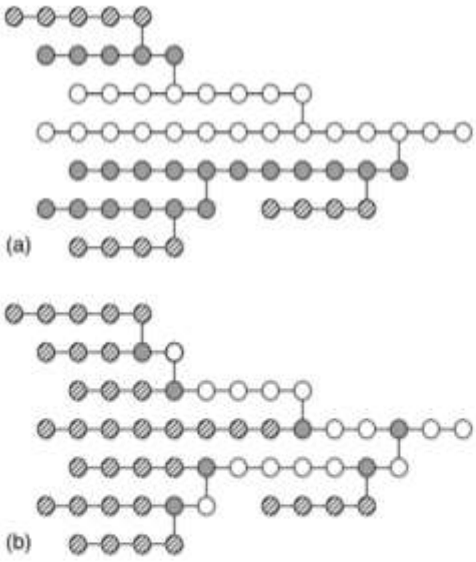
រូបភាពទី ៥.១ គ្រាប់ម្សៅស្រស់ត្រូវបានគេសង្កេតដោយប្រើមីក្រូទស្សន៍ scanning electron microscopy៖ (a) ដំឡូងជ្វា (b) ដំឡូងមី (g) ម្សៅស្រូវ។ គ្រាប់ម្សៅដែលមើលឃើញដោយប្រើពន្លឺប៉ូលែរ បានបង្ហាញជាលក្ខណៈឈុត។ រូបភាពដែលអត់ជាងគេបង្ហាញដោយ SEM នៃគ្រាប់ *in situ* នៅក្នុងកោសិកាparenchyma របស់ដំឡូងជ្វា។ (ប្រើដោយមានការអនុញ្ញាតពីបណ្ណាល័យសាស្ត្រលេខ ១)



រូបភាពទី៥.២ ដ្យាក្រាមគ្រោងនៃ (a) អាមីឡូស និង(b)អាមីឡូបិកទីនជាមួយចំណុចខ្នែងនៅ O6 (c) គម្រោងបង្ហាញនៃសមាសធាតុឌីសាក់ការីដនៃម្សៅ៖ មាល់តូស [aGlc (1->4)Glc] និង អ៊ីសូម៉ាល់តូស [aGlc (1->6)Glc] ដោយមាន ដែលកំណត់ការគូសបញ្ជាក់នៅចំណងគ្លីកូស៊ីដិករវាងសំណល់២បន្តគ្នា៖ Φ = O-5-C-1-O-1-C-4′, Ψ= C-1-O-1-C-4′-C-5′, Ω = O-1-C-6′-C-5′-O-5′.

ម៉ូលេគុលធំៗ២ដែលសំខាន់នៃរូបធាតុរបស់ម្សៅស្តាចគឺ amylose និង amylopectin (រូបទី៥.២)។ គេអាចកំណត់រូបរាងវាបានក្រោយពីបំបែកម្សៅស្តាច តាមរយៈការរំលាយដោយសូលុយស្យុង។ Amylose គឺភាគច្រើនជាខ្សែត្រង់ (1->4)-linked a-glucan និងអាចមានដឺគ្រេនៃប៉ូលីមែរ (DP) ខ្ពស់បំផុតត្រឹម ៦០០ ឯកតា។ ចំពោះ Amylopectin ភ្ជាប់គ្នាដោយ ចំណង a(1-4)-linked

a-glucan ត្រង់ a-(1-6) ដែលវាជាសមាសធាតុផ្សំធំបំផុតនៃគ្រាប់ (មានប្រហែល៣០ទៅ៩០%)។ ទម្ងន់ម៉ូលេគុលពី ៥០ ទៅ ៥០០ x $១០^{៦}$ ដែលវាជាប៉ូលីម៊ែធំជាងគេបំផុតក្នុងធម្មជាតិដែលគេបានដឹង។ Amylopectin ផ្ទុកទៅដោយចំណុចបែកខ្នែង ៥% បើធៀបជាមួយ amylose វាបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងម៉ូលេគុលធំៗទាំង២នេះ ទាំងលក្ខណៈរូប និងជីវៈ។ តាមរយៈការវិភាគ លំដាប់លំដោយនៃម៉ាក្រូម៉ូលេគុល គឺវាបង្ហាញពីកុស្តតាង ដែលបញ្ជាក់ពីចំនួននៃម៉ូលេគុលនៃខ្សែប៉ូលីម៊ែ ដែលចាត់ចំណាត់ថ្នាក់ជា ប្រវាក់ខ្លី ដែលមាន (១២ < DP < ២០) ប្រវាក់វែង ដែលមាន (៣០ < DP < ៤៥) និងប្រវាក់វែងខ្លាំង ដែមាន DP ជាមធ្យម ចាប់ពី ៦០ ទៅ។ ខ្សែប្រវាក់នេះផងដែរ គេអាចចាត់ថ្នាក់ជាប្រវាក់ A- B- និង C- ដែលប្រវាក់ A ជាប្រវាក់ដែលមិនកាន់ប្រវាក់ផ្សេងណាទេ ចំពោះប្រវាក់ B វាកាន់ប្រវាក់ផ្សេង ១ ឬ ច្រើន និងប្រវាក់ C គឺជាប្រវាក់ដើម ដែលវាមានផ្ទុកនៅស្នូលដែលមានចុងអាចកាត់បាន (reducing end) (រូបទី៥.៣)។ បច្ចុប្បន្ន ទម្រង់ដែលមានការទទួលស្គាល់ខ្លាំងនោះគឺទម្រង់ ចង្កោម (cluster model)។ ក្នុងទម្រង់នេះ ចំណុចបែកខ្នែង ក្នុងម៉ូលេគុល amylopectin គឺមិនត្រូវបានចែកដោយចៃដន្យនោះទេ ប៉ុន្តែវាជាចង្កោម។ ចង្កោមដែលសំបូរទៅដោយ ប្រវាក់ខ្លីៗ (ដែលមាន DP ចន្លោះពី ១២ ទៅ ៧០) [១២-១៤] គឺត្រូវបានគិតថាមានទម្រង់ជាគ្រីស្តាល់ច្រើនជាតំបន់បែកខ្នែង និងដើម្បីអាចបង្កើតជាទម្រង់គ្រីស្តាល់ស្តើងៗ (កម្រាស់ ៥-៧nm) ដែលប្រៀបធៀបជាមួយនឹងពួកដែលមានភាពជាគ្រីស្តាល់តិចតួច (កម្រាស់ 3-4nm) ដែលជាតំបន់បែកខ្នែង។ តំបន់ទាំង២នេះ កើតមានឡើងនៅក្នុងតំបន់២ ដែលមានទិសដៅផ្សេងគ្នា ក្នុងរង្វាស់រវាងគ្នា ២៥ ដឺក្រេ[៣]។ លោក Hizukuri[១៥] បានបង្ហាញពី ប្រវាក់ B នៃ Amylopectin អាចចូលរួមបង្កើតជាទម្រង់គ្រីស្តាល់ច្រើនជាងមួយ នៅក្នុងចង្កោម។ ដូចនេះគេអាចបង្កើតជាទម្រង់រូបផ្តុំ នៃ amylopectin និងចំណាត់ថ្នាក់នៃ ខ្សែប្រវាក់ B ដោយយោងទៅតាមចំនួននៃខ្សែប្រវាក់ នៃចង្កោម ដែលវាបានចូលរួម។ ប្រវាក់ B1 ចូលរួមក្នុងចង្កោម១ ប្រវាក់ B2 និង B3 ពង្រីកទៅកាន់ចង្កោម២ និង៣បន្តបន្ទាប់ និង ប្រវាក់ B4 ភ្ជាប់ទៅនឹង ចង្កោម ៤ ឬ ចង្កោមច្រើនទៀត។ វាត្រូវបានគេគណនាដោយ Manners[២៦] ៨០ ទៅ ៩០% នៃចំនួនប្រវាក់សរុបនៅក្នុងម៉ូលេគុល amylopectin គឺជាផ្នែកនៃប្រវាក់នៅក្នុងចង្កោម ខណៈដែល១០ទៅ២០%ទៀត គឺជាចង្កោមនៅផ្នែកខាងក្នុង។ យ៉ាងណាក៏ដោយ ការយល់ដឹងកាន់តែច្រើនលើគោលការណ៍គ្រឹះនៃរូបផ្តុំរបស់ amylopectin ត្រូវបានបង្កើតឡើង។ ប៉ុន្តែរូបផ្តុំក្នុងទម្រង់ក្នុងលំហ (3D) នៃ amylopectin ក្នុងគ្រាប់ គឺមិនត្រូវបានគេស្គាល់នៅឡើយទេ មានភស្តុតាងខ្លះៗបង្ហាញថាវាមានទម្រង់ជាគ្រាប់ អេលីបស្ថិតក្នុងទម្រង់ជាប្លង់ (2D)។



រូបទី ៥.៣ ដ្យាក្រាមបង្ហាញនិងនិយមន័យ នៃច្រវ៉ាក់ខុសៗគ្នាបង្កើតម៉ូលេគុលធំៗ នៃអាមីឡូប៉ិកទីន៖ (a) រង្វង់ពណ៌ប្រផេះដំណាងឱ្យច្រវ៉ាក់ *A* រង្វង់ឆ្នូតខ្មៅដំណាងឱ្យច្រវ៉ាក់ *Ba* រង្វង់ពណ៌សដំណាងឱ្យច្រវ៉ាក់ *Bb* (b) រង្វង់ពណ៌ប្រផេះដំណាងឱ្យច្រវ៉ាក់ក្រៅ រង្វង់ពណ៌ឆ្នូតខ្មៅដំណាងឱ្យចំណុចខ្នែង និងរង្វង់ពណ៌សរដំណាងឱ្យច្រវ៉ាក់ក្នុង

II. ស្ថាប័ត្យកម្មរបស់គ្រាប់ម្សៅ

១. ការសង្ខេបនៃរចនាសម្ព័នរបស់គ្រាប់ម្សៅ

នៅកម្រិតទាបបំផុតនៃរចនាសម្ព័ននៃម្សៅភាគច្រើនត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយ amorphous and crystalline shells ដែលនៅឆ្លាស់គ្នាមានចន្លោះពី ១០០ ទៅ ៤០០nm[១១,១២,២០] ។ វាជារចនាសម្ព័នត្រូវបានគេអោយឈ្មោះថា "growth rings" នៅក្នុងរចនាសម្ព័ន្ធបែបនេះត្រូវបានគេគិតថា វាមានរាង optical ចាប់តាំងពីរាង optical អាចមើលឃើញ ជាបន្ទាត់រាងប៉ូលគឺស្ថិតនៅក្នុងលំដាប់នៃរលកពន្លឺដែលអាចមើលឃើញ (១០០ ទៅ ១០០០nm)[២២] ។ នៅកម្រិតខ្ពស់នៃលំដាប់ម៉ូលេគុល ការស្រាវជ្រាវ x-ray មានភាពខុសគ្នា[២២-២៤] ទាក់ទងនឹងអេឡិចត្រុងមីក្រូស្កុប[២០,២៥] បង្ហាញពីកាលកំណត់នៃ ៩-១០ nm នៅក្នុងគ្រាប់។ កាលកំណត់ត្រូវបានគេបកស្រាយថា វាកើតឡើងដោយសារតែ crystalline និង amorphous lamellae ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយបណ្តុំនៃច្រវ៉ាក់ចំហៀងបែកចេញពីម៉ូលេគុល amylopectin វាមើលទៅមានលក្ខណៈជាគ្រាប់ម្សៅពិសេស ដោយផ្អែកលើលក្ខណៈរុក្ខសាស្ត្រ។ លើពីនេះទៀត វាបង្ហាញពីលក្ខណៈមេកានិកសាមញ្ញសម្រាប់ការផ្តាច់ម្សៅ[២៦]។

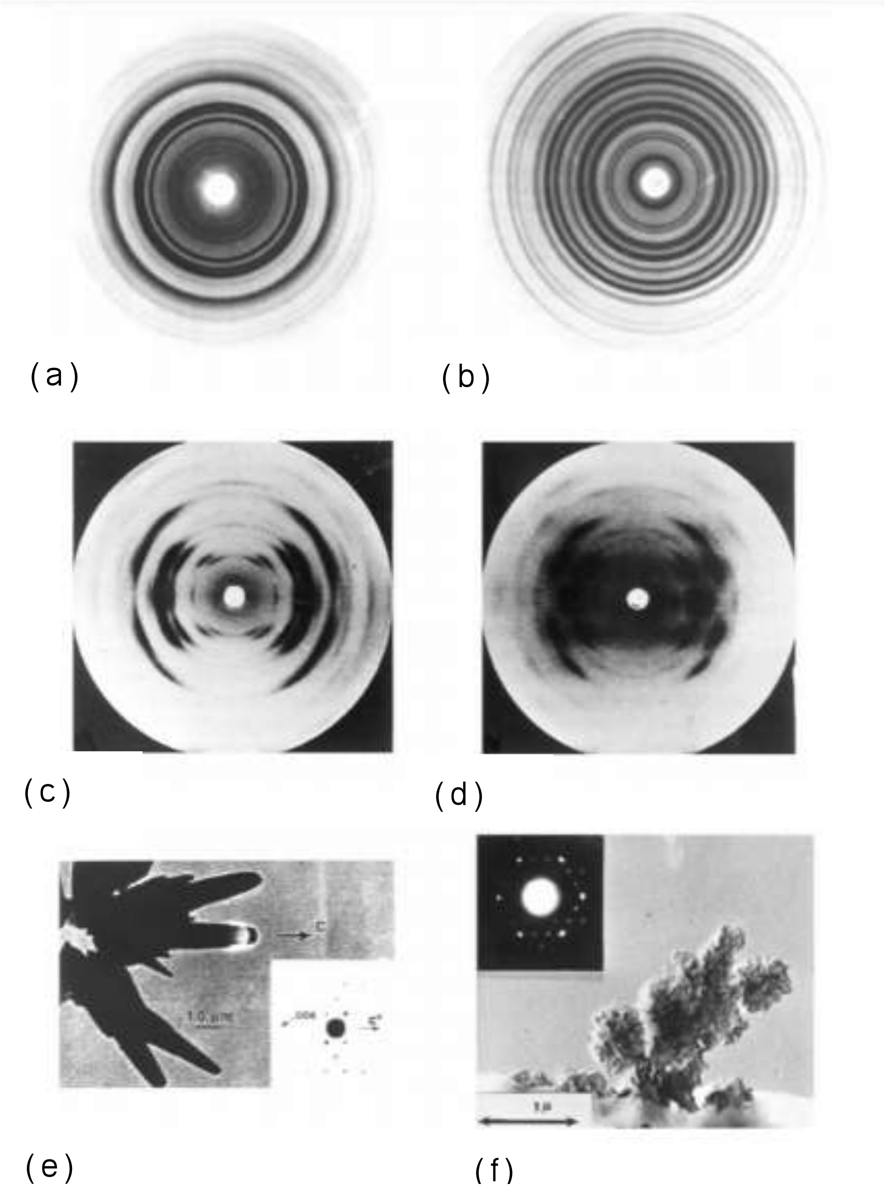
២. ការរៀបចំម៉ូលេគុលនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់

ម្សៅដែលមានគុណភាពល្អ អាចទទួលបានពីគ្រាប់ម្សៅ ដែលបានរងពីការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយអាស៊ីតដើម្បីដកយកផ្នែកដែលមានជាតិ amorphous ចេញ។ ការបំលែងម្សៅល្អក៏ទទួលបានពីប្រវ៉ាក់ amylose crystalline ខ្លី ផងដែរ (DP<៥០) ទាំងក្នុងទម្រង់ជា spherulites[២៧] ឬ lamella single crystals[២៨]។ ការបំបែកម្សៅទាំងនេះពិបាកបកស្រាយណាស់ដោយសារតែភាពស្មុគស្មាញនៃរចនាសម្ព័ន្ធ polymer ។ ការបំបែកជាតិសរសៃ អាចជួយបន្ថែមលើភាពខ្វះខាតនៃទិន្នន័យដែលទទួលបានការបំបែកម្សៅ។ ការសិក្សាបែងចែកជាតិសរសៃមួយត្រូវបានអនុវត្តដោយប្រើ radial axis of a giant granule[២៩] ប៉ុន្តែក្នុងករណីភាគច្រើនសំណាកមានប្រភពចេញពី film cast ពីសូលុយស្យុងអាមីឡូសនៅ DP ខ្ពស់ ។ ការពង្រីកហ្វីមធ្វើឱ្យអ័ក្សអាប់ស៊ីសនៃគ្រាប់គ្រីស្តាល់រត់ត្រង់គ្នា។ បំណែកល្អិតតូចៗទាំងនោះ បង្ហាញពីលក្ខណៈដូចគ្នានៃលំនាំនៃការបំបែកម្សៅប្រភេត A និង B [៣០,៣១] ដូចជាបំណែកខ្នែងខ្លីៗនៃអាមីឡូបិកទីនក្នុងគ្រាប់ម្សៅ។ ការសង្កេតស្រដៀងគ្នាអាចត្រូវបានធ្វើឡើង ចំពោះ single crystals grown in vitro[២៨] ពីប្រភពម៉្យាងនៃ amylose DP 15 និង DP 30 ដែលធ្វើឱ្យមានការកើនឡើងនូវលំនាំនៃការបំបែកម្សៅ ប្រភេទ A និងប្រភេទ B រៀងៗគ្នា (រូបភាព ៥.៤) ។

រចនាសម្ព័ននៃគ្រីស្តាល់ម្សៅប្រភេទA ត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមរយៈការប្រើរួមគ្នានៃអេឡិចត្រុងនៃការបំបែកគ្រាប់គ្រីស្តាល់បានដុះនៅខាងក្នុង ការថតកាំរស្មីអ៊ិចនៃលំនាំម្សៅដែលបានផ្គាប់ជាកំពូលខ្សែកោងជាច់ដោយឡែក ទិន្នន័យនៃការថតកាំរស្មីអិច នៃការបំបែកជាតិសរសៃ និងការធ្វើគម្រូនៃម៉ូលេគុល[៣២] (រូបភាព ៥.៥) ។ ដង់ស៊ីតេដែលត្រូវបានគណនាសម្រាប់តំបន់គ្រីស្តាល់ (d= ១,៤៨) គឺសមហេតុផលខ្លាំងទៅនឹងដង់ស៊ីតេដែលបានអង្កេតឃើញ និងបង្ហាញថាមានគ្លុយកូសនិងម៉ូលេគុលទឹក នៅក្នុងកោសិកាឯកតា។ ការគណនាថាមពល intra- និង inter-molecular បង្ហាញថា Model ដែលសមស្របតែមួយគត់សម្រាប់សម្ព័ន្ធខ្សែសង្វាក់ត្រូវបានទុកចោលដៃឆ្វេងឱ្យទំនេរ និងម្ខាងទៀតចងសម្ព័ន្ធ parallel-stranded និង double helices។ ខ្សែនីមួយៗមានរត់ឡើងវិញរាល់ ២,១៣៨ nm ប៉ុន្តែវាទាក់ទងទៅនឹងខ្សែមួយទៀត ដោយមានអ័ក្សអាប់ស៊ីស២ដងក្នុងមួយជុំ វាផ្តល់ឱ្យនូវសារជាតុដូចសរសៃឡើងវិញម្តងទៀត នៅចំងាយ ១,០៦៩ nm។ អត់មានចំណងអ៊ីដ្រូសែនដែលគ្មានប្រវ៉ាក់ intra-chain ទេប៉ុន្តែមានចំណងអ៊ីដ្រូសែន O-២...O-៦ ភ្ជាប់អ៊ីដ្រូសែនរវាងខ្សែទាំងពីរ។ ចំណង double helix មានសភាពរឹងមាំ ហើយមិនមានភ្ជាប់ទឹក ឬម៉ូលេគុលផ្សេងទៀតនៅកណ្តាលទេ (រូបទី ៥.៦a)។

នៅចន្លោះ monoclinic ក្រុម B2 មាន (a = 2.124 nm, b = 1.172 nm, c = 1.069 nm, γ

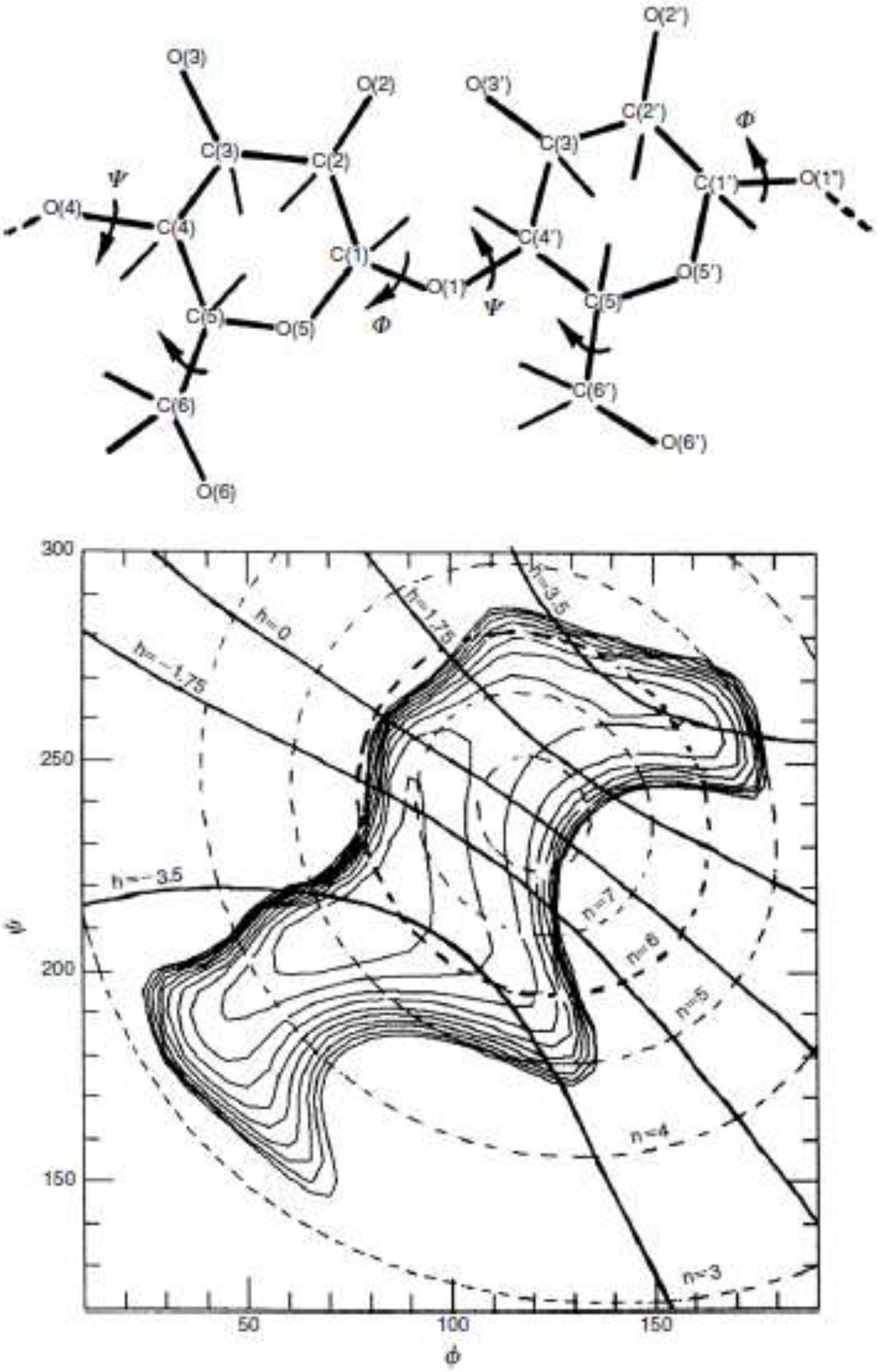
= 123.5°) តម្រូវឱ្យមានឯកតា asymmetric ដែលមានឯកតា maltotriosyl ហើយធ្វើនៅក្នុងបណ្ដុំមានចំណង double helix នៅជ្រុងម្ខាង និងមួយទៀតនៅចំកណ្ដាលនៃឯកតាកោសិការ។ ទិន្នន័យ synchrotron radiation microdiffraction បានបញ្ជាក់ពីតួនាទីរបស់ក្រាហ្វិកគ្រីស្តាល់ទាំងនេះ[៣៣]។ នៅចន្លោះក្រុមទាមទារឱ្យពួក helices ទាំងអស់ស្របគ្នាដែរ (រូបទី ៥.៦b)។ មានចំណងអ៊ីដ្រូសែននៅចន្លោះពួក helices ទាំងនេះទាំងដោយផ្ទាល់រឺតាមរយៈម៉ូលេគុលទឹកទាំងបួននៅក្នុងកោសិកា។ ម៉ូលេគុលទឹកទាំងនេះត្រូវបានកប់ជ្រៅនៅក្នុងទំរង់គ្រីស្តាល់ ហើយវាមិនអាចទៅរួចទេក្នុងការយកវាចេញដោយគ្មានការបំផ្លាញទាំងស្រុងនៃទំរង់គ្រីស្តាល់ទេ (រូបទី ៥.៦)។



រូបភាពទី ៥.៤ រូបភាពកាំរស្មី X នៃ diffractogram របស់គ្រាប់ម្សៅសម្រាប់៖ (a) អាមីឡូបិកទីនប្រភេទ A និង (b) អាមីឡូដិកទ្រីនលូតលាស់ជាស្មៀ។ រូបភាពកាំរស្មី X នៃលំនាំនៃ diffractogram របស់ជាតិសរសៃ (អ័ក្សសរសៃបញ្ឈរ) សម្រាប់៖ (c) A-amylase

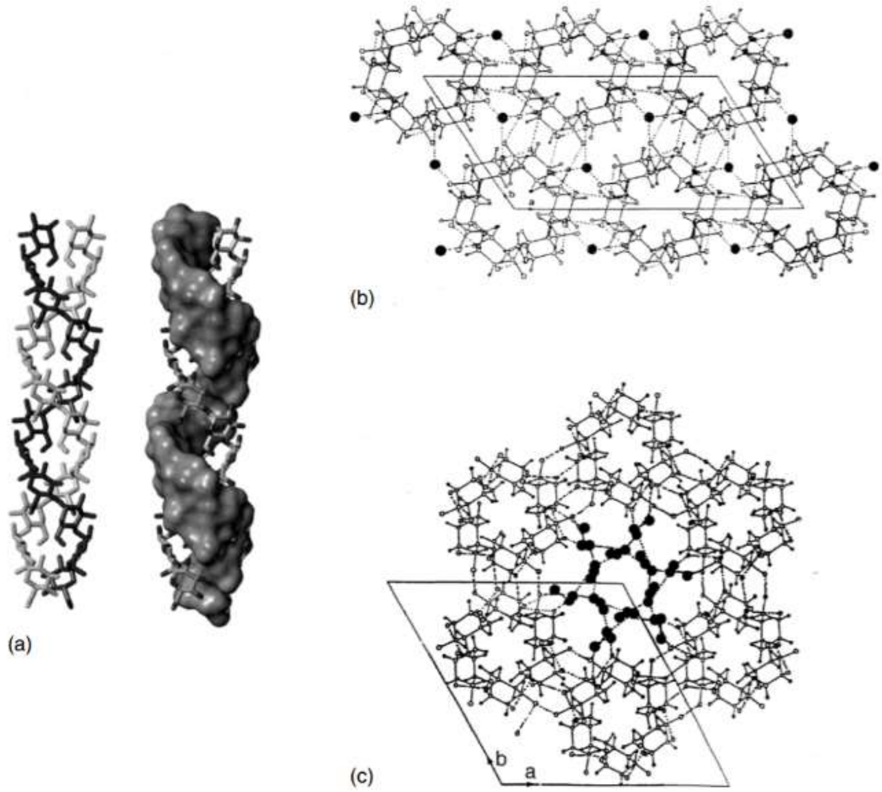
(ចន្លោះសរសៃ ១,០៤ nm) និង (d) B-amylase (ចន្លោះសរសៃ ១,០៥ nm)។ (បោះពុម្ពសាជាថ្មីដោយមានការអនុញ្ញាតពីសំយោគបណ្ណាល័យសាស្ត្រ ៣០ និង ៣១)។ គ្រាប់គ្រីស្តាល់តូចៗនេះ (e) A-starch និង (f) B-starch សង្កេតឃើញដោយប្រើមីក្រូទស្សន៍នៅអេឡិចត្រុងកម្រិតទាប។ នៅក្នុងការពិសោធន៍នេះ៖ ដ្យាក្រាមនៃការបំបែកដោយអេឡិចត្រុងបានថតចម្លងនៅក្នុងលក្ខខណ្ឌបង្កកសើម (e)។ (បោះពុម្ពម្តងទៀតដោយមានការអនុញ្ញាតពីបណ្ណាល័យសាស្ត្រ៣២និង៣៤)។

ទម្រង់នៃម្សៅប្រភេទ B ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយផ្សំសំណុំទិន្នន័យពិសោធន៍ដែលទទួលបានពីខ្សែ x-ray fiber និងទម្រង់គ្រីស្តាល់អេឡិចត្រុងខុសគ្នា តាមរយៈបច្ចេកទេសគម្រូម៉ូលេគុលសមស្រប។[៣៤] ច្រវាក់នៅក្នុងម្សៅប្រភេទ B ក៏ត្រូវបានរៀបចំជាទម្រង់ double helices ដែរ ប៉ុន្តែទម្រង់ខុសគ្នាពីម្សៅប្រភេទ A ក្នុងការវេចខ្ចប់គ្រីស្តាល់និងទឹកដែលមាន ក្រោយមកមានចាប់ពី ១០% ទៅ ៥០% ។ កោសិកាឯកតាគ្រីស្តាល់គឺជា hexagonal (a= b =១,៨៥ nm, c =១,០៤ nm) នៅក្រុម $P6_1$ ។ ច្រវាក់ double helices ត្រូវបានភ្ជាប់តាមរយៈ ចំណងអ៊ីដ្រូសែនដែលបង្កើតជាបណ្តាញមួយនៅខាងក្នុង នៃច្រវាក់ double helices ចំនួន៦ (រូបទី ៥.៦c) ។ បណ្តាញនេះត្រូវបានបំពេញដោយម៉ូលេគុលទឹក ដែលពាក់កណ្តាលត្រូវបានចងភ្ជាប់ទៅនឹងអាមីឡូស ដោយចំណងអ៊ីដ្រូសែននិងពាក់កណ្តាលទៀតទៅម៉ូលេគុលទឹកផ្សេងទៀត។ ដូច្នេះជាមួយនឹងការទទួលជាតិទឹក ២៧% ម៉ូលេគុលទឹក ៣៦ ស្ថិតនៅក្នុងកោសិកាឯកតារវាងច្រវាក់ double helices ចំនួន៦ ដែលបង្កើតជាជួរទឹកព័ទ្ធជុំវិញដោយ hexagonal network។ មិនមានការចង្អុលបង្ហាញពីភាពច្របូកច្របល់នៃម៉ូលេគុលទឹកទាំងនេះទេ ដោយស្របជាមួយនឹងការអង្កេតដោយ NMR ដែលបង្ហាញថា "ទឹកដែលអាចបង្កកបាន" អាចត្រូវបានគេសង្កេតឃើញតែនៅពេលមានជាតិទឹកខ្ពស់ជាង ៣៣ ភាគរយប៉ុណ្ណោះ។[៣៥]



រូបភាពទី ៥.៥ រាងវណ្ឌវង់នៃ iso-*n* និង iso-*h* ដែលបានជ្រើសរើស ដាក់នៅលើផ្ទៃដែលមានថាមពលខ្លាំងសម្រាប់ maltose ដែលបានគណនាជាមុខងារនៃមុំរមួល Φ និង Ψ glycosidic ។ រាងវណ្ឌវង់នៃថាមពល Iso ត្រូវបានគូសដោយការបញ្ចូលគ្នានៃ ១ kcal/mol ជាមួយនឹងថាមពលអប្បបរមា (*) រាងវណ្ឌវង iso-*h* 0 បែងចែកផែនទីជាពីរតំបន់ដែល

ត្រូវគ្នាទៅនឹងខាងស្តាំដៃ (h>0) និងខាងឆ្វេងស្តាំ (h<0) ។



រូបទី ៥.៦ (a) គំនូរម៉ូលេគុលសម្រាប់ double helix ដែលមាននៅក្នុងម្សៅ A និង B ។ ខ្សែនីមួយៗនៃច្រវាក់ amylosic គឺស្ថិតនៅក្នុងឆ្វេងដែលត្រួតស៊ីគ្នាចំនួន៦ដង វាដែលធ្វើឡើងម្តងទៀតក្នុងកម្រិត ២,១nm ។ Double helix ត្រូវបានបង្កើតដោយការផ្សារភ្ជាប់នៃខ្សែពីរតែមួយតាមរយៈការត្រួតស៊ីគ្នាចំនួនពីរដង។ (b) រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ម្សៅ ។ ខ្សែច្រវាក់ត្រីស្តាល់នៅក្នុងបន្ទះធកោន monoclinic ។ នៅក្នុងកោសិកាឯកតាមួយនេះ ឯកតា glucopyranosyl ចំនួន ១២ មានទីតាំងនៅផ្នែក២ខាងឆ្វេង មានរាង double helices ដូចគ្នា និងមានលក្ខណៈបង្ហាញដូចគ្នា។សម្រាប់កោសិកាឯកតានីមួយៗមានម៉ូលេគុលទឹកចំនួន៤ (រង្វង់បិទជិត) មានទីតាំងស្ថិតនៅចន្លោះ helices ។ ការបញ្ចូននៃរចនាសម្ព័ន្ធអ៊ីដ្រូហ្សែន (a, b) ។ ចំណងអ៊ីដ្រូសែនត្រូវបានចង្អុលបង្ហាញថាជាខ្សែដែលដាច់។ (យកមកបោះពុម្ពម្តងទៀតដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៣២) (c) រចនាសម្ព័ន្ធម្សៅB។ ខ្សែច្រវាក់ត្រូវបានគេដាក់បញ្ចូលក្នុងបន្ទះធកោនជាកន្លែងដែលពួកវាភ្ជាប់ជាខ្សែនៃ double helices ដែលមានខ្សែរខាងឆ្វេងស្របគ្នា។ ម៉ូលេគុលទឹក ៣៦ តំណាងឱ្យជាតិទឹក ២៧% ។ ម៉ូលេគុលទឹកពាក់កណ្តាលត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់យ៉ាងតឹងរឹងទៅនឹងជំនួយ double helices បណ្តាញដែលនៅសេសសល់បង្កើតបានជាបណ្តាញស្មុគស្មាញមួយដែលផ្តោតជុំវិញអ័ក្ស axis ចំនួន ៦ ដងនៃកោសិ

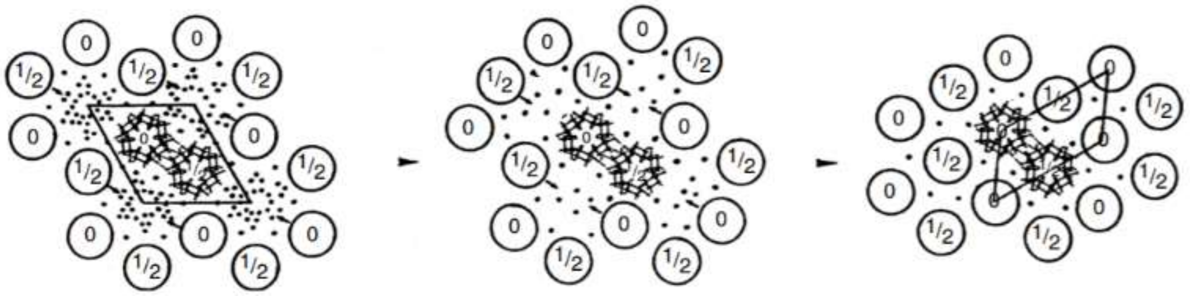
កាឯកតា។ បញ្ជូននៃរចនាសម្ព័ន្ធអ៊ីដ្រូហ្សែន (a, b) ។ ចំណងអ៊ីដ្រូសែនត្រូវបានចង្អុលបង្ហាញថាជាខ្សែដែលដាច់ពីគ្នា។ (យកមកបោះពុម្ពម្តងទៀតដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៣២)

លក្ខណៈពិសេសរចនាសម្ព័ន្ធនៃគ្រីស្តាល់ម្សៅប្រភេទ A និងប្រភេទ B អាចត្រូវបានប្រៀបធៀបនៅកម្រិតម៉ូលេគុល។ ទម្រង់ double helices នៃម្សៅទាំងប្រភេទ A និងប្រភេទ B គឺនៅផ្នែកខាងឆ្វេង ដែលមានរចនាសម្ព័ន្ធស្ទើរតែឥតខ្ចោះដល់ទៅ៦ដង ដែលមានគម្លាតគ្រីស្តាល់ប្រហែល ១,០៥ nm ។ ទម្រង់នៃការតម្រៀបនៃពួកខ្សែដែលមានតែមួយគឺស្រដៀងនឹងទម្រង់នៃការតម្រៀបនៃរបស់ KOH amylose និង amylose triacetate ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ នៅក្នុងរចនាសម្ព័ន្ធ KOH និង triacetylated ឃើញមានច្រវ៉ាក់អាមីឡូសជាខ្សែទោល ។ នៅក្នុង allomorphs A និង B នៅចន្លោះក្រុមដែលត្រូវបានគេសង្កេតឃើញដាក់ការរៀបចំស្របគ្នានៃខ្សែ double helices ទាំងអស់នោះ ។ ខ្សែ double helices នៃទម្រង់ទាំងពីរត្រូវបានដាក់ចូលក្នុង hexagonal ឬ pseudohexagonal arrays ។ នៅក្នុងម្សៅ ប្រភេទ B ដែលផ្ទុកម៉ូលេគុលទឹកជាច្រើនមិនមានវត្តមាននៅក្នុងម្សៅប្រភេទ A ទេ ។ នៅក្នុងការរៀបចំទាំងពីរមានគូរនៃ double helices ដែលត្រូវគ្នាទៅ ១,១ ដងចំងាយរវាងអ័ក្សនៃ double helice ។ ការផ្លាស់ប្តូរការបកប្រែដែលប្តូរពី 0,៥nm តាមការណែនាំនៃច្រវ៉ាក់ទាំងនោះធ្វើឱ្យមានសំណាញ់យ៉ាងជិតគ្នានៃផ្ទត់និងចុងនៃគូរ double helices ។ ការផ្សារភ្ជាប់ក្រាស់បែបនេះដែលត្រូវបានធ្វើឱ្យមាំដោយចំណងអ៊ីដ្រូសែន O-២ … O-៦ និង O-៤ … O-៣ ត្រូវគ្នាទៅនឹងអន្តរកម្មដែលល្អ រវាង double helices ដូចដែលបានបង្ហាញដោយការគណនាតាមទ្រឹស្តី ។

លក្ខខណ្ឌដែលត្រូវការដើម្បីបង្កើតការអនុលោមតាមគ្រីស្តាល់ប្រភេទ A និង B ត្រូវបានយល់ច្បាស់។ នៅក្រោមលក្ខខណ្ឌសើម (ដូចជាក្នុងមើមដំឡូង) បង្កើតជាគ្រីស្តាល់ម្សៅប្រភេទ B ដែលនៅខណៈពេល មានអាកាសធាតុក្តៅមានលក្ខណៈស្ងួតជាងមុន (ឧ នៅក្នុងគ្រាប់ធញ្ញជាតិ) A allomorph ត្រូវបានបង្កើត។ ប្រវែងខ្សែច្រវ៉ាក់គ្រីស្តាល់ក៏ជះឥទ្ធិពលដល់ការជ្រើសរើសទម្រង់នៃ DP<១០ កុំឱ្យមានគ្រីស្តាល់ ខ្សែច្រវ៉ាក់ដែលមាន DP ពី ១០ ទៅ ១២ មានទំរង់បង្កើតជាគ្រីស្តាល់ប្រភេទ A និងច្រវ៉ាក់ដែលមាន DP>១២ មានទំនោរបង្កើតទំរង់ B ។[៣៧,៣៨] នេះទំនងជាលទ្ធផលនៃភាពខុសគ្នានៃការបាត់បង់ភាពខុសគ្នានៃគ្រីស្តាល់ដែលឆ្លងកាត់ដោយខ្សែច្រវ៉ាក់ដែលមានប្រវែងខុសៗគ្នា។[៣៩] នេះដែលគេហៅថា ការព្យាបាលដោយកំដៅ - សំណើមទាក់ទងនឹងការរៀបចំគូនៃម្ចូកសុរត្តិភាពទ្វេដង ១៤,៤០ (រូបភាព ៥.៧) ។

ទំរង់គ្រីស្តាល់ក៏ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាជាកត្តាចូលរួមចំណែកដ៏សំខាន់ ក្នុងការកំណត់លក្ខណៈ

សម្បត្តិរួម។ ដូច្នេះនៅក្នុងផ្កាយដែលបង្ហាញគ្រីស្តាល់ប្រភេទ ទំរង់សីតុណ្ហភាពដែលហៀរជាទូទៅ កើនឡើងជាមួយនឹងគ្រីស្តាល់ជាទូទៅនៃថ្មក្រានីតរីងការបញ្ច្រាស ជាទូទៅសម្រាប់ផ្កាយដែលបង្ហាញទម្រង់គ្រីស្តាល់ប្រភេទ B ។

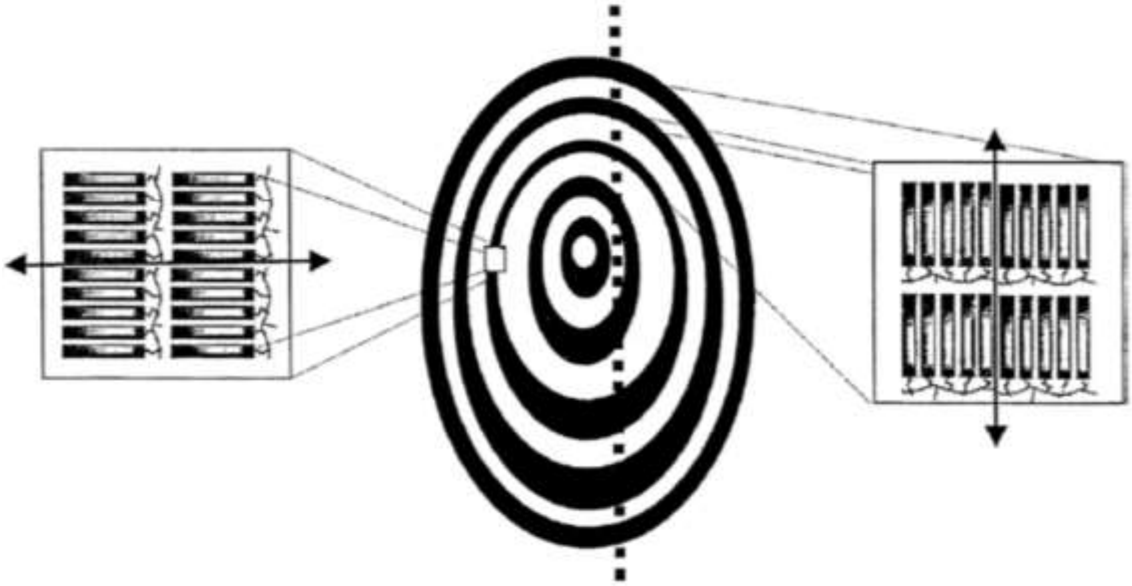


រូបភាពទី ៥.៧ គំរូនៃការផ្លាស់ប្តូរប៉ូលីមែរពីប្រភេទខទៅជាម្សៅប្រភេទ A នៅក្នុងសភាពរឹង។ Double helices ប៉ារ៉ាឡែលដែលបង្កើត ឱយត្រូវបានដាក់ស្លាក 0 និង½ដែលបង្ហាញពីការបកប្រែដែលទាក់ទងនឹងអ័ក្សគ។ ម៉ូលេគុលទឹកត្រូវបានបង្ហាញជាចំណុច។ (ប្រើប្រាស់ដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ១៥៩)

៣. លក្ខណៈពិសេសនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់

គ្រាប់ម្សៅដែលមានជាទូទៅបំផុត គឺតូចពេក ដែលមិនត្រូវបានសិក្សាជាលក្ខណៈបុគ្គល ការវិភាគបែកខ្ញែកឬបច្ចេកទេសប៉ូលីមែររឹងដូចជាអេក្រូត្រូស្កុប។ រហូតដល់ថ្មីៗនេះមានតែករណីតែមួយប៉ុណ្ណោះដែលដ្យាក្រាមកាំរស្មីអ៊ិចតម្រង់ទិសទទួលបានពីគ្រាប់លាយម្សៅដាច់ស្រយាល។ ដ្យាក្រាមភាពខុសគ្នានេះត្រូវបានទទួលក្នុងឆ្នាំ ១៩៥១២៩ ជាមួយកាំម៉េរ៉ាកាំរស្មីអ៊ិចពីក្រានីតដ៏មហិមាមួយដែលបានដកស្រង់ចេញពី pseudobulb នៃផ្កាអ័រគីដេ Phajus grandifolius ។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថាការតំរង់ទិសម៉ូលេគុលនៃវត្ថុធាតុខុសគ្នាគឺកាត់កែងទៅនឹងរង្វង់នៃការលូតលាស់granule ធំខុសពីធម្មតានេះ។ លក្ខណៈនៃគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលមានរាងពងក្រពើមានរាងដូចអ័ក្សវែងរបស់ពួកគេមិនធំជាង ១០០ អ។ តាមរយៈការប្រើប្រាស់មីក្រូទស្សន៍កាំរស្មីអ៊ិចប្រូហ្វិចពីវិទ្យុសកម្មស៊ីណឺរ៉ qhia ។ កាំរស្មីអ៊ិចធ្មឹមដែលមានទទឹងពេញ ២ ម។ មមានហ្វុតប្រហែល ១០១០ ភូឡុង / វិនាទី / 2 ម ២ (មាននៅមន្ទីរវិទ្យុសកម្មស៊ីណឺរជ័រ៉ុនអឺរ៉ុបនៅហ្គ្រេណូប៊ុលប្រទេសបារាំង) ធ្លាប់ត្រូវបានប្រើផ្ទួផ្តងការកើតឡើងនៃតំបន់គ្រីស្តាល់នៅក្នុងក្រានីតតែមួយដោយមិនចាំបាច់ប្រើgranule ទៅការរៀបចំគំរូណាមួយ។ តំរង់ទិសលំនាំបំលែងពីវិមាត្រអាចទទួលបានដោយផ្តល់ព័ត៌មានសំខាន់ៗ អំពីធម្មជាតិនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់រួមជាមួយទីតាំងនិងការតំរង់ទិសរបស់វាដោយគោរពទៅនឹងក្រានីត។ ភាពខុសគ្នាលំនាំអាចត្រូវបានប្រមូលនៅជំហាន ១០ម៉ៃក្រកាត់ក្រឡាចត្រង្គតែមួយដោយផ្តល់នូវ ការគូសផែនទីពេញលេញនៃ

សមាសធាតុគ្រីស្តាល់ (តំណាងតាមគ្រោងការណ៍ រូបភាព ៥.៨) ។ គ្រាប់ធញ្ញជាតិម្សៅស្រូវសាលីនិង ដំឡូងបារាំងនីមួយៗត្រូវបានគេដាក់បញ្ចូល ការស៊ើបអង្កេត ៤៤១.៤២ លំនាំបំលែងបុគ្គលមានវិមាត្រ កោសិកាឯកតាកិច្ចព្រមព្រៀងល្អណាស់ជាមួយរចនាសម្ព័ន្ធគ្រីស្តាល់ A - និងខ - ប្រភេទ ៣២.៣៤ បានកត់ត្រានៅលើ granules បុគ្គល។ លទ្ធផលបង្កើតឡើងដោយគ្មានភាពមិនច្បាស់ដំណើរបស់ Amylopectin នៅក្នុងបន្ទាត់ crystal lamallea (រូប៥.៨) គំនូសត្រឹមត្រូវបំផុតត្រូវបានកត់ ត្រា សម្រាប់ starch ក្នុងដំឡូងបារាំង។ អ្វីដែលគួរអោយចាប់អារម្មណ៍hellice ទ្វេនោះមិនផ្តោតសំខាន់ លើចំណុចតែមួយទេ តែវាឆ្លោះទៅស្រទាប់លើបង្គស់ដែលមានរាងពងក្រពើ។ hellice គឺបង្ហាញដំណើជាថ្មីដោយរកឃើញពីបន្ទាត់ពុះកែងទៅជាស្រទាប់លើនៃ Granule។ នេះជាព័តមានមានសមស្របដែលអាចជំនួសពីការសិក្សា brifringeness ។ នៅ១០មីក្រូម៉ែត នៃដំណើររលាយ វាមិនមានការមានការបន្តរបស់ការណែនាំដំបូងទៀតទេ។ សញ្ញានៃ granule ប្តូទិសដៅរបស់ hellice ពីគ្នា ១០មីក្រូម៉ែត ដោយមានជំនួយពីរ៉ាឌីកាល់ដំណើរទាំងអស់។



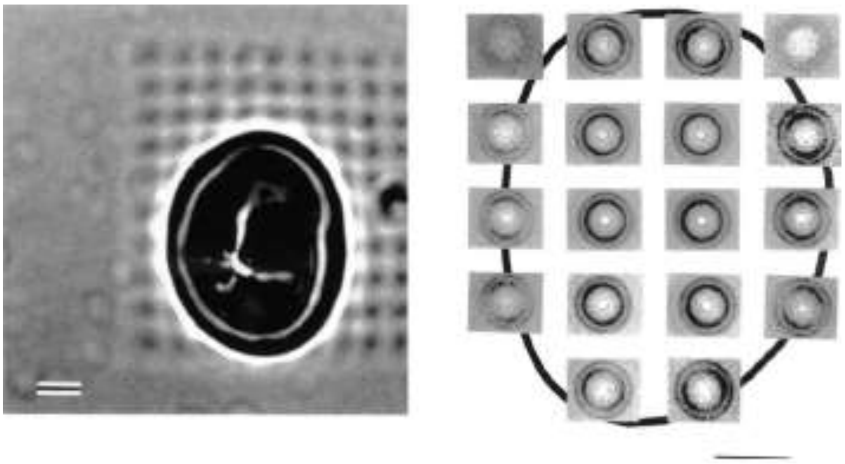
រូប ៥.៨ គ្រាប់នៅក្នុងការបង្ហាញកាត់ទទឹង បង្ហាញពី amylopectin double helices នៅក្នុង lamellae គ្រីស្តាល់។ បន្ទាត់ដាច់ៗ បង្ហាញពីផ្លូវដែលដើរតាម ដើម្បីទទួលបានដ្យាក្រាម diffraction ដោយប្រើ microfocus កាំរស្មីអ៊ិច ពន្លឺដែលមានអង្កត់ផ្ចិត ២ um ។ (ប្រើប្រាស់ដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៤២)

Microfocus syncthon ជាមុំស្រួច ផ្លាតពន្លឺក៏ធ្លាប់ប្រើលក្ខណៈមិនច្បាស់នៅបន្ទាត់ crystal microstructure របស់គ្រាប់ក្នុងសណ្តែក។ ក៏អាចជា c-type polymorisphimsm នៅក្នុងសមាស

ជាតុ A-type structure (60%) B-type (40%) ហើយបន្ទាត់គ្រីស្តាល់នៅក្នុងគ្រាប់ ដូចគ្នាកន្លែង B-type បានឃើញច្រើនជិតទីកណ្តាលរបស់វា, ឌីយ៉ាក្រាមពន្លឺដែលផ្លាកសម្រាប់បរិមាណ A តែមានដំណើរជាតិសសៃខ្សោយ។

សម្រាប់ ballomorph នៅកណ្តាល granule មានតែឌីយ៉ាក្រាមម៉្សៅដែលទទួលបាននៅចន្លោះ Bogratchve et al [44] ដែលជាអ្នកតាម birefringeness of granule ។ខណៈពេលដែល gelation បង្កើតដោយទឹក កាល់ស្យូម និងចំណុចstarch ក្នុយងសណ្តែក សមាសជាតុ B allomph ហើយផ្នែកខាងក្រៅ A allomph ដែលរួមបញ្ចូលគ្នា a&b ។កម្លែងនេះសរុបមកពីម៉ូលេគុល ដែលបង្ហាញ A&B ក្នុងបន្ទាត់តែមួយដែលមានកម្លាំងខ្សោយ។

ការបែងចែកទម្រង់គ្រីស្តាល់ដែលនៅក្នុងម្សៅ (a) optical micrograph (b) បម្រែបម្រួលកាំរស្មីx microfocus ។



រូប ៥.៩ ការចែកចាយដែនគ្រីស្តាល់នៅក្នុងម្សៅសណ្តែក៖ (ក) មីក្រូក្រាហ្វអុបទិកនៃគំរូធម្មតានៃម្សៅសណ្តែករលោងបន្ទាប់ពីជំហានកាំរស្មី ៧ um ជាមួយនឹងកាំរស្មីអ៊ិចនៃអង្កត់ផ្ចិត ២ um ជំហាននីមួយៗមាន ១៦ វិនាទី។ (ខ) សំណុំគំរូនៃការបំភាយកាំរស្មីអ៊ិចមីក្រូហ្វូស ដែលបានកត់ត្រានៅលើគ្រាប់ម្សៅសណ្តែកជីរលោង។ ដ្យាក្រាមនីមួយៗត្រូវគ្នាទៅនឹងផ្ទៃបំលាស់ប្រហែល ៣ um^2 ជំហាននៃ ៧ um បំបែកដ្យាក្រាម។ (ប្រើប្រាស់ដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៤១)

នាពេលបច្ចុប្បន្ន synchrotron microbeam មានអង្កត់ផ្ចិតប្រហែល ២um ដោយវាមានទំហំតូចល្មម ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការវាយតម្លៃ នៃវត្ថុជាតុដើមម្សៅនិមួយៗ។ តែទោះជាយ៉ាងណាទំហំនៃ

crystalline micro-morphology នៃស្រទាប់ concentric layers មានកម្រាស់ប្រមាណ ៥០០nm ដោយវាមានទីតាំងស្ថិតនៅ granule ។ ក្នុងករណី starch មានលក្ខណៈ smooth គេមិនអាចវាយតម្លៃដឹងថាដំណាក់កាល A និង B នៅក្នុងស្រទាប់ granule ឬស្ថិតនៅក្នុងចំណោម amylopectin

៤. The Supramolecular Organization of Starch Granules

ទោះបីជាមានព័ត៌មានលម្អិតមួយចំនួនទាក់ទងនឹងរចនាសម្ព័ន្ធប៉ូលីមែ នៃម្សៅត្រូវបានគេចម្លងនូវកម្រិតអាតូមិចដោយគំរូកុំព្យូទ័រ រចនាសម្ព័ន្ធនៃគ្រាប់ នៅវគ្គគ្រីស្តាល់ និង amorphous domains (ទាំងនៅលើទម្រង់ lamella និង 'growth' rings) គឺមិនបានបញ្ជាក់ឱ្យងាយស្រួលយល់នោះឡើយ។ ចំណេះដឹងបែបនេះគឺមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការស្វែងយល់ពីលក្ខណៈរូបរបស់ម្សៅ ។ ដូចដែលបានបញ្ជាក់ខាងលើការបំលែងកាំរស្មីអ៊ិច មុំតូចនិងមីក្រូទស្សន៍ អេឡិចត្រុងបានបង្ហាញពីកាលកំណត់នៅក្នុង granule ប្រហែល ១០ ណាណូម៉ែត្រដែលត្រូវបានពន្យល់ដោយសំណុំឆ្លាស់គ្នារវាងគ្រីស្តាល់ និង amorphous lamellae ដែលត្រូវបានស្នើក្នុងគំរូនៃពពួកអាមីឡូប៉ិកទីន។

លក្ខណៈរចនាសម្ព័ន្ធនៃខ្នែងអាមីឡូប៉ិកទីនគឺពិបាកប៉ាន់ស្មានណាស់។ ដោយហេតុថាពួកវាត្រូវបានគេគិតថាមានទីតាំងស្ថិតនៅក្នុងបន្លោះ amorphous និងគ្រីស្តាល់ហើយពួកវាបង្កើតបានតែចំណែកតូចមួយនៃម៉ូលេគុលសរុប។ ទោះយ៉ាងណាលក្ខណៈពិសេសនៃរចនាសម្ព័ន្ធមូលដ្ឋានមួយចំនួន ត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមរយៈគំរូកុំព្យូទ័រ។ ជាពិសេសវាត្រូវបានគេរកឃើញថាក្នុងចំណោមលំដាប់ ដែលមានថាមពលទាបមានមួយមានប្រវាក់ចំហៀងបត់ទៅក្រោយខ្សែសង្វាក់មេ ដូច្នេះបង្កើតបានរចនាសម្ព័ន្ធក្រាស់បីវិមាត្រ។លើសពីនេះទៀតការកាត់ខ្នែងនៅចន្លោះខ្សែពីរនៃ double helices គឺត្រូវបានធ្វើឡើង។ វាត្រូវបានគេរកឃើញថាការបញ្ជាក់អំពីចំណង glycosidic នៅក្នុងខ្សែទាំងពីរអាចបណ្តាលឱ្យមានតំណលំដាប់មួយដែលថាខ្សែទ្វេ helical អាចត្រូវបានភ្ជាប់តាមរយៈការភ្ជាប់ α-(១-៦) ជាមួយនឹងការបង្ខូចទ្រង់ទ្រាយអប្បបរមា។ នេះបង្ហាញថាចំណុចនៃខ្នែងគឺមិនបានធ្វើឱ្យប៉ះពាល់ដល់ double helical ទាំងស្រុងនោះទេ ប៉ុន្តែផ្ទុយទៅវិញវាអាចបង្កើតវាទម្រង់គ្រីស្តាល់បាន។

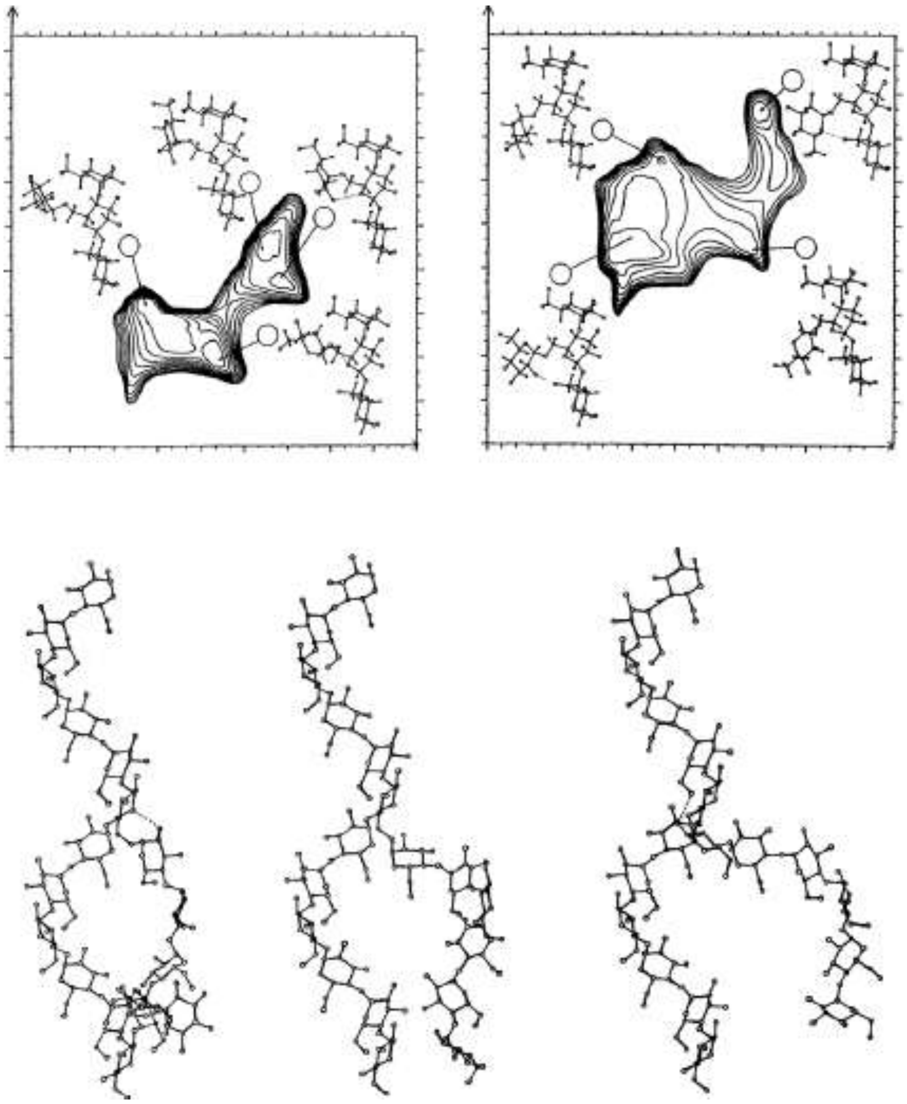
គោលបំណងនៃអាមីឡូប៉ិកទីនទម្រង់ double helical ងាយស្រួលបញ្ចូលទៅក្នុងទំរង់គំរូដែលអាចទទួលយកបាននាពេលបច្ចុប្បន្ន ដោយខ្នែងនៃខ្សែសង្វាក់លីនេអ៊ែរខ្លី ត្រូវបានបញ្ចូលគ្នាជាមួយ double helical ខណៈដែលចំនុចខ្នែងមានទីតាំងស្ថិតនៅក្នុងបន្លោះតំបន់ amorphous និង double helical ។ ការស្វែងយល់ពីផ្នែកខ្លះនៃម៉ូលេគុលអាមីឡូប៉ិកទីន មានសមត្ថភាពអាចបង្កើតជាជំនួយដល់ការពន្យល់ពីភាពខុសគ្នានៃប៉ូលីមែ នៃខ្នែងគឺជាប្រភពនៃតំណលំដាប់រចនាសម្ព័ន្ធ នៅក្នុង granules ។

បើយោងទៅតាម Hizukuri ម៉ូលេគុលអាមីឡូប៉ិកទិននៃម្សៅប្រភេទ A មាន constitutive chains ខ្លីជាង និងមាន short-chain fraction ធំម៉ូលេគុលអាមីឡូប៉ិកទិននៃម្សៅប្រភេទ B។ Jane et al. [៤៦] បានកំណត់ថាម្សៅប្រភេទ A មានចំនុចខ្នែងបែករាយប៉ាយនៅក្នុងតំបន់ amorphous និងគ្រីស្តាល់ខណៈដែលម្សៅប្រភេទ B មានចំនុចខ្នែងច្រើនជាងគេនៅតំបន់ amorphous ។ វាត្រូវបានគេសន្និដ្ឋានថាលំនាំមែករបស់អាមីឡូប៉ិកទិនដែលដើរតួនាទីយ៉ាងសំខាន់ ក្នុងការកំណត់ប្រភេទគ្រីស្តាល់។ ការសិក្សានេះត្រូវបានអនុវត្តនៅលើ allomorphs ពីរ ។ វាត្រូវបានបង្ហាញថាតំបន់ចង្កោមនៃខ្នែងនៅក្នុងចង្កោមប្រភេទ A មានទំហំធំជាងប៉ុន្តែមានចម្ងាយខ្លីជាងចំនុចខ្នែងដែលនៅក្នុងតំបន់ ចង្កោមនៃខ្នែងប្រភេទ B។ លទ្ធផលទាំងនេះបង្ហាញថាទាំងប្រវែងខ្សែសង្វាក់និងចំណង α-(១-៦) គឺជាកត្តាកំណត់នៃលក្ខណៈជាចង្កោម។

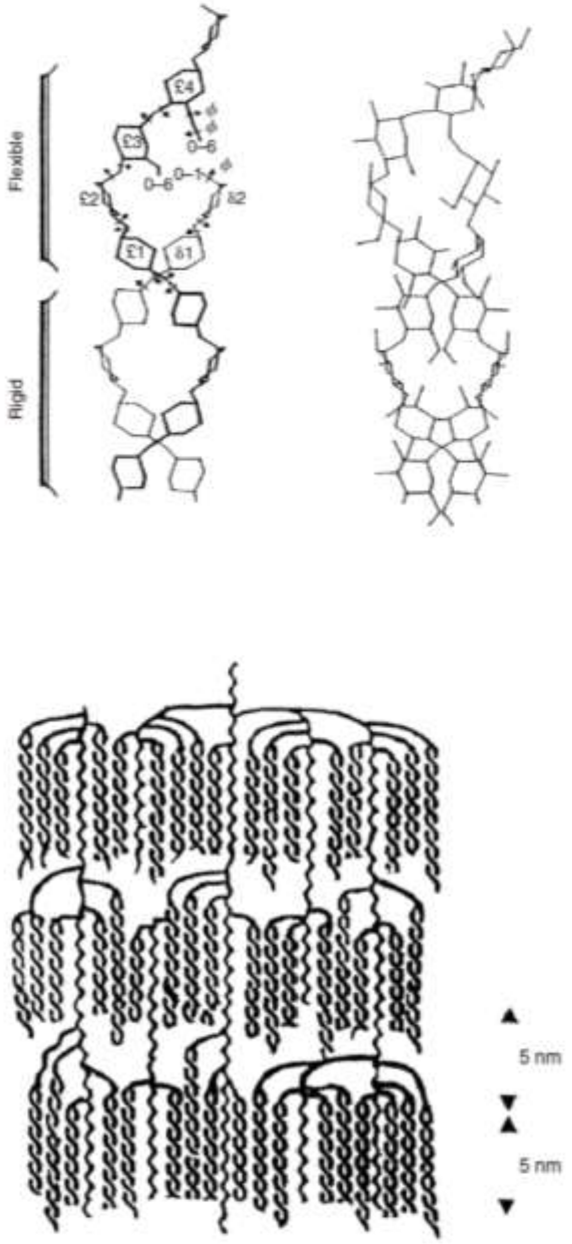
ការសង្កេតគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍បន្ថែមទៀតទាក់ទងនឹងលំដាប់ម៉ូលេគុលម្សៅ granule គឺប្តូរទៅជារឹងដោយសង្កេតដោយ C-NMR ដែលអនុញ្ញាតឱ្យមានការវាយតម្លៃលើសមាមាត្រនៃខ្សែសង្វាក់ទោល និងទ្វេនៅក្នុងគំរូម្សៅដែលបានផ្តល់ឱ្យ។ ការស៊ើបអង្កេតបានបង្ហាញថាកម្រិតនៃលំដាប់ helical ជាធម្មតាគឺល្អជាងលំដាប់នៃគ្រីស្តាល់ដែលមានន័យថាគ្រាប់ម្សៅមានផ្ទុក double helical ជាច្រើនដែលមិនមែនជាលំដាប់គ្រីស្តាល់។ ការសង្កេតនេះត្រូវបានគេសន្និដ្ឋានថាមានជាប់ទាក់ទងទៅនឹងសមាសជាតុអាមីឡូប៉ិកទីននៃ granule។ ហើយណែនាំថាអាមីឡូប៉ិកទីនជាច្រើនដែលនៅក្នុងជាទម្រង់ semicrystalline shells គឺជាទម្រង់ double helical ។ ដូចដែលបានរៀបរាប់ខាងលើ កុំព្យូទ័រគំរូគាំទ្រដល់ទស្សនៈបែបនេះ ឧទាហរណ៍ថា double helical នៅក្នុង អាមីឡូប៉ិកទិនគឺថេរនៅក្នុងម៉ូលេគុលថាមពល សូម្បីតែនៅចំណុចខ្នែងដែលមានទីតាំងស្ថិតនៅក្នុងតំបន់ amorphous នៃ lamellae (រូបទី ៥.១១)។

ភាពជឿនលឿនថ្មីៗនៃការធ្វើគំរូម៉ូលេគុល បានផ្តល់នូវលទ្ធភាពថ្មីដើម្បីអង្កេតបន្ថែមទៀតពីលក្ខណៈនិងសារៈសំខាន់នៃចំនុចខ្នែងនិងចំណុច amorphous/crystalline នៅគ្រាប់ម្សៅ។ ក្នុងការខិតទៅកាន់តែជិតសំណួរទាំងនេះ វាជាការល្អក្នុងការប្រកាន់គំនិត ដែលមនុស្សម្នាក់ធ្វើការស្រាវជ្រាវមិនផ្តោតលើចម្លើយតែមួយ ប៉ុន្តែសម្រាប់ការចង្អុលបង្ហាញទាំងអស់ នឹងនាំឱ្យមានរូបភាពកាន់តែច្បាស់អំពីរបៀបដែលម៉ូលេគុលម្សៅត្រូវបានតម្រៀប និងទាក់ទងគ្នានៅក្នុងធម្មជាតិ។ ទីបំផុត ផ្នែកក្រោមនៃ helices ទោល helices គូរ និង helices ខ្នែង ត្រូវបានប្រើជាការបង្កើតប្លុកនៃប្រព័ន្ធធំៗ។[៤៩] ការផ្សំនៃ amylopectin បានគេអង្កេតតាមរយៈគំរូជាបន្តបន្ទាប់រួមមាន single–single, double–single, និង double–double helix systems។ ប្រវែងនៃផ្នែក helix តែមួយភ្ជាប់ចំណុចសាខាពីរ (ប្រវាក់

ខាងក្នុង) ត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរជាលក្ខណៈប្រព័ន្ធរវាងតម្លៃ 0 និង ១០ glucosyl ។



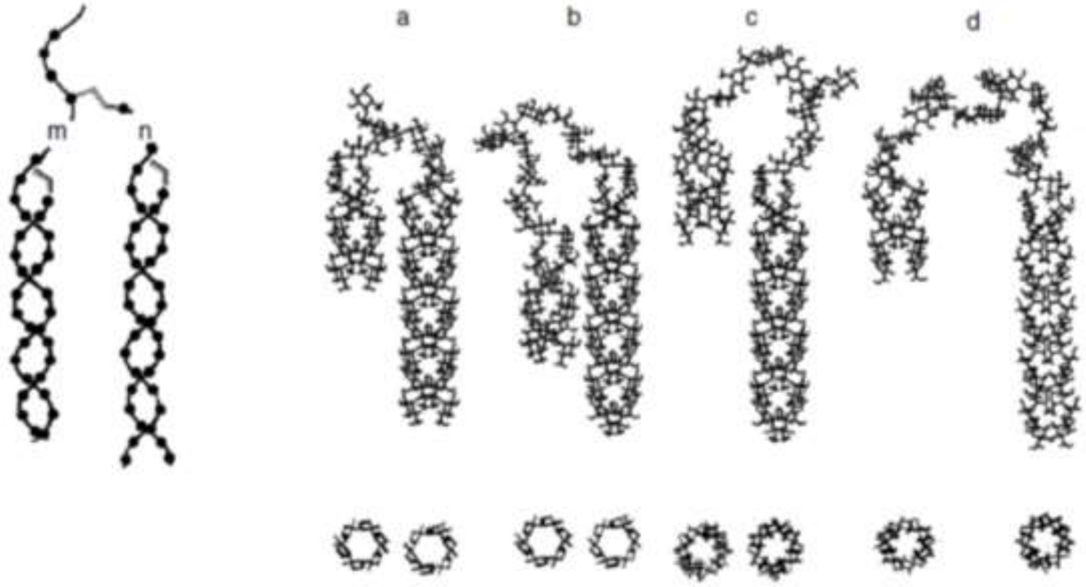
រូបទី ៥.១០ ចំនុចប្រសព្វនៃ amylopectin ។ (ក) ផ្ទៃថាមពលអ៊ីសូអ៊ីយ៉ូតពីរវិមាត្រសម្រាប់ការភ្ជាប់ (១ → ៦) នៃម៉ូលេគុល 62-α-D-glucosylmaltotriose ។ Moiety maltotriose ត្រូវបានរក្សាទុកក្នុងយោងតាមការសង្កេតឃើញសម្រាប់គ្រីស្តាល់ម្សៅ។ ការចង្អុលបង្ហាញពីរសម្រាប់មុំ Ω ត្រូវបានគេយកមកពិចារណា (GG ការតំរង់ទិសនៃ gauche-gauche៖ Ω = -៦០°) និង (GT, gauche-trans orientation: ៦០)។ វណ្ឌវង្កនៃថាមពលអ៊ីសូត្រូវបានគូរដោយការបូកសរុបនៃ ១ kcal/mol ដោយយោងតាមរូបនីមួយៗ។ ម៉ូលេគុលចំនួនបួនដែលត្រូវគ្នាទៅនឹងការអនុលោមតាមថាមពលទាបបំផុតត្រូវបានបង្ហាញនៅលើផែនទីនីមួយៗ។ (ខ) គំរូបីនៃ amylopectin ខ្នែងទោល ដែលទទួលបានដោយការបំបែកពីច្រវ៉ាក់ amylosic ពីការអនុលោមតាមថាមពលទាបចំនួនបីនៃគំរូ tetrasaccharide នៃច្រវ៉ាក់ ។ ច្រវ៉ាក់មេមាន ១២ ឯកតា glucosyl និងច្រវ៉ាក់ចំហៀង ៦ ។



រូបទី ៥.១១ តំណាងនៃ double helix នៃម្សៅដែលមានទម្រង់ជាគ្រីស្តាល់ ក្រោយពេលយកគំរូតាមចំនុចសាខារវាងខ្សែពីរ។ គំរូនៃចង្កោមគ្រោងការណ៍នៃម៉ូលេគុល amylopectin បញ្ចូល double helical fragments (ដកស្រង់ដោយមានការអនុញ្ញាតិពីឯកសារយោង ៤៥)។

វាត្រូវបានគេរកឃើញថាប្រវែងខ្សែសង្វាក់ខាងក្នុងដាក់លាក់នាំឱ្យមានជំនួយទ្វេដង helices ។ ដូច្នេះវាអាចត្រូវបានប្រកាសថា ប្រវែងនៃខ្សែសង្វាក់ខាងក្នុងអាចកំណត់កំរិតនៃគ្រីស្តាល់ក្នុងស្រុក។ លើសពីនេះទៀតវាត្រូវបានគេកត់សម្គាល់ថាការរៀបចំថាមពលទាបមួយចំនួននៃម្ជូកសុវត្ថិភាពទ្វេអាចត្រូវបានដាក់នៅលើ double helices of crystalline A and B starch polymorphs (រូបភាព

៥.១២) ។ ក្នុងករណីផ្សេងទៀតចម្ងាយរវាង double helices គឺមានទំហំធំណាស់ដែលតាមពិតវាអាចជាគំរូមួយសម្រាប់ការបែងចែកបំបែក amylopectin crystals ឬចង្កោមឯកតា។ លទ្ធផលនៃការធ្វើលំហាត់ប្រាណម៉ូដែលបែបនេះបានបង្ហាញយ៉ាងខ្លាំងថាការដាក់មែកនៅក្នុង amylopectin មិនមែនចៃដន្យទេ។ ក្នុងន័យនេះមិនមែនជាមុខងារគួរឱ្យភ្ញាក់ផ្អើលនោះទេ ព្រោះដំណើរការសាខាត្រូវបានគ្រប់គ្រងដោយអង់ស៊ីមដាក់លាក់ដែលពាក់ព័ន្ធ។ ទីតាំងនិងប្រវែងនៃចង្រៀកសាខាចាំបាច់ឆ្លុះបញ្ចាំងពីរចនាសម្ព័ន្ធវិមាត្រ និងវិមាត្រជាក់លាក់នៃអង់ស៊ីមសាខារួមជាមួយភាពអាចរកបាននៃទំហំនិងផ្នែកខាងសាច់ឈាមនៃ oligosaccharide complexes ទាក់ទងនឹងការសំយោគ (ជំពូក ៤) ។ ដូច្នេះវាអាចត្រូវបានសង្កត់ធ្ងន់ថាលក្ខណៈនៃលំនាំមែកធាង គឺមានសារៈសំខាន់ដូចគ្នា ទៅនឹងការបែងចែកប្រវែងខ្សែសង្វាក់ ហើយពួកវាដើរតួនាទីកំណត់នៅក្នុងលក្ខណៈរូប-គីមីខ្លះនៃម្សៅ។



រូបទី ៥.១២ ការបង្ហាញគ្រោងការណ៍បង្ហាញពីប៉ារ៉ាម៉ែត្រមួយចំនួនដែលស្ថិតនៅរវាង double helix។ ចំនួននៃ α-D-Gl*cp* units នៅផ្នែកកាត់បន្ថយនិងផ្នែកដែលមិនអាចកាត់បន្ថយនៃ តំណភ្ជាប់ (1-6) ត្រូវបានកំណត់ជា n និង m រៀងគ្នា។ គំនូរម៉ូលេគុលនៃការរៀបចំ low-energy មួយចំនួនដែលជាមុខងារនៃ *m* និង *n*: (a) *m* = 1, *n* = 3; (b) *m* = 4, *n* = 6; (c) *m* = 6, *n* = 4; (d) *m* = 7, *n* = 7. The *m* = 1 និង *n* = 3 model (a) គំរូ (ក) ត្រូវបានដាក់ដោយងាយនៅលើ double helices ដែលជាប់គ្នាដូចដែលបានរកឃើញនៅក្នុង A allomorph ។ The *m* = 4 និង *n* = 6 model b superimposes ស្មើគ្នាផងដែរនៅលើទម្រង់គ្រីស្តាល់ម្សៅ a & b ។ *m* = 6, *n* = 4 model c ទាក់ទងទៅនឹង non-adjacent ចំនួន double helices

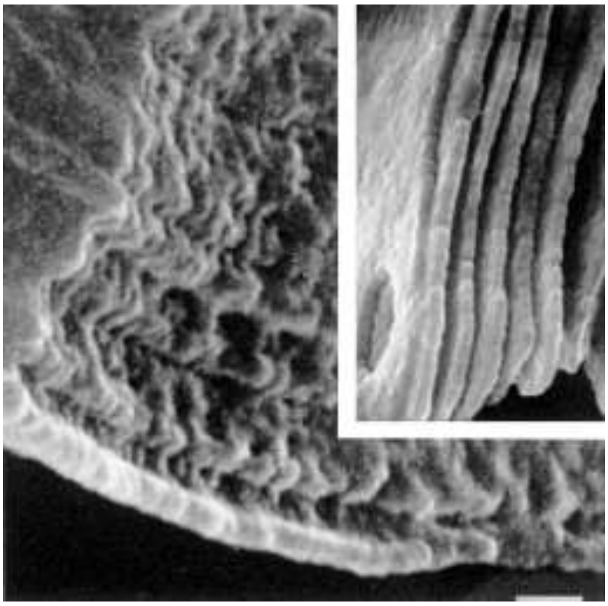
នៃគ្រីស្តាល់ B-starch។

ក្នុងចង្កោមនៃម្សៅដែលត្រូវបានគេស្រាវជ្រាវដោយប្រើអង់ស៊ីមបំបែកស្តាចដោយ ហើយដោយមានការស្តេន ឬបញ្ជូនអតិសុខុមទស្សន៍អេឡិចត្រុង ដោយគោលបំណងកំណត់លក្ខណៈនៃសមាសជាតុ mosaic នៃម្សៅដែលបណ្តាលមកពីវត្តមាននៃវត្ថុជាតុ "រឹង" និង "ទន់" ។[៥០] កំឡុងពេល α-amylolysis (រឹង) តំបន់គ្រីស្តាល់ភាគច្រើនគឺរលាយតិចជាងតំបន់ semicrystalline (ទន់) (រូបភាព ៥.១៣) ។ ការពិនិត្យលើរចនាសម្ព័ន្ធ 3-dimention នៃអង់ស៊ីម a-amylase ពីលំពែងរបស់សត្វជ្រូក បង្ហាញថា ផ្នែកសម្រាប់ចងមិនអាចផ្ទុកបំណែកធំៗ និងរឹងដូច double helix ដែលមាននៅក្នុងគ្រីស្តាល់ A- និង B-allomorphs បានទេ [51] (រូប ៥.១៤) ។

រូបទី ៥.១៣ អន្តរកម្មនៃខ្សែសង្វាក់ amylose នៅក្នុងតំបន់ជុំវិញ និងនៅក្នុងតំបន់ដែលបានបំបែកដោយអង់ស៊ីពីលំពែងជ្រូក α-amylase ។ ភាពមិនអាចទៅរួចនៃការភ្ជាប់ double helix នៅក្នុងតំបន់ hydrolytic ត្រូវបានបង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ រួមជាមួយនឹងការកំណត់នៃទិសដៅនៃការផ្សារភ្ជាប់នៃសារជាតុ amylosic នៅក្នុងការក្តោបក្បាប់របស់អង់ស៊ីម។ (ប្រើប្រាស់ដោយមាន

ការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៥១)

ភាពងាយខូចនៃគ្រាប់ម្សៅដោយការបំបែកដោយអង់ស៊ីម α-amylase អាចត្រូវបានកំណត់ដោយយោងតាមកំរិតនៃការហូរច្រោះ និងឡើងពុកផុយ ។ គ្រាប់ម្សៅភាគច្រើនដំបូងត្រូវបានផ្សើមដោយទឹក។ ក្នុងគ្រាប់ម្សៅមួយចំនួន ម្សៅមានរន្ធជាក់លាក់និង/ឬតំបន់ផ្ទៃដែលងាយខូច ដែលអាចកាន់តែធំឡើងនិង/ឬបង្កើតជារណ្តៅ ដោយសារការហូរច្រេះ។ នៅពេលដែលរន្ធឬរណ្តៅកាន់តែធំ ប្រឡាយនៃសារធាតុ endoerrosion លិចចូលទៅក្នុង granules ។ [១,១១] យ៉ាងហោចណាស់នៅក្នុងម្សៅពោត ហើយប្រហែលជានៅក្នុងម្សៅផ្សេងទៀតដែលមានរន្ធនិងបណ្តាញ endogeneous ផងដែរ ការបើកប្រព័ន្ធបង្ហូរ ហាក់ដូចជារីកធំ មិនត្រឹមតែមកពីខាងក្រៅមកក្នុង ប៉ុន្តែក៏ពីខាងក្នុងចេញមកក្រៅដែរ។ ការសង្កេតមីក្រូទស្សន៍អេឡិចត្រុង ដោយការស្កេនខ្ពស់នៃគ្រាប់ម្សៅ ដែលត្រូវបានព្យាបាលដោយអាមីឡាសបង្ហាញថា គ្រាប់ម្សៅយ៉ាងហោចណាស់មានសារធាតុតូចៗ (អង្កត់ផ្ចិត ៥០-៥០០ nm) រាងស្វ៊ែរច្រើនឬតិច 'blocklet' ។ [១,១១,៥២] រចនាសម្ព័ន្ធ blocklet ទាំងនេះត្រូវបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព ៥.១៥ ហើយត្រូវបានពិភាក្សាបន្ថែម ទាក់ទងនឹងរចនាសម្ព័ន្ធម្សៅនៅក្នុងផ្នែក ៥.៤ និង ៥.៥ ។



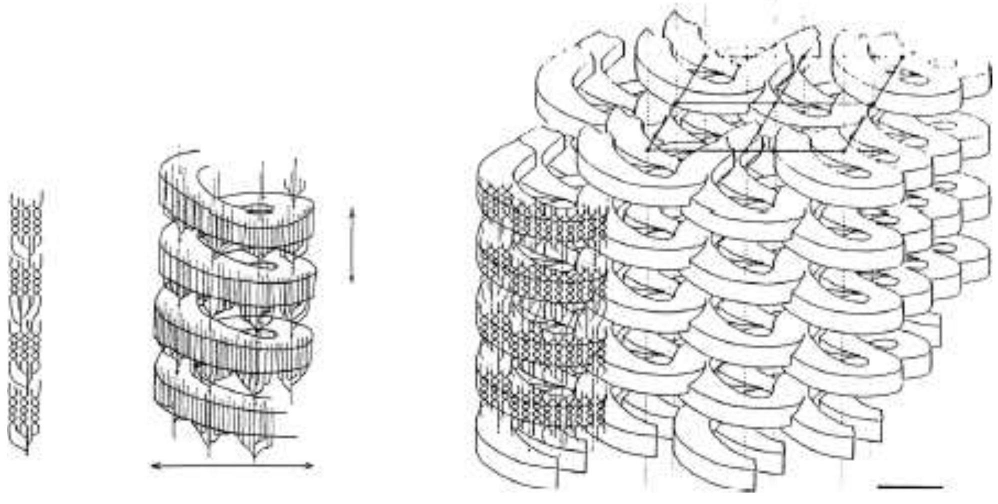
រូបទី ៥.១៥ ការស្កេនមីក្រូក្រាហ្វអេឡិចត្រុងនៃគ្រាប់ម្សៅបន្ទាប់ពី α-amylolysis ក្នុងកម្រិតតិចតួចដែលបង្ហាញពីការកើតឡើងនៃរចនាសម្ព័ន្ធដូចប្លុករាងស្វ៊ែរ។ ក) ដំឡូង និង (ខ) គ្រាប់ម្សៅស្រូវសាលី។ (ប្រើប្រាស់ដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ១)

ទម្រង់ helical ពិសេសនៅក្នុងម្សៅត្រូវបានកំណត់លក្ខណៈ ដោយការបញ្ជូនមីក្រូទស្សន៍ អេឡិចត្រុងនៃបំណែកតូចៗដែលមានស្នាមប្រឡាក់អវិជ្ជមាន។ ជាមួយនឹងលក្ខខណ្ឌត្រៀមរៀបចំត្រឹមត្រូវ រចនាសម្ព័ន្ធ lamella មិនត្រូវបានរំខានទេ។[២៤] ការប្រើប្រាស់លទ្ធផលនៃ tomography អេឡិច

ត្រុងលើបំណែកម្សៅដំឡូងដែលមានស្នាមប្រឡាក់អវិជ្ជមាន និងការសោយភាយ cryo-electron នៃបំណែកគ្រាប់ granule ទឹកកក ដែលជាគំរូសម្រាប់ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធនៃ amylopectin នៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅដំឡូងត្រូវបានស្នើឡើង។[៣] នៅក្នុងគំរូនេះ ដុំដែកបង្កើតជាបណ្តាញគ្រីស្តាល់ជាប្រចាំ ដែលមើលទៅជាគ្រោងឆ្អឹងដែលនៅសេសសល់នៃគ្រាប់ត្រូវបានសាងសង់។ ដែនគ្រីស្តាល់មានបំណែកខ្សែត្រង់ helix ភ្លោះ នៅក្នុងម៉ូលេគុលអាមីឡូបិកទីន បង្កើតមានជាបណ្តាញតភ្ជាប់គ្នាដែលមាន helix ដៃខាងឆ្វេង ខ្ចប់នៅក្នុង tetragonal array. នៅពេល helix ជិតខាងជៀតចូលគ្នា គ្រីស្តាល់ lamellae បង្កើតបានជា ទម្រង់ superhelixcal តិចឬច្រើនជាបន្តបន្ទាប់ឥតដាច់ទៀត។ រចនាសម្ព័ន្ធ semicrystalline នេះបានបង្កើតឡើងតិចឬច្រើនពីដៃខាងឆ្វេងនេះ ហើយមានអង្កត់ផ្ចិតប្រហែល ១៨០ nm និងមានជម្រេ ១០ nm (រូបទី ៥.១៦) ។ ចំនុចកណ្តាលដែលមាននៅក្នុង super helices នឹងមានអង្កត់ផ្ចិតប្រហែល ៨ nm ។ វាត្រូវបានសន្និដ្ឋានឡើងថា ជម្រេនៃ helix នៅក្នុងម្សៅមានប្រភពចេញពីចង្កោមនៃចំនុចសាខា ហើយអាចជាលក្ខណៈពិសេសសម្រាប់ប្រភពរុក្ខសាស្ត្រ។ ដូច្នេះ បរិវេណ helical នឹងត្រូវបានកំណត់ដោយផ្ទាល់ ដោយភាពជាក់លាក់នៃអង់ស៊ីមសាខា ដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការសំយោគអាមីឡូបិកទីន (ជំពូកទី ៤) ។

III. ផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅ

លក្ខណៈធម្មជាតិ និងរចនាសម្ពន្ធ័ផ្ទៃខាងលើនៃម្សៅមានកំរិត។ ទោះយ៉ាងណាក្នុងរយៈពេលប៉ុន្មានឆ្នាំកន្លងមកនេះមានការរីកចម្រើនគួរឱ្យកត់សម្គាល់លើការវិភាគគីមី និងរូបត្រូវបានធ្វើឡើង។ ផ្នែកពីរខាងក្រោមនេះរៀបរាប់លម្អិតអំពីការវិវឌ្ឍន៍ថ្មីៗនៃការស្រាវជ្រាវម្សៅ។



រូបទី ៥.១៦ គំរូគ្រោងសម្រាប់ការរៀបចំ amylopectin នៅក្នុងម្សៅដំឡូង។ ស្រទាប់គ្រីស្តាល់ដែលមានផ្នែកលីនេអ៊ែរ helical ទ្វេនៅក្នុងម៉ូលេគុល amylopectin បង្កើតជាបណ្តាញបន្តដែលមាន helices ខាងឆ្វេងដែលខ្ចប់នៅក្នុង tetragonal array ។ ម៉ូលេគុលជិតខាងត្រូវបាន

ផ្លាស់ប្តូរទាក់ទងគ្នាទៅវិញទៅមកដោយពាក់កណ្តាលនៃទីលាន helical ។ (ប្រើប្រាស់ដោយមានការអនុញ្ញាតពីឯកសារយោង ៣)

១. ផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅ និងលក្ខណៈគីមី និងធាតុផ្សំ

ភាគច្រើនផ្ទៃខាងក្រៅនៃគ្រាប់ម្សៅគឺជាឧបសគ្គដំបូងបង្អស់ចំពោះដំណើរការផ្សេងៗ ដូចជាការរំលាយដោយប្រើទឹក ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម និងប្រតិកម្មគីមីដើម្បីបំបែក។ ដូច្នេះគេទទួលស្គាល់ថាធម្មជាតិនៃផ្ទៃខាងលើរបស់វា ជាពិសេសវត្តមាននៃប្រូតេអ៊ីន និងខ្លាញ់លើផ្ទៃផ្នែកខាងលើអាចមានឥទ្ធិពលលើលក្ខណៈសម្បត្តិនៃម្សៅ។ ឧទាហរណ៍វត្តមាននៃជាតិខ្លាញ់នៅលើផ្ទៃ granule លេចឡើង វាជះឥទ្ធិពលដល់ការរំលាយ និងការផ្លាស់ប្តូទាំងប្រូតេអ៊ីន និងជាតិខ្លាញ់នៅលើផ្ទៃ granule នៅពេលដុតកម្តៅ។

ប្រូតេអ៊ីនដែលមាននៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ ព្រមទាំងប្រូតេអ៊ីនមួយចំនួនទៀតដែលមាននៅក្នុង endosperm ភាគច្រើនត្រូវបានគេជឿថាជាអង់ស៊ីម ដែលត្រូវបានចូលរួមក្នុងការសំយោគ granule (ហេតុដូច្នេះប្រូតេអ៊ីនបែបនេះត្រូវបានរកឃើញនៅក្នុងពពួកមើមដែរ) ។

សម្រាប់ម្សៅភាគច្រើន ផ្ទៃខាងក្នុងនៃម៉ូលេគុលតូចៗ គឺជារនាំងដំបូងសម្រាប់ការពារនៅពេលធ្វើដំណើរការ បំបែកម៉ូលេគុល (granule hydration) ការបំបែកអង់ស៊ីម និងប្រតិកម្មជាមួយសមាសធាតុគីមី។ ហេតុដូចច្នេះហើយទើបគេកំណត់ថាវាជាម៉ូលេគុលតូចៗ នៃផ្ទៃខាងលើ ដែលមានពីធម្មជាតិ ជាពិសេសវត្តមាននៃប្រូតេអ៊ីន និងលីពីតដែលមាននៅផ្ទៃខាងលើ ក៏សំខាន់ចំពោះការប៉ះពាល់នូវលក្ខណៈសម្បត្តិនៃម្សៅផងដែរ។ ឧ. ដូចជា ការកើតមានវត្តមាននៃលីពីតដែលមាននៅក្នុង ម៉ូលេគុលតូចៗនៅផ្នែកខាងលើ ក៏មានឥទ្ធិពលដល់លក្ខណៈ rheological នៃម្សៅ ដោយបិទភ្ជាប់ទឹក និងផ្លាស់ប្តូរទាំងប្រូតេអ៊ីន និងលីពីតនៅម៉ូលេគុលផ្នែកខាងលើ ដែលជាប់ទាក់ទងនិងការធ្វើអោយប្រសើរឡើងនៃការដុតនំ។

ប្រូតេអ៊ីន និងលីពីតដែលមានទំនាក់ទំនងគ្នាជាមួយនឹងម៉ូលេគុលតូចៗនៃម្សៅ ដោយសារតែសមាសធាតុតូចៗដ៏ច្រើននៃម្សៅ។ សមាសធាតុទាំងនេះចូលឡូកឡំគ្នា ជាមួយនឹងម៉ូលេគុលតូចៗនៃម្សៅនៅក្នុងកំឡុងពេលធ្វើសំយោគ ទោះបីជានៅក្នុងសំណាកម្សៅគ្រាប់ធញ្ញជាតិ ដែលមិនបានលាងសម្អាតស្អាត ប្រូតេអ៊ីនខ្លះដែលមានមកពីអង់ដូស្ពែម ក៏ស្ថិតជាប់ជាមួយនឹងម៉ូលេគុលតូចៗដែរ។ ការពិតដែលម៉ូលេគុលតូចៗ មានទំនាក់ទំនងគ្នាជាមួយប្រូតេអ៊ីន គឺដោយសារតែភាពខុសគ្នានៃ ប្រូតេអ៊ីនអង់ដូស្ពែម (គ្លុយទែន) និងភាគច្រើនទៀតជឿថាដោយសារតែអង់ស៊ីមដែលរួមបញ្ចូលនៅក្នុងការសំយោគម៉ូលេគុលតូចៗ (ពីនេះពីនោះដូចជា ប្រូតេអ៊ីនត្រូវបានគេរកឃើញសូម្បីតែនៅក្នុង tuber

starch)។ ប្រភពដើមនៃជាតិខ្លាញ់ពិត គឺមិនត្រូវបានគេដឹងច្បាស់ទេ ទោះបីជាវាត្រូវបានគេសន្មត់ថា អាស៊ីតខ្លាញ់និង lysophosholipids គឺជាអ្នកដែលធ្វើឱ្យខូចដល់ភ្នាសធម្មតា ដែលធ្វើអោយបង្អាក់នូវដំណើរការមេតាប៉ូលីស តាមរយៈការមិនរួមបញ្ចូលជាមួយនឹងម៉ូលេគុលតូច (ឧទាហរណ៍ដូចជា complexation amylose-សូមមើលខាងក្រោម)។ ម្យ៉ាងទៀតវាក៏ត្រូវបានគេសន្មត់ថាលីពីតខ្លះមានតួនាទីនៅក្នុងមុខងារនៃចំណងអង់ស៊ីម នៃម៉ូលេគុលតូចៗនិង lipo-protein ស៊ាំញ៉ាំក៏ត្រូវបានផ្តាច់។

បរិមាណជាក់ស្តែងនៃប្រូតេអ៊ីន និងលីពីតមានវត្តមានគឺអាស្រ័យ និងប្រភេទនិងពូជនៃម្សៅ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងណា សំណាកម្សៅគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលលាងសម្អាតស្អាត មានផ្ទុកប្រហែល ០,៣% នៃប្រូតេអ៊ីន និង មានទៅដល់ ១% នៃលីពីត ចំណែកឯ root or tuber starch មានផ្ទុកប្រហែល ០,០៥% នៃប្រូតេអ៊ីន និង ០,០៥% ដល់ ០,១% នៃលីពីត។ លទ្ធនៃតម្លៃនេះបានមកពីការធ្វើ bulk analysis នៃម្សៅ ជាការពិតសមាសធាតុប្រូតេអ៊ីន និងលីពីតទាំងអស់ដែលមាននៅក្នុងម្សៅគឺមិនមានភាពទៀងទាត់ឬដូចគ្នារហូតនោះទេ។

២. ការវិភាគគីមីលើផ្ទៃជាក់លាក់

មកដល់បច្ចុប្បន្ននេះ ការវិភាគគីមីលើផ្ទៃជាក់លាក់របស់គ្រាប់ម្សៅ ត្រូវបានគេកំណត់កាលបរិច្ឆេទជាក់លាក់។ រហូតមកដល់ពេលថ្មីៗនេះ កិច្ចការសំខាន់តែមួយគត់នៅក្នុងវិស័យនេះគឺ XPS (x-ray photoelectron spectroscopy) ជាការសិក្សាពី native និង គ្រាប់ម្សៅដែលបានដាក់ក្លរីន នៅក្នុងឆ្នាំ ១៩៨៧ ដោយលោក Russell et al.។ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងណាថ្មីៗនេះ ការវិភាគបន្ទាប់មកទៀត អំពីការវិភាគផ្ទៃជាក់លាក់នៃលំដាប់នៃគ្រាប់ម្សៅ native ត្រូវបានគេអនុវត្តន៍ដោយប្រើបច្ចេកវិទ្យាបន្ថែមនៃ XPS និង time-of-flight secondary-ion mass spectrometry (TOF-SIMS)។ ការសិក្សាពី Semi-quantitative TOF-SIMS បានបង្ហាញឱ្យមានទូលំទូលាយនូវលក្ខណៈសម្បត្តិនៃគ្រប់ប្រភេទនៃស្ករនិងលីពីត ដែលមាន ១-២nm នៃ native (និងមានដាក់ក្លរីន) ស្រូវសាលី អង្ករ និងម្សៅដំឡូង។ កម្រិតខ្ពស់បំផុតដែលចាត់អោយរចនាសម្ព័ន្ធនៃស្ករ គឺរួមបញ្ចូលនូវ series of peaks (at m/z 221-,383-,545-,707-,869-, and 1031-) ដែលស៊ីគ្នាទៅនឹង dimers trimmers ។ល។ នៃ basic glucosy monomer unit និង a peak at m/z 405- ដែលស៊ីគ្នាទៅនឹង dimers នៃមួយអ៊ីយ៉ុងនៃក្រុមផូស្វាត (នៅទីតាំង O-1 O-3 ឬ O-6 (O-1 មិនត្រូវបានរាប់បញ្ចូល) ។ លក្ខណៈសម្បិតនៃ lipid peaks ត្រូវបានកំណត់ថាជា free fatty acid, glycerides និង phosphoglycerides នៅផ្ទៃខាងលើនៃសំណាកនីមួយៗ រួមបញ្ចូលទាំងការកំណត់ច្បាស់លាស់នៃខ្សែច្រវ៉ាក់របស់កាបូអ៊ីដ្រាតផងដែរ។ វត្តមាននៃនីជ្រូសែនដែលមាននៅក្នុងសំណាក ក៏អាចជាភស្តុតាងមួយបានដែរ និងការធ្វើឱ្យ

បែកនូវចំណងប៉ុបទីតផងដែរ ទោះជាយ៉ាងណាការកំណត់ច្បាស់លាស់នៃប្រភេទប៉ុបទីត ក៏វាមិនអាចទៅរួចជាមួយនឹងការណែនាំ អំពីការប្រើប្រាស់ដែរ។ ការសិក្សាពីបរិមាណបន្ថែម XPS នៃ native (និងមានដាក់ក្លរីន) ម៉ូលេគុល តូចៗនៅផ្ទៃកខាងលើនៃម្សៅ បានធ្វើឱ្យសមាសធាតុនៅផ្ទៃកខាងក្រៅមានកម្រាស់ ៥-១០nm នៃ ផ្ទៃរបស់គ្រាប់ម្សៅអាចផលិតឡើងវិញបាន និង ធ្វើការកំណត់យ៉ាងត្រឹមត្រូវ។ លទ្ធផលនៃការវិភាគ មិនទាន់មានការបង្ហាញជាសារជារណៈទេ ត្រូវរងចាំការកំណត់និងអនុម័តពី Russell et al., និងផ្អែកលើការសម្រេចចិត្តពីការការបញ្ជាក់ឡើងវិញ នូវបរិមាណត្រឹមត្រូវនឹងខ្ពស់បំផុតនៃប្រូតេអ៊ីននឹងលីពីតដែលរកឃើញ ឬដែលមាននៅជិតផ្ទៃនៃម៉ូលេគុលតូចៗ។ បើតាមការកំណត់ពីគណិតសាស្ត្រ នៃកម្រិតភាគរយ នៃលទ្ធផល ដែលផ្តល់ដោយXPS ថា ប្រហែល៩០% នៃម្សៅធញ្ញជាតិ និង ប្រហែល ៩៥%នៃម្សៅដំឡូង នៃម៉ូលេគុលតូចនៅផ្ទៃខាងលើ នៃកាបូអ៊ីដ្រាតដែលមាននៅក្នុងធម្មជាតិរកឃើញថា នៅផ្ទៃខាងលើមាន ប្រហែល ៥% ជាប្រូតេអ៊ីននៃម្សៅគ្រាប់ធញ្ញជាតិ និងមានប្រហែល ០,០៥% នៃម្សៅដំឡូងនៃផ្ទៃខាងលើជាប្រូតេអ៊ីន។ ប្រភេទនៃម្សៅទាំងពីរនេះ មានផ្ទុកនូវលីពីតប្រហែលដល់ ៥% នៃផ្ទៃខាងលើនៃម៉ូលេគុលតូចៗ។

IV. រូបភាពផ្ទៃខាងក្នុងរបស់ជាលិកាគ្រាប់ធញ្ញជាតិ

ចាប់តាំងពីដើមទសវត្សឆ្នាំ ១៩៩០ រូបភាពលើផ្ទៃបានរីកចម្រើនយ៉ាងឆាប់រហ័ស និងយ៉ាងធំទូលាយដោយសារតែការអភិវឌ្ឍ នៃបច្ចេកទេសស្កេន ដោយមីក្រូទស្សន៍ (SPM) ដែលអាចពង្រីកបានយ៉ាងច្រើនដង។ ការអភិវឌ្ឍន៍មីក្រូទស្សន៍ដោយប្រើកម្លាំងអាតូម (AFM) ក្នុងឆ្នាំ ១៩៨៦ ដែលពីដើមមកបានពីការបង្កើតមីក្រូទស្សន៍អេកូស្កេនធ្យូងថ្ម (STM) ការធ្វើបដិវត្តន៍បានធ្វើការអនុញ្ញាតឱ្យរូបភាពម៉ូលេគុល និងអាតូមិចបង្ហាញរូបភាពដែលសំណាកមិនមែនជាអេឡិចត្រុង។ បច្ចេកទេសដែលបានប្រើ អាចឱ្យឃើញរូបភាពនៃសំណាកដែលព័ទ្ធជុំវិញ ទាំងក្នុងលក្ខខណ្ឌក្នុងខ្យល់ ឬក្នុងវត្ថុរាវ ជាទូទៅតម្រូវការអប្បបរមារ ក្នុងការរៀបចំសំណាក បើប្រៀបធៀបទៅនឹងទម្រង់មីក្រូទស្សន៍ដទៃ។ លើសពីនេះទៀត ប្រភេទផ្សេងៗជាច្រើនទៀតនៃ AFM និងបច្ចេកទេសដែលមាន [៦៨,៧០] អាចឱ្យយើងធ្វើប្លង់នៃលក្ខណៈមេកានិចនិងគីមីនៃសំណាកបាន ក៏ដូចជាអាចផលិតរូបភាពបានដែរ។ ក្រោយមកទៀត ការផលិតរូបភាពនៃលក្ខខណ្ឌ native នៅសូលុយស្យុងកម្រិតខ្ពស់ ទៅនឹងអ្វីដែលទទួលបានដោយប្រើបច្ចេកទេស មីក្រូទស្សន៍ស្កេនដោយអេឡិចត្រុង (SEM) ត្រូវបានធ្វើឱ្យមានចំណាប់អារម្មណ៍ លើការប្រើ AFM ថតរូបភាពនៃសំណាកជីវសាស្ត្រ ដែលធ្វើឡើងមិនដោយអេឡិចត្រូនិក ដូចជាជញ្ជាំងកោសិការុក្ខជាតិ បណ្តាញជេលនៃប៉ូលីសាក់ការីដ និងកោសិការស់មួយចំនួន។ [៧០,៧៦] ការប្រើប្រាស់ AFM ដើម្បីផ្តិតយករូបភាពក្នុងការស្រាវជ្រាវអំពីម្សៅ នៅមានកំណត់នៅឡើយ

៥៨,៥៩,៧៥,៧៦ ប៉ុន្តែក៏ទទួលបានជោគជ័យជាច្រើន ដែលបង្ហាញពីសក្តានុពលនៃការផ្តិតយករូបភាពដោយប្រើបច្ចេកទេស AFM ដើម្បីស្រាវជ្រាវពីម្សៅ ដោយបង្ហាញពីចំណេះដឹងថ្មីៗសំខាន់ៗ នៅក្នុងរចនាសម្ព័ន្ធរបស់គ្រាប់ម្សៅ ការតម្រៀបនៃម៉ូលេគុល និងការបំបែកខេនេទិក។ ផ្នែកនេះគឺមានគោលបំណងបង្ហាញពី គុណសម្បត្តិនៃការប្រើ AFM ដើម្បីផ្តិតយករូបភាពរបស់ម្សៅ ដែលផ្តល់ឱ្យតាមរយៈរូបភាពពី SEM និងដើម្បីគូសបញ្ជាក់ពីសារៈសំខាន់ទៅអនាគត់នៃបច្ចេកទេស AFM ដើម្បីយល់បន្ថែមអំពីស្ថាបត្យកម្មនៃគ្រាប់ម្សៅ និងសមាសភាគនៃប៉ូលីមែនៃប៉ូលីសាក់ការីដ។

១. ការផ្តិតយករូបភាពរបស់គ្រាប់ម្សៅដោយវិធីសាស្ត្រ SEM

មកដល់ទសវត្សឆ្នាំ ១៩៩០ ការស្រាវជ្រាវក្នុងគោលបំណងចាប់យករូបភាពផ្ទៃនៃម្សៅ នៅមានកម្រិតក្នុងការស្កេនតាមរយៈអេឡិចត្រុង (SEM)។ ម្សៅនៃគ្រាប់ធញ្ញជាតិ គឺល្អសម្រាប់ការចាប់យករូបភាពតាម (SEM) ដោយសារតែភាគល្អិតតូចៗ លក្ខណៈជីវសាស្ត្រ និងដំណើរការអេឡិចត្រុងរបស់វា។ ម៉្យាងវិញទៀតសំណាកសម្រាប់ចាប់រូបភាពតាម SEM មិនត្រូវបានមើលទម្រង់ដើមនោះទេ ព្រោះរូបភាពបង្ហាញក្នុងកន្លែងដែលមានសុញ្ញាកាសខ្ពស់ និងបច្ចេកទេសនៃការរៀបចំដែលទាក់ទងនឹងការផ្លាស់ប្តូររចនាសម្ព័ន្ធនៃផលិតផល។

មីក្រូទស្សន៍អេឡិចត្រុងស្កេនបរិស្ថាន (ESEM) គឺជាដំណើរការផ្លាស់ប្តូរសម្ពាធនៃ SME ក្នុងសុញ្ញាកាស (ចន្លោះ ១-៥០ Torr) ខណៈដែលអេឡិចត្រុងត្រូវបានរក្សានៅក្រោមសុញ្ញាកាសខ្ពស់។ SEM ផ្តល់នូវរូបភាពដែលមានសម្ថភាព ក្នុងការចាប់យករូបភាពសំណាកដែលស្ងួត មានសំណើម ឬមានជាតិប្រេង ដូចនេះវាកាត់បន្ថយហានិភ័យនៃការខូចខាតរបស់សំណាក។ ការសិក្សាពី ម្សៅនំប៉័ងក្នុងកម្រិតនៃបរិមាណទឹកខុសគ្នា (សំណើមចន្លោះ ៥០-៥៦)។ McDonough and Rooney បានសង្កេតឃើញថា ម្សៅនៃគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលស្ងួត ម្សៅស្រូវសាឡីដែលមានជាតិទឹក បានបង្ហាញរូបរាងមូលនិងណែនៗ នៅពេលមើលជាមួយមីក្រូទស្សន៍អេឡិចត្រុងស្កេន (SEM) ក្រោមសុញ្ញាកាសខ្ពស់។ Fannon បានបង្ហាញ ម្សៅនៃគ្រាប់ធញ្ញជាតិ ជាមួយនឹងសំណាក ដែលបានពិនិត្យដោយ សើម ឬស្ងួតក្នុងបរិយាកាសដែលមានចំហាយទឹកពី ២-១០ Torr។ ទោះជាយ៉ាងណាការពិសោធន៍ ESEM មិនត្រូវបានបង្កើតឡើងយ៉ាងទូលំទូលាយ សម្រាប់អនុវត្តចំពោះផលិតផលម្សៅនោះទេ សូម្បីតែការសិក្សាពីរចនាសម្ព័ន្ធម្សៅនៃគ្រាប់ធញ្ញជាតិក្នុងកំឡុងពេលកែច្នៃ និងប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រអង់ស៊ីម។

ការប្រើប្រាសវិធីសាស្ត្រ SEM ការធ្វើឱ្យស្ងួត ឬត្រជាក់ (cryo-SEM) ត្រូវបានប្រើដើម្បីដកជាតិទឹកពីសំណាក ឬបំលែងទឹកទៅជាទម្រង់សារជាតុរឹង។ ដើម្បីទទួលបានរូបភាពនៃម្សៅមួយ ដែលមានគុណភាពខ្ពស់ គឺត្រូវធ្វើការស្រោបដោយលោហៈ (ឧ: មាស ឬផ្លាកទីន) ដើម្បីជៀសវាងក្នុងការ

ប្រែប្រួលអេឡិចត្រុង ឬ មានបន្ទុក ហើយដើម្បីបង្កើនកម្លាំងសញ្ញាអេឡិចត្រុងទី២ (ទោះវានៅមានផលលំបាកដើម្បីទាញយករូបភាពដែលច្បាស់ របស់ផ្ទៃម្សៅក្រោយជ្រលក់ក៏ដោយ)។

អ្វីដែលបានប្រើដើម្បីតាមដានលក្ខណៈរបស់សមាសភាគរបស់ម្សៅ ក្នុងពេលប្រើកម្តៅ (ការស្រូបទឹក ការរីកគ្រាប់ម្សៅ ការកាត់ដោយអង់ស៊ីម និងការបំបែក) cryo-SEM បានបង្ហាញពីទម្រង់ដែលមិនបានឃើញដោយបច្ចេកទេស cyto ទំនើបនោះទេ។ [៨៩] រូបភាពច្បាស់ៗមួយចំនួនរបស់គ្រាប់ម្សៅត្រូវបានគេធ្វើនៅឆ្នាំ ១៩៧០ ដោយប្រើ SEM ដែលអាចធ្វើដោយចរន្តពន្លឺទាបបំផុត ($1X10^{13}$A)។ [១,៥០,៩០,៩១] រូបភាពដែលច្បាស់របស់គ្រាប់ម្សៅដែលមានការកាត់ដោយអង់ស៊ីមអាល់ហ្វាអាមីឡាស ដែលស្រោបដោយមាស (ស្ពត) ត្រូវបានគេទទួលបាន ហើយបង្ហាញពីព័ត៌មានអំពី ទម្រង់ខាងក្នុងរបស់គ្រាប់ម្សៅ (រូបភាពខាងក្រោម)។ [៧៩,៨១,៩២,៩៣] ការស្កេនដោយប្រើមីក្រូទស្សន៍អេឡិចត្រុងដែលប្រើកម្លាំងភ្លើងទាប (LVSEM) ហើយក៏ផ្តល់គុណសម្បត្តិគួរឱ្យកត់សម្គាល់ លើ SEM ប្រភេទបុរាណ ដើម្បីផ្តិតយករូបភាពរបស់សំណាកជីវសាស្ត្រ ដោយសារតែពន្លឺអេឡិចត្រុងដំបូងគេនៅក្នុង LVSEM ត្រូវបានបង្កើតតាមរយៈការចាំងពីផ្ទៃ ជាជាងតាមរយៈចំណាំងនៃកម្តៅអ៊ីយ៉ុង។ ដូច្នេះឧបករណ៍បែបនេះ អាចទទួលបានរូបច្បាស់ (resolution នៃណាណូម៉ែត្រមួយចំនួន ត្រូវបានលើកឡើងសម្រាប់ឧបករណ៍ទំនើប) នៅកម្លាំងភ្លើងធ្វើការទាបបំផុត (ឧ. ៥០០ V)។ [៩៤] បច្ចេកទេសនេះនៅតែមានប្រើនៅក្នុងសុញ្ញាកាស ប៉ុន្តែប្រើសំណាក និងរូបភាពគឺត្រូវបានកាត់បន្ថយ តាមរយៈ SEM បុរាណ គឺនៅក្នុងធម្មជាតិ (ទំហំភាគល្អិតអាចរហូតដល់ ១0nm) ដូច្នេះមានបញ្ហាចម្បងជាច្រើននៃការបកស្រាយលទ្ធផលនៅពន្លឺខ្ពស់។ [៧៤] LVSEM ត្រូវបានប្រើប្រាស់សម្រាប់ផ្តិតយករូបភាពនៃវត្ថុសំណាកជីវសាស្ត្រមិនចម្លងកម្តៅ [៩៤,៩៦] ប៉ុន្តែការប្រើប្រាស់របស់វាដើម្បីផ្តិតយករូបភាពរបស់គ្រាប់ម្សៅនៅមានកម្រិត។ ទោះជាយ៉ាងក៏ដោយ គុណសម្បត្តិនៃបច្ចេកទេសនេះ ក្នុងការផ្តល់រូបភាពប្រណិតនៃផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅធម្មជាតិ ដែលធៀបទៅនឹង SEM ផ្សេងទៀតដែលអាចបន្ថែម និងការសិក្សាដោយប្រើ AFM ដែលមាន resolution ខ្ពស់ ត្រូវបានបង្ហាញ។ [៥៩,៦០,៩៧]

២. គោលការណ៍នៃ AFM

ការពិពណ៌នាលម្អិតនៃបច្ចេកទេស AFM ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ផងដែរថាជាឧបករណ៍ប្រើដើម្បីស្កេនមីក្រូទស្សន៍ (SFM) អាចត្រូវបានរកឃើញនៅកន្លែងផ្សេង។ សរុបសេចក្តីមក AFM គឺជាបច្ចេកទេសកែវពង្រីកដែលមិនមានពន្លឺ ដែលផ្ទៃនៃសំណាក ត្រូវបានគេយកមកដាក់នៅជិត ជំនួយគ្រីស្តាល់តូចៗ ត្រូវបានតំឡើងនៅលើ cantilever ដែលអាចបត់បែនបាន ដែលកម្លាំងអន្តរកម្មរវាងអាតូមិចចុង និង សំណាកដែលអាចធ្វើឱ្យ cantilever អាចបត់បាន។ ការបត់របស់ cantilever នៃ z

(កម្ពស់) របស់យន្តហោះត្រូវបានត្រួតពិនិត្យ ដោយស្កេនព័ត៌មានជំនួយកាត់ទទឹងសំណាក រូបភាព three-dimension នៃសណ្ឋានផ្ទៃសំណាកត្រូវបានគេតាមដាន (រូបភាព ៥.១៧)។ ឧបករណ៍ AFM អាចប្រើជាមួយនឹង resolution ម៉ូលេគុល ឬអាតូមិច លើសំណាកមួយចំនួន ជាមួយនឹង resolution ដេកនៅក្នុងតំបន់មួយចំនួននៃមុំ 1-2 A (0.1-0.2nm) និង resolution ក្រោយទៀតនៃ 10 A (1nm) ឬទាបជាងនេះ។ [៧៥] វាត្រូវបានគេទទួលស្គាល់យ៉ាងទូលំទូលាយ ទោះបើជាវត្ថុជាតុជីវសាស្ត្រ (ទន់) ដូចជាម៉ូលេគុលសីរពង្គ ទូទៅគឺមានបញ្ហាជាមួយ resolution ខ្ពស់។ [៧២,១០០] បន្ថែមលើនេះដែរ Weihs et al. [១០១] បានបញ្ជាក់ថាដែនកំណត់នៃ resolution រូបភាពនៃសំណាក «ទន់» (ឧ. ពួកជីវសាស្ត្រ) អាចពី ២-៣ nm (20-30 A) ល្អបំផុតជាមួយកម្លាំងបង្ខំតិចតួច ដែលបានប្រើនៅក្នុងខ្យល់។ លើសពីនេះ វាច្បាស់ណាស់ដែល resolution ទាំងនេះត្រូវគ្នាជាមួយត្រូវការតិចតួចសម្រាប់ការរៀបចំសំណាក់ដែលមិនស្រោប លទ្ធភាពក្នុងការផ្ដិតយករូបភាពនៅក្នុងបរិស្ថាន (បរិយាកាស ខ្យល់ អង្គធាតុរាវ cryo និងបានដុតកម្ដៅ) និងក្នុងការផ្ដិតយករូបភាពផ្សេងៗទៀត ដោយវិធីសាស្ត្រ AFM ផ្ដល់នូវឱកាសសម្រាប់ការសិក្សាពីគ្រាប់ម្សៅទៅអនាគត់។

៣. ការរៀបចំសំណាកសម្រាប់ AFM នៃម្សៅ

ការរៀបចំគំរូរូបភាពនៃ AFM មានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការសម្រេចបាននូវគុណភាពខ្ពស់ និង លទ្ធផលដែលអាចទទួលយកបាន។ ទោះបីជាវិធីសាស្ត្រធម្មតាត្រូវបានរាយការណ៍ សម្រាប់រៀបចំខ្សែប្រវាក់ដែលបានជ្រើសរើស polysacharide ក្នុងទម្រង់រាបស្មើ។ រូបភាព AFM នៃការរលាយម្សៅ (ភាគល្អិតនៃអង្កត់ផ្ចិតចន្លោះ ប្រហែល 0.1 to 200 um) ដែលបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងផ្ទាល់ជាមួយទំហំ និងលក្ខណៈនៃសំណាក។ នៅពេលលក្ខណៈពិសេសទាំងអស់នេះបញ្ចូលគ្នា ឬ ពេលប្រើវិធីសាស្ត្រពិសេសនេះសម្រាប់រៀបចំសម្ភារ គឺជាការចាំបាច់ដើម្បីបង្ហាញពីផ្នែកខាងក្នុងនៃផ្ទៃរបស់គ្រាប់ម្សៅ។

AFM គួរតែត្រូវបានរៀបចំអនុវត្តន៍នៅលើផ្ទៃរាបស្មើ ដោយសារតែតម្រូវការraster cantilever ឆ្លងកាត់នៅមាត្រដ្ឋានមីក្រូ និងសំណាកមានកម្ពស់ផ្សេងខុសៗគ្នា (ធំជាងមីក្រូម៉ែត្រមួយចំនួន) ដោយសារតែជ្រុង ដែលទទួលព័ត៌មាន បង្កើតរូបភាពមិនថេរ នោះភាគល្អិតក៏ទទួលរងនូវបញ្ហា ។ ទាំងអស់នេះហើយដែលជាហេតុផល ស្ទើតែទាំងអស់ក្នុងការសិក្សារបស់ AFM ដែលបានបោះពុម្ពលើគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលមានជាតិខ្លាញ់សរុប មានជាប់ទាក់ទងនឹងគ្រាប់ម្សៅក្នុង គោលបំណង់ដើម្បី immobilize និងកាត់បន្ថយបំរែបំរួលកម្ពស់ទាំងមូលនៃផ្ទៃសំណាក ។ វាត្រូវបានបង្ហាញបកស្រាយនៅថាការបំផ្លាញ់រូបវន្តដោយប្រើឧបករណ៍ជាលក្ខណៈជាកែវ គឺកាន់តែសមស្រប់សម្រាប់ការសង្កេត លើផ្ទៃខាងក្នុងរបស់គ្រាប់ផ្សៅដោយគេប្រើការរំលាយ ឬ កាត់ ប៉ុន្តែទំនោរថ្មីគឺត្រូវសិក្សាជាផ្នែកទាក់ទង។

៤. ពណ៌មានលំអិត និងរចនាសម្ព័ន្ធគ្រាប់ម្សៅខាងក្នុងដែលឃ្លានប្រើដោយ AFM

ការប្រើប្រាស់បច្ចេកទេសសមស្របសម្រាប់ផលិតរូបភាពពី AFM សារជាថ្មីនៃគ្រាប់ម្សៅត្រូវបានធ្វើឡើង។ ខណៈពេលដែលការសិក្សា ដែលបានធ្វើរហូតមកដល់បច្ចុប្បន្ន មានគោលបំណងខុសគ្នា និងលទ្ធផលនៃគ្រាប់ម្សៅ នៅក្នុងដំណោះស្រាយផ្សេងៗគ្នា ។ ពួកគេមានលក្ខណៈបំពេញបន្ថែមនៅក្នុងធម្មជាតិនិងបង្ហាញទាំងភាពបត់បែន និងការអនុវត្តន៍នៃបច្ចេកទេស AFM ទៅស្រាវជ្រាវម្សៅ ។

Real-Time AFM នៃការ Degradation ដោយអង់ស៊ីម

AFM សិក្សានៃ Wheat starch granules សម្រាប់ cutivar timmo ដោយ thomso et al ។ គឺជាការប្រើប្រាស់ដែលបានកត់ត្រាដំបូងបំផុតនៃ AFM ទៅលើ strach granule surface ។ គោលបំណងនៃការសិក្សានេះគឺដើម្បីបង្ហាញពីសក្តានុពលនៃបច្ចេកទេសAFM ដើម្បីបង្ហាញពីដំណើរការជីវសាស្រ្តក្នុងពេលជាក់លាក់, ការប្រើប្រាស់ការរំលាយម្សៅ ដោយ អាល់ហ្វាអាមីឡាស តាមការដឹងផ្ទៃខាងលើនៃម្សៅរបស់ បានលេចចេញមកដែលមានលក្ខណៈពិសេសចន្លោះពី ៥០ ទៅ ៤៥០nm ហើយការចេញមក ត្រូវបានគេមើលឃើញនៅលើផ្ទៃនៃគ្រាប់ម្សៅមួយ នៅក្នុងរូបភាពមួយ ។ គ្មានការពន្យល់ពីរចនាសម្ព័ន្ធ ៥ ទៅ ៤៥០nm ត្រូវបានផ្តល់ឱ្យទេ ។ ប៉ុន្តែពួកគេបានប្រកាសថា រចនាសម្ព័ន្ធលេចចេញមក អាចជាមួយជាបណ្តុំប្រូតេអ៊ីន ។

High-Resolution (និង LVSEM) ការសិក្សាអំពីរចនាសម្ព័ន្ធនៃម្សៅ

ស្របគ្នានឹងការវិភាគគីមីជាក់លាក់នៃផ្ទៃពណ៌នៃម្សៅដែលមានពូជ ។ រូបភាពដែលមា resolution ខ្ពស់នៃផ្ទៃដែលមានជំងឺឆ្លង ម្សៅបែបធម្មជាតិត្រូវបានអនុវត្តន៍ដោយប្រើទាំង LVSEM និង AFM ទេ។ គោលបំណងគឺការមើលឃើញគុណភាពដោយ resolution ខ្ពស់ ដែលមានពូជមានភាពខុសគ្នានៃទំហំរចនាសម្ព័ន្ធ និងសមាសជាតុតូចៗ ។

ការកើតឡើងគឺមានភាពម្សៅច្រើននៅលើ ម្សៅដំឡូង ការសង្កេតដូចគ្នាត្រូវបានគេកត់សម្គាល់ថាមាន ស្រូវសេឡី អូត ពោត ពោតដំណើប និង គ្រាប់ triticale ។

៥. ការបង់ប្រែរូបភាពនៃ AFM លើគ្រាប់ម្សៅ

ការសង្កេតលើប្រភេទម្សៅពីរប្រភេទដោយ AFM និង LVSEM បានបង្ហាញថានៅលើផ្ទៃនៃគ្រាប់ម្សៅមានភាពខុសប្លែងគ្នាគឺកត់សំគាល់លើផ្ទៃក្រឡាពីប្រភពជីវសាស្រ្តផ្សេងៗគ្នា។ ការសង្កេតត្រូវបានលើកឡើង អង្កត់ផ្ចិត (៥០-៣០០nm) នៅលើផ្ទៃនៃក្រឡាគេសង្កេតឃើញថាលក្ខណៈពិសេស

ចន្លោះពី៥០ ទៅ៤៥០ម៉ែត ទោះបីជាការដកនេះកើតឡើងពីអង្គហេតុដែលថា៖ (ក) លក្ខណៈពិសេសមាននៅលើផ្ទៃនៃម្សៅដំឡូងបារាំងច្រើនជាងនៅលើផ្ទៃនៃម្សៅគ្រាប់ស្រូវសាឡី តែប្រូតេអ៊ីនលើផ្ទៃនៃម្សៅដំឡូងគឺតិចជាងបរិមាណម្សៅស្រូវសាឡី។ (ខ) ម៉ូលេគុលប្រូតេអ៊ីនមានទំហំតូចជាងរចនាសម្ព័ន្ធពី៥០ទៅ៣០០n ។ ដូច្នេះចំនួនម៉ូលេគុលប្រូតេអ៊ីនដែលមានចំនួនច្រើន (ឧទាហរណ៍ ម៉ូលេគុលពហុម៉ូលេគុល)ត្រូវតែមានវត្តមានដើម្បីពន្យល់ពីបរិមាណនិងទំហំនៃរចនាសម្ព័ន្ធដែលត្រូវបានគេឃើញនៅលើផ្ទៃនៃម្សៅដំឡូងមីដោយ AFM ។ បរិមាណផលិតផលបែបនេះមិនសមនឹងការសង្កេតដែលថា ៩៥% នៃផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅ គឺជាកាបូនអ៊ីដ្រាតនៅក្នុងធម្មជាតិទេ។ ម្យ៉ាងទៀតគ្រាប់ម្សៅដំឡូង (ដែលមានបរិមាណគ្រាប់ ដែលបានលើកឡើង ច្រើនជាងគ្រាប់ម្សៅស្រូវសាឡី) មានប្រូតេអ៊ីនផ្ទៃត្រឹមតែ ០,០៥% ប៉ុណ្ណោះ (ប្រហែលប្រូតេអ៊ីនតិចជាង១០ដងនៃម្សៅស្រូវសាឡី)។

៦. ការពិនិត្យលើការថតរូបនៃផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅដោយ Scanning Probe Microscopy (SPM)

ដោយសារតែរូបភាពច្បាស់លាស់បង្ហាញដោយAFM ផ្ទៃសំណាកសរុបនៅក្នុងការសិក្សារបស់AFM មានកម្រិតទាប។ ដូច្នេះវាមានសារៈសំខាន់ខ្លាំងណាស់ ក្នុងការធានាថាការសំណាកតាងត្រូវបានសម្រេចនៅក្នុងលទ្ធផលជារូបភាព។ ដូចបានរៀបរាប់ខាងលើ low-voltage SME អាចត្រូវបានគេមើលឃើញថាជាបច្ចេកទេសបំពេញបន្ថែមដល់AFM ដោយសារតែវាអាចប្រើជា biological samples បន្ទាប់ពីការរៀបចំសំណាកតិចតួច និងមានសមត្ថភាពក្នុងការផ្តល់រូបភាពដែលមានគុណភាពខ្ពស់នៃសំណាកមិនមានបច្ចេកវិទ្យា។ បច្ចេកទេសសម្របសម្រួលរូបភាពនៃផ្ទៃធំៗជាច្រើន និងផ្តល់នូវរូបភាពដែលមានគុណភាពបង្ហាញច្បាស់គ្រប់គ្រាន់ ដើម្បីអនុញ្ញាតឱ្យមានការបញ្ជាក់រូបភាពរបស់ AFM ។ លើសពីនេះទៅទៀត បច្ចេកទេសផ្តល់នូវចំនេះដឹង នៃសំណាកនៅគុណភាពបង្ហាញច្បាស់បែបនេះ ផ្តល់នូវសុវត្ថិភាព ក្នុងការធានាឱ្យមានការបកស្រាយត្រឹមត្រូវ នៃរូបភាព AFM ជាបន្តបន្ទាប់។

នេះជាភស្តុតាងជាក់ស្តែងនៅក្នុងការសិក្សារបស់ Baldwin et al., [97] ដែលជាកន្លែងដែលមានទំនាក់ទំនងខ្ពស់រវាងរូបភាព AFM និង LVSEM ទាក់ទងទៅនឹង topology ជាមួយនឹងផ្ទៃគ្រាប់ម្សៅនៃប្រភេទម្សៅទាំងពីរ ដោយមានការសន្និដ្ឋានទៅលើរូបភាព AFM ជាបន្តបន្ទាប់។ ខណៈពេលដែលការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ LVSEM ដាច់ដោយឡែកដើម្បីធានាថា សំណាកផ្តល់នូវរូបភាពដែលមានគុណភាពខ្ពស់នៃគំរូដែលមិនមានវិធីសាស្ត្រផ្សេងៗ។ ឧទាហរណ៍ឥឡូវមានស្កេនមីក្រូទស្សន៍ដែលមានទីតាំងនៅខាងក្នុងការស្កេនអេឡិចត្រុងមីក្រូទស្សន៍ និងឧបករណ៍ AFM ដែលភ្ជាប់ទៅនឹង microscopes ដែលជាក់បញ្ច្រាស។ ប្រព័ន្ធទាំងនេះអនុញ្ញាតឱ្យ SEM ធ្វើរូបភាពលើផ្ទៃធំៗ (ឧ. 1cm^2) អមដោយការ «zooming-in» ដើម្បីវិភាគដោយ SPM ។

ដូច្នេះមិនត្រឹមតែសំណាកដូចគ្នាទាំងពីរទេ ដោយហេតុនេះការផ្តល់នូវដំណោះស្រាយពេញលេញ ប៉ុន្តែស្ថានភាពនៃ SPM ត្រូវបានត្រួតពិនិត្យដោយ SME ជាទៀងទាត់។ ច្បាស់ណាស់ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយ រូបភាពនៅក្នុងឧបករណ៍ SPM ត្រូវបានគេអនុវត្តនៅដាក់ក្នុងសុញ្ញាកាស ហើយជាធម្មតាការប្រើប្រាស់នៅក្នុង SME តម្រូវឱ្យសំណាកជីវសាស្ត្រស្រោបដោយលោហៈធាតុ។ ទោះជាការប្រើរួមបញ្ចូលគ្នារវាង LVSEM/AFM ត្រូវបានចាប់អារម្មណ៍សម្រាប់សំណាកជីវសាស្ត្រ។

ក្បាលឧបករណ៍ AFM ភ្ជាប់បញ្ច្រាស់ជាមួយ microscope ផ្តល់នូវរូបភាពអុបទិក និង រូភាពជាសំណាកជីវសាស្ត្រដូចគ្នាក្នុងជួរលក្ខខណ្ឌបរិស្ថាន និងមានថាមពលពិសេស គួបផ្សំនឹង microscope ដែលមានគុណភាពបង្ហាញច្បាស់ល្អដូចទៅនឹង confocal laser scanning microscope (CLSM)។ រូបភាពបំពេញបន្ថែមនៃសំណាក អាចត្រូវបានគេទទួលបាននៅដំណោះស្រាយ ជាច្រើនដើម្បីជានាភាពជាតំណាង។

រូបភាពនេះក៏អាចមានព័ត៌មានគីមីមួយចំនួនផងដែរ ដោយសារតែលទ្ធភាពនៃរូបភាពអុបទិកពន្លឺនិងរូបភាពរចនាសម្ព័ន្ធផ្ទៃក្នុងមួយចំនួន នៃសំណាកនេះសមត្ថភាពផ្នែកអុបទិកនៃ CLSM។

ផ្នែកមុនៗបានបង្ហាញពីការស្ទេនមីក្រូទស្សន៍នៃម្សៅ ។ ការសិក្សារបស់ SPM មួយចំនួនដែលបានអនុវត្តមកដល់ពេលបច្ចុប្បន្នបង្ហាញពីសក្តានុពលរបស់ AFM សម្រាប់សង្កេតមើលគ្រាប់ម្សៅក្នុងកម្រិតខ្ពស់ក្រោមលក្ខខ័ណ្ឌណាមួយ ហើយវាជាភស្តុតាងដែលថាវាអាចទៅរួចដើម្បីសង្កេតមើលរចនាសម្ព័ន្ធដែលពីមុនអាចត្រូវបានអង្កេតដោយបច្ចេកទេស កាំរស្មីអ៊ិច ។ ទោះយ៉ាងណារហូតមកដល់បច្ចុប្បន្នលើកលែងតែករណីមួយចំនួនការថតរូបភាព AFM នៃម្សៅត្រូវបានកំណត់ចំពោះរូបភាពរបៀបទំនាក់ទំនងនៅក្នុងលំហរ។ នៅក្រោមលក្ខខណ្ឌបែបរូបភាព AFM នៃ "ទន់" គំរូជីវសាស្ត្រត្រូវបានគេព្យាករថានឹងមានដែនកំណត់នៃរូបភាព 2-3 nm ទោះបីជាមានវិធីធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនៃការទទួលបានរូបភាពដែលគេស្គាល់ថាជា "AFM ដោយរូបភាពសញ្ញាកំហុសក៏ដោយ" បង្កើនប្រេកង់ចន្លោះទំហំខ្ពស់និងធ្វើឱ្យច្បាស់កម្រិតពន្លឺ ។ គ្រាប់ម្សៅមិនមែនជាគំរូជីវសាស្ត្រទន់ធម្មតាទេ ដូច្នេះវាហាក់ដូចជាអាចថា ដោយប្រើលក្ខខណ្ឌរូបភាពល្អបំផុត ដូចបានរៀបរាប់ខាងលើដែនកំណត់នេះប្រហែលជាលើស ។ លើសពីនេះទៅទៀតដើមកំណើតនៃភាពផ្ទុយគ្នានៃរូបភាពនៅក្នុង AFM ត្រូវបានកំណត់អត្តសញ្ញាណថ្មីៗនេះ ។ ការសិក្សាប្រៀបធៀបនៃម្សៅគ្រាប់ពារាំងដែលមានជាផ្នែក ដែលបានបង្កប់ក្នុងម៉ាទ្រីសដែលមិនជ្រាបចូលនៃ Araldite ឬនៅក្នុងជ័រមេឡាមីនមុនពេលត្រូវបានដាក់បញ្ចូលទៅក្នុងជាតិទឹក ក្នុងអំឡុងពេលរៀបចំសំណាក បានបង្ហាញថា នៅក្នុងរូបភាពរបៀបទំនាក់ទំនងផ្ទុយគ្នា ត្រូវបានបង្កើតឡើងនិងធ្វើឱ្យប្រសើរឡើង ដោយការហើមទន់ និងងាយស្រួលក្នុងការបង្ហាប់វត្ថុធាតុ

ដែលមានជាតិទឹក។ ដូច្នេះលក្ខណៈពិសេសនៃរចនាសម្ព័ន អាចត្រូវបានគេមើលឃើញនៅក្នុងរូបភាព AFM ដែលមានគុណភាពបង្ហាញខ្ពស់ជាងមុន ពីព្រោះនីតិវិធីនេះគូសបញ្ជាក់ពីគ្រីស្តាល់។

V. សុច្ចនាករនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រាប់ម្សៅដោយទ្រឹស្តី the blocklets concept

ដូចដែលបានបញ្ជាក់ថា AFM មីក្រូទស្សន៍នៃម្សៅគឺនៅក្នុង infancy ។ ទោះជាយ៉ាងណាទាំងបានប៉ះពាល់ និងមិនបានប៉ះពាល់ក៏ដោយ លទ្ធផលទាំងមូលផ្តល់ការគ្រាំទ្រយ៉ាងច្រើនដល់ SEM មុខ និងបានលើកឡើងថា កម្រិតនៃទម្រង់គ្រីស្តាល់រវាងក្រុមធំ ក្នុងការលូតលាស់ចិញ្ចៀននិ amylopectin lamellae មាននៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ។

ទោះជាយ៉ាងណាគេមានភ័ស្តុតាងរួមមានដូចជាទាំងបច្ចេកទេសមីក្រូទស្សន៍ និងបច្ចេកទេសមិនមែនមីក្រូទស្សន៍ក្នុងការប្រើកម្រិតនៃរចនាសម្ព័ននៃgranule ដែលត្រូវបានគេហៅថា (blocklet level of structure)

ផ្នែកនេះរៀបរាប់លំអិតពីភ័ស្តុតាងនិងបង្ហាញពីការលេចចេញថ្មីៗដែលធ្វើអោយប្រសើរឡើងនៃ starch granule structure

គំនិតនៃអង្គធាតុគ្រីស្តាល់នៅក្នុង starch is in not new, and can be originally traced bank to the prescience of nageli. ទោះជាយ៉ាងណា badenhuizen ដែលបង្ហាញអោយឃើញជាមុខនូវគ្រឿងផ្សំនៃវត្ថុធាតុដើមធម្មជាតិដែលធន់និងស្តាចដែលបានខូចសោយសារជាតុគីមី។ ប៉ុន្តែរូបភាពពី SEM និង AFM ផ្តល់វត្តុតាងជាក់ច្បាស់សម្រាប់ទម្រង់បណ្តុំរបស់ស្តាច មានវត្តុតាងជាច្រើនទៀន ដែលបានកមពីមីក្រូទស្សន៍ និងប្រព្រឹត្តកម្មអង់ស៊ីមដែលមាន។

PATAg marker, ពេលដែលជ្រាបចូល ហើយបង្ហាញអំពីតំបន់ amorphous regions នៃគ្រាប់ម្សៅ បង្ហាញអំពីវដ្តមានដែលនៅក្នុងតំបន់ ellipsoidal regions ដែលមានអង្កត់ផ្ចិតពី ២០ ទៅ ៥០០ nm។

ភ័ស្តុតាំងថែមទៀតនៃកម្រិតមធ្យមនៃរចនាសម្ព័ន្ធ granule គឺត្រូវបានបង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ពីការសិក្សាអន់ថយអង់ស៊ីមមួយចំនួននៃ starch ។

Bertoft បានរកឃើញថាម៉ូលេគុល amylopectin ពីរបស់ស្តាចរបស់ស្រូវបាលីធំទៅតូច ហើយពីគ្រាប់ស្តាចរបស់ពោតដំណើប ដែលកើតមកពីបណ្តុំនៃចង្កោមធំមួយ (Super-clusters) ជាមួយនិងតំបន់ម៉ូលេគុលនៃ amylopectin.

ទាំងនេះបានបកស្រាយថាកើតឡើងពី highly ordered regions នៃ amylopectin លើសពីនេះការផ្សារភ្ជាប់ជាក់លាក់ (1;4) –α -d-glucosidic រវាង the super-clusters appeared to undergo preferential degradation ក្នុងដំណាក់កាលដំបូងនៃ α-amylolysis ។

VI. ទីតាំង និងបណ្តុំនៃអាមីឡូសនៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ

រហូតមកដល់ពេលបច្ចុប្បន្ននេះទីតាំងនិងស្ថានភាពនៃ amylose នៅក្នុងគ្រាប់តូចៗគឺជាសំណួរសំខាន់បំផុតមួយដែលត្រូវឆ្លើយ។ សម្មតិកម្មសំខាន់បីសម្រាប់ទីតាំងរបស់ amylose នៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ។ សសម្មតិកម្មដំបូងគឺ amylose ត្រូវបានដាក់យ៉ាងជាក់លាក់ទៅនឹងការតំរង់ទិសរ៉ាឌីកាល់នៃ amylopectin ដើម្បីកាត់បន្ថយអាតូម amylose-amylopectin តិចបំផុត។

ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយក៏មិនមានមូលដ្ឋានពិសោធន៍សម្រាប់គំរូបែបនេះទេ ដែលគ្រាន់តែគិតពីតម្រូវការសម្រាប់ amylose និង amylopectin មានអន្តរកម្មអុបទិចតិចតួចបំផុត។ សម្មតិកម្មពីរផ្សេងទៀតគាំទ្រដល់កាំរស្មីអាមីឡូសជាបាច់ ឬជាខ្សែប្រវាក់ ដែលលាយឡំគ្នារវាង amylopectin ដែលមាននៅក្នុង crystalline និង semi crystalline ។ ក្នុងចំណោមសម្មតិកម្មទាំងបី សម្មតិកម្មទីបី មើលទៅមាននិរន្តភាពបំផុតចាប់តាំងពីវាត្រូវបានបង្ហាញ តាមរយៈការសាកល្បងតំណភ្ជាប់ ដោយប្រើម្សៅពោត ដែលម៉ូលេគុលអាមីឡូស វាមិនតំណភ្ជាប់គ្នាទៅវិញទៅមកទេ ប៉ុន្តែវាតភ្ជាប់ទៅនឹងខ្សែប្រវាក់ amylopectin ។ ដើម្បីអោយតំណភ្ជាប់នៃ amylose ជាមួយ amylopectin កើតឡើងក្រុម អ៊ីដ្រូសែនដែលប្រវាក់ទាំងពីរត្រូវតែស្ថិតនៅរង្វង់៧.៥ ពីគ្នាទៅវិញទៅមក។ គ្មានការផ្សារភ្ជាប់ នៃប្រវាក់amylose ជាមួយ amylose ផ្សេងទៀតដែលត្រូវបានគេសង្កេតឃើញដែលមិនមានសម្មតិកម្មទីពីរដែលប្រវាក់អាមីឡូសកើតឡើងជាបាច់។ គំរូដែលត្រូវបានទទួលយកបច្ចុប្បន្ននៃទីតាំង amylose នៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ គឺប្រវាក់ដែលតំរង់ទិស ដោយរ៉ាឌីកាល់ចែកចាយដោយខ្សែប្រវាក់ amylopectin ។

ម៉ូលេគុលអាមីឡូសដែលត្រូវបានគេរកឃើញនៅជិត granule មានប្រវែងខ្សែប្រវាក់ខ្លីជាងកន្លែងដែលមានទីតាំងនៅកណ្តាលនៃ granule នេះ។

អាមីឡូសនៅក្នុងគ្រាប់តូចៗ អាចត្រូវបានបង្ហូរចេញពីគ្រាប់ នៅសីតុណ្ហភាពក្រោម gelatinization temperature ។ ពួកគេបានបង្ហាញបន្ថែមទៀតថា ភាគច្រើននៃគ្រាប់តូចៗនៃប្រវាក់អាមីឡូសដែលធ្លាយចេញ គឺស្ថិតនៅក្នុងស្ថានភាពជាងពាក់កណ្តាលទ្វេ។ ទោះយ៉ាងណាវាច្បាស់ណាស់ពីភស្តុតាងដែលបានបង្ហាញថា អាមីឡូសអាចដកចេញពីគ្រាប់ម្សៅ បានលើសីតុណ្ហភាព ៩០ អង្សា។ ឯគ្រាប់ដែលមានអាមីឡូសធំ វាពិបាកនឹងដកចេញណាស់ ដោយសារមានជាតិម្សៅច្រើន។

នៅក្នុងការផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹងការយកអាមីឡូស ឆ្ពោះទៅរកការដកយកលីពីតមកជាមួយដែរ ដោយគេរកឃើញថា អាចដកចេញជាមួយគ្នាបាន ផ្អែកលើភស្តុតាងជាច្រើនដូចជា x-ray microanalysis (EDX) និង x-ray photo electron spectroscopy (XPS) ។ លើសពីនេះទៅទៀត លីពីត និង អាមីឡូស ដែលដកមកជាមួយគ្នានោះ វាល្អក្នុងការផលិតអាហារថ្មីៗផ្សេងទៀតចេញជាគ្រាប់ធញ្ញជាតិ។

ដូច្នេះបរិមាណលីពីតដែលមាននៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ វាអាចទាក់ទងនឹងអាមីឡូស ឬ ជាប៉ូលីមែរនៃអាមីឡូស។ ការបែងចែកម៉ូលេគុល lipid នៅក្នុងគ្រាប់ដែលស្រដៀងនឹងអាមីឡូស ព្រោះវ៉ាឌីកាល់របស់វាសមនឹងភស្តុតាងដែលបង្ហាញថា សមាមាត្រតិចតួចនៃច្រវាក់អាមីឡូស ជាមួយលីពីតស្មុគស្មាញ ហើយថ្មីៗគេបានរកឃើញថា វាមានភាពដូចគ្នាទាំងស្រុង ដែលកើតឡើងពីការសង្កេតពេលដកវាចេញមកតាម starch និង V-type x-ray។ ភស្តុតាងផ្ទាល់បានពិសោធន៍តាមរយៈវិធីសាស្ត្រ C-cross-polarization/magic-angle spinning nuclear magnetic resonance (C-CP/MAS-NMR)។ ការប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រនេះ ត្រូវបានប្រើលើធញ្ញជាតិជាច្រើនដូចជា wheat barley ពោត oat និង អង្ករ។

ប្រៀបធៀបគ្នាបន្ទាប់ប្រើវិធីសាស្ត្រនេះ អាមីឡូស មានជាតិម្សៅពី 25%-30% ឯ lipid waxy មានជាមធ្យមត្រឹមតែ 1% ប៉ុណ្ណោះ។ ស្រដៀងគ្នានេះដែរវាត្រូវបានគេសន្មតថាមិនមែនគ្រាប់ធញ្ញជាតិសុទ្ធតែមានជាតិខ្លាញ់នៅក្នុងនោះទេ ហើយក្នុងនោះមានប្រភាគ lipid សេរីដែរ។

សរុបសេចក្តីមក ច្រវាក់អាមីឡូសនីមួយៗត្រូវបានគេជឿថាមានទីតាំងស្ថិតនៅក្នុងរ៉ាឌីកាល់មួយក្នុងចំណោមម៉ូលេគុលរបស់អាមីឡូសប៉ិបទីន។

VII. រន្ធនៅលើផ្ទៃប៉ះនិងបណ្តាញខាងក្នុងនៃគ្រាប់ម្សៅស្តាច

រន្ធតូចៗដែលគេហៅថា "រន្ធម្ជុល" ត្រូវបានគេសង្កេតឃើញនៅក្រោម SEM នៅលើផ្ទៃនៃម្សៅ។ fanon et al.[84] បានបង្ហាញថារន្ធតូចៗត្រូវបានគេរកឃើញនៅលើគ្រាប់ធញ្ញជាតិ ដូចជាពោត ស្រូវ ស្រូវសាលី និងនៅលើពពួកមើមផងដែរ។ល។ ការប្រើ SEM & ESEM បានបង្ហាញថារន្ធតូចៗមានអង្កត់ផ្ចិតប្រហែល មីក្រូម៉ែត្រដែលស្ថិតទៅតាមប្រភេទនៃហ្សែន។ ម្យ៉ាងទៀតផ្ទៃត្រូវបានសិក្សាដោយ AFM13-[115,130] ដែលមានគុណភាពបង្ហាញខ្ពស់។ ម្សៅខ្លះមានអង្កត់ផ្ចិតដល់មីក្រូម៉ែត្រ ឬ តូចជាងនេះ នៅក្នុងដំឡូង ដំឡូងមី និងដំឡូងបារាំងមានរន្ធ <100មីក្រូម៉ែត្រ , ស្រូវ <40 មីក្រូម៉ែត្រ ។

VIII. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

នៅក្នុងមេរៀននេះបាននិយាយអំពីការរួមផ្សំប៉ូលីម៉ែរបស់ស្ងាច និង ចំណាត់ថ្នាក់រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ស្ងាច។ វាបានបង្ហាញថាមានអ្នកបច្ចេកទេសវិភាគ ដែលមិនចេះរីងស្ងួត នៃវឌ្ឍនភាពគួរឱ្យតក់សំគាល់ និងគួរយល់ដឹងនោះគឺកំរឹតគ្រាប់តូចៗ ឬជាលិកាតូចៗដែលមាននៅក្នុងស្ងាចនោះ។ មានសំណួរជាច្រើនដែលមិនទាន់បានបកស្រាយ សំណួរទាំងនោះរួមមាន៖

១. តើអន្តរកម្មពាក់កណ្តាលទ្វេដងចន្លោះ Amylose & Amylopectin កើតឡើងបន្តនៅក្នុងគុលិកាតូចទេ ?
២. តើពាក់កណ្តាល Amorphous ដុះលូតលាស់មានការលើនឡើង Amylose ដែរឬទេ ?
៣. តើអាមីឡូសរំខានដល់ការវេចខ្ចប់នៃចង្កោមអាមីឡូសប៉ិចទីនដែរឬទេ ?
៤. តើប្រវាក់គែមអាមីឡូសប៉ិចទីនវាមានលក្ខណៈស្មុគស្មាញមែនទេ ?

ដូចនេះការមួយចំនួននៃម្សៅត្រូវបានពិនិត្រឡើងវិញ។ ការសិក្សាទាំងនេះបានបង្ហាញនូវពត៌មានថ្មីៗ ទាក់ទងនឹងគីមី រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ម្សៅ និងសារសំខាន់របស់បច្ចេកទេស ដើម្បីពិនិត្រមើលម្សៅ។ ហេតុនេះទាំងការវិភាគលើផ្ទៃជាក់លាក់ និងការស្តែនមីក្រូស្កុបនៃស្ងាចអាចឱ្យយកមកប្រើប្រាស់នូវចំណេះដឹងជាច្រើន។

បណ្ណាល័យសាស្ត្រ

1. Gallant DJ, Bouchet B, Buléon A, Pérez S. Eur. J. Clini. Nutr. 1992;46:S3.
2. Zobel HF. Starch/Stärke. 1988;40:44.
3. Oostergetel GT, van Bruggen EFJ. Carbohydr Polym. 1993;21:7.
4. Buléon A, Colonna P, Planchot V, Ball S. Int J Biol Macromol. 1998;23:85.
5. Nikuni Z. Chori Kagaku. 1969;2.
6. French D. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 1972;19:8.
7. Nikuni Z. Starch/Stärke. 1978;30:105.
8. Robin JP, Mercier C, Charbonnière R, Guilbot A. Cereal. Chem. 1974;51:389.
9. Manners DJ, Matherson NK. Carbohydr. Res. 1981;90:99.
10. Lineback DR. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 1986;30:80.
11. Gallant DJ, Bouchet B, Baldwin PM. Carbohydr. Polym. 1997;32:177.
12. French D. In: Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF, eds. Starch, Chemistry and Technology. 2nd edn. Orlando, FL: Academic Press; 1984:184–247.
13. Hizukuri S, Takeda Y, Maruta N, Juliano BO. Carbohydr. Res. 1989;189:227.
14. Bertoft E. Carbohydr. Res. 1991;212:229.
15. Hizukuri S. Carbohydr. Res. 1986;147:342.
16. Manners DJ. Carbohydr. Polym. 1989;11:87.
17. Callaghan PT, Lelievre J. Biopolym. 1985;24:441.
18. Lelievre J, Lewis JA, Marsden K. Carbohydr. Res. 1986;153:195.
19. Callaghan PT, Lelievre J, Lewis JA. Carbohydr. Res. 1987;162:33.
20. Yamaguchi M, Kainuma K, French D. J. Ultrastruc. Res. 1979;69:249.
21. Gidley MJ, Cooke D. Biol. Soc. Trans. 1991;19:551.
22. Sterling CJ. Polym. Sci. 1962;56:10.
23. Blanshard JMV, Bates DR, Muhr AH, Worcester DL, Higgins JS. Carbohydr. Polym. 1984;4:427.
24. Oostergetel GT, van Bruggen EFJ. Starch/Stärke. 1989;41:331.
25. Kassenbeck P. Starch/Stärke. 1978;30:40.
26. McDonald AML, Stark JR, Morrison WR, Ellis RP. J. Cereal Sci. 1991;13:93.
27. Ring SG, Miles MJ, Morris VJ, Turner R, Colonna P. Int. J. Biol. Macromol. 1987; 9:158.
28. Buléon A, Duprat F, Booy FP, Chanzy H. Carbohydr. Polym. 1984;4:161.
29. Kregger DR. Biochem. Biophys. Acta. 1951;6:406.

30. Wu HCH, Sarko A. Carbohydr. Res. 1978;61:27.
31. Wu HCH, Sarko A. Carbohydr. Res. 1978;61:7.
32. Imberty A, Chanzy H, Pérez S, Buléon A, Tran V. J. Mol. Biol. 1988;201:365.
33. Popov D, Burghammer M, Buléon A, Montesanti N, Putaux JL, Riekel C. Macromol. 2006;39:3704.
34. Imberty A, Pérez S. Biopolym. 1988;27:1205.
35. Lechert HT. In: Rockland LB, Stewards GF, eds. Water Activity: Influences on Food Quality. London, UK: Academic Press; 1981:223–245.
36. Pérez S, Imberty A, Scaringe RP. In: French AD, Brady JW, eds. Computer Modeling of Carbohydrate Molecules. Washington, DC: American Chemical Society; 1990:281–289.
37. Pfannemüller B. Int. J. Biol. Macromol. 1987;9:105.
38. Gidley MJ, Bulpin PV. Carbohydr. Res. 1987;161:291.
39. Gidley MJ. Carbohydr. Res. 1987;161:301.
40. Sair L. Heat-moisture Treatment of Starches. New York, NY: Academic Press; 1981.
41. Buléon A, Pontoire B, Riekel C, Chanzy H, Helbert W, Vuong R. Macromol. 1997;30:3952.
42. Waigh TA, Hopkinson I, Donald AM, Butler MF, Heidelbach F, Riekel C. Macromol. 1997;30:3813.
43. Buléon A, Gérard C, Riekel C, Vuong R, Chanzy H. Macromol. 1998;31:6605.
44. Bogracheva TY, Morris VJ, Ring SG, Hedley CL. Biopolym. 1998;45:323.
45. Imberty A, Pérez S. Int. J. Biol. Macromol. 1989;11:177.
46. Jane JL, Wong KS, McPherson AE. Carbohydr. Res. 1997;300:219.
47. Gérard C, Planchot V, Colonna P, Bertoft E. Carbohydr. Res. 2000;326:130.
48. Gidley MJ, Bociek SM. J. Am. Chem. Soc. 1985;107:7040.
49. O′Sullivan AC, Pérez S. Biopolym. 1999;50:381.
50. Gallant DJ. [Doctorat d′Etat]. Université de Paris VI; 1974.
51. Casset F, Imberty A, Haser R, Payan F, Pérez S. Eur. J. Biochem. 1995;232:284.
52. Duprat F, Gallant DJ, Guilbot A, Mercier C, Robin JP. In: Monties B, ed. Les polymères Végétaux – Polymères pariétaux et alimentaires non azotés. Paris, France: Gauthier Villars; 1980:176–231.

53. Banks W, Greenwod CT. Starch and Its Components. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press; 1975.
54. Cauvain SP, Gough BM, Whitehouse ME. Starch/Stärke. 1977;29:91.
55. Bowler P, Towersey PJ, Waight SG, Galliard T. In: Hill RD, Münck L, eds. New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science; 1985:71–79 .
56. Greenwell P, Evers AD, Gough BM, Russell PL. J. Cereal. Sci. 1985;3:279.
57. Nierle W, Bayâ AWE, Kersting HJ, Meyer D. Starch/Stärke. 1990;42:471.
58. Baldwin PM. [Ph.D. thesis]. University of Nottingham, UK; 1995.
59. Baldwin PM, Davies MC, Melia CD. Int. J. Biol. Macromol. 1997;21:103.
60. Schofield JD, Greenwell P. In: Morton ID, ed. Cereals in a European Context. Chichester, UK: Ellis Horwood; 1987:407–420.
61. Morrison WR. J. Cereal Sci. 1988;8:1.
62. Goldner WR, Boyer CD. Starch/Stärke. 1989;41:250.
63. Swinkels JJM. Starch/Stärke. 1985;37:1.
64. Morrison WR, Gadan HJ. J. Cereal Sci. 1987;5:263.
65. Malouf RB, Lin WDA, Hoseney RC. Cereal Chem. 1992;69:169.
66. Russell PL, Gough BM, Greenwell P, Fowler A, Munro HS. J. Cereal Sci. 1987;5:83.
67. Baldwin PM, Melia CD, Davies MC. J. Cereal Sci. 1997;26:329.
68. Newman A. Anal. Chem. 1996;68:267A.
69. Binnig G, Quaate CF, Gerber C. Phys. Rev. Lett. 1986;56:930.
70. Kirby AR, Gunning AP, Morris VJ. Trends Food Sci. Technol. 1995;6:359.
71. Hoh JH, Lal R, John SA, Revel J-P, Arnsdorf MF. Science. 1991;253:1405.
72. Yang J, Tamm LK, Somlyo AP, Shao Z. J. Microscopy. 1993;171:183.
73. Putman CAJ, van der Werf KO, Grooth BGd, van Hulst NF, Greve J. Biophys. J. 1994;67:1749.
74. Gunning AP, Kirby AR, Morris VJ, Wells B, Brooker BE. Polymer Bull. 1995;615.
75. Yang J, Shao Z. Micron. 1995;26:35.
76. Kirby AR, Gunning AP, Morris VJ. Biopolym. 1996;38:355.
77. Thomson NH, Miles MJ, Ring SG, Shewry PR, Tatham AS. J. Vac. Sci. Technol. B, Microelectron. Nanometer Struc. 1994;12:1565.
78. Hall DM, Sayre JG. Textile Res. J. 1969;39:1044.
79. Evers AD. Starch/Stärke. 1969;21:96.

80. Hall DM, Sayre JG. Textile Res. J. 1970;40:256.
81. Evers AD. Starch/Stärke. 1971;23:157.
82. Gallant DJ, Mercier C, Guilbot A. Cereal Chem. 1972;49:354.
83. Bowler P, Williams MR, Angold RE. Starch/Stärke. 1980;32:186.
84. Fannon JE, Hauber RJ, BeMiller JN. Cereal Chem. 1992;69:284.
85. Baldwin PM, Adler J, Davies MC, Melia CD. Starch/Stärke. 1994;46:341.
86. Li MJ, Rogers K, Rust CA. Adv. Mater. Process. 1995;148:24.
87. Létang C, Piau M, Verdie C. J. Food Eng. 1999;41:121.
88. McDonough CM, Rooney LW. Cereal Food World. 1999;44:342.
89. Verrez-Bagnis V, Bouchet B, Gallant DJ. Food Structure. 1993;12:309.
90. Gallant DJ, Derrien A, Aumaitre A, Guilbot A. Starch/Stärke. 1973;25:56.
91. Gallant DJ, Guilbot A. Starch/Stärke. 1973;25:335.
92. Fuwa H, Glover D, Sugimoto Y, Tanaka M. Nutr. Sci. Vitaminol. 1978;24:437.
93. Fuwa H, Sugimoto Y, Tanaka M, Nikuni Z. Carbohydr. Res. 1979;70:233.
94. Pawley J. J. Microscopy. 1984;136:45.
95. Hefter J. Scanning Microscopy. 1987;1:13.
96. Müllerova I, Lenc M. Ultramicroscopy. 1992;41:399.
97. Baldwin PM, Adler J, Davies MC, Melia CD. J. Cereal Sci. 1997;21:255.
98. Jahanmir J, Haggar BG, Hayes JB. Scanning Microscopy. 1992;6:625.
99. Quate CF. Surface Sci. 1994;299–300:980.
100. Blackford BL, Jericho MH, Mulher PJ. Scanning Microscopy. 1991;5:907.
101. Weihs TP, Nawaz Z, Jarvis SP, Pethica JB. Appl. Phys. Lett. 1991;59:3536.
102. Schwartz UD, Haefke H, Reimann P, Güntherodt HJ. J. Microscopy. 1994;173:183.
103. Shakesheff KM, Davies MC, Jackson DE, Roberts CJ, Tendler SJB, Brown VA, Watson RC, Barrett DA, Shaw PN. Surf. Sci. Lett. 1994;304:L393.
104. West P, Starostina N. Advan. Mat., Nanoparticle Technol. Santa Clara, CA: Pacific Nanotechnology; 2000:1–12.
105. Baldwin PM, Frazier RA, Adler J, Glasbey TO, Keane MP, Roberts CJ, Tendler SJB, Davies MC, Melia CD. J. Microscopy. 1996;184:75.
106. Ohtani T, Yoshino T, Hagiwara S, Maekawa T. Starch/Stärke. 2000;52:150.
107. Ridout MJ, Gunning AO, Wilson RH, Parker ML, Morris VJ. Carbohydr. Res. 2000;50:123.
108. Baker AA, Mervyn JM, Helbert W. Carbohydr. Res. 2001;330:249.

109. Morris VJ, Ridout MJ, Parker ML. Prog. Food Biopolym. Res. 2005;1:28.
110. Ridout MJ, Parker ML, Hedley CL, Bogracheva TY, Morris VJ. Carbohydr. Polym. 2006;65:64.
111. West P, Starostina N. Advan. Mat., Nanoparticles Technol. Santa Clara, CA: Pacific Nanotechnology; 2006:1–10.
112. Baldwin PM, Adler J, Davies MC, Melia CD. Starch/Stärke. 1995;47:247.
113. Juszczak L. Electronic J. Polish Agric. Univ. 2003;6:1.
114. Juszczak L, Fortuna T, Krok F. Starch/Stärke. 2003;55:1.
115. Szymonska J, Krok F. Int. J. Biol. Macromol. 2003;33:1.
116. Krok F, Szymonska J, Tomasik P, Szymonski M. Appl. Surf. Sci. 2000;157:382.
117. Martin C, Smith AM. Plant Cell. 1995;7:971.
118. Imberty A, Chanzy H, Pérez S, Buléon A, Tran V. Macromol. 1987;20:2634.
119. Ermakov AV, Garfunkel EL. Rev. Sci. Instrum. 1994;65:2853.
120. You HX, Lowe CR. Curr. Opin. Biotechnol. 1996;7:78.
121. Ollet AL, Kirby AR, Clarke SA, Parker R, Smith AC. Starch/Stärke. 1993;45:51.
122. Roberts CJ, Davies MC, Jackson DE, Tendler SJB. Nanobiol. 1992;2:73.
123. Goodman FO, Garcia N. Phy. Rev. B. 1991;43:4728.
124. Ridout MJ, Parker ML, Hedley CL, Bogracheva TY, Morris VJ. Biomacromol. 2004;5:1519.
125. Nägeli CW. In: Schülthess F, ed. Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zurich, Switzerland; 1858.
126. Badenhuizen NP. Protoplasma. 1937;28:293.
127. Sterling CJ. In: Radley JA, ed. Starch and Its Derivatives. 4th edn. London, UK: Chapman and Hall; 1968;139–171.
128. Wetzstein HY, Sterling C. Stärke. 1977;29:365.
129. Gallant DJ, Guilbot A. Stärke. 1971;23:244.
130. Juszczak L, Fortuna T, Krok F. Starch/Stärke. 2003;55:8.
131. Ridout MJ, Parker ML, Hedley CL, Bogracheva TY, Morris VJ. Carbohydr. Res. 2003;338:2135.
132. Helbert W, Chanzy H. Starch/Stärke. 1996;48:185.
133. Gallant DJ, Guilbot A. Starch/Stärke. 1969;21:156.
134. Bertoft E. Carbohydr. Res. 1986;149:397.
135. Kassenbeck P. Starch/Stärke. 1975;27:217.

136. Gallant DJ, Bouchet BB. J. Food Microstructure. 1986;5:141.
137. Morris VJ, Ridout MJ, Parker ML. Prog. Food Biopolym. Res. 2005;1:28.
138. Bertoft E, Manelius R, Qin Z. Starch/Stärke. 1993;45:215.
139. Bertoft E, Qin Z, Manelius R. Starch/Stärke. 1993;45:377.
140. Bertoft E, Manelius R, Qin Z. Starch/Stärke. 1993;45:258.
141. Bertoft E, Qin Z, Manelius R. Starch/Stärke. 1993;45:420.
142. Gidley MJ. In: Phillips GO, Williams PA, Wedlock DJ, eds. Gums and Stabilizers for the Food Industry 6. Oxford, UK: Oxford University Press; 1992:87–99.
143. Zobel HF. In: Alexander RJ, Zobel HF, eds. Developments in Carbohydrate Chemistry. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists; 1992:1–36.
144. Jane JL, Shen JJ. J. Carbohydr. Chem. 1993;247:279.
145. Kasemsuwan T, Jane JL. Cereal Chem. 1994;71:282.
146. Boyer CD, Shannon JC, Garwood DL, Creech RG. Cereal Chem. 1976;53:327.
147. Morrison WR. In: Pomeranz Y, ed. Advances in Cereal Science and Technology. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists; 1978;224–348.
148. Schoch TJ. Meth. Carbohydr. Chem. 1964;4:25.
149. Shannon JC, Garwood DL. In: Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF, eds. Starch, Chemistry and Technology. 2nd edn. Orlando, FL: Academic Press; 1984:26–86 .
150. Ring SG, I′Anson KJ, Morris VJ. Macromol. 1985;18:182.
151. Morrison WR. Starch/Stärke. 1981;33:408.
152. Morrison WR, Milligan TP. In: Inglett GE, ed. Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology. New York, NY: Academic Press; 1982:1–18.
153. South JB, Morrison WR, Nelson OE. J. Cereal Sci. 1991;14:267.
154. Morrison WR, Milligan TP, Azudin MN. J. Cereal Sci. 1984;2:257.
155. Hizukuri S, Nikuni Z. Nature. 1957;180:436.
156. Blanshard JMV. Starch: Properties and Potential, Critical Reports on Applied Chemistry. Vol. 13. London, UK: Academic Press; 1985:16–54.
157. Morrison WR, Coventry AM. Starch/Stärke. 1985;37:83.
158. Morrison WR, Tester RF, Snape CE, Law R, Gidley MJ. Cereal Chem. 1993;70:385.
159. Imberty A, Buléon A, Tran V, Pérez S. Starch/Stärke. 1991;43:375.
160. Fannon JE, Shull JM, BeMiller JN. Cereal Chem. 1993;70:537.
161. Huber KC, BeMiller JN. Cereal Chem. 1997;74:537.

162. Huber KC, BeMiller JN. Carbohydr. Polym. 2000;41:269.

163. Villwock VK, Eliasson A-C, Silverio J, BeMiller JN. Cereal Chem. 1999;76:292.

ជំពូកទី ២
ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមដែលបំបែកស្តាចក្នុងឧស្សាហកម្មបច្ចេកវិជ្ជាអាហារ

[1] ដេប៉ាតឺម៉ង់ស្រាវជ្រាវបច្ចេកវិទ្យាចំណីអាហារ វិទ្យាស្ថានជាតិអាហារូបត្ថម្ភនិងបច្ចេកវិទ្យាស្រាវជ្រាវចំណីអាហារ មហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រអាហារូបត្ថម្ភវិទ្យាសាស្ត្រស្បៀងអាហារនិងបច្ចេកវិទ្យា នៃសាកលវិទ្យាល័យ ShahidBeheshti នៃវិទ្យាសាស្ត្រវេជ្ជសាស្ត្រ ទីក្រុង Tehran ប្រទេសអ៊ីរ៉ង់។

[2] ដេប៉ាតឺម៉ង់វិទ្យាសាស្ត្រនិងបច្ចេកវិទ្យាអាហារ មហាវិទ្យាល័យកសិកម្ម នៃសាកលវិទ្យាល័យ TarbiatModares ទីក្រុង Tehran ប្រទេសអ៊ីរ៉ង់។

*z.noorolahi@modares.ac.ir

ប្រវត្តិអត្ថបទ៖ បានទទួលនៅថ្ងៃទី ១៨ ខែមេសា ឆ្នាំ ២០១៧
បានទទួលស្គាល់នៅថ្ងៃទី ០៨ ខែកញ្ញា ឆ្នាំ ២០១៧

សង្ខេបអត្ថបទ

ម្សៅគឺជាសមាសធាតុផ្ទុកសំខាន់មួយនៅក្នុងរុក្ខជាតិ ដែលមានអត្ថប្រយោជន៍ជាច្រើនសម្រាប់មនុស្ស។ វាមានរចនាសម្ព័នស្មុគស្មាញនិងបានមកពីប៉ូលីមែរចំនួន២ គឺអាមីឡូសនិងអាមីឡូបិកទីន ។ ដូច្នេះការផ្សំចូលគ្នានៃអង់ស៊ីមគឺចាំបាច់សម្រាប់ការបំបែកស្តាច។ អង់ស៊ីមទាំងនេះមាននៅក្នុងធនធានធម្មជាតិ។

នៅក្នុងឧស្សាហកម្ម ម្សៅត្រូវបានប្រើក្នុងការផលិតសមាសធាតុផ្សេងៗជាច្រើន។ ពួកវាខ្លះផលិតដោយវិធីសាស្ត្រគីមី តែខ្លះទៀតផលិតដោយអង់ស៊ីម។ អង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅត្រូវបានចែកជាពីរក្រុមដោយផ្អែកលើប្រតិបត្តិការរបស់វា។ ក្រុមទី ១ គឺអង់ស៊ីមអ៊ីដ្រូឡាស ដែលដែលធ្វើអ៊ីដ្រូលីសចំណងគ្លីកូសីដដោយទឹក ដូចជា endo និង exo។ ក្រុមទី ២ គឺ glocanohydrolases ដែលបំបែកចំណង glycoside α-1,4 មួយនិងបង្កើតតំណភ្ជាប់ glycoside α-1,4 ឬ α-1,6 ថ្មី។ គោលបំណងនៃអត្ថបទនេះគឺបង្ហាញពីគំនិតទូទៅអំពីប្រតិបត្តិការ និងការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមទាំងនេះ នៅក្នុងឧស្សាហកម្មម្ហូបអាហារ។

ពាក្យគន្លឹះ៖ ម្សៅ អង់ស៊ីមប្រើក្នុងការកែច្នៃ អង់ស៊ីមអាមីឡាស (endo និង exo) អង់ស៊ីម De-branched enzymes និងអង់ស៊ីម Transferses ។

១. សេចក្តីផ្តើម

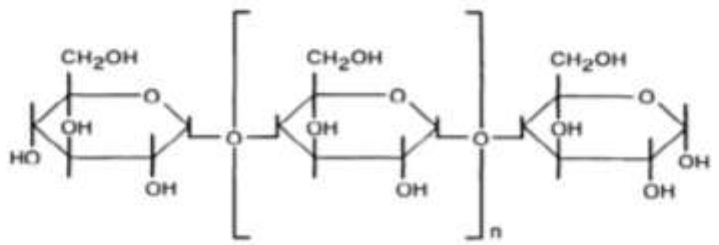
ម្សៅគឺជាកាបូអ៊ីដ្រាតបំប៉នដ៏សំខាន់សម្រាប់មនុស្ស ដែលត្រូវបានរក្សាទុកនៅក្នុងស្លឹកក្រពេញគ្រាប់ពូជនិងឫសរុក្ខជាតិ។ សមាសធាតុនេះគឺជាប៉ូលីសាក់កាីរីដដែលមានលក្ខណៈច្រើនក្រៃលែងទី២ បន្ទាប់ពីសែលុយឡូសដែលបានផលិតដោយរុក្ខជាតិ (Yamada et al., 2009, Zeeman et al., 2010, Roy Goswamiet al., 2015)។ ប្រភពដែលគេស្គាល់ច្រើនជាងគេបំផុតនៃម្សៅគឺធញ្ញជាតិ ដំឡូងនិងដំឡូងមី ដែលត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការទាញយកម្សៅ លើសពីនេះទៅទៀតគឺអាចទទួលទានបានដោយផ្ទាល់ (Whitehurst and van Oort, 2010) ។ ពោត ស្រូវសាឡី និងដំឡូង ភាគច្រើនត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់ផលិតម្សៅជាលក្ខណៈឧស្សាហកម្មនៅអឺរ៉ុបនិងសហរដ្ឋអាមេរិច ចំណែកឯនៅអាស៊ីវិញ ដំឡូងមី ស្រូវ ដំឡូងជ្វា ដំឡូងយ៉ាម និងសាគូរ ក៏ត្រូវបានប្រើផងដែរ។ ផលិតកម្មប្រចាំឆ្នាំនៃម្សៅគឺប្រហែល ៤៨ × ១០^{៦} តោន នៅលើពិភពលោក ដែលជិត ៧០ ភាគរយនៃសារធាតុនេះត្រូវបានប្រើក្នុងឧស្សាហកម្មអាហារ (Daiuto et al., 2005) ។

ម្សៅត្រូវបានរក្សាទុកនៅក្នុងមើម។ រូបរាងនិងទំហំរបស់ថ្មកែវមានភាពខុសប្លែកគ្នានៅក្នុងប្រភពផ្សេងៗគ្នា។ មានវិធីសាស្ត្រជាច្រើនដើម្បីទាញយកម្សៅ។ វិធីសាស្ត្រនីមួយៗមានប្រសិទ្ធិភាពខុសគ្នាទៅលើការចម្រាញ់ ហើយម្សៅដែលទទួលបានមានលក្ខណៈសម្បត្តិជាក់ស្តែងផ្សេងៗគ្នា។ ក្នុងកំឡុងពេលចម្រាញ់ រាល់ការខូចខាតដល់ដំណាក់កាលគ្រីស្តាល់នៃម្សៅនិងការបំផ្លាញវាគឺគេមិនចង់ឱ្យកើតមានទេ (Lee et al., 2007)។ វិធីសាស្ត្រទូទៅបំផុតនៃការទាញយកម្សៅ គឺកិនវត្ថុធាតុដើមដែលត្រាំសម្រាប់ការបំបែកជញ្ជាំងកោសិកា បំបែកសារធាតុដោយកញ្ច្រែងខុសៗគ្នា ហើយទីបំផុតបំបែកម្សៅពីកាកសំណល់ដោយប្រើចាក់សម្រិត រឺប្រើវិធីសាស្ត្រកម្លាំងចាកផ្ចិត (Daiutoet al., 2005; Zhang et al., 2009) ។ នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រមួយផ្សេងទៀត វិធីសាស្ត្រនៃការបំបែកត្រូវបានប្រើសម្រាប់បំបែកម្សៅពីប្រូតេអ៊ីន។ នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រនេះការកិនត្រូវបានធ្វើឡើងសម្រាប់សារធាតុស្ងួត ហើយបន្ទាប់មកខ្យល់ត្រូវបានប្រើសម្រាប់ញែកម្សៅចេញ។ វិធីសាស្ត្រនេះមានប្រសិទ្ធភាពនិងងាយស្រួល ហើយមិនចាំបាច់ផ្លាស់ប្តូរបរិមាណម្សៅក្នុងសូលុយស្យុងឱ្យបានច្រើនទេ (Lee et al., 2007) ប៉ុន្តែម្សៅផលិតបានបង្ហាញពីលក្ខណៈជាក់ស្តែងខ្សោយជាង បើប្រៀបធៀបជាមួយម្សៅពីវិធីសាស្ត្រសើម (Tian et al., 1999) ។ ក្នុងវិធីសាស្ត្រមួយចំនួនទៀត អាល់កាលី ត្រូវបានប្រើសម្រាប់រំលាយប្រូតេអ៊ីន និងទាញយកម្សៅ (Cardosoa et al., 2007)។ ចំណែកម្សៅដែលបានផលិតចេញពីវិធីសាស្ត្រនេះ

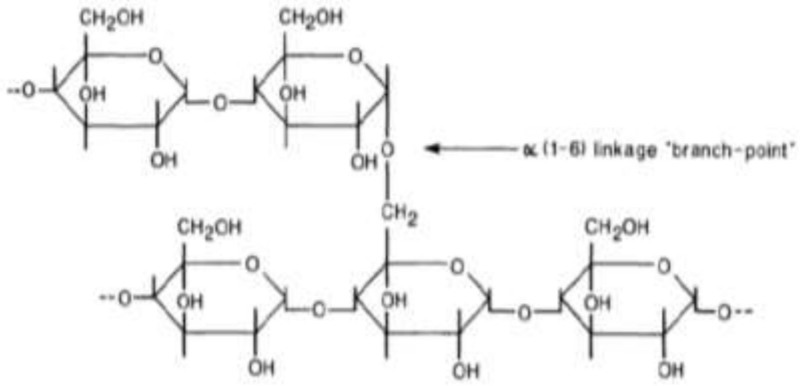
មានភាពសុទ្ធខ្ពស់ (Puchongkavarinet al., 2005) ប៉ុន្តែបើប្រៀបធៀបជាមួយម្សៅដែលផលិតចេញពីវិធីសាស្ត្រសើមវិញ គឺវាតម្រូវនៅសីតុណ្ហភាពទាបដើម្បីធ្វើឱ្យឡើងជាស្អិត និងមានភាពខាប់អន្ទិលខ្ពស់ជាងមុន (Dokic et al., 2010; Lai et al., 2004; Han and Hamaker, 2002) ។

២ ប្រភេទអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅ

ម្សៅធម្មជាតិគឺផ្សំពីអាមីឡូសប្រហែល ២០% និងអាមីឡូបិកទីន ៨០% ។ អាមីឡូសគឺជាប៉ូលីមែរខ្សែត្រង់នៃគ្លុយកូស ជាមួយនឹងចំណង α-1,4 ផ្សេងទៀត និងទម្ងន់ម៉ូលេគុលរបស់វាគឺប្រហែល ១០៦ Dalton ដែលអាមីឡូបិកទីន មានប្រមាណ ៥% នៃចំណង α-1,6 បន្ថែមពីលើចំណងដែលបានរៀបរាប់រួច ហើយទម្ងន់របស់វាគឺប្រហែល ១០៨ Dalton។ តាមរបៀបនេះអាមីឡូបិកទីនមានខ្នែងតូចៗជាច្រើនទៀត ប៉ុន្តែអាមីឡូសគឺត្រូវបានផ្សំឡើង ដោយមានខ្នែងវែងៗ ហើយមានចំនួនតិច (Srichuwong et al., 2005; Yoo and Jan., 2002) ។ រចនាសម្ព័ន្ធនៃសមាសធាតុម្សៅត្រូវបានបង្ហាញនៅក្នុងរូបភាពទី ១ ។ ការសាងសង់ ទម្ងន់ម៉ូលេគុល និងសមាមាត្រនៃអាមីឡូសទៅនឹងអាមីឡូបិកទីន គឺខុសគ្នានៅក្នុងម្សៅដែលបានចម្រាញ់ចេញពីប្រភពរុក្ខជាតិផ្សេងៗគ្នា។ នេះជាមូលហេតុដែលនាំឱ្យមានលក្ខណៈខុសៗគ្នានៃប្រភេទម្សៅដែលខុសៗគ្នា (Syahariza et al., 2010; Srichuwong et al., 2005) ។ ម្សៅប្រភេទស្អិត មានបរិមាណអាមីឡូបិកទីនច្រើន ប៉ុន្តែ ម្សៅ hylon មានជាតិអាមីឡូសច្រើនជាង ៥០ភាគរយ (Syaharizaet al., 2010; Srichuwong et al., 2005) ។ បច្ចុប្បន្ននេះជិត ៣០% នៃផលិតកម្មអង់ស៊ីមទូទាំងពិភពលោក បានផ្តោតលើអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅ។ នៅក្នុងតារាងទី ១ ការបង្ហាញពីកម្មវិធីពាណិជ្ជកម្មភាគច្រើនបំផុតនៃអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅនៅក្នុងឧស្សាហកម្មអាហារ។



អាមីឡូស៖ ប៉ូលីមែរខ្សែត្រង់នៃគ្លុយកូសដែលមានតំណភ្ជាប់α -1,4



អាមីឡូបិកទីន ប៉ូលីមែរគ្លុយកូស ដែលមានតំណ α-1,4 និងមានខ្នែងជាប់ជាមួយតំណ α-1,6

រូបភាពទី ១ រចនាសម្ពន្ធ័អាមីឡូសនិងអាមីឡូបិកទីន (Tucker and Woods, 1995)

តារាង ១. កម្មវិធីពាណិជ្ជកម្មទូទៅបំផុតនៃអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅនៅក្នុងឧស្សាហកម្មអាហារ

ការប្រើប្រាស់	អង់ស៊ីម
ការធ្វើឱ្យរាវនៃម្សៅ (Starch liquefaction)	α-amylase
ការបំបែកម្សៅទៅជាស្ករ (Starch saccharification)	α-amylase, glucoamylas, pullulanase, isoamylase, maltogenic amylase
ឧស្សាហកម្មនំដុត	α-amylase
ប្រឆាំងនឹងការឡើងរឹង (Anti-staling)	α-amylase, β-amylase, pullulanase, debranched enzymes, branching enzymes, maltogenic amylase, glucoamylase, cyclodextrin glucanotransferases
ផលិតកម្ម Cycloamylose	α-glucanotransferases

ដោយសារប៉ូលីមែររបស់ម្សៅមានរចនាសម្ព័ន្ធស្មុគស្មាញ ការប្រើអង់ស៊ីមរួមគ្នាគឺត្រូវការសម្រាប់ការបំបែកវាទៅជាផ្នែកតូចៗ ឬផ្ទេរចំណងអូលីហ្គោសាក់ការីដ ឬបង្កើតចំណងថ្មីៗទៀត (Bertoldo and Antranikian, 2002) ។ អង់ស៊ីមសំខាន់ៗដែលជាធម្មតាត្រូវបានប្រើសម្រាប់វិស័យ

ជីវបច្ចេកវិទ្យា និងសម្រាប់ការកែច្នៃម្សៅត្រូវបានគេហៅថាអាមីឡាស។ នៅក្នុងក្រុមមួយអង់ស៊ីមម្សៅត្រូវបានចាត់ថ្នាក់ជាពីរក្រុមផ្សេងទៀត៖ ក) អង់ស៊ីមអ៊ីដ្រូឡាស ដែលផ្តាច់ចំណង glycosidic ដោយទឹកឱ្យទៅជាពីររៀប គឺ endo និង exo ខ) អង់ស៊ីម glocanotransferases ដែលបំបែកចំណង α-1,4 មួយនិងបង្កើតចំណង α-1,4 ឬ α-1,6 ថ្មី។

ជាទូទៅអង់ស៊ីមដែលមានឥទ្ធិពលលើម្សៅអាចត្រូវបានចែកជា៤ក្រុម គឺក្រុមអង់ស៊ីមអង់ដូ-អាមីឡាស អង់ស៊ីមអ៊ិចហ្សូ-អេមីឡាស អង់ស៊ីម de-branched enzyme និងក្រុមអង់ស៊ីម transferase (Hii et al., 2012)។ អង់ស៊ីមដែលល្បីបំផុតដែលមានឥទ្ធិពលលើម្សៅ គឺស្ថិតនៅក្នុងគ្រួសារ glycoside hydrolases ១៣, ១៥ និង ២៨ (Whitehurst and van Oort, 2010)។

ការបែងចែកលក្ខណៈនៃអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅត្រូវបានគេបង្ហាញនៅក្នុងតារាងទី ២ ។ តារាងទី ៣ ក៏រាប់បញ្ចូលនៃសមាសធាតុនៃអង់ស៊ីមនិងផលិតផលដែលបានមកពីឥទ្ធិពលទាំងនោះដែរ។

តារាងទី ២ លក្ខណៈនៃអង់ស៊ីមកែច្នៃម្សៅ

សកម្មភាព	ឈ្មោះរបស់អង់ស៊ីម	លេខកូដរបស់អង់ស៊ីម	ក្រុមរបស់អង់ស៊ីម
Hydrolysis of α-1,4 linkages	α-amylase	3.2.1.1	Endoamylases
Hydrolysis of α-1,4 and α-1,6 linkages	Glucoamylse	3.2.1.3	Exoamylases
Hydrolysis of α-1,4 linkages	α-Glucoamylse	3.2.1.20	
Hydrolysis of α-1,4 linkages	β-amylase	3.2.1.2	
Hydrolysis of α-1,6 linkages	Amylo-1-6-glucosidase	3.2.1.33	De-branched enzymes
Hydrolysis of α-1,6 linkages	Pullulanase type I	3.2.1.41	
Hydrolysis of α-1,4 and α-1,6 linkages	Pullulanase type II	3.2.1.135	
Hydrolysis of α-1,4 linkages	Pullulan hydrolase types I	3.2.1.57	

	(neopullulanase)		
Hydrolysis of α-1,4 linkages	Pullulan hydrolase types II (neopullulanase)	3.2.1.68	
Hydrolysis of α-1,6 linkages	Isoamylase	3.2.1.19	
Hydrolysis of α-1,4 linkages and formation of new α -1,4 linkages	Cyclodextrin glucanotransferases	2.4.1.19	α-glucanotransferases
Hydrolysis of α-1,4 linkages and formation of new α -1,4 linkages	4-α-glucanotransferase	2.4.1.25	
Hydrolysis of α-1,4 linkages and formation of new α -1,6 linkages	Branching enzyme (Q-enzyme)	2.4.1.18	

តារាងទី ៣. សមាសធាតុ និងផលិតផលដែលបានមកពីការធ្វើការរបស់អង់បំបែកម្សៅ

ផលិតផល	សមាសធាតុចម្បង	ឈ្មោះអង់ស៊ីម
Linear and branched oligosaccharides, α-limit dextrins	Starch	α-amylase
High glucose syrup	Starch	Glucoamylase
1- Glucose, isomaltose, isomaltortiose	1-Starch 2-Oligosaccharidescontainingmaltose	α-Glucosidase

2-Isomalto-oligosaccharides (IMO)	3-Branched Oligosaccharides likely panose and isopanose	
β-limit dextrins	starch	β-amylase
	Side chain containing of one glucose (product of transglycosylase enzyme)	amylo-1-6-glucosidase
Maltotriose	Pullulan, Amylopectin	Pullulanase type I
Maltose, maltotriose	Amylopectin, glycogen	Pullulanase type II
Maltose, maltotriose	Compounds containing of someconsecutive α-1,4 glycosidic bond	Isoamylase
α ،β و ϒ-cyclodextrins, gluco-oligosaccharides with cycle α- 1,4 bonds (scchardinger sugars)	Compounds containing of someconsecutive α-1,4 glycosidic bond	Cyclodextrin glucanotransferases
Glycogen, amylopectin	Compounds containing of someconsecutive α-1,4 glycosidic bond	4-α-glucanotransferase
Amylopectins and glycogen with more side chains	Starch, glycogen	Branching enzyme (Q-enzyme)

២.១ អង់ស៊ីមអង់ដូអាមីឡាស

អង់ស៊ីមទាំងនេះអាចបំបែកចំណង α-1,6 glucosidic ដែលមាននៅក្នុងងផ្នែកខាងក្នុងនៃប្រវាក់អាមីឡាស ឬអាមីឡូបិកទីន។ ក្នុងចំណោមអង់ស៊ីមទាំងនេះមានα-amylase (EC1.1.2.3) ដែលផ្តាច់ចំណងដែលបានលើកឡើងពីមុននោះដោយចៃដន្យ ប៉ុន្តែនៅពេលវាទៅដល់ចំណងα-1,6 ដំណើការទាំងនេះនឹងត្រូវបានបញ្ឈប់។ តាមវិធីនេះ ពួកគេផលិតអូលីហ្គោសាក់ការីដខ្សែខ្នែង និងខ្សែត្រង់ និង α-limit dextrins (Kammoun et al., 2008; Van der Maarel et al., 2002)។ អង់ស៊ីមទាំងនេះត្រូវបានគេទទួលបានពីឧស្សាហកម្មពីប្រភពបាក់តេរីនិងផ្សិត។ ប្រភេទបាក់តេរី α-amylases ពិតជាធន់នឹងសីតុណ្ហភាពខ្ពស់មានប្រតិកម្មនៅក្នុង pH ធម្មតាហើយត្រូវការអ៊ីយ៉ុងកាល់ស្យូមសម្រាប់សកម្មភាពរបស់វា។ ខណៈពេលដែលផ្សិតα-amylases ស្ទើតែចាញ់នឹងសីតុណ្ហភាព។ អង់ស៊ីមទាំងនេះគឺជាពួក maltogenetic ហើយផលិតផលចម្បងរបស់វាគឺម៉ាល់តូស និង oligomers ដទៃទៀត។ ដូច្នេះពួកវាមិនត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការធ្វើឱ្យឡើងរាវឡើយ ប៉ុន្តែវាត្រូវបានប្រើជំនួសβ-amylase សម្រាប់ផលិតស៊ីរ៉ូស្ករម៉ាល់តូស high maltose syrups (Souza and Magalhaes, 2010; Tucker and Woods, 1995)។

២.២ អង់ស៊ីមអិចហ្សូអាមីឡាស

អង់ស៊ីមទាំងនេះដែលរួមមានដូចជាអង់ស៊ីម glucoamylase (EC 3.2.1.3) និង α glucosidase (EC 3.2.1.2) ដែលបំបែកចំណង α-1,4 និង α-1,6 រវាង glycosides ពីចុងដែល non-reducing end នៃអង់ស៊ីមអាមីឡាស និងអង់ស៊ីមអាមីឡូបិកទីន ដូច្នេះហើយពួកវាក៏បង្កើតបានគ្លុយកូស។ β-amylases (EC 3.2.1.2) ដែលស្ថិតក្នុងក្រុមនេះដែរ បំបែកចំណង α-1,6 ទាំងស្រុងចាប់ពី non-reducing end ដូច្នេះហើយវាផលិតម៉ាល់តូសនិង β-limit dextrins (Haki and Rakshit, 2003; Bertoldo and Antranikian, 2002)។

២.២.១ អង់ស៊ីម β-amylases

អង់ស៊ីមទាំងនេះគឺជាពួក exo-acting ។ ពួកគេមិនអាចបំបែកខ្នែង α 1,6 ដូចជា α-amylases ទេ ហើយពួកវាមិនអាចបង្វែរឧបសគ្គបានឡើយ។ ដូច្នេះពួកវាផលិត dextrin ដែលមានទម្ងន់ម៉ូលេគុលខ្ពស់ ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ថា β-limit (Li and Yu, 2011)។ អង់ស៊ីមទាំងនេះចូលរួមជាមួយអង់ស៊ីមបំបែកខ្សែខ្នែង ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់សម្រាប់ផលិតផលស៊ីរ៉ូស្ករនៅក្នុងឧស្សាហកម្ម។ ស៊ីរ៉ូស្ករម៉ាល់តូសមានលក្ខណៈជា hygrosco-pic និងមានពណ៌ថេរច្រើនជាងស៊ីរ៉ូស្ករគ្លុយកូស។ លើស

ពីនេះទៀតពួកវាត្រូវបានគេប្រើនៅក្នុងឧស្សាហកម្ម confectionary និងផលិតបង្អែមទឹកកក ដោយសារតែការឱ្យឡើងគ្រីស្តាល់តិច និងភាពស្អិតជាប់ (Tucker and Woods, 1995) ។

២.២.២ អង់ស៊ីម Glucoamylase

អង់ស៊ីមទាំងនេះដែលត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា amylo-glucosidase ឬ អង់ស៊ីម sugar-making amylase កាត់ចំណង α-1,4 ហើយនៅឱ្យចំណង α-1,6 ឆ្ងាយពី non-reducing end ផងដែរ ស្រដៀងគ្នាទៅនឹងអង់ស៊ីម pullulanase type II. (Whitehurst and van Oort, 2010)។

សកម្មភាពខ្លាំងរបស់អង់ស៊ីមទាំងនេះ អាចផលិតស៊ីរ៉ូស្ករ high glucose syrups ។ សកម្មភាពនេះត្រូវបានបញ្ចប់ ដោយសារការប្រើអង់ស៊ីមជាច្រើន ប៉ុន្តែបរិមាណនៃអង់ស៊ីមអាចបង្កឱ្យមានផ្នែកដែលមិនត្រូវការពីប្រតិកម្ម ដូចជាបង្កឱ្យមានប្រតិកម្មត្រឡប់ ហើយការផលិត isomaltose និង maltose ដូច្នេះហើយអាចបង្កមានការកាត់បន្ថយទិន្នផលសម្រេច (Whitehurst and van Oort, 2010) ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះមានលក្ខណៈដូចជាអាស៊ីត ហើយងាយនឹងងាយប្រតិកម្មទៅនឹងសីតុណ្ហភាព។ នៅក្នុងឧស្សាហកម្ម ពួកវាត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់បំបែកស្ករដិកស្រ្ទីន ទៅជាគ្លុយកូសដោយមានទឹក នៅក្នុងដំណើរនៃការបម្លែងឱ្យទៅជាស្ករ (Hii et al., 2012; Tucker and Woods, 1995) ។

២.២.៣ អង់ស៊ីម α-Glucosidase

អង់ស៊ីម α-glucosidase ក៏ជាប្រភេទអង់ស៊ីមដែលធ្វើសកម្មភាពក្រោយគេដែរ ដែលញែកអាមីឡូស អាមីឡូបិកទីន និងអូលីហ្គោសាក់ការីដ និងម៉ាល់តូស ពីពួក none-reducing end ហើយផលិតស្ករគ្លុយកូស (Latorre-Garcia et al., ២០០៥; Tatsumi and Katano, ២០០៥)។ នៅពេលកំហាប់ស្ករម៉ាល់តូសខ្ពស់គ្រប់គ្រាន់ ប្រតិកម្ម transglycosylation reaction នឹងបញ្ចប់ដោយសារអង់ស៊ីមនេះ ហើយស្ករម៉ាល់តូសប្តូរទៅជា isomaltose (ស្ករគ្លុយកូស ២ ជាមួយនឹង 1, 6 linkage)។ នៅដំណាក់បន្ទាប់ isomaltose នឹងត្រូវបានធ្វើ glycosylated ហើយផលិតផល isomaltotriose ។ ពួកខ្សែ oligosaccharides ភ្ជាប់ panose និង isopanose ក៏អាចត្រូវបានធ្វើ glycosylated ដោយអង់ស៊ីមទាំងនេះដែរ។ បង្កំទាំងនេះត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា isomalto-oligosaccharides (IMO) ដែលត្រូវបានផលិតជាសារជាតុប្រ្រូបាយអូទិកសរសៃ នៅក្នុងប្រទេសចិន និងជប៉ុន (Whitehurst and van Oort, ២០១០)។

២.៣ អង់ស៊ីម De-branched enzymes

អង់ស៊ីមទាំងនេះជួយជំរុញអ៊ីដ្រូលីសនៃចំណង α ១,៦ ហើយវាអាចបំបែកខ្នែងអាមីឡូបិកទីន។ ការបំបែកនេះគឺជាភាពខុសគ្នាដ៏សំខាន់រវាងអង់ស៊ីម de-branched enzyme និងអង់ស៊ីមអ៊ីដ្រូលីសដទៃទៀត ព្រោះកន្លែងសំខាន់នៃអង់ស៊ីមអ៊ីដ្រូលីសផ្សេងទៀត គឺនៅត្រង់ចំណង α-១,៤ (Hiiet et al., ២០១២) ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះត្រូវបានបែងចែកជាពីរក្រុមធំ ៗ គឺអង់ស៊ីម direct de-branched និង indirect de-branched (Fogarty and Kelly, ១៩៩០)។

២.៣.១ អង់ស៊ីម Indirect de-branched enzymes

អង់ស៊ីម amylo-1,6-glucosidase (EC 3.2.1.33) គឺជាអង់ស៊ីម indirect de-branched. ដំបូងឡើយ សារធាតុស៊ុបស្រ្តេតនៃអង់ស៊ីមនេះ ត្រូវតែកែតម្រូវដោយអង់ស៊ីមផ្សេងទៀត ពីព្រោះអង់ស៊ីមប្រភេទនេះអាចធ្វើបំបែកលើតែច្រវាក់ដែលនៅចំហៀង ខេលមានម៉ូលេគុលស្ករគ្លុយកូសតែ១ម៉ូលេគុលប៉ុណ្ណោះ។ សម្រាប់ប្រតិកម្មនេះ ដំបូងឡើយស្ករអូលីហ្គោសាក់ការីដ ត្រូវបានចាប់យកទៅជាមួយអង់ស៊ីម transglucosylase enzyme (4- αglucanostransferase, EC 2.4.1.25) ហើយសារធាតុស៊ុបស្រ្តេត គឺត្រៀមរួចជាស្រេចដើម្បីធ្វើប្រតិកម្មទៅលើអង់ស៊ីមនេះ (Nakamura, 1996)។ អង់ស៊ីមនេះ មិនសូវជាប្រើទូលំទូលាយប៉ុន្មានទេ នៅក្នុងឧស្សាហកម្ម (Hii et al., 2012)។

២.៣.២ អង់ស៊ីម Direct de-branched enzymes

អង់ស៊ីមទាំងនេះធ្វើការបំបែកចំណង α-1,6 ដោយផ្ទាល់ នៅក្នុងស៊ុបស្រ្តេតដែលមិនបានធ្វើការកែប្រើ។ ក្នុងចំណោមអង់ស៊ីមទាំងនេះ មានដូចជាអង់ស៊ីម pullulanase និង isoamylase។

២.៣.២.១ អង់ស៊ីម Pullalanase

ឈ្មោះផ្សេងទៀរបស់អង់ស៊ីម pullulanases EC 3.2.1.41 គឺ α-dextrine 6-glucanohydrolase, amylopectine 6-glucanohydrolase, pullulan 6-glucanohydrolase និង limit dextrinase។ អង់ស៊ីមទាំងនេះត្រូវបានចម្រាញ់ចេញមកពីប្រភពនសមីក្រូសរីរាង្គមួយចំនួន ហើយត្រូវបានបំបែកចំណង α-1,6 នៅក្នុងអង់ស៊ីម pullulan (ផ្នែកដែលនឹងត្រូវបំបែកឡើងវិញមានសំណល់គ្លុយកូសចំនួន៣ ជាមួយនឹងចំណង α-1,4 ដែលត្រូវបានភ្ជាប់ជាមួយដោយចំណង α-1,6 ចំនួន១) (Zareian et al., 2010; Kuroiwa et al., 2005; Roy and Gupa, 2004)។ ផលិតផលសម្រេចរបស់អង់ស៊ីមទាំងនេះគឺ maltotriose (Kunamnenei and Singh, 2006)។ អង់ស៊ីម Pullulanase ប្រភេទ I បំបែកចំណង α-1,6 ហើយផលិតខ្នែង dextrins។ អង់ស៊ីមទាំងនេះ មានដូច

ជាពួកអង់ស៊ីម isoamylases ជាដើម។ អង់ស៊ីម Pullulanases ប្រភេទ II បំបែកទាំងចំណង α-1,4 និង α-1,6 ហើយតែងតែផលិតម៉ាល់តូស និងម៉ាល់តូទ្រីយ៉ូស។ អង់ស៊ីមបច្ចុប្បន្ននេះ មានលក្ខណៈស្រដៀងគ្នាទៅនឹងអង់ស៊ីម glucoamylase និងត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ជាលក្ខណៈឧស្សាហកម្ម នៅផលិតកម្មបំបែកស្ករ (Whitehurst and van Oort, 2010)។

មកដល់ពេលនេះពពួកអង់ស៊ីម pullulan hydrolyzing enzymes ចំនួន៥ក្រុម ត្រូវបានគេរាយការណ៍ថាត្រូវបានដាក់ទៅក្នុងក្រុមដោយផ្អែកទៅលើលក្ខណៈផ្សេងៗនៃស៊ុបស្រ្តេត និងប្រតិកម្មនៃផលិតផលរបស់វា។

អង់ស៊ីម Pullulanase ប្រភេទ I៖ ពួកនេះផ្តាច់ចំណង α-1,6 នៅក្នុងអង់ស៊ីម pullulan និង branched polysaccharides. អង់ស៊ីម Pullulanase ប្រភេទ II (amylopullulanase)៖ ពួកនេះផ្តាច់ចំណង α-1,4 ឬ α-1,6 ហើយត្រូវបានគេប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយនៅក្នុងឧស្សាហកម្មកែច្នៃម្សៅស្ពាច។ អង់ស៊ីមទាំង២នេះមិនប៉ះពាល់ដល់ពួក cyclodextrins ទេ (Roy et al., 2003; Ben Messaoud et al., 2002; Duffner et al., 2000)។ អង់ស៊ីម Neopullulanases (អង់ស៊ីម pullulan hydrolase ប្រភេទ I) និង អង់ស៊ីម isopullulanases (pullulan hydrolase ប្រភេទ II) អាចផ្តាច់ចំណង α-1,4 ហើយអាចប៉ះពាល់ដល់ cyclodextrins ប៉ុន្តែមិនប៉ះពាល់ដល់ម្សៅស្ពាចទេ។ អង់ស៊ីមដែលវិភាគ cyclodextrins លឿនជាងម្សៅស្ពាចត្រូវបានគេហៅថា cyclodextrinase (Kahar et al., 2013) ។ ដោយអង់ស៊ីមទាំងនេះអាចដឹងពីទម្រង់ខុសគ្នារវាងចំណង α-1,4 និងចំណង α-1,6 ដោយច្បាស់លាស់ ពួកវាត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយសម្រាប់វិភាគទម្រង់របស់ស្ករ polysaccharide និងស្ករoligosaccharide (Roy et al., 2003)។ អង់ស៊ីម pullulan hydrolase ប្រភេទ III ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ដោយ Niehause et al., មានលក្ខណៈខុសពីអង់ស៊ីម pullulan hydrolyzing enzymes ដ៏ទៃទៀត ហើយអាចបំបែក α-1,4 និងចំណង α-1,6 នៅក្នុង pullulan ដែលផលិតល្បាយម៉ាល់តូទ្រីយ៉ូស ប៉ង់តូស ម៉ាល់តូស និងគ្លុយកូស (Niehause et al., 1999) ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះក៏អាចបំបែកម្សៅស្ពាច អាមីឡូស និងអាមីឡូប៉ិកទីណ និងផលិតម៉ាល់តូស និងម៉ាល់តូទ្រីយ៉ូសដែរ (Hii et al., 2012) ។

២.៣.២.២ អង់ស៊ីម Isoamylase

អង់ស៊ីម Isoamylase (EC 3.2.1.68) អាចបំបែកចំណង α-1,4 បាន។ អង់ស៊ីមទាំងនេះមានតែមួយចំនួន ដែលគេបានស្គាល់ថា អាចកាត់ផ្តាច់ខ្នែង glycogen បានយ៉ាងល្អ។ ពួកវាត្រូវបានកើតឡើងមកដោយមានផ្នែករង២ទៀត ដែលមានម៉ាស់ម៉ូលេគុលចំនួន ៤៥០០០ (Zobel, 1992)។

២.៣.២.៣ ការប្រៀបធៀបរវាងអង់ស៊ីម pullulanase និងអង់ស៊ីម isoamylase

លក្ខណៈខុសគ្នាសំខាន់រវាងអង់ស៊ីមទាំងនេះគឺ នៅក្នុងស៊ុបស្ត្រេតរបស់វា ដែលអង់ស៊ីម pullulanase បំបែកចំណង α-1,4 នៅក្នុង pullulan និងអាមីឡូបិកទីន ដែលអង់ស៊ីម isoamylase បំបែកចំណងទាំងនេះនៅក្នុងអាមីឡូបិកទីន និងគ្លីកូសែន (Mikami et al., 2006) ។ ម៉្យាងទៀត អង់ស៊ីម pullulanase ត្រូវការច្រវាក់២ខ្សែរសម្រាប់ធ្វើកម្មភាពដែលមានយ៉ាងហោចណាស់សំណល់គ្លុយកូលចំនួន២ ជាមួយនឹងចំណង α-1,4 ដែលចូលរួមជាមួយគ្នាជាមួយចំណង ដែលអង់ស៊ីម isoamylase ត្រូវការម៉ាសជាតុដែលមានទម្ងន់ម៉ូលេគុលខ្ពស់។ លក្ខណៈខុសគ្នា១ទៀតគឺប្រភពរបស់វា ដែលពួកអង់ស៊ីម de-branched enzymes មាននៅក្នុងឃីសនិងម៉ូលគឺជាពួកអង់ស៊ីម pullulanase (Hii et al., 2012; Van der Maarel et al., 2002) ។

ការប្រើតែអង់ស៊ីម α-amylase ឬ β-amylase ក្នុងការបំបែកស្តាចឱ្យទៅជាស្ករ ផលិតបាន α-limit និង β-limit dextrins ក្នុងបរិមាណច្រើនខ្លាំងគួរឱ្យកត់សម្គាល់ ហើយកាត់បន្ថយកំហាប់គ្លុយកូសចុងក្រោយ។ ហេតុផលនេះ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម de-branched enzymes បង្កើនប្រសិទ្ធភាពនៃផលិតកម្មស្ករគ្លុយកូស។ ការបំបែកនៃអាមីឡូបិកទីន និងពួកដូច limit dextrins ដោយ *Klebsiella planticola* និង *Bacillus acidopullyticus* អាចត្រូវបានធ្វើឡើងដោយការប្រើបាក់តេរីអង់ស៊ីម ប៉ុន្តែការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម isoamylase គឺមានកំណត់ ដោយសារភាពធននឹងកម្តៅរបស់គឺទាប ហើយធ្វើឱ្យការបន្សុំទៅនឹង pH ទាបដល់អង់ស៊ីម β-amylase ។

បញ្ហាផ្សេងទៀតក្នុងការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម isoamylasee នៅក្នុងការផលិតស្ករ គឺការមិនដំណើការរបស់វានៅក្នុងការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃច្រវាក់ផ្នែកដែលមានគ្លុយកូសយូនីដចំនួន ២ ទៅ ៣ នៅក្នុង α-limit និង β-limit dextrins ។ ដូច្នេះសកម្មភាពដែលកើតឡើងជាបន្តបន្ទាប់ របស់អង់ស៊ីម β-amylase និងអង់ស៊ីម isoamylase មិនអាចផ្លាស់ប្តូរអាមីឡូបិកទីនទៅជាម៉ាល់តូសបានទេ។ ម្យ៉ាងទៀត អង់ស៊ីម β-amylase ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាជាអ្នក ដែលបង្អាក់សកម្មភាពរបស់អង់ស៊ីម isoamylase។ វត្តមានរបស់ម៉ាល់តូទ្រីយ៉ូស និងម៉ាល់តូតេត្រាអូស ក៏បង្អាក់សកម្មភាពរបស់អង់ស៊ីម isoamylase ទាំងស្រុងដែរ (Hii et al., 2012) ។

គុណសម្បត្តិដ៏ធំនៃការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម pullulanase ជំនួសអង់ស៊ីម isoamylase នៅក្នុងការផលិតស្ករគឺជាការបន្ថែមដំណាក់កាលនៃអង់ស៊ីម isoamylase គឺជាចំនុចដែលសំខាន់បំផុត។ ឧទាហរណ៍ ការបន្ថែមអង់ស៊ីមនេះទៅលើប្រព័ន្ធ នៃការបំបែកមុនពេលអង់ស៊ីមអាមីឡូគ្លុយកូស៊ីដាស

អាចបង្កឱ្យមានការបំបែកប៉ូលីមែរ នៃអាមីឡូបិកទីន។ ដូច្នេះវាបង្កើនការស្អិតជាប់គ្នា (Guzman-Maldonado and Paredes-Lopez, 1995) ។

២.៣.៣ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម de-branched enzymes

នៅក្នុងដំណើរនៃការបម្លែងទៅជាស្ករចំណង α-1,6 នៅក្នុងម្សៅស្ពាចដើរតួជាអ្នករារាំងលើសកម្មភាពរបស់អង់ស៊ីមបំបែកស្ពាច ហើយសម្រាប់ហេតុផលនេះ ការបំបែកនៅតែបន្តដោយមានការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម ហើយប្រសិទ្ធភាពរបស់ផលិតកម្មស្ករគ្លុយកូសមានការកើនឡើង។

ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាសតែម្យ៉ាង អាចផលិតស្ករអ៊ីសូម៉ាល់តូសយ៉ាងច្រើន ។ ដោយបណ្តុំនេះធននឹងការបំបែក ប្រសិទ្ធភាពនៃផលតិកម្មចុងក្រោយគឺធ្លាក់ចុះ (Crabb and Shehtty, 1999; Uhlig, 1998) ។ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាស និងអង់ស៊ីម pullulanase ជាប់ៗគ្នា អាចរារាំងផលិតផលបន្ទាប់បន្សំរបស់ស្ករអ៊ីសូម៉ាល់តូស។ នៅក្នុងស្ថានភាពនេះ អង់ស៊ីម pullulanase បំបែកចំណុចខ្សែខ្នែងផ្សេងៗយ៉ាងជាក់លាក់ បន្ទាប់មកអង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាស បំបែកចំណង α-1,4 នៅក្នុងប្រវ៉ាក់បន្ទាត់ (Hii et al., 2012) ។ ជាមួយនឹងការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម de-branched enzymes ផ្ទុំជាមួយអង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាស ល្បឿននៃដំណើការបម្លែងទៅជាស្ករមានការកើនឡើង បរិមាណអង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាសដែលត្រូវការក៏កើនឡើង ហើយត្រូវបន្ថយសកម្មភាពរបស់អង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាស។ តាមវិធីនេះតម្លៃនៃការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម pullulanase នឹងត្រូវបានចូលរួមចំណែកដោយធ្វើការសន្សំសំចៃ នៅក្នុងតម្លៃនៃការរំហួតជាតិទឹក និងតម្លៃរបស់អង់ស៊ីមគ្លុយកូអាមីឡាស។ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមទាំង២នេះនៅក្នុងការកែច្នៃស្ករ fructose syrup កាត់បន្ថយចំណាយលើដំណើការធ្វើ isomerization ផងដែរ ដោយសារតែការបង្កើនលទ្ធភាពរបស់រោងចក្រ ដែលជាលទ្ធផលគឺធ្វើឱ្យមានការកាត់បន្ថយពេលវេលាក្នុងការបម្លែងទៅស្ករ (Poliakoff and Licence, 2007) ។

បច្ចុប្បន្ននេះ អង់ស៊ីម de-branched enzymes ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់នៅក្នុងការបម្លែងឱ្យទៅជាស្ករនៃម្សៅស្ពាច នៅក្នុងផលិតកម្ម high maltose corn syrup ផលិតកម្មសាប៊ូ និងជាមួយ CGTAs នៅក្នុងផលិតកម្ម cyclodextrins (Hii et al., 2012) ។

២.៤ អង់ស៊ីម α-glucanotransferases

ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម α-glucanotransferases ឬ AGTAs (EC 2.4.2.XX) គឺត្រូវបានធ្វើឱ្យមានលក្ខណៈទូទៅនៅ២ទសវត្សន៍ថ្មីៗនេះ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះមិនបំបែកស្ពាចដូចអង់ស៊ីមអាមីឡា

សទេ ប៉ុន្តែនៅដំណាក់កាលដំបូងវាបំបែកផ្នែកខ្លះនៃម៉ូលេគុលរបស់ អាមីឡូស និងអាមីឡូបិកទីន បន្ទាប់មកបង្កើនឱ្យមានចំណងថ្មីៗម្តងទៀត (Van der Maarel and Leemhuis, 2013) ។

សារជាតុស៊ុបស្ត្រេតនៃអង់ស៊ីម α-glucanotransferases គឺជាបង្គុំដែលមានផ្ទុកនូវខ្សែ α-1,4 តៗគ្នាដូចជា អាមីឡូស អាមីឡូបិកទីន ម៉ាល់តូដិកស្ត្រីន និងគ្លីកូសែន។ អង់ស៊ីម α-glucanotransferases ស្ថិតនៅក្នុងគ្រួសារ glycoside hydrolases (GH) family ។ សមាជិកនៃគ្រួសារនេះ ផ្តាច់ចំណង glycosidic bonds ហើយរុញចំណងទាំងនោះទៅកាន់អ្នកទទួល acceptor (ជាទូទៅគឺជាទឹក) ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះក៏អាចភ្ជាប់ផ្នែកដែលនៅដាច់ពីគ្នាឱ្យជាប់គ្នាទៅនឹងស្ករ និងបង្កើតចំណង glycosidic bonds ថ្មីផងដែរ (ដែលគេហៅថាប្រតិកម្មមិនសមាមាត្រ) (Oh et al., 2008) ។ អង់ស៊ីម α-glucanotransferases ត្រូវបានគេប្រើនៅក្នុងឧស្សាហកម្ម ដែលស្ថិតនៅក្នុងគ្រួសារ GH 13,57,77 families ។ អង់ស៊ីមទាំងអស់នេះដូចជាពួករក្សាចំណង α-retaining។ មានន័យថាការកំណត់រចនាសម្ព័ន្ធនៃចំណង glycoside ថ្មី មានលក្ខណៈស្រដៀងទៅនឹងចំណងដែលបានបំបែកនៅក្នុងសារជាតុស៊ុបស្ត្រេត (Vocadlo and Davies, 2008) ។ ប្រតិកម្មរបស់អង់ស៊ីមទាំងនេះពិដំបូងចាប់ផ្តើមដោយ ការបំបែកចំណង α-1,4 glycosidic linkage មួយ នៅក្នុងសារជាតុស៊ុបស្ត្រេត ហើយអង់ស៊ីម glycosyl កម្រិតមធ្យមត្រូវបានបង្កើត។ នៅដំណាក់កាលបន្ទាប់ បន្ទាប់ពីមានការផ្តាច់ស្ករជាផ្នែកៗពីអ្នកទទួល (accpetor) ចុង non-reducing end ពីគ្លុយកានផ្សេងទៀត អាចចូលទៅក្នុងផ្នែកនៃអ្នកទទួល (acceptor) ហើយចំណងថ្មីទៀតត្រូវបានបង្កើត។ ជាមូលដ្ឋានថាតើ ចុង non-reducing end កាត់ពីចំណង 4-hydroxyle ឬ 6-hydroxyle, ចំណងថ្មីមានដូចជា α-1,4- និង α-1,6 (Stamet al., 2006; Zona et al.,2004) ។

២.៤.១ ប្រភេទនៃអង់ស៊ីម α-glucanotransferases

ប្រភេទចំនួន៣នៃអង់ស៊ីម α-glucanotransferases មកដល់ពេលនេះត្រូវបានគេស្គាល់ថាមានដូចជា I. Cyclodextrin α-glucanotransferase (CGTAs; EC 2.4.1.19), II. 4-α-glucanotransferase (4αGT; EC 2.4.1.25) ដែលជួនកាលត្រូវបានបង្ហាញជា amylo-maltase, disproportionating ឬ D-enzyme ដែរ, III. Branching enzyme (BE; EC 2.4.1.18) ដែលត្រូវបានគេស្គាលថាជា Q-enzyme (Van der Maarel and Leemhuis, 2013; Leemhuis et al., 2010; Kaper et al., 2004). នៅក្នុងតារាងទី ៤ មានបង្ហាញជាសង្ខេបអំពីការប្រើប្រាស់ផ្នែកឧស្សាហកម្មរបស់អង់ស៊ីមទាំងនេះ។

២.៤.១.១ អង់ស៊ីម Cyclodextrin glucanotransferases (CGTAs)

អង់ស៊ីមក្រុមនេះប្រតិកម្មដែលតែងតែកើតឡើងនោះគឺ ប្រតិកម្ម intra-molecular transglycosylation ដែលបង្កឱ្យមានការផលិតឡើងវិញជាមួយនឹងសំណល់នៃស្ករគ្លុយកូស ៦ ៧ និង ៨ ជាមួយនឹងចំណង ដែលត្រូវបានគេហៅថាចំណង α-1.4 ដែលត្រូវបានគេហៅថា α-, β- and γ-cyclodextrins (Vollu et al., 2008; Qi and Zimmermann, 2005)។ នៅពេលបរិមាណរបស់អ្នកទទួល glucan acceptor មានផ្ទុកនូវក្រុម 4-hydroxile group សេរី ខ្ពស់ CGTAs អាចបង្កើនប្រវ៉ាក់ glucan intermediate ឱ្យទៅកាន់ច្រវ៉ាក់ glucan ផ្សេងទៀត ហើយចូលទៅក្នុងដំណើរនៃ molecular transglycosylation ។ វិធីនេះផលិតផលដែលមានរាងជារង្វង់ នឹងត្រូវបង្កើតឡើង (Whitehurst and van Oort, 2013; Van der Maarel and Leemhuis, 2013) ។

២.៤.១.១.១ ការប្រើប្រាស់ cyclodextrin glucanotransferases (CGTAs)

អង់ស៊ីមទាំងនេះមាននៅក្នុងបាក់តេរី និងនៅក្នុងតំបន់ដែលសកម្មនៅពេលមានសីតុណ្ហភាពខ្ពស់។ វាត្រូវបានគេយកមកប្រើសម្រាប់ឧស្សាហកម្ម AGTAs (Biweret al., 2002; Leemhuis et al., 2010)។ ការប្រើប្រាស់ចម្បងរបស់អង់ស៊ីមពួកនេះ គឺនៅក្នុងផលិតកម្មនៃឧស្សាហកម្ម cyclodextrins ។ α-, β-, and γ-cyclodextrins ត្រូវបានគេរាប់បញ្ចូលជាពួក gluco oligosaccharides ដែលមានចំណង cyclic α-1,4 ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា sacchardinger ។ បង្គុំទាំងនេះមានផ្នែក hydrophobic inner part ហើយនិងផ្នែក hydrophobic outer part ដោយសារតែលំដាប់នៃសំណល់ស្ករគ្លុយកូស ។ ដូច្នេះ ពួកវាអាចចាប់ជាមួយបង្គុំ hydrophobic និងប្តូរលក្ខណៈរូប និងលក្ខណៈគីមីរបស់វា។ បង្គុំទាំងនេះ ត្រូវបានគេប្រើជា antiseptic factor (Whitehurst and van Oort, 2010) ។ នៅក្នុងឧស្សាហកម្មអាហារ α-, β-, និង γ-cyclodextrins ក៏ត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយដែរដើម្បីយកបង្គុំសារធាតុកូឡេស្តេរ៉ូល សារធាតុរក្សាក្លិននិងសារធាតុងាយប្រតិកម្មមួយចំនួន សារធាតុរលាយនៅក្នុងទឹក និងសារធាតុសម្រាប់បំបាត់រសជាតិនិងក្លិនដែលមិនចង់បាន (Astray et al., 2009; Szente and Szejtli, 2004; Reineccius et al., 2003)។

ក្រុមហ៊ុន Wacker Chemie Company បានផ្គត់ផ្គង់សារធាតុ α-cyclodextrins ដែលជាសារធាតុអាហារសរសៃដែលមិនអាចរំលាយបាន។ ផលិតផលនេះត្រូវបានគេយកមក ពីឥទ្ធិពលនៃអង់ស៊ីម cyclodex-trin glucanotransferases លើម្សៅស្ពាចដែលបានពង្រាវហើយ។ អង់ស៊ីមដែលបានលើកឡើងនេះ គឺត្រូវបានចម្រាញ់ចេញមកពី K.oxytoca ។ ផលិតផលនេះត្រូវបានគេផលិតដោយមានឈ្មោះពានិជ្ជកម្ម KAWAMAX W6 ហើយត្រូវបានគេប្រើជាអាហារសរសៃ នៅក្នុងភេសជ្ជៈ

ដែលមានបញ្ចូលឧស្ម័នការបូណាតនិងមិនមានបញ្ចូល ផលិតផលទឹកដោះ និងផលិតផលនំដុត (Whitehurst and van Oort, 2010) ។

CGTAs ក៏ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ផងដែរ សម្រាប់ការពារការឡើងរឹងនៃនំប៉័ង។ ដោយទម្រង់នៃអង់ស៊ីមនេះ មានលក្ខណៈស្រដៀងខ្លាំងទៅនឹងទម្រង់នៃអង់ស៊ីម ដែលប្រឆាំងនឹងការឡើងរឹង Novomyl ទម្រង់នេះប្តូរបន្ទាប់ពីអង់ស៊ីមប្តូរវាទៅជា CGTAs. មានរបាយការណ៍មួយចំនួនបង្ហាញថា ប្រភេទ the mutant CGATs types បង្កើនគុណភាពរបស់ផលិតកម្មនំដុតផងដែរ (Shim et al., 2007; Kelly et al., 2009) ។

២.៤.១.២ អង់ស៊ីម Amylo-maltases ឬ 4αGT

អង់ស៊ីមនេះខុសពីអង់ស៊ីម CGTAs គឺវាធ្វើអន្តរម៉ូលេគុល transglycosylation ។ ដោយសារតែហេតុ វាកាត់ផ្តាច់ចំណង α-1,4 និងបង្កើតចំណងថ្មី ។ ប្រសិនបើកំហាប់នៃ glucan acceptor មានផ្ទុកក្រុម 4-hydroxile សេរីតិចពេក អង់ស៊ីមទាំងនេះនឹងធ្វើអន្តរម៉ូលេគុល transglycosylation ហើយបង្កើតម៉ូលេគុល cyclic ដែលមានផ្ទុកសំណល់គ្លុយកូសចំនួន១៥ ជាមួយនឹងចំណង α-1,4 ដែលគេស្គាល់ថាជា Large-ring cyclodextrins LR-CD (Srisimarat et al., 2011; Kaperet al., 2004; Terada et al., 1999) ។

២.៤.១.២.១ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម Amylo-maltases ឬ 4αGT

នៅក្នុងធម្មជាតិ អង់ស៊ីមទាំងនេះចូលរួមនៅក្នុងការធ្វើមេតាបូលីសគ្លីកូសែន នៅក្នុងបាក់តេរីហើយដូចជាការបង្កើតអាមីឡូបិកទីននៅក្នុងរុក្ខជាតិ (Kaper et al., 2004) ។ ប៉ុន្តែនៅក្នុងឧស្សាហកម្ម ពួកអង់ស៊ីម amylo-maltases នៃបាក់តេរីដែលធននឹងកម្តៅ ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ដើម្បីបញ្ជូនផ្នែកនៃអាមីឡូសទៅកាន់ non-reducing end នៃអាមីឡូបិកទីន។ សារធាតុដែលទទួលបានគឺរួមមានដោយអាមីឡូបិកទីនដែលបានច្រវាក់វែង ដែលអាចផលិតសារធាតុស្អិតពណ៌សស្រអាប់ ដែលមានលទ្ធភាពក្នុងការធ្វើឱ្យឡើងកម្តៅឡើងវិញ។ ដូច្នេះ សារធាតុនេះគឺជាសារធាតុស្អិតដែលសាកសមសម្រាប់បន្លែ ហើយអាចត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ជំនួសដែលឡាទីន ដែលបានមកពីសត្វ (Euverink and Binnema, 1998) ។ ម្សៅស្តាចដែលត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងគោលបំណងនេះ មិនមានផ្ទុកអាមីឡូសទេ (Hansen et al., 2009; Hansen et al., 2008) ។ នៅក្នុងដំណើការនេះ ចំណង α-1,4 ដែលនៅចន្លោះគ្លុយកូសចំនួន២ ត្រូវបានកាត់ផ្តាច់ ហើយចំណង α-1,4 ថ្មីត្រូវបានបង្កើតឡើង (Oh

et al., 2008)។ សារធាតុថ្មីនេះស្រដៀងទៅនឹងសារធាតុពីមុន ដែលកាត់បន្ថយថាមពល percebranches ហើយមានទម្ងន់ម៉ូលេគុលមធ្យម (van der Maarel et al., 2005)។

Etenia គឺជាឈ្មោះពានិជ្ជកម្មសម្រាប់ដែលដែលអាចរលាយដោយសារកម្ដៅ ដែលត្រូវបានគេផលិតដោយ AVEBE ដែលជាក្រុមហ៊ុនរបស់អាឡឺម៉ង់។ សារធាតុនេះទទួលបានមកដោយសារ ឥទ្ធិពលនៃអង់ស៊ីម amylo-maltase ដែលបានចម្រាញ់មកពីបាក់តេរី *Thermus thermophiles* នៅលើម្សៅស្ពាចរបស់ដំឡូង។ វាមិនមានផ្ទុកអាមីឡូស និងមិនដូចម្សៅស្ពាចទេ វាផលិតដែលពីម្សៅស្ពាចដែលរលាយពេលត្រូវកម្ដៅ ដោយសារតែវាមានផ្ទុកនូវអាមីឡូបិកទីនជាមួយនឹងប្រវាក់ផ្នែកខាង ដែលមានផ្ទុកគ្លុយកូសចំនួន៣៥។ ភាពខុសគ្នារវាងដែលនេះនឹងម្សៅស្ពាចគឺពណ៌ស្រអាប់របស់វា។ បង្គុំនេះត្រូវបានគេប្រើប្រាស់សម្រាប់ធ្វើឱ្យមានសភាពជាគ្រីមនៅក្នុងផលិតផលដែលមានខ្លាញ់ទាប។ Alting et al. បានប្រើអង់ស៊ីមប្រភេទនេះសម្រាប់បង្កើនភាពជាគ្រីមនៅក្នុងយ៉ាអួរ។ អង់ស៊ីមដែលលើកឡើងមកនេះ ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់សម្រាប់កែច្នៃម្សៅស្ពាច អង់ស៊ីមនេះមិនត្រូវបានផ្ដាប់ចេញពីកោសិការផ្សេងៗទៃ ដូច្នេះហើយដំណើរការបន្ទាប់មកទៀតក្នុងការចម្រាញ់វាគឺមានការពិបាកណាស់ (Whitehurst and van Oort, 2010)។ គ្រប់ទាំងម្សៅស្ពាចដែលត្រូវបានគេបំប្លែងដោយអង់ស៊ីមនេះមានផ្ទុកនូវអាមីឡូបិកទីនដែលមានប្រវាក់វែង (Hansen et al., 2008)។

នៅពេលដែលបរិមាណនៃអាមីឡូសខ្ពស់ហើយទម្ងន់ម៉ូលេគុលខ្ពស់ ត្រូវបាន incubated ជាមួយអង់ស៊ីម amylo-maltase ដែលមានបរិមាណខ្ពស់ បង្គុំមួយចំនួនត្រូវបានគេហៅថា cycloamyloses ត្រូវបានផលិតចេញមក។ Cycloamyloses គឺជាបង្គុំរាងរង្វង់ដែលមានទំហំធំ ដែលមានផ្ទុកយ៉ាងហោចណាស់សំណល់គ្លុយកូសចំនួន ១៦។ ដោយសារតែទំហំបង្គុំទាំងនេះធំ ពួកវាបង្កើតបានរាងស្វៃរមិនដូចគ្នា២ទៅ៣ទៀត។ មូលហេតុនេះបណ្ដាញ hydrophobic ត្រូវបានបង្កើតឡើង។ បណ្ដាញនេះត្រូវបានគេប្រើប្រាស់សម្រាប់ការបម្លែងបង្គុំផ្សេងៗ ដូចជាឱសុទ្ធ និងការពារការប្រូតេអ៊ីនពីការដូរទម្រង់ (Tomonoet al., 2002; Machida et al., 2000)។

ម្សៅស្ពាចដែលធននឹងការបំបែក ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយការប្រើអង់ស៊ីម amylo-maltase ដោយមានការចូលរួមពីអង់ស៊ីមបំបែកខ្សែខ្នែង ដូចជា pullulanas ជាដើម។ ផលិតផលទាំងនេះត្រូវបានគេហៅថា Promitor RS60 និង RS75 ហើយនឹង linearmalto-oligosaccharids ដែលមានកម្រិតនៃការធ្វើប៉ូលីមែរកម្មផ្សេងគ្នា ដែលត្រូវបានបង្កើតក្នុងទម្រង់ជាគ្រីស្តាល់។ អង់ស៊ីម α-amylases ពីលំពែង និងទឹកមាត់ គ្មានឥទ្ធិពលលើគ្រីស្តាល់ទាំងនេះទេ ដូច្នេះការប្រើប្រាស់បង្គុំទាំង

នេះធៀបទៅនឹងម្សៅស្ពាចធម្មតា បង្កើនអាំងសូលីននិងបន្ថយ glycemic index នៅក្នុងឈាម (Van der Maarel and Leemhuis, 2013) ។

២.៤.១.៣ អង់ស៊ីម Q- Enzymes (Branched enzymes)

អង់ស៊ីមក្រុមនេះគឺមានលក្ខណៈខុសពីក្រុមផ្សេងដាច់ ដោយសារតែវាផ្តាច់ចំណង α-1,4 និងផ្ទាប់ α-glucan ដែលបានផលិត ទៅនឹងក្រុម 6-hydroxile នៅក្នុងប្រវាក់ត្លុយកានខ្សែត្រង់ ដែលមានចំណង α-1,4 ខ្លួនដោយខ្លួន។ ដូច្នេះហើយ ខ្នែងមួយត្រូវបានបង្កើតឡើង (van der Maarel and Leemhuis, 2013; Whitehurst and van Oort, 2010) ។ អង់ស៊ីមទាំងនេះស្ថិតនៅក្នុងគ្រួសារ GH 13 និងគ្រួសារ GH 57 ។ គ្រួសារ GH 13 ប៉ះពាល់អាមីឡូបិកទីន និងអាមីឡូស ដែលសមាជិកនៃគ្រួសារ GH 57 ប៉ះពាល់លើតែអាមីឡូសប៉ុណ្ណោះ (Palomoet al., 2009; Palomoet al., 2011) ។

២.៤.១.៣.១ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីម Q- Enzymes (Branched enzymes)

នៅក្នុងធម្មជាតិ អង់ស៊ីមទាំងនេះបានចូលរួមក្នុងការសាងសង់ខ្នែងផ្នែកចំហៀង នៅក្នុងអាមីឡូបិកទីន និងគ្លីកូសែន (Zeeman et al., 2010; Murakami et al., 2006) ។ អង់ស៊ីមគ្លីកូសែនខ្សែខ្នែង មានលក្ខណៈខុសពីអង់ស៊ីមម្សៅស្ពាចខ្សែខ្នែង លើចំនួនចំណង α-1,6 ដែលបានសំយោគ ដូច្នេះហើយគ្រប់ប្រភេទ នៃអង់ស៊ីមម្សៅស្ពាចខ្សែខ្នែង ផលិតចំណង α-1,6 បានប្រមាណពី ៣,៥ ទៅ ៥% ដែលការសាងសង់ចំណងទាំងនេះ នៅក្នុងគ្លីកូសែនមានច្រើនជាង១០% (Whitehurst and van Oort, 2010) ។

លទ្ធភាពនៃអង់ស៊ីមទាំងនេះនៅក្នុងការបំបែកចំណ α-1,4 ហើយបង្កើត α-1,6 ជំនួសវិញ ឱ្យទៅជាផលិតផលជាច្រើន ដែលខ្វះចំណង α-1,4 ដ៏វែង។ ដូច្នេះហើយវាផលិតផល dextrins ដែលមានផ្ទុកប្រវាក់ផ្នែកចំហៀងខ្លី ជាលទ្ធផលមិនធ្វើឱ្យឡើងគ្រីស្តាល់ ហើយមិនស្វរខាប់ (Spendler and Jorgensen, 1997) ។ ក្រុមហ៊ុន Novozym បានចម្រាញ់អង់ស៊ីមគ្លីកូសែនខ្សែខ្នែងពីបាក់តេរី *Rhodothermus obamensi* ដែលធននឹងកម្តៅ ដែលផលិត dextrins ខ្សែខ្នែង ។ ដោយព្រះអង់ស៊ីមនេះធននឹងកម្តៅរហូតដល់សីតុណ្ហភាព ៨០អង្សាសេ វាហាក់មានស្ថេរភាពសម្រាប់ការកែច្នៃម្សៅស្ពាច (Spendler and Jorgensen, 1997) ។ មកដល់ពេលនេះ dextrins ខ្សែខ្នែងត្រូវបានគេផលិតសម្រាប់ជាភ្នាក់ងារទប់ស្កាត់ការឡើងរឹង ដោយសារការផលិតអង់ស៊ីម មិនមែនជាលក្ខណៈឧស្សាហកម្ម (Van der Maarel and Leemhuis, 2013) ។ ភាពមានស្ថេរភាពនៃស្ពាចដែលបានមក ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ សម្រាប់ឧស្សាហកម្មក្រដាសនិងក្រណាត់ (Bisgaard-Frantzen et al., 1999) ។

Kim et al. នៅឆ្នាំ 2008 បានចម្រាញ់អង់ស៊ីមខ្សែខ្វែងនៃគ្លីកូសែន ពី *Steptococcu mutans* ដែលពន្យាការឡើងជាគ្រីស្តាល់ ដោយធ្វើការផ្លាស់ប្តូរស្តាច ទៅជាទម្រង់ខ្សែខ្វែងជាច្រើនទៀត ។

អង់ស៊ីម Q-Enzymes ក៏ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់សម្រាប់ការផលិត dextrins ខ្សែខ្វែង ដែលត្រូវបានបំបែកបន្តិចម្តងៗ។ បរិមាណខ្សែខ្វែងនៅក្នុងស្តាចកាន់តែច្រើន ធ្វើឱ្យអាមីឡូសពីលំពែងកាន់តែរឹង ហើយអាចបំបែកស្តាច ដូចនេះកម្រិតស្ករគ្លុយកូសនៅក្នុងឈាមរក្សានៅកម្រិតទាប (Whitehurst and van Oort, 2010) ។ *Deinococcus radiodorans* អាចកាត់បន្ថយអង់ស៊ីមខ្សែខ្វែងដែលផ្លាស់ប្តូរអាមីឡូបិកទីនទៅជា maltodextrin ខ្សែខ្វែងវិញ ។ អង់ស៊ីមនេះចូលរួមជាមួយអង់ស៊ីមអាមីឡាសនៃលំពែង បញ្ចេញគ្លុយកូសបន្តិចមម្តងៗ ទៅក្នុងលក្ខខណ្ឌខាងក្នុង (Palomo et al., 2009) ។ ក្រុមហ៊ុន Roquete ក៏ផលិតស្តាច ដែលមានកម្រិតរំលាយទាបដែរ ដោយប្រើអង់ស៊ីមខ្សែខ្វែង ជាមួយនឹងអង់ស៊ីម β-amylase (EC 3.2.1.2) (Dermaux et al., 2007) ។ ការប្រើអង់ស៊ីម maltogenic ជំនួសអង់ស៊ីម β-amylose បង្ហាញថាវាមានឥទ្ធិពលប្រហាក់ប្រហែលគ្នា (Le et al., 2009) ។

ផលិតផលដ៏ទៃទៀត បានមកដោយសារអង់ស៊ីមខ្សែខ្វែង ចាប់ជាមួយ cyclodextrins (CCD) ។ បង្គុំទាំងនេះត្រូវបានគេប្រើប្រាស់នៅក្នុងភេសជ្ជៈប៉ូវកម្លាំង។ សារជាតុនេះបង្កើនលទ្ធភាពនៃការនៅពោះទទេរ ហើយអាចប៉ះពាល់ខ្លាំងដល់ការថែរក្សាសុខភាព។ ក្រុមហ៊ុន Ezaki Glico បានចម្រាញ់អង់ស៊ីមខ្សែខ្វែងពីបាក់តេរី Aquifexaeolicus thermophile ហើយប្រើវាសម្រាប់បម្លែងស្តាចពោតទៅជាបង្គុំ cyclodextrins ។ បច្ចុប្បន្ននេះអង់ស៊ីមនេះត្រូវបានគេផលិតដោយក្រុមហ៊ុន Nagase (Whitehurst and van Oort, 2010) ។

៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

នៅក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ អង់ស៊ីមដែលប្រើសម្រាប់ការកែច្នៃស្តាច ដែលត្រូវបានគេប្រើស្រាប់ជំនួស និងបម្លែងស្តាច និងនៅក្នុងផលិតកម្មនៃសារជាតុផ្សេងៗទៀតត្រូវបានសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ មួយចំនួននៃអង់ស៊ីមទាំងនេះ ដូចអាល់ហ្វាអាមីឡាស និងគ្លុយកូអាមីឡាស ត្រូវបានគេបានប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយជាលក្ខណៈខ្នាតធំ ប៉ុន្តែអង់ស៊ីមផ្សេងទៀតត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងលក្ខណៈតូចជាងនេះ។ ការកែច្នៃសារជាតុធ្វើឱ្យផ្អែម គឺប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមទាំងនេះជាទូទៅ។ សារជាតុផ្សេងទៀតដែលបានផលិតដោយអង់ស៊ីមទាំងនេះ មានតួនាទីផ្សេងៗ ហើយការប្រើប្រាស់របស់វានិងមានឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំងទៅលើសុខភាពរបស់អ្នកប្រើប្រាស់។ ទោះជាមានការស្រាវជ្រាវយ៉ាងទូលំទូលាយ ហើយផលិតកម្មនៃសារជាតុទាំងនេះ អង់ស៊ីមដែលប្រើសម្រាប់ការកែច្នៃស្តាច ត្រូវបានគេស្គាល់តែខ្លះៗប៉ុណ្ណោះ។ ដូច្នេះការសិក្សាជាច្រើននៅក្នុងវិស័យនៃការទទួលស្គាល់និងការប្រើប្រាស់នៃអង់ស៊ីមទាំង

នេះសម្រាប់ផលិតផលថ្មី គឺត្រូវបានបន្ត ដូច្នេះផលិតកម្មនៃស្ករចដែលបានបន្សុទ្ធនិងប្រើប្រាស់នឹងត្រូវបានគេឃើញមាននៅពេលអនាគត់។

បណ្ណាល័យសាស្ត្រ

Alting, A.C., van de Velde, F., Kanning, M.W., Burgering, M., Mulleners, L., Sein, A. (2009). Improved creaminess of low-fat yoghurt: The impact of amylomaltase-treated starch domains. Food Hydrocolloids, 23, 980–987.

Astray, G., Gonzalez-Barreiro, C., Mejuto, J.C., Rial-Otero, R., Simal-Gandara, J. (2009). A review on theuse of cyclodextrins in foods. Food Hydrocolloids, 23, 1631–1640.

Ben Messaoud, E., Ben Ammar, Y., Mellouli, L., Bejar, S. (2002). Thermostable pullulanase type I from new isolated Bacillus Thermoleovorans US105: cloning, sequencing and expression of the gene in E. coli. Enzyme and Microbial Technology, 31, 827–832.

Bertoldo, C., Antranikian, G. (2002). Starch-hydrolyzing enzymes from thermophilic archaea and bacteria. Current Opinion in Chemical Biology, 6, 151–160.

Bisgaard-Frantzen, H., Svendsen, A., Norman, B., Pedersen, S., Kjaerulff, S., Outtrup, H., Borchert, T.V. (1999). Development of Industrially Important α-Amylases. Journal of Applied Glycoscience, 46, 199-206.

Biwer, A., Antranikian, G., Heinzle, E. (2002). Enzymatic production of cyclodextrins. Applied Microbiology and Biotechnology, 59, 609–617.

Cardosoa, M.B., Putaux, J.L., Samios, D., Silveira, N.P. (2007). Influence of alkali concentration on the deproteinization and/or gelatinization of rice starch. Carbohydrate Polymers, 70, 160–165.

Crabb, W. D., Shetty, J.K. (1999). Commodity scale production of sugars from starches. Current Opinion in Microbiology, 2, 252-256.

Daiuto, E., Ceredaa, M., Sarmento, S., Vilpoux, O. (2005). Effects of Extraction Methods on Yam (Dioscoreaalata) Starch Characteristics. Starch, 57, 153-160.

Dermaux, L., Peptitjean, C., Wills, D. (2007). Soluble, highly branched glucose polymers for enteral and parenteral nutrition and for peritoneal dialysis. World Intellectual Property Office (WIPO) patent, WO/2007/099212.

Dokic, L., Dapcevic, T., Krstonosic, V., Dokic, P., HadnaCev, M. (2010). Rheological characterization of corn starch isolated by alkali method. Food Hydrocolloids, 24, 172–177.

Duffner, F., Bertoldo, C., Andersen, J. T., Wagner, K., Antranikian, G. (2000). A new thermoactive pullulanase from *Desulfurococcus mucosus:* cloning sequenching purification, and characterization of the recombinant enzyme after expression in Bacillus subtilis. Journal of Bacteriology, 182, 6331–6338.

Euverink, G.J.W., Binnema, D.J. (1998). Use of modified starch as an agent for forming a thermoreversible gel. U.S. Patent Application.

Fogarty, W.M., Kelly, C.T. (1990). Recent advances in microbial amylases. Microbial Enzymes and Biotechnology, pp. 71–132, Elsevier Applied Science Publishers, London, UK, 1990.

Guzman-Maldonado, H., Paredes-Lopez, O. (1995). Amylolytic enzymes and products derived from starch: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35(5), 373–403.

Han, X.Z., Hamaker, B.R. (2002). Partial leaching of granules associated proteins from rice starch during alkaline extraction and subsequent gelatinization. Starch-Starke, 54, 454–460.

Hansen, M.R., Blennow, A., Pedersen, S., Nørgaard, L., Engelsen, S.B. (2008). Gel texture and chain structure of amylomaltase-modified starches compared to gelatin. Food Hydrocolloids, 22, 1551–1566.

Hansen, M.R., Blennow, A., Pedersen, S., Engelsen, S.B. (2009). Enzyme modification of starch with amylomaltase result in increasing gel melting point. Carbohydrate Polymers, 78, 72-79.

Haki, G.D., Rakshit, S.K. (2003). Developments in industrially important thermostable enzymes: a review. Bioresource Technology, 89, 17–34.

Hii, S.L., Tan, J.S., Ling, T.C., Ariff, A.B. (2012). Pullulanase: Role in Starch Hydrolysis and Potential Industrial Applications. Enzyme Research, 2012, 921362.

Kahar, U.M., Chan, K. G., Salleh, M.M., Hii,S.M., Goh, K.M. (2013). A high molecular-mass anoxybacillus sp. SK3-4 Amylopullulanase: characterization and its relationship in carbohydrate utilization. International Journal of Molecular Sciences, 14, 11302-11318.

Kammoun, R., Naili, B., Bejar, S. (2008). of a statistical design to the optimization of parameters and culture medium for alphaamylase production by Aspergillus oryzae CBS 819.72 grown on gruel (wheat grinding by-product). Bioresourc Technology, 99, 5602-5609.

Kaper, T., van der Maarel, M. J. E. C., Euverink, G. J., Dijkhuizen, L. (2004). Exploring and exploiting starch-modifying amylomaltases from thermophiles. Biochemical Society Transactions, 32, 279–282.

Kelly, R.M., Dijkhuizen, L., Leemhuis, H. (2009). The evolution of cyclodextrin glucanotransferase product specificity. Applied Microbiology and Biotechnology, 84, 119–133.

Kim, E.J., Ryu, S.I., Bae, H.A., Huong, N.T., Lee, S.B. (2008). Biochemical characterization of a glycogen branching enzyme from Streptococcus mutans: enzymatic modification of starch. Food Chemistry, 110, 979-984.

Kunamneni, A., Singh, S. (2006). Improved high thermal stability of pullulanase from a newly isolated thermophilic Bacillus sp. AN-7. Enzyme and Microbial Technology, 39, 1399–1404.

Kuroiwa, T., Shoda, H., Ichikawa, S., Sato, S., Mukataka, S. (2005). Immobilization and stabilization of pullulanase from Klebsiella pneumonia by a multipoint attachment method using activated agar gel supports. Process Biochemistry, 40, 2637–2642.

Lai, L.N., Karim, A.A., Norziah, M.H., Seow, C.C. (2004). Effects of Na2CO3 and NaOH on pasting properties of selected native cereal starches. Food Chemistry and Toxicology, 69, 249-256.

Latorre-Garcia, L., Adam, A.C., Manzanares, P., Polaina, J. (2005). Improving the amylolytic activity of Saccharomyces cerevisiae glucoamylase by the addition of a starch binding domain. Journal of Biotechnology, 118, 167–176.

Le, Q.T., Lee, C.K., Kim, Y.W., Lee, S.J., Zhang, R., Withers, S.G., Kim, Y.R., Auh, J.H., Park, K.H. (2009). Amylolytically-resistant tapioca starch modified by combined treatment of branching enzyme and maltogenic amylase. Carbohydrate Polymers, 75, 9–14.

Lee, H.C., Htoon, A.K., Paterson, J.L., (2007). Alkaline extraction of starch from Australian lentil cultivars Matilda and Digger optimized for starch yield and starch and protein quality. Food Chemistry, 102, 551-559.

Leemhuis, H., Kelly, R.M., Dijkhuizen, L. (2010). Engineering of cyclodextrin glucanotransferases and the impact for biotechnological applications. Applied Microbiology and Biotechnology, 85, 823–835.

Li, X and Yu. H. Y. (2011). Extracellular production of beta-amylase by a halophilic isolate, Halobacillus sp. LY9. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 38, 1837–1843.

Machida, S., Ogawa, S., Xiaohua, S., Takaha, T., Fujii, K., Hayashi, K. (2000). Cycloamylose as an efficient artificial chaperone for protein refolding. FEBS Letters, 486, 131–135.

Mikami, B., Iwamoto, H., Malle, D., Yoon, H. J., De mirkan-Sarikaya, E., Mezaki, Y., Katsuya, Y. (2006). Crystal structure of pullulanase evidence for parallel binding of oligosaccharides in the active Site. Journal of Molecular Biology, 359, 690–707.

Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C.G., Park, K.H., Shim, J.Y., Kim, Y.R. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4GTase-modified rice starch and xanthan gum. International Journal of Biological Macromolecules, 44, 400–407.

Murakami, T., Kanai, T., Takata, H., Kuriki, T., Imanaka, T. (2006). A novel branching enzyme of the GH-57 family in the hyperthermophilic archaeon Thermococcus kodakaraensis KOD1. Journal of Bacteriology, 188, 5915–5924.

Nakamura, Y. (1996). Some properties of starch debranching enzymes and their possible role in amylopectin biosynthesis. Plant Science, 121, 1–18.

Niehaus, F., Bertoldo, C., Kahler, M., Antranikian, G. (1999). Extremophiles as a source of novel enzymes for industrial application. Applied Microbiology and Biotechnology, 51, 711–729.

Oh, E. J., Choi, S.J., Lee, S.J., Kim, C.H., Moon, T.W. (2008). Modification of granular corn starch with 4-α-glucanotransferase from Thermotogamaritima: effects on structural and physical properties. Journal of Food Science, 73, 158-166.

Palomo, M., Kralj, S., van der Maarel, M.J.E.C., Dijkhuizen, L. (2009). The unique branching patterns of Deinococcus glycogen branching enzymes are determined by their N-terminal domains. Applied and Environment Microbiology, 75, 1355–1362.

Palomo, M., Pijning, T., Booiman, T., Dobruchowska, J.M., van der Vlist, J., Kralj, S., Planas, A., Loos, K., Kamerling, J.P., Dijkstra, B.W., van der Maarel, M.J.E.C., Dijkhuizen, L., Hans Leemhuis. (2011). Thermus thermophilus glycoside hydrolase family 57 branching enzyme: Crystal structure, mechanism of action, and products formed. Journal of Biological Chemistry, 286, 3520-3530.

Poliakoff, M., Licence, P. (2007). Sustainable technology: green Chemistry. Nature, 450, 810–812.

Puchongkavarin, H., Varavinit, S., Bergthaller, W. (2005). Comparative study of pilot scale rice starch production by an alkaline and an enzymatic process. Starch,57, 134-144.

Qi, Q., Zimmerman, W. (2005). Cyclodextringlucanotransferase: from gene to applications. Application of Microbiology and Biotechnology, 66, 475-485.

Reineccius, T.A., Reineccius, G.A., Peppard, T.L. 2003). Flavor release from cyclodextrin complexes: comparison of alpha, beta, and gamma types. Food Chemistry and Toxicology, 68, 1234-1239.

Roy, A., Messaoud, E. B., Bejar, S. (2003). Isolation and purification of an acidic pullulanase type II from newly isolated Bacillus sp.US149. Enzyme and Microbial Technology, 33, 720–724.

Shim, J.H., Seo, N.S., Roh, S.A., Kim, J.W., Cha, H., Park, K.H. (2007). Improved bread-baking process using Saccharomyces cerevisiae displayed with engineered cyclodextrin glucanotransferase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 4735–4740.

Shinohara, M.L., Ihara, M., Abo, M., Hashida, M., Takagi, S., Beck, T. C. (2001). A novel thermostable branching enzyme from an extremely thermophilic bacterial species, Rhodothermuso bamensis. Applied Microbiology and Biotechnology, 57, 653–659.

Souza, P.M., Magalhaes, P.O. (2010). Application of microbial α-amylase in industry- A review. Brazilian Journal of Microbiology, 41, 850-861.

Spendler, T., Jorgensen, O. (1997). Use of a branching enzyme in baking. WO97/41736.

Srichuwong, S., Sunarti, T.C., Mishima, T., Isono, N., Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. Carbohydrate Polymers, 60, 529–538.

Srisimarat, W., Powviriyakul, A., Kaulpiboon, J., Krusong, K., Zimmermann, W., Pongsawasdi, P. (2011). A novel amylomaltase from Corynebacterium glutamicumand analysis of the large-ring cyclodextrin products. Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry, 70, 369–375.

Stam, M.R., Danchin, E.G.J., Rancurel, C., Coutinho, P. M., Henrissat, B. (2006). Dividing the large glycoside hydrolase family 13 into subfamilies: Towards improved functional annotations of α-amylase-related proteins. Protein Engineering, Design and Selection: PEDS. 19, 12, 555–562.

Syahariza, Z.A., Li, E., Hasjim, J. (2010). Extraction and dissolution of starch from rice and sorghum grains for accurate structural analysis. Carbohydrate Polymers, 82, 14-20.

Szente, L., Szejtli, J. (2004). Cyclodextrins as food ingredients. Journal of Food Science and Technology, 15, 137–142.

Tatsumi, H., Katano, H. (2005). Kinetics of the surface hydrolysis of raw starch by glucoamylase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 8123-8127.

Terada, Y., Fujii, K., Takaha, T., Okada, S. (1999). Thermusaquaticus ATCC 33923 amylomaltase gene cloning and expression and enzyme characterization:

Production of cycloamylose. Applied and Environment Microbiology, 65, 910–915.

Tian, S., Kyle, W. S. A., Small, D. M. (1999). Pilot scale isolation of proteins from field peas (Pisumsativum L.) for use as food ingredients. International Journal of Food Science and Technology, 34(1), 33–39.

Tomono, K., Mugishima, A., Suzuki, T., Goto, H., Ueda, H., Nagai, T. (2002). Interaction between cycloamylose and various drugs. Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry, 44, 267–270.

Tucker, G. A., Woods, L.F.J. Enzymes in Food Processing. 2nd edition. UK. Springer Science. 1995. P 328.

Uhlig, H. Industrial Enzymes and Their Applications, WileyInterscience, New York, NY, USA, 1998.

van der Maarel, M. J. E. C., Van der Veen, B., Uitdehaag, J. C. M., Leemhuis, H., Dijkhuizen, L. (2002). Properties and applications of starch-converting enzymes of the α-amylase family. Journal of Biotechnology, 94, 137–155.

van der Maarel, M. J. E. C., Capron, I., Euverink, G. J. W., Bos, H. Th., Kaper, T., Binnema, D. J. (2005). A novel thermoreversible gelling product made by enzymatic modification of starch. Starch, 57, 465-472.

van der Maarel, M. J. E. C., Leemhuis, H. (2013). Starch modification with microbial alpha-glucanotransferase enzymes. Carbohydrate Polymers, 93, 116-121.

Vocadlo, D. J., Davies, G. J. (2008). Mechanistic insights into glycosidase chemistry. Current Opinion in Chemical Biology, 12, 539–555.

Vollu, R. E., da Mota, F. F., Gomes, E. A., Seldin, L. (2008). Cyclodextrin production Seldin, L. (2008). Cyclodextrin production of cyclodextrin glucanotranferace of Paenibacillusgraminis.Biotechnology Letters, 30, 929–935.

Yamada, R., Bito, Y., Adachi, T., Tanaka, T., Ogino, C., Fukudab, H., Kondo, T. (2009). Efficient production of ethanol from raw starch by a mated diploid Saccharomyces cerevisiae with integrated α-amylase and glucoamylase genes. Enzyme and Microbial Technology, 44, 344-349.

Yoo, S.H., Jane, J. (2002). Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. Carbohydrate Polymers, 49, 297-305.

Zareian, S., Khajeh, K., Ranjbar, B., Dabirmanesh, B., Ghollasi, M., Mollania, N. (2010). Purification and characterization of a novel amylopullulanase that converts pullulan to glucose, maltose and maltotriose and starch to glucose and maltose. Enzyme and Microbial Technology, 46, 57–63.

Zeeman, S. C., Kossmann, J., Smith, A. M. (2010). Starch: Its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. Annual Review of Plant Biology, 61, 209-234.

Zobel, H. F. (1992). Starch: Sources, Production and Properties.Starch Hydrolysis Products, 23-44.

Zona, R., Chang-Pi-Hin, F., O′Donohue, M. J., Janecek, S. (2004). Bioinformatics of the glycoside hydrolase family 57 and identification of catalytic residues in amylopullulanase from Thermococcus hydrothermalis. European Journal of Biochemistry, 271, 2863–2872.

Whitehurst, R.J., van Oort, M. Enzymes in Food Technology. Second edition. USA. Wiley-Blackweel. 2010. P, 388.

ជំពូកទី ៣
ឥទ្ធិពលនៃវិធីសាស្ត្របឋមលើខេនេទិកនៃអង់ស៊ីម នៃការបំបែកម្សៅដំឡូងមី ដែលមិនស្អិតដោយមានទឹកចូលរួម

Tien Cuong Nguyen *, Son Chu-ky, Hong Nga Luong and Hai Van Nguyen
វិទ្យាស្ថានជីវបច្ចេកវិជ្ជា និងបច្ចេកវិជ្ជាអាហារ សាកលវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រនិងបច្ចេកវិជ្ជាហាណូយ
Hanoi 100000, Vietnam; son.chuky@hust.edu.vn (S.C.-K.);
nga.luonghong@hust.edu.vn (H.N.L.); van.nguyenhai@hust.edu.vn (H.V.N.)
*អ្នកឆ្លើយតប៖ cuong.nguyentien1@hust.edu.vn; Tel.: +84-989-443-105; Fax: +84-243-868-2470

បានទទួលនៅថ្ងៃទី១៦ ខែមិថុនា ឆ្នាំ ២០២០
បានទទួលស្គាល់នៅថ្ងៃទី ០៦ ខែកក្កដា ឆ្នាំ២០២០

សង្ខេបអត្ថបទ

ផលិតកម្មស្ករគ្លុយកូសសម្រាប់ ការសន្សំថាមពល ផលិតពីប្រភពដែលមានម្សៅ ត្រូវបានគេអភិវឌ្ឍន៍ ដោយការជំនួសសីតុណ្ហភាពខ្ពស់ ហ្វាសរាវដោយសីតុណ្ហភាពទាប ហ្វាសរឹង។ ដូច្នេះការបំបែកអង់ស៊ីម ដោយមានទឹកចូលរួមក្រោមសីតុណ្ហភាព នៃការឡើងខាប់អន្ទិលនៅទំនាញខ្ពស់ខ្លាំង (≥300 g.L−1) នៃសមាសជាតុម្សៅស្ងាច បង្ហាញថាជាបច្ចេកវិជ្ជារបកគំហើញថ្មី។ ការសិក្សានេះផ្តោតលើការបំបែកខេនេទិកនៃម្សៅដំឡូងមី ដោយមានទឹកចូលរួម ដោយប្រើវិធីសាស្ត្របឋមខុសៗគ្នា។ ម្សៅដំឡូងមី (ស្ងួតកិនរួច) ត្រូវបានរៀបចំនៅក្នុងសូលុយស្យុងបាហ្វ័រ (pH ៤.២) ដោយប្រើម្សៅដែលមានកំហាប់ពី ១០-៣០% (w/w)។ ម៉ាសត្រូវបានប្រើវិធីសាស្ត្របឋម៣ផ្សេងៗគ្នា រយៈពេល ៣០នាទី ដោយប្រើកម្តៅ (៣០ ៤០ ៥០◦C) ប្រើអង់ស៊ីម (Viscozyme L 0.1% w/w) និងប្រើមីក្រូវ៉េវនៅ(៣×២០ s at ៨០០ W)។ ផ្នែកដែលផ្ទេរចេញត្រូវបានបំបែកដោយប្រើ Stargen 002 (0.2%w/w) នៅ ៣០◦C រយៈពេល ៤៨h។ ការបឺតយកអង់ស៊ីមខេនេទិក ត្រូវបានបង្ហាញដោយរូបមន្ត Langmuir isotherm ។ ការប្រើវិធីសាស្ត្របឋម នៅសីតុណ្ហភាព ៥០◦C រួមជាមួយអង់ស៊ីម ផ្តល់នូវលទ្ធផលដែលមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ ដោយទិន្នផលនៃការបំបែកដោយមានទឹកចូលរួមពី ៧៦–៧៩% បន្ទាប់ពី ៤៨ h។ ទិន្នផលនៃការបំបែកដោយមានទឹកចូលរួមធ្លាក់ចុះមកត្រឹម ៦៧% (ដោយប្រើមីក្រូវ៉េវ) ៦៦% (នៅ៤៥◦C) និង ៥៩% (នៅ៣០◦C)។ ខ្សែត្រង់ដែលជាប់ទាក់ទងរវាងការស្រូបអង់ស៊ីមនិងគ្លុយកូស ត្រូវបានធ្វើបង្ហាញ។ ខេនេទិកនៃផលិតកម្មគ្លុយកូស ត្រូវបានដាក់ចូលដោយសមី

ការជាក់ស្តែង (ស្រដៀងគ្នាជាមួយគំរូ Michaelis-Menten) ហើយត្រូវបានឱ្យទសទាយពីទិន្នផលដ៏ខ្ពស់នៃការបំបែកដោយមានទឹកចូលរួម។

ពាក្យគន្លឹះ៖ ម្សៅដំឡូងមី ការស្រូបនៃអង់ស៊ីម ការបំបែកគ្រាប់ម្សៅដោយមានទឹកចូលរួម ប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋម

១. សេចក្តីផ្តើម

នៅក្នុងកិច្ចខិតខំប្រឹងប្រែងដើម្បីទប់ទល់នូវការផ្លាស់ប្តូរអាកាសធាតុ ថាមពលជំនួយឯករាជ្យ និងប្រតិកម្មទៅនឹងការបំបាត់ការផ្គត់ផ្គង់ឥន្ធនៈហ្វូស៊ីល មានការស្រាវជ្រាវឡើងវិញ អំពីប្រភពថាមពលដែលកកើតឡើងវិញ។ បច្ចុប្បន្ននេះជីវៈអេតាណុលក្លាយជាជម្រើសដ៏ពេញនិយម និងសំខាន់បំផុតមួយដើម្បីជំនួសជនជានឥន្ធនៈហ្វូស៊ីល។ ជាធម្មតាវាត្រូវបានផលិតដោយការបម្លែងអតិសុខុមប្រាណ (ការបង្កាត់ដោយមេផ្សិត) នៃជីវម៉ាសរុក្ខជាតិ (ម្សៅនិង/ឬវត្ថុធាតុដើមសែលុយឡូស) [១] ។ វាជាការសំខាន់ដែលត្រូវកត់សំគាល់ថាជីវឥន្ធនៈជំនាន់ទី ១ (ផលិតជាចម្បងពីដំណាំអាហារដូចជាធញ្ញជាតិបីចេងស្ករមើមនិងគ្រាប់ពូជប្រេង) នៅតែផលិតបានច្រើនបំផុតនៅលើពិភពលោកជាពិសេសនៅតំបន់ត្រូពិក (ឧទាហរណ៍ប្រេស៊ីលអាស៊ីអាគ្នេយ៍) [១] ។

បច្ចេកវិជ្ជាផលិតស្រាដែលប្រើម្សៅបែបបុរាណ បង្ហាញពីតម្រូវការថាមពលខ្ពស់ពីប្រភពហ្វូស៊ីលសម្រាប់ជំហានពីរដាច់ដោយឡែកពីគ្នាគឺការពង្រាវ (៩៥-១០៥◦C) និងការបម្លែងឱ្យទៅជាស្ករ (៦០-៦៥◦C) ។ នៅក្នុងបច្ចេកវិទ្យាអេតាណុលពីពោតមានតែ ៥-២៦% នៃថាមពលដែលមានគឺអាចកើតឡើងវិញបានខណៈដែលផ្សេងទៀតត្រូវបានមក ពីឧស្ម័នធម្មជាតិនិងធ្យូងថ្មជាចម្បង។ ការចំណាយដោយសារ តម្រូវការថាមពលខ្ពស់ នៃការផលិតស្រាដែលធ្វើពីម្សៅ អាចត្រូវបានកាត់បន្ថយប្រសិនជាការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃម្សៅ ត្រូវបានអនុវត្តឡើងនៅសីតុណ្ហភាព ក្រោមការធ្វើឱ្យឡើងខាប់ឧទាហរណ៍នៅ ៥៤◦C សម្រាប់ស្រូវសាលី ៦០◦C សម្រាប់ដំឡូង ឬ ៦៥◦C សម្រាប់ពោត [៣] ។ ដោយសារតែភាព មិនរលាយនៃម្សៅដើមនៅក្នុងទឹក នៅសីតុណ្ហភាពឡើងខាប់មធ្យម អង់ហ្ស៊ីមត្រូវតែបំបែកគ្រាប់ក្នុងដំណាក់កាលរឹង។ ក្រៅពីឥទ្ធិពលនៃដើមកំណើតរុក្ខសាស្ត្រនៃម្សៅ [៤] មានកត្តាជាច្រើនជះឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំង ដល់ការជ្រាបទឹកនៃម្សៅដើម ដូចជាទំហំភាគល្អិត ភាពគ្រីស្តាល់ម៉ាស ដែនកំណត់នៃការផ្ទេរ ។ល។ ដូច្នេះការបំបែកម្សៅដែលមិនចំអិន បង្ហាញពីអត្រាអ៊ីដ្រូលីសទាបជាងអ្វីដែលបានសង្កេតឃើញចំពោះម្សៅបានធ្វើឱ្យឡើងខាប់។ ការសិក្សាជាច្រើនបានព្យាយាមបង្កើនទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីស ដោយបន្ថែមប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្តៅ។ Li et al. [៥] បានសិក្សាពីប្រសិទ្ធភាពនៃការទទួលយកកម្តៅ នៅក្រោមសីតុណ្ហភាពនៃការធ្វើឱ្យឡើងខាប់សម្រាប់ការបំបែកពោតនិង Triticale (ពូជ

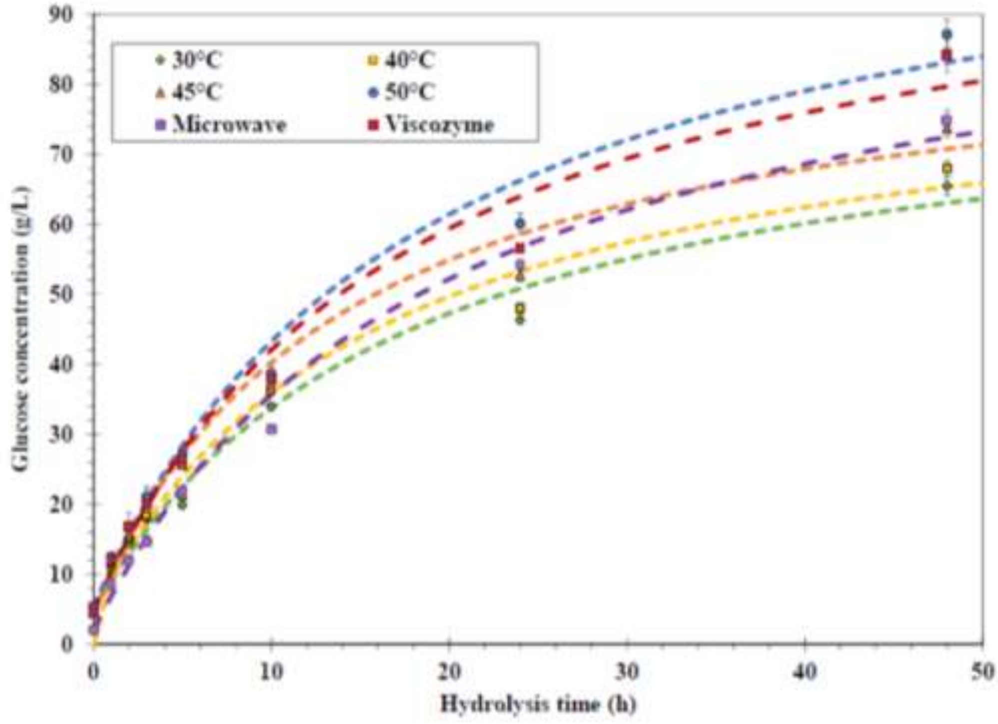
បង្កាត់រវាងស្រូវសាឡីនិងrye)។ ការសិក្សាទាំងនោះបានបង្ហាញថាប្រើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្តៅបឋមរយៈពេល ៣០ នាទីនៅ ៥១-៦០◦C អាចបង្កើនប្រសិទ្ធភាពអ៊ីដ្រូលីសរហូតដល់ ៨០% ក្នុងរយៈពេលប្រតិកម្មខ្លីជាង (៤៨ ម៉ោង) ។ Shariffa et al. [6] បានរាយការណ៍ថាជំហាននៃការប្រើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្តៅបឋមនៃដំឡូងមី និងម្សៅដំឡូងផ្អែមនៅ ៦០ អង្សាសេរយៈពេល ៣០ នាទីបណ្តាលឱ្យមានការកើនឡើងដល់ ១៤% ក្នុងកំរិតអ៊ីដ្រូលីសបន្ទាប់ពី ២៤ ម៉ោងបើប្រៀបធៀបជាមួយដំណើរការដែលមិនមានបានធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្តៅ។ ម្យ៉ាងទៀតការបំបែកម្សៅគ្រាប់ធញ្ញជាតិ ត្រូវបានគេប្រើនៅក្នុងការផលិតអេតាណុល ដោយដំណើរការបន្សាបជាតិស្ករក្នុងពេលដំណាលគ្នា និងការធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវទិន្នផលអេតាណុលមួយចំនួន។ Balcerek and Pielech-Przybylska [៧] ផ្តោតលើប្រសិទ្ធភាពនៃប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្តៅលើអាហារពី triticale ដោយប្រើអង់ស៊ីម α-amylase និងការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមប្រូតេអាស លើដំណើរការនៃការបំប្លែងម្សៅផៅនិងការបន្ទុំ។ ប្រសិទ្ធភាពកាន់តែល្អប្រសើរជាងមុននៃការបន្ទុំ ត្រូវបានទទួលដោយគ្មានការប្រើកម្តៅ ប៉ុន្តែមានប្រើអង់ស៊ីម proteolytic បន្ថែម។ Montalbo-Lomboy et al. [៨] បានសិក្សាពីប្រសិទ្ធភាពនៃការប្រើថាមពលសម្លេង លើល្បាយរបស់អាហារពោតមុនពេលបម្លែងដោយផ្ទាល់ទៅជាអេតាណុល។ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះបានបង្ហាញថា ការប្រើថាមពលសម្លេងលើវត្ថុជាតុដើមបានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវទិន្នផលអេតាណុល ២០ ភាគរយបើប្រៀបធៀបទៅនឹងគំរូត្រួតពិនិត្យ។ លើសពីនេះទិន្នផលអេតាណុល នៅក្នុងសំណាកដែលបានប្រព្រឹទ្ធកម្ម ដោយថាមពលសម្លេង មានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលគ្នានឹងគ្រាប់ពោតចម្អិន។ ដើម្បីបង្កើតវិធីសាស្ត្រជាក់ស្តែង ក្នុងការធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីស និងការប្រើប្រាស់ថាមពលនៅក្នុងដំណើរការម្សៅអាមីឡូលីស ទាមទារឱ្យមានការយល់ដឹងអំពីលក្ខណៈពិសេសនៃរចនាសម្ព័ន្ធម្សៅគ្រាប់ពូជដើម និងកត្តាដែលជះឥទ្ធិពលដល់ខេនេទិកអាមីណូឡាយសីស។ ការស្រាវជ្រាវត្រូវបានធ្វើឡើងលើអាមីឡូឡាយសីសនៃម្សៅដោយប្រើ α-amylase និង γ-amylase បន្ទាប់ពីការព្យាបាលមុនផ្សេងៗនិងការបន្ថែមសារធាតុធម្មជាតិឬសំយោគ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយការបោះពុម្ពតិចតួចបានពន្យល់ពីផលប៉ះពាល់ទាំងនេះពីទស្សនៈខេនេទិកអង់ស៊ីម ហើយការធ្វើវិភាគនៃការស្រូបយករបស់អង់ស៊ីមនៅពេលមានសមាសធាតុស្ងួតខ្ពស់ នៅតែមានតិចតួចនៅឡើយ។

គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវនេះគឺដើម្បី (i) អង្កេតពីផលប៉ះពាល់ នៃវិធីសាស្ត្រប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមផ្សេងៗ លើអាមីឡូឡាយសីស នៃគ្រាប់ម្សៅពីម្សៅដំឡូងមី។ (ii) ពន្យល់ពីផលប៉ះពាល់ទាំងនេះដោយសិក្សាពីខេនេទិក នៃការស្រូបយកអង់ស៊ីម ទៅលើគ្រាប់ម្សៅ។ និង (iii) ធ្វើគំរូខេនេទិកនៃការផលិតគ្លុយកូស ដើម្បីទស្សទាយពីទិន្នផលអតិបរិមា ដែលអាចទទួលបានសម្រាប់លក្ខខណ្ឌអ៊ីដ្រូលីសផ្សេងៗគ្នា។

២. លទ្ធផលនិងពិភាក្សា

២.១ ផលប៉ះពាល់នៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមលើទិន្នផលពីអ៊ីដ្រូលីស

វិធីសាស្ត្រប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមចំនួនបីគឺនៅ [កំដៅ (៣០ ៤០ ៥០◦C) អង់ស៊ីម (Viscozyme L 0.១% w/w) និងមីក្រូវ៉េវ (៣×២០s នៅ ៨០០ វ៉ាត់)] ត្រូវបានអនុវត្តចំពោះការពន្យាម្សៅជំឡូងក្នុងរយៈពេល ៣០នាទី មុនអ៊ីដ្រូលីស (លើកលែងតែមីក្រូវ៉េវដែលបានធ្វើលើម្សៅដោយផ្ទាល់) ទិន្នផល អ៊ីដ្រូលីស ត្រូវបានគណនាដោយផ្អែកលើ បរិមាណគ្លុយកូស ដែលផលិតបាន។ ការវិវត្តនៃជាតិគ្លុយកូសដែលជាមុខងារនៃពេលវេលា នៃការបំបែកដោយទឹក ត្រូវបានបង្ហាញក្នុងរូបភាពទី ១ សម្រាប់ ១០% w/w នៃកំហាប់ម្សៅដំបូង (ឧទាហរណ៍អង្គធាតុស្ងួត ១៤,៣%) ។ កំហាប់គ្លុយកូសកើនឡើងក្នុងកំឡុងពេលនៃពេលធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ដែលជាលទ្ធផលនៃបំបែកនៃអង់ស៊ីមអាមីឡាស។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ ៥០◦C ផ្តល់គ្លុយកូសដែលមានកំហាប់ខ្ពស់បំផុត បន្ទាប់ពីធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយ រយៈពេល ៤៨ ម៉ោង (៨៧g.L−1) ចំណែកកំហាប់គ្លុយកូសទាបបំផុត ទទួលបានដោយការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ ៣០◦C (៦៦g.L−1) ។ ទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសត្រូវបានថយចុះជាបន្តបន្ទាប់ពី ធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយនៅ ៥០◦C ឬ Viscozyme L មីក្រូវ៉េវ ឬ ៤៥◦C 40◦C ឬ 30◦C បន្តបន្ទាប់គ្នា (តារាងទី ១)។ ជាក់ស្តែងការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មលើម្សៅដោយវិធីសាស្ត្រផ្សេងៗគ្នា មុនពេលអង់ស៊ីមត្រូវបានបំបែក ធ្វើឱ្យកម្រិតជាតិអ៊ីដ្រូលីសនៃម្សៅកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំង។ ការធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវការបន្សុទ្ធម្សៅនៅដំណាក់កាលដំបូង (ក្នុងកំឡុងពេល ៥ម៉ោងដំបូង) នៃប្រតិកម្មអង់ស៊ីមមិនមានលក្ខណៈខុសគ្នាខ្លាំងទេ បើធៀបទៅនឹងដំណាក់កាលក្រោយៗមកទៀត។ អ្វីដែលបានសង្កេតឃើញនេះមិនស្របនឹងលទ្ធផលដែលបង្ហាញដោយ Li et al. [១១] ដែលបានសិក្សាពីផលប៉ះពាល់នៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកំដៅលើការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសលើម្សៅពោត។ អ្នកស្រាវជ្រាវទាំងអស់នោះបានរាយការណ៍ថា ឥទ្ធិពលនៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមមានសារៈសំខាន់ខ្លាំងសម្រាប់ដំណាក់កាលដំបូង (ក្នុងរយៈពេល ៤ ម៉ោងដំបូង) ជាងនៅដំណាក់កាលក្រោយ (លើសពី ២០ ម៉ោង) ។ ការរក្សាម្សៅនៅ ៥០◦C រយៈពេល ៣០ នាទី អាចបណ្តាលឱ្យរីកគ្រាប់ម្សៅដែលមិនអាចបម្លែងបាន (ភាគច្រើននៅតំបន់អាម៉ូសហ្វូស) និងផ្តល់នូវការលទ្ធភាពដល់អង់ស៊ីមក្នុងការចូលបំបែកគ្រាប់ម្សៅ។



រូបភាពទី ១. ការវិវត្តនៃជាតិគ្លុយកូសដែលផលិតបានជាមុខងារនៃពេលវេលានៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស (និមិត្តសញ្ញាទាំងនោះជាទិន្នន័យនៃការពិសោធន៍ ចំនុចចុចតូចៗនៅលើខ្សែបន្ទាត់ដែលទទួលបានមកដោយការវិភាគ regression ដែលបានដាក់ចូលទៅក្នុងរូបមន្តទី (៣) ១០% w/w នៃម្សៅស្ងួត ឬ. ១៤,៣%នៃម្សៅស្ងួត)។

ផ្អែកលើការសិក្សាជាច្រើនដែលបានធ្វើកន្លងមក ការធ្វើប្រព្រឹត្តកម្មដោយកម្ដៅក៏មានការចូលរួមក្នុងការជ្រាបចូលនៃអង់ស៊ីមទៅក្នុងគ្រាប់ម្សៅ ដោយបង្កើនទំហំនៃរន្ធតូចៗ និងព្រីកចន្លោះខាងក្នុងដែលធម្មតាមានវត្តមាននៅក្នុងគ្រាប់ទាំងនោះ [៦]។

តារាងទី ១ ទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសបន្ទាប់ពីការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសរយៈពេល ៤៨ម៉ោង

Pretreatment Method		30 °C	40 °C	45 °C	50 °C	Microwave	Viscozyme L
Yield (%)	10% starch	59.3 ± 1.2 [a]	61.6 ± 1.0 [a]	65.7 ± 1.0 [b]	79.0 ± 1.9 [c]	67.4 ± 1.3 [b]	76.1 ± 2.3 [c]
	20% starch	58.6 ± 0.9	-	-	78.6 ± 3.6	-	-
	30% starch	47.8 ± 2.3	-	-	57.3 ± 1.3	-	-

តម្លៃទាំងអស់ដែលមានដាក់អក្សរ (a, b, c) មានតម្លៃខុសគ្នាជាលក្ខណៈវិទ្យាសាស្ត្រនៅ ($p < 0.05$) យោងលើ Duncan test ។

នៅក្នុងការសិក្សានេះ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយអង់ស៊ីមបានបង្ហាញពីឥទ្ធិពលដ៏មានសារៈសំខាន់លើទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស (៧៦,១%) បើប្រៀបធៀបទៅនឹងការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅសីតុណ្ហភាពខ្ពស់ (៧៩,0%) ។ អង់ស៊ីម Viscozyme L (មានផ្ទុកនូវ β-glucanase ជាចម្បង) បានធ្វើការបំបែកតំណភ្ជាប់ β– 1, 3 (4)—glucosides linkage ដែលបានមានវត្តមាននៅក្នុងជញ្ជាំងកោសិកា vegetal cell។ សកម្មភាពនេះបានកាត់បន្ថយនៃការពន្យារ viscosity និងបាននាំយកម្សៅចេញពីតំណភ្ជាប់ផ្សេងៗទៀតរបស់ពួកវា ដែលជំរុញការស្រូបយកអង់ស៊ីម និងបង្កើនល្បឿនប្រតិកម្ម ដូច្នេះបង្កើនទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស [១២, ១៣]។

វាជាការសំខាន់ ដែលត្រូវកត់សំគាល់ថា ការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសលើគ្រាប់ម្សៅ គឺជាប្រតិកម្មកាតាលីករ heterogeneous ដូច្នេះរន្ធតូចៗដែលមាននៅលើផ្ទៃម្សៅ អាចក្លាយជាទីកន្លែងនៃការបំបែកដោយអង់ស៊ីម [១៤,១៥]។ សារៈសំខាន់នៃការកើនឡើងនៃទិន្នផលដែលបំលែងនៃម្សៅដែលបានធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្តៅ ក៏អាចប៉ះពាល់ដល់កន្លែងដែលខ្សោយផងដែរ (ដូចជាគ្រាប់ដែលត្រូវបានគេកាត់ឬខូច) ដែលធ្វើឱ្យអង់ស៊ីមបំបែកម្សៅកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាព [៦] ។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្តៅ បានបង្ហាញថាវាជាវិធីសាស្ត្រមួយដើម្បីបង្កើនទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីសលើគ្រាប់ម្សៅធញ្ញជាតិឱ្យកាន់មានប្រសិទ្ធភាពថែមទៀត បើយោងតាមការសិក្សាកន្លងមក [៥] ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយក្នុងករណីសិក្សារបស់យើង ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមជាមួយអង់ស៊ី carbohydrases (ដូចជាអង់ស៊ីម β-glucanase និង cellulase) បានផ្តល់នូវអត្ថប្រយោជន៍ដ៏មានសក្តានុពលសម្រាប់សារមាសធាតុផ្សេងទៀតដែលមានលក្ខណៈសាំញ៉ាំ។ វាផ្ទុយពីការសិក្សាផ្សេងទៀត ដែប្រើម្សៅជាសមាសធាតុ ហើយម្សៅដំឡូងមីត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវនេះ។ វត្ថុធាតុទាំងនេះមិនត្រឹមតែមានម្សៅប៉ុណ្ណោះទេ ប៉ុន្តែថែមទាំងមានសមាសធាតុផ្សេងទៀត (គិតជាម៉ាសស្ងួត)៖ ម្សៅ ៧៨,៩ ± ៣,២ កាត់ស្កររ៉េដុក ២,៩ ± 0,១ សែលុយឡូស ៥,៤ ± 0,២ ប្រូតេអ៊ីន ២,0 ± 0,១ និងផេះ ១,៥ ± 0,0) ជាពិសេស lignocellulose ដែលព័ទ្ធជុំវិញគ្រាប់ម្សៅនៅខាងក្នុង ហើយបង្កើតជារបាំងធម្មជាតិប្រឆាំងនឹងការបំបែកដោយអង់ស៊ីម [១៦] ។ ការប្រើប្រាស់អង់ស៊ីមជំនួយ អាចកាត់បន្ថយនូវភាពខុសគ្នា ដែនកំណត់នៃបណ្តូរដោយអង់ស៊ីម ទៅនឹងសមាសធាតុខាងក្នុនោះ ហើយបង្កើនទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីស [១២,១៣] ។ វិធីសាស្ត្រនេះបាននាំឱ្យមានវិធីសាស្ត្រថ្មីមួយដើម្បីអភិវឌ្ឍន៍ ដំណើការនៃការបំបែកម្សៅដែលមិនទាន់ឆ្អិន ដោយជ្រើសរើសយកអង់ស៊ីមចម្រុះដែលសមស្រប (ដូចជាអង់ស៊ីមអាមីឡាស និងសកម្មភាពជំនួយផ្សេងទៀត) សម្រាប់ជីវម៉ាសដែលមានលក្ខណៈសាំញ៉ាំនីមួយៗ។

ផលប៉ះពាល់នៃកំហាប់របស់សមាសធាតុលើទិន្នផលដែលបានធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ក៏ត្រូវបានធ្វើការសិក្សាផងដែរ ដោយមានធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្តៅ។ កំហាប់កម្រាប់របស់សមាសធាតុ បានជះឥទ្ធិពលលើទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស។ ការថយចុះទិន្នផលពី ១០-២០% ត្រូវបានគេសង្កេតឃើញមានឡើងនៅពេលបរិមាណម្សៅកើនឡើងដល់ ២០% ។ នៅពេលកំហាប់នៃសមាសធាតុកើនឡើង អន្តរកម្មនៃអ៊ីដ្រូឌីណាមិករវាងភាគល្អិតតូចៗទៅជាមានសារៈសំខាន់។ ចំពោះម្សៅជំឡូងមី ចន្លោះរវាងភាគល្អិតទាំងនោះត្រូវបានកំណត់នៅពេលដែលកំហាប់ម្សៅកើនឡើង ដោយសារសមត្ថភាពស្រូបយកទឹកខ្ពស់។ ចំពោះសាមាសធាតុដែលបានផ្ទេរទុកមួយអន្លើ ដែលមានកំហាប់ខ្ពស់ ដែលមានជាប់ជាមួយភាគល្អិតច្រើនជាច្រើនទៀត viscosity នៃសមាសធាតុទាំងនេះកើនឡើងយ៉ាងរហ័សជាមួយនឹងប្រភាគចំណុះ ϕ ។ នៅពេល ϕ ឈានដល់តម្លៃសំខាន់មួយ (ϕG≈ ០,៥៨ សម្រាប់ភាគល្អិត momodisperse រាងស្វ៊ែរ) ភាគល្អិតនីមួយៗត្រូវបានបង្ខាំងនៅក្នុងបណ្តុំ ដែលបង្កើតឡើងដោយសមាសធាតុផ្សេងទៀតដែលនៅជិតបំផុត។ ចំពោះប្រភាគចំណុះលើសពីតម្លៃនេះ មានតែរំញ័រនៃភាគល្អិតនៅខាងក្នុងបណ្តុំនោះប៉ុណ្ណោះ ដែលអាចធ្វើទៅបាន ហើយលទ្ធភាពនេះនឹងរលាយបាត់ទាំងស្រុងនៅពេល ϕ ឈានដល់តម្លៃមួយដែលផ្តុំចូលគ្នាយ៉ាងច្រើន (ϕRCP = ០,៦៣៧ សម្រាប់ monodisperse រាងស្វ៊ែរ) [១៧] ។ លទ្ធផលដែលទទួលបានក៏បានបង្ហាញថាការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្តៅ អាចត្រូវបានផ្តុំជាមួយវិធីសាស្ត្រមួយផ្សេងទៀត ដូចជាការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយអង់ស៊ីម ដើម្បីបង្កើនទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីសនៅលក្ខខណ្ឌទំនាញខ្ពស់។

២.២ ខេនេទិកនៃការស្រូបរបស់អង់ស៊ីម

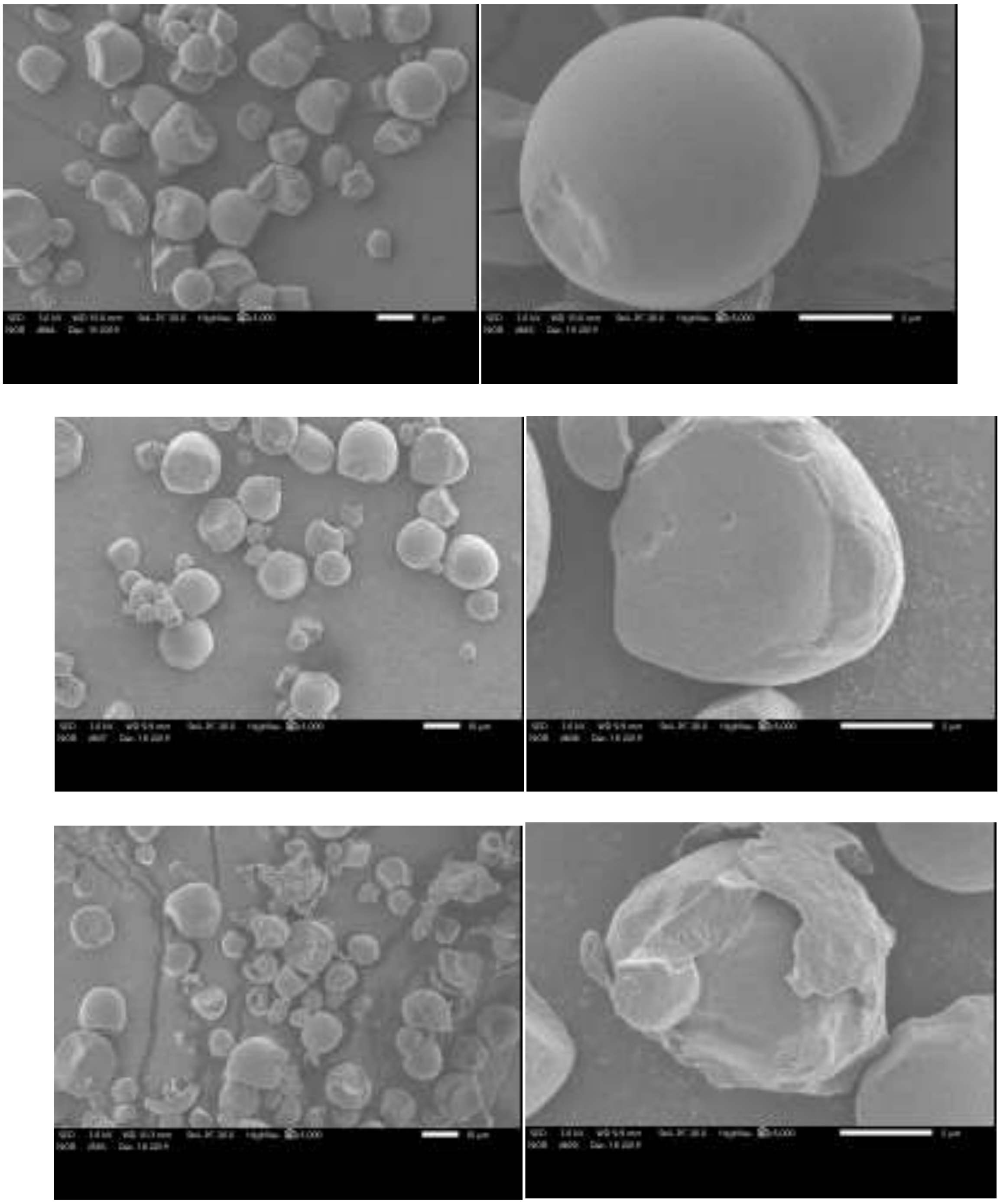
សកម្មភាពអង់ស៊ីមលើសមាសធាតុដែលមិនអាចរលាយបាន ដូចជាគ្រាប់ម្សៅ កើតឡើងក្នុងដំណាក់កាលជាច្រើន ដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការបំបែកផ្ទៃរឹង ការស្រូបយកនិងការបំបែកដោយអង់ស៊ីមនៅចុងក្រោយបំផុត [១,៤] ។ ឥទ្ធិពលអ៊ីដ្រូលីសរបស់អង់ស៊ីម ត្រូវបានគេសង្កេតឃើញនៅក្នុងរចនាសម្ព័ន្ធតូចៗនៃម្សៅ (រូបភាពទី ២) ។ ម្សៅធម្មជាតិ (នៅម៉ោងទី០) បានបង្ហាញពីផ្ទៃរលោងហើយគ្មានប្រហោងអាចមើលឃើញទេ។ ក្នុងអំឡុងពេលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ពពួកអង់ស៊ីមអាមីឡាសបានបម្លែងគួរឱ្យកត់សំគាល់លើផ្ទៃម្សៅ។ រន្ធផ្សេងៗគ្នា (ដែលមានទំហំខុសៗគ្នា) ត្រូវបានផលិតដំបូងនៅលើផ្ទៃ ហើយពីរន្ធទាំងនេះ តំបន់ដែលបានរងប្រតិកម្មបានរាលដាលពាសពេញផ្ទៃទាំងនេះ។ ម្សៅជំឡូងមីត្រូវបានគេធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ពីស្រទាប់ខាងក្រៅទៅស្រទាប់ខាងក្នុង រហូតដល់គ្រាប់ត្រូវបានបំបែកទាំងស្រុង។ ការសង្កេតនេះគឺស្របនឹងការសិក្សាមុនៗមក [៤] ការស្រូបយកអង់ស៊ីមទៅផ្ទៃនៃសមាសធាតុ ត្រូវបានកំណត់បានតែនៅដំណាក់កាលដំបូងនៃប្រតិកម្មទេ ប៉ុន្តែមិនមែននៅកម្រិតអ៊ីដ្រូលីសខ្ពស់នោះទេ នៅ

ពេលដែលគំនរកំប៉ុស្តម្សៅទាំងនោះមានលក្ខណៈច្បាស់លាស់ ហើយការបែងចែកអង់ស៊ីមទៅក្នុងរន្ធតូចៗ និងបណ្តាញផ្សេងៗទៀតអាចទៅជាមានកម្រិត។

ដើម្បីពន្យល់ពីផលប៉ះពាល់នៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមផ្សេងៗគ្នា លើការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយអង់ស៊ីមឱ្យកាន់តែលំអិត ខេនេទិកថេរនៃការស្រូបយកអង់ស៊ីម ត្រូវបានកំណត់ដោយការបញ្ចូលទិន្នន័យ (សម្រាប់តែការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្ដៅនៅ ៣០, ៤០ និង ៥០◦C) ទៅនឹងគំរូនៃស្រូបយក Langmuir មួយ។ ការដាក់បញ្ចូលដែលល្អត្រូវបានទទួលមក ហើយតម្លៃសម្រាប់កំហាប់អង់ស៊ីមដែលបានស្រូបដ៏ខ្ពស់មួយ E_{max} និងស្ថេរភាពនៃការស្រូប K_{ad} ត្រូវបានគេដាក់ចូលក្នុងតារាងទី ២។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្ដៅ (៥០◦C) បង្កើនការស្រូបយកនៃអង់ស៊ីមអាមីឡាស៥ដង លើម្សៅដែលមិនបានធ្វប្រព្រឹទ្ធកម្ម (នៅ៣០◦C) ។ ការបង្កើនសីតុណ្ហាភាពលើការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្ម បានពាក់ព័ន្ធនឹងការកើនឡើងយ៉ាងសំខាន់នៃភាពស្និតរមួតរវាងអង់ស៊ីមនិងសមាសធាតុ ដោយកាត់បន្ថយ K_{ad} (ពី ៨៦ ទៅ ៥០ $mL.g^{-1}$ ទៅ ០,០៤១៩ $mg.g^{-1}$ ដែលត្រូវនឹង ៣០◦C និង ៥០◦C) ជាមួយនឹងតម្លៃ E_{max} ខ្ពស់ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មនៅ៥០◦C បានក្លាយជាវិធីសាស្ត្រមាមួយ ដែលមានប្រសិទ្ធភាពបំផុតដើម្បីពន្លឿនសកម្មភាពអ៊ីដ្រូលីស និងបង្កើនការផលិតគ្លុយកូស។ ចំពោះការបំប្លែងគ្រាប់ម្សៅ អង់ស៊ីមអាមីឡីសត្រូវបានគេដឹងថាមានសកម្មភាពកាតាលីករ នៅពេលបានស្រូបយកនៅលើគ្រាប់ម្សៅ របកគំហើញនេះអាចមានសារៈសំខាន់ សម្រាប់ការទស្សទាយពីប្រសិទ្ធភាពនៃសកម្មភាពអង់ស៊ីអាមីឡាសលើវត្ថុជាតុម្សៅដែលបានធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋម។

តារាងទី ២. ប៉ារ៉ាម៉ែត្រសម្រាប់ការស្រូបនៃអង់ស៊ីមលើម្សៅដំឡូងមីដែលបានដក់ដូលទៅដើម្បីធ្វើជាគម្រូ Langmuir

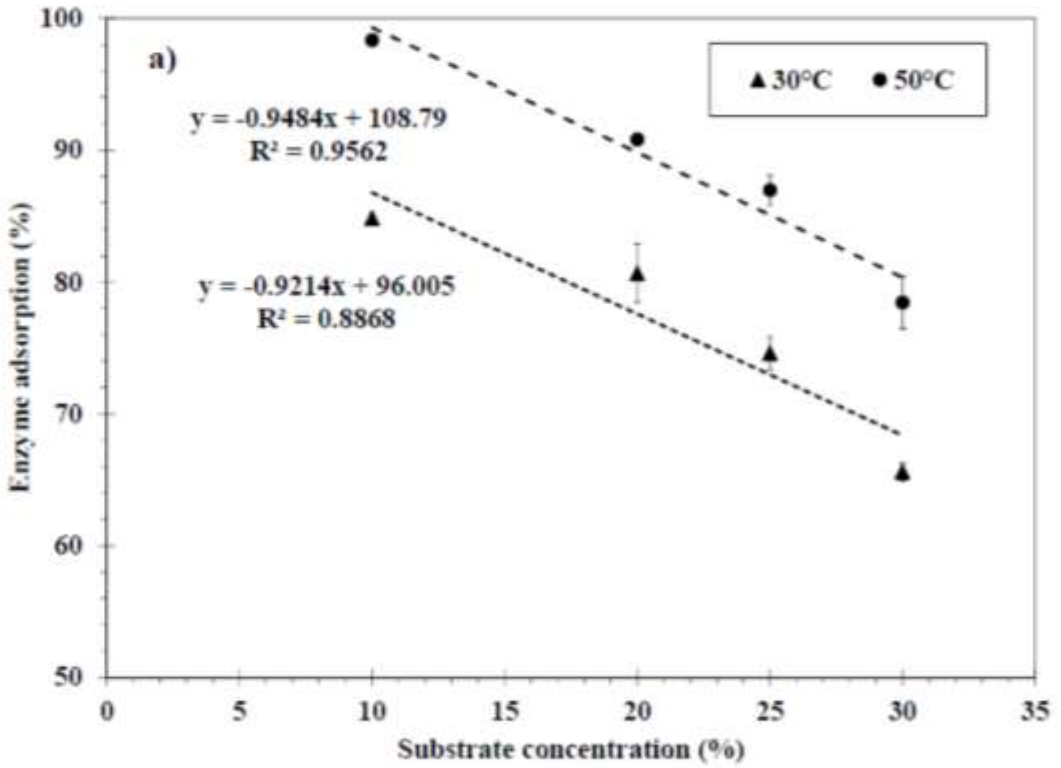
Pretreatment Method	E_{max} (g enzyme/kg starch)	K_{ad} (mL/g)	r^2 (/)
30 °C	0.0085 ± 0.0004	85.49 ± 13.55	0.9889
40 °C	0.0098 ± 0.0024	82.55 ± 23.12	0.9044
50 °C	0.0419 ± 0.0014	50.04 ± 11.29	0.9691

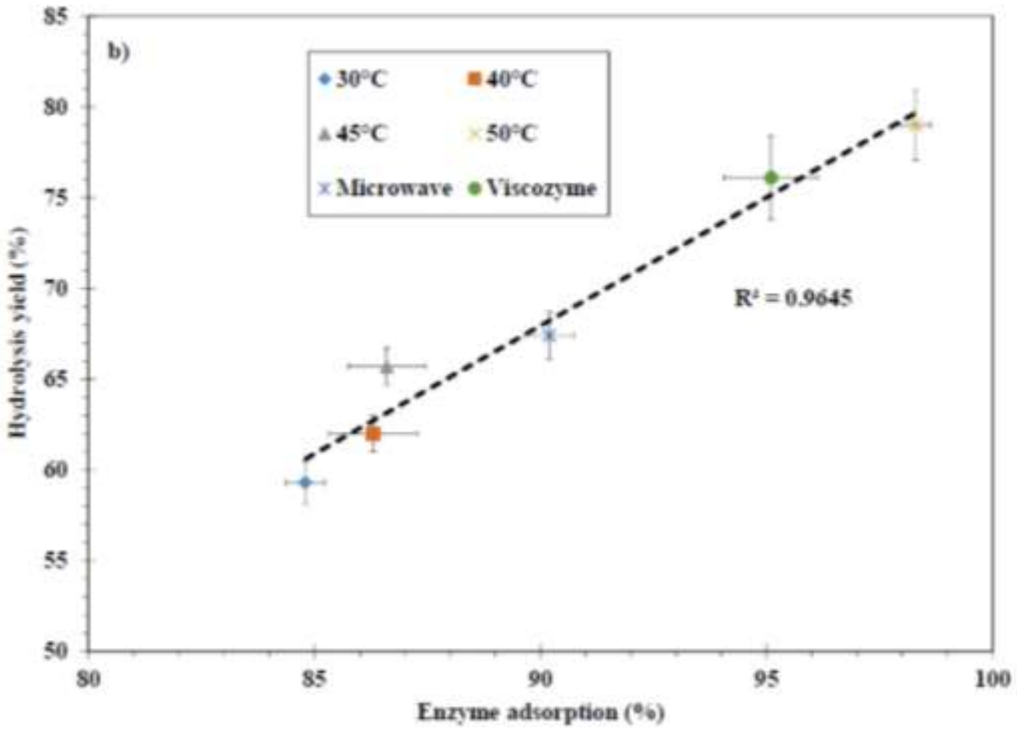


រូបភាពទី ២. ការស្កេនដោយ electron micrograph នៃម្សៅដំឡូងមី ក្នុងពេលធ្វើអ៊ីដ្រូលីស (ធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ ៥០◦C អ៊ីដ្រូលីសនៅ ៣០◦C ប្រើកែវពង្រីក ១០០០x (ឆ្វេង) និង ៥០០០ x (ស្តាំ))។

កំហាប់នៃសមាសធាតុ ផ្ទុយពីបរិមាណដែលអង់ស៊ីមត្រូវស្រូបយក។ សម្រាប់បរិមាណម្សៅខ្ពស់ បរិមាណអង់ស៊ីមនៅជាន់ក្រោមត្រូវបានទទួល (រូបភាពទី ៣a)។ វាអាចពន្យល់បានដោយការបង្កើនការធ្វើប្រតិកម្មនៃគ្រាប់តូចៗ (ម្សៅដំឡូង) និងបង្កើនកំហាប់នៃល្បាយនៅកន្លែងដែលសម្រាប់បង្វាប់ ដែលកំណត់ការផ្ទេរម៉ាសនិងកម្តៅ ក៏ដូចជាការបំបែកដោយកាតាលីករនៅក្នុងល្បាយ។ បន្ទាប់

មក ការស្រូបនៃអង់ស៊ីមលើគ្រាប់ម្សៅត្រូវបានថយចុះ។ សម្រាប់ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មនៅ ៣០◦C ការស្រូបរបស់អង់ស៊ីមត្រូវបានធ្លាក់ចុះពី ៨៤,៨% ទៅ ៦៥,៦% នៅពេលដែលកំហាប់នៃសមាសធាតុល្បាយត្រូវបានកើនឡើងពី ១០% ទៅ ៣០% w/w រៀងៗគ្នា។ ដូចគ្នានេះដែរ គេក៏បានធ្វើសម្រាប់សំណាកដែលបានធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មនៅ ៥០◦C។ ការធ្លាក់ចុះចំនួន ២០%នៃស្រូបរបស់អង់ស៊ីម ឆ្លើយតបទៅនឹងការកើនឡើងចំនួន ២០%នៃម្សៅដែលមាន។ ផលប៉ះពាល់នៃកំហាប់របស់សមាសធាតុល្បាយបានបង្ហាញថាដូចគ្នានៅលក្ខខណ្ឌប្រព្រឹទ្ធបឋមណាមួយ (ខ្សែបន្ទាត់ទាំងអស់នៅក្នុងរូបភាពទី ៣a មានលក្ខណៈប្រហែលគ្នា)។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ការប្រើសីតុណ្ហភាពខ្ពស់ក្នុងការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋម អាចកាត់បន្ថយផលប៉ះពាល់នេះបាន សម្រាប់តម្លៃជាក់លាក់នៃការស្រូបរបស់អង់ស៊ីម។



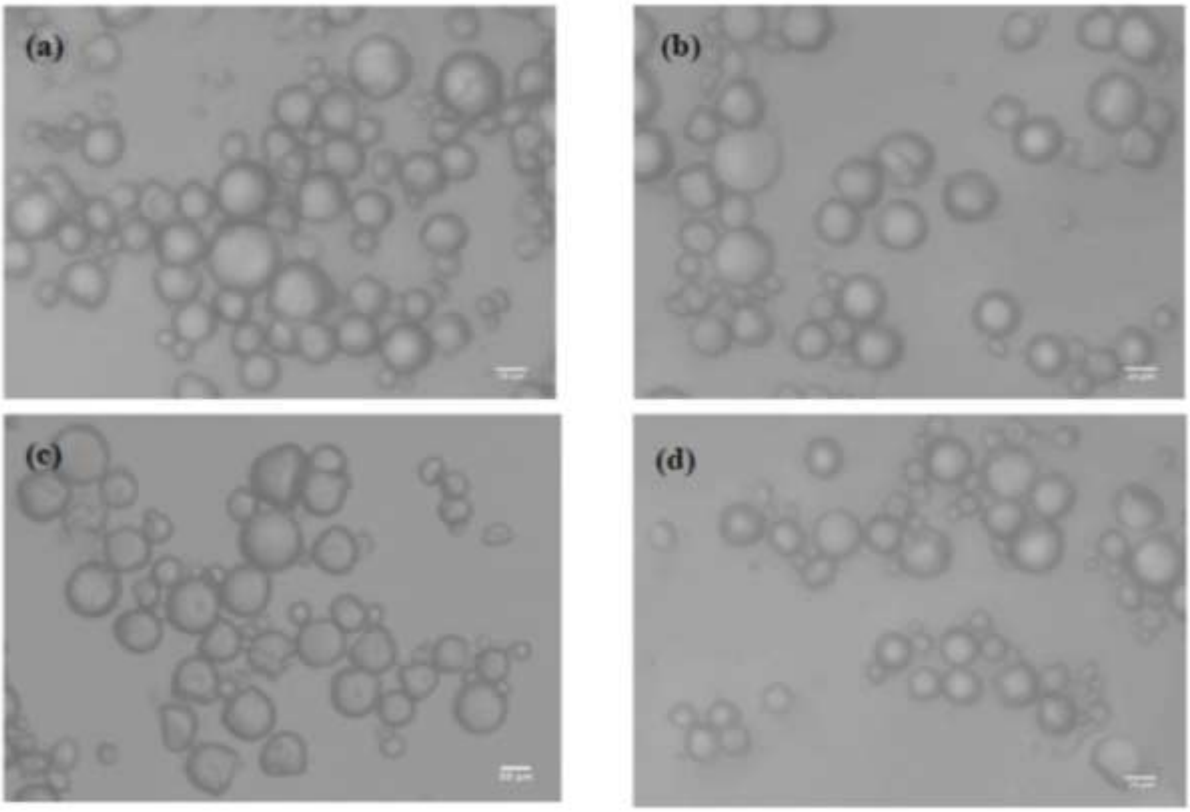


រូបភាពទី ៣. (a) ផលប៉ះពាល់នៃកំហាប់សមាសជាតុល្បាយ លើការស្រូបរបស់អង់ស៊ីម (b) ទំនាក់ទំនងរវាងការស្រូបរបស់អង់ស៊ីម និងទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស (ម្សៅ ១០%)

តាមរយៈការសង្កេតដោយមីក្រូស្កុបគ្រាប់ម្សៅដំឡូងមីភាគច្រើន លេចចេញរាងមូលនិងរាងត្រីកោណ (a) ដែលមិនមានរាងមូល (រាងជារង្វង់ដែលមានផ្ទៃរាបស្មើនៅលើមុខតែមួយ) (b) មានទំហំខុសៗគ្នា។ ក្នុងការប្រៀបធៀបវិធីសាស្ត្រប្រព្រឹត្តកម្មបឋមផ្សេងៗ ទំហំនិងរូបរាងរបស់ភាគល្អិតមិនមានភាពខុសគ្នាខ្លាំងទេ (រូបភាព ៤) ។ អង្កត់ផ្ចិតមធ្យម (μm) នៃគ្រាប់ម្សៅគឺ ១៥,៣ ± ៦,៨; ១៥,៤ ± ៦,៧; ១៦,៤ ± ៧,២ និង ១៦,៦ ± ៧,៣ នៅ30◦C មីក្រូវេវ ធ្វើប្រព្រឹត្តកម្មបឋមដោយអង់ស៊ីម Viscozyme L និងនៅ ៥0◦C រៀងៗគ្នា។ ដូច្នេះទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសទាក់ទងទៅនឹងការស្រូបយកអង់ស៊ីមគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍ ខ្សែបន្ទាត់ទំនាក់ទំនងលីនេអ៊ែរត្រូវបានគេសង្កេត (រូបភាព ៣ b) ។ ការធ្វើប្រព្រឹត្តកម្មបឋមនៅ ៥0◦C យៈពេល ៣0 នាទីនាំឱ្យមានការស្រូបយកខ្ពស់បំផុតឈានដល់ជិត ១00% ហើយផ្តល់ទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសពី ៧៩%នៅ៤៨h។ នៅសីតុណ្ហភាពទាបជាងសីតុណ្ហភាពនៃការធ្វើឱ្យឡើងស្អិត ម្សៅមិនរលាយនៅក្នុងទឹកទេ ដូច្នេះអង់ស៊ីមត្រូវធ្វើការនៅក្នុងដំណាក់កាលរឹង [១] ។ ការសិក្សាមួយចំនួនកន្លងមក បង្ហាញថាដំបូងអង់ស៊ីមត្រូវបានស្រូបចូលទៅលើផ្ទៃរបស់គ្រាប់ម្សៅ បន្ទាប់មកចាប់ផ្តើមបំបែកម្សៅទៅជាមស្ករសាមញ្ញផ្សេងៗ។

អត្រានៃការស្រូបចូលសម្រាប់តំបន់ amorphous regions ខ្ពស់ជាងនៅក្នុងតំបន់ crystalline regions [១៨] ដូច្នេះវិធីសាស្ត្រប្រព្រឹត្តកម្មបឋម អាចពង្រីកតំបន់ amorphous regions

នៃគ្រាប់ម្សៅ បង្កើនការស្រូបចូលនៃអង់ស៊ីម ក៏ធ្វើឱ្យបង្កើនទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាព។ ទំនាក់ទំនងរវាងការស្រូបយកនៃអង់ស៊ីមនិងទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ត្រូវបានគេសន្និដ្ឋានសម្រាប់តំបន់ដែលមានកំហាប់ខ្ពស់ និងតំបន់ដែលមានទំនាញខ្ពស់។ ទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីសដូចត្រូវបានគេទទួលបាន ដោយប្រើការស្រូបនៃអង់ស៊ីមដូចគ្នា (មិនរាប់បញ្ចូលវិធីសាស្ត្រនៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋម និងកំហាប់នៃសមាសធាតុល្បាយ) ។ ឧទាហរណ៍ ការស្រូបនៃអង់ស៊ីមនៅអត្រានៅ ២០-៣០◦C ស្មើគ្នាទៅនឹង ៣០%-៥០◦C ហើយទិន្នផលនៃការពិសោធន៍ទាំង២ស្រដៀងគ្នា (៥៧-៥៨%) (រូបភាពទី ៣a តារាងទី១)។ លទ្ធផលនេះក៏បង្ហាញថាការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដោយកម្ដៅក្រោមសីតុណ្ហភាពនៃការធ្វើឱ្យឡើងស្អិត មានឥទ្ធិពលល្អលើប្រសិទ្ធភាពនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃគ្រាប់ម្សៅ។ ការកម្ដៅជាមុន ធ្វើឱ្យផ្ទៃនៃគ្រាប់ម្សៅមានរន្ធកាន់តែធំ បង្ករភាពងាយស្រួលក្នុងការស្រូបយកអង់ស៊ីមដែលជាកត្តាសំខាន់ក្នុងការកំណត់រកល្បឿន និងទិន្នផលនៃប្រតិកម្មកាតាលីករ heterogeneous ។



រូបភាពទី ៤.ការសង្កេតគ្រាប់ម្សៅដំឡូងមីបន្ទាប់ពីការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ (a) ៣០◦C (b) ៥០◦C (c) ដោយប្រើអង់ស៊ីម Viscozyme L និងប្រើមីក្រូវ៉េវ។

២.៣. គម្រូនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសខេននេទិក

គម្រូដែលបានប្រើនៅក្នុងការសិក្សានេះ មានទម្រង់ដូចគ្នាទៅនឹងរូបមន្តរបស់ Michaelis និង Menten។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ នៅករណីនេះ ទំនាក់ទំនងរវាងពេលវេលានៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស និងកំហាប់នៃផលិតផល (គ្លុយកូស) ត្រូវបានគេទទួលបាន។ ដែលនៅក្នុងរូបមន្ត Michaelis និង Menten ទំនាក់ទំនងរបស់វាត្រូវបានគេធ្វើគម្រូរវាងអត្រានៃប្រតិកម្ម និងកំហាប់ដំបូងនៃសមាសធាតុល្បាយ (នៅលក្ខខណ្ឌសមាសធាតុល្បាយឆ្អែត)។ រូបភាពទី១ និងតារាងទី៣ បង្ហាញថាភាពពេញចិត្តនៃរូបមន្តទី (៥) ត្រូវគ្នាទៅនឹងទិន្នន័យនៃការសិក្សា។ រូបភាពទី១ បង្ហាញថាគម្រូដែលបានដាក់មកហាក់ដូចជាពន្យល់បានក្បោះក្បាយលើផលិតកម្មគ្លុយកូសធៀបនឹងពេលវេលា និងការកំណត់រក coefficient r^2 ខិតទៅជិត១ (តារាងទី៣)។ គម្រូនេះសាកសមនៅក្នុងការពណ៌នាលើផ្នែកនៃខ្សែកោងនៃខ្សែកោងនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃម្សៅ។ ក្រៅពីនេះ វាមានសារៈសំខាន់សម្រាប់ជាគម្រូលើការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃម្សៅដោយអង់ស៊ីមចម្រុះ (α- and γ-amylase) ដែលមានន័យលើសពីផលិតផលតែមួយ គឺត្រូវបានបញ្ចេញក្នុងពេលធ្វើអ៊ីដ្រូលីស [១៩,២០]។

តារាងទី៣. សង្ខេបលទ្ធផលដែលទទួលបានដោយប្រើរូបមន្ត (៥) ដើម្បីទទួលបានខ្សែកោងនៃការពិសោធន៍ សម្រាប់អ៊ីដ្រូលីសម្សៅដំឡូងមី។

Pretreatment Method	Initial Starch Concentration	A (g.L^{-1})	B (min)	r^2 (/)
30 °C	10%	79.4	17.3	0.9514
	20%	180.0	18.9	0.9930
	30%	238.1	13.5	0.9891
40 °C	10%	80.6	15.8	0.9544
45 °C	10%	85.5	13.9	0.9619
50 °C	10%	107.5	18.4	0.9537
	20%	212.8	19.8	0.9939
	30%	285.7	14.8	0.9899
Microwave	10%	99.0	19.5	0.9628
Viscozyme L	10%	102.0	17.3	0.9538

ដោយផ្អែងលើភាពស្រដៀងគ្នាទៅនឹងគំរូគោលនៃ Michaelis និង Menten ប៉ារ៉ាម៉ែត្រAដែលនៅក្នុងរូបមន្តសមីការទី (៥) តំណាងឱ្យកំហាប់គ្លុយកូសអតិបរិមាដែលអាចទទួលបាន ហើយប៉ារ៉ាម៉ែត្រ B អាចជាពេលវេលាដែលត្រូវការដើម្បីសម្រេចបានពាក់កណ្តាលនៃកំហាប់គ្លុយកូសអតិបរិមានេះ A/2 ។ ដោយផ្អែកលើវិធីសាស្ត្រប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមផ្សេងៗគ្នាសម្រាប់ ១០% នៃកំហាប់ម្សៅដំបូង ប៉ា

ប៉ារ៉ាម៉ែត្រAប្រែប្រួលក្នុងចន្លោះពី ៧៩,៤ ដល់ ១០៧,៥g.L-1 ។ ហើយផលប៉ះពាល់នៃវិធីប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមត្រូវបានគូសបញ្ជាក់ជាថ្មីម្តងទៀត។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ ៥០◦C និងដោយប្រើអង់ស៊ីមមានប្រសិទ្ធភាពជាងគេ និងផលិតគ្លុយកូសកើនឡើងជាអតិបរិមា។ ដោយពិចារណាលើវិធីប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមដូចគ្នា ដោយផ្លាស់ប្តូរកំហាប់ម្សៅ គេសម្គាល់ឃើញថាមានការទប់ស្កាត់កំហាប់សមាសធាតុម្សៅដំណាក់កាលដំបូង។ ទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីសថយចុះជាអតិបរមា (បានគណនាដោយធ្វើការបែងចែកប៉ារ៉ាម៉ែត្រA សម្រាប់គ្លុយកូសទ្រឹស្តី) ក្នុងការបង្កើនកំហាប់ម្សៅ។ សម្រាប់ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅ ៥០◦Cនិង៣០◦C ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ A អាចត្រូវបានគេចាត់ទុកថាសមាមាត្រជាមួយនឹងកំហាប់សមាសធាតុម្សៅដំបូង (ឬការផ្តោតអារម្មណ៍គ្លុយកូសទ្រឹស្តី Glu_{theo}) ដោយសមីការ (១) និង (២) រៀងគ្នា៖

$$A = 0.898 \times Glu_{theo} \quad (1)$$

$$A = 0.715 \times Glu_{theo}. \quad (2)$$

យោងតាមរូបមន្តសមីការ (១) និង (២) ប្រហែល៩០% និង ៧២% នៅក្នុងទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីសខ្ពស់ជាអតិបរមាអាចទទួលបាន សម្រាប់ការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនៃគ្រាប់ម្សៅដំឡូងមីដោយការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមនៅនៅ៥០◦C និង៣០◦C រៀងៗគ្នា។

ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ A ដែលទទួលមកពីឧស្សាហកម្ម Angel ដើរតួរយ៉ាងសំខាន់។ ហេតុផលដែលបានទាយទុកជាមុននៃការនៃណាំរបស់ A គឺនៅពេលបញ្ឈប់អ៊ីដ្រូលីសនៃម្សៅសម្រាប់ការកែច្នៃដែលចំណេញ [២១]។

៣. វិធីសាស្រ្តសិក្សានិងវត្ថុធាតុដើម

៣.១. សមាសធាតុម្សៅនិងអង់ស៊ីម

ចំណាំងដំឡូងមី (*Mannihot esculenta* Crantz) (សំណើមទៀបជាង ១២%) ត្រូវបានគេទិញមកដោយផ្ទាល់ពីកសិករនៅក្នុងស្រុក Son Duong ខេត្ត Tuyen Quang ប្រទេសវៀតណាម។ ម្សៅដំឡូងមីត្រូវបានផលិតដោយកិនចំណាំងដំឡូងមីនៅក្នុងម៉ាស៊ីនកិនដោយប្រើញញួរ ដែលមានកញ្ច្រែងទំហំ ០,៥ម.ម។ ម្សៅត្រូវបានគេដាក់ទៅក្នុងស្បោងរូតមាត់ ហើយស្តុកទុកនៅកន្លែងស្ងួតរហូតដល់ពេលប្រើ។

អង់ស៊ីមចម្រុះមួយ (Stargen 002, ref. 3015155108 ត្រូវបានផ្គត់ផ្គង់ដោយ Dupont) ត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការបំប្លែងម្សៅ ដែលមាន *Aspergillus kawachi* α-amylase បង្ហាញជា *Trichoderma reesei* and γ-amylase ពី *Trichoderma reesei* ។ តម្លៃ pH ខ្ពស់ចាប់ពី ៤,០ ដល់

៤,៥ ។ សកម្មភាពអង់ស៊ីមត្រូវបានពិនិត្យឡើងវិញនៅក្នុងមន្ទីរពិសោធន៍របស់យើងហើយផ្តល់លទ្ធផល ៥៦០ GAU.g⁻១ (មួយឯកតា Glucoamylase GAU គឺជាចំនួននៃអង់ស៊ីមដែលអាចយកមកចំនួន១ក្រាម នៃការស្កររ៉េដុកដែលបានគណនា ជាគ្លុយកូសក្នុង១ម៉ោងពីសមាសធាតុម្សៅដែលអាចរលាយ។

Viscozyme L (Novozymes, Denmark, 100 Fungal Beta-Glucanase Units/g) ត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់ជាដំណាក់នៃការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋម។ វាគឺជាអង់ស៊ីមដែលផ្គុំគ្នាមានលក្ខណៈសាំញ៉ាំ មានផ្ទុកនូវអង់ស៊ីម carbohydrases ជាច្រើនរួមទាំង arabanase, cellulase, beta-glucanase, hemicellulase និង xylanase ។ Viscozyme L គឺជាការរៀបចំអង់ស៊ីមពិសេសដែលត្រូវបានប្រើក្នុងការបំបែកជញ្ជាំងកោសិការដំណាក់ vegetal cell។

៣.២. ការវិភាគគីមីជីវ និងទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីស

វត្ថុធាតុដើមត្រូវបានកំណត់លក្ខណៈដោយវិធីជីវគីមី សម្រាប់បរិមាណសំណើម ប្រូតេអ៊ីនសរុប ខ្លាញ់ មាសជាតុសរសៃ ម្សៅ ស្កររ៉េដុកនិងផេះ។ អង្គធាតុស្ងួតត្រូវបានកំណត់ដោយវិធីសាស្ត្រ AACC ៤៤-១៥A។ ប្រូតេអ៊ីន សរុប ខ្លាញ់ ត្រូវបានកំណត់ដោយវិធីសាស្ត្រ Kjeldahl និង Soxhlet រៀងៗគ្នា។ មាសជាតុសរសៃត្រូវបានគេកំណត់ជាទំងន់គំរូបន្ទាប់ពីការរំលាយជាតិអាស៊ីត និងការលាងជាមួយអេតាណុលនិងអេស្សែ។ ផេះគឺជាសំណាកបានថ្លឹងបន្ទាប់ពីការដុតនៅសីតុណ្ហភាព ៥៥០ អង្សាសេរយៈពេល ៦ ម៉ោង។

កំហាប់ប្រូតេអ៊ីននៅក្នុងសូលុយស្យុង ត្រូវបានវាស់ដោយវិធីសាស្ត្រ Brandford [២២] ។ ការគណនាខ្សែកោង BSA (bovine serum albumin) ក្នុងចន្លោះពី ១-២៥ mg.mL⁻¹ ត្រូវបានបង្កើត។

ម្សៅសរុបត្រូវបានគេដកចេញពីស្កររ៉េដុក ដែលត្រូវបានបង្ហាញនៅក្នុងគ្លុយកូស បន្ទាប់ពីធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយអាស៊ីត (HCl ២%) ក្នុងរយៈពេល ២ ម៉ោង។ ស្កររ៉េដុកត្រូវបានវិភាគរកដោយវិធីសាស្រ DNS (3,5-Dinitrosalicylic acid) method [២៣] ដោយមានការកែប្រែបន្តិចបន្តួច។ សំណាក ០,៥ម.ល បន្ទាប់ពីធ្វើការញែកចេញដោយកម្លាំងចាកផ្ចិត ត្រូវបានលាយជាមួយសារធាតុ DNS ១,៥ម.ល បន្ទាប់មកដាំឱ្យពុះរយៈពេល ៥ នាទី។ បន្ទាប់ពីត្រជាក់ដល់សីតុណ្ហភាពបន្ទប់ absorbance ត្រូវបានគេកត់ត្រានៅ ៥៤០ nm ។ គ្លុយកូសត្រូវបានគេប្រើជាស្តង់ដារសម្រាប់ខ្សែកោងក្រិតតាមខ្នាត។ ស្កររ៉េដុកត្រូវបានបង្ហាញដោយអេគីវ៉ាឡង់គ្លុយកូស។ ទិន្នផលនៃអ៊ីដ្រូលីស ត្រូវបានគណនាជាសមាមាត្ររវាងបរិមាណគ្លុយកូសដែលបានបញ្ចេញ និងបរិមាណសក្តានុពលនៃស្ករគ្លុយកូស។

តម្លៃមធ្យមន និងគម្លាតគំរូស្តង់ដារ ត្រូវបានកំណត់សម្រាប់ការផលិតគ្លុយកូសនិងទិន្នផលអ៊ីដ្រូលីសចំនួនបីសារ។ ភាពខុសគ្នាដ៏សំខាន់នៃតម្លៃមធ្យម ត្រូវបានវាយតម្លៃដោយការវិភាគវិធីមួយនៃភាពប្រែប្រួល (ANOVA) អមដោយការធ្វើតេស្តរបស់ Duncan's test ដោយប្រើកម្មវិធី SPSS ក្នុងកម្រិតជាក់លាក់ p<0,0៥ ។

៣.៣. ការកំណត់រកទំហំគ្រាប់ម្សៅ

បន្ទាប់ពីធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមរយៈពេល ៣០នាទី គេសង្កេតឃើញថា ដំឡូងមីត្រូវបានគេមើលដោយប្រើម៉ាស៊ីនថត TE 2000U ឧបករណ៍មីក្រូទស្សន៍អាចថតរូបបាន (Nikon ជប៉ុន) ត្រូវបានបំពាក់ដោយកាមេរ៉ា ORCA-ER C4742-80 (Hamantsu ជប៉ុន) ។ រូបឌីជីថល (រក្សាទុកជាទំរង់ 8-bit tiff) បន្ទាប់មកត្រូវបានវិភាគដោយប្រើកម្មវិធី Image J software ។ អង្កត់ផ្ចិតនៃភាគល្អិតតូចៗ និងគម្លាតស្តង់ដារ ត្រូវបានគេយកចេញពីភាគល្អិតម្សៅយ៉ាងហោចណាស់ចំនួន ១០០០គ្រាប់ ។

៣.៨. ការស្កេនដោយប្រើ Scanning Electron Microscopy (SEM)

លក្ខណៈរូបសាស្ត្រនៃម្សៅដំឡូងមីពូជក្នុងស្រុក និងម្សៅដំឡូងមីបានពីការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ត្រូវបានគេសិក្សាដោយប្រើមីក្រូទស្សន៍ស្កេន (SEM) (JEOL, Tokyo, Japan)។ សំណាកត្រូវបានស្រោបដោយផ្លាទីននៅក្នុងម៉ាស៊ីនរំហួតដោយសម្ពាធ (JEE 400, JEOL, Tokyo, Japan) មុនពេលធ្វើការសិក្សា សំណាកដែលទទួលបានត្រូវបានពិនិត្យនៅតង់ស្យុងបង្កើនល្បឿន ៥ kV និងពង្រីក ៥០០០×ដង។

៣.៩. ការកំណត់រកការស្រូបនៃអង់ស៊ីមនិងស្ថេរភាពនៃខេនេទិក

ការស្រូបយកអង់ស៊ីម (សម្រាប់តែអាមីឡាសនៅក្នុង Stargen ០០២) ត្រូវបានកំណត់ឡើងដោយប្រើវិធីសាស្ត្រដែលបង្ហាញដោយ Bommarius et al. [២៤] ជាមួយនឹងការកែប្រែបន្តិចបន្តួច។ តម្លៃនេះត្រូវបានកំណត់ជាសមាមាត្រនៃបង្គុំអង់ស៊ីម និងកំហាប់អង់ស៊ីមដំបូងសរុប។ ការធ្វើអ៊ីដ្រូសែនពីម្សៅត្រូវបានអនុវត្តនៅក្នុងបំពង់តេស្តកញ្ចក់ ១៥ ម.ល ដែលមាន ១០-៣០% w/w នៃសមាសធាតុម្សៅ (ក្នុងសូលុយស្យុងអាសេតាតបាហ្វ័រ pH ៤,២) និងកំហាប់អង់ស៊ីមចាប់ពី ១ ដល់ ១៥ $mg.mL^{-1}$ ។ ប្រតិកម្មត្រូវបានធ្វើឡើងក្នុងរយៈពេល ១០ នាទីនៅសីតុណ្ហភាព ៣០ អង្សាសេ។ បន្ទាប់មកសារធាតុដែលបានពីការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ត្រូវបានប្រើកម្លាំងចាកផ្ចិតញែក ក្នុងល្បឿន ៩០០០ rpm ក្នុងរយៈពេល ១០ នាទី។ ល្បាយនៃសារធាតុ ត្រូវបានវិភាគដោយប្រើប្រូតេអ៊ីន Bradford ដើម្បីកំណត់កំហាប់អង់ស៊ីមសេរី។ ចំនួនអង់ស៊ីមដែលបានកំណត់អាចត្រូវបានកំណត់ពីកំហាប់នៃអង់ស៊ីមសេរី។ ការស្រូបយកអង់ស៊ីមត្រូវបានគេសន្មត់ ធ្វើតាម Langmuir-type isotherm ដូចនៅក្នុងសមីការ (៣)

$$E_B = \frac{E_{max} \cdot K_{ad} \cdot E_F \cdot S}{1 + K_{ad} \cdot E_F} \quad (3)$$

កន្លែងដែល E_B គឺជាកំហាប់បង្គុំអង់ស៊ីម E_F គឺជាកំហាប់អង់ស៊ីមសេរី S គឺជាកំហាប់សមាសធាតុ E_{max} គឺជាការស្រូបយកអង់ស៊ីមអតិបរមានៅក្នុងអង់ស៊ីម g enzyme/g amylase K_{ad} គឺជាមេគុណស្រូបយក។ ដើម្បីកំណត់ *Kad* និង *Emax* ទម្រង់សមីការលីនេអ៊ែរ (៣) ត្រូវបានប្រើ៖

$$\frac{S}{E_B} = \frac{1}{E_{max} \cdot K_{ad}} \cdot \frac{1}{E_F} + \frac{1}{E_{max}}. \quad (4)$$

នៅពេលដែលទិន្នន័យត្រូវបានដាក់ចូល ដោយមាន S/EB នៅលើអ័ក្ស y-axis និង 1/EF នៅលើអ័ក្ស x-axis ការតំរែតំរង់លីនេអ៊ែរត្រូវបានអនុវត្តដោយប្រើ Microsoft Excel ២០១០ ។ ពីសមីកាសម្រាប់ខ្សែបន្ទាត់នេះ *Kad* និង *Emax* ត្រូវបានគេគណនា។

៣.៦. ការវិភាគអង់ស៊ីម

ម្សៅដំឡូងត្រូវបានគេរៀបចំនៅក្នុងបាហ្វ័រអាសេតាត (pH ៤,២) នៅកំហាប់ខុសគ្នា (១០-៣០% w/w ម្សៅដូចជា ១៤,៣ ទៅ ៤៣% ម៉ាសស្ងួត)។ ប្រព្រឹទ្ធកម្មបឋមចំនួន៣ត្រូវបានគេប្រើដោយឡែកពីគ្នា៖ ប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្ដៅ ប្រព្រឹទ្ធកម្មអង់ស៊ីម និងប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយមីក្រូវ៉េវ។ សម្រាប់ប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយកម្ដៅ សមាសធាតុដែលបានផ្ទេរចេញ រួចត្រូវបានគេកម្ដៅនៅសីតុណ្ហភាព ៤០ ៤៥ និង ៥០◦C រយៈពេល ៣០នាទី មុនពេលធ្វើអ៊ីដ្រូលីស។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយអង់ស៊ីម ត្រូវបានធ្វើឡើងនៅសីតុណ្ហភាព ៣០◦C រយៈពេល ៣០នាទីជាមួយអង់ស៊ីម Viscozyme L (0.0៥%w/w) ។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មដោយមីក្រូវ៉េវ (3 × 20 s at 800W, EM-G256W-Sanyo Electric company, Ltd.) ត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់ម្សៅដំឡូងមី មុនពេលទុកដោយឡែក។ ការធ្វើប្រព្រឹទ្ធកម្មនៅ ៣០◦C ត្រូវបានគេពិចារណាធ្វើជាសំយោគបណ្ណាល័យសាស្ត្រ។ ល្បាយដែលទុកមួយអន្លើដែលបានជ្រើសប្រព្រឹទ្ធកម្ម ត្រូវបានធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយបន្ថែម Stargen 002 (0.2%w/w) ក្នុងរយៈពេល 48 h នៅ 30 ◦C ដោយធ្វើរំញ័រនៅល្បឿន ៦០ rpm ។ សំណាកត្រូវបានយកមកនៅម៉ោង ០ ១ ២ ៣ ៤ ៥ ១០ ២៤ និង៤៨ម៉ោង នៃម៉ោងអ៊ីដ្រូលីស។ អង់ស៊ីម បន្ទាប់មកត្រូវបានគេបង្អាក់សកម្មភាពដោយបន្ថែម KOK 4N រហូតដល់ pH≥១២។ សំណាកត្រូវបានធ្វើសង់ទ្រីហ្វុយនៅ ៩០០០rpm រយៈពេល ៥នាទី ។ សំណាកដែលបានញែករួចត្រូវបានយកទៅវិភាគរកគ្លុយកូស។ បច្ច័យពិសោធន៍ទាំងអស់ត្រូវបានវិភាគឡើងជា៣សារ។

៣.៧. ការធ្វើគម្រូ Hydrolysis Kinetics Modelling

ខេនេទិកនៃម្សៅដែលធ្វើអ៊ីដ្រូលីស អាចធ្វើជាគម្រូដោយសមីកា theoretical, semi-theoretical, and empirical kinetics equations [២០]។ នៅក្នុងការសិក្សានេះ គម្រូ empirical ត្រូវបានគេប្រើដើម្បីពណ៌នា digestogram នៃម្សៅ។ គម្រូនេះត្រូវបានប្រើនៅក្នុងការសិក្សាពីមុនៗ [១៩,២៥,២៦]

$$D_t = D_0 + \frac{At}{B+t} \quad (5)$$

$$\text{or } \frac{t}{D_t - D_0} = \left(\frac{1}{A}\right)t + \left(\frac{B}{A}\right) \quad (6)$$

ដែល *D0* និង *Dt* គឺជាកំហាប់គ្លុយកូសដើម និងកំហាប់គ្លុយកូសនៅរយៈពេល t នៃអ៊ីដ្រូលីស ($g.L^{-1}$) A និង B ថេរ ហើយការដាក់ (t/[Dt–D0]) ទល់នឹង t ផ្ដល់បន្ទាត់ត្រង់នៃស្លូប (១/A) និងកាត់នៅ (B/A) (២១)។ គម្រូនេះអាចផ្ដល់ទិន្នផល *D0* និងនៅក្នុងការគូស analogy ជាមួយគម្រូ

Michaelis–Menten។ ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ B បង្ហាញពីរយៈពេល (ការវាស់អត្រានៃការបំបែក) ដើម្បីដល់ A/2 ជាមួយ A បង្ហាញពីកម្រិតអតិបរមានៃម្សៅដែលអាចបំបែកបាន។ នៅក្នុងការសិក្សានេះ ផលិតកម្មគ្លុយកូសអាចធ្វើជាគម្រូដោយសមីកា (៥)។

៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការសិក្សានេះមានគោលបំណងវាយតម្លៃផលប៉ះពាល់នៃវិធីសាស្ត្រប្រព្រឹត្តកម្មបឋម លើការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសនសដោយអង់ស៊ីមលើគ្រាប់ម្សៅពីម្សៅដំឡូងមី។ ជាលទ្ធផលបង្ហាញថា វិធីសាស្ត្រនៃប្រព្រឹត្តកម្មបឋមដោយកម្ដៅ និងដោយអង់ស៊ីម ជាវិធីសាស្ត្រដែលសមស្របខ្លាំង ដើម្បីធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងលើទិន្នផលនៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស។ ទិន្នផលនេះបានផ្អែកលើអត្រានៃការស្រូបអង់ស៊ីមទាំងស្រុង។ ខេនេទិកនៃផលិតកម្មគ្លុយកូសត្រូវបានគេធ្វើជាគម្រូ ដោយប្រើរូបមន្តសមីកា និងធ្វើឱ្យមានការទស្សទាយពីទិន្នផលដ៏ខ្ពស់នៃការធ្វើអ៊ីដ្រូលីស ដែលអាចនឹងទទួលបាន។

ការថ្លែងអំណរគុណរបស់អ្នកនិពន្ធ៖ ការតាមដាន T.C.N. and H.V.N.; ការសរសេរ—ការរៀបចំពង្រាងដើម, T.C.N.; ការសរសេរ—មើលនិងពិនិត្យ, S.C.-K. and H.N.L. អ្នកនិពន្ធទាំងអស់បានអាន ហើយយល់ព្រមលើអត្ថបទដែលបានបោះពុម្ព។

ការគាំទ្រ៖ ការស្រាវជ្រាវនេះ និង APC ត្រូវបានគាំទ្រដោយ ដេប៉ាតឺម៉ង់ Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) ក្រោមលេខជំនួយ 106-NN.02-2016.56.

ជម្លោះលើមតិ៖ អ្នកនិពន្ធសូមប្រកាសថា មិនមានការទាស់ទទឹងគ្នាលើការបោះពុម្ពនៃអត្ថបទនេះទេ។

បណ្ណាល័យសាស្ត្រ

Cinelli, B.A.; Castilho, L.R.; Freire, D.M.G.; Castro, A.M. A brief review on the emerging technology of ethanol production by cold hydrolysis of raw starch. Fuel 2015, 150, 721–729. [CrossRef]

Farrell, A.E.; Plevin, R.J.; Turner, B.T.; Jones, A.D.; O´Hare, M.; Kammen, D.M. Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals. Science 2006, 311, 506–508. [CrossRef]

Robertson, G.H.; Wong, D.W.S.; Lee, C.C.; Wagschal, K.; Smith, M.R.; Orts, W.J. Native or Raw Starch Digestion: A Key Step in Energy Efficient Biorefining of Grain. J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 353–365.[CrossRef] [PubMed]

Uthumporn, U.; Zaidul, I.S.M.; Karim, A.A. Hydrolysis of granular starch at sub-gelatinization temperature using a mixture of amylolytic enzymes. Food Bioprod. Process. 2010, 88, 47–54. [CrossRef]

Li, J.; Vasanthan, T.; Bressler, D.C. Improved cold starch hydrolysis with urea addition and heat treatment at subgelatinization temperature. Carbohydr. Polym. 2012, 87, 1649–1656. [CrossRef]

Shariffa, Y.N.; Karim, A.A.; Fazilah, A.; Zaidul, I.S.M. Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature. Food Hydrocolloids 2009, 23, 434–440. [CrossRef]

Balcerek, M.; Pielech-Przybylska, K. Effect of simultaneous saccharification and fermentation conditions of native triticale starch on the dynamics and efficiency of process and composition of the distillates obtained. J. Chem. Technol. Biotechnol. 2013, 88, 615–622. [CrossRef]

Montalbo-Lomboy, M.; Khanal, S.K.; van Leeuwen, J.; Raj Raman, D.; Grewell, D. Simultaneous saccharification and fermentation and economic evaluation of ultrasonic and jet cooking pretreatment of corn slurry. Biotechnol. Progress 2011, 27, 1561–1569. [CrossRef]

Baeyens, J.; Kang, Q.; Appels, L.; Dewil, R.; Lv, Y.; Tan, T. Challenges and opportunities in improving the production of bio-ethanol. Prog. Energy Combust. Sci. 2015, 47, 60–88. [CrossRef]

Puligundla, P.; Smogrovicova, D.; Mok, C.; Obulam, V.S.R. A review of recent advances in high gravity ethanol fermentation. Renew. Energy 2019, 133, 1366–1379. [CrossRef]

Li, Z.; Cai, L.; Gu, Z.; Shi, Y.-C. Effects of Granule Swelling on Starch Saccharification by Granular Starch Hydrolyzing Enzyme. J. Agric. Food Chem. 2014, 62, 8114–8119. [CrossRef] [PubMed]

Poonsrisawat, A.; Wanlapatit, S.; Paemanee, A.; Eurwilaichitr, L.; Piyachomkwan, K.; Champreda, V. Viscosity reduction of cassava for very high gravity ethanol fermentation using cell wall degrading enzymes from Aspergillus aculeatus. Process Biochem. 2014, 49, 1950–1957. [CrossRef]

Sriroth, K.; Chollakup, R.; Chotineeranat, S.; Piyachomkwan, K.; Oates, C.G. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. Bioresour. Technol. 2000, 71, 63–69. [CrossRef]

Juszczak, L.; Fortuna, T.; Krok, F. Non-contact Atomic Force Microscopy of Starch Granules Surface. Part, I. Potato and Tapioca Starches. Starch Stärke 2003, 55, 1–7. [CrossRef]

Vidal, B.C.; Rausch, K.D.; Tumbleson, M.E.; Singh, V. Kinetics of Granular Starch Hydrolysis in Corn Dry-Grind Process. Starch Stärke 2009, 61, 448–456. [CrossRef]

Nitayavardhana, S.; Rakshit, S.K.; Grewell, D.; van Leeuwen, J.; Khanal, S.K. Ultrasound pretreatment of cassava chip slurry to enhance sugar release for subsequent ethanol production. Biotechnol. Bioeng. 2008, 101, 487–496. [CrossRef] [PubMed]

Quemada, D. Modélisation Rhéologique Structurelle. In Dispersions Concentrées et Fluides Complexes; Tec & Doc Lavoisier: Paris, France, 2006.

Warren, F.J.; Royall, P.G.; Gaisford, S.; Butterworth, P.J.; Ellis, P.R. Binding interactions of α-amylase with starch granules: The influence of supramolecular structure and surface area. Carbohydr. Polym. 2011, 86, 1038–1047. [CrossRef]

Gaouar, O.; Aymard, C.; Zakhia, N.; Rios, G.M. Kinetic Studies on the Hydrolysis of Soluble and Cassava Starches by Maltogenase. Starch Stärke 1997, 49, 231–237. [CrossRef]

Nguyen, G.T.; Sopade, P.A. Modeling Starch Digestograms: Computational Characteristics of Kinetic Models for in vitro Starch Digestion in Food Research. Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf. 2018, 17, 1422–1445. [CrossRef]

Waliszweski, K.N.; Alvarado, M.G.; Medina, J.D.L.C. Kinetics of enzymic hydrolysis of cassava flour starch—Optimization and modelling. Int. J. Food Sci. Technol. 1992, 27, 465–472. [CrossRef]

Kruger, N.J. The Bradford Method for Protein Quantitation. In Basic Protein and Peptide Protocols; Walker, J.M., Ed.; Humana Press: Totowa, NJ, USA, 1994; pp. 9–15.

Miller, G.L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Anal. Chem. 1959, 31, 426–428. [CrossRef]

Bommarius, A.S.; Katona, A.; Cheben, S.E.; Patel, A.S.; Ragauskas, A.J.; Knudson, K.; Pu, Y. Cellulase kinetics as a function of cellulose pretreatment. Metab. Eng. 2008, 10, 370–381. [CrossRef]

Fan, X.; Zhang, S.; Lin, L.; Zhao, L.; Liu, A.; Wei, C. Properties of new starches from tubers of Arisaema elephas, yunnanense and erubescens. Food Hydrocolloids 2016, 61, 183–190. [CrossRef]

Guo, K.; Lin, L.; Fan, X.; Zhang, L.; Wei, C. Comparison of structural and functional properties of starches from five fruit kernels. Food Chem. 2018, 257, 75–82. [CrossRef] [PubMed]

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ជំពូកទី ៤
អំពីបច្ចេកវិទ្យាស្ករ

ដោយលោក E. Mouris កែសម្រួលនៅឆ្នាំ ១៩៨៤

ដេប៉ាតឺម៉ង់វិស្វកម្មគីមី និងគីមីវិទ្យា សាកលវិទ្យាល័យនៃបច្ចេកវិជ្ជា DELFT

១. សេចក្តីផ្តើម

១.១ តើអ្វីទៅជាស្ករ?

ក្រៅពីទឹកនិងខ្យល់ដែលនៅជុំវិញយើង មិនមានអ្វីសំខាន់សម្រាប់ជីវិតមនុស្សដូចស្ករទេ ព្រោះវាជាអាហារមូលដ្ឋានសម្រាប់ទាំងសត្វ និងរុក្ខជាតិ។

រុក្ខជាតិផលិតស្ករដោយដំណើការរស្មីសំយោគ ដែលវាមានគោលការមិនខុសពីការអាគុយអគ្គិសនីដែលគេប្រើប្រាស់នៅក្នុងលំហានោះទេ ដោយអាគុយនោះត្រូវបានបញ្ចូលនិងប្រើប្រាស់ដោយថាមពលព្រះអាទិត្យ។ ដំណើការនេះទោះបីជាមានគេបានសិក្សាមកយ៉ាងច្រើនក៏ដោយក៏មិនទាន់មានការយល់ច្បាស់នៅឡើយទេ ប៉ុន្តែគេដឹងថាស្លឹករុក្ខជាតិមានពណ៌បៃតងដោយសារក្លរ៉ូភីល ដោយប្រើពន្លឺព្រះអាទិត្យបង្កើតជាស្ករ។ ការសិក្សានៅពេលថ្មីៗនេះបានបង្ហាញថាប្រតិកម្មកើតឡើងនៅក្នុងកោសិការុក្ខជាតិដែលហៅថា ក្លរ៉ូផ្លាស ដែលយើងអាចមើលឃើញក្នុងមីក្រូទស្សន៍អេឡិចត្រុង ដែលក្លរ៉ូភីលដើរតួជាកាតាលិករ។ ក្នុងអំឡុងពេលរស្មីសំយោគកាបូនឌីអុកស៊ីដ បានមកពីខ្យល់និងទឹក ត្រូវបានលាលបញ្ចូលគ្នាបង្កើតបានជាស្ករ sucrose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ជាមួយនិងការបញ្ចេញនៅអុកស៊ីសែនទៅក្នុងខ្យល់។ ប្រតិកម្មត្រូវបានតាងដោយសមីការគីមីដូចខាងក្រោមៈ

$$12\ CO_2 + 11\ H_2O + \text{catalyst chlorophy} \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + 12\ O_2$$

Sucrose ជាឈ្មោះគីមីដែលជាទូទៅគេហៅថាស្ករ វាគឺសំខាន់សម្រាប់ការរស់នៅ និងការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិ។ វាអាចត្រូវបានគេមើលឃើញ ថាជាពន្លឺព្រះអាទិត្យគ្រីស្តាល់ ដែលរុក្ខជាតិផ្គត់ផ្គង់ដល់មនុស្ស។

១.២ លក្ខណៈសម្បត្តិនៃស្ករ

Sucrose, $C_{12}H_{22}O_{11}$ គឺជាស្ករ disaccharide ដែលផ្សំដោយ α-D-glucose និង β-D-fructose (រូបភាព ១-១) ពីដំបូងការប្រើប្រាស់ត្រូវបានដាក់កម្រិតព្រោះវាមានតម្លៃខ្ពស់ ប៉ុន្តែដោយសារតែគ្រូពេទ្យចិនបុរាណ និងមនុស្សជំនាម់មុនបានពិពណ៌នាថាវាជាឱសថ។ សព្វថ្ងៃទឹកសេរ៉ូ និងថ្នាំគ្រាប់ត្រូវបានលាយជាមួយស្ករ។ Sucrose ត្រូវបានគេនិយាយថាវាគឺជាកាបូនអ៊ីដ្រាតដំបូង

ដែលបំបែកចេញពីដំណើរការរស្មីសំយោគ។ ដូចច្នេះវាគឺជាបុព្វហេតុដែលសំខាន់បំផុតសម្រាប់មនុស្ស និងសត្វទាំងអស់ និងជាប្រភពដើមនៃធ្យូងថ្មនិងប្រេងឥន្ទៈ និងជាមូលដ្ឋាននៃកម្តៅ និងថាមពល។

សម្រាប់គោលបំណងនៃការបង្កើតស្តង់ដារអត្តសញ្ញាណ សម្រាប់អាហារនៅសហរដ្ឋអាមេរិក។ រដ្ឋបាលចំណីអាហារ និងឱសថបានកំណត់និយមន័យពាក្យ «ស្ករស» ថា «ស្ករចម្រាញ់» (sucrose)។ ស្ករចម្រាញ់មិនថាអំពៅឬ beet origin គឺជាសារជាតុសរីរាង្គដែលផលិតក្នុងទម្រង់បរិមាណដ៏ធំបំផុត និងជាសារជាតុសុទ្ធមួយក្នុងចំណោមសារជាតុផលិតបាន។ ការវិភាគវាគឺប្រហាក់ប្រហែល sucrose 99.99% invert sugar 0.01%: abs (នៅក្នុងវត្ថុធាតុដើមសរីរាង្គ) 0.03% សំណើម 0.03% សារជាតុសរីរាង្គ 0.03%។ វាមានបម្រែបម្រួលបន្តិចបន្តួចនៃសាជាតុដែលមិនមែនជាស្ករ Sucrose នៅក្នុងចន្លោះរវាងកាចម្រាញ់អំពៅ និង beet ដែលបានចម្រាញ់រួច ប៉ុន្តែនេះមិនសំខាន់ទេ។ វាគឺជាវត្ថុធាតុដើមនៃតម្លៃអាហារដ៏អស្ចារ្យបំផុត ដែលមានទំហំមួយហិចតាដែលត្រូវបានទុកសម្រាប់ផលិតស្ករ មិនថាផៃថាវស្ករឬអំពៅ គឺមានសមត្ថភាពផលិតកាឡូរីច្រើនជាងដំណាំអាហារដទៃទៀត។ វាគឺជាប្រភពកាឡូរីថោកបំផុតដែលគេស្គាល់។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយស្ករគឺជាថាមពលទាំងអស់ (ជូល) និងមិនមានប្រូតេអ៊ីនស្ទើរតែគ្មានរំកិលរ៉ែ និងគ្មានវីតាមីន ដែលត្រូវតែមកពីវត្ថុធាតុរបបអាហារបន្ថែម។

១.៣. ជុំនៃស្ករ

នៅពេលដែលបុរសទទួលទានជាតិស្ករ រាងកាយរបស់គាត់ត្រូវការអុកស៊ីសែន ដើម្បីបំលែងជាតិស្កររបស់គាត់នៅក្នុងឈាមទៅជាថាមពល និងធ្វើអោយមានប្រតិកម្មជាមួយរាងកាយ និងបញ្ចេញកាបូនឌីអុកស៊ីតជាមួយកាបញ្ចេញដង្ហើម ។ ចំណែកឯរុក្ខជាតិស្រូបយកកាបូនឌីអុកស៊ីតដើម្បីរស់នៅ និងលូតលាស ហើយអុកស៊ីសែន ។ ដំណើរការ នៃការប្រើប្រាស់ស្ករ គឺជាការបញ្ច្រាសនៃទម្រង់ស្ករ ហើយត្រូវបានតំណាត់ដោយសមីការ:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 12^{\circ}2 \quad \sim \quad 11\ H_{2}0 + 12\ CO_{2}$$

(Enzyme) + (energy)

អង់ស៊ីម គឺជាសារពាង្គកាយធម្មជាតិមួយ ដែលជួយឱ្យមានការផ្លាស់ប្តូរ ដូចជានៅកន្លែងរំលាយអាហារជាដើម។

ដូច្នេះស្ករផ្លាស់ទីនៃវដ្តធម្មជាតិមួយចាប់ផ្តើម ពីការបង្កើតនៅក្នុងរុក្ខជាតិ និងបន្តបញ្ចេញជាមួយការប្រើប្រាស់ របស់វាសម្រាប់លូតលាស ការបន្តនៃ cells និងផ្តល់ថាមពលសម្រាប់សកម្មភាព

ទាំងអស់របស់យើង ។ ស្ករត្រូវបានផលិតដោយរុក្ខជាតិភាគច្រើន ប៉ុន្តែជាទូទៅបរិមាណដែលត្រូវប្រមូលផលពីពាណិជ្ជកម្ម មិនគ្រប់គ្រាន់ទេ ។ រកវាបានពីដើមឈើមួយបែបនៅប្រទេសកាណាដាដោយបានមកពីផ្លែស្ពៅ ពីដើមត្នោត និងពីដើមឈើប៉ុន្តែស្ករដែរសំខាន់បំផុតគឺ ស្ករអំពៅ និងស្ករ Beet ។ ប្រវត្តិសាស្ត្រដាំដុះនៃជីវវិទ្យា បានទាញយក និងពិពណ៌នានៅក្នុងជំពូកបន្ទាប់ ។ ខណៈពេលដែលរុក្ខជាតិទាំងនេះបង្កើនស្ករ ការប្រមូលផលរបស់ពួកគេ គឺមិនដូចការប្រមូលផលស្រូវសាឡី ឬផ្លែឈើទេ។ ស្ករត្រូវដកយកចេញដោយប្រើបច្ចេកវិទ្យាមួយ ត្រូវបានបង្កើតឡើងជាច្រើនសតវត្សរ៍ ។

២. ប្រវត្តិរបស់ស្ករ

២.១. ស្ករនៅក្នុងសម័យបុរាណ នឹង សម័យថ្មី

ស្ករត្រូវបានរកឃើញដោយអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រ គឺជាសារធាតុមួយដែលរលាយក្នុងទឹក វាមានជាតិផ្អែមនឹង មានសមត្ថភាពនៃការធ្វើបន្ទុំ។ វប្បធម៌នៃជាតិស្ករចាប់ផ្តើមតាំងពីដំបូងនៅសម័យដើម ហើយត្រូវបាន គេ ស្គាល់នៅក្នុងប្រទេសឥណ្ឌានិងអាស៊ីបូព៌ាជាយូរមកហើយមុនគ្រីស្តសករាជ។ ប្រទេសក្រិចនិងចក្រភពរ៉ូម បានដឹងអំពីជីវិតរបស់ស្ករអំពៅ ហើយវាមានលក្ខណៈជាគ្រីស្តាលប៉ុន្តែមានភស្តុតាងមួយបង្ហាញថា ស្ករមាននៅក្នុងអង់ធាតុរឹងតាំងពីឆ្នាំ ៥០០ (Persia about A.D. 500.) ។ នៅក្នុង Sanscrit ស្ករត្រូវបានគេហៅថា sankara ហើយស្ករគ្រាប់គឺបានទាញចេញពី Sanscrit Kanda។

ការអនុវត្តអាហារផ្អែមក៏មានតាំងពីដំបូងនៅក្នុងប្រវត្តិសាស្ត្រពិភពលោកនិង បង្កើនចំណេះដឹងអំពីស្ករ។ នៅអឺរ៉ុបខាងជើងស្ករត្រូវបានប្រើជាអត្ថបទនៃអាហារ នៅក្នុងអំឡុងពេលមានសង្គ្រាមសាសនាប៉ុន្តែ ហាក់ដូចជាមិនត្រូវបានគេស្គាល់ជាទូទៅទេពាក់កណ្តាលនៃសតវត្សទីដប់បីនេះ។ នៅឆ្នាំ ១១៤៨ ស្ករអំពៅដែលត្រូវបាននាំយកមកពីទ្វីបអាស៊ី។

ការរកឃើញរបស់អាមេរិចនិងការណែនាំនៃស្ករអំពៅនៅក្នុងតំបន់ថ្មីជាលទ្ធផលមានការអភិវឌ្ឍន៍យ៉ាងលឿន។ ការរកឃើញរបស់អាមេរិច និងការណែនាំស្កររអំពៅនៅក្នុងតំបន់ថ្មីបណ្តាលឱ្យមានការផលិតស្កររសរយ៉ាងឆាប់រហ័ស។ ប្រហែល 1600 ផលិតកម្មវត្ថុធាតុដើមស្ករ នៅឥណ្ឌាខាងលិចនិងអាមេរិកត្រូពិក ត្រូវបានគេនិយាយថាបានក្លាយជាឧស្សាហកម្មធំបំផុត នៅលើពិភពលោកបច្ចុប្បន្ននេះ។ ការចម្រាញ់ស្កររត្រូវបានគេនិយាយថា ត្រូវបានបង្កើតដោយទីក្រុង Venetian ប្រហែលឆ្នាំ ១៥៥០ ដែលប្រហែលជាទទួលបានគំនិតនេះប្រទេសចិន ដែលជាកន្លែងសិល្បៈនៃការចម្រាញ់ស្កររនិងធ្វើស្ករនំប៉័ងត្រូវបានគេអនុវត្តអស់ជាច្រើនសតវត្សរ៍មកហើយ។ ដំបូងជនជាតិអង់គ្លេសដែលបានពិពណ៌នាវិធីសាស្ត្រនៃគ្រីស្តាល់ រីឯជាតិស្ករដែលត្រូវបានហៅថាបរិសុទ្ធ នោះមានឈ្មោះថាបារថូឡូមេប៉ុ ន្តែវិធីសាស្ត្រដែលបានប្រើគឺប្រេងឆៅ រហូតដល់ការណែនាំនៃការបូមធូលី ការពុះកញ្ជ្រោលនិងការរលាយ

ដោយផ្ទឹងនៅជុំវិញឆ្នាំ ១៨០២ ។ ដូច្នេះរោងចក្រចម្រាញ់ស្ករជាច្រើន បានកើតឡើងនៅឯកំពង់ផែ សមុទ្រនៃចក្រភពអង់គ្លេស និងអឺរ៉ុបខាងលិច។ នៅឆ្នាំ ១៦០៥ សំណូមពរឱ្យប្រើ ផែថាវស្ករសម្រាប់ធ្វើស្ករត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយអូលីវើរដឺសេរេស។ គាត់បានសរសេរសៀវភៅមួយស្តីពី «សិល្បៈនៃកសិកម្មនិងការគ្រប់គ្រងដីធ្លី» ដែលក្នុងនោះគាត់បានថ្លែងថា៖ មើមផៃថាវ នៅពេលដាំឱ្យពុះផ្តល់ទឹកស្រដៀងនឹងស៊ីរ៉ូស្ករសស្អាតណាស់មើលទៅដោយសារវា គីមីវិទ្យាជនជាតិអាឡឺម៉ង់មានឈ្មោះថា Andrea Marggraf ធ្វើស្ករពីមើមផៃថាវ ក្នុងឆ្នាំ ១៧៤៧ និងខ្លះទៀត៥៣ឆ្នាំក្រោយមកសិស្សម្នាក់របស់គាត់ឈ្មោះហ្វ្រេនខាលអាធរបានបង្កើតរោងចក្រសម្រាប់ផលិតកម្មពាណិជ្ជកម្មនៃស្ករ beet ។ទោះយ៉ាងណាវាមិនមែនទេរហូតដល់ការរារាំងរបស់ប្រទេសអង់គ្លេសការនាំចូលស្ករអំពៅនិងកម្លាំងជំរុញដែលបានផ្តល់ដោយអធិរាជណាប៉ូលេអុងទីមួយនៅឆ្នាំ ១៨១១ មានការរីកចម្រើនសរុបនៃជាតិស្ករbeet និងការរកឃើញវិធីសាស្ត្រល្អបំផុតដើម្បីទទួលបានទឹកនិងដើម្បីទាញយកស្ករពីវានោះផលិតស្ករស beet ក្លាយជាសំណើរជាក់ស្តែង។ចាប់ផ្តើមពីឆ្នាំ ១៨៣០ ការកើនឡើងនៃការផលិតស្ករស beet គឺលឿនណាស់ដែលក្នុងរយៈពេល ៥០ ឆ្នាំស្ករ beet ច្រើនស្ករអំពៅត្រូវបានផលិតនៅលើពិភពលោក។ ពិភពលោកទាំងមូលផលិតកម្មស្ករសគឺសម្រាប់ឆ្នាំ ១៩៨២ ប៉ាន់ស្មានមានចំនួន ៩៨.៥ លាន onsjyear បែកចេញជា៖

ផលិតកម្មស្ករអំពៅលើពិភពលោក៖ ៦១,៩ លានតោន
ផលិតកម្មស្ករសពិភពលោកៈ ៣៦,៦ លានតោន។
ដូច្នេះសមាមាត្របច្ចុប្បន្នគឺៈ ៣៧,២ ភាគរយ ស្ករអំពៅនិង ៦២,៨ ភាគរយ។

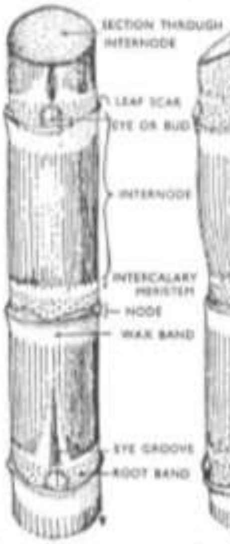
("International sugar economie yearbook and directory",
Lichts, F.O., enclosure, p. 31, Verlag Dr. Albert
Bartens, Berlin (1983)).

៣. ពពួកដើមរុក្ខជាតិដែលមានជាតិស្ករ

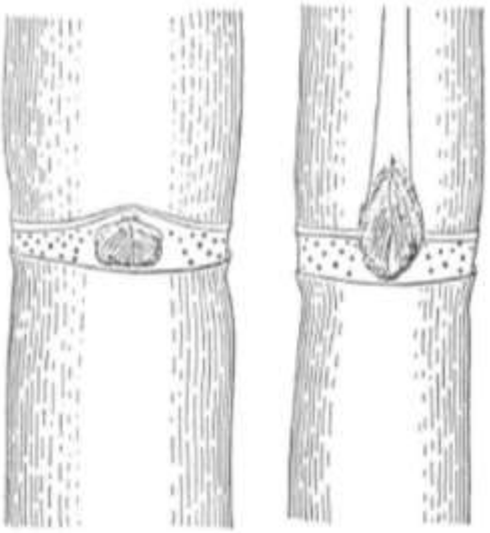
៣.១ ស្ករអំពៅ

ទិន្នន័យស្ករនៅក្នុងអំពៅ អំពៅគឺដូចជាស្មៅដ៏ធំមួយដែលដុះលូតលាស់មានអាយុច្រើនឆ្នាំនៅតំបន់ត្រូពិក ។ វាអាចលូតកំពស់បានពី ៤ ទៅ ៥ ម៉ែត្រ ។ ផ្នែកខាងលើវាមានស្រទាប់គុម្ពខ្ចី ដែលមានស្លឹកពណ៌បៃតង នៅកន្លែងដែលទទួលយករស្មីសំយោគ និងស្ករផលិតលក្ខរ៉ូភីល ពីកាបូហាឌីជ្រាត នៅក្នុងខ្យល់ ។ ដើមត្រូវបែងចែកពីផ្នែកទី ១៥ ទៅ ២៥ សង់ទីម៉ែត្រ ចាប់ពីថ្នាំងដែលដុះពន្លក ។ ផ្នែក

ខាងក្រៅនៃទងផ្កាគឺពណ៌ចាស់ អំពៅមានភាពរឹង ពណ៌លឿងទុំ ហើយខាងក្នុងមានពណ៌បៃតង និងក្រហមលាយតិចៗដែល មានជសសៃទន់ ។



Cane cuttings or portions of the stalk. As planting material the cuttings are usually selected from the growing-point region of the cane stalk. After J. P. Martin



Two kinds of growth rings. Left, the growth ring is bent upward at the bud side of the stalk; right, it is more or less horizontal and thus passes behind the bud. After Jeswiet.

រូប ៣.១ បង្ហាញពីរចនាសម្ព័ន្ធរុក្ខសាស្ត្រនៃដើមពោត ។

បណ្តុំសសៃឈាមគឺជាបណ្តាញ Tubatar នៅខាងក្នុងដើមពោតអាចអោយឆ្លងកាត់អាហាររុក្ខជាតិ រំលាយក្នុងទឹកពីឫសរហូតដល់ស្លឹក និងជាចលនានៃការផលិតស្នើសំយោគ ។ ក្រពុំផ្កា ស្ថិតនៅត្រង់ថ្នាំងដែលបង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ ។ ពោតដែលបានដាំនៅក្នុងដី មានសីតុណ្ហភាពពី ១៩ ទៅ ២២ អស្សារសេ ដែលមានដំណើរការលូតលាស់ធំៗចំនួនបី ។

ជាដំបូង ធ្វើការចាក់ឫស បង្កើតជាឫសគល់ក្នុងរយៈពេលខ្លី ដែលនៅក្នុងដីហើយស្រូបយកទឹក ។ ទីពីរ ពន្លកត្រូវបានលេចចេញនៅលើមែក និងទីបី ប្រព័ន្ធឫសលេចចេញពីមូលដ្ឋាននៃ Budo ។ ការវិវឌ្ឍន៍ត្រូវបានប្រើប្រាស់ស្ករដែលបានស្តុកទុកធ្វើជាអាហារ រហូតដល់ពន្លកវាចេញជាស្លឹក ហើយដំណើរនៃការធ្វើរស្មើសំយោគចាប់ផ្តើមធ្វើការ ។

អំពៅមិនបានដាំជារៀងរាល់ឆ្នាំនោះទេ បន្ទាប់ពីការកាត់ឫសដែលនៅសល់ ហើយវាបានដុះពន្លកថ្មីៗដែលមានការរីកចំរើន និងលូតលាស់ ផ្តល់ដំណាំនៅឆ្នាំក្រោយ។ ដំណើរការនេះគឺត្រូវបានគេហៅថា «Ratooning» អំពៅជាធម្មតាមានស្ករ 10-15% ចំការអំពៅមួយផ្តល់ទិន្នផលពី 45 ទៅ 90 តោននៃស្ករអំពៅ/ha ជាមួយសមមូល 4.5-12 តោននៃស្ករក្នុងមួយហិតា

៣.២. ស្ករឆៃថាវ

ការបង្កើតស្ករក្នុងឆៃថាវ គឺជារុក្ខជាមួយឆ្នាំម្តងដែលផ្ទុកស្ករ sucrose នៅក្នុងឫសអំឡុងពេលឆ្នាំដំបូងនៃការរីកលូតលាស់ បើសិនវាលូតលាស់អស់រយៈពេលពីរបីឆ្នាំរុក្ខជាតិនឹងប្រើ sucrose ខ្លះក្នុងការបង្កើតកម្ពស់ seed-bearing foliage។

សម្រាប់ការផលិតស្ករ ដូច្នេះឫសត្រូវបានប្រមូលផលក្នុងរដូវកាលទីមួយ។sucrose បានផលិតដោយរស្មីសំយោគក្នុងបំណែកពណ៌បៃតងនៃស្លឹករបស់ឆៃថាវ។ នៃបរិយាយកាស Carbon dioxide ត្រូវបានស្រូបយក stomata (រុន ញើសក្នុងស្លឹកដែលមានរោគធ្លង)។ carbon dioxide សាយភាយទៅនឹកក្លរហ្វី ក្នុងវត្តមាននៃសីតុណ្ហភាពពន្លឺគ្រប់គ្រាន់ នឹងមាតិកាទឹក ថាមពលវិទ្យុសកម្មនៃពន្លឺបានស្រូបយកដើម្បីបំលែង carbon dioxide នឹងទឹកតាមរយៈវដ្តស្មុកស្មាញនៃផលិតការផលកម្រិតមធ្យមក្នុង carbon dioxide នឹង carbonhydrate ផ្សេងទៀត។

ស្ករសូក្រូសបានផ្លាស់ប្តូរទីតាំង តាមរយៈដាលិកានៃប្រព័ន្ធសរសៃចាក់ទៅឬស កន្លែងដែលវាអាចដុះឡើងវិញក្នុងជាលិកាស្តុកទុក្ខ រឺក៏ធ្វើឡើងវិញទៅផ្នែកផ្សេងៗនៃរុក្ខជាតិហើយប្រើប្រាស់សម្រាប់លូតលាស់។ រូបភាពនៃស្ករឆៃថាវធម្មតា ខាងក្រោម បង្ហាញឬសគុលតូចៗដែលនៅសល់ជាមួយឆៃថាវដូចដែលបានប្រមូលផលប៉ុន្តែមិនអីប៉ះឬស នឹងសក់ឬសឈានទៅដល់២ម៉ែត្រក្រោមដីកំរិតសមរម្យក្នុងដី។

នៅក្រោមស្លឹកនឹងដើមធម្មតា ផ្នែកនៃការលូតលាស់របស់ឆៃថាវ លេចចេញខាងលើដីរៀបស្មើរនឹងវត្តមាន ស្លឹកដែលស្លាកស្នាមនៅសល់មានតួនាទី បែងចែកការលូតលាស់របស់ឆៃថាវ ពីឫសគុលត្រឹមត្រូវ។

បើទោះបីជាផ្នែកស្រួចនៃឆៃថាវ មានផ្ទុកស្កររខ្លះក៏ដោយ ទឹកឆៃថាវដែលបានមកពីផ្នែកនេះគឺមានគុណភាបទាបជាងផ្នែកដែលផ្ទុក Reducing sugar គ្លុយកូសនិងស្ករ fructose ដែលមានឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំង ចំពោះការផលិតគ្រាប់ស្កររដែលមានគុណភាពខ្ពស់។ នៅពេលប្រមូលផលឆៃថាវត្រូវបានកាត់ក្បាល ស្លឹកនិងផ្នែកស្រួចចេញ ដែលត្រូវបានយកទៅអោយចំណីគោក្របី ឬដាក់ក្នុងវាលស្រែជាជីធម្មជាតិ។ ក្បាលឆៃថាវចំនួន១ហិចតាគឺស្មើរនឹង ០.៥ហិចតា ស្លឹកផ្កាខាត់ណាដែលជាចំណីគោក្របី។

ផ្នែកឫសនៃផៃថាវត្រូវបានបញ្ជូនទៅកែច្នៃមានទម្ងន់ជាមធ្យម ៣៥០ទៅ៨០០ក្រាមអាស្រ័យតាមលក្ខខណ្ឌការដាំដុះនិងប្រភេទដីហើយមានផ្ទុកស្ករមួយចំនួនពី ៥០ទៅ១៣០ក្រាមដូចទៅនឹងមើម។ ផៃថាវមួយហិចតាៗផ្តល់ស្ករសេ៥តោន។

៤. ប្រភពនៃការកែច្នៃស្ករ

៤.១ វិធីសាស្ត្រ GeneraZ

ជាទូទៅមានវិធីសាស្ត្រពីរក្នុងការផលិតស្ករ។ ក្នុងជំពូកមុនៗ ការអនុញ្ញាតិគោលការណ៍ពីរគឺអំពៅនិងស្ករអំពៅត្រូវបានពិភាក្សារួចហើយ។ នៅក្នុងរូបភាពទី ៤-១ គ្រោងនៃការណ៍រួមបង្ហាញពីលទ្ធផលសម្រាប់ការផលិតស្ករសពីប្រភពទាំងពីរនេះ។

៤.២ ការសិក្សារអំពីស្ករអំពៅ

អំពៅជារុក្ខជាតិតំបន់ត្រូពិកអំពៅគឺជារុក្ខជាតិ ដែលត្រូវការពន្លឺព្រះអាទិត្យខ្លាំងហើយសម្បូរទៅដោយជាតិទឹក ។ នៅតំបន់ត្រូពិកទឹកភ្លៀងធម្មជាតិមិនគ្រប់គ្រាន់ទេហើយទាំងប្រព័ន្ធធារាសាស្ត្រទាំងប្រឡាយឬបាញ់ថ្នាំលើទឹកគឺចាំបាច់។ នៅកន្លែងដែលមានភ្លៀងធ្លាក់គ្រប់គ្រាន់វាមានពេលខ្លះច្រើនពេកហើយនៅក្នុងតំបន់បែបនេះត្រូវការប្រព័ន្ធបង្ហូរទឹក ។ ខ្យល់ព្យុះត្រូពិកនិងព្យុះស៊ីក្លូនអាចកាត់បន្ថយទិន្នផលយ៉ាងខ្លាំង ហើយអំពៅក៏ជាជម្រកនៃសត្វល្អិតផងដែរ។ ហើយសម្រាប់ឫសដែលមាននៅសេសសល់ក្នុងដី និងដុះពន្លកម្តងទៀតនៅឆ្នាំក្រោយ ។ ការអនុវត្តនេះត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា «ratoonir» អាចត្រូវបានបន្តសម្រាប់រយៈពេល ៦ ឬ ៧ ឆ្នាំឬយូរជាងនេះនិងជាគុណសម្បត្តិមួយនៃសេដ្ឋកិច្ចទៅលើអំពៅសម្រាប់ដំណាំប្រចាំឆ្នាំ។ ការដាំត្រូវបានអនុវត្តដោយផ្នែកខ្លីនៃការដាំអំពៅលេខ ៤-២ ។ រុក្ខជាតិអំពៅជាធម្មតាត្រូវបានកាត់ពីចន្លោះពី ១១-១៨ ខែ។ទិន្នផលស្ករក្នុងមួយហិកតាប្រែប្រួលពី ៤.៥ ទៅ ១២ តោនអាស្រ័យលើដីនិងអាកាសធាតុ ។ភាគច្រើននៃអំពៅរបស់ពិភពលោកនៅតែត្រូវបានគេកាត់ដោយដៃប៉ុន្តែការកើនឡើងថ្លៃដើមដែលបណ្តាលឱ្យមានការប្រមូលផលមេកានិច។ មុនពេលរេចរឹលស្លឹកទាបជាធម្មតាត្រូវបានយកចេញដោយការដុតដែលបានគ្រប់គ្រង។ អំពៅត្រូវបានកាត់ជិតដីតាមដែលអាចធ្វើទៅបាន។ ស្លឹកខាងលើដែលត្រូវបានយកចេញអាចត្រូវបានប្រើជាចំណីសត្វគោក្របី។ នៅពេលកាត់រួចអំពៅត្រូវបានដាក់ចូលក្នុងឡានដឹកទំនិញរ៉ឺម៉កហើយយកទៅរោងចក្រផ្ទាល់។

ក. អំពីការប្រមូលផល

អំពៅនិងស្ករអំពៅជាធម្មតាត្រូវបានគេប្រមូលផលពីវាលមេកានិច។ សមាសភាគរុក្ខជាតិដែលប្រមូលផល ត្រូវបានគេយកទៅបាចជាញឹកញាប់ ដើម្បីកំចាត់ភាពកខ្វក់ និងថ្មចេញមុននឹងដាក់លើឡានដឹកទំនិញហើយយកទៅរោងចក្រដើម្បីកែច្នៃ។

ខ. អំពីការលាងសម្អាតនិងដំណើរបឋម

ដរាបណាស្ករអំពៅឬបីចេងស្ករមកដល់រោងចក្រគេលាងយ៉ាងច្រើន។ ការបោកគក់អាចកើតឡើងលើខ្សែក្រវ៉ាត់ ដែលត្រូវបាញ់ជាមួយទឹក ឬក្នុងអណ្តាតភ្លើង ដែលពោរពេញដោយទឹក។ ស្ករបង្វិលត្រូវបានប្រើជាស្ថានីយ៍បោកគក់។ ទឹកត្រូវបានបាញ់ចូលក្នុងស្ករ ហើយផលិតផលវិលនៅក្នុងស្ករដោយត្រដុសខ្លួនវាដើម្បីយកកខ្វក់ចេញ។ បន្ទាប់ពីលាងរួចអំពៅ ឬផៃថាវស្ករត្រូវបានបញ្ជូនទៅក្នុងរោងចក្រដោយប្រើរីសឬខ្សែក្រវ៉ាត់។ ស្ករអំពៅត្រូវបានកំទេចដោយប្រើម៉ាស៊ីនញញួរ រឺម៉ាស៊ីនរំញ័រ ផៃថាវស្ករត្រូវបានកាត់ដោយប្រើម៉ាស៊ីនកាត់ ដែលហែកវាជាបន្ទះតូចជាងជំឡូងបារាំង ដែលគេហៅថាខូសេត។ ស៊ីស្កូតត្រូវត្រាំក្នុងធុងទឹកក្តៅចំណែកអំពៅកំទេចត្រូវបាញ់ទឹកក្តៅ។ ដំណើរការទាំងពីរបម្រើឱ្យកោសិកាកោសិកាហើម ដើម្បីរៀបចំការស្រង់ចេញ។

គ. ការចម្រាញ់ទឹកផ្លែឈើ

ដុំទឹកកកត្រូវបានបូមចូលទៅក្នុងបាតធុងដែលមានកម្ពស់ពី ១០ ទៅ ២០ ម៉ែត្រ។ អ័ក្សបង្វិលនៅកណ្តាលបញ្ជូនបន្ទះស្ករស ឡើងលើប្រឆាំងនឹងលំហូរទឹកចុះក្រោម នៅពេលដែលជាតិស្ករត្រូវបានស្រង់ចេញ។ ចំពោះអំពៅការកិនត្រូវបានប្រើ ដើម្បីស្រង់យកទឹក។ ម៉ាស៊ីនកិនស្រូវចំនួន ៥ ស៊េរីបានបង្ហាប់សរសៃស្ករអំពៅ ហើយញែកទឹកចេញពីអំពៅ ដែលអាចប្រើជាប្រភពឥន្ធនៈនៅពេលក្រោយ។ ទឹកផ្លែឈើដំបូង មានពណ៌បៃតងខ្មៅហើយមានជាតិអាស៊ីតនិងទឹកក្រូច។ ទឹកផ្លែឈើនេះត្រូវបានគេប្រមូលក្នុងធុងធំហើយកំហាប់ស្ករត្រូវបានវាស់។

ឃ. ការបន្សុតទឹកផ្លែឈើ

ប៉មខ្ពស់ ៗ ដែលមានកម្ពស់ពី ១០ ទៅ ២០ ម៉ែត្រត្រូវបានប្រើដើម្បីបន្សុទ្ធនិងធ្វើឱ្យពណ៌ទឹកអំពៅមានពណ៌ស្រាល។ ទឹកនេះត្រូវបានណែនាំនៅខាងលើប៉ម ហើយចំហាយស្ពាន់ធ័រឌីអុកស៊ីតត្រូវបានណែនាំនៅខាងក្រោម។ ស្ពាន់ធ័រឌីអុកស៊ីតកើនឡើងតាមប៉ម ក្នុងដំណើរការមួយហៅថាស្ពាន់ធ័រ។ ឧស្ម័នត្រូវបានបន្ថែមពី ១២០ ទៅ ២០០ ផោនក្នុងមួយលានផោននៃទឹកផ្លែឈើ។ កាបូនកាបូនឬអា

ល់កាឡាំងត្រូវបានគេប្រើដើម្បីបំបែកសារធាតុដែលមិនមានជាតិស្ករលាយចេញពីទឹកស្ករ។ កាបូនកាបូនប្រើកាល់ស្យូមកាបូណាត ឬកាល់ស្យូមស៊ុលហ្វីតដើម្បីជួយដល់ទឹកភ្លៀង។ ទឹកនេះត្រូវបានកំដៅដើម្បីបដិសេធនូវមាតិកាប្រូតេអ៊ីន ហើយបន្ទាប់មកត្រូវបានលាយជាមួយជាតិកាល់ស្យូមអ៊ីដ្រុកស៊ីដដែលត្រូវបានគេហៅថាទឹកដោះគោនៃកំបោរ។ ពពុះឧស្ម័នកាបូនឌីអុកស៊ីតក៏អាចត្រូវបានណែនាំនៅក្នុងដំហាននេះដើម្បីបន្ថយជាតិអាល់កាឡាំង និងធ្វើឱ្យទឹករំអិលកាបូនឌីអុកស៊ីតធ្លាក់ ដែលត្រូវបានត្រងដើម្បីបន្សុទ្ធទឹក។

ដំណើរការបំភ្លឺជាធម្មតាចំណាយពេលច្រើនម៉ោង។ នៅចុងបញ្ចប់សារធាតុរាវត្រូវបានយកចេញពីបាតធុងហើយទឹកត្រូវបានយកចេញពីកំពូល។ តម្រងទីពីរត្រូវបានប្រើដើម្បីទាញយកជាតិស្ករដែលនៅសេសសល់ពីកាកសំណល់ នេះផលិតសម្ភារៈមួយ ដែលគេហៅថាភក់ដែលអាចប្រើនៅពេលក្រោយដើម្បីជីជាតិដី។

បន្ទាប់មកទឹកដែលបានបញ្ជាក់ ត្រូវបានដាំឱ្យពុះជាស៊េរីនៃម៉ាស៊ីនបង្ហួតធូលី រហូតដល់វាមានជាតិស្ករពី ៥០-៦៥% ។ ឧបករណ៍រំញោចជាបន្តបន្ទាប់នីមួយៗ នៅក្នុងស៊េរីមានសម្ពាធខ្វះចន្លោះខ្ពស់ជាងឧបករណ៍រំញោច មុនដែលជាលទ្ធផលធ្វើឱ្យស៊ីរ៉ូស្ករ ពុះនៅសីតុណ្ហភាពទាបបន្តិចម្តង ៗ នៅពេលវាឆ្លងកាត់ដំណើរការ។ ដីល្បាប់ត្រូវបានរអិលចេញពីផ្នែកខាងលើនៃរំហួត ដោយប្រើស្តីមដែលផលិតទឹកស៊ីរ៉ូស្ករក្រាស់គ្មានពណ៌។

ង. ការធ្វើឱ្យឡើងគ្រីស្តាល់

ក្នុងដំហានបន្ទាប់ក្នុងដំណើរការផលិត បន្ទះស្រូបខ្យល់តែមួយដំណាក់កាល ត្រូវបានប្រើដើម្បីហួតស៊ីរ៉ូរហូតដល់វាពោរពេញ ទៅដោយគ្រីស្តាល់ស្ករដែលត្រូវបានបង្កើតឡើង តាមរយៈដំណើរការដែលគេហៅថាការបណ្តុះគ្រាប់ពូជ។ សូលុយស្យុងទឹកដោះគោ ដែលមានជាតិសុសកូសសុទ្ធត្រូវបានព្យួរនៅក្នុងអាល់កុលនិងគ្លីសេរីន គឺជាគ្រាប់ដែលត្រូវបានបន្ថែមបន្តិចម្តង ៗ ទៅក្នុងស៊ីរ៉ូ។ គ្រាប់ធញ្ញជាតិតូចៗដែលមាននៅក្នុងសូលុយស្យុង ដើរតួនាទីជាស្នូលដែលជួយទាញជាតិស្ករនៅក្នុងដំណោះស្រាយហើយបំលែងវាទៅជាគ្រីស្តាល់។ នៅពេលដែលល្បាយនេះ ត្រូវបានដាំឱ្យពុះនៅក្នុងខ្វះខ្វះចន្លោះទឹកហួត ហើយគ្រីស្តាល់ស្ករបន្តលូតលាស់ទៅជាម្សៅ ដែលគេហៅថាម៉ាសេសយ្យូតដែលជាល្បាយស៊ីរ៉ូក្រាស់និងគ្រីស្តាល់ស្ករ។ បន្ទាប់មកល្បាយនេះត្រូវបានផ្ទេរទៅក្នុងកុងតឺន័រធំមួយ ដែលគេហៅថាគ្រីស្តាល់ ដែលម៉ាស្កាយត្រូវបានកូរនិងធ្វើឱ្យត្រជាក់បន្តិចម្តង ៗ បន្តដំណើរការគ្រីស្តាល់។

ច. ការធ្វើប្រើកម្លាំងចាកផ្ចិត

ដើម្បីញែកម៉ាស្កាយ្យូតទៅជាគ្រីស្តាល់ស្ករ និងស្ករសម៉ាសម៉ាស្កាយត្រូវបានបន្ថែមទៅក្នុងម៉ាស៊ីនបូម centrifuge ដែលមានល្បឿនលឿន។ ម៉ាស៊ីនបូម centrifuge ដែលបង្វិលពី ១.០០០ ទៅ ២.៨០០ បដិវត្តន៍ក្នុងមួយនាទីមានកន្ត្រករាងស៊ីឡាំងដែលធ្វើពីដែក។ ក្នុងកំឡុងពេលផ្ចិតផ្ចង់ទឹករំអិលហៀរចេញពីកន្ត្រក centrifuge ដែលមានជួរហើយត្រូវបានទាញទៅខាងក្រៅនៃ centrifuge ដែលវាត្រូវបានយកចេញហើយបញ្ជូនទៅធុងផ្ទុក។ ស្ករត្រូវបានរក្សាទុកនៅក្នុងកន្ត្រក centrifuge ។ ទឹកនិទាឃរដូវត្រូវបានប្រើដើម្បីលាងគ្រីស្តាល់ នៅពេលដែលវាត្រូវបានដាក់កណ្តាល។

ឆ. ការសម្ងួតនិងការវេចខ្ចប់

គ្រីស្តាល់ស្ករសើមត្រូវបានស្ងួតហួតហែង ក្នុងម៉ាស៊ីនសម្ងួតខ្យល់ក្តៅ ដែលមានសំណើមរហូតដល់ ០.០២%។ បន្ទាប់មកស្ករត្រូវបានរំកិលយ៉ាងទន់ភ្លន់តាមខ្យល់ក្តៅក្នុងម៉ាស៊ីនលាយ។ បន្ទាប់មកគ្រីស្តាល់ស្ងួតត្រូវបានបំបែកទៅជាទំហំខុសៗគ្នា តាមរយៈអេក្រង់រំញ័រហើយដាក់ក្នុងធុងផ្ទុក។ ទីបំផុតស្ករត្រូវវេចខ្ចប់ជូនអតិថិជន (IFT, 2020)

https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues
/2020/july/columns/processing-how-sugar-is-processed ។

១. ជ្រើសរើសរុក្ខជាតិអំពៅដែលមានសុខភាពល្អ។ អំពៅងាយស្រួលរកបំផុតនៅរដូវប្រមូលផលនៅចុងរដូវក្តៅ និងដើមរដូវស្លឹកឈើជ្រុះ។ ប្រសិនបើអ្នកមិនអាចរកឃើញដើមអំពៅនៅមជ្ឈមណ្ឌលសួនច្បារក្នុងតំបន់ របស់អ្នកទេវាច្រើនអាចរកបាន នៅតាមដងផ្លូវនិងផ្សារកសិករ។ គ្រឿងទេសអាស៊ីច្រើនតែស្តុកទុកអំពៅ។

- រកមើលដើមក្រាស់វែងដែលងាយនឹងបង្កើតរុក្ខជាតិថ្មីដែលមានសុខភាពល្អ។
- ដើមមានសន្លាក់ហើយរុក្ខជាតិថ្មីនឹងដុះចេញពីមែកនីមួយៗ។ ដោយចងចាំរឿងនេះសូមទិញដើមច្រើនតាមដែលអ្នកត្រូវការដើម្បីផលិតដំណាំទំហំដែលអ្នកចង់បាន។

២. ពុះដើមអំពៅជាបំណែក ៗ ដែលមានប្រវែងជើង។ ទុកសន្លាក់បីទៅបួនក្នុងមួយដុំដើម្បីឱ្យវាមានលទ្ធភាពដែលដុំនីមួយៗនឹងបង្កើតពន្លកពីរបី។ ប្រសិនបើដើមមានស្លឹកឬផ្កាសូមទៅមុខហើយយកវាចេញ។

៣. ជីករណ្តៅនៅកន្លែងដាំដែលមានពន្លឺថ្ងៃ។ ដើមអំពៅត្រូវបានដាំដោយផ្តេកនៅសងខាងក្នុងរណ្តៅជម្រៅ ៤ អ៊ីញឬលេណដ្ឋាន។ ពួកគេត្រូវការពន្លឺព្រះអាទិត្យពេញលេញដូច្នេះជ្រើសរើសតំបន់ដែលមិនមានស្រមោល។ ជីករណ្តៅឱ្យវែងល្មមដើម្បីឱ្យសមនឹងអំពៅនីមួយៗដែលអ្នកកំពុងដាំហើយដកចន្លោះពីគ្នាមួយហ្វីត។

៤. ផ្តល់សំណើមដល់រន្ធរោម។ ប្រើទុយោដើម្បីធ្វើឱ្យដីមានសំណើមបន្តិចដើម្បីរៀបចំវាសម្រាប់អំពៅ។ ត្រូវប្រាកដថាទឹកបានហូរហើយគ្មានភក់ដែលនៅសល់មុនពេលអ្នកដាំ។

៥. ដាំអំពៅ។ ដាក់ដើមផ្តេកទៅក្នុងរណ្តៅ។ គ្របដណ្តប់ពួកវាជាមួយដី។ កុំដាំដើមឱ្យត្រង់បើមិនដូច្នោះទេវានឹងមិនលូតលាស់ទេ https://www.wikihow.com/Plant-Sugar-Cane ។

៤.៣ ប្រភពស្ករ beet

ស្ករ beet ជារុក្ខជាតិតំបន់អាកាសធាតុបង្គួរ ស្ករ beet ត្រូវបានដាំដុះពាសពេញទ្វីបអឺរ៉ុប សហរដ្ឋអាមេរិក កាណាដា និង U.S.S.R។ សម្រាប់ផលិតកម្មស្ករវាត្រូវបានគេដាំនៅនិទាឃរដូវ និងប្រមូលនៅរដូវស្លឹកឈើជ្រុះដូចគ្នា។ គ្រាប់ពូជនេះត្រូវបានដាំជាជួរនៅប្រហែល ៦០,០០០ រុក្ខជាតិក្នុងមួយហិកតា។ រហូតមកដល់ដើមទសវត្សឆ្នាំ ១៩៦០ គ្រាប់ពូជនីមួយៗមានផ្ទុកនូវមេរោគមួយចំនួនហើយបង្កើតជារុក្ខជាតិជាច្រើនដែលបន្ទាប់ពីពន្លកត្រូវបាន" ទម្លាក់" ដោយដៃទៅមួយប៉ុន្តែចាប់តាំងពីឆ្នាំ ១៩៦៥ អ្នកបង្កាត់ពូជរុក្ខជាតិបានបង្កើតគ្រាប់ពូជមួយដែលផ្តល់នូវរុក្ខជាតិតែមួយ។ ដំណើរការផ្សេងទៀតដូចជា drilling ការដកស្មៅ និង fertilising ត្រូវបានអនុវត្តតាមមេកានិច។ Beet ត្រូវទទួលរងការវាយប្រហារពីសត្វល្អិតមួយចំនួនដែលក្នុងនោះអាក្រក់បំផុតគឺសង្កើចព្រៃដែលជាអ្នកផ្ទុកមេរោគដែលមានឈ្មោះថាវីរុស yellows ដែលជះឥទ្ធិពលយ៉ាងធ្ងន់ធ្ងរដល់ទិន្នផលហើយត្រូវតែគ្រប់គ្រងដោយការបាញ់ថ្នាំ។ ចំនួនស្ករក៏ត្រូវបានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងដោយការប្រើជី។ វាមិនដែលដាំក្នុងរយៈពេល ២ ឆ្នាំក្នុងចំការតែមួយទេប៉ុន្តែវាត្រូវបានដាំផ្លាស់ជាមួយគ្រាប់ធញ្ញជាតិ និងដំណាំផ្សេងទៀត។ មុនពេលថ្ងៃនៃ beet, ធញ្ញជាតិត្រូវបានបង្វិលជាមួយ mangolds និង turnips ប៉ុន្តែវាមានតម្លៃថ្លៃណាស់ក្នុងកម្លាំងពលកម្ម ហើយឬសគល់អាចត្រូវបានប្រើជាចំណីគោក្របី។ នៅដើមដំបូងកសិករត្រូវបានបញ្ចុះបញ្ចូលឱ្យផ្លាស់ប្តូរទៅជា beets ។ ចំណែកអំពៅវិញផ្ទុកស្ករនៅក្នុង stalk beet ស្តុកទុកនៅក្នុងឬស។ ការប្រមូលផលជាធម្មតាចាប់ផ្តើមនៅពាក់កណ្តាលខែកញ្ញាហើយបន្តរហូតដល់ចុងឆ្នាំ។ បន្ទាប់ពីនេះ beet ត្រូវទទួលខុសត្រូវ ចំពោះការធ្វើឱ្យខូចគុណភាពយ៉ាងឆាប់រហ័ស ប្រសិនបើអាកាសធាតុមានសន្សើមកកត្រូវបានអមដោយរលាយ ទោះបីជានៅក្នុងបណ្តាប្រទេសអឺរ៉ុប យុទ្ធនាការនេះអាចបន្តរហូតដល់

ចុងខែធ្នូ។ ការប្រមូលផលត្រូវបានអនុវត្តទាំងស្រុង ជាមួយម៉ាស៊ីនដែល beet ខាងឆ្វេង កំពូលវា និងចំនីនៅក្នុងទងវា។ កំពូលពណ៌បៃតងត្រូវបានប្រើជាចំណីសត្វ។ បន្ទាប់ពីប្រមូលផលរួច beet ត្រូវបានបញ្ជូនដោយផ្ទាល់ទៅរោងចក្រឬរក្សាទុកក្នុង clampsunder straw នៅតាមដងផ្លូវរហូតដល់រោងចក្រអាចទទួលបាន។ តាំងពីតូចចាប់ផ្តើម ៦០ ឆ្នាំមុនម៉្លេះស្ករ beet បានក្លាយជាកត្តាចំបងក្នុងការធ្វើកសិកម្មនៅអឺរ៉ុប និងសហរដ្ឋអាមេរិក។ វាគឺជាដំណាំសាច់ប្រាក់ដោយសារតែធម្មជាតិនៃ ឫសរបស់វាដែលមានឫសវែងដូចខ្សែស្រឡាយ វាធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនៃគុណភាពដី។ ទិន្នផលគ្រាប់ធញ្ញជាតិក្នុងមួយហិកតាបានកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំង ដោយការណែនាំរបស់ beet ជាដំណាំវិលជុំ។

៥.ផលិតផលស្ករមកពីអំពៅ

៥.១ លក្ខណៈទូទៅ

អំពៅកាន់តែយ៉ាប់យ៉ឺនយ៉ាងឆាប់រហ័សពីដីដែលវាត្រូវបានគេកាត់ហើយ គួរតែត្រូវបានដំណើរការឱ្យបានឆាប់ តាមដែលអាចធ្វើទៅបាន។ មេតាណុលសាមញ្ញមួយ (កំពុងប្រើក្នុងបណ្តាប្រទេសកំពុងអភិវឌ្ឍន៍ទាប)។ សមត្ថភាពផលិតអំពៅ ១-៥ តោនក្នុងមួយថ្ងៃ។ រោងចក្រធំបំផុតអាចធ្វើបានកិនជារួន ២០.០០០ តោនក្នុងមួយថ្ងៃ។ សំណឹកមួយមានរយៈពេលពី រង្វង់ ៥ ទៅ ៨ រនាំងនិងក្នុងចំណោម ១០ ដែលហៅថា" Campaign" ។

៥.២ ដំណើរការនៃស្ករអំពៅ

នៅរោងចក្រ អំពៅត្រូវបានសំអាតពីស្នាមឆ្កូត និងបញ្ហាដែលមិនចង់បានផ្សេងទៀតហើយឆ្លងកាត់ដំបូង កាំបិតកាត់ដើម្បីដង្កៀបឡើងរឹងនិងឆ្នូតស្នូលខាងក្នុង។ បន្ទាប់មកវាត្រូវបានកំទេចប្របាច់ហើយក្រឡុក នៅក្រោមសម្ពាធខ្ពស់ហើយបាញ់ដោយទឹកក្តៅ ។ ទឹកពីស្ថានីយ៍នេះត្រូវបានកំដៅហើយបានបន្ថែមកំបោរ។ នេះគឺជាការច្រោះដីនៅក្នុងតម្រងធូលី, ស្លឹក។ទឹកដែលបានបញ្ជាក់ច្បាស់ដែលត្រូវបានប្រមូលផ្តុំដោយការហួត។ ទឹកត្រូវបានដាំឱ្យពុះនៅក្នុងខ្វះដែលគេឱ្យឈ្មោះថាចំហុយក្រោមការបូមធូលីរហូតដល់មានលាយឬ «massecuite1» នៃគ្រីស្តាល់និងទឹក ស៊ីរ៉ូត្រូវបានផលិត។ បន្ទាប់មកល្បាយនេះត្រូវបានរៀបចំឡើងជាម៉ាស៊ីនជាចំងាយដើម្បីបំបែកគ្រីស្តាល់ស្ករ (ស្ករអំពៅឆៅ)មកពីពស៊ីរ៉ូសំណល់ (cane molasses) ។ស្ករអំពៅខ្លះត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងស្រុក ប៉ុន្តែមានសមាមាត្រធំជាង ត្រូវបានដឹកជញ្ជូនទៅជាស្ករអំពៅឆៅ (មិនមែនជាអំពៅ) ទៅកាន់ទីក្រុង metropolitan តំបន់ដែលមានទីផ្សារសំខាន់ៗ។

៥.៣. ផលិតផលបន្ទាប់បន្សំនៃស្ករអំពៅ

ម៉ូឡាសត្រូវបានបម្លែងទៅជាជំបែរបស់ rum និងមេជំបែរទៅក្នុងអាហារសត្វ។ បាកាស ដែលជាកាកសំណល់ជាតិកាកសំណល់អំពៅ ត្រូវបានប្រើជាចម្បងជាឥន្ធនៈនៅក្នុងរោងចក្រ។ ខ្លះត្រូវបានបម្លែងទៅជាក្រដាសនិងក្តារអាគារ។ ភក់ពីតម្រង គឺត្រូវបានគេប្រើជាជីនៅក្នុងកសិដ្ឋានដាំអំពៅ។

៦. ផលិតផលស្ករដែលផលិតមកពីផែថាវពណ៌ក្រហម(Beet)

៦.១. រោងចក្រផលិតស្ករពីផែថាវក្រហម(Beet)

រោងចក្រផលិតអំពៅនិងរោងចក្រផលិត beet មានភាពប្រហាក់ប្រហែលគ្នា។ រោងចក្រទាំងពីរទាញយកជាតិស្ករចេញពីរុក្ខជាតិដូចគ្នា តែអំពៅគឺជាវត្ថុធាតុដើម ដែលពិបាកនិងធ្វើ ទម្រាំផលិតបានជាស្ករ។ ចំណែកឯផែថៅក្រហម គឺទន់ ហើយកោសិការបស់វាអាចត្រូវបានបំបែកជាកំទេចតូចៗបានស្រួលជាងអំពៅ។

៦.២ ដំណើរការផលិត

Sucrose ត្រូវបានសំយោគដោយដំណើរការនៃធម្មជាតិនៅក្នុងមើម beet ហើយដំណើរការផលិតសំខាន់បំផុតមួយ នៃការបំបែកជាតិស្ករនៅទីបំផុត ក្នុងទម្រង់សុទ្ធពីវត្ថុធាតុផ្សេងៗ ដែលវាត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់នៅក្នុងឫស beet ។

តាមរយៈរូបភាពដែលបង្ហាញខាងលើ មនុស្សម្នាក់អាចឃើញថាដំណើរការបនេះយូរនិងស្មុគស្មាញត្រូវបានទាមទារសម្រាប់ការ ផលិតស្ករ Beet ។ រដូវកាលនៃការផលិតវាពិតប្រាកដគឺខ្លីណាស់ចាប់ពីពាក់កណ្តាលខែកញ្ញារហូតដល់ចុងខែធ្នូដែលមានរយៈពេលប្រហែល ៨០ ថ្ងៃ។ រោងចក្រស្ករពីផែថាវក្រហមធ្វើការជាបន្តបន្ទាប់ក្នុងអំឡុងពេលនេះដំណើរការនឹងកើតឡើងទាំងយប់ទាំងថ្ងៃ។

ទោះបីជាមិនត្រូវបានបង្ហាញនៅក្នុងសន្លឹកលំហូរក៏ដោយ ក៏មានផ្ទះឡចំហាយផ្ទះថាមពលនិងឧបករណ៍ជំនួយរបស់វាដែរ។ ចំហាយទឹកជាច្រើនត្រូវបានប្រើ ក៏ដូចជាទឹកច្រើន និងការផ្គត់ផ្គង់ធ្យូងថ្មប្រេងឬឧស្ម័នធម្មជាតិកូកាកូឡានិងថ្មកំបោរក៏ចាំបាច់ផងដែរ។

ការស្រូបយកថាមពលមានភាពខុសគ្នាចន្លោះពី ១៤០ ទៅ ១៨០kW/១០០ tones នៃ beet worked /២៤h។ ការប្រើប្រាស់ទឹកជាមធ្យមចាប់ពី ៨០០ ទៅ ១០០០ tones / ១០០០tones of beet worked និងប្រេង ៤ ទៅ ៤.៥ តោន ឬធ្យូង ៦ ទៅ ៨ តោននៅលើមូលដ្ឋានតែមួយ [" Notebook - sugar course 1958", Mouris, E., p.10 to 24, School voor Suikerindustrie, Amsterdam (1958)]។

៦.២.១. ការផ្គត់ផ្គង់ស្ករផែថាវ

អ្នកដាំផ្តល់ជូននូវផលដំណាំរបស់ពួកគេទៅស្ថានីយ៍សត្វ ដែលមានទីតាំងនៅតាមរោងចក្រនីនៅទីតាំងចំហៀងផ្លូវដែកងាយស្រួល ដែលស្ថិតិនៅក្នុងទីតាំងប្រមូលផល។ ក្រោយមក beets ត្រូវបានផ្ទេរទៅរទេះរុញ ឬឡានដឹកទំនិញសម្រាប់ដឹកជញ្ជូនទៅផ្នែកខាងរោងចក្រ។ នៅពេលមកដល់កន្លែងធ្វើការ beets ត្រូវបានថ្លឹងនិងដាក់ចូលទៅក្នុង silos ឬប្រព័ន្ធលំហូរ។

៦.២.២ ការរៀបចំ Beet សម្រាប់ការសាយភាយ

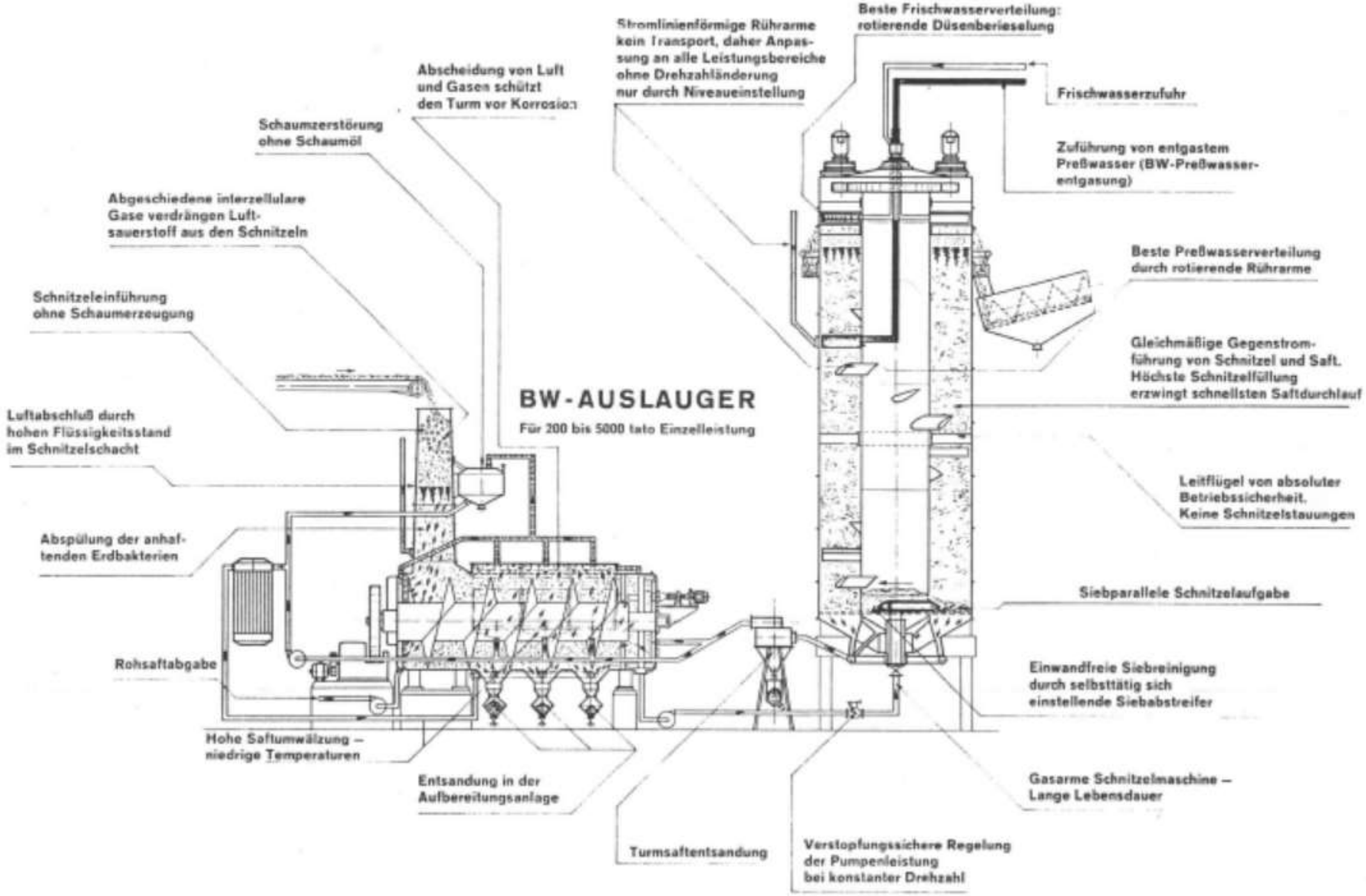
៦.២.២.១ ការបូមស្ករផែថាវ

ចាប់យក Beet ហើយកាត់ទំលាក់ឫសចូលក្នុងម៉ាស៊ីនលាងសំអាត។ម៉ាស៊ីនលាងសំអាតនេះមានប្រឡោះបើកចំហ ដែលមានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលនឹងដែបង្វិល ដើម្បីដកជាតិ ដី ថ្មតូចៗ លោះជាតុ និងកំទេចកំទីផ្សេងៗ។បន្ទាប់ពីធ្វើការលាងសំអាត Beet រួចមក, វាត្រូវបានលើកដោយជណ្ដើរយន្តប្រភេទធុង ទៅកាន់ជាន់លើនៃអាគារដែលជាកន្លែងដែលពួកគេត្រូវបានគេដាក់បញ្ចូលទៅក្នុងបណ្តុំនៃការផ្គត់ផ្គង់នៅលើកំរាលឥដ្ឋ។

៦.២.២.២ ការផលិតស្ករស Beet តម្រូវឱ្យមានការកាត់ Beet ទៅជាចំណិតៗ ផ្តល់ជូននូវសន្លឹកអាត់ដ៏ធំមួយនៅពេលមានទំនាក់ទំនងជាមួយទឹកក្នុងកំឡុងពេលចម្រាញ់ចេញ ត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាដំណើរការនៃការសាយភាយ។ ចំណិតនៃ beets ត្រូវបានគេហៅថា "cossettes" ដែលមានប្រវែងពី ០,០៧៥ ទៅ ០,១០ ម៉ែត្រមានកម្រាស់ប្រហែល ៣ ម។

៦.២.៣. ការលាយបញ្ចូលគ្នា

ចំណិតផែថាវដែលបានចិតរួចបន្ទាប់ពីថ្លឹង ហើយត្រូវបានដាក់ចូលក្នុង diffuser បន្ត។ ចំណិតផែថាវត្រូវបានបញ្ជូនឡើងចូលទៅក្នុង diffusion tower (ប្រព័ន្ធ BMA = Braunschweigische Maschinenbau Anstalt ឬ Buckau = Buckau R. Wolf) ឬនៅលើបណ្តោយបន្ទះសំណាញ់វែង (ប្រព័ន្ធ DdS = De danske Sukkerfabrikker) ។ ទឹកក្តៅហូរពីលើចុះក្រោមបញ្ច្រាសទៅចំណិតផែថាវធ្វើចលនាហូរចេញពីឧបករណ៍បំបែកនៃ diffuser ទៅជាទឹកផែថាវ។ ចំណិតផែថាវស្ងួតដែលបានចេញពី diffuser ជាកាក។ ក្នុងអំឡុងពេលដំណើរការនេះទឹកនិងទឹកផែថាវត្រូវបានកំដៅដោយឧបករណ៍ផ្លាស់ប្តូរកំដៅដើម្បីទទួលបានការចម្រាញ់ដែលល្អ (រូប៦.៦)។



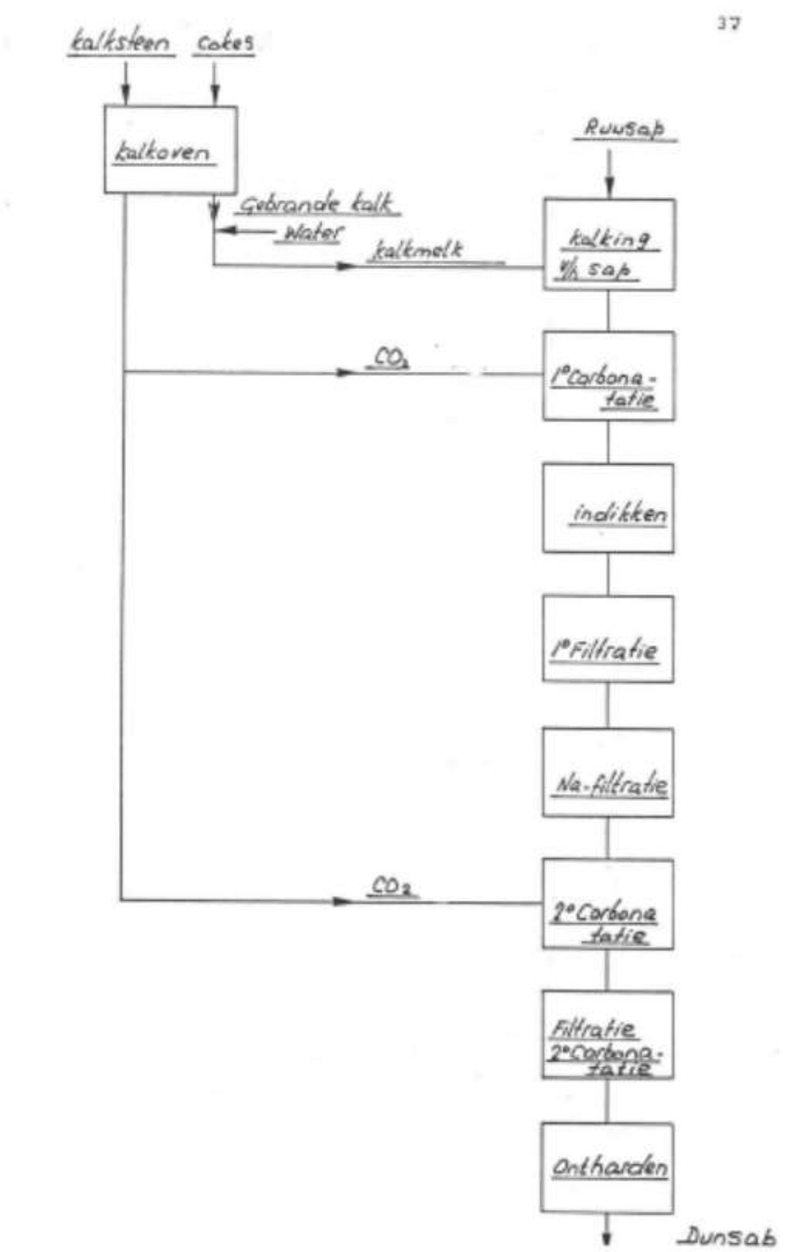
រូប ៦.៦ ការលាយបញ្ចូលគ្នា

៦.២.៤. ការលាយទឹកដមឬទឹកដមឆៅបញ្ចូលគ្នា

ទឹកដមឆៅ មានពណ៌ប្រផេះស្រាលៗមានជាតិអាស៊ីតតិចមានផ្ទុកសារធាតុស្ងួតប្រហែល ១២ ទៅ ១៥% និងប្រហែល ៨៨ ទៅ ៩០% នៃជាតិស្ករក្នុង ១០០ នៃផៃថាវ។

៦.២.៥. ការសន្សុទ្ធទឹកដម

៦.២.៥.១. ទឹកដោះគោជូរដើម្បីបន្សាបនិងបន្សុទ្ធទឹកផៃថាវត្រូវបានកូរមុនពេលបញ្ជូនទៅដំណើរការបន្ទាប់ (រូប៦.៨)។



រូប ៦.៨ ការបន្សុទ្ធទឹកដម

៦.២.៥.២. ធុងខ្ពស់មានផ្ទុកទឹកដមឆៅ ដែលកាបូនឌីអុកស៊ីដត្រូវបានបូមចូលទៅ។

កាបូនឌីអុកស៊ីដលាយជាមួយទឹកកំបោរ CaO បន្ទាប់មកបង្កើតបានជា CaCO3 ដែលមិនអាចរលាយបាន។ ឧស្ម័នត្រូវបានអនុញ្ញាតកើតជាពពុះ រហូតដល់រយៈពេលនៃបរិមាណទឹកភេសជ្ជៈត្រូវបានកាត់បន្ថយប្រហែល 0,1% Carbonatation ទឹកភេសជ្ជៈខាប់ និងលក់ដូរល្អនៃទម្រង់ពពុះ គឺបង្កើតឡើងដោយទឹកភ្លៀងនៃអសុពលភាពសរីរាង្គ ។ អ្នកនិពន្ធខ្លះប្រើពាក្យ "កាបូន" ប៉ុន្តែនៅលើទ្វីបអឺរ៉ុបនិងនៅសហរដ្ឋអាមេរិកពាក្យនេះត្រូវបានគេប្រើជាទូទៅ ។ ឧទាហរណ៍ Oliver Lyle ក៏បានប្រើពាក្យនេះដែរ "carbonatation" នៅក្នុងសៀវភៅរបស់គាត់ដែលមានចំណងជើងថា ["Technology for sugar refinery workers", Lyle, 0., p. 26, 58, 304, Chapman & Hall, London (1957) J. "Glossarial interpretum" ["Glossary of sugar technology", Müller, C.A., p. 20 to 21, Elsevier Publishing Company, Amsterdam (1970) J. ផ្តល់អត្ថន័យដូចគ្នាចំពោះប្រធានបទនេះ ។

៦.២.៥.៣ ដើម្បីសម្រួលដល់ការច្រោះកាបូន

ទឹកត្រូវបានកំដៅដល់ ៩៥០ អង្សាសេ ហើយត្រងនៅក្នុងតម្រងសង្កត់ឬនៅក្នុងតម្រងធុងសុញ្ញអាកាសដែលដកចេញល្បាប់មានផ្ទុក CaCO3 និងមិនមានជាតិស្ករprecipitated ក្នុងកំឡុងពេលកាបូនដំបូងដំណើរការ ទឹកមានពណ៌លឿងស្រាល ហើយនៅតែមានបរិមាណកាបូនបន្តិចបន្តួចនៅក្នុងសូលុស្យុង។ ដូច្នេះវាត្រូវទទួលរងបន្ទាប់ដំណើរការកាបូនជាមួយកាបូនឌីអុកស៊ីតនិងច្រោះ CaC03 ត្រូវបានច្រោះជាថ្មីក្នុងដំណើរការតម្រងច្រោះ ។

៦.២.៥.៤ Sulfidation (ស្ពាន់ធ័រ)

លទ្ធផលទឹកភេសជ្ជៈឆ្លងកាត់ការសម្អាតជាមួយហ្គាស ៨០២ (ស្ពាន់ធ័រ) សម្រាប់ decolorization បន្ថែមហើយត្រូវបានត្រងម្តងទៀតនៅក្នុងតម្រង ។ នេះជាលទ្ធផលទឹកពណ៌លឿងស្រាល(ទឹកស្តើង) មានសារធាតុស្ងួតប្រមាណ ១៥% ។ បញ្ហាស្ងួតនេះ មានផ្ទុកនូវជាតិស្ករសុទ្ធ ៩៥ ភាគរយនិង ៥ ភាគរយនៃជាតិស្ករ។

៦.២.៦ ប្រតិបត្តិការរំហួត(Evaporation station)

ឧបករណ៍ហួតដែលមានប្រសិទ្ធិភាពបីដងឬបួនដងត្រូវបានប្រើដើម្បីយកទឹកដែលលើសនៅក្នុងទឹកស្តើងចេញ។ រូបភាពទី ៦ ~ ៩ ។ ពួកវាដំណើរការដូចខាងក្រោម: ឧបករណ៍ហួតដំបូងត្រូវបានកំដៅ ដោយចំហាយផ្សេងពីម៉ាស៊ីនផលិតម៉ាស៊ីន turbo ដែលនៅលើការផ្តល់កំដៅរបស់វាទៅទឹកស្តើង , condenses ។ ចំហាយដែលផលិតចេញពីទឹកហូរឆ្លងកាត់ទៅកំដៅ ទីពីរដំណើរការត្រូវបានធ្វើម្តងទៀតសម្រាប់ទីបីនិងទីបួនប្រសិនបើត្រូវបានប្រើ ។ កំដៅដែលបានផ្តល់ឱ្យបន្ទាប់មកទៀតការរួមតូចរបស់ចំហាយទឹកនេះបង្កើតជាសម្ពាធទាបជាងទឹកដូច្នេះកាត់បន្ថយសីតុណ្ហភាពរំពុះនៃទឹកផ្លែឈើ ។ ទឹកដែលទុកឱ្យហួតចុងក្រោយត្រូវបានគេហៅថា "កម្រាស់នៃទឹក" និងមានសារធាតុស្ងួត 65% ។ សារធាតុ ស្ងួតមានជាតិស្ករ ៩៤ ភាគរយនិងជាតិស្ករមិនមែន ៦ ភាគរយ ។

៦.២.៧ ការធ្វើឱ្យឡើងគ្រីស្តាល់

កម្រាស់នៃទឹកផ្លែឈើពីប្រតិបត្តិការរំហួតនិងស្រាដែលលាយពីស្ករមធ្យម និងស្ករលាយទាប (ត្រូវបានលាយបញ្ចូលគ្នា) ត្រូវបានលាយបញ្ចូលគ្នា; ជំនួយតម្រងត្រូវបានបន្ថែម ជាធម្មតាផែនដី diatomaceous និងការច្រោះ bright ដូចខាងក្រោម។ ស្រាដែលបានច្រោះឬស្រាស្តង់ដារផ្តល់នូវសម្ភារៈផ្តល់ចំណីសម្រាប់ខ្ទះម៉ាស៊ីនបូមទឹកពុះនៃផលិតផលទីមួយ។ ធើងបូមធូលីជាធម្មតាគឺជានាវាដែលមានបាតរាងសាជីភ្ជាប់ជាមួយ condenser ។ ខ្លឹមសារនៃខ្ទះបូមធូលី ត្រូវបានគេហៅថាម៉ាស ហើយមានម៉ាសគ្រីស្តាល់ (៥0%) និង ស្រាសុទ្ធ ។

៦.២.៨ ការប្រើកម្លាំងចាកផ្ចិត

ការបំបែកគ្រីស្តាល់ suqar ពី massecuite ត្រូវបានធ្វើនៅក្នុង centrifuge ដែលត្រូវបានបង្វិលយ៉ាងឆាប់រហ័ស(ប្រហែល ១000 rpm) ~ ស្ករបញ្ឈរជាមួយ walls ដែលអាចបំបែកបាន ។ ផលស៊ូការនេះបន្ទាប់ពីស្ងួតនិងស្រ្តីនគឺជាផលិតផលចុងក្រោយគឺស្ករ Qranulated ។

៦.២.៧ Crystallization

កម្រាស់នៃទឹកផ្លែឈើពីប្រតិបត្តិការរំហួតនិងស្រាដែលលាយពីស្ករមធ្យម និងស្ករលាយទាប (ត្រូវបានលាយបញ្ចូលគ្នា) ត្រូវបានលាយបញ្ចូលគ្នា ជំនួយតម្រងត្រូវបានបន្ថែម ជាធម្មតាផែនដី diatomaceous និងការច្រោះ bright ដូចខាងក្រោម។ ស្រាដែលបានច្រោះឬស្រាស្តង់ដារ ផ្តល់នូវសម្ភារៈផ្តល់ចំណីសម្រាប់ខ្ទះម៉ាស៊ីនបូមទឹកពុះនៃផលិតផលទីមួយ។ ធើងបូមធូលីជាធម្មតាគឺជានាវា

ដែលមានបាតរាងសាជីភ្ជាប់ជាមួយcondenser ។ ខ្លឹមសារនៃខ្ទះបូមធូលី ត្រូវបានគេហៅថាម៉ាស ហើយមានម៉ាសគ្រីស្តាល់ (៥០ភាគរយ) និងស្រាសុទ្ធ ។

៦.២.៨ ការប្រើកម្លាំងចាកផ្ចិត

ការបំបែកគ្រីស្តាល់ suqar ពី massecuite ត្រូវបានធ្វើនៅក្នុង centrifuge ដែលត្រូវបានបង្វិលយ៉ាងឆាប់រហ័ស(ប្រហែល ១០០០ rpm) ~ ស្ករបញ្ឈរជាមួយ walls ដែលអាចបំបែកបាន ។ ស្ករនេះបន្ទាប់ពីស្ងួតនិងស្ត្រីនគឺជាផលិតផលចុងក្រោយគឺស្ករ Qranulated ។

៦.២.៩ កម្រិតមធ្យមឬស្ករស

ស៊ីរ៉ូផ្តុំចេញជាសសៃប្រសាទពណ៌សឬស្ករត្រូវបានគេស្គាល់ថាខ្ពស់ ឬស៊ីរ៉ូនិងផ្តល់ចំណីចន្លោះខ្ពង់សម្រាប់វិក័យប័ត្រទីពីរឬមធ្យម ។ ដំណើរការវិក័យប័ត្រកម្រិតមធ្យមនិងមាតិកានៃផើងបូមធូលី ត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា B- massecuite ។ ការបំបែកកណ្តាលនៃម៉ាសមធ្យម ឬ B- massecuite ផ្តល់នូវស្ករសមួយក្នុងចំណោមស្ករពីរដែលបន្ទាប់ពីរលាយត្រូវបានប្រើដើម្បីធ្វើស្រាស្តង់ដារ ។

៦.២.១០ ថ្នាក់ទីទាប ឬស្ករស

ស៊ីរ៉ូពីអាចជួយផ្គត់ផ្គង់ដល់ចំណីទី ៣ C-crystal ដំណើរការ lization ។ Massecuites C-vacuum (បំពង់ទឹកក្តៅ)ត្រូវបានធ្វើឡើងពី ១៦ ទៅ ៥០ ម៉ោងនៅក្នុង crystallizes ដែលសីតុណ្ហភាពត្រូវបានបន្ទាបចុះអនុញ្ញាតឱ្យពេលវេលាសម្រាប់អត្រា crystallize យឺតៗ នៅក្នុងសម្ភារៈបរិសុទ្ធទាបនេះដើម្បីធ្វើឱ្យខូចដល់អ្វីៗទាំងអស់ អាចធ្វើទៅបាន ។ ពពុះទឹកនេះមានទឹក ២០% រីឯអង្គធាតុស្ងួតមាន ៦០ ផ្នែកនៃសាគូរ៉ានិង ៤០ ផ្នែក ។

៦.២.១១ ផលិតផលស្ករសចុងក្រោយ

ស្ករពណ៌សដែលរលាយត្រូវបានគេវេចខ្ចប់ឬទុក នៅក្នុងស៊ីឡូសម្រាប់កញ្ចប់ឬការលក់ដុំនៅពេលក្រោយ ។ វាក៏អាចធ្វើទៅបានដើម្បីផលិតស្ករសរាវ និងស្កររលាយពីផលិតផលដែលបានផលិត ។ ជាទូទៅមានការប្រើប្រាស់ច្រើននៃការស្តុកស្ករក្នុងទ្រង់ទ្រាយធំនាពេលថ្មីៗនេះ។

៦.២.១២ ថាមពលនិងចំហាយទឹក

៦.២.១២.១ ការប្រើប្រាស់ចំហុយ

បច្ចុប្បន្នរោងចក្រផលិតស្ករស គឺត្រូវបានបំពាក់ដោយឡចំហាយទឹក បំពង់ទឹកប្រភេទផ្សេងៗ

គ្នា ។ ទាំងនេះគឺសាមញ្ញក្នុងការប្រៀបធៀបជាមួយឡចំហាយ នៅក្នុងស្ថានីយ៍ថាមពលចំហាយទំនើបដ៏ធំ ។ ពួកគេជាធម្មតានឹងមាន superheaters និងសេដ្ឋវិទូហើយនឹងត្រូវបានបំពាក់ជាមួយចង្រ្កានសម្រាប់ដុតប្រេងឧស្ម័នធម្មជាតិឬធ្យូងថ្ម ។

បរិមាណដ៏ច្រើននៃចំហាយត្រូវបានប្រើ សម្រាប់កំដៅទឹកសម្រាប់ការប្រមូលផ្តុំទឹកនិងសម្រាប់រំពុះនៃម៉ាស ។ សម្រាប់គោលបំណងចម្បង មានតែចំហាយសម្ពាធទាបប៉ុណ្ណោះ ដែលត្រូវបានប្រើដែលអាចទទួលបាន ដូចជាចំហាយផ្សងពីទួរប៊ីនសម្ពាធខាងក្រោយ ដែលបំពេញបន្ថែមដោយចំហាយទឹកដែលបានកាត់បន្ថយឬជាចំហាយទឹកពីរំហួត ។ ក្នុងពេលជំណាលគ្នាមានការកើនឡើង នៃថាមពលតម្រូវការទាក់ទងនឹងមេកានិចស្វ័យប្រវត្តិកម្ម និងប្រព័ន្ធបន្សុទ្ធទឹក ។

៦.២.១២.២ ការប្រើប្រាស់ថាមពល

គេគិតថាថាមពលដែលត្រូវការសម្រាប់ផលិតបាន ១០០ តោនក្នុងរយៈពេល ២៤ ម៉ោងនៅក្នុងរោងចក្រស្ករសគឺៈរោងចក្រ kW ផលិតបានពី ១៥០០ តោនទៅ ៣,០០០ តោននៃផៃថាវក្នុងរយៈពេល ២៤ ម៉ោងនិង ១៥០ kW នៅក្នុងរោងចក្រកែច្នៃបន្ថែមទៀត ។ ជាង ៣០០០ តោននៃផៃថាវក្នុងរយៈពេល ២៤ ម៉ោង ។ មានបម្រែបម្រួលបន្តិតបន្តួចនៅក្នុងសមាសធាតុ Non-Sucrose រវាង cane refined and beet refined។ វាសមាសធាតុដើមដែលមានតម្លៃខ្ពស់បំផុត ដែល cane រឺ beet គឺមានសមត្ថភាពគឺផលិតកាឡូរីច្រើនជាងដំណាំផ្សេងៗទៀត។ ស្ករគឺជាថាមពលដែលជាក់ស្តែងគ្មានសារជាតុចិញ្ចឹម គ្មានវីតាមីន គ្មានប្រូតេអ៊ីន។

៦.៣. ផលិតផលបន្ទាប់បន្សំរបស់ដៃថាវស្ករ

ផលិតផលបន្ទាប់បន្សំរបស់ផៃថាវស្ករ

ផលិតផលសំខាន់គឺសាច់ក្រៀមដែលត្រូវបានគេយកទៅស្ងួត។ ទឹកអំពៅដែលជាអនុផលសំខាន់មួយទៀតត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ជាច្រើន ដំណើរការឧស្សាហកម្ម។ ស្លឹកនិងមកុដរបស់ beet ដែលត្រូវបានកាត់កំឡុងពេលប្រមូលផល ផ្តល់នូវចំណីសត្វដ៏មានតម្លៃដល់កសិករជាច្រើន។

៦.៤. Off-Campain

ដើម្បីឱ្យដំណើរការប៊ីចេងកាន់តែច្រើន ដោយគ្មានឧបករណ៍បន្ថែមទឹកផ្លែឈើ ដែលមានជាតិផ្ទូវខ្លះត្រូវបានរក្សាទុកនៅក្នុងធុងធំ ៗ និងស្ករពីរាត្រីស្គាល់បន្ទាប់ពីយុទ្ធនាការ។ ស្ករសត្រូវបានរក្សាទុកក្នុងស៊ីឡូចំនួន ១០.០០០ តោនសម្រាប់ទីផ្សាររវាងយុទ្ធនាការមួយនិងយុទ្ធនាការមួយទៀត។ ក្នុងកំឡុងពេលបិទយុទ្ធនាការប្រជាជនដែលធ្វើការនៅក្នុងរោងចក្រ ធ្វើការជួសជុលឧបករណ៍ ដែលត្រូវតែ

អាចធ្វើការបានទាំងយប់ទាំងថ្ងៃដោយមិនឈប់ឈរ ៣ ទៅ ៤ ខែ។

៧. ការបន្សុទ្ធស្ករដើម

៧.១. រោងចក្រចម្រាញ់ស្ករ

ខណៈពេលដែលរោងចក្រស្ករស មានទីតាំងស្ថិតនៅកណ្ដាល តាមដែលអាចធ្វើទៅបាននៅក្នុងតំបន់ដែលកំពុងលូតលាស់រោងចក្រចម្រាញ់ប្រេង ត្រូវបានដាក់នៅតាមកំពង់ផែទឹកជ្រៅ ដូចជាទីក្រុងឡុងដ៍ទីក្រុងលីវើភូលនិងញូវយ៉កនិងអតីតទីក្រុងអាំស្ទែរដាំ នេះគឺដើម្បីជួយសម្រួលដល់ការទទួលយកស្ករផៅនាំចូលក្នុងបរិមាណច្រើនពីនាវាដឹកទំនិញតាមសមុទ្រ។ ពួកគេក៏យកដែរនៅក្នុងស្ករ beet ផៅត្រូវបានបញ្ជូនដោយរថយន្តដឹកទំនិញធំ ៗ ឬរទេះភ្លើង។ សម្ភារៈដែលចូលក្នុងរោងចក្រចម្រាញ់មានគ្រីស្តាល់ស្ករដែលមានជាតិមិនបរិសុទ្ធនិងជាតិស្ករ ស្រទាប់ខាងក្រៅត្រូវបានធ្វើឱ្យទន់ដោយស៊ីរ៉ូក្តៅហើយល្បាយដែលហៅថាម៉ាម៉ាត្រូវបានបញ្ជូនទៅក្នុងម៉ាស៊ីនកំលាំង centrifugal ដែលជាស្គរដែលមានល្បឿនលឿនដែលអាចបំបែកបានដែលបំបែកស៊ីរ៉ូចេញពីគ្រីស្តាល់។

នៅក្នុងការបំបែកជាតិស្ករខ្លះត្រូវបានយកចេញដោយមិនបរិសុទ្ធ ហើយនេះត្រូវតែស្តារឡើងវិញ។ នៅក្នុងដំណើរការដែលគេស្គាល់ថាជា «ការស្តារឡើងវិញ» ស៊ីរ៉ូនេះឆ្លងកាត់ការពុះជាបន្តបន្ទាប់ក្រោមការញែកនិងការញែកចេញពីគ្នា។ ស្ករដែលបានរកឃើញត្រូវបានរលាយហើយបន្តឆ្លងកាត់ដំណើរការចម្រាញ់ ដោយចូលរួមជាមួយគ្រីស្តាល់ផៅដែលលាងរួច។ ស៊ីរ៉ូចុងក្រោយដែលវាមិនមានផលចំណេញក្នុងការស្តារជាតិស្ករឡើងវិញ ត្រូវបានគេហៅថាស្ករចម្រាញ់។ ទោះបីជាស្អាតខ្លះក៏ដោយក៏នៅតែមានភាពមិនស្អាតនៅក្នុងគ្រីស្តាល់ ដែលឥឡូវត្រូវបានរំលាយនៅក្នុងទឹក។

ដំណោះស្រាយត្រូវបានព្យាបាលដោយកំបោរនិងកាបូនឌីអុកស៊ីតពុះចូល។ លទ្ធផលជីសធ្វើឱ្យកខ្វក់ជាប់អន្ទាក់ដែលមានវត្តមាននៅក្នុង «ស្រា» ។ ជំនួយតម្រងជីសនិងភាពមិនបរិសុទ្ធត្រូវបានយកចេញនៅក្នុងម៉ាស៊ីនច្រោះតម្រង ហើយស្រាដែលកំពុងលេចចេញមកឥឡូវនេះមានពណ៌ភ្លឺថ្លា។ បន្ទាប់មកសារធាតុពណ៌ ដែលមិនមានជាតិផ្អែម និងសារធាតុមិនរលាយដែលរលាយស្ទើរតែទាំងអស់ត្រូវបានយកចេញ ដោយការឆ្លងកាត់ស្រាលើធ្យូង ឆ្អឹងឬគ្រាប់ធ្យូងកាបូនបន្ថយពណ៌ផ្សេងទៀត។ ឥឡូវនេះស្រាមានពណ៌ច្បាស់ហើយមានពណ៌តិច។

ដំណើរការនៃការធ្វើឱ្យគ្រីស្តាល់ និងការរៀបចំសម្រាប់វេចខ្ចប់នៅក្នុងរោងចក្រចម្រាញ់ប្រេងមានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលនឹងការប្រើប្រាស់ នៅក្នុងរោងចក្រស្ករសពេល គឺដាំឱ្យពុះនៅក្រោមកន្លែងទំនេរក្នុងខ្ទះបិទជិតជំនៅសីតុណ្ហភាពទាប ដើម្បីចៀសវាងការបង្កើតជាតិពណ៌ និងការបំផ្លាញ

ជាតិស្ករដោយកំដៅ។

ការបង្កើតឡើងវិញនូវជាតិស្ករមានរហូតដល់ពេលថ្មីៗនេះ បញ្ហារបស់ជំនាញមនុស្សគឺអ្នកវិនិច្ឆ័យ កម្រិតត្រឹមត្រូវនៃការពោរពេញទៅដោយភាពត្រឹមត្រូវ នៅក្នុងខ្ទះដែលបង្កឱ្យមានការបង្កើតគ្រីស្តាល់ដោយណែនាំគ្រីស្តាល់គ្រាប់ពូជក្នុងបរិមាណតិចតួច ហើយបន្ទាប់មកបន្តបណ្តុះគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលបង្កើតឡើងតាមទំហំ ដែលត្រូវការមុននឹងបញ្ឈប់ការហួតបំបែកធូលី និងរត់ចេញ។ Massecuite គ្រីស្តាល់និងស៊ីរ៉ូ។ ការធ្វើបញ្ជីឈ្មោះឡើងវិញដោយស្វ័យប្រវត្តិ ឥឡូវនេះត្រូវបានបង្កើតឡើង ក្នុងកម្រិតមួយដែលវាអាចជំនួសជំនាញបុរស។

គ្រីស្តាល់គឺដូចពីមុនដែរ ដែលបានបំបែកចេញពីស៊ីរ៉ូមេ នៅក្នុងម៉ាស៊ីនផ្ចិត និងស្ងួតនៅក្នុងម៉ាស៊ីនលាយ។ ខណៈពេលដែលគ្រីស្តាល់មានទំហំខុសៗគ្នា ជាធម្មតាត្រូវបានផលិតដោយការប្រែប្រួលបច្ចេកទេសជាំដុះវា តែងតែមានការប្រែប្រួលទំហំខ្លះ ហើយក៏ជាទម្លាប់ក្នុងការចាត់ថ្នាក់គ្រីស្តាល់ដោយការបញ្ចាំង មុនពេលវេចខ្ចប់ ជាគ្រាប់គ្រាប់ឬគ្រាប់ល្អបំផុត។ Icing ស្ករ។ ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយការច្របាច់គ្រីស្តាល់នៅក្នុងម៉ាស៊ីនកិន និងស្ករគូបដោយប្រៀបធៀបគ្រីស្តាល់ស្ករ ដែលមានសំណើមនៅក្នុងផ្សិតហើយបន្ទាប់មកស្ងួត។

៨. ទីផ្សារស្ករនិងការប្រើប្រាស់

៨.១. ការចែកចាយស្ករ

ស្ករ beet ភាគច្រើនត្រូវបានគេបរិភោគនៅកន្លែងដែលវាផលិតដូចជាស្ករអំពៅច្រើន (ឧទាហរណ៍នៅឥណ្ឌា) ប៉ុន្តែមានពាណិជ្ជកម្មប្រពៃណីនៅក្នុងអំពៅតាមដែលប្រទេសកំពុងអភិវឌ្ឍmanyន៍ជាច្រើនពឹងផ្អែកលើប្រាក់ចំណូលខាងក្រៅ។ ទីផ្សារសម្រាប់ការនេះជាទូទៅស្ថិតនៅឆ្ងាយពីប្រទេសដើមហើយស្ករត្រូវបានដឹកជញ្ជូនភាគច្រើននៅក្នុងនាវាធំ ៗ ដែលមានសមត្ថភាពពី ១២ ទៅ ២៥,០០០ តោនដែលភាគច្រើនជាកម្មសិទ្ធិរបស់អ្នកចម្រាញ់ស្ករ។ ទាំងនេះត្រូវបានភ្ជាប់មកជាមួយនៅក្នុងកំពង់ផែទឹកជ្រៅ ហើយអាចត្រូវបានរំសាយដោយផ្ទាល់ ទៅក្នុងរោងចក្រចម្រាញ់ប្រេង ឬកន្លែងដែលមិនមានគ្រឿងបរិក្ខារបែបនេះ ត្រូវបានយកតាមទូកឬឡានដឹកទំនិញ។ មូលហេតុមួយក្នុងចំណោមហេតុផលទាំងនេះគឺសេដ្ឋកិច្ច។ មួយទៀតគឺការចម្រាញ់ឱ្យបានជិតទីផ្សារតាមលទ្ធភាពដែលអាចធ្វើទៅបាន ដែលអាចគ្រប់គ្រងបរិមាណបានត្រឹមត្រូវ សម្រាប់អ្នកប្រើប្រាស់។ និងកញ្ចប់ដែលងាយផ្ទុះអាចដោះស្រាយបានល្អជាង។ បន្ទាប់ពីការកែច្នៃស្ករត្រូវបានចែកចាយទាំងក្នុងឡានដឹកទំនិញពិសេសៗទៅឱ្យអ្នកផលិតឬជាកញ្ចប់អ្នកលក់គ្រឿងទេស។ ស្ករពណ៌សដែលផលិតនៅផ្ទះពី beet ក៏ត្រូវបានចែកចាយដូចគ្នាដែរ។

ស្ករត្រូវបានលក់ទៅឱ្យអ្នកលក់ស្ករអង្គការលក់រាយ។ និងក្រុមហ៊ុនផលិតម្ហូបអាហារការបញ្ចុះ

តម្លៃត្រូវបានផ្ដល់ជូនតាមបរិមាណ។ អ្នកចែកចាយទិញទំនិញធំ ៗ ដែលពួកគេលក់ទៅឱ្យហាងរាប់ពាន់កន្លែងនៅទូទាំងប្រទេស។ ការដឹកជញ្ជូនរាងកាយមិនថាផលិតផល ឬភាគច្រើនត្រូវបានអនុវត្តទេដោយអ្នកចម្រាញ់ប្រេង និងសាជីវកម្មស្ករសរក្សាទុកនៅក្នុង ដេប៉ូនៅទូទាំងប្រទេស និងមានកងនាវាធំៗនៃឡានដឹកទំនិញឯកទេស។ ក្រុមហ៊ុនផលិតមួយចំនួនក៏ទិញស្កររាវ ក្នុងបរិមាណច្រើនដែរ។ ឧស្សាហកម្មមួយចំនួន ដូចជាឧស្សាហកម្មគ្រឿងសំអាង និងភេសជ្ជៈដែលតម្រូវឱ្យមានការដឹកជញ្ជូនពិសេស។

៨.២. ការប្រើប្រាស់

ស្ករជាងពាក់កណ្ដាលដែលត្រូវបានគេបរិភោគនៅលើពិភពលោកត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងទម្រង់ជាអាហារផលិត - នំ បង្អែម ដំណាប់ ភេសជ្ជៈ។

៩. អ្នកប្រើប្រាស់ថ្មីឬអ្នកប្រើប្រាស់ស្ករផ្សេងៗទៀត

៩.១. ស្ករជាប្រភពថាមពល

ថប្វីត្បិតតែធម្មជាតិគិតថាស្ករជាអាហារហើយនេះ គឺជាការប្រើប្រាស់ដំបូងរបស់វាចាប់តាំងពីឆ្នាំ ១៩៦០ វាត្រូវបានគេសិក្សាថាជាប្រភពធម្មជាតិ នៃតម្រូវការទំនើបរបស់មនុស្សជាតិ។ ផលិតផលដូចជាសាប៊ូបោកខោអាវផ្លាស្ទិច និងសារធាតុគីមីជាដើម រហូតមកដល់ពេលថ្មីៗនេះ មានមូលដ្ឋានស្ទើរតែទាំងស្រុងលើប្រេងឆៅប៉ុន្តែការកើនឡើងនៃតម្លៃប្រេង អាចធ្វើឱ្យវាមិនសូវទាក់ទាញផ្នែកសេដ្ឋកិច្ចជាប្រភព ហើយក្នុងករណីខ្លះឧទាហរណ៍ដូចជាសាប៊ូបោកខោអាវ ផលិតផលស្ថិតក្រោមការរិះគន់ពីទស្សនៈបរិស្ថាន។

សារធាតុគីមីសម្រាប់លាងសម្អាតគីមី គឺមិនអាចបំបែកបានទេ គឺបានន័យថាពួកវាមិនខូចបន្ទាប់ពីប្រើហើយ នៅពេលដែលបញ្ចូលថ្មចូលទៅក្នុងទន្លេ ឬចូលទៅក្នុងសមុទ្រប៉ះពាល់ដល់ជីវិតធម្មជាតិនៅក្នុងទឹក។ សាប៊ូបោកខោអាវផលិតពីស្ករ ឬស្ករសអាចរំលាយបានទាំងស្រុងហើយមិនមានគុណវិបត្តិទេ។ ថ្លៃដើមវត្ថុធាតុដើមឥឡូវនេះជិតដល់ហើយ។

៩.២. ស្ករជាប្រភពជម្រើសជំនួសសម្រាប់ខូស្សាហកម្មគីមី

ឧស្សាហកម្មប្លាស្ទិកភាគច្រើនពឹងផ្អែកលើផេណុល។ ប្រេងតម្លៃបានធ្វើឱ្យខ្វះខាតនិងចំណាយច្រើន។ ស៊ុក្រូសមានដូចជាផេនណុលកាបូនអ៊ីដ្រូសែន និងអុកស៊ីសែនទោះបីជាមានសមាមាត្រខុសៗគ្នា ហើយអាចផ្ដល់ជម្រើសផ្សេង។

អេទីឡែនអុកស៊ីដដែលប្រើច្រើននៅក្នុងឧស្សាហកម្មគីមី អាចត្រូវបានផលិតចេញពីស៊ុក្រូស ហើយទោះបីជាសេដ្ឋកិច្ច នៃដំណើរការមិនទាន់ត្រូវបានបង្កើតក៏ដោយ វានៅតែជាលទ្ធភាពនាពេលអ

នាគត។

ក្នុងរយៈពេលមួយទសវត្សរ៍កន្លងមកនេះ គីមីសាស្ត្រនៃម៉ូលេគុលស៊ូក្រូស បានក្លាយជាកម្មវត្ថុនៃការសិក្សាយ៉ាងសន្ធឹកសន្ធាប់ ហើយការប្រើប្រាស់ជាច្រើន ដែលអាចកើតមានអាចត្រូវបានគេគិតទុកជាមុន។

មីក្រូជីវសាស្ត្រត្រូវបានអនុវត្តចំពោះស៊ូក្រូសនិងដោយផលិតផល និងកាកសំណល់និងវិស័យថ្មីៗមួយចំនួនកំពុងត្រូវបានបើកដំណើរការ។ ជាពិសេសកាកសំណល់បន្លែបាកាស ក៏ដូចជាស្ករអាចត្រូវបានបម្លែងដោយមីក្រូសរីរាង្គខ្លះទៅជាអាហារដែលមានប្រូតេអ៊ីន ដែលអាចជួយបង្កើនការប្រើប្រាស់ប្រូតេអ៊ីនដែលអាចបរិភោគបាននៅក្នុងប្រទេសកំពុងអភិវឌ្ឍន៍ ដែលខ្វះខាតគោក្របីដោយសារពួកគេខ្វះចំណី ។

ការសាកល្បងថ្មីៗ (១៩៧៦) ក្នុងការផ្តល់ជាតិស្កររាវដល់ជ្រូក មុនពេលសំលាប់បានបង្ហាញពីភាពប្រសើរឡើងគួរឱ្យកត់សម្គាល់នៃគុណភាពសាច់។ ស្ករនិងទឹកអំពៅក៏ត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយក្នុងការធ្វើឱ្យមានជាតិអាល់កុល មិនត្រឹមតែជាតិអាល់កុលប៉ុណ្ណោះទេ ប៉ុន្តែក៏មានសារជាតុគីមីដូចជាអាស៊ីតក្រូចឆ្មាអាស៊ីតឡាក់ទិកនិងសូដ្យូម glutamate ផងដែរ។ អាស៊ីតអ៊ីតាកូនិក ដែលជាសមាសធាតុនៃប្លាស្ទិកមួយចំនួន ត្រូវបានផលិតឡើងដោយការលាយជាតិ fermentation ខណៈពេលដែលថ្នាំដូចជាប៉េនីស៊ីលីននិងសេផូប៉ូសូរិន គឺជាផលិតផលរំលាយអាហាររបស់មីក្រូ-សរីរាង្គលូតលាស់លើដំណោះស្រាយស្ករ។

ប៉ុន្តែអ្នកផ្សេងទៀតប្រែចិត្តជឿស្ករចូលទៅក្នុងប៉ូលីស្កាកាជឬប៉ូលីមែរស្ករ។ ឧទាហរណ៍បានប្រើនៅក្នុងផលិតផលជាច្រើន។ ស្ករសរាប់សែនតោនត្រូវបានគេប្រើជារៀងរាល់ឆ្នាំ នៅក្នុងការធ្វើឱ្យមានជាតិ fermentation ខុសពីអ្វីដែលត្រូវបានប្រើនៅក្នុងការផលិតស្រានិងការញ៉ាំ។ ស្ករនៅក្នុងទំរង់ទាំងអស់របស់វា គឺនៅពីមុខវត្ថុធាតុដើមដែលងាយស្រួលប្រើនិងសំខាន់។ ស្ករកៅស៊ូទាំងនេះគឺ dextran ដែលជាការជំនួសប្លាស្មាឈាមនិង alginate ដែលជាធម្មតាទទួលបានពីសារ៉ាយសមុទ្រ។

ជំពូក ៥
ស្ករនិងសុខភាព

១. ការជំនួសស្ករគឺមិនប្រសើរទេ

ការជំនួសស្ករជាមួយនឹងជាតិផ្អែម ដែលមានកាឡូរីទាបដូចជាអាសប៉ាតាមស្តេវីយ៉ា ឬស៊ូក្រាឡូសគឺជាវិធីមួយ ដែលមនុស្សព្យាយាមចៀសវាងជាតិស្ករ និងផលអាក្រក់របស់វាចំពោះសុខភាព ប៉ុន្តែការសិក្សាខ្លះបានបង្ហាញថាការជំនួសស្ករអាចមិនល្អសម្រាប់អ្នកជាងស្ករ។

អ្នកស្រាវជ្រាវបានពិនិត្យទៅលើការសិក្សាចំនួន ៥៦ ដែលវាយតម្លៃពីផលប៉ះពាល់សុខភាពនៃការទទួលទានជំនួសស្ករ។ ការស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញថាមនុស្សដែលទទួលទានអាហារជំនួសស្ករច្រើនតែឡើងទម្ងន់ច្រើនជាងអ្នកដែលទទួលទានតិច។ ការទទួលទានសូដាជាពិសេសត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹងស្ថានភាពសរសៃឈាមបេះដូង ដូចជាជំងឺដាច់សរសៃឈាមខួរក្បាល និងគាំងបេះដូងក៏ដូចជាជំងឺទឹកនោមផ្អែមប្រភេទទី ២ និងការធាត់។

អ្នកស្រាវជ្រាវក៏មានការព្រួយបារម្ភផងដែរ ថាជាតិផ្អែមគ្មានជាតិស្ករផ្លាស់ប្តូរមីក្រូប៊ីយ៉ូម-បាក់តេរីដែលរស់នៅក្នុងខ្លួនយើង និងមានផលប៉ះពាល់យ៉ាងខ្លាំងដល់សុខភាព តាមរបៀបដែលអាចបង្កើនហានិភ័យនៃជំងឺ។ អ្នកស្រាវជ្រាវផ្សេងទៀតព្រួយបារម្ភថា មនុស្សដែលទទួលទានជាតិផ្អែមគ្មានជាតិស្ករទាំងនេះ ទំនងជាអាចបង្កើតរសជាតិសម្រាប់អាហារនិងភេសជ្ជៈ ដែលមានជាតិស្ករពេញមួយជីវិតរបស់ពួកគេ។

អ្នកប្រហែលជាគិតថាមានអត្ថប្រយោជន៍ច្បាស់លាស់ ក្នុងការប្តូរមកទទួលទានភេសជ្ជៈរបបអាហារឬអាហារដែលមានជាតិស្ករទាបផ្អែមជំនួសវិញ ប៉ុន្តែដូចដែលការស្រាវជ្រាវបានបង្ហាញភស្តុតាងដែលមិនមាន។

ដូច្នេះតើស្ករច្រើនប៉ុណ្ណាដែលចាត់ទុកថាស្ករច្រើន ?

របាយការណ៍សមាគមបេះដូង បានផ្តល់អនុសាសន៍ថា ស្ត្រីភាគច្រើនគួរតែទទួលបានមិនលើសពី ៦ ស្លាបព្រាកាហ្វេក្នុងមួយថ្ងៃឬបន្ថែមជាតិស្ករ ២៤ ក្រាម - ជាតិផ្អែមនិងទឹកស៊ីរ៉ូដែលត្រូវបានបន្ថែមទៅក្នុងអាហារ កំឡុងពេលដំណើរការរៀបចំឬនៅតុ។ ចំពោះបុរសភាគច្រើនកម្រិតដែលបានណែនាំគឺ ៩ ស្លាបព្រាកាហ្វេឬ ៣៦ ក្រាម។

នេះមានន័យថាទឹកដោះគោយ៉ាអួ ដែលមានរសជាតិឈូយធ្វាញ់មួយកែវដែលមានទម្ងន់ ៦

អោនដែលស្មើនឹងស្ករប្រហែល ១០ ស្លាបព្រាកាហ្វេនឹងធ្វើឱ្យអ្នកលើសជាតិស្ករពេញមួយថ្ងៃ!

ការប្រើប្រាស់ជាតិស្ករនៅទូទាំងពិភពលោកបានកើនឡើងបីដងក្នុងរយៈពេល ៥០ ឆ្នាំចុងក្រោយនេះហើយត្រូវនឹងអត្រានៃការជាត់និងជំងឺពុំរ៉ៃបានរីករាលដាល។ ការពិតថ្មីៗនេះស្ករត្រូវបានគេរកឃើញថាមានជាតិពុលខ្លាំងចំពោះរាងកាយ ដែលអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រខ្លះបានអះអាងថាបទបញ្ជារបស់វាដូចជាអាល់កុលឬថ្នាំជក់។

បទប្បញ្ញត្តិស្តីពីអ្នកកែច្នៃម្ហូបអាហារ ការយកពន្ធការដកប្រាក់ឧបត្ថម្ភកសិដ្ឋាន ឬការអប់រំសុខភាពសាធារណៈប្រហែលជាមិនមែនជាគំនិតអាក្រក់ទេ ដោយសាររបបអាហារដែលមានជាតិស្ករខ្ពស់ស្តង់ដារអាមេរិចរួមចំណែកធ្វើឱ្យមានជំងឺនិងស្លាប់ច្រើនជាងស្រានិងថ្នាំជក់រួមបញ្ចូលគ្នា។

ដូច្នេះសេចក្តីសង្ខេបនៃជាតិផ្អែមនេះភ្ជាប់មកជាមួយការព្រមាន៖

ការបន្ថែមជាតិស្ករក្នុងទម្រង់ណាមួយគឺមិនល្អសម្រាប់អ្នកទេដូច្នេះសូមប្រើវាតិចៗ។

២. ទស្សនៈអំពីស្ករ

មានប្រភេទស្ករផ្សេងៗគ្នានិយាយដោយគីមី។ Sucrose មានប្រភពជាចម្បងពីអំពៅឬស្ករ beets ។ fructose, maltose និង dextrose មកពីផ្លែឈើនិងរុក្ខជាតិម្សៅ។ ឡាក់តូសមកពីផលិតផលទឹកដោះគោ។ ល។ ជាទូទៅប្រសិនបើវាបញ្ចប់ដោយជាតិស្កររបស់វា។

Sucrose ដូចជាជាតិស្ករស្មុគស្មាញទាំងអស់ត្រូវបានបំបែកក្នុងកំឡុងពេលនៃការរំលាយអាហារទៅជាជាតិស្ករសាមញ្ញពីរគឺគ្លុយកូសនិង fructose ។ គ្លុយកូសត្រូវបានបញ្ជូនដោយអាំងស៊ុយលីនទៅកោសិកា ដើម្បីទទួលបានថាមពល ដែលលុះត្រាតែដុតចោលវា នឹងត្រូវបានរក្សាទុកជាខ្លាញ់។ ត្រូវហើយអ្នកអានត្រូវះ ស្ករដែលមិនប្រើធ្វើឱ្យអ្នកជាត់។

គ្លុយកូសគឺជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក (GI) ដែលផ្តល់ចំណាត់ថ្នាក់អាហារអំពីរបៀបដែលវាប៉ះពាល់ ដល់កម្រិតជាតិគ្លុយកូសក្នុងឈាមរបស់យើង។ សន្ទស្សន៍នេះវាស់កម្រិតជាតិស្ករក្នុងឈាមរបស់អ្នក កើនឡើងក្នុងរយៈពេលពីរឬបីម៉ោង បន្ទាប់ពីទទួលទានអាហារដាក់លាក់។ ស្ករលើតុឬស៊ូក្រូសមាន GI ៦៥ ។ ការទទួលទានទាប (ក្រោម ៥០) នៅលើសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិចអាចជួយអ្នកគ្រប់គ្រងជាតិស្ករក្នុងឈាមរបស់អ្នកតាមធម្មជាតិ។

បន្ថែមពីលើគ្លុយកូសជាតិស្ករស្មុគស្មាញដូចជា sucrose ឬ lactose ក៏បំបែកទៅជា fructose ដែរ។ មនុស្សមានទំនោរគិតថា fructose គឺជាជាតិស្ករធម្មតាព្រោះវាមាននៅក្នុងផ្លែឈើ។ ប៉ុន្តែ

ទោះបីជាមានឈ្មោះថា «fructose» ផ្លែឈើទាំងមូលពិតជាមានកំហាប់ fructose ទាបបើប្រៀបធៀបទៅនឹងអាហារកែច្នៃដូចជា syrup agave syrup ពោត fructose ខ្ពស់ឬស្ករអំពៅ។

Fructose មិនបង្កើនកម្រិតជាតិគ្លុយកូសក្នុងឈាមភ្លាមៗ ដូចវិធីដែលគ្លុយកូសធ្វើនោះទេ ហើយ ដូច្នេះត្រូវបានគេចាត់ទុកថាទាបលើសន្ទស្សន៍ glycemic ។ ប៉ុន្តែសូមកុំយល់ច្រលំថានេះជារឿងល្អ។

Fructose ធ្វើដំណើរទៅថ្លើមដែលវាត្រូវបានបម្លែងទៅជាទ្រីគ្លីសេរីដ - ខ្លាញ់នៅក្នុងឈាមដែលត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹងជំងឺបេះដូង។ ដូចជាតិគ្លុយកូសក្នុងឈាមលើសដែរទ្រីគ្លីសេរីដឈាមដែលផលិតពីហ្វ្រុសតូសត្រូវបានរក្សាទុកជាខ្លាញ់ ដែលបង្កើនទំហំកោសិកាខ្លាញ់របស់អ្នក រួមចំណែកដល់ការឡើងទម្ងន់និងធាត់។

ទ្រីគ្លីសេរីដលើសត្រូវបានបង្កើតឡើង នៅពេលអ្នកទទួលទានហ្វ្រុកតូស បង្កើនភាពធន់នឹងអាំងស៊ុយលីន ដោយហេតុនេះបង្កើនការផលិតអាំងស៊ុយលីន ដល់កម្រិតខ្ពស់ដែលជំរុញការវិវត្តនៃជំងឺទឹកនោមផ្អែមតាមបែប «ទ្វារក្រោយ» ។ Fructose ក៏រំខានដល់ការស្រូបយកសារធាតុរ៉ែនិងធ្វើឱ្យប្រព័ន្ធការពាររាងកាយចុះខ្សោយ។

៣. របៀបដែលភាពអ៊ីជ្រាតធ្វើឱ្យអ្នកធាត់

ដូច្នេះឥឡូវនេះអ្នកដឹងពីរបៀបដែលជាតិស្ករ ប៉ះពាល់ដល់រាងកាយជាទូទៅសូមបំបែកជាតិស្ករនិងផ្អែម ២៥ ប្រភេទផ្សេងៗគ្នាតើវាមានផលប៉ះពាល់ ដល់សុខភាពនិងបរិស្ថានរបស់អ្នកយ៉ាងដូចម្តេចបើប្រៀបធៀបទៅនឹងអ្នកដទៃ និងរបៀបប្រើវាល្អបំផុតក្នុងការចម្អិនអាហាររបស់អ្នក។

៣.១. ស្ករស

មានប្រភេទចម្រាញ់ជាតិស្ករចម្រាញ់ផ្សេងៗគ្នាជាច្រើន ដែលទទួលបានពីអំពៅឬបីចេងស្ករ។ ស្ករអំពៅនិងបីចេងត្រូវបានផលិតឡើងជាចម្បងពីស៊ូគ្រីស និងមានទំហំគ្រីស្តាល់ខុសៗគ្នា ដែលផ្តល់នូវមុខងារមុខងារពិសេសសមស្រប តាមតម្រូវការពិសេសរបស់អាហារ។

ស្ករពណ៌សដែលចម្រាញ់បានគឺគ្លុយកូស ៥០% និងហ្វ្រុតូស ៥០% ហើយត្រូវបានកែច្នៃយ៉ាងខ្ពស់ដោយប្រើដំណើរការហ្វូស៊ីលឥន្ធនៈនិងគីមីច្រើន។ វាផ្តល់នូវកាឡូរីទទេនិងតម្លៃអាហារូបត្ថម្ភសូន្យ។ លើសពីនេះការពិតស្ករជាង ៦៥% ត្រូវបានផលិតចេញពីបីចេងស្ករ GMO ដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយហ្សែនដើម្បីទប់ទល់នឹងការបាញ់ថ្នាំដែលមានជាតិក្លូហ្វូសដែលបង្កមហារីកក្នុងបរិមាណ

ខ្ពស់ធ្វើឱ្យស្ករពណ៌សជាអ្វីដែលត្រូវជៀសវាង។

ស្ករសមួយស្លាបព្រាកាហ្វេមាន ១៦ កាឡូរីនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៦៥ ។

៣.២. «ស្ករផ្លែឈើ» ឬ គ្រីស្តាល់ហ្វ្រាក់តូស

គ្រីស្តាល់ហ្វ្រូតូសគឺល្អជាងស្ករធម្មតាបន្តិចហើយត្រូវបានគេប្រើនៅក្នុងល្បាយស្ងួតដូចជាដែឡាទីនរសជាតិនិងបង្អែមនំផាត់ជិងនិងភេសជ្ជៈម្សៅ។ គ្រីស្តាល់ហ្វ្រូតូសមានទំហំគ្រីស្តាល់តូចជាងឯកសណ្ឋានជាងស្ករធម្មតាដែលការពារការបំបែកឬបំបែកគ្រីស្តាល់ធំ ៗ ទៅបាតប្រអប់ដែលជាគុណភាពសំខាន់នៅក្នុងល្បាយស្ងួត។ ដោយសារវាត្រូវបានផលិតចេញពីសារជាតិ fructose ទាំងស្រុងវាពិតជាបង្កគ្រោះថ្នាក់ដល់សុខភាពរបស់អ្នកប្រសិនបើអ្នកញ៉ាំវាញឹកញាប់។

គ្រីស្តាល់ហ្វ្រូតូសមាន ១៥ កាឡូរីនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ១៥ ។

៣.៣. ស្ករពណ៌ត្នោត

ជាតិស្ករពណ៌ត្នោតមាននៅក្នុងចំនួននៃការកែច្នៃ ដែលពួកគេទទួលបានប៉ុន្តែវាមានពណ៌ត្នោតពីព្រោះមិនដូចស្ករសទេពួកគេមិនត្រូវបានគេបណ្តេញជាតិគីមី និងគីមីចេញពីរាងកាយឡើយ។ ស្ករត្នោតដែលត្រូវបានគេកែច្នៃតិចបំផុត - រ៉ាប៉ាដារ៉ាឬប៉ាណាជាជារឿយៗនៅតែមានសារធាតុរ៉ែនិងអង់ស៊ីមនៅដដែល។

ស្ករត្នោតមានភាពខុសប្លែកគ្នានៅក្នុងវាយនភាព និងរសជាតិពីស្ករអំពៅត្នោតប៉ុន្តែជារឿយៗត្រូវបានគេកែច្នៃតិចតួចបំផុតដើម្បីរក្សាសារជាតុរ៉ែ។ ស្ករត្នោតអាចត្រូវបានប្រើក្នុងការជំនួសពេលដោយប្រើស្ករចម្រាញ់ពណ៌ស។

៣.៤. ស្ករត្នោត (ពណ៌ធម្មតានិងពណ៌ក្រម៉ៅ)

ស្ករត្នោតធម្មតាពិតជាត្រូវបានគេកែច្នៃខ្ពស់និងចម្រាញ់ចេញពីជាតិស្ករស (ជាញឹកញាប់ GMO) ដែលបានបន្ថែមស៊ីរ៉ូអិលលើផ្ទៃ ដែលផ្តល់ពណ៌និងរសជាតិលក្ខណៈរបស់វា។

ស្ករពណ៌ត្នោតខ្មៅមានពណ៌ស៊ីជម្រៅ និងមានរសជាតិល្វីងខ្លាំងជាងស្ករត្នោតខ្ចី។ ប្រភេទស្រាល ៗ ជាទូទៅត្រូវបានគេប្រើក្នុងការដុតនំ និងធ្វើប៊ឺតស្កុតខាប់និងគ្រឿងក្រអូប។ រសជាតិដ៏សំបូរបែបនៃស្ករត្នោតខ្មៅងងឹតធ្វើឱ្យវាល្អ សម្រាប់នំប៉័ង ខ្ញី ស្ករត្នោត មាននិន្នាការកក ព្រោះវាមានជាតិសំណើមច្រើនជាងស្ករពណ៌សប៉ុន្តែការដាក់នំប៉័ងមួយដុំនៅ ក្នុងប្រអប់ស្កររបស់អ្នកត្រូវបានគេនិយាយ

ថាជួយការពារបញ្ហានេះ។ ស្ករត្នោតធម្មតាគឺជាផលិតផលចម្រាញ់ ដែលត្រូវបានជំនួសដោយជាតិស្ករពណ៌ត្នោតធម្មជាតិខាងក្រោម។ សាច់សណ្ដែកដុតនំនិងអាហាររសជាតិផ្សេងៗទៀត។

ស្ករត្នោតមាន ១៧ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៦៥ ។

៣.៥. ទឹកអំពៅហួតនិងស៊ូកាណាត™

ទឹកអំពៅហួតគឺជាឈ្មោះទូទៅសម្រាប់ស្ករ ផលិតដោយផ្ទាល់ពីអំពៅកិន ដោយប្រើដំណើរការគ្រីស្តាល់តែមួយ។ ទឹកត្រងដែលបានត្រងរួចត្រូវបានកំដៅ ដើម្បីយកទឹកចេញហើយបន្ទាប់មកអនុញ្ញាតឱ្យត្រជាក់បង្កើតជាគ្រីស្តាល់ដែលមានជាតិស្ករស្ងួត។

គ្រីស្តាល់រក្សាជាតិស្កររបស់វាបង្កើតរសជាតិប្លែក និងមានរសជាតិខ្លាំង។ មិនដូចស្ករចម្រាញ់ច្រើនទេស៊ូកាណាត™ មានជាតិប្រៃជាជាងមានសារធាតុគ្រីស្តាល់និងគ្រីស្តាល់។ វាក៏ផ្ទុកជាតិស្ករតិចដែរព្រោះវាមិនត្រូវបានបន្សុតទេ។

ស៊ូកាណាត™ គឺជាការធ្លាក់ចុះនៃ" ស្ករអំពៅធម្មជាតិ" ។ វាអាចពិបាកក្នុងការដុតនំព្រោះវាមានឥរិយាបថខុសពីទម្រង់ស្ករដែលបានកែច្នៃច្រើន។ ខ្លឹមសារនៃជាតិស្ករទាបធ្វើឱ្យស៊ូកាណាត sweet មិនសូវផ្អែមដែលអាចជាការភ័ន្តច្រឡំចំពោះអ្នកដុតនំ ដែលចង់ជំនួសស្ករធម្មតាជាមួយស៊ូកាណាត™ ដោយមួយទល់មួយ។ វាយនភាពគ្រាប់ធញ្ញជាតិក៏អាចបង្ហាញនៅក្នុងនំ ដែលបានបញ្ចប់ដែលបណ្ដាលឱ្យវាយនភាពខកចិត្តហើយរសជាតិខ្លាំងអាចមិនរីករាយ ជាពិសេសនៅពេលលាយជាមួយរសជាតិខ្លាំងផ្សេងទៀត ដូចជាក្រូចឬសូកូឡា។

ទឹកអំពៅនិងទឹកអំពៅមានប្រហែល ១៦ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិច ៥៥ ។

៣.៦. ស្ករត្នោត

ស្ករត្នោតគឺជាបង្អែមប្រពៃណីដែលត្រូវបានប្រើប្រាស់រាប់ពាន់ឆ្នាំមកហើយ។ ដោយសារវាបានមកពីការកាប់ដើមឈើ ដែលត្រូវការទឹកតិចតួច និងជួយបង្កើតប្រព័ន្ធអេកូឡូស៊ីកសិកម្មវាក៏ជាស្ករដែលផលិតបានប្រកបដោយនិរន្តរភាពបំផុតនៅលើពិភពលោក។

ស្ករត្នោតដើមឡើយ ត្រូវបានផលិតចេញពីស្ករត្នោតរបស់ដើមត្នោតប៉ាល់ម៉ែរ៉ា ក៏ដូចជាកាលបរិច្ឆេទត្នោតឬកាលបរិច្ឆេទត្នោត។ ឥឡូវនេះវាត្រូវបានផលិតចេញពីសាបនៃសាកានិងបាតដូងហើយអាចត្រូវបានលក់ជា" ស្ករដូង" ។

ស្ករកាលបរិច្ឆេទក៏អាចត្រូវបានគេធ្វើជាមួយផ្លែដូង ដោយការកំទេចកាលបរិច្ឆេទស្ងួតខ្លាំងប៉ុន្តែសូមកត់សម្គាល់ថាស្ករ ដែលផលិតតាមវិធីនេះ នឹងមិនរលាយល្អក្នុងអង្គធាតុរាវទេ។

ស្ករត្នោតមានពណ៌ខុសៗគ្នា ពីពណ៌មាសស្រាលរហូតដល់ពណ៌ត្នោតខ្មៅ។ វាមានលក្ខណៈធញ្ញជាតិយ៉ាងខ្លាំងដោយទម្រង់ស្ងួត មានលក្ខណៈក្រៀម ហើយវាត្រូវបានគេកែច្នៃតិចបំផុត។

មនុស្សជាច្រើនចូលចិត្តប្រើស្ករត្នោតក្នុងការចម្អិនអាហារ ព្រោះវាក្រៀមនិងមិនត្រូវបានកែច្នៃ ហើយរូបមន្តអាស៊ីអាគ្នេយ៍ជាច្រើន ហៅជាពិសេសសម្រាប់ស្ករត្នោត។ ដំណើរការស្រាល ៗ បន្សល់ទុកនូវរសជាតិស្ករច្រើន ដែលបង្កើតបានជារសជាតិដូចស្ករ ស្ករត្នោតមានសន្ទស្សន៍ glycemic ទាបជាងស្ករអំពៅឬប៊ីចេង។

ជារឿយៗអ្នកនឹងឃើញស្ករត្នោតលក់ជា" ស្ករត្នោត" ដែលអាចជាការយល់ច្រឡំបន្តិចព្រោះផ្លែឈើដូងខ្លួនឯងមិនមានជាប់ពាក់ព័ន្ធឡើយ។ ពេលខ្លះវាក៏ត្រូវបានគេដាក់លក់ជា" ទឹកដូង" " ទឹកត្នោត" ឬទឹកក្រឡុក។ ទីផ្សារអាស៊ីគឺជាធនធានដ៏ល្អសម្រាប់ស្ករត្នោត ហើយវាក៏អាចត្រូវបានបញ្ជាទិញតាមរយៈអ្នកលក់រាយពិសេសផងដែរ។

ក្រុមហ៊ុនជាច្រើនលក់ស្ករត្នោត ដាក់ក្នុងពាងឬកំប៉ុងដែលធ្វើឱ្យងាយស្រួល ក្នុងការដឹកជញ្ជូននិងរក្សាទុក ដូច្នេះប្រសិនបើអ្នកទិញដុំឬកោណស្ករត្នោត (ផ្ទុយពីកាបូប) សូមប្រយ័ត្នថាប្លុកត្រូវបានគេស្រោបដោយក្រមួនដើម្បីដឹកជញ្ជូន។ ពិនិត្យកេសារជាតុក្រមួនមុនពេលទាញចេញ នូវបរិមាណស្ករត្នោតដែលចង់បាន។

ស្ករត្នោតមាន ១៨ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៣៥ ។

៤. ស្កររាវ

៤.១. ស៊ីរ៉ូពោត

មានពេលមួយដែលអ្នកផលិតអាហារកែច្នៃបាន ប្រើស្ករសធម្មតាឬស៊ូក្រូសជាជាតិផ្អែមលំនាំដើម។ ទោះយ៉ាងណានៅទសវត្សឆ្នាំ ១៩៧០ អ្នកវិទ្យាសាស្ត្រជប៉ុនបានរកឃើញដំណើរការមួយដែលអាចបម្លែងម្សៅពោតទៅជាជាតិផ្អែមជំនួសដែលហៅថាស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់។

ស៊ីរ៉ូពោតដែលមានជាតិ fructose ខ្ពស់មានផ្ទុកជាតិ fructose ៥៥% និងគ្លុយកូស ៤៥% ដែលធ្វើឱ្យវាស្ទើរតែផ្អែមដូច sucrose ឬទឹកឃ្មុំធម្មជាតិ។ នៅពេលដែលស្ករនាំចូលមានតំលៃថ្លៃគួរឱ្យកត់សម្គាល់អ្នកផលិតអាហារ និងភេសជ្ជៈកែច្នៃជាច្រើនទៀត បានចាប់ផ្តើមប្រើប្រាស់ស៊ីរ៉ូពោត

fructose ខ្ពស់។

សព្វថ្ងៃនេះស៊ីរ៉ូពោតដែលមានជាតិហ្វ្រុសតូសខ្ពស់បានជំនួសស្ករសុទ្ធដែលជាជាតិផ្អែមសំខាន់នៅក្នុងភេសជ្ជៈនិងសូដាដែលមានជាតិកាបូនភាគច្រើន។ ស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់ក៏លាក់ខ្លួននៅក្នុងផលិតផលដូចជាការស្លៀកពាក់ សាឡាដ ទឹកជ្រលក់ ស្ពាហ្គេតធី និងនំប៉័ងស្រូវសាលី ហើយជារឿយៗវាគឺជាគ្រឿងផ្សំដំបូងគេ នៅក្នុងការលាយនំខូឃីស៍ ទឹកជ្រលក់ ធញ្ញជាតិអាហារពេលព្រឹក និងនំដុតនំពាណិជ្ជកម្ម។

ស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់ត្រូវបានផលិតឡើងតាមរយៈដំណើរការឧស្សាហកម្មដែលមានជាតិ fermentation គីមីនិងដំណើរការចម្រោះដែលប្រើថាមពលយ៉ាងច្រើនដើម្បីផលិត។ អ្នកជំនាញផ្នែកសុខភាពនិងអ្នកការពារបរិស្ថានជាច្រើន មានការព្រួយបារម្ភអំពីកម្រិតនៃការកែប្រែហ្សែន ការបំពុលបរិស្ថាន និងការកែច្នៃជាតិពុលដែលត្រូវបានប្រើ ដើម្បីបង្កើតស៊ីរ៉ូពោតដែលមានជាតិហ្វ្រូកូសខ្ពស់។ អ្នកផ្សេងទៀតចង្អុលបង្ហាញពីការផ្សារភ្ជាប់គ្នា រវាងអាហារកែច្នៃដែលមានស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់ជំងឺទឹកនោមផ្អែមជំងឺបេះដូងនិងជំងឺធាត់។

តាមពិតទៅយោងតាមការសិក្សារបស់សាកលវិទ្យាល័យព្រីនស្តុន ស៊ីរ៉ូពោតដែលមានជាតិហ្វ្រុសតូសខ្ពស់បណ្តាលអោយឡើងទម្ងន់យ៉ាងខ្លាំងចំពោះកណ្តុរ ដែលស៊ីវាជាងអ្នកដែលមានជាតិស្ករក្នុងតារាងបើទោះបីជាការទទួលទានកាឡូរីសរុបរបស់វា ដូចគ្នាក៏ដោយ។ សាស្រ្តាចារ្យ Hoebel និយាយថា «មនុស្សមួយចំនួនបានអះអាងថា ស៊ីរ៉ូពោតដែលមានជាតិហ្វ្រុសតូសខ្ពស់មិនខុសពីជាតិផ្អែមដទៃទៀតទេ នៅពេលនិយាយអំពីការឡើងទម្ងន់ និងការធាត់ ប៉ុន្តែលទ្ធផលរបស់យើងបញ្ជាក់យ៉ាងច្បាស់ថា នេះមិនមែនជាការពិតទេ» នៅជុំវិញស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់គឺជាអាហារក្លែងក្លាយដែលផលិតដោយឧស្សាហកម្មដែលត្រូវចៀសវាង។

ស៊ីរ៉ូពោតមានប្រហែល ២០ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិច ៣០-៦៨ អាស្រ័យលើការផ្តោតអារម្មណ៍។

៨.២. ស៊ីរ៉ូ Agave

ស៊ីរ៉ូ Agave មានសារធាតុ fructose ខ្ពស់។ អាស្រ័យលើយីហោ agave អាចផ្ទុកជាតិ fructose ដល់ទៅ ៩២% ។ បរិមាណ fructose នៅក្នុង agave មានច្រើនខ្ពស់ជាង fructose ៥៥% នៅក្នុងស៊ីរ៉ូពោត fructose ខ្ពស់ឬ fructose ៥០% នៅក្នុងស្ករសចម្រាញ់ធ្វើឱ្យ agave «ទឹកដម» មានផលអាក្រក់ចំពោះអ្នកជាងស្ករសឬស៊ីរ៉ូពោត។ ប្រហែលជាវាគួរតែត្រូវបានគេហៅថាស៊ីហ្វ្រហ្វ្រុស្ស

សអាហ្គេវស៊ីរ៉ូ (HFAS)!

ការពិតដែលថាស៊ីរ៉ូ agave មានជាតិគ្លុយកូសទាបគ្លុយកូសខ្ពស់ជារឿយៗត្រូវបានគេសរសើរថាជាអត្ថប្រយោជន៍នៃការប្រើប្រាស់វា។ អ្វីដែលមនុស្សជាច្រើនមិនដឹងនោះគឺថាជាតិហ្វ្រុគ្តូសដែលប្រមូលផ្តុំគឺប្រហែលជាអាក្រក់សម្រាប់អ្នកជាងបរិមាណគ្លុយកូសខ្ពស់។ តាមពិតទៅទឹកស៊ីអ៊ីវ agave ត្រូវបានហាមឃាត់ ដោយវិទ្យាស្ថានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិច ចំពោះផលប៉ះពាល់ដែលបណ្តាលមកពីការសិក្សារបស់អ្នកចូលរួម។

ស៊ីរ៉ូ Agave បានមកពីសារធាតុរាវនៅក្នុងដើមអាកាវដែលជាអាហារដែលសត្វប្រចៀវត្រូវការដើម្បីរស់។ ជាលទ្ធផលនៃតម្រូវការស៊ីរ៉ូ agave ខ្ពស់យើងកំពុងបំផ្លាញប្រជាជនប្រចៀវដែលបំពុលអាហាររបស់យើង។ Agave ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាជាអាហារជំនួសទឹកឃ្មុំប៉ុន្តែជាមួយនឹងផលប៉ះពាល់នៃការផលិតរបស់វាទៅលើចំនួនសត្វប្រចៀវការអះអាងថាមិនបង្កគ្រោះថ្នាក់ដល់សត្វគឺគួរឱ្យសង្ស័យ។

ទឹកស៊ីរ៉ូ Agave មាន ២១ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ១៥ ។

៨.៣. ស៊ីរ៉ូ Yacon

ស៊ីរ៉ូយ៉ាខនគឺជាការជំនួសស្ករដែលមានដើមកំណើតនៅតំបន់អាន់ដេននៃអាមេរិកខាងត្បូង។ វាគ្មានជាតិគ្លុយកូសនិងមិនបង្កើនកម្រិតជាតិស្ករក្នុងឈាម។ ដោយសារតែហេតុនេះហើយបានជាស៊ីរ៉ូយ៉ាអុងត្រូវបានគេណែនាំអោយធ្វើជាបង្អែមដល់អ្នក ដែលមានជំងឺទឹកនោមផ្អែមឬប្រឈមនឹងជំងឺទឹកនោមផ្អែម។

ស៊ីរ៉ូនេះត្រូវបានគេយកចេញពី ឫសនៃរុក្ខជាតិយ៉ាខនហើយយោងតាមការស្រាវជ្រាវខ្លះវាគឺជាប្រភពដ៏ល្អនៃសារធាតុប្រឆាំងអុកស៊ីតកម្ម។ ស៊ីរ៉ូនេះក៏មានផ្ទុករហូតដល់ទៅ ៥០% នៃ FOS (fructooligosach arides) ។ ការប្រើប្រាស់ FOS មិនបង្កើនជាតិគ្លុយកូសក្នុងឈាមទេ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយដោយសារជាតិផ្អែមដែលទទួលបានអាំងស៊ុយលីនមាន fructose ក្នុងបរិមាណច្រើនការព្រួយបារម្ភដូចគ្នាអំពីផលប៉ះពាល់សុខភាពរបស់ fructose ត្រូវបានអនុវត្ត។

ស៊ីរ៉ូយ៉ាកូនជាធម្មតាត្រូវបានផលិតដោយប្រើការកែច្នៃតិចតួចបំផុត នៅក្នុងម៉ាស៊ីនហួតដូចជាសារធាតុដែលត្រូវបានប្រើដើម្បីធ្វើស៊ីរ៉ូដើមម៉េផល។ ស៊ីរ៉ូយ៉ាកូនជារឿយៗត្រូវបានគេប្រៀបធៀបទៅនឹងជាតិស្ករការ៉ាមែលឬទឹកឃ្មុំ ដែលមានរសជាតិឈ្ងុយឆ្ងាញ់និងសម្បូរបែប។ វាងាយស្រួលជំនួសស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលឬជាតិស្ករនៅក្នុងរូបមន្ត ហើយអាចត្រូវបានប្រើដើម្បីធ្វើឱ្យភេសជ្ជៈមានជាតិផ្អែម។ ជាធម្មតាវាត្រូវបានគេលក់នៅក្នុងពាង ដូចជាទឹកឃ្មុំហើយអាចត្រូវបានទិញតាមអ៊ីនធឺណិត ឬនៅហាងលក់

ម្ហូបពិសេស។

ស៊ីរ៉ូយ៉ាខនមាន ៧ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ១ ។

៨.៨. ស៊ីរ៉ូស្រូវ

ស៊ីរ៉ូអង្ករគឺជាជាតិផ្អែមធម្មជាតិមួយ ដែលត្រូវបានផលិតចេញពីអង្ករសំរូបដែលត្រូវបានគេធ្វើឱ្យមានជាតិ fermented ពិសេសដើម្បីប្រែក្លាយម្សៅអង្ករទៅជាស្ករ។ រួមជាមួយជម្រើសផ្សេងទៀតចំពោះជាតិស្ករស៊ីរ៉ូអង្ករ ជាធម្មតាអាចរកបាននៅក្នុងហាងលក់អាហារធម្មជាតិ និងនៅតាមទីផ្សារធំៗមួយចំនួន។ ដោយសារស៊ីរ៉ូអង្ករនឹងបណ្តាលអោយឡើងជាតិស្ករក្នុងឈាមខ្ពស់ វាមិនសមស្របសម្រាប់អ្នកជំងឺទឹកនោមផ្អែម។

បុគ្គលដែលមានការមិនអត់ឱនចំពោះជាតិ gluten គួរតែអានស្លាកស៊ីរ៉ូអង្ករដោយយកចិត្តទុកដាក់។ អ្នកផលិតជាច្រើនវប្បធម៌អង់ស៊ីម ដែលត្រូវការដើម្បីធ្វើស៊ីរ៉ូអង្ករ នៅលើធញ្ញជាតិដែលមានផ្ទុកជាតិ gluten ។ លុះត្រាតែស្លាកបញ្ជាក់យ៉ាងច្បាស់ថា ផលិតផលគ្មានជាតិ gluten វាគួរតែសន្មត់ថាអាហារមានផ្ទុក gluten ។

ស៊ីរ៉ូផ្អែមក្រាស់អាចត្រូវបានគេប្រើមួយទល់មួយ ដូចជាទឹកឃ្មុំទឹកខ្មេះ និងសារធាតុផ្អែមផ្សេងទៀតហើយជាមួយនឹងការរៀបចំផែនការខ្លះ វាក៏អាចជំនួសស្កររលាយបានដែរ។ ស៊ីរ៉ូអង្ករមានរសជាតិឈ្ងុយឆ្ងាញ់ ដែលមិនតែងតែសមស្រប សម្រាប់អាហារទាំងអស់នោះទេ។ អ្នកគួរតែភ្លក់វាមុនពេលប្រើវាឱ្យបានទូលំទូលាយហើយអ្នកប្រហែលជាចង់ពិសោធន៍ជាមួយដុំតូចៗមុនពេលធ្វើ។ ដោយសារស៊ីរ៉ូអង្ករមិនសូវផ្អែមម្ហូបរបស់អ្នកច្បាស់ជាមិនសូវផ្អែមដែរ។

ដោយសារតែការសាកល្បងថ្មីៗនេះបានបង្ហាញថា ដំណាំស្រូវរបស់អាមេរិកត្រូវបានបំពុលដោយសារធាតុអាសេនិច ពីការប្រើថ្នាំសម្លាប់សត្វល្អិត ដែលមានជាតិពុលជាច្រើនទសវត្សរ៍មកហើយនោះជាទូទៅវាជាគំនិតល្អ ក្នុងការកាត់បន្ថយការប្រើប្រាស់អង្ករ និងផលិតផលអង្កររបស់អ្នកដូចជាស៊ីរ៉ូអង្ករ។

មួយស្លាបព្រាកាហ្វេស៊ីរ៉ូអង្ករមាន ២០ កាឡូរីនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ១០០ ។

៨.៩. ម៉ូឡាស

ទឹកអំពៅគឺជាសារធាតុដែលមានពណ៌ត្នោតទៅខ្មៅខ្មៅ ដែលមានលក្ខណៈដូចទឹកឃ្មុំដែលផលិតជាអនុផលនៃការកែច្នៃអំពៅឬស្ករបីចេង។ វាត្រូវបានគេចូលចិត្តធ្វើជាបង្អែម នៅក្នុងប្រទេសជាច្រើន

និងជាពិសេសនៅប្រទេសអង់គ្លេសដែលវាត្រូវបានគេហៅថាត្រីងៀត។ សព្វថ្ងៃនេះស្ករសត្រូវបានប្រើជាចម្បងក្នុងការផុតនំ។ គ្មាននំប៉ុងខ្ញីនឹងដូចគ្នាទេបើគ្មានការបន្ថែមជាតិស្ករ។

ទឹកអំពៅមានសារធាតុចិញ្ចឹមច្រើនជាងស្ករពណ៌សឬត្នោត។ ដំណើរការដែលវាត្រូវបានស្រង់ចេញនិងព្យាបាលដោយស្ពាន់ធ័រនាំឱ្យមានការពង្រឹងជាតិដែកកាល់ស្យូមនិងម៉ាញេស្យូម។

កាឡូរីនៅក្នុងជាតិស្ករគឺប្រហាក់ប្រហែលនឹងស្ករប្រហែល ១៦ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេ (៥ ម.ល) វាក៏ត្រូវបានផ្សំឡើងពីគ្លុយកូសនិងហ្រ្វុកូស ថ្វីត្បិតតែវាមានជាតិដែកខ្ពស់ប៉ុន្តែវាក៏មានកាល់ស្យូមខ្ពស់ផងដែរដែលមាននិន្នាការការពារជាតិដែក ពីការស្រូបយកដោយរាងកាយ ដូច្នេះអត្ថប្រយោជន៍របស់វាជាអាហារបំប៉នរ៉ែអាចត្រូវបានគិតថ្លៃបន្តិច។

៤.៦. ស៊ីរ៉ូ Maple

ស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលគឺជាអច្ឆរិយវត្ថុមួយក្នុងចំណោមអច្ឆរិយៈជាច្រើនរបស់ពិភពលោក។ សារធាតុរាវពណ៌លឿងថ្លាដែលផលិតប្រកបដោយនិរន្តរភាព ជាមួយនឹងរសជាតិផ្អែមរបស់វាមានលក្ខណៈពិសេស គឺផលិតចេញពីទឹកអំពៅស្ករដើមម៉េផលខ្មៅឬក្រហម។ ស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលមានកាឡូរីតិចនិងកំហាប់រ៉ែខ្ពស់ជាងទឹកឃ្មុំ ហើយជាប្រភពម៉ង់ហ្គាណែសដ៏ល្អនិងជាប្រភពស័ង្កសីដ៏ល្អ។

ដំណើរការនៃការបង្កើតស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលចាប់ផ្តើមដោយការប៉ះ (ចោះ) ដើមឈើអាយុ ៤០ ឆ្នាំដែលអនុញ្ញាតឱ្យសាបអស់ដោយសេរី។ សាបគឺច្បាស់ហើយស្ទើរតែគ្មានរសជាតិនិងមានជាតិស្ករទាបនៅពេលដែលវាត្រូវបានគេប៉ះលើកដំបូង។ បន្ទាប់មកវាត្រូវបានដាំឱ្យពុះដើម្បីធ្វើឱ្យទឹកហួតដោយផលិតស៊ីរ៉ូដែលមានជាតិស្ករ ៦០ ភាគរយ។ ស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលនេះអាចត្រូវបានកាត់បន្ថយបន្ថែមទៀត ដើម្បីបង្កើតរសជាតិឆ្ងាញ់ដូចជាប៊ឺមេផលក្រែមមេផលនិងស្ករមេផល។

តាមច្បាប់ទឹកស៊ីលីមត្រូវបានចាត់ថ្នាក់ តាមពណ៌នៅសហរដ្ឋអាមេរិកនិងកាណាដាទោះបីជាប្រព័ន្ធផ្តល់ចំណាត់ថ្នាក់ខុសគ្នារវាងប្រទេសនីមួយៗក៏ដោយ។ នៅសហរដ្ឋអាមេរិចមានស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលលំដាប់ថ្នាក់ A និងថ្នាក់ B ដែលមានការបែងចែកជាបីថ្នាក់គឺថ្នាក់អាបប៊ឺស្រាលអាំប៊ឺរមធ្យមនិងអាំប៊ឺតងងឹត។ ថ្នាក់ B រឹតតែខ្មៅជាងពណ៌ក្រមួន A ទៅទៀត។

មនុស្សជាច្រើនសន្មតថាប្រព័ន្ធផ្តល់ចំណាត់ថ្នាក់ ក៏ជាការចង្អុលបង្ហាញអំពីគុណភាពផងដែរ ប៉ុន្តែតាមពិតវាគ្រាន់តែជួយធ្វើឱ្យមានភាពខុសប្លែកគ្នារវាងពណ៌ និងរសជាតិនៃស៊ីរ៉ូដើមម៉េផល ដែលជាបញ្ហានៃចំណង់ចំណូលចិត្តផ្ទាល់ខ្លួន។ រសជាតិគឺខុសគ្នាប៉ុន្តែបើនិយាយមួយគឺមានគោលបំណង"

ប្រសើរ" ជាងមួយផ្សេងទៀតគឺមិនត្រឹមត្រូវ។

ស៊ីរ៉ូនំផេនខេនជាច្រើនត្រូវបានផលិតឡើងទាំងស្រុង ពីស៊ីរ៉ូពោតដែលមានរសជាតិដើមម៉េផល ឬវាត្រូវបានគេកាត់ជាមួយស៊ីរ៉ូពោត។ ស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលពិតប្រាកដនឹងត្រូវបានចាត់ថ្នាក់ A ឬ B ដោយ USDA ហើយជាធម្មតាមានតម្លៃថ្លៃជាង «ស៊ីរ៉ូផេនខេន» ទូទៅ។

ស៊ីរ៉ូដើមម៉េផលមាន ១៧ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៥៤ ។

៤.៧. ទឹកឃ្មុំ

ទឹកឃ្មុំគឺជាល្បាយនៃជាតិស្ករនិងសមាសធាតុផ្សេងៗទៀតដែលភាគច្រើនមានជាតិ fructose និងគ្លុយកូស។ ទឹកឃ្មុំមានបរិមាណវីតាមីននិងសារធាតុរ៉ែជាច្រើនហើយក៏មានផ្ទុកនូវសមាសធាតុតូចៗមួយចំនួនដែលគិតថាមានមុខងារជាអង់ទីអុកស៊ីដង់និងប្រឆាំងអតិសុខុមប្រាណ។

សមាសភាពជាក់លាក់នៃទឹកឃ្មុំមួយបាច់អាស្រ័យលើផ្កាដែលឃ្មុំផលិតបាន។ ប្រសិនបើផ្កាទាំងនោះត្រូវបានគេបាញ់យ៉ាងខ្លាំងជាមួយថ្នាំសម្លាប់សត្វល្អិត នោះសារធាតុពុលទាំងនោះនឹងមាននៅក្នុងទឹកឃ្មុំផងដែរដូច្នេះត្រូវប្រាកដថា អ្នកអាចជឿជាក់លើប្រភពរបស់អ្នកមុនពេលទិញ។

ទឹកឃ្មុំដែលមានជាតិប៉ាស្ទ័រគឺជាទឹកឃ្មុំដែលត្រូវបានកំដៅក្នុងដំណើរការប៉ាស្ទ័រ។ ការធ្វើប៉ាស្ទ័រនៅក្នុងទឹកឃ្មុំកាត់បន្ថយកម្រិតជាតិសំណើមបំផ្លាញកោសិកាមេនិងគ្រីស្តាល់រាវនៅក្នុងទឹកឃ្មុំ។ ខណៈពេលដែលដំណើរការនេះក្រៀវទឹកឃ្មុំ និងធ្វើអោយប្រសើរឡើងនូវអាយុកាលធ្នើវាមានគុណវិបត្តិមួយចំនួន។ ការប៉ះពាល់កំដៅខ្លាំងពេកក៏ធ្វើឱ្យទឹកឃ្មុំខូចហើយបំផ្លាញវីតាមីននិងអង់ស៊ីម។ កំដៅក៏ប៉ះពាល់ដល់រូបរាងរសជាតិនិងក្លិនក្រអូប ហើយអាចធ្វើឱ្យពណ៌ទឹកទឹកឃ្មុំឆៅ គឺជាទឹកឃ្មុំដូចដែលវាមាននៅក្នុងសំបុកឃ្មុំឬដូចដែលទទួលបាន ដោយការស្រង់ចេញការតាំងទីលំនៅ ឬការរឹតបន្តឹងដោយមិនចាំបាច់បន្ថែមកំដៅ (ទោះបីជាទឹកឃ្មុំខ្លះដែលត្រូវបាន «កែច្នៃតិចតួចបំផុត» ត្រូវបានដាក់ស្លាកថាជាទឹកឃ្មុំឆៅក៏ដោយ) ។ ទឹកឃ្មុំឆៅមានលំអងខ្លះហើយអាចមានជាតិក្រមួនតូចៗ។

ទឹកឃ្មុំឆៅក្នុងស្រុកត្រូវបានរកឃើញដោយអ្នក ដែលមានអាឡែរហ្ស៊ីដោយសារភាពមិនបរិសុទ្ធនៃលំអងត្រូវបានគេគិតថា កាត់បន្ថយភាពប្រែប្រួលទៅនឹងគ្រុនហៃ។ ទឹកឃ្មុំឆៅមានលក្ខណៈប្រឆាំងនឹងមេរោគប្រឆាំងមេរោគផ្សិត និងប្រឆាំងវីរុសហើយអាចត្រូវបានប្រើដើម្បីព្យាបាលរបួសតូចៗ។ ទឹកឃ្មុំឆៅមួយស្លាបព្រាក៏ល្អសម្រាប់បំបាត់ការឈឺបំពង់កឬធ្វើឱ្យក្រពះចង់ក្អួតដែរ។

ទឹកឃ្មុំម៉ានូកាផលិតពីផ្កាម៉ានូកានៅប្រទេសនូវែលសេឡង់ ត្រូវបានគេគិតថាជាទឹកឃ្មុំដែល

មានសារធាតុចិញ្ចឹមខ្ពស់បំផុត និងថាមពលព្យាបាលដ៏អស្ចារ្យបំផុត។

ការប្រមូលទឹកឃ្មុំពីសំបុកកសិដ្ឋានមិនធ្វើឱ្យប៉ះពាល់ដល់ឃ្មុំទេ ហើយតាមពិតលើកទឹកចិត្តដល់ការស្រាវជ្រាវនិងការការពារសត្វឃ្មុំ ព្រោះយើងពឹងផ្អែកលើសុខភាពល្អរបស់វា ដើម្បីផលិតទឹកឃ្មុំ និងធ្វើលំអងដំណាំរបស់យើង។

ទឹកឃ្មុំមានប្រហែល ២១ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៥០ ។

៤.៨. Sorghum

ផលិតពីអំពៅសារ៉ុមដែលដាំនៅទូទាំងភាគខាងត្បូងស៊ីរ៉ូ sorghum ធ្លាប់ជាបង្អែមដែលមានតំលៃសមរម្យតែមួយគត់ ដែលផលិតនៅក្នុងស្រុកនៅ sorghum របស់អាមេរិក គឺជាដំណាំដែលពឹងផ្អែកលើកម្លាំងពលកម្ម ដូច្នេះវាបានបាត់បង់ការប្រើប្រាស់ ក្នុងកំឡុងសង្គ្រាមលោកលើកទី ២ នៅពេលមានកង្វះខាត។ ពលកម្មកសិកម្មដើម្បីផលិតវា។ បន្ទាប់ពីសង្គ្រាមកសិកម្ម ឧស្សាហកម្ម និងបច្ចេកទេសកែច្នៃចំណីអាហារ បានធ្វើស្ករអំពៅហើយក្រោយមកស៊ីរ៉ូពោត ដែលមានតម្លៃថោកជាងស្រូវសាលីដើម្បីផលិតហើយ ដូច្នេះវាបានក្លាយទៅជាមិនសូវមានប្រជាប្រិយភាព។

ស៊ីរ៉ូ sorghum កំពុងត្រលប់មកវិញនៅក្នុងរង្វង់អាហារពិតព្រោះសណ្តែកបាយ គឺជាគ្រាប់ធញ្ញជាតិដែលគ្មានជីវជាតិខ្ពស់គ្មានជាតិស្ករ ដែលត្រូវបានកែច្នៃជាស៊ីរ៉ូតិចតួច ហើយនៅតែមានវីតាមីនប្រឆាំងអុកស៊ីតកម្មនិងសារធាតុរ៉ែជាច្រើន។ ស៊ីរ៉ូសុមមានរសជាតិស្រាលប្លែកពីគេដែលមានរសជាតិដូចស្ករអំពៅបន្តិច ហើយអាចប្រើបានគ្រប់ទីកន្លែង ដែលអ្នកប្រើម្រះព្រៅទឹកឃ្មុំឬស៊ីរ៉ូដើមម៉េផល។

សណ្តែកសៀងមាន ១៤ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិក ៥០ ។

៤.៩. ស្ករដូង Coconut Nectar

ទឹកដមដូងគឺជាស្ករត្នោតដូងធម្មតាដែលមិនមានទឹកហូតចេញពីវាទាំងស្រុង។ វាគឺជាស៊ីរ៉ូដែលអ្នកអាចប្រើដូចជាស៊ីរ៉ូស្ករដទៃទៀត ទោះបីវាមានជាតិផ្អែមតិចជាងស្ករបន្តិច។ សូមមើលស្ករត្នោតខាងលើ។

ទឹកដមដូងមាន ១៥ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេនិងសន្ទស្សន៍ glycemic ៣៥ ។

៥. ស្ករអាល់កុល

៥.១. Xylitol, Erythritol, Mannitol, Sorbitol and Glycerine (Glycerol)

ជាតិអាល់កុលស្ករ (ដែលបញ្ចប់ដោយ -ol) កើតឡើងដោយធម្មជាតិនៅក្នុងរុក្ខជាតិ។ ពួកវា

ខ្លះដកស្រង់ដោយគីមីឬជីវសាស្រ្តពីរុក្ខជាតិ (sorbitol ពីស៊ីរ៉ូពោត xylitol ពីដើម birch និង mannitol ពីសារ៉ាយសមុទ្រ) ប៉ុន្តែពួកវាភាគច្រើនផលិតនៅក្នុងដំណើរការឧស្សាហកម្ម ដែលពឹងផ្អែកខ្លាំងពីជាតិស្ករនិងម្សៅ។

ជាតិអាល់កុលស្ករគឺដូចជាជាតិស្ករតាមវិធីខ្លះ ប៉ុន្តែវាមិនត្រូវបានស្រូបយកដោយរាងកាយទាំងស្រុងទេ។ ដោយសារតែនេះពួកគេប៉ះពាល់ដល់កម្រិតជាតិស្ករក្នុងឈាមតិច ហើយពួកគេផ្តល់នូវកាឡូរីតិចក្នុងមួយក្រាម។ លើសពីនេះជាតិអាល់កុល ដែលមានជាតិស្ករមិនលើកកម្ពស់ការពុកធ្មេញដូចស្ករនោះទេដូច្នេះត្រូវបានគេប្រើជាញឹកញាប់ដើម្បីធ្វើឱ្យស្ករកៅស៊ូគ្មានជាតិស្ករ។

Xylitol និង erythritol ជារឿយៗអាចត្រូវបានប្តូរជាមួយស្ករ ប៉ុន្តែអ្នកនឹងត្រូវអានកញ្ចប់និងពិសោធន៍ជាមួយប្រភេទនីមួយៗដើម្បីដឹងថា តើវាជំនួសស្ករបានយ៉ាងដូចម្តេចនៅក្នុងរូបមន្តរបស់អ្នក។ ជាតិអាល់កុលដែលមានជាតិស្ករមិនមានពណ៌ត្នោត ឬធ្វើឱ្យដូចជាតិស្ករឡើយ។

លទ្ធផលជាតិអាល់កុល ដែលមានជាតិស្ករមានជាតិស្ករតិចជាងស្ករគ្រាប់ វាមិនចាំបាច់ទេដូច្នេះត្រូវប្រើច្រើនដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលដូចគ្នា។ ឧទាហរណ៍ Maltitol មានឥទ្ធិពលជាតិស្ករក្នុងឈាម ៧៣% នៃជាតិស្ករប៉ុន្តែ ៧៥% នៃភាពទន់ភ្លន់ប្រៃសណីយ៍ ដូច្នេះពួកគេមានភាពតស៊ូនៅអាមេរិច។

ម្យ៉ាងវិញទៀត Xylitol គ្រាន់តែផ្អែមដូចស្ករអំពៅតែមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិកទាប ១៣ ហើយថែមទាំងជួយការពារការពុកធ្មេញដោយរារាំងការលូតលាស់របស់បាក់តេរីនៅក្នុងមាត់។

Erythritol មានជាតិផ្អែមដូចស្ករអំពៅ ៧០% ប៉ុន្តែវាមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិកសូន្យហើយពេលខ្លះត្រូវបានណែនាំសម្រាប់អ្នកដែលប្រយុទ្ធប្រឆាំងនឹងជំងឺ Candida ។

គ្លីសេរីន/គ្លីសេរីនថ្នាក់អាហារ គឺជាសារជាតុរាវដែលបានមកពីប្រេងបន្លែ ប៉ុន្តែវាមានជាតិផ្អែមដូចស្ករអំពៅតែ ៦០ ភាគរយហើយអាចពិបាកប្រើ។

ដោយសារតែវាមិនត្រូវបានស្រូបយកទាំងស្រុង ជាតិអាល់កុលដែលមានជាតិស្ករដូចជា sorbitol និង xylitol អាចបង្កជាតិពុលនៅក្នុងពោះវៀន ហើយបណ្តាលឱ្យហើមពោះឧស្ម័នឬរាគហើយវាមិនត្រូវបានណែនាំសម្រាប់អ្នកដែលមាន IBS ឬបញ្ហារំលាយអាហារផ្សេងទៀតទេ។

មនុស្សអាចមានប្រតិកម្មខុសៗគ្នា ចំពោះជាតិអាល់កុលស្ករខុសៗគ្នា ដូច្នេះការពិសោធន៍ដោយប្រុងប្រយ័ត្នត្រូវបានណែនាំ។ ជាតិអាល់កុលដែលមានជាតិស្ករអាចត្រូវបានផលិតចេញពីពោតនិងអាឡែរហ្សីផ្សេងៗ (រួមទាំងពោត GMO) ដូច្នេះសូមពិនិត្យមើលស្លាកឬហៅអ្នកផលិតដើម្បីប្រាកដ

ថា ផលិតផលនឹងមិនផ្តល់ប្រតិកម្មដល់អ្នក។

ជាតិអាល់កុលស្ករដូចជា xylitol មានជាតិពុលខ្ពស់ចំពោះសត្វឆ្កែ។

ជាតិអាល់កុលស្ករមានពី ៤-៩ កាឡូរីក្នុងមួយស្លាបព្រាកាហ្វេអាស្រ័យលើប្រភេទនិងមានសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិច 0-១៥ អាស្រ័យលើប្រភេទ។

៥.២. Swerve®

Swerve គឺជា"សារធាតុផ្អែមធម្មជាតិ" ចុងក្រោយបង្អស់ដែលកំពុងវាយលុកទីផ្សារ។ Swerve ត្រូវបានផលិតចេញពីការរួមបញ្ចូលគ្នានៃ erythritol, oligosaccharides និងរសជាតិធម្មជាតិដែលផ្តល់ឱ្យវានូវមុខងារដុតនំនិងចម្អិនអាហារដ៏ល្អឥតខ្ចោះ។ មិនដូចជាតិអាល់កុលជាតិស្ករដទៃទៀតទេ Swerve ថែមទាំងមានសមត្ថភាពត្នោតនិងធ្វើការ៉ាមែលីសទៀតផង!

ជាអកុសលថ្វីត្បិតតែចូលចិត្តផ្អែមសិប្បនិម្មិតដូចជាអេកវែល Sweet'N Low និង Splenda ក៏ដោយក៏ Swerve នៅតែជាភ្នាក់ងារធ្វើឱ្យមានជាតិផ្អែមដែលចម្រាញ់ខ្ពស់ផលិតពីជាតិអាល់កុលស្ករ។ ទោះបីជាវាត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ជាទូទៅថាមានសុវត្ថិភាព (GRAS) ដោយរដ្ឋបាលចំណីអាហារនិងឱសថអាមេរិក (FDA) ក៏ដោយ erythritol ត្រូវបានគេដឹងថាបណ្តាលអោយឈឺក្រពះឈឺក្បាល និងសូម្បីតែរាកចំពោះបុគ្គលមួយចំនួន។

ទោះយ៉ាងណាអេរីទ្រិតថុលគ្មានជាតិស្ករនិងមិនបង្កមហារីក។ ក្រុមហ៊ុនដែលផលិត Swerve អះអាងថាវាមិនបង្កអាឡែរហ្សីហើយទំនងជាតិចជាងជាតិអាល់កុលស្ករដទៃទៀត ដែលបណ្តាលឱ្យមានបញ្ហាក្រពះពោះវៀន។ ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយវានៅតែជាជាតិអាល់កុល ដែលមានន័យថាវាមិនត្រូវបានស្រូបយកដោយរាងកាយទាំងស្រុងហើយ ដូច្នេះមិនមានអត្ថប្រយោជន៍ផ្នែកអាហារូបត្ថម្ភឡើយ។

Swerve មានសូន្យកាឡូរីនិងសន្ទស្សន៍ glycemic សូន្យ។

៦. សារជាតិផ្អែមគ្មានស្ករ

៦.១. Stevia

ស្ទេវីយ៉ាគឺជាឱសថអាមេរិចខាងត្បូងដែលត្រូវបានគេប្រើជាបង្អែមដោយជនជាតិឥណ្ឌាហ្គ័រានីប៉ារ៉ាហ្គាយអស់រាប់រយឆ្នាំមកហើយ។ ស្លឹករបស់រុក្ខជាតិ Stevia rebaudiana ពណ៌បៃតងខ្ចីមានរសជាតិល្វីងធ្វាញ់និងស្រស់ស្រាយដែលអាចផ្អែមជាងស្ករ ៣០ ដងប៉ុន្តែវាគ្មានកាឡូរីទេហើយការប្រើ

ប្រាស់វាមិនបង្កើនកម្រិតជាតិគ្លុយកូសក្នុងឈាមឡើយ ហើយក៏មិនផ្តល់អាហារដល់ការឆ្លងមេរោគ Candida ដែរ។

នៅទសវត្សឆ្នាំ ១៩៣០ អ្នកគីមីវិទ្យានៅប្រទេសបារាំងបានញែក stevioside ដែលជាសមាសជាតុនៅក្នុងស្លឹកដែលទទួលខុសត្រូវចំពោះភាពផ្អែមរបស់វា។ សមាសធាតុផ្អែមល្ហែមនេះត្រូវបានគេលក់ជាញឹកញាប់នៅក្នុងម្សៅឬវត្ថុរាវ ដែលមានគុណភាពល្អក្រោមឈ្មោះយីហោដូចជាទ្រីវៀ (ដែលមានអេរីត្រិតថុល) និង Sweetleaf ។ ផ្ទុយទៅវិញស្ទេវីយ៉ាក៏អាចត្រូវបានធ្វើដោយគ្រាន់តែកិន ឬកិនស្លឹករុក្ខជាតិដើម្បីបង្កើតជាម្សៅឬស៊ីរ៉ូដែលមានរសជាតិផ្អែមខ្លាំង។

ស្ទេវីយ៉ាចម្រាញ់អាចមានជាតិផ្អែមជាងស្ករស ៣០-២០០ ដងមានន័យថាមានតែបរិមាណតិចតួចប៉ុណ្ណោះដែលត្រូវប្រើ។ វាពិបាកក្នុងការដុតនំនិងចម្អិនជាមួយស្ទេវីយ៉ាដោយសារហេតុផលនេះ។ ស្ទេវីយ៉ាប្រភេទខ្លះអាចមានរសជាតិជូរចត់បន្តិច ដែលមនុស្សមួយចំនួនមិនចូលចិត្ត។ សូមមើលតើស្ទេវីយ៉ាមានសុខភាពល្អទេ? សម្រាប់ព័ត៌មានបន្ថែម។

៦.២. ផ្លែ Monkfruit

Monkfruit ហៅម្យ៉ាងទៀតថា Lo Han Guo គឺជាផ្លែឈើរបស់ Momordica grosvenorii ដែលជារុក្ខជាតិដាំដុះនៅលើភ្នំភាគខាងត្បូងប្រទេសចិនអស់រាប់ពាន់ឆ្នាំមកហើយ។ ជនជាតិចិនហៅឡោហានថាជា «ផ្លែឈើដែលមានអាយុវែង» ពីព្រោះនៅវាលស្រែភ្នំដ៏ចោតក្នុងខេត្តក្វាងស៊ីកន្លែងដែលវាត្រូវបានដាំដុះមានចំនួនប្រជាជនមិនធម្មតា ដែលរស់នៅរហូតដល់អាយុ ១០០ ឆ្នាំឬច្រើនជាងនេះ។

ទោះបីជាអ្នកស្រុកដែលឈានដល់វ័យចំណាស់នេះ បានប្រកាសពីរបៀបរស់នៅដ៏ស្ងប់ស្ងាត់ការធ្វើលំហាត់ប្រាណជាទៀងទាត់ និងរបបអាហារសាមញ្ញដើម្បីជាអាថ៌កំបាំងរបស់ពួកគេ (ដោយគ្មានការសង្ស័យ!) ការសិក្សាជាច្រើនកំពុងដំណើរការ ដែលកំពុងបញ្ជាក់ពីលក្ខណៈសម្បត្តិអាហារូបត្ថម្ភ និងការព្យាបាលរបស់ផ្លែមៀន។

Mogrosides ស្រង់ចេញពីផ្លែស្ងិតមានរសជាតិផ្អែមជាងស្ករ ៣០០ ដងប៉ុន្តែមិនប៉ះពាល់ដល់កម្រិតជាតិស្ករក្នុងឈាមធ្វើឱ្យជាតិផ្អែមនេះជាជម្រើសដ៏ល្អសម្រាប់អ្នកជំងឺទឹកនោមផ្អែមឬអ្នកដែលកំពុងប្រយុទ្ធប្រឆាំងនឹងការឆ្លងមេរោគ Candida ។

Monkfruit (ពេលខ្លះហៅថាឡាកានតូ) អាចរកបានជាការដកស្រង់សុទ្ធនិងជាម្សៅដែលងាយស្រួលដុតនំជាងស្ទេវីយ៉ាហើយវាគ្មានរសជាតិទេ។ ជារឿយៗវាត្រូវបានគេលាយជាមួយអេរីទ្រីតថុ

លដើម្បីជំនួសស្ករសមួយទល់មួយ។ ការធ្លាក់ចុះ? វាថ្លៃហើយពិបាករកបន្តិច។

Monkfruit មានសូន្យកាឡូរីនិងសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិកសូន្យ។

៦.៣. Saccharin, Aspartame & Sucralose

Saccharin ដែលភាគច្រើនត្រូវបានគេស្គាល់ដោយឈ្មោះយីហោ Sweet 'N Low® គឺជាបង្អែមសិប្បនិម្មិតចាស់ជាងគេ។ វាមាននៅក្នុងកញ្ចប់ពណ៌ផ្កាឈូក ហើយត្រូវបានគេប្រើជាទូទៅ ដើម្បីធ្វើឱ្យភេសជ្ជៈមានជាតិផ្អែមនិងស្ករគ្រាប់ឬ ដើម្បីបង្កើនរសជាតិថ្នាំនិងថ្នាំដុសធ្មេញ។

Aspartame ត្រូវបានលក់ក្រោមឈ្មោះផលិតផលផ្សេងៗគ្នារួមទាំង Equal® (នៅក្នុងកញ្ចប់ពណ៌ខៀវ), NutraSweet®, Tropicana Slim®, and Canderel®។ ដូចសូកូឡាដែរវាត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់បង្អែមភេសជ្ជៈផ្អែមនិងស្ករគ្រាប់។ ថ្វីត្បិតតែវាមានជាតិផ្អែមជាងស្ករ ១៨០ ដងក៏ដោយ ប៉ុន្តែវាមិនស័ក្តិសមសម្រាប់ការដុតនំឡើយ ព្រោះវាបាត់បង់ជាតិផ្អែមច្រើននៅពេលត្រូវកំដៅ។ មនុស្សជាច្រើនចាត់ទុកថាការភ្លក្សរសជាតិនេះជាគុណវិបត្តិយ៉ាងសំខាន់ក្នុងការប្រើប្រាស់ថ្នាំ aspartame ។

Sucralose ដែលត្រូវបានលក់ក្រោមឈ្មោះSplenda®នៅក្នុងកញ្ចប់ពណ៌លឿងគឺជាសារធាតុផ្អែមសិប្បនិម្មិតដែលមានស្ថេរភាពកំដៅ។ Splenda® ត្រូវបានផលិតចេញពីជាតិស្ករចម្រាញ់ដែលមានម៉ូលេគុលក្លរីនត្រូវបានបន្ថែមដោយសិប្បនិម្មិត ដូច្នេះវាមិនត្រូវបានស្រូបយកបានត្រឹមត្រូវដោយរាងកាយឡើយ។

សារធាតុទាំងបីនេះសុទ្ធសឹងតែជាជាតិផ្អែមសិប្បនិម្មិតផលិតដោយដំណើរការឧស្សាហកម្មហ្ស៊ីលឥន្ទនៈ-បញ្ឆោត។ គ្មាននរណាម្នាក់ក្នុងចំណោមពួកគេមានកាឡូរីឬសន្ទស្សន៍គ្លីសេមិចទេប៉ុន្តែវាមិនទំនងថាពួកគេនឹងជួយអ្នកបញ្ចុះទម្ងន់។ លើសពីនេះទៅទៀតពួកគេម្នាក់ៗត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់នៅក្នុងការសិក្សាជាច្រើនទាក់ទងនឹងការជាត់រោគសញ្ញាមេតាប៉ូលីសនិងជំងឺទឹកនោមផ្អែមព្រមទាំងជំងឺពុំរ៉ៃដូចជាជំងឺបេះដូង។

៦.៤. The Sweet Surrender

ខណៈពេលដែលគ្មានជាតិស្ករឬជាតិផ្អែម គ្មានគ្រោះថ្នាក់ដល់សុខភាព ក្នុងកម្រិតមធ្យមដែលត្រូវបានកែច្នៃតិចតួច ជាតិផ្អែមបែបប្រពៃណី ដូចជា rapadura ស្ករត្នោត ស៊ីរ៉ូម៉េផល sorghum ទឹកឃ្មុំឆៅ ផ្លែmonkfruit ឬស្លឹក stevia អាចបន្ថែមរសជាតិឆ្ងាញ់ដល់របបអាហារសុខភាពយ៉ាងពិតប្រាកដ (https://www.smallfootprintfamily.com/the-many-different-kinds-of-sugar)។

ជំពូក ៦
ការវាយតម្លៃគុណភាពស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសផលិតចេញពីអ៊ីដ្រូលីសកម្មម្សៅដំឡូងមី (*Manihot esculenta* Cranz.) ដោយប្រើស្រូវបណ្ដុះ (*Oriza sativa* L.)

Theavy Srey*[1], Erlinda I. Dizon[2], Katherine Ann C. Israel[2] Leoncio C. Raymundo[2] Wilma A. Hurtada[3] Edralina P. Serrano[4]

[1]Faculty of Agro-Industry, Royal University of Agriculture, Dangkor District, Phnom Penh, Cambodia

[2]Institute of Food Science and Technology, College of Agriculture, University of the Philippines Los Baños, College, Laguna, Philippines, 4031

[3]Institute of Human Nutrition and Food, College of Human Ecology, University of the Philippines Los Baños, College, Laguna, Philippines, 4031

[4]Postharvest Horticulture Training and Research Center, Crop Science Cluster, College of Agriculture, University of the Philippines Los Baños, College, Laguna, Philippines, 4031

*Corresponding author: Theavy Srey (theavysrey@gmail.com)

សង្ខេបអត្ថបទ

នៅក្នុងដំណើរការកែច្នៃស៊ីរ៉ូ maltose ប្រតិកម្ម maillard reaction បានកើតឡើងរវាងការកាត់បន្ថយជាតិស្ករ និងប្រូតេអ៊ីន ហើយបណ្ដាលឱ្យស៊ីរ៉ូស្ករមានគុណភាពខុសៗគ្នា។ ប្រតិកម្មត្នោតអាចជាការចង់បានឬមិនចង់បាននៅក្នុងផលិតផលអាហារមួយចំនួន។ ការសិក្សាបានវាយតម្លៃគុណភាពស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ដែលផលិតចេញពីអ៊ីដ្រូលីសពីដំឡូងមី (Rayong 9 cv.) ម្សៅស្រូវបណ្ដុះពូជសែនពិដោរ ត្រូវបានបណ្ដុះរយៈពេល ១០ ថ្ងៃនៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់។ សកម្មភាព α-Amylase ត្រូវបានវិភាគជារៀងរាល់ថ្ងៃ។ ការកើនឡើងគួរឱ្យកត់សម្គាល់នៃសកម្មភាព a-amylase ត្រូវបានគេសង្កេតឃើញនៅថ្ងៃទី ៨ បច្ច័យចំនួនពីរដែលមានសមាមាត្រផ្សេងគ្នានៃម្សៅស្រូវបណ្ដុះដែលលាយរួច (T1: ២00g: ៣២g និង T2: ២00g: ៤៨g) ត្រូវបានរៀបចំនិងកែសម្រួលតាមកំរិត pH ផ្សេងៗគ្នា (៤,0 ៤,៥ ៥,0 ៥,៥ ៦,0 និង ៦,៥)។ ស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសលទ្ធផលពី T2 ដែលមាន pH ៥,0 និង ៥,៥ មានផ្ទុក RS និង DE ខ្ពស់។ រយៈពេលបំបែកស្កររយៈពេល ៨ ម៉ោងជាមួយនឹងការទុកចោលបន្ថែមមួយយប់ទៀត ដោយមិនយកចេញពី microwave oven បន្ទាប់ពីចង់ម៉ោងហើយ ធ្វើឱ្យមានការថយចុះ

pH នៅក្នុងទឹកស្ករ T1 និង T2 ។ បរិមាណសំណើមនៃស៊ីរ៉ូស្ករ មានចាប់ពី ៤,៦៥% - ១១,៧៩% ។ បរិមាណប្រូតេអ៊ីន នៅក្នុងទឹកស៊ីរ៉ូ អាចចូលរួមដល់ការធ្វើឱ្យមានពណ៌ត្នោត។ ពណ៌ស៊ីរ៉ូមានចាប់ពីពណ៌ត្នោតខ្ចីរហូតដល់ពណ៌ត្នោតខ្មៅ។ ពណ៌ត្នោតកាន់តែកើនឡើងនៅពេល pH កើនឡើង។ ជាទូទៅស៊ីរ៉ូដែលបានសិក្សាគឺអាចទទួលយកបានជាងស៊ីរ៉ូ ជាពិសេសនៅពេលដែលបរិមាណស្រូវបណ្ដុះត្រូវបានបង្កើន។

ពាក្យគន្លឹះ៖ ស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស អង្ករសម្រូប dextrose equivalent សកម្មភាពអង់ស៊ីម α –amylase និង saccharification

១. សេចក្ដីផ្ដើម

ប្រតិកម្ម maillard reaction កើតឡើងរវាងការកាត់បន្ថយជាតិស្ករនិងប្រូតេអ៊ីនឬអាស៊ីតអាមីណូក្នុងកំឡុងពេលដំណើរការកំដៅនិងការផ្ទុកអាហារ។ ការបង្កើតពណ៌ត្នោតតំណាងឱ្យលក្ខណៈពិសេសមួយនៃប្រតិកម្មចម្រុះទាំងនេះ។ ប្រោននីនត្រូវតែគ្រប់គ្រងដើម្បីចៀសវាងផលិតផលដែលមិនចង់បាន (ឧទាហរណ៍ផ្លែឈើកំប៉ុង) ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយក្នុងករណីខ្លះការឡើងពណ៌ត្នោតគឺជាការចង់បានខ្ពស់ (ឧទាហរណ៍ការដុតនំប៉័ង) (Davies *et al.,* 1997) ។ ស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសគឺជាឌីសាខារជាមួយរូបមន្តម៉ូលេគុល $C_{12}H_{22}O_{11}$ ។ Maltose គឺជាផលិតផលសំខាន់ទីពីរនៅក្នុងស៊េរីជីវគីមីនៃសង្វាក់គ្លុយកូស។ តាមរយៈការបន្ថែមឯកតាគ្លុយកូសមួយផ្សេងទៀតវាផ្ដល់នូវសារជាតុ maltotriose និងសង្វាក់ជាតិគ្លុយកូស ៤ គឺ maltostetrose ។ ល។ ផលិតផលបន្ទាប់គឺ dextrins នៅពេលដែលបន្ថែមជាតិស្ករច្រើន វាត្រូវបានគេហៅផងដែរថា maltodextrins ហើយក្រោយមកគឺជាម្សៅ។ ការកែច្នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសមានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែល នឹងស៊ីរ៉ូគ្លុយកូស តាមរយៈការបញ្ចេញជាតិអាស៊ីតអង់ស៊ីមនៃម្សៅរាវ (DSSE, 2018)។

pH នៃឧបករណ៍ផ្ទុកអាចទាបជាង ឬបង្កើនពណ៌ត្នោតនៅក្នុងផលិតផល។ ជាទូទៅការឡើងពណ៌ត្នោតត្រូវបានកើនឡើង ជាមួយនឹងការបង្កើនតម្លៃ pH (Wolform & Rooney, ១៩៥៣) ។ នៅពេល pH នៃឧបករណ៍ផ្ទុកស្ថិតនៅចន្លោះ <៣ ទៅ> ៩ ប្រតិកម្មអង់ហ្ស៊ីមមួយចំនួនកើតឡើងពេញលេញជាមួយនឹងប្រតិកម្មម៉ាយឡាដ។ ការផ្លាស់ប្ដូរ pH នាំឱ្យមានការផ្លាស់ប្ដូរយន្តការនៃប្រតិកម្មដូច្នេះនាំឱ្យមានការបង្កើតផលិតផលដែលងាយនឹងបង្កជាហេតុនិងពណ៌ផ្សេងៗគ្នា (Kroh & Westphal, 1988) ។

ការសិក្សានេះជាទូទៅមានគោលបំណង វាយតំលៃគុណភាពស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសផលិតពីជំឡូងមីពូជ

Rayong 9 cv. និងអង្គរពូជក្នុងស្រុក សែនពិដោរ។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវមានគោលបំណង៖ ១) កំណត់ពេលវេលាដំណុះល្អបំផុតនៃស្រូវដែលមានការផលិតអង់ស៊ីមអាមីឡាសខ្ពស់បំផុត។ ii) កំណត់ប៉ារ៉ាម៉ែត្រកែច្នៃល្អបំផុត ដូចជា pH ពេលវេលានៃការធ្វើ saccharification និងសមាមាត្រនៃស្រទាប់ខាងក្រោម (ម្សៅដំឡូងមី) ទៅនឹងអង់ស៊ីម (ស្រូវបណ្តុះ) សម្រាប់ផលិតស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស iii) វាយតម្លៃលក្ខណៈគីមីសាស្ត្រ [ពណ៌ pH បរិមាណសំណើម (%) អង្គធាតុរឹងរលាយសរុប (TSS %) ស្កររ៉េដុក (%) dextrose equivalent បរិមាណផេះនិង % ប្រូតេអ៊ីន] នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស និង iv) កំណត់ការទទួលយកនៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសពីម្សៅដំឡូង។

២. សម្ភារនិងវិធីសាស្ត្រសិក្សាស្រាវជ្រាវ

២.១ ការបែងចែកបច្ច័យពិសោធន៍

ស្រូវសែនសែនពិដោរ ផលិតដោយវិទ្យាស្ថានស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍន៍ កសិកម្មកម្ពុជា (CARDI) និង Cassava Rayong 9 cv. ការដាំដុះជាទូទៅរបស់កសិករខ្មែរត្រូវបានប្រើនៅក្នុងការសិក្សានេះ។ ការធ្វើតេស្តសកម្មភាពអង់ស៊ីម ត្រូវបានធ្វើឡើងនៅមជ្ឈមណ្ឌលបណ្តុះបណ្តាលនិងស្រាវជ្រាវ ក្រោយពេលសាកវប្បកម្ម ក្រោយពេលប្រមូលផល វិទ្យាស្ថានវិទ្យាសាស្ត្រដំណាំ មហាវិទ្យាល័យកសិកម្ម នៃសាកលវិទ្យាល័យហ្វីលីពីនឡូសបាញ៉ូស ឡាហ្គូណា ប្រទេសហ្វីលីពីន និងការកែច្នៃម្សៅដំឡូងមី និងត្រូវបណ្តុះត្រូវបានធ្វើឡើងនៅ មហាវិទ្យាល័យឧស្សាហកម្មកសិឧស្សាហកម្ម នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្មនៅ ប្រទេសកម្ពុជា។

២.២. ដំណុះគ្រាប់

គ្រាប់ស្រូវសែនពិដោរ ត្រូវបានត្រាំក្នុងបរិមាណទឹកគ្រប់គ្រាន់រយៈពេល ៣ ថ្ងៃ ទឹកត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរពីរដងក្នុងមួយថ្ងៃ ដើម្បីបំបាត់ក្លិន ។ គ្រាប់ស្រូវដែលត្រាំ ត្រូវបានពង្រាយឱ្យរាបស្មើគ្នា នៅលើថាសប្លាស្ទិកដែលដាក់រាងជម្រាល និងគ្របដោយថង់ប្លាស្ទិកខ្មៅ។ គ្រាប់ស្រូវត្រូវបានប្រោះដោយទឹកក្នុងបរិមាណគ្រប់គ្រាន់ពីរដងក្នុងមួយថ្ងៃ។ សកម្មភាពអង់ស៊ីមអាមីឡាសនៅក្នុងគ្រាប់ស្រូវដំណុះ ត្រូវបានវិភាគជារៀងរាល់ថ្ងៃរយៈពេល ១០ ថ្ងៃ ហើយប្រវែងឫសនិងពន្លកនៃគ្រាប់ស្រូវក៏ត្រូវបានវាស់ ។ ថ្ងៃដែលស្រូវបណ្តុះផលិតអង់ស៊ីមមានសកម្មភាពខ្ពស់ជាងគេ ត្រូវបានជ្រើសរើសសម្រាប់ប្រើក្នុងដំណើរការផលិតស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ។

២.៣. ការរៀបចំម្សៅស្រូវបណ្តុះ

ស្រូវបណ្តុះ ត្រូវបានសម្ងួតនៅក្នុងឡសម្ងួតដោយកម្តៅ រហូតដល់មានសំណើមប្រហែល ២០% និងបានខ្ចប់ដាក់ក្នុងថង់ PE ហើយរក្សាទុកយ៉ាងត្រឹមត្រូវ នៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ សម្រាប់ការ

ប្រើប្រាស់នាពេលអនាគត់។

២.៤. ការវិភាគសកម្មភាពអង់ស៊ីម α-Amylase នៅក្នុងស្រូវបណ្ដុះ

២.៤.១. ការរៀបចំម្សៅអាសេតូន

ម្សៅអាសេតូនត្រូវបានរៀបចំឡើង ដោយធ្វើឱ្យជាលិកាសំណាបស្រូវស្រស់ ១ ផ្នែកមានអាសេតូនកកចំនួន ៨ ផ្នែកនៅក្នុងស្លកនិងបាយអ។ ម្សៅត្រូវបានលាងច្រោះដោយស្បោងចម្រោះពិសេស ហើយម្សៅត្រូវបានគេលាងជាច្រើនដងជាមួយអាសេតូនត្រជាក់។ សំណល់ត្រូវបានសម្ងួតដោយខ្យល់ ហើយកិនជាម្សៅល្អហើយទុកក្នុងទូទឹកកកសម្រាប់ប្រើប្រាស់នាពេលអនាគត។

២.៤.២. ការចម្រាញ់អង់ស៊ីម

ម្សៅអាសេតូន ០,២ ក្រាម ត្រូវបានធ្វើឱ្យរលាយចូលគ្នាជាមួយ សូលុយស្យុងសូដ្យូមផូស្វាត ០,០២ M ដែលមានបរិមាណ ១០មីលីលីត្រ (pH ៦,៩) ដោយប្រើត្បាល់បុក។ ល្បាយដែលរលាយសព្វត្រូវបាន យកទៅធ្វើ centrifuged ក្នុងល្បឿន ១០.០០០ rpm រយៈពេល ១០ នាទី នៅសីតុណ្ហភាព ៥ អង្សាសេ ហើយ ល្បាយសូលុយស្យុង ត្រូវបានគេលាងសម្អាតមួយយប់ដោយប្រើទឹកបិត។

២.៤.៣. ការវិភាគអង់ស៊ីម

សកម្មភាពរបស់ α-amylase ត្រូវបានកំណត់ដោយការបាត់បង់សមត្ថភាព ក្នុងការផ្ដល់ពណ៌ខៀវជាមួយអ៊ីយ៉ូត។ ល្បាយតេស្ត (៧,៥ មីល្លីលីត្រ) មានចំរាញ់ពីអង់ស៊ីម ០,៥ មីល្លីលីត្រម្សៅរលាយ ១ មីល្លីលីត្រដែលក្នុងនោះ ១ មីលីក្រាម/មីលីលីត្រត្រូវបានរំលាយក្នុងសូលុយស្យុង ០,០២M ផូស្វាត (pH ៦,៩) និង ៥,០ មីលីលីត្រ ០,០០៥% I2 និង ០,០៥% KI។

សូលុយស្យុងដែលបានធ្វើប្រតិកម្មរួច ត្រូវបានបន្ទុំរយៈពេល ១០ នាទីនៅស៊ីតុណ្ហភាព ២០ អង្សាសេ ហើយប្រតិកម្មត្រូវបានបញ្ឈប់ដោយបន្ថែម ០,១ M HCl ចំនួន ១ មីលីលីត្រ។ សូលុយស្យុងត្រូវបានអានដោយប្រើឧបករណ៍ spectrophotometer នៅល្បឿន ៧០០ nm ។ សកម្មភាពអង់ស៊ីមត្រូវបានក្រិតតាមខ្សែកោងស្តង់ដារ ដែលបង្កើតឡើងដោយការបញ្ចូលតម្លៃខ្នាតនៃ α-amylase ដែលគេស្គាល់ ដែលត្រូវបានគេបោសសំអាតធៀបនឹង ៧០០ nm ដោយប្រើវិធីសាស្រ្ត Serrano (១៩៩១) ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយ ដោយសារ α-amylase សុទ្ធមិនអាចរកបាន ដែលបានបន្សុតវិធីសាស្រ្តដែលត្រូវបានប្រើត្រូវបានកែប្រែជាសកម្មភាព unit-amylase ចំនួន ១ ឯកតាដែលកំណត់ថាជាការផ្លាស់ប្តូរការស្រូបយកល្បាយដោយ ០,០០១/នាទី (១ ឯកតា = bsAbs/នាទី) គ្រោងនៃ

សកម្មភាព α -amylase នៅ ៧០០ nm ក្នុងកំឡុងពេលដំណុះផ្សេងៗគ្នា (ថ្ងៃ) បន្ទាប់ពីនោះ ប្រតិកម្មត្រូវបានបញ្ឈប់ដោយការបន្ថែម ១ មីល្លីម៉ែត្រ ០,១ ម។

២.៩. ការរៀបចំស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស

វិធីសាស្ត្រនៃការរៀបចំស៊ីរ៉ូ maltose ដោយប្រើអង្ករ malted ត្រូវបានអនុម័តពី Quynh and Cecil (១៩៩៦) ។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវបានធ្វើឡើងដោយសមាមាត្រពីរផ្សេងគ្នានៃសំណាបស្រូវកំទេចស្ងួត។ ការព្យាបាលដំបូងត្រូវបានគេដាក់លាយជាមួយម្សៅដំឡូងស្ងួត ២០០ ក្រាមនិងសំណាបស្រូវស្ងួត ៣២ ក្រាម (T1: 200: 16+16) ។ ការព្យាបាលលើកទី ២ ត្រូវបានគេដាក់លាយជាមួយម្សៅដំឡូងមីស្ងួត ២០០ ក្រាមនិងសំណាបស្រូវស្ងួត ៤៨ ក្រាម (T2: 200: 24+24) ។ Hydrolysis នៃម្សៅដំឡូងមីត្រូវបានបែងចែកជាពីរក្រុម។ កញ្ចប់ទី ១ ផ្សំឡើងពីម្សៅដំឡូងមី ២០០ ក្រាមដោយមាន ១៦ ក្រាម (T1) និង ២៤ ក្រាម (T2) នៃគ្រាប់ស្រូវក្រៀមស្ងួតដោយឡែកពីគ្នាហើយទឹកច្រោះ ៤០០ មីលីលីត្រត្រូវបានបន្ថែម ទៅក្នុងឆ្នាំងដែកអ៊ីណុកនីមួយៗ ហើយកូរឱ្យសព្វដើម្បីចៀសវាងកុំឱ្យមានដុំម្សៅចូល។ pH ត្រូវបានកែសម្រួលដូចខាងក្រោមមិនត្រូវបានកែតម្រូវទេ pH ៤,០ pH ៤,៥ pH ៥,០ pH ៥,៥ pH ៦,០ និង pH ៦,៥ ។ នេះហៅថាជំហានប្រតិកម្ម។ ទឹកចម្រោះ ៨០០ មីល្លីលីត្រមួយទៀតត្រូវបានគេរៀបចំដោយឡែកពីគ្នាជាមួយនឹងកំរិត pH ខុសៗគ្នាហើយដាំឱ្យពុះនៅពេលក្រោយបន្ថែមទៅក្នុងម្សៅដំបូង។

គ្រាប់ស្រូវកំទេចលើកទី២ ចំនួន ១៦ ក្រាម (T1) និង ២៤ ក្រាម (T2) ហើយត្រូវបានបន្ថែមទៅក្នុងឆ្នាំងនីមួយៗ ការលាយត្រូវបានបន្ត។ បន្ទាប់ពីបន្ថែមស្រូវបណ្ដុះនិងទឹកលាយ សីតុណ្ហភាពត្រូវបានចញ្ចុះមកនៅប្រហែល ៦០ អង្សាសេ បន្ទាប់មកវាត្រូវបានបង្កើនឡើង និងរក្សាបានប្រហែល ៨០ អង្សាសេ ដោយកូរបន្តរហូតទាល់តែម្សៅលាយល្អ មិនបន្សល់ពណ៌សរឡើយ។ ល្បាយនេះត្រូវបានធ្វើឱ្យត្រជាក់នៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ប្រហែល ៦០-៦២ អង្សាសេ ហើយត្រូវបានទុកក្នុងអូវិននៅសីតុណ្ហភាព ៦០ អង្សាសេរយៈពេល ៨ ម៉ោងសម្រាប់ការបំបែកឱ្យទៅជាស្ករ ។ ល្បាយត្រូវបានទុកមួយយប់បន្ថែមទៀត ដើម្បីឱ្យដំណើរការបានពេញលេញ។ ការធ្វើតេស្តម្សៅ ត្រូវបានធ្វើឡើងដើម្បីពិនិត្យមើលថា តើម្សៅត្រូវបានបំបែកទាំងស្រុង (បំបែកទាំងស្រុងនៅពេលគ្មានពណ៌ខៀវបន្ទាប់ពីបន្ថែមសូលុយស្យុងអ៊ីយ៉ូត) ។ ល្បាយនេះត្រូវបានយកចេញពីឡនៅថ្ងៃបន្ទាប់។ ម្សៅបានបំបែកទៅជាស្ករួចរាល់ ត្រូវបានដាំឱ្យពុះហើយច្រោះដោយប្រើក្រណាត់ច្រោះ។ ទឹកដែលស្រង់ចេញត្រូវបានដាំឱ្យពុះរហូតដល់ស៊ីរ៉ូឡើងខាប់។ នៅពេលស៊ីរ៉ូខាប់ល្មម ឆ្នាំងត្រូវបានយកចេញពីចង្ក្រាន ហើយស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសបានទុកឱ្យត្រជាក់។ ការកំណត់ចំណុចបញ្ចប់ គឺអាស្រ័យលើបទពិសោធន៍របស់ការចំណាំ ដោយ

សង្កេតមើលរបៀបដែលស៊ីរ៉ូធ្លាក់ពីឈើកូរ ដំណើការនេះគេហៅថា gelatinization ។ នៅក្នុងការសិក្សានេះដំណើរការ gelatinization បានចំណាយពេលប្រហែល ៤០ នាទី។ ស៊ីរ៉ូដែលមានជាតិ viscous ត្រូវបានផលិតត្រូវបានធ្វើតេស្តដើម្បីកាត់បន្ថយមាតិកាជាតិស្ករលក្ខណៈគីមីសាស្ត្រ និងវិភាគដោយញ្ញាណដោយក្រុមអ្នកវាយតម្លៃ។

២.៦. ការវិភាគលក្ខណៈរូប-គីមី

២.៦.១. pH

pH របស់សំណាកត្រូវបានវិភាគដោយប្រើឧបករណ៍ Orion 2 Star Bench-top pH meter។

២.៦.២. អង្គធាតុរឹងរលាយសរុប (TSS) (0Brix)

ស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសត្រូវបានវិភាគរក TSS ដោយប្រើ Atago រ៉ីហ្វ្រាក់តូម៉ែត្រ។

២.៦.៣. ការវាស់ពណ៌

Chromameter, CapSure ត្រូវបានប្រើដើម្បីអានពណ៌នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស។ នៅឆ្នាំ ១៩៧៦ CIE ត្រូវបានអនុម័តជាផ្លូវការនូវប្រព័ន្ធ ដែលបានកែប្រែ CIELAB ដែលមានប៉ារ៉ាម៉ែត្រ L*, a*, b*។ L* បង្ហាញពីភាពស្រាល (០ ដល់ ១០០) ដោយ ០ ជាខ្មៅនិង ១០០ ជាស។ កូអរដោនេ a* គឺសម្រាប់ក្រហម (+) និងបៃតង (-) និងខ* សម្រាប់ពណ៌លឿង (+) និងខៀវ (-)។

២.៦.៤. ការកំណត់រកស្កររេដុក

ការកាត់បន្ថយមាតិកាជាតិស្ករនៃសំណាកត្រូវបានកំណត់ដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ Dinitrosalicylic Acid (DNS) method (Miller 1959) ។

អាំងតង់ស៊ីតេនៃពណ៌ក្រហមខ្មៅ ត្រូវបានអានដោយប្រើ UV-Vis spectrophotometer, UVmini-1240 at 570 nm ។ ស៊េរីស្តង់ដារត្រូវបានរៀបចំដោយប្រើគ្លុយកូស (0-៥00 μg) ហើយក្រាហ្វស្តង់ដារត្រូវបានគ្រោងទុក។ ការកាត់បន្ថយជាតិស្ករនៃសំណាកត្រូវបានកំណត់ពីខ្សែកោងស្តង់ដារដែលបានរៀបចំពីដំណោះស្រាយគ្លុយកូសជាមួយនឹងកំហាប់ដូចខាងក្រោម៖ ១០០ ២០០ ៣០០ និង ៤០០ ។

២.៦.៥. Dextrose Equivalent

Dextrose Equivalent នៃសំណាកត្រូវបានវិភាគដូចខាងក្រោម៖

$$DE = \frac{(\%\ \text{Reducing Sugars})(100)}{\%\ \text{Dry Substances}}$$

២.៦.៦. ការវិភាគសំណើម (Oven-drying method)

បរិមាណសំណើមនៃសំណាកត្រូវបានវិភាគដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ Horwitz (2000)។ ភាគរយសំណើម (w/w) ត្រូវបានគណនាដោយប្រើរូបមន្តខាងក្រោម៖

$$\%\ MC = \frac{(initial\ mass - final\ mass)}{initial\ mass_{sample}} \times 100$$

២.៦.៧. ការវិភាគរកបរិមាណផេះ

បរិមាណផេះនៃសំណាកត្រូវបានវិភាគដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ dry ashing method of AOAC (2007) ដូចខាងក្រោម៖

$$\%\ \text{Ash (dry basis)} = \frac{\text{Weight after ashing} - \text{tare weight of crucible}}{\text{Original sample weight x Dry matter coefficient}}\ \text{x}\ 100$$

២.៧. ប្រូតេអ៊ីន

បរិមាណប្រូតេអ៊ីនត្រូវបានវិភាគដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ Kjeldahl method (Horwitz, 2000; WHO, 1973)។ បរិមាណប្រូតេអ៊ីនត្រូវបានគណនាដោយប្រើរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$\text{N (g\%)} = \frac{(\text{mL 0.1N HCl sample} - \text{mL 0.1N HCl blank})\text{x 0.0014 x NHCl x 100}}{\text{Weight of sample}} \quad (1)$$

$$\text{Protein (g /100g)} = \%\ \text{Total nitrogen x appropriate nitrogen conversion factor} \quad (2)$$

២.៨. ភាពទទួលយកបាននៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស

ការធ្វើតេស្តធ្វើមាត្រដ្ឋានហីដូននិក ៩ ចំណុចត្រូវបានប្រើដើម្បីសាកល្បងភាពអាចទទួលយកបាននៃផលិតផលតាមរយៈការវាយតម្លៃលើខ្នាតដែលបានកំណត់យ៉ាងត្រឹមត្រូវ។ ចៅក្រមចំនួន ២៨ នាក់ (២៨ នាក់) ដែលស៊ាំជាមួយទឹកស៊ីអ៊ីវ maltose ត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យដើម្បីវាយតម្លៃ

ផលិតផល។ សន្លឹកពិន្ទុនិងទឹកមួយកែវត្រូវបានផ្តល់ជូនដល់ចៅក្រមក្នុងកំឡុងពេលវាយតម្លៃ។

២.៩. ការវិភាគទិន្នន័យ

ការពិសោធន៍ទាំងអស់ត្រូវបានធ្វើឡើងបីដង។ ការវិភាគអថេរនិងភាពខុសគ្នាតិចបំផុតត្រូវបានអនុវត្តដើម្បីស្វែងយល់ពីភាពខុសគ្នាសំខាន់រវាងការព្យាបាលនិងអថេរនៅ $p \leq 0.05$ ។

៤. លទ្ធផលនៃការសិក្សា

៤.១. ការផ្លាស់ប្តូសីតុណ្ហភាព និងសំណើមបរិយាកាស (RH) នៃស្រូវនៅកម្រិតនៃការដុះលូតលាស់ខុសៗគ្នា

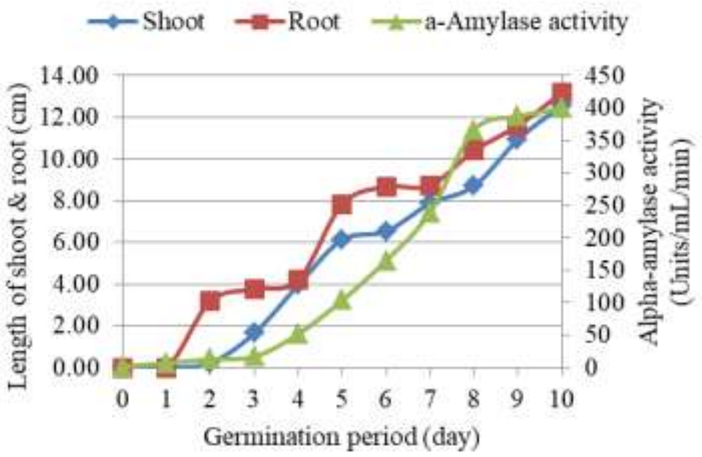
សីតុណ្ហាភាពគ្រាប់ពូជស្រូវសាលីប្រែប្រួលពី ៣២,៨ អង្សាសេ (ថ្ងៃទី ៤) ដល់ ៣៤,៤ អង្សាសេ (ថ្ងៃទី ៦); ខណៈពេលដែលសំណើមដែលទាក់ទងមានចាប់ពី ៤៧% (ថ្ងៃទី ៥) ដល់ ៥៩% (ថ្ងៃទី ៩) ជាមធ្យម ៣៤ អង្សាសេនិង ៥៣% រៀងគ្នា។

៤.២. ការដុះលូតលាស់នៃស្លឹកនិងឫសរបស់សំណាបនៅរយៈពេលបណ្តុះខុសៗគ្នា

ថ្ងៃទី ១ នៃរយៈពេលដំណុះ (គ្រាប់ពូជត្រាំត្រូវបានយកចេញពីទឹក) ពន្លកនៃសំណាបស្រូវមានពណ៌លឿងនៅសប្តាហ៍ដំបូងហើយប្រែទៅជាពណ៌បៃតងបន្ទាប់ពីថង់ប្លាស្ទិចត្រូវបានយកចេញ។ ប្រវែងនៃពន្លកនិងrootsសនៃសំណាបស្រូវមានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង ($P \leq 0.05$) ។ otsសមានប្រវែងវែងជាងពន្លកបន្តិច។ ទាំងrootsសនិងពន្លកបានចាប់ផ្តើមកើនឡើងនៅថ្ងៃទី ២ (~ ១ ស។ ម) ជារៀងរាល់ថ្ងៃ។ ពន្លកនិងrootsសវែងបំផុតត្រូវបានទទួលនៅថ្ងៃទី ១០ (១៣ ± ០.២៥ និង ១៣.១៧ ± ០.៣៥ ស។

៤.៣. សកម្មភាពអង់ស៊ីម α -Amylase នៃស្រូវបណ្តុះនៅរយៈពេលខុសៗគ្នា

សកម្មភាព α-amylase ប្រចាំថ្ងៃរបស់សំណាបស្រូវមានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង ($P \leq 0.05$) ។ សកម្មភាពអាមីឡាសត្រូវបានកើនឡើងយឺត ៗ ក្នុងរយៈពេល ៣ ថ្ងៃដំបូងហើយកើនឡើងនៅថ្ងៃទី ៨ (៣៦៦ α ១.៥៣ យូនីត/មីលីលីត្រ/នាទី); ហើយវាខ្ពស់ជាងថ្ងៃ ១ ដល់ ៧ យ៉ាងខ្លាំងមានការកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំងនៃសកម្មភាព α -amylase នៅថ្ងៃទី ៤ - ៨ ហើយបន្ទាប់មកថយចុះចាប់ពីថ្ងៃទី ៨ - ១០ (រូបភាពទី ១) ។ រយៈពេលដំណុះនៅថ្ងៃទី ៨ ត្រូវបានជ្រើសរើសសម្រាប់ដំណើរការស៊ីរ៉ូម៉លថូសនៅក្នុងការសិក្សានេះ។



រូបភាពទី ១៖ សកម្មភាព (ឯកតា/មីលីលីត្រ/នាទី) នៃ α-amylase នៅក្នុងស្រូវបណ្ដុះនៅរយៈពេលដំណុះខុសគ្នា (ថ្ងៃ)

៤.៤. ស្កររ៉េដុក និង Dextrose Equivalent នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស

ដើម្បីកំណត់ពីប្រសិទ្ធភាពនៃអង្ករ malted ជាប្រភពអង់ហ្ស៊ីមភាគរយនៃការកាត់បន្ថយជាតិស្ករ (%) និង dextrose equivalent (%) នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ពីម្សៅដំឡូងមីដែលមានជាតិខ្លាញ់ត្រូវបានអនុវត្តនៅកម្រិត pH ខុសៗគ្នាហើយលទ្ធផលត្រូវបានសង្ខេបនៅក្នុងតារាងទី ១ ។

តារាងទី ១ ស្កររ៉េដុក (RS %) និង dextrose equivalent (DE %) នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ពីការរួមផ្សំផ្សេងៗគ្នានៃម្សៅដំឡូងមីនិងស្រូវបណ្ដុះក្នុងកម្រិត pH ខុសៗគ្នា។

៤.៤.១ ស្កររ៉េដុក (RS %)

ការព្យាបាលដោយមិនមានការកែសំរួល pH (pH 5.3) មាន RS ខ្ពស់បំផុតសំរាប់ទាំង T1 (91.75 ± 0.50%) និង T2 (106.83 ± 0.80%) បើប្រៀបធៀបទៅនឹងវិធីព្យាបាលផ្សេងទៀតដែលមានចំនួនសំណាបដូចគ្នា។ គំរូ T1 មាន RS ខ្ពស់ជាង T2 (តារាងទី ១)។

៤.៤.២. Dextrose Equivalent (DE%)

Dextrose equivalent នៃសំណាកស៊ីរ៉ូ បច្ច័យ T1 និង T2 មានភាពខុសគ្នាគួរឱ្យកត់សម្គាល់ក្នុងចំណោមការព្យាបាលដូចគ្នា។ DE នៃ បច្ច័យ T1 ដែលមាន pH មិនខុសគ្នា (៨៣,២៨ ± ២,០៤%) គឺខ្ពស់ជាងបច្ច័យដទៃ។ ដូចគ្នានេះដែរ DE នៃបច្ច័យ T2 ដែលមាន pH ដែលមិនបានកែតម្រូវ គឺខ្ពស់ជាងយ៉ាងខ្លាំង (៩៧,០៧ ± ០,៤៤%) ពីសំណាកផ្សេងទៀតនៅក្នុងការព្យាបាលដូច

គ្នា។ និងខ្ពស់បំផុតបច្ច័យទី ១ និងទី ២ (តារាងទី ១) ។

៤.៥. លក្ខណៈគីមីនៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស

៤.៥.១. pH

តម្លៃ pH នៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង ($P \le 0.01$) ។ តម្លៃ pH នៃសំណាកដែលមាន pH មិនត្រឹមត្រូវនិង pH 5.0 នៃ T1 គឺ 5.27 ± 0.06 ខ្ពស់ជាងគំរូផ្សេងទៀត។ តម្លៃ pH នៃសំណាកដែលមាន pH 6.5 នៃ T2 គឺ 5.30 ± 0.00 ខ្ពស់ជាងគំរូផ្សេងទៀត តម្លៃ pH នៃទឹកស៊ីរ៉ូ (T1) មានចាប់ពី ៤.៥៧ ដល់ ៥.២៧ ខណៈដែល pH នៃស៊ីរ៉ូ (T2) មានចាប់ពី ៤.៥៣ ដល់ ៥.៣០ (តារាងទី ២) ។

៤.៥.៣. អង្គធាតុរឹងរលាយសរុប (TSS)

អង្គធាតុរឹងរលាយសរុបនៃស៊ីរ៉ូ (ធី ១) និង (ធី ២) មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (ភី≤ ០.០១) ។ TSS នៃទឹកស៊ីរ៉ូ T1 មានចាប់ពី ៧៣.០០ ± ១.០០ ដល់ ៨៣.៦៧ ± ០.៥៨ និង TSS នៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ២ មានចាប់ពី ៧៦.៣៣ ± ០.៥៨ ដល់ ៨៣.៦៧ ± ០.៥៨ ។ ស៊ីរ៉ូដែលមាន pH 6.5 និងជាមួយ pH 5.0 នៃ T1 និង T2 មានតម្លៃ TSS ដូចគ្នានិងខ្ពស់ជាងទឹកស៊ីរ៉ូដទៃទៀត (83.67 ± 0.58 oBrix) (តារាងទី ២) ។

៤.៥.៤. សំណើម (MC %)

មាតិកាសំណើមនៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង ($P \le 0.01$) ។ ស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ មានចាប់ពី ៤.៦៥% ដល់ ១០.០៩% ។ ស៊ីស៊ីស៊ីដែលមាន pH 6.0 ខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូផ្សេងទៀត (១១,៧៩%) ។ ស៊ីស៊ីភីស៊ីធី ២ មានចាប់ពី ៦.៥៨% ដល់ ១០.១៤% ស៊ីស៊ីស៊ីដែលមាន pH ៦.៥ ខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូដទៃទៀត (១១.៣៤%) (តារាងទី ២) ។

៤.៥.៦. ផេះ (Ash %)

ផេះផៅនៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ និងធី ២ មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (ភី≤ ០.០១) ។ ផេះផៅស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានចាប់ពី ០.៤៣ ± ០.០៣% ទៅ ០.៦៤ ± ០.០៣% និងពី ០.៤៤ ± ០.០៣% ដល់ ០.៦៦ ± ០.០២% រៀងៗខ្លួន។ ផេះផៅស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 ដែលមាន pH 6.0 និង 6.5 មិនមានភាពខុសប្លែកគ្នានិងខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូដទៃទៀតទេ (០.៦៣ ± ០.០២% និង ០.៦៤ ± ០.០៣%) និង (០.៦៦ ±

០.០២% និង ០.៦៤ ± ០.០៥%) រៀងគ្នា (តារាងទី ២) ។

៤.៥.៧. ប្រូតេអ៊ីន (%)

បរិមាណប្រូតេអ៊ីននៃស៊ីរ៉ូទី ១ និងទី ២ មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (p≤ 0.0១) ។ ប្រូតេអ៊ីនផៅនៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានចាប់ពី ០,៧៩ ± ០,១១% ទៅ ១,៨២ ± ០,១៣% និងពី ០,៧៥ ± ០,០៧% ដល់ ១,៥២ ± ០,០៣% (pH 5.0, pH 6.0 និង pH 6.5, pH 4.5) រៀងៗខ្លួន។ ប្រូតេអ៊ីនផៅស៊ីរ៉ូ T1 ដែលមាន pH 6.0 ខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូដទៃទៀត (តារាង ២) ។

៤.៥.៨. ពណ៌

ពណ៌ L*៖ តម្លៃ L នៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (P ≤ 0.01) តម្លៃ L នៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ និងធី ២ មានចាប់ពី ៣៦.៣៣ ± ១.១៥ ដល់ ៥១.៦០ ± ១.៦៦ និង ៣០.១០ ± ០.៥២ ដល់ ៤៧.០៧ ± ៣.០១ (pH ៦.៥ និង pH ៤.០) រៀងៗខ្លួន។ អិលតម្លៃស៊ីរ៉ូ T1 ដែលមាន pH ៤.០ ខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូដទៃទៀតដែលបង្ហាញថាសុ៊ីរ៉ូដែលមាន pH ៤.០ មានពណ៌ស្រាលជាងគេ (តារាងទី ៣) ។ បំរែបំរួលកម្រិត pH និងម្សៅទៅសមាមាត្រអង្ករដែលលាយរួចប៉ះពាល់ដល់ពណ៌ទឹកស៊ីរ៉ូ។ តម្លៃ pH តូចជាងមុនស្រាលជាងមុនគឺពណ៌ស៊ីរ៉ូនិងបរិមាណម្សៅតិចជាងសមាមាត្រអង្ករដែលត្រូវបានលាយពណ៌ស្រាលជាងនេះគឺជាពណ៌ស៊ីរ៉ូ (រូបភាពទី ២) ។

ពណ៌ a*៖ តម្លៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (P ≤ 0.01) តម្លៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ និងធី ២ មានចាប់ពី ៨.៦៣ ± ០.១៥ ដល់ ១៦.៨៣ ± ០.៥៨ និងពី ១១.៨៧ ± ០.២១ ដល់ ១៨.៥០ ± ០.៣០ (pH ៤.០, pH ៦.៥, pH ៥ និង pH 5.5) រៀងគ្នា។ តម្លៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 ពី pH ៤.០ ដល់ ៦.៥ ត្រូវបានកើនឡើងនៅពេល pH នៃសំណាកកើនឡើង។

ពណ៌b*៖ ខតម្លៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ និងធី ២ មានភាពខុសគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (ភី≤ 0.0១) ។ b តម្លៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 មានចាប់ពី ២០.៣០ ± ២.៩១ ដល់ ៣០.០០ ± ០.៦០ និងពី ១៤.៧០ ± ០.៤៦ ដល់ ៣៤.៤៣ ± ១.៦៨ (pH 6.5, pH 4.5, pH 6.5 និង pH 4.0) រៀងគ្នា។

៤.៥.៩. ភាពអាចទទួលយកបាននៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស

ភាពអាចទទួលយកបានទូទៅនៃស៊ីរ៉ូទាំង T1 និង T2 មិនមានភាពខុសគ្នាខ្លាំងទេ។ ស៊ីរ៉ូទាំងអស់គឺ T1 ឬ T2 ត្រូវបានដាក់ពិន្ទុពី ៤.៧៩ ± ២.៦៦ ដល់ ៦.៣៩ ± ២.០៤ និងពី ៤.៨២ ± ២.១៦ ដល់ ៦.០៤ ± ២.១៥; ស៊ីរ៉ូក្នុងស្រុកត្រូវបានគេដាក់ពិន្ទុ 4.79 ± 2.66 ទៅ 4.96 ± 2.40 បើប្រៀប

ធៀបទៅនឹង T1 និង T2 រៀងគ្នា។

៥. ការពិភាក្សា

គ្រាប់ស្រូវត្រូវបានគេពន្លករយៈពេល ១០ ថ្ងៃនៅសីតុណ្ហភាពនិង RH ពី ៣២,៨ អង្សាសេទៅ ៣៤,៤ អង្សាសេនិងពី ៤៧ ភាគរយទៅ ៥៩ ភាគរយ។ ពន្លកនិងrootsសនៃសំណាបមានការរីកចម្រើនគួរឱ្យកត់សម្គាល់ពីមួយថ្ងៃទៅមួយថ្ងៃ។ នេះបើយោងតាម Owusu-Mensah et al. (2010), ប្រវែងសំណាបស្រូវត្រូវបានកើនឡើង នៅពេលដែលរយៈពេលនៃការមករដូវកើនឡើង Hammond and Ayernor, (2001) ការបាញ់កាន់តែយូរកាន់តែខ្ពស់គឺថាមពលឱសស្តូសរបស់មេស។

សកម្មភាព α-Amylase នៃសំណាបស្រូវត្រូវបានកើនឡើងបន្តិចម្តង ៗ ក្នុងរយៈពេល ៣ ថ្ងៃដំបូងប៉ុន្តែមិនមានភាពខុសគ្នាខ្លាំងទេ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយវាត្រូវបានកើនឡើងគួរឱ្យកត់សម្គាល់នៅថ្ងៃទី ៨ Ameko (2013) បានរកឃើញថាសកម្មភាពអេម-អាមីឡែឈានដល់កម្រិតកំពូលនៅថ្ងៃទី ៤-៥ ហើយម្តងទៀតនៅថ្ងៃទី ១០ ក្នុងការបង្កាត់ពូជ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយនៅក្នុងការសិក្សាមួយផ្សេងទៀតដោយ Lenz (1978) សកម្មភាពអាមីឡែនៅក្នុងគ្រាប់ពោតបានចាប់ផ្តើម ២ - ៣ ថ្ងៃបន្ទាប់ពីស្រូបយកទឹកហើយឈានដល់កម្រិតកំពូលនៅថ្ងៃទី ៦ Lineback and Ponpipom (1977) បានរកឃើញថាសកម្មភាពអេម - អាមីឡែកើនឡើងជាមួយនឹងការកើនឡើង ស្ករផេតគិតថ្លៃនៅក្នុងធញ្ញជាតិទាំងអស់។

ការកាត់បន្ថយជាតិស្ករនៃស៊ីរ៉ូត្រូវបានកើនឡើង នៅពេលដែលបរិមាណអង្ករលាយបានកើនឡើង។ ទឹកស៊ីរ៉ូដែលមាន pH មិនត្រឹមត្រូវ (៥.៣) មាន RS ខ្ពស់ជាងទឹកស៊ីរ៉ូ។ លទ្ធផលនៃការសិក្សានេះមិនមានភាពខុសប្លែកគ្នាឆ្ងាយពីការសិក្សារបស់ Bruchmann and Fauveau (2010) សកម្មភាពα-amylase ត្រូវបានគេសង្កេតឃើញនៅជុំវិញ pH 5.2 និងជាទូទៅចន្លោះពី 4.8 ទៅ 5.5 ។ ដូចដែលបានសិក្សាដោយ Kearsley and Dziedzic (1995) ក្នុងជំហាននៃការបញ្ចេញជាតិខ្លាញ់តំណភ្ជាប់ α-១,៤ ត្រូវបានអ៊ីដ្រូលីសចៃដន្យដែលនាំឱ្យមានការថយចុះនូវ viscosity នៃម្សៅដែលលីននីសដែលបណ្តាលឱ្យមានការកើនឡើង DE ។ នៅក្នុងការសិក្សានេះនៅពេលដែលសំណាបស្រូវកំទេចដំបូង ត្រូវបានបន្ថែមទៅក្នុងល្បាយម្សៅនិងទឹកល្បាយប្រែជាមានជាតិ viscous ភ្លាមៗ។ ការលាយម្សៅដោយអង់ស៊ីមអាមីឡាសត្រូវបានធ្វើឡើងយ៉ាងឆាប់រហ័សបន្ទាប់ពីសំណាបស្រូវកំទេចទី ២ ត្រូវបានបន្ថែមជាពិសេសម្សៅដុត។ យោងតាម Collison (1968) ភាពរលាយនៃម្សៅម្សៅក្នុងទឹកត្រជាក់

នៅសីតុណ្ហភាពបន្ទប់ត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរទៅជាម្សៅ ដែលរលាយបាននៅសីតុណ្ហភាពខ្ពស់ដោយសារតែការបាត់បង់ម៉ូលេគុលអាមីឡូស ទម្ងន់ម៉ូលេគុលទាប បន្ទាប់មកដំណោះស្រាយប្រែជាមានជាតិ viscous និងស្អិត។

Dextrose របស់ស៊ីរ៉ូដែលទទួលបានពីការសិក្សាបច្ចុប្បន្នមានចាប់ពី ៦៤,៤៦% ដល់ ៩៧,០៧% ដែលខ្ពស់ជាង ៥៣ ឌីអេសនៃម៉ាល់តូសរាយការណ៍ដោយ van der Marrel et al. (2002) ខ្ពស់ជាង ៤០% រាយការណ៍ដោយ Ameko (2013), ហើយការព្យាបាលភាគច្រើនមានឌីអេខ្ពស់ជាង ៥០-៧០% រាយការណ៍ដោយ Arasaratnam et al., (1998) ស៊ីរ៉ូដែលទទួលបានពីម្សៅពោត។ នេះបើយោងតាមលោក van der Maarel et al ., 2002) ការបិទភ្ជាប់ម្សៅដែលគ្មានជាតិអ៊ីដ្រូហ្សីលីសមាន DE នៃសូន្យ, maltotriose មាន DE ៣៦, maltose មាន DE ៥៣ និងម្សៅដែលមានជាតិអ៊ីដ្រូសែនទាំងស្រុង (គ្លុយកូសឬគេស្គាល់ថា dextrose) មាន DE ១០០ ដូច្នេះអាស្រ័យលើតម្លៃ DE (៦៤.៤៦% - ៩៧.០៧%) ដែលទទួលបានក្នុងការសិក្សានេះម្សៅដំឡូងមីត្រូវបានគេបញ្ចូលទៅក្នុងជាតិគ្លុយកូសស្ទើរតែទាំងស្រុង។ នេះបើយោងតាមលោក van der Maarel et al., 2002) ឌីស៊ីរ៉ូអាស្រ័យលើពេលវេលាបង្កកំណើតនិងបន្ថែមអង់ស៊ីម។ ពីការសិក្សានេះទឹកស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 ដែលមាន pH មិនត្រឹមត្រូវ (៥.៣) ទទួលបានតម្លៃ DE និង RS ខ្ពស់ជាងទឹកស៊ីរ៉ូផ្សេងទៀត។ ស៊ីរ៉ូ T2 មាន DE ខ្ពស់ជាង T1។

តម្លៃ pH នៃស៊ីរ៉ូស៊ីធី ១ មានភាពខុសគ្នាគួរឱ្យកត់សម្គាល់។ ស៊ីរ៉ូដែលមាន pH ៥.០ មានតម្លៃ pH ចុងក្រោយខ្ពស់ជាងទឹកស៊ីរ៉ូផ្សេងទៀត (៥.២៧) ។ តម្លៃ pH នៃស៊ីរ៉ូ T2 ក៏ខ្ពស់ជាងស៊ីរ៉ូដទៃទៀតដែរ (៥.៣០) ។ សរុបមកមិនមាននិន្នាការច្បាស់លាស់មួយត្រូវបានគេសង្កេតឃើញលើផលប៉ះពាល់នៃ pH ដំបូងនៃការព្យាបាលផ្សេងៗលើ pH ចុងក្រោយនៃទឹកស៊ីរ៉ូ។ តម្លៃ pH នៃស៊ីរ៉ូទី ១ និងទី ២ មានចាប់ពី ៤.៥៧ ដល់ ៥.២៧ និង ៤.៥៣ ដល់ ៥.៣០ ។ លទ្ធផលទាំងនេះអាចប្រៀបធៀបទៅនឹងការសិក្សារបស់ Ameko (2013) ដែលមានចាប់ពី ៤.៦ ដល់ ៥.៣០ ប៉ុន្តែទាបជាងតម្លៃ ៥.៥ ទៅ ៦.៥ នៃស៊ីរ៉ូគ្លុយកូសដែលធ្វើពីម្សៅដំឡូងមីនិងអង្ករលាយដែលរាយការណ៍ដោយ Dziedzoave et al. (2004) ។ យោងតាម Marie and Piggott (1991) តម្លៃ pH ៣.៥ - ៥.៥ នៃស៊ីរ៉ូពោតគឺល្អគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីកាត់បន្ថយការវិវត្តនៃពណ៌និងរសជាតិ។ ទន្ទឹមនឹងនេះតម្លៃ pH នៃស៊ីរ៉ូដែលមាន pH មិនត្រឹមត្រូវ (៥.៣) គឺអាចទទួលយកបានសម្រាប់ការធ្វើអ៊ីដ្រូលីសដោយអង់ស៊ីម។ ការថយចុះបន្តិចនៃតម្លៃ pH នៅក្នុងទឹកផ្លែឈើដែលមានជាតិស្ករ ៨ ម៉ោង ហើយការទុកចោលពេញមួយយប់ទៀតអាចបណ្តាលមកពីការច្របាច់ ដែលអាចកើតឡើងមុនពេលទឹកត្រូវបានហួតចេញ។

សូលុយស្យុងរលាយសរុបនៃស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 ដែលមាន pH ៦.៥ និង pH ៥.0 គឺខ្ពស់បំផុត (៨៣.៦៧ oBrix) ។ អេសអេសអេសនៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសគឺខ្ពស់ជាង ៦៦,៦ °Brix ដែលរាយការណ៍ដោយ Ameko (2013) ។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថាមិនមានភាពខុសប្លែកគ្នាយ៉ាងខ្លាំងនៃ TSS នៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសទាំង T1 និង T2 ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយ MC ទាបជាងគឺ TSS នៃស៊ីរ៉ូ។

បរិមាណសំណើមនៃស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូសទាំងអស់មានចាប់ពី ៤,៦៥ - ១១,៧៩% ទាបជាង ៣៣,៤% រាយការណ៍ដោយ Ameko (2013) និង ១៥ - ២០% រាយការណ៍ដោយ Dziedzoave et al. (2004) ។ មិនមានផលប៉ះពាល់ច្រើនទៅលើ MC នៃស៊ីរ៉ូ ដូចដែលបានបង្ហាញដោយនិន្នាការមិនច្បាស់លាស់នៃតម្លៃដែលទទួលបាន។

បរិមាណផេះនៃស៊ីរ៉ូទី ១ និងទី ២ មិនមានភាពខុសគ្នាខ្លាំងទេ។ ផេះផៅនៃទឹកស៊ីរ៉ូ T1 និង T2 ដែលមាន pH 6.0 និង pH 6.5 ខ្ពស់ជាងផ្សេងទៀត (0.៦៣% និង 0.៦៤%) និង (0.៦៦% និង 0.៦៤%) រៀងគ្នា។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយផេះផៅនៅក្នុងស៊ីរ៉ូទាំងនេះទាបជាងផេះផៅ 0,៩0% នៃសុ ីរ៉ូដែលទទួលបានពីម្សៅចេកដែលរាយការណ៍ដោយ Bello-Perez et al ។ (២00២) និងវិធីព្យាបាលខ្លះមានភាគរយខ្ពស់នៃផេះផៅជាង 0,៤៥% ដែលទទួលបានពីការជ្រោបទឹកនៃម្សៅសើមជាមួយពោតប្រភេទផ្សេងៗគ្នាដែលរាយការណ៍ដោយអាមេកូ (២0១៣) មាតិកាផេះនៅក្នុងផលិតផលចុងក្រោយអាស្រ័យលើគុណភាពម្សៅដែលបានប្រើ។ ម្យ៉ាងវិញទៀតវាអាចត្រូវបានសន្មតថាជា NaOH ដែលត្រូវបានប្រើក្នុងកំឡុងពេលកែតម្រូវ pH ជាពិសេសនៅក្នុង pH 6.0 និង 6.5 ។ យោងតាមខេន (២0១0) អាស៊ីតអ៊ីដ្រូលីស្សុសដោយអាស៊ីតរ៉ែបណ្តាលឱ្យស៊ីរ៉ូដែលមានមាតិកាផេះខ្ពស់ដោយសារដំណើរការអព្យាក្រឹត្យធ្វើដោយសូដ្យូមឬប៉ូតាស្យូមអ៊ីដ្រូសែន។

មិនមានភាពច្បាស់លាស់នៃបម្រែបម្រួលប្រូតេអ៊ីននៅក្នុងស៊ីរ៉ូទេ ប៉ុន្តែតម្លៃរបស់វាមានចាប់ពី 0,៧៥% ទៅ ១,៨២% ។ បរិមាណប្រូតេអ៊ីនតិចតួច នៅក្នុងស៊ីរ៉ូអាចបណ្តាលមកពីការលាងម្សៅមិនពេញលេញក្នុងកំឡុងពេលដំណើរការម្សៅ។ វត្តមាននៃប្រូតេអ៊ីនផៅ ក៏អាចរួមចំណែកដល់កម្រិតនៃការធ្វើឱ្យពណ៌ត្នោត នៅក្នុងទឹកស៊ីរ៉ូ តាមរយៈប្រតិកម្មជាមួយម្សៅអ៊ីដ្រូលីស ឬជាតិស្ករធម្មតាដែលបណ្តាលឱ្យកើតមានប្រតិកម្ម Maillard browning (Davies et al., 1997) ។

តម្លៃពណ៌ L នៃស៊ីរ៉ូដែលមាន pH ៤.0 គឺខ្ពស់ជាង ៥១.៦0 យ៉ាងសំខាន់ហើយតម្លៃអិលបានថយចុះនៅពេល pH នៃសំណាកត្រូវបានកើនឡើង។ គំរូដែលមានជាតិអាស៊ីតកាន់តែច្រើនស្រាលជាងមុនគឺពណ៌ស៊ីរ៉ូ។ Raisii and Aroujalianii (2010) បានរាយការណ៍ថាអត្រាប្រតិកម្មពណ៌ត្នោត

ត្រូវបានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងជាមួយនឹងការបង្កើនតម្លៃ pH និងផ្ទុយមកវិញ។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយមិនមាននិន្នាការនៅក្នុង T2 ទេ។ បរិមាណអង្ករលាយខុស ៗ គ្នាមិនប៉ះពាល់ដល់ពន្លឺស៊ីរ៉ូឡើយ។

តម្លៃពណ៌ a របស់ស៊ីរ៉ូ T1 ត្រូវបានកើនឡើងនៅពេល pH កើនឡើង។ តម្លៃ pH ខ្ពស់ជាងនេះគឺក្រហមនៃស៊ីរ៉ូ (ពណ៌ត្នោតខ្មៅ) ។ យោងតាម Marie and Piggott (1991) ការកាត់បន្ថយជាតិស្ករក្នុងស៊ីរ៉ូ ដូចជាគ្លុយកូស fructose និងម៉ាល់តូស ចូលរួមក្នុងការកើតឡើងនៃប្រតិកម្មម៉ាយឡាដ។ សីតុណ្ហាភាពក្នុងកំឡុងពេល gelatinization នៃស៊ីរ៉ូស្ករក៏បណ្តាលឱ្យមានការវិវត្តនៃពណ៌នៅក្នុងស៊ីរ៉ូ។ បរិមាណស្រូវបណ្តុះដែលត្រូវបានប្រើកាន់តែខ្ពស់ តម្លៃស៊ីរ៉ូកាន់តែខ្ពស់។ ដូចគ្នាទៅនឹងតម្លៃពណ៌ b នៃស៊ីរ៉ូដែរ តម្លៃពណ៌ b ត្រូវបានធ្លាក់ចុះនៅពេល pH ត្រូវបានធ្លាក់ចុះ។ ដូច្នេះប្រតិកម្មឡើងពណ៌ត្នោតអាចត្រូវបានកាត់បន្ថយតាមរយៈការបន្ថយ pH នៃសំណាក។

៦. សន្និដ្ឋាន

លទ្ធផលបានបង្ហាញថាម្សៅដំឡូងមីពូជ Rayong 9 cv. ។ គឺជាស្រទាប់ខាងក្រោមដ៏មានសក្តានុពលសម្រាប់ផលិតស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស ដោយប្រើអង្ករ malted ជាប្រភពនៃអង់ស៊ីម amylase ការកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំងនៃសកម្មភាពអង់ស៊ីមអាមីឡាស ត្រូវបានទទួលនៅថ្ងៃទី ៨ នៃរយៈពេលដំណុះគ្រាប់ ហើយមានសកម្មភាពខ្ពស់ ក្នុងការបម្លែងម្សៅដំឡូងមីទៅជាស៊ីរ៉ូម៉ាល់តូស។ ការកែសម្រួលកម្រិត pH នៅចន្លោះ ៥,០-៥,៥ និងការប្រើប្រាស់បរិមាណអង្ករខ្ពស់ធ្វើឱ្យមានភាគរយស្កររ៉េដុកខ្ពស់ និង dextrose equivalent ក្នុងស៊ីរ៉ូស្ករ។ រយៈពេល ៨ ម៉ោងនៃការបំឡែងស្ករ ដោយមានការទុកបន្តមួយយប់ទៀត បន្ទាប់ពីម៉ោងកំណត់ត្រូវបានបញ្ចប់ ធ្វើឱ្យមានការបំឡែងកាន់តែចប់សព្វគ្រប់។

វត្តមាននៃប្រូតេអ៊ីនផៅនៅក្នុងស៊ីរ៉ូស្ករ បានចូលរួមក្នុងការឡើងពណ៌ត្នោតនៃស៊ីរ៉ូ maltose ។ ពណ៌នៃស៊ីរ៉ូ maltose មានចាប់ពីពណ៌ត្នោតខ្ចីរហូតដល់ពណ៌ត្នោតខ្មៅ។ ហើយពណ៌ត្នោតបានកើនឡើងជាមួយនឹងការកើនឡើងនៃ pH និងស្រូវបណ្តុះដែលលាយរួច។ ជាទូទៅស៊ីរ៉ូដែលបានសិក្សា គឺល្អប្រើជាងស៊ីរ៉ូដែលផលិតក្នុងតំបន់ ជាពិសេសនៅពេលដែលបរិមាណស្រូវបណ្តុះត្រូវបានបង្កើន។

៧. សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

អ្នកនិពន្ធសូមថ្លែងអំណរគុណដល់ IDRC-SEARCA សម្រាប់ការគាំទ្រអាហារូបករណ៍ និងសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទកសិកម្ម សម្រាប់ឱកាសបញ្ចប់ការស្រាវជ្រាវដោយជោគជ័យ។

បណ្ណាល័យសាស្ត្រ

Ameko, E., Achio, S., Alhassan, S., Gyasi, G., and Sackey, R. (2013). A procedure to determine the germination period for optimum amylase activity in maize malt crude extracts for the artisanal production of maltose syrup from fresh cassava starch. *Innovative Reomaniant Food Biotechnology.* 12: 52-60.

AOAC International. (2007). Official Methods of Analysis. 18th ed. (2005). Current through revision 2, 2007 (On-line). AOAC International, Gaithersburg, MD. In: Nielsen, S.S. 2010. Food Analysis. 4th ed. ISBN 978-4419-1477-4; DOI 10.1007/978-1-4419-1478-1; Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

Arasaratnam, V., Thayananthan, K., and Balasubramaniam, K. (1998). Isolation and properties of starch from some local cultivars of cassava and taro in Fiji. *The South Pacific Journal of Natural Science* 26(1): 45-48.

Bello-Perez, L.A., Sanchez-Hernandez, L., Moreno-Damian, E., and Toro-Vazquez, J.F. (2002). Laboratory scale production of maltodextrins and glucose syrup from banana starch. *Acta Cientifica Venezolana*, 53(1): 44-48.

Bruchmann, A., and Fauveau, C. (2010). Enzyme in potable alcohol and wine production. In Whitehurst, R.J. (Ed). *Enzymes in Food Technology*, 194-209. USA:Wiley-Blackwell.

Collison, E. (1968). Corn syrup analysis. *Analytical Methods of the Member Companies of the Corn Refiners Association, Inc.* Accepted 5-27-68.

Davies, C.G.A., Wedzicha, B.L., and Gillard, C. (1997). Kinetics model of the glucose-glysine reaction, *Food Chem.*, vol 60, 323-329.

Danish Sugar & Sweetener Engineering (DSSE). (2018). Maltose syrups. http://www.dsse.biz/starch-sweetner/maltose-syrup

Dziedzoave, N.T., Granham, A.J., and Boateng, E.O. (2004). Training manual for the production of glucose syrup. Food Research Institute, Accra, Ghana.

Hammond, T.K., and Ayernor, G.S. (2001). Characteristic of malted rice for the production of sugar syrup. *Journal of the Ghana Science Association*, 3(2): 91-99.

Horwitz, W. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th Edition. AOAC International, Maryland, USA. In: Puwastien, P.; Siong, T.E.; Kantasubrata, J.; Craven, G.; Feliciano, R.R.; Judprasong, K. 2011. ASEAN

Manual of Food Analysis. 1st ed. Institute of Nutrition, Mahidol University, Thailand.

Kearsley, M.W., and Dziedzic, S.Z. (1995). Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives. 1st ed. 9-11. New York: Blackie Academic & Professional. Springer.

Kent, J.A (ed). (2007). Kent and Riegel's Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology. James A. Kent (11th ed), Vol 1; ISBN: 978-0-387-27842-1; Springer Science+Business Media, LLC.

Kroh, L., and Westphal, G. (1989). Die Reaktion in Lebensmittel. *Chemische Gesellschaft*, 35, 73-80.

Lenz, D.E. (1978). Hydrolysis of maize endosperm. Master of Science Thesis. McMaster University, Hamilton, Ontario.159 pp.

Lineback, D.R., and Ponpipom, S. (1977). Effects of germination of wheat, oats, and pearl millet on alpha-amylase activity and starch degradation. *Staerke* 29: 52.

Marie, S., and Piggott, J.R. (1991). Handbook of sweeteners. New York: Springer Science+Business Media, LLC. 69:664.

Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31(3):426-428.

Owusu-Mensah, E., Oduro, I., and Sarfo, K.J. (2010). Steeping: A way of improving the malting of rice grain. *Journal of Food Biochemistry,* 35: 80-91.

Quynh, N.K., and Cecil, J. (1996). Sweetness from starch: A manual for making maltose from starch. Food and Agriculture Organization ISBN 10: 9251037809 ISBN 13: 9789251037805.

Serrano, E.P. (1991). Anaerobiosis and the etiology of internal breakdown in the mango (*Mangifera indica L.* cv Carabao). PhD. Thesis. Postharvest Horticulture Training and Research Center, Library. University of the Philippines Los Banos; Philippines.

Van Der Marrel, M., Van Der Veen, B., Uitdehaag, J.C.M., Leemhuis, H. and Dijkhuizen, L. (2002). Properties and applications of starch-converting enzymes of the α-amylase family. *Journal of Biotechnology*, 94:137-155.

World Health Organization (WHO). (1973). Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee on Energy and Protein Requirements, WHO Technical Report Series No. 522. Geneva: WHO. In Puwastien, P. Siong, T.E., Kantasubrata, J.,

Craven, G., Feliciano, R.R. and Judprasong, K. 2011. ASEAN Manual of Food Analysis (1st Ed.). Thailand: Institute of Nutrition, Mahidol University.

Wolfrom, M.L., and Rooney, C.S. (1953). *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 5435-3436.