15444

การผลิตลูกอมสมุนไพรจากมอลโทสซีรัป

(HERBAL CANDY PRODUCTION FROM MALTOSE SYRUP)

T097093

นางสาวรดานุช วิเศษสรรโชค

นางสาวเสาวภา บูรณวัฒนาโชค

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541

ปพ.
ร128ก
2541

เลขหมู่ 97093
เลขทะเบียน
รับเมื่อ วี

1ม5

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตลูกอมสมุนไพรจากมอลโทสซีรัป

(HERBAL CANDY PRODUCTION FROM MALTOSE SYRUP)

โดย

นางสาวรดานุช วิเศษสรรโชค

นางสาวเสาวภา บูรณวัฒนาโชค

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ฝพ.
ร 12ก1
2540

นางสาวรดานุช วิเศษสรรโชค และนางสาวเสาวภา บูรณวัฒนาโชค 2541 : การผลิตลูกอมสมุนไพรจากมอลโทสซีรัป (Herbal Candy Production from Maltose syrup) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง . 53 หน้า

จากการทดลองผลิตมอลโทสซีรัปโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเบต้าอะไมเลส พบว่า การใช้แอลฟาอะไมเลส 0.015% ย่อยน้ำแป้ง 30% เพื่อให้ได้ค่า dextrose equivalent (DE) 5-10% ใช้เวลา 10 นาที และการใช้เบต้าอะไมเลส 0.045% ย่อยต่อเพื่อให้ได้มอลโทสซีรัปที่มีค่า DE ประมาณ 37-40% ใช้เวลา 40 นาที นำมาผลิตเป็นลูกอมและทำการทดสอบการดูดความชื้นของลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปต่อซูโครสแตกต่างกัน พบว่า ลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปมาก จะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นน้อย

ศึกษาผลการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของลูกอมสมุนไพรฟ้าจากมอลโทสซีรัป พบว่าลูกอมสมุนไพรจากผิวมะกรูดไม่มีผลในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ในขณะที่ลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 35% นำมาทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมในคุณลักษณะทางด้านรสชาติ และ ความชอบรวม แต่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น

....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญเทียม พันธุ์เพ็ง ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านให้ความรู้ คำปรึกษา คำชี้แนะและแนวทางต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ อีกทั้งยังขอขอบพระคุณอาจารย์ระจิตร จุฑากรณ์ และ อาจารย์ อพัชชา วงศ์เจริญสถิตย์ ที่กรุณาสละเวลารับเป็นอาจารย์กรรมการสอบปัญหาพิเศษนี้ด้วย

ขอขอบคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษามาโดยตลอด อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า พี่นักวิทยาศาสตร์ที่ให้ความรู้และความสะดวกในด้านต่างๆ ขอบใจเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและเอื้อเฟื้อในด้านต่างๆมาโดยตลอด

รดานุช วิเศษสรรโชค

เสาวภา บูรณวัฒนาโชค

มีนาคม 2541

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญตาราง	IV
สารบัญตารางภาคผนวก	V
สารบัญภาพ	VI
สารบัญภาพภาคผนวก	VII
บทที่	
1. บทนำ	1
2.วารสารปริทัศน์	2
3.อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	14
4.ผลการทดลอง	22
5.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	37
ภาคผนวก ค	39
ภาคผนวก ง	45
ประวัติผู้เขียน	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. สารเคมีที่สำคัญในฟ้าทะลายโจร	4
2. แสดงการดูดความชื้นของ Maltooligosaccharides	12
3. แสดงการใช้สารละลายอิมตัวชนิดต่างๆเมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิดที่มีความชื้นต่างกัน	13
4. แสดงค่า % Relative Hygroscopicity ของลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปกับซูโครสแตกต่างกัน	24
5. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเตตราซัยคลิน(ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับเส้นผ่าศูนยกลาง clear zone ที่เกิดขึ้น (มิลลิเมตร)	25
6. แสดงความสามารถในการยับยั้ง Staphylococcus aureus เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน(ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	26
7. แสดงความสามารถในการยับยั้ง Staphylococcus aureus ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในการทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจากจุลสารฯ	27
8. แสดงความสามารถในการยับยั้ง Staphylococcus aureus ของสารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	28
9. คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	29

สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวก ข ที่

1.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าDE(%)กับการใช้เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส0.015%ในการย่อยน้ำแป้ง30%ที่เวลาต่างๆ 37

2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าDE(%)กับการใช้เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส 0.015%ย่อยน้ำแป้ง30%เป็นเวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้า อะไมเลส 0.045%ย่อยต่อที่เวลาต่างๆ 37

3. แสดงผลการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร 38

4. แสดงผลการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจร 38

ตารางภาคผนวก ค ที่

1. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านลักษณะปรากฏของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 39

2. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านสีของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 40

3. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านกลิ่นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 40

4. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านรสหวานของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 41

5. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านรสขมของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 41

6. การวิเคราะห์ทางสถิติด้านความชอบรวมของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.แสดงต้นกล้า ดอกและผลของฟ้าทะลายโจร	3
2. แสดงส่วนประกอบโครงสร้างทางเคมีของฟ้าทะลายโจร	4
3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง%DE กับการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส0.015%ในการย่อยแป้ง30%ที่เวลาต่างๆ	22
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง%DEของมอลโทสซีรัปที่ได้จากการย่อยแป้ง30%โดยใช้แอลฟาอะไมเลส0.015% เป็นเวลา 10 นาที และเบต้าอะไมเลส 0.045%ที่เวลาต่างๆ	23

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก ง ที่	หน้า
1. น้ำแป้ง น้ำแป้งหลังผ่านการย่อยด้วยแอลฟาอะไมเลส และมอลโทสซีรัป	45
2. ฟ้าทะลายโจรแห้ง และน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร	46
3. มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้หลังผ่านการกรองและทำให้เข้มข้นเป็น 81 องศาบริกซ์	47
4. การยับยั้ง Staphylococcus aureus ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 90%และ 70%	48
5. การยับยั้ง Staphylococcus aureus ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 50%และ 30%	49
6. การยับยั้ง Staphylococcus aureus ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 50%และ 45%	50
7. การยับยั้ง Staphylococcus aureus ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 40%และ 35%	51
8. ลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร 35%และ 1%	52

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความตื่นตัวในเรื่องการใช้ยาสมุนไพรและยาพื้นบ้านกันมาก โครงการตามพระราชดำริสวนป่าสมุนไพร กระทรวงสาธารณสุข มหาวิทยาลัยและสถาบันต่าง ๆ ได้ส่งเสริมการปลูกการวิจัยและการใช้ยาสมุนไพรพร้อมทั้งประชาชนทั่วไปก็หันมานิยมใช้สมุนไพรกันมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสมุนไพรมีประโยชน์ที่สำคัญคือ นำมาใช้รักษาอาการโรคเบื้องต้น สมุนไพรแต่ละชนิดมีสรรพคุณแตกต่างกัน ดังนั้นในการนำมาใช้จะต้องมีการคัดเลือกโดยคำนึงถึงสรรพคุณและความสะดวกที่จะนำมาใช้ได้ง่าย เป็นต้น

กลุ่มผู้จัดทำจึงได้มีความคิดที่จะทดลองผลิตลูกอมสมุนไพร ซึ่งผลิตได้จากมอลโทสซีรัปที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้งมันสำปะหลัง โดยเอนไซม์ α-amylase และ β-amylase ในสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า DE อยู่ในช่วง 37 - 40 % มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียวข้น มีรสหวานเล็กน้อย ใส ไม่มีสีหรือสีอ่อนถึงสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต สำหรับสมุนไพรที่กลุ่มผู้จัดทำเลือกที่จะนำมาศึกษาคือ สมุนไพรฟ้าทะลายโจร และ สมุนไพรจากผิวมะกรูด ซึ่งมีสรรคุณที่น่าสนใจคือ รักษาอาการเจ็บคอ สามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ จึงได้ศึกษาความสามารถที่จะนำสมุนไพรทั้งสองชนิดมาผลิตในรูปลูกอมโดยนำมอลโทสซีรัปที่ได้จากการย่อยแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์

ลูกอมสมุนไพรที่ได้จะนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อให้ได้ลูกอมสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาในการรักษาโรค รักษาอาการเจ็บคอ ราคาถูกและสามารถรับประทานได้ง่ายยิ่งขึ้น

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 สมุนไพรที่ทำการศึกษา

2.1.1 สมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Andrographis paniculata Nees* วงศ์ Canthaceae

ชื่ออื่น ๆ ฟ้าทะลาย น้ำลายพังพอน หญ้ากันงู ฟ้าสาง ฟ้าสะท้าน ขุนโจรห้าร้อย ฯลฯ

ลักษณะ ต้นฟ้าทะลายโจร เป็นไม้พุ่มสูง 40-80 ซม. ลำต้นมักเป็นลักษณะสี่เหลี่ยม ใบเดี่ยวติดกับลำต้นเป็นคู่ตรงกันข้ามในแต่ละข้อ ตัวใบรูปไข่รีหรือเรียวยาว ปลายใบและโคนใบแหลม ก้านใบยาวประมาณ 0.5 ซม. ขนาดของใบกว้าง 1 - 3 ซม. ยาว 3 - 12 ซม. สีเขียวเข้มข้นช่อดอกออกจากซอกใบหรือที่ปลายกิ่ง กลีบเลี้ยงสีเขียวยาวประมาณ 3 มม. ส่วนโคนติดกัน ปลายแยกเป็น 5 กลีบ เรียวแหลม กลีบดอกสีขาวมีขนาดเล็กและยาวประมาณ 1 ซม. ติดเป็นช่อยาว

ผล เป็นฝักแบนขนาดหนา 3 - 4 มม. ยาว 1.5 - 2.0 ซม. เมื่อแก่ฝักจะแตกตาวยาวภายในเมล็ดกลมแบนสีน้ำตาลออกแดง 7 - 8 เม็ด ทั้งต้น รสขมจัด เป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะประเทศไทย สามารถขึ้นได้ดีทุกภาค

การปลูก ต้นฟ้าทะลายโจร เป็นต้นไม้ล้มลุกที่ปลูกขึ้นง่ายมาก เพียงใช้เมล็ดที่แกะออกจากฝักที่แก่ ๆ แล้วนำไปโปรยก่อนฤดูฝนทิ้งไว้ก็สามารถขึ้นเองได้ ฟ้าทะลายโจรขึ้นได้ทั้งที่ร่มและที่แจ้ง

ส่วนที่ใช้เป็นยา ใบ ทั้งต้น

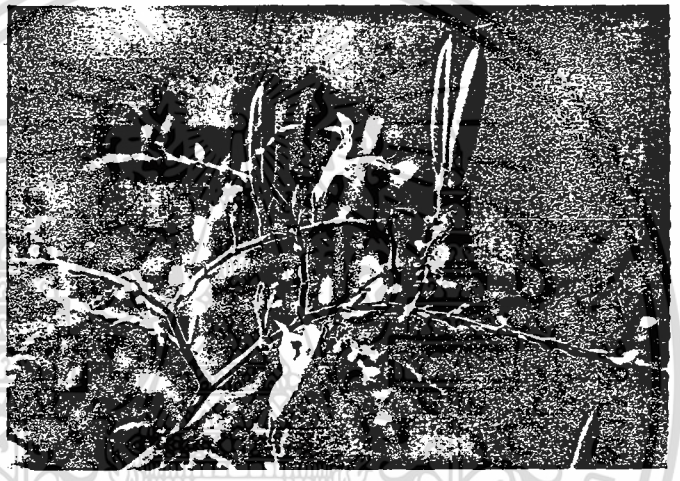
วิธีใช้

1. ใช้ในรูปยาต้ม โดยใช้ใบและกิ่งสดหรือแห้ง ประมาณ 1 กำมือ ต้มกับน้ำประมาณ 10 -15 นาที ดื่มก่อนอาหารวันละ 3 ครั้ง แก้เจ็บคอ

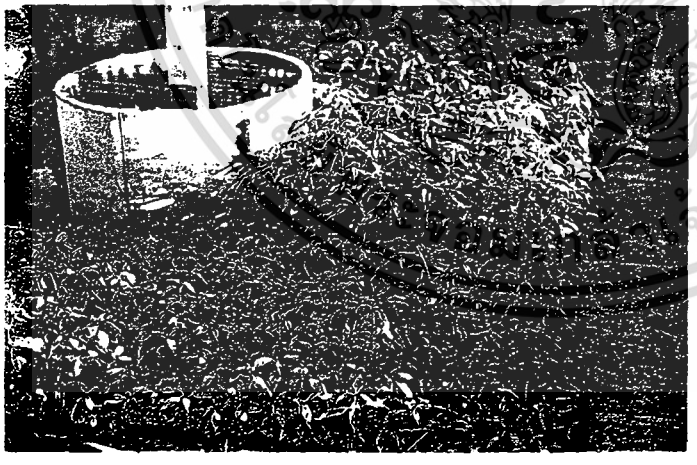
2. ใช้ในรูปยาลูกกลอนหรือยาเม็ด โดยนำใบและกิ่งมาล้างให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง บดเป็นผง ปั้นผสมกับน้ำผึ้ง เป็นเม็ดขนาดเท่าปลายนิ้วก้อย ผึ่งให้แห้งนำไปชุบด้วยฟิล์ม (Film coated) ที่จะกลบรสขมในขณะที่ผ่านลำคอ นอกจากนี้ยังช่วยให้การเก็บรักษาดีขึ้นต่อความชื้นที่จะป้องกันไม่ให้เม็ดยาสลายตัวเร็วขึ้นในเวลาที่ไม่สมควรอีกด้วย

3. ใช้ในรูปยาแคปซูล โดยใช้ผงใบและลำต้นสกัดเอาผลึกของสารฤทธิ์มาใช้ใน

ต้นกล้าฟ้าทะลายโจร



ดอกและผลฟ้าทะลายโจร



ต้นกล้าฟ้าทะลายโจร

<u>ภาพที่ 1</u> แสดงต้นกล้า ดอกและผลของฟ้าทะลายโจร

ที่มา : โรงงานเภสัชกรรมทหารและมูลนิธิกิตติขจรเภสัชเวทย์.2529

รูปของผลึก บรรจุลงในแคปซูล เพื่อสะดวกในการใช้ปริมาณเม็ดที่มากโดยจำเป็น แต่ต้องใช้งบประมาณที่จะต้องนำมาซื้อเครื่องมือในการสกัดขั้นอุตสาหกรรม

สรรพคุณ

1. ลดการอักเสบ รักษาอาการไอเจ็บคอ คออักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ ไซนัสเยื่อจมูกอักเสบ เนื้อเยื่ออักเสบ หลอดลมอักเสบ ลิ้นปากเป็นแผล กระเพาะและลำไส้ อักเสบ หลอดเลือดอักเสบ วัณโรคปอดระยะเริ่มแรก มดลูกอักเสบ ลดความดันโลหิต โรคหนองในทางเดินปัสสาวะอักเสบ รักษาโรคตับ รักษาแผลที่เป็นหนอง
2. ระงับการติดเชื้อ รักษาอุจจาระร่วง ท้องเดิน ท้องเสียและบิดแบททีเรีย
3. แก้ไข้หวัด ไทฟอยด์
4. ยาขมเจริญอาหาร ยาบำรุง ยาอายุวัฒนะ

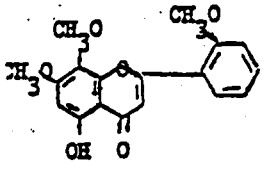
สารเคมีที่สำคัญ

ตารางที่ 1 สารเคมีที่สำคัญในฟ้าทะลายโจร

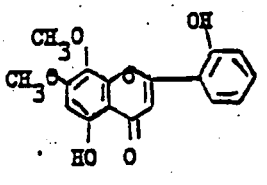
ประเภท	ชื่อส่วนประกอบ	สูตรโมเลกุล	จุดหลอมเหลว	ส่วนของยา
LACTONE	Andrographolide	$C_{20}H_{30}O_5$	228 - 30	ใบ
	Neo-Andrographolide	$C_{26}H_{40}O_8$	167 - 8	ใบ
	Deoxyandrographolide	$C_{20}H_{30}O_4$	175 - 6.5	ใบ
FLAVONE	Andrographin	$C_{18}H_{16}O_6$	190 - 1	ราก
	Panicolin	$C_{17}H_{14}O_5$	263 - 4	ราก
	Flavone	-	166	ใบ

ที่มา : จุลสารโครงการข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิดล.2529

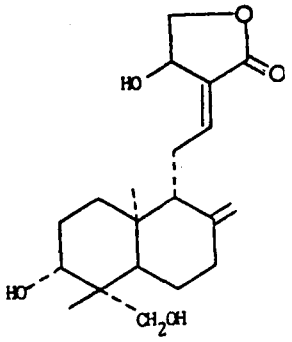
ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างทางเคมีของฟ้าทะลายโจร



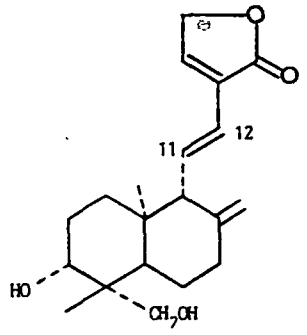
Andrographin



Panicolin



Andrographolide



Neo-Andrographolide

ที่มา : จุลสารโครงการศูนย์ข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิดล.2529

ประสิทธิภาพต่อจุลินทรีย์

สมุนไพรฟ้าทะลายโจร มีสารที่มีคุณสมบัติเป็น antiseptic ซึ่งมีผลในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์บริเวณพื้นผิวของเนื้อเยื่อเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ซึ่งต่างกับ antibiotic ซึ่งเป็นสารที่จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นและมีความสามารถในการทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ยาปฏิชีวนะเพนนิซิลิน เตตราซัยคลิน เป็นต้น (Mckane and Kandel.1996)

ห้องทดลองของสถาบันทดลองยา มณฑลซานตง พบว่าการทดลองฤทธิ์ระงับเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำ พบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดฟ้าทะลายโจรตั้งแต่ 20% ขึ้นไปมีผลในการยับยั้งดีที่สุดคือมีความไวมากในการระงับเชื้อและมีเส้นผ่านศูนย์กลางในการระงับเชื้อ (Clear zone) คือ มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 21 - 25 มิลลิเมตร

การสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยอัลกอฮอล์ แล้วใช้ Saturated lead acetate ตกตะกอน สารที่ได้มีฤทธิ์ระงับเชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 30% ขึ้นไปมีผลในการยับยั้งดีที่สุดคือมีความไวมากในการระงับเชื้อและมีเส้นผ่านศูนย์กลางในการระงับเชื้อ (Clear zone) คือ มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 21 - 25 มิลลิเมตร (จุลสารโครงการศูนย์ข้อมูลสมุนไพร.2529)

2.1.2 <u>สมุนไพรมะกรูด</u>

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะกรูดเป็นพืชในตระกูลรูตาซีอี (Rutaceae) สกุลซิตรัส (Citrus) เช่นเดียวกับมะนาว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซิตรัส ฮิสตริกซ์ (Citrus hystrix DC.) มะกรูดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ใบมีสีเขียวเข้ม ดอกมีสีขาว ผลมีสีเขียวหรือ

เหลืองแกมเขียว เปลือกหรือผิวของผลจะขรุขระแต่มีกลิ่นหอมเนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหยเป็นจำนวนมาก

สรรพคุณ

1. น้ำจากผลมะกรูด ใช้ดับกลิ่นคาวของอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงต่างๆนอกจากนี้ยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอางต่าง ๆ มากมาย เช่น เป็นส่วนผสมของแชมพู เพื่อป้องกันรังแค ครีมต่าง ๆ สบู่ โคโลญ ฯลฯ น้ำมะกรูดมีรสเปรี้ยวนำไปใช้ดองยาที่เรียกว่ายาดองเปรี้ยวเค็มเพื่อใช้ฟอกเลือด และบำรุงโลหิตสตรี
2. ผิวมะกรูด แก้ปวดหัวและทำลายพยาธิ ใช้เป็นยาบำรุงกำลังและยากระตุ้นการหลั่งของเอนไซม์ ใช้ขับลมในลำไส้ ขับระดูและเป็นส่วนผสมของยาลม แก้จุกเสียด
3. ใบมะกรูดใช้เป็นยาขับลมในลำไส้ แก้คลื่นเหียน
4. รากมะกรูดใช้แก้เสมหะเป็นพิษ และแก้ลมจุกเสียด

ประสิทธิภาพต่อจุลินทรีย์

ประสิทธิภาพต่อจุลินทรีย์ของผิวมะกรูดอยู่ที่ส่วนน้ำมันหอมระเหย ซึ่งผิวมะกรูดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าใบมะกรูด จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งได้ง่ายคือ รา

สำหรับจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งมีดังนี้

ใบมะกรูด

แบคทีเรีย : อี . โคไล
บาซิลลัส เมกะทีเรียม

รา : อัลเทอร์นาเรีย
คันนิงแฮมเมลลา
ฟิวซาเรียม
ไรโซปัส

ผิวมะกรูด

แบคทีเรีย : ซาลโมเนลลา ไทฟี
สเตรฟโตคอคคัส ฟีคาลิส
ซูโดโมแนส แอรูจิโนซา
อี . โคไล
บาซิลลัส ซีเรียส

บาซิลลัส เมกะทีเรียม
บาซิลลัส ซับทิลิส
ชิเจลลา ไดเซนเทอริอี
สแตฟไฟโลคอคคัส ออเรียส

รา : อัลเทอร์นาเรีย
แอสเปอร์จิลลัส
คันนิงแฮมเมลา
เคอร์วูลาเรีย
ฟิวซาเรียม
มู เคอร์
ไรโซปัส
เพนิซิลิน

นอกจากนี้มะกรูดจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีแล้ว ยังมีรายงานว่าน้ำมันจากใบมะกรูดจะกระตุ้นการเจริญของเชื้อราบางชนิดได้อีกด้วย เช่น กระตุ้นการสร้างเส้นใยของรา พวกมูเคอร์ ,อัลเทอร์นาเรีย,แอสเปอร์จิลัส

สารเคมีที่สำคัญ

สารเคมีที่สำคัญที่พบในมะกรูดนั้นจะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีทั้งในส่วนใบและเปลือกของผลมะกรูดที่เรียกว่าผิวมะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหย 4 % และในใบจะมีน้ำมันหอมระเหย 0.08 %

สารประกอบทางเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่พบในน้ำมันหอมระเหยของ

ผิวมะกรูด

ลินาลูล	0.5%
เจอรานิออล	0.1%
นีโรลิดอล	0.1%

ใบมะกรูด

ลินาลูล	2.9%
ไอโซพูลิกอล	4.9%

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.2530

2.2 **มอลโทสซีรัป**

มอลโทสซีรัปมีองค์ประกอบหลักคือน้ำตาลมอลโทส มอลโทสเป็นน้ำตาลไดแซคคาไรด์ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุลรวมตัวกันด้วยพันธะ α- 1,4 glucosidic linkage มีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ 4-O- α-D-glucopyranosyl-D-glucopyranose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) มีคุณสมบัติในการเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ มีจุดหลอมเหลว 102 - 103องศาเซลเซียส มอลโทสมีความหวานเพียง 30 - 40% ของซูโครส ความหวานของมอลโทสมีความละมุนและไม่เหลือรสชาติหลังการชิมในปาก มอลโทสทนต่อการแตกตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดีและมีค่าการดูดความชื้นที่ต่ำ คุณสมบัติทางด้านเคมีและทางกายภาพคล้ายกับซูโครส การรับประทานขนมหรือลูกอมที่ทำจากมอลโทสซีรัปจะทำให้เกิดฟันผุน้อยกว่าที่ทำจากน้ำตาลซูโครส

น้ำตาลมอลโทส เป็นน้ำตาลไดแซคคาไรด์ที่เป็นโครงสร้างหลักของ Starch และ glycogen ดังนั้น เมื่อนำ Starch และ glycogen มาย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase และ β-amylase จะได้มอลโทสซีรัปซึ่งน้ำตาลชนิดนี้ไม่พบอยู่ในลักษณะน้ำตาลอิสระในธรรมชาติ แต่จะพบในกระบวนการย่อยแป้งและไกลโคเจน ในบางครั้งอาจใช้ debranching enzyme เช่น pullulanase ร่วมด้วย โดยเราจะทำการควบคุมสภาวะการทำงานของเอมไซม์ให้เหมาะสม เช่น ปริมาณการใช้เอนไซม์ ความเข้มข้น เวลาที่ใช้ในการย่อย อุณหภูมิ pH ปริมาณแป้งที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น เพื่อที่จะทำให้ได้ปริมาณของมอลโทสซีรัปสูงสุด เราได้มีการนำเอามอลโทสซีรัป มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมไอศกรีม อุตสาหกรรมลูกกวาด อุตสาหกรรมแยม อุตสาหกรรมเยลลี่หรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิด เพราะว่ามอลโทสซีรัปมีคุณสมบัติช่วยลดการตกผลึก ปรับปรุงสี ช่วยให้มีความคงตัวขึ้น และให้กลิ่นรสที่ดีขึ้น

สำหรับกระบวนการผลิตมอลโทสซีรัปสามารถแสดงได้ดังนี้

กระบวนการผลิตมอลโทสซีรัป

Starches Slurry

↓ ความเข้มข้นของแป้ง 10 – 40 % , pH 6.0 – 6.5

Liquefaction

↓ เติมแอลฟา-อะไมเลส 0-0.5กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแป้ง ให้ได้ค่า DE 0.5 – 5.0 ที่อุณหภูมิ 100 °C หยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อนที่ 120–140° Cและ / หรือ ปรับpH ให้มีค่าประมาณ 4.5

Saccharification

↓ ปรับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50 –60 °C , pH 4.5-5.5 เติมเบต้า-อะไมเลส 1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแป้ง หยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อน 85 °C

Purification

↓ ทำการฟอกสีและกำจัดเกลือโดยการใช้ ion exchanger

ทำการกรองผ่าน Filtration

Concentration

↓

High Maltose syrup

ที่มา : Sakai.1988

High Maltose Syrup ที่ได้จะมีค่าDE อยู่ในช่วงระหว่าง 37 - 40 % ถูกผลิตโดยการทำ saccharification โดยเอนไซม์ α-amylase จากเชื้อราและ β-amylase จากพืช สำหรับสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ α-amylase ที่สกัดจาก fungal จะใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง , pH อยู่ในช่วง 5.8 - 6.0 และเอนไซม์ β-amylase ที่สกัดมาจากมอลต์จะใช้อุณหภูมิ 55 - 60 องศาเซลเซียส, pH อยู่ในช่วงประมาณ 5.0-6.0 ถ้าทำที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ในระหว่างของช่วงการทำ saccharification วัตถุดิบอาจใช้ทั้งกรดและเอนไซม์ในการเปลี่ยนปริมาณของวัตถุแห้งประมาณ 30 - 40% เทียบเท่ากับปริมาณการทำ liquefaction ของแป้งในตอนแรก การใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายในสภาพของเหลวปกติจะใช้มากกว่าเพราะทำให้ปริมาณของเด็กซ์โตรสมีอยู่ต่ำ

การเลือกเอนไซม์ที่ใช้ในการทำ saccharification มีผลกระทบเล็กน้อยต่อส่วนประกอบขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ กับการใช้เอนไซม์ในการทำ liquefact อย่างไรก็ตามทั้งในการทำ liquefact ค่า DE และการเลือกเอนไซม์จะมีผลกระทบขณะที่ liquefact ค่า DE จะเพิ่มขึ้นแต่ระดับของมอลโตสที่จะได้รับสูงสุดจะมีค่าลดลง และค่า 5-10 % ถูกพิจารณาว่ามีความเหมาะสม

จากกรรมวิธีการผลิตดังกล่าวข้างต้น จะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่สำคัญ 3 ประการคือ

1.) Gelatinization

การเจลาติไนเซชั่น ทำได้โดยการให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง ที่อุณหภูมิของการเจลาติไนซ์ (gelatinization temperature) ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิของการเจลาติไนซ์แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปจะต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 90 - 95 องศาเซลเซียส แป้งที่เจลาติไนซ์แล้ว จะถูกย่อยสลายได้ด้วยกรดหรือเอนไซม์

2.) Liquefaction

เป็นขั้นตอนที่ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำโดยการใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิในการกลายเป็นเจลของแป้ง (gelatinization temperature) หรือให้ความร้อนพร้อมย่อย

แป้งด้วยกรดหรือ α-amylase ซึ่งย่อยสลายพันธะ α-1,4 ไกลโคซิดิกในโมเลกุลของแป้งบางส่วน ทำให้ความหนืดของแป้งที่เจลาติไนซ์แล้วลดลงทำให้ β-amylase ย่อยอะไมโลเพคตินให้เป็นเบต้า-ลิมิตเดกซ์ทรินในขั้นตอนต่อไปได้ง่าย ผลผลิตจากขั้นตอนนี้เรียกว่า "ลิเคอไฟสตาร์ช" (liquefied starch) ซึ่งเป็นพวกมอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ซึ่งมี α-1,6 glucosidic linkage ในโมเลกุล

3.) Saccharification

เป็นขั้นตอนการย่อยลิเคอไฟสตาร์ชอย่างสมบูรณ์ด้วยเบต้า-อะไมเลส โดยไม่มีแอลฟา-อะไมเลส หรือ กลูโคอะไมเลสปน (โดยอาจใช้เอนไซม์ pullulanase ร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายพันธะ α-1,6 glucosidic linkage) ในโมเลกุลของแป้ง ทำให้ได้ " เดกซ์ทรินผสม" ที่มีเบต้า-ลิมิตเดกซ์ทรินผสมอยู่

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมอลโทสซีรัป

2.3.1 <u>แป้งมันสำปะหลัง</u>

โครงสร้างของแป้งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อะไมโลส และ อะไมโลเพคติน โดยที่อะไมโลส คือโพลีแซคคาไรด์ ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นเส้นด้วยพันธะα-1,4 glucosidic linkage จำนวน 500-2000 ยูนิต ส่วนอะไมโลเพคตินคือโพลีแซคคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา เนื่องจากเชื่อมด้วยพันธะ 2 แบบ คือ α-1,4 glucosidic linkage และ α-1,6 glucosidic linkage ซึ่งจะแตกแขนงจากกลูโคสเส้นตรงที่ทุกๆ 20-25 โมเลกุลของกลูโคส

เนื่องจากทั้งอะไมโลส และ อะไมโลเพคติน เป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ทำให้สตาร์ชมีโมเลกุลที่ใหญ่มาก และตรวจสอบไม่ได้แน่นอน มีรายงานผลการวิเคราะห์ว่าอะไมโลสมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 140,000 ส่วนอะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 4,000,000 แป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไปประกอบด้วยอะไมโลสประมาณร้อยละ 20 และอะไมโลเพคตินประมาณร้อยละ 80 โดยอะไมโลสจะละลายน้ำได้ดี เช่น linear polimer ของน้ำตาลกลูโคสจะต่อกันเป็นสายยาวโดยพันธะ α-1,4 glycosidic linkage สารละลายอะไมโลสเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ส่วนอะไมโลเพคตินละลายน้ำได้น้อยจะแขวนลอยอยู่ในน้ำในสภาพของคอลลอยด์เป็น branch polimer ประกอบด้วย linear polimer ของน้ำตาลกลูโคสหลาย ๆ สายมาจับต่อกันด้วยพันธะ α --1,6 glycosidic linkage เกิดเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีการแตกแขนงออกไปรอบ ๆ โดยจะมีแขนงเล็กเป็นระยะห่างกันประมาณ12หน่วยโมเลกุลของกลุโคสสารละลายอะไมโลเพคตินเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะได้สีม่วงแดง

2.3.2 <u>เอนไซม์แอลฟา - อะไมเลส</u>

แอลฟา-อะไมเลสมีชื่อสามัญว่า diastase และมีชื่อตามระบบว่า α-1,4 glucan 4-glucanohydrolase , EC 3.2.1.1 เป็นเอนไซม์ที่น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50,000 มี Ca^{+2} 1 ตัว ต่อเอนไซม์ 1 โมเลกุล ถูกกระตุ้นด้วยฮาโลเจนอิออน เช่น Cl^- , Br^- , F^- ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม สำหรับแอลฟา-อะไมเลสที่สกัดได้จาก *A. oryzae, B. subtilis* และ *B. licheniformis* คือ 4.8 ถึง 5.8, 5.85 ถึง 6.0 และ 5.5 ถึง 6.5 ตามลำดับ แอลฟา-อะไมเลสย่อยพันธะไกลโคซิลที่ α-1,4 ในลักษณะตัดภายในพอลิเมอร์อย่างอิสระ โดยแอลฟา-อะไมเลสสามารถย่อยอะไมโลสได้เป็นมอลโทสและมอลโทไตรโอส และสามารถย่อยอะไมโลเพคตินได้เป็นกลูโคส มอลโทสและแอลฟา-ลิมิต เดกซ์ทรินที่มีหน่วยกลูโคสประมาณ 4 หน่วยหรือมากกว่า (Wong, 1989; Fanks and Greenwood, 1975; Fogarty, 1983; Reilly , 1985)

รูปแบบการย่อยของแอลฟา-อะไมเลสมี 3 แบบคือ แบบที่1 Single chain หลังจากแอลฟา-อะไมเลสย่อยพันธะของสับสเตรทเพียงพันธะเดียวแบบสุ่ม ส่วนหนึ่งของผลผลิตที่เกิดขึ้นจะถูกย่อยต่ออย่างสมบูรณ์ได้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น มอลโทส มอลโทไตรโอส โดยย่อยจากปลายด้านที่มีหมู่
รีดิวซ์ไปยังปลายด้านที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ แบบที่ 2 Multiple attack หลังจากแอลฟา-อะไมเลสย่อยพันธะของสับสเตรทเพียงพันธะเดียวแบบสุ่ม เอนไซม์ตามย่อยโมเลกุลผลผลิตที่เกิดขึ้นต่อแบบจำเพาะให้เป็นโมเลกุลเล็กจำนวนหนึ่ง แบบที่ 3 Multiple chain เอนไซม์จะย่อยพันธะเพียงพันธะเดียว สำหรับการจับกันระหว่างเอนไซม์กับสับสเตรทครั้งหนึ่ง ๆ (Fanks and Greenwood, 1975)

2.3.3 <u>เอนไซม์เบต้า-อะไมเลส</u>

เบต้า-อะไมเลสมีชื่อเรียกตามระบบว่า α-1,4 glucan maltohydrolase, EC 3.2.1.2 เบต้า-อะไมเลสที่สกัดจากมันเทศในแต่ละหน่วยประกอบด้วย 4 tetramer ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 210,000 เบต้า-อะไมเลสนี้ 1 โมเลกุลมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 52,000 มีสารพวกซัลไฟดริลอยู่ในบริเวณเร่ง (Cundney and McPheson , 1993) โลหะไม่มีผลต่อความคงตัวของเอนไซม์ แคลเซียมและแมกนีเซียมอิออนเป็นสารยับยั้ง (Inhibitor) แอคติวิตีของเอนไซม์ (Hagenimana, Vezina and Simard, 1994) พบโดยทั่วไปในพืชชั้นสูง ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับเบต้า-อะไมเลสจากบาร์เลย์ ข้าวสาลี และมันเทศคือ 5.0 และจากถั่วเหลืองคือ 6.0
(Wong,1989) การย่อยของเบต้า-อะไมเลสเจาะจงต่อพันธะไกลโคซิลของแป้งที่ α-1,4 ในลักษณะการตัดสายโพลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบจากปลายด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์เข้าสู่ภายในสายทีละ 1 หน่วยของมอลโทสหรือทีละ 2 หน่วยของกลูโคส และหยุดปฏิกิริยาที่พันธะไกลโคซิลที่ α-1,6 ได้

ผลผลิตเป็นเบต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน มอลโทโตรโอสและส่วนใหญ่เป็น เบต้า-มอลโทส (Fanks and Greenwood, 1975 ; Fogarty,1983; Reilly, 1985)

2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเบต้า-อะไมเลสคือ

2.4.1 ถ้าค่า DE ต่ำเกินไปในการใช้แอลฟาอะไมเลสย่อยในช่วงแรกจะพบว่า

1) น้ำแป้งที่ผ่านการย่อยแล้วกรองได้ยากเนื่องจากเกิดการอุดตันที่เครื่องกรองเป็นเพราะการย่อยแป้งให้เป็นเดกซ์ทรินไม่เหมาะสม

2) มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้มีลักษณะขุ่นเนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้ง

2.4.2 ถ้าค่า DE สูงเกินไปในการใช้อัลฟา-อะไมเลสย่อยในช่วงแรกจะพบว่า

1) ลูกอมสามารถดูดความชื้นได้สูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของน้ำตาลชนิดอื่น ๆอยู่มาก เช่น กลูโคส มอลโทไตรโอส เป็นต้น

2) เกิดลักษณะการเยิ้ม แฉะ

3) ทำให้ปริมาณของน้ำตาลมอลโทสที่มีอยู่ในมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้มีน้อย

แนวทางการแก้ไขปัญหา ต้องควบคุมการย่อยอัลฟา-อะไมเลสให้ได้ค่า DE ที่เหมาะสม โดยการหาปริมาณการใช้เอนไซม์ ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยให้เหมาะสมเราสามารถสังเกตได้จาก

1) การกรองสามารถทำได้ง่าย

2) การดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสซีรัปมีค่าต่ำ

3) มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้จะต้องไม่ขุ่น

2.5 การดูดความชื้นของ Maltooligosaccharides

ตารางที่ 2 แสดงการดูดความชื้นของ Maltooligosaccharides

อุณหภูมิ	ค่าการดูดความชื้น
24 °C	G3 >G4> G5 =G7> G11>G2
30 °C	G3 >G4=G7> G5> G6> G11 >G2
38°C	G3> G4=G5> G7 >G6 >G11>G2

2.6 การใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัวเก็บไว้ในภาชนะปิดเพื่อทดสอบการดูดความชื้น

สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว (ammonium sulfate) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะให้ค่า %Humidity เท่ากับ 81 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการใช้สารละลายอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิดที่มีความชื้นต่างกัน

สารละลายอิ่มตัว	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	% Humidity
lead nitrate	20	98
dibasic sodium phosphate	20	95
Monobasic ammonium phosphate	20 - 25	93
zinc sulfate	20	90
Potassium chromate	20	88
Potassium bisulfate	20	86
Potassium sulfate	20	84
Ammonium sulfate	20	81
Ammonium chloride	20 - 25	79
sodium acetate	20	76
sodium chlorate	20	75
sodium nitrate	20	66
sodium bromide	20	58
Magnesium nitrate	18.5	56
sodium dichromate	20	52
Potassium thiocyanate	20	47
Chromium trioxide	20	35
calcium chloride	20	31
Potassium acetate	24.5	20
lithium chloride	20	15
zinc nitrate	20	42

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ตราปลามังกร

น้ำตาลทราย ตรามิตรผล

ฟ้าทะลายโจรแห้ง

มะกรูด

3.2 สารเคมี

1. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน
2. คอปเปอร์ซัลเฟต
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์
4. น้ำกลั่น
5. โปแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรต
6. คาร์บอนกัมมันต์
7. Ceolite
8. kieselguhr
9. methylene blue
10. enzyme alpha- amylase (Kleistase E5)
11. enzyme beta- amylase (Spezyme DBA)

3.3 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. ปิเปต 0.1 มิลลิลิตร
2. ปิเปต 10 มิลลิลิตร
3. ปิเปต 150 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ 150 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร
7. ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
8. ขวดสีชา
9. ลูกยาง

10. ขาตั้ง
11. บิวเรต
12. ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
13. tong
14. petri dish
15. Sensitivity disk
16. loop
17. อลูมิเนียม แคน
18. แท่งแก้วคน
19. เทอร์โมมิเตอร์
20. กระบอกน้ำกลั่น
21. ตะเกียง แอลกอฮอล์
22. ช้อนตักสาร

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. desiccator
3. hot plate
4. pH meter
5. microwave
6. hot air oven
7. incubator
8. evaporator
9. water bath

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.5.1 <u>การตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเบต้า-อะไมเลสที่ใช้ในการผลิตมอลโทสซีรัป</u>

3.5.1.1 การตรวจสอบประสิทธภาพของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

1. เตรียมน้ำแป้งมันสำปะหลัง 30กรัม ละลายน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. ปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 5.8 - 6.0 และต้มน้ำแป้งให้มีอุณหภูมิประมาณ 90 - 95 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงการทำงานที่เหมาะสมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

3. เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (kleistase E5) 0.015% คนตลอดเวลาเพื่อให้เอนไซม์ย่อยน้ำแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. นำน้ำแป้งที่ย่อยมาวิเคราะห์ค่า DE ทุก 1 นาที เป็นเวลานาน 12 นาที

5. บันทึกช่วงเวลาที่เหมาะสมที่เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสใช้ในการย่อยน้ำแป้ง นำผลที่ได้นำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

น้ำแป้งมันสำปะหลัง

↓

pH 5.8-6.0 , อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส

↓

เติมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส 0.015% และทำการย่อย

↓

วิเคราะห์ค่าDE ทุก 1 นาทีเป็นเวลา 12 นาที

3.5.1.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์เบต้า-อะไมเลส

1. นำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในช่วงเวลาที่เหมาะสม

2. ปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 5.8 - 6.0 อุณหภูมิ 55 - 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงการทำงานที่เหมาะสมของเอนไซม์เบต้า-อะไมเลส

3. เติมเอนไซม์เบต้า-อะไมเลส (spezyme DBA) 0.045% คนตลอดเวลาเพื่อให้เอนไซม์ย่อยน้ำแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. นำน้ำแป้งที่ย่อยมาวิเคราะห์ค่า DE ทุก 10 นาที เป็นเวลานาน 50 นาที

5.บันทึกช่วงเวลาที่เหมาะสมที่เอนไซม์เบต้า-อะไมเลสใช้ในการย่อยน้ำแป้งให้เป็นมอลโทสซีรัป

น้ำแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

↓

pH 5.8 - 6.0 ,อุณหภูมิ 55 -60 องศาเซลเซียส

↓

เติมเอนไซม์เบต้า-อะไมเลส 0.045%และทำการย่อย

↓

นำมาวิเคราะห์ค่า DE ทุก 10 นาทีเป็นเวลา 50 นาที

3.5.2 การผลิต maltose syrup

1. Starches Slurry

ทำการชั่งแป้งมันสำปะหลังน้ำหนัก 30 กรัม แล้วนำไปละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2. Liquefaction และ Dextrinization

ทำการปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 5.8-6.0 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส หลังจากนั้นเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสลงไปในน้ำแป้งในปริมาณที่กำหนดไว้ แล้วทำการต้มน้ำแป้งให้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 90 - 95 องศาเซลเซียส

3. Saccharification

หลังจากที่ทำการย่อยน้ำแป้งในขั้น Liquefaction และ Dextrinization แล้วให้ทำการลดอุณหภูมิของน้ำแป้งอย่างรวดเร็วให้อยู่ในช่วงประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการเติมเอนไซม์เบต้า-อะไมเลสลงไป ในปริมาณที่กำหนด

4. Inactivated Enzyme

ทำการยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ โดยการนำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยให้เป็นมอลโทสซีรัปแล้วไปต้มที่อุณหภูมิ 90 - 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

5. Filtration

กรองโดยใช้กระดาษกรอง วอชแมนเบอร์ 1 วางบน channel 2 ชั้นแล้วทำการใส่ diatomaceous ลงไปทับอีกชั้นและใช้ vaccum ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง แล้วทำการใส่ผงถ่านละลายกับน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยในขั้น Saccharifaction อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อทำการดูดซับกลิ่นและฟอกสีของมอลโทสซีรัปที่ใส่ลงไป

6. Evaporation

เป็นการทำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยในขั้น Saccharification ให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออกด้วยเครื่อง evaporator ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปที่มีความ

97093

เข้มข้นประมาณ 80 - 81% และ 85-87% ทำการตรวจดูความเข้มข้นของมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้โดยใช้ refractometer

แผนภาพแสดงการผลิตมอลโทสซีรัป

Starches Slurry (30%Solids)

ใช้แอลฟา-อะไมเลส (E5) ↓

Liquefaction และ Dextrinization pH5.8-6.0, 90-95 °C

ใช้เบต้า-อะไมเลส (DBA) ↓

Saccharification pH 5.8 - 6.0 , 55 - 60 °C

↓

Inactivated Enzyme 90 - 95 °C, 20 Min

↓

Filtration

↓

Evaporation เข้มข้น 85 - 87%

↓

High Maltose syrup

3.5.3 <u>การตรวจสอบการดูดความชื้น</u>

ศึกษาการดูดความชื้นของลูกอมที่อัตราส่วนของมอลโทสซีรัปต่อน้ำตาลซูโครสที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้

มอลโทสซีรัป	น้ำตาลซูโครส
100	0
70	30
60	40
50	50
40	60
30	70

เตรียมสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว

↓

นำสารละลายไปใส่ไว้ในขวดปิดฝา

↓

ทิ้งไว้ 1 วันให้ความชื้นคงที่ (81%)

↓

ผูกเชือกกับลูกอมแขวนไว้ในขวด

↓

ปิดฝา

↓

ชั่งน้ำหนักของลูกอมทุก ๆ 30 นาที

3.5.4 <u>การผลิตน้ำสมุนไพร</u>

น้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

1) ชั่งน้ำหนักใบและทั้งต้นฟ้าทะลายโจรแห้งตามตาราง

2) เติมน้ำกลั่นปริมาณมากพอท่วมใบฟ้าทะลายโจร

3) ต้มและเคี่ยวจนได้ระดับความเข้มข้นตามตาราง

4)นำน้ำที่ได้มากรองผ่านผ้าขาวบางโดยบีบน้ำออกจากกากให้หมดจนเหลือปริมาณน้ำสุดท้ายที่มีความเข้มข้นดังตาราง

ตารางตัวอย่างแสดงการเตรียมน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่มีความเข้มข้นที่ต้องการ

ความเข้มข้น (%)	น้ำหนักฟ้าทะลายโจร(g.)	น้ำหนักน้ำสุดท้าย (g.)
30	30	70
50	50	50

น้ำสมุนไพรผิวมะกรูด

1) ทำความสะอาดผลมะกรูดและปอกผิวมะกรูดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งน้ำหนักตามตาราง

2) นำผิวมะกรูดที่ได้มาคลุกกับพิมเสนหรือการบูร (อัตราส่วนของน้ำหนักผิวมะกรูดต่อน้ำหนักพิมเสนหรือการบูร เท่ากับ 20 ต่อ 1)

3) เติมน้ำกลั่นที่ต้มเดือดในปริมาณความเข้มข้นตามตาราง

4) ปิดฝาทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที

5) กรองและบีบจนได้น้ำจากผิวมะกรูด

ตารางตัวอย่างแสดงการเตรียมน้ำสมุนไพรผิวมะกรูดที่มีความเข้มข้นที่ต้องการ

ความเข้มข้น (%)	น้ำหนักผิวมะกรูด(g.)	น้ำหนักน้ำเดือดที่เติม (g.)
30	30	70

3.5.5 <u>การผลิตลูกอมสมุนไพร</u>

ชั่งมอลโทสซีรัปต่อน้ำตาลซูโครสในอัตราส่วน 60 ต่อ 40

↓

ละลายน้ำตาลซูโครสในน้ำสมุนไพรที่มีความเข้มข้นที่ต้องการ

↓

ให้ความร้อนและคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน

↓

เคี่ยวจนหนืด (^{o}Brix ≈ 92%)

↓

ใส่พิมพ์

↓

ทิ้งไว้ให้เย็น

↓

ตัดแต่ง

↓

ลูกอมสมุนไพร

3.5.6 <u>การตรวจสอบ</u>

การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์

ตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของ

1) สารปฏิชีวนะ Tetracycline ศึกษาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาความเข้มข้นของ tetracycline ที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ เพื่อนำผลที่ได้มาทำเป็นกราฟมาตรฐานในการเปรียบเทียบต่อไป

15444

2) น้ำสมุนไพร

- น้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ศึกษาความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆดังนี้คือ 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30% และ 20 %

- น้ำสมุนไพรผิวมะกรูด

ศึกษาความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้คือ 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30% และ 20 %

3) สารละลายลูกอมสมุนไพร

- สารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร คัดเลือกระดับความเข้มข้นของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่มีผลในการยับยั้ง *Staphyloccus aureus* และนำมาผลิตสารละลายลูกอมสมุนไพรเพื่อศึกษาความสามาถในการยับยั้ง *Staphyloccus aureus* โดยใช้ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้คือ 50%, 45%, 40%, 35%, 30%

วิธีการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus*

นำ *Staphylococcus aureus* มาทำ cell suspension ใน 1% peptone water ให้มีปริมาณเซล 10^8 CFU / ml

ปิเปตสารละลาย *Staphyloccus aureus* 0.1ml

ลงใน plate ที่มีอาหาร PCA และ spread plate ให้ทั่ว

↓

วาง sensitivity disk

↓

ปิเปตสารที่ต้องการตรวจสอบปริมาตร 15 ไมโครลิตร

ใส่ใน sensitivity disk

↓

บ่มที่ 37 °C , เวลา 24 ชั่วโมง

↓

วัดบริเวณ Clear zone ที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ทำการตรวจสอบลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นที่มีผลในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* โดยการใช้วิธี Scoring Test โดยตรวจสอบปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน รสขม และความชอบรวม และนำผลที่ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT)

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

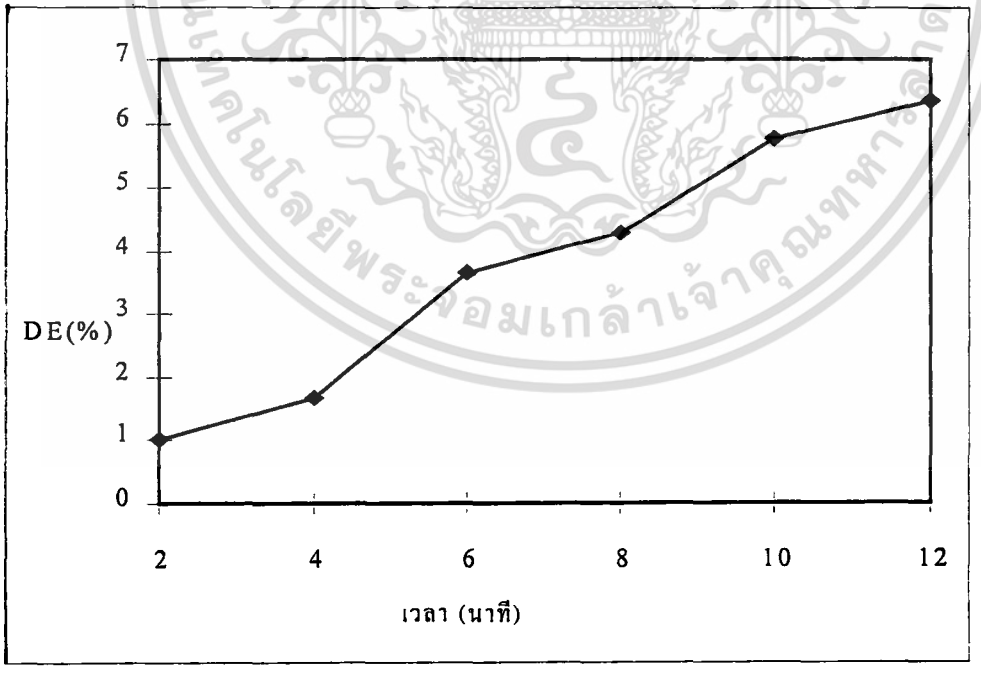
บทที่ 4
ผลและวิจารณ์การทดลอง

4.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตมอลโทสซีรัป

4.1.1 การใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015 % ในการย่อยน้ำแป้ง 30%

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% โดยใช้เวลาในการย่อยแป้งมากขึ้น จะทำให้ได้ค่า %DE ที่สูงขึ้น จากการทดลองเราจะเลือกใช้ค่า %DE ที่อยู่ในช่วง 5-10% เพราะถ้าค่า %DE มากกว่า 10 โมเลกุลแป้งจะถูกย่อยเป็นโมเลกุลจำนวนเล็กๆเป็นจำนวนมากทำให้ไม่เหมาะสมในการจับตัวกันกับเบต้าอะไมเลสเพราะเบต้าอะไมเลสจะสามารถดึงดูดกับโมเลกุลขนาดใหญ่ได้ดี จะเห็นได้ว่า ในการย่อยน้ำแป้ง 30%ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% เป็นเวลา 10 นาที จะได้ค่า %DE ที่ไม่เกิน 10 แสดงถึงความมีประสิทธิภาพของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส โดยใช้เพียงปริมาณน้อยก็สามารถย่อยน้ำแป้งให้มีค่า %DE ตามที่ต้องการ

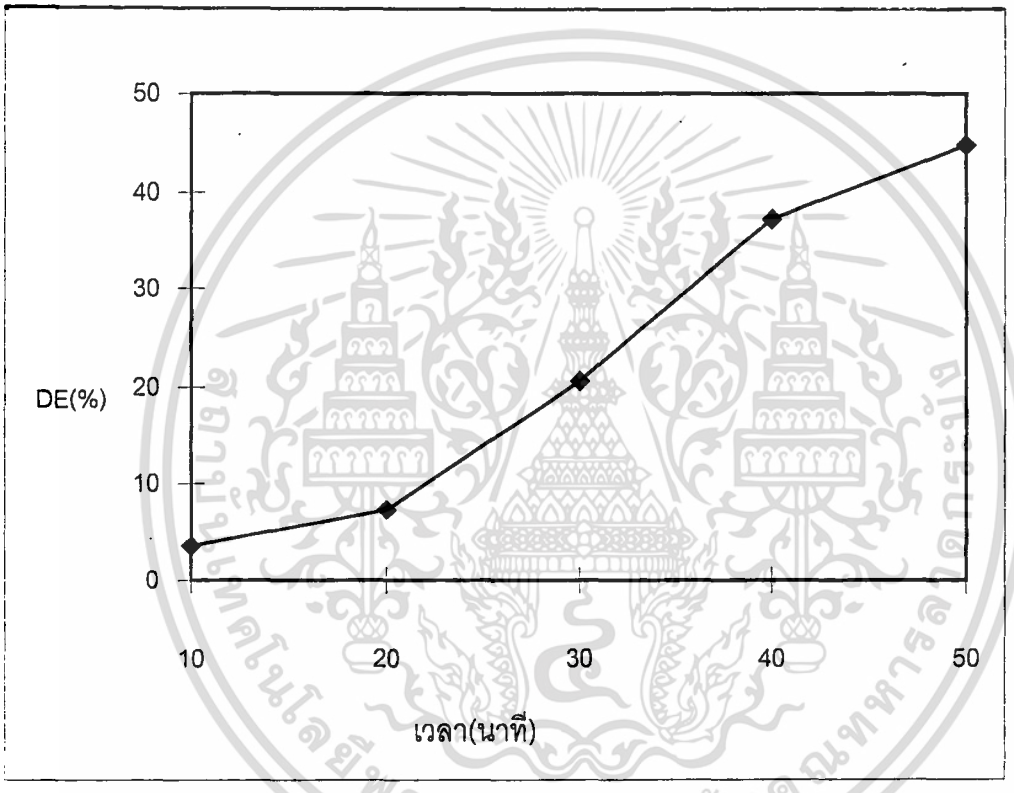
จากการทดลองเราจึงเลือกใช้แอลฟาอะไมเลส 0.015 % ย่อยน้ำแป้ง 30% เป็นเวลา 10 นาทีแล้วจึงนำไปย่อยต่อด้วยเบต้าอะไมเลสต่อไป



ภาพที่ 3 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DE(%) กับการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% ในการย่อยแป้ง 30% ที่เวลาต่างๆ

4.1.2 การใช้เอนไซม์เบต้าอะไมเลส 0.045% ย่อยน้ำแป้งต่อให้เป็นมอลโทสซีรัป หลังจากใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% ย่อยน้ำแป้งเป็นเวลา 10 นาที

จากกราฟจะเห็นได้ว่าการใช้เบต้าอะไมเลส 0.045% ย่อยน้ำแป้ง 30% ต่อจากการย่อยด้วยแอลฟาอะไมเลส 0.015 % เป็นเวลา 10 นาทีให้เป็นมอลโทสซีรัปจะใช้เวลา 40 นาทีเพื่อให้ได้มอลโทสซีรัปที่มีค่า %DE อยู่ในช่วงสมดุลประมาณ 37-40% ตามต้องการ จะเห็นได้ว่า เอนไซม์เบต้าอะไมเลสที่ใช้มีประสิทธิภาพเพราะใช้เพียงปริมาณน้อยก็สามารถย่อยน้ำแป้งให้ได้ค่า % DE ตามต้องการ



ภาพที่ 4 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DE(%) ของมอลโทสซีรัปที่ได้จากการย่อยแป้ง 30% โดยใช้แอลฟาอะไมเลส 0.015% เป็นเวลา 10 นาที และเบต้าอะไมเลส 0.045% ที่เวลาต่างๆ

4.3 การทดสอบการดูดความชื้นของลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปกับซูโครสแตกต่างกัน

เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 นาที จะได้ว่า

ตารางที่4 : แสดงค่า %Relative Hygroscopicity ของลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปกับซูโครสแตกต่างกัน

อัตราส่วนของมอลโทสซีรัปกับซูโครสของลูกอม	% Relative Hygroscopicity
100:00	18.89
70:30	45.22
60:40	48.62
50:50	60.30
40:60	71.76
30:70	100.00
ลูกอมในท้องตลาด (ลูกอม FOX)	40.98

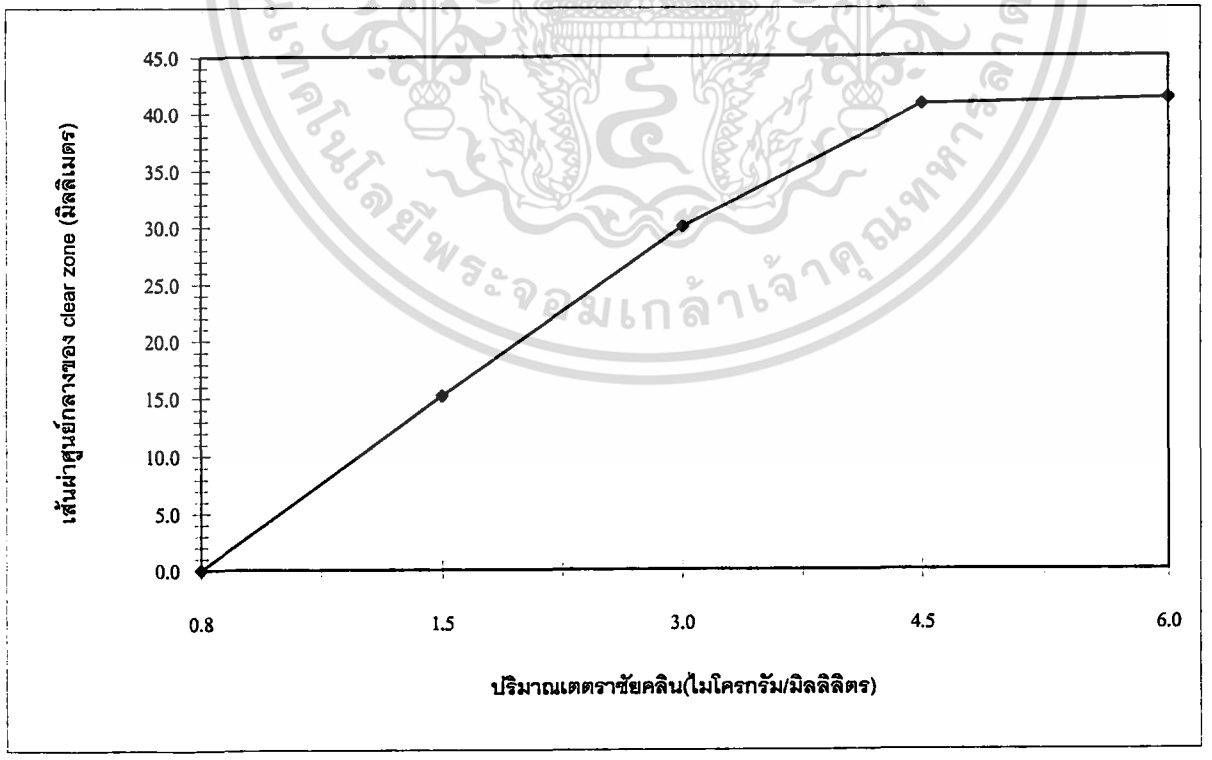
จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปมากจะมี %Relative Hygroscopicity น้อย แสดงถึงว่า มีการดูดความชื้นน้อย โดยลูกอมที่ทำจากมอลโทสซีรัป 100% มีค่าการดูดความชื้นน้อยที่สุด แสดงว่ามอลโทสซีรัปที่ผลิตมีคุณภาพดี มีค่าการดูดความชื้นน้อย ทำให้สรุปได้ว่า สามารถผลิตลูกอมจากมอลโทสซีรัปได้ แต่ในการผลิตลูกอมจำเป็นต้องคำนึงถึงการยอมรับในด้านรสชาติของผู้ชิม จึงเลือกทำลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปกับซูโครสเท่ากับ 60: 40 ซึ่งมีค่าการดูดความชื้นไม่เกิน 50%

4.3 การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารปฏิชีวนะเตตราซัยคลิน

ตารางที่ 5 : แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเตตราซัยคลิน(ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับเส้นผ่าศูนย์กลาง clear zone ที่เกิดขึ้น (มิลลิเมตร)

ปริมาณเตตราซัยคลิน (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางclear zone (มิลลิเมตร)
0.75	0.0
1.5	15.2
3.0	30.0
4.5	40.8
6.0	41.3

นำมาทำกราฟมาตรฐานเตตราซัยคลินสมมูล (Tetracycline equivalent) ได้สมการเส้นตรง y = 10x แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 : กราฟมาตรฐานเตตราซัยคลินสมมูล(Tetracycline equivalent)

4.4 การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง Staphylococcus aureus ของน้ำสมุนไพร

4.4.1 น้ำสมุนไพรจากผิวมะกรูด

น้ำสมุนไพรจากผิวมะกรูดที่ความเข้มข้น 90,80,70,60,50,40,30 และ 20 % ไม่มีผลในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus*

4.4.2 น้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

น้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 30% ขึ้นไป มีความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* โดยที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้น ความสามารถในการยับยั้ง Staphylococcus *Staphylococcus aureus* ก็จะมากขึ้น และเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานเตตราซัยคลินสมมูล (Tetracycline equivalent) ดังภาพที่ 5 จะพบว่า น้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆมีความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน ดังนี้

ตารางที่ 6: แสดงความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร(%)	ความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
90	1.31
80	1.26
70	1.21
60	1.15
50	1.12
40	0.90
30	0.69
20	0.00

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในการทดลองกับข้อมูลจากจุลสารโครงการข้อมูลสมุนไพร (2528) แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ได้จากการทดลองมีผลในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ต่ำกว่าในทุกระดับความเข้มข้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากการสกัดน้ำสมุนไพรในการทดลองยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเพียงพอ

ตารางที่ 7: แสดงความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจากจุลสารฯ (2528)

ความเข้มข้นของน้ำฟ้าทะลายโจร(%)	ความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus*	
	จากการทดลอง	จากจุลสาร*
10	-	++
20	-	+++
30	-	+++
40	-	+++
50	+	+++
60	+	+++
70	+	+++
80	+	+++
90	+	+++

* จุลสารโครงการข้อมูลสมุนไพร 2528.

หมายเหตุ :
- คือ เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 10 มิลลิเมตร
+ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง11-15 มิลลิเมตร
++ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง16-20 มิลลิเมตร
+++ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 21-25 มิลลิเมตร

ทำการคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร 30%ถึง 50% ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* ได้มาผลิตเป็นสารละลายลูกอมสมุนไพรต่อไป

4.5 การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

จากการทดลองพบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นสารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีค่ามากขึ้น จะมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีขึ้น โดยระดับความเข้มข้นของสารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ต่ำที่สุดที่มีความสามารถในการยับยั้ง*Staphylococcus aureus* คือ 35% และเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานเตตราซัยคลิน (Tetracycline equivalent) ในภาพที่ 5 จะพบว่า สารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆมีความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน ดังนี้

ตารางที่ 8 : แสดงความสามารถยับยั้ง ของสารละลายลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆเทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน(ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

ความเข้มข้นของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจร(%)	ความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* เทียบเท่ากับเตตราซัยคลิน(ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
50	1.16
45	1.00
40	0.98
35	0.96
30	0.00

4.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ในการทดลองผลิตลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น1%,10%,20%และ35% เพื่อนำมาทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน ความขม และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คนและใช้แบบทดสอบ Scoring test ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ระดับความเข้มข้น (%)	คะแนนเฉลี่ย					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความขม	ความชอบรวม
1	7.00 a	7.33 a	6.07 a	5.53 a	4.27 a	4.60 a
10	6.00 b	6.20 ab	5.67 a	4.27 b	3.07 a	3.33 b
20	5.07 c	5.40 ab	4.93 a	3.27 bc	1.67 b	2.73 c
35	4.80 c	5.27 b	4.73 a	2.33 c	1.73 b	2.07 c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง (column) หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

จากตารางที่ 9 พบว่าคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 20% และ 35% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 10 %

คุณลักษณะด้านสีของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10% และ 20% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 35% แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 35% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านกลิ่นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรพบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทุกระดับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

คุณลักษณะด้านรสหวานของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 20% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 10% และ 35% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ระดับความเข้มข้น 1% , 10% และ 35% ของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยที่ผู้ชิมให้ค่าเฉลี่ยที่ระดับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่1 % มีค่าสูงสุด

คุณลักษณะด้านรสขมพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ 1% และ 10% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 20 % และ 35% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น1% และ 10%

ผู้ชิมให้คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านความชอบรวมของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 1% มีค่าสูงสุด ลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 20% และ 35% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีความแตกต่างอย่างามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 10%

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. มอลโทสซีรัปที่ผลิต ได้จากการย่อยน้ำแป้ง 30% ด้วยแอลฟาอะไมเลส 0.015% เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้ค่า DE 5-10% และย่อยต่อด้วยเบต้าอะไมเลส 0.045% เป็นเวลา 40 นาที เพื่อให้ได้มอลโทสซีรัปที่มีค่า DE 37-40%
2. การทดสอบการดูดความชื้นของลูกอมจากมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้ในอัตราส่วนแตกต่างกัน พบว่า ลูกอมที่มีอัตราส่วนของมอลโทสซีรัปมากจะมีการดูดความชื้นน้อย โดยลูกอมที่ทำจากมอลโทสซีรัป 100% จะดูดความชื้นน้อยที่สุด แสดงว่า สามารถผลิตลูกอมจากมอลโทสซีรัปและมีข้อดีคือ ทำให้ลูกอมมีการดูดความชื้นต่ำ
3. ในการผลิตลูกอมสมุนไพร พบว่า ลูกอมสมุนไพรจากผิวมะกรูดไม่มีผลในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ในขณะที่ลูกอมฟ้าทะลายโจรมีผลยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 35% และจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 35% ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมในปัจจัยคุณภาพด้านรสชาติและความชอบรวม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนากรรมวิธีการสกัดน้ำสมุนไพรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ดียิ่งขึ้น
2. ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของลูกอมสมุนไพรที่ผลิตโดยเฉพาะในด้านรสชาติ โดยอาจเพิ่มส่วนผสมต่างๆเพื่อเพิ่มการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม
3. ควรมีการศึกษาถึงแนวโน้มการผลิตลูกอมจากสมุนไพรชนิดอื่นๆเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ ยังบรรเทา.2527. พจนานุกรมศัพท์ชีววิทยา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพฯ.528 หน้า

ฟ้าทะลายโจร. 2534. โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง. กทม, 65 หน้า

ภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู วรพจน์ ดรรชนีกุล.2540. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลัง.ปัญหาพิเศษ.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 30 หน้า

รายงานประจำปีของมูลนิธิกิตติขจรเภสัชเวทย์.โรงงานเภสัชกรรมทหาร.กรมการอุตสาหรรมทหาร.

วันดี กฤษณพันธ์.สมุนไพรสารพัดประโยชน์.คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.2538. : 58-61

วารสารสุขภาพ. 2530. ปีที่ 5.ฉบับที่ 3 :47-48

สมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน. 2529. จุลสารโครงการข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิดล. ปีที่ 4. ฉบับที่ 1: 20-30

สมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน. 2530. จุลสารโครงการข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิดล. ปีที่ 4. ฉบับที่ 1: 11-23

อรนุช ว่องพิริยพงศ์ .2538. การผลิตบีต้า-ลิมิตเดกซ์ตรินจากแป้งถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fox ,P.F. Food Enzymology. Elsevier Science Publishers ,Ltd . Vol 2.1991:378 p

Handbook of Amylase and Related Enzymes. 1988. Pergamon Press plc.Osaka, Japan. p 203-205

Mckane L.,Kandal J.1996. Microbiology esseentials and application. McGrawHill,Inc.

Sidney M. Can. 1955. Use of sugars and other Carbohydrates in Food Industry. Washington D.C. 142 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

5.1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ชั่ง kieselguhr ประมาณ 2 กรัม นำไปใส่ใน aluminium can นำไปอบพร้อมกันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักค่งที่ที่ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (m_1)

ชั่งตัวอย่างมอลโทสซีรัปประมาณ 2-5 กรัม ในบีกเกอร์ที่แห้ง จดน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (m_0) ละลายด้วยน้ำร้อนไม่เกิน 5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วใส่ลงใน aluminium can ที่เตรียมไว้ คลุกให้เข้ากันกับ kieselguhr เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปอบต่อในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปใส่ไว้ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 25 นาที ชั่งน้ำหนักให้แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่(m_2)

วิธีคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%dry substance) = $(m_2 - m_1)(100) / m_0$

m_0 = น้ำหนักตัวอย่างมอลโทสซีรัป

m_1 = น้ำหนักของ aluminium can ที่บรรจุ kieselguhr หลังอบให้คงที่

m_2 = น้ำหนักของ aluminium can ที่บรรจุ kieselguhr และตัวอย่างมอลโทสซีรัปหลังอบให้น้ำหนักคงที่

5.2 วิธีหาปริมาณ reducing sugar

5.2.1 การเตรียมสารเคมี

5.2.1.1 สารละลาย Fehling's Solution

สารละลาย A: ละลาย $CuSO_4 5H_2O$ 34.64 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

สารละลาย B: ละลาย $KNaC4_4H4_4O_6.5H_2O$ 173 กรัม และ NaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

ผสมสารละลาย A และ B ปริมาตรเท่ากัน ให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน แล้วกรองผ่าน glass wool

5.2.1.2 Methylene blue indicator

ละลาย Methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

5.2.1.3 การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

อบน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ด้วยตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ละลายกลูโคส 5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตรผสมให้เข้ากัน

5.2.2 วิธีหาค่ามาตรฐานของ Fehling's Solution

ปิเปตสารละลาย Fehling's Solution ที่ผสมและทิ้งไว้ 1 วันปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน 10 มิลลิลิตร แล้วต้มให้เดือด เติมสารละลาย Methylene blue indicator แล้วไทเทรตด้วยสารละลายกลูโคสมาตรฐานจนถึงจุดยุติ ซึ่งสีน้ำเงินของ Methylene blue จะหายไป

ปรับความเข้มข้นของ Fehling's Solution โดยทำการเจือจางลง หรือเติม $CuSO_4 . 5H_2O$ เพื่อให้ปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ 12.02 มิลลิลิตร

5.2.3 วิธีการไทเทรต

ปิเปตสารละลาย Fehling's Solution 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 25 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดโดยใช้ hot plate บรรจุสารละลายตัวอย่างในบิวเรทแล้วเติมลงในสารละลาย Fehling's Solution โดยให้ห่างจากจุดยุติ 0.5 มิลลิลิตร (หาโดยการทดลองไทเทรตหาปริมาตรถึงจุดยุติโดยคร่าวๆก่อน) ต้มสารละลายใน flask ให้เดือดพร้อมกับเขย่าเบาๆ

ต้มให้เดือดเบาๆประมาณ 2 นาที แล้วเติม Methylene blue indicator 2 หยด แล้ว ต้มให้เดือด พร้อมทั้งเขย่า ปล่อยให้ตะกอนสีแดงของ cuprous oxide ตกตะกอน และสังเกตสีของสารละลายที่อยู่เหนือตะกอนว่ายังมีสีฟ้าเหลืออยู่หรือไม่ ให้ทำการไทเทรตโดยเร็วภายในเวลาประมาณ 1 นาที โดยการเติมสารละลายตัวอย่างทีละหยดขณะที่สารละลาย Fehling's Solution กำลังเดือดจนกระทั่งสีฟ้าหายไป ซึ่งเป็นจุยุติของการไทเทรต

5.2.4 การคำนวณ

$$\% \text{ reducing sugar} = \frac{500 \text{ ml} \times 0.1202 \times 100}{\text{sample Titer (ml)} \times \text{sample weight (g)}}$$

$$\text{Dextrose Equivalent (DE)} = \frac{\%\ \text{reducing sugar}}{\%\ \text{dry substance}} \times 100$$

5.3 **การคำนวณหา % Relative Hygroscopicity ของการทดสอบการดูดความชื้นของลูกอม**

$$\%\ \text{Relative Hygroscopicity} = (W_2 - W_1)(100) \,/\, W_0$$

W_0 = น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นมากที่สุด-น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นน้อยที่สุด (กรัม)

W_1 = น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นที่เพิ่มขึ้นในตอนหลัง (กรัม)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวกที่ 1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE(%) กับการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% ในการย่อยน้ำแป้ง 30% ที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ค่า DE(%)
2	1.00
4	1.67
6	3.67
8	4.33
10	5.75
12	6.33

ตารางภาคผนวกที่ 2 :แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE(%) กับการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 0.015% ย่อยน้ำแป้ง 30%เป็นเวลา 10 นาทีแล้วใช้เบต้าอะไมเลส 0.045%ย่อยต่อที่เวลาต่างๆ

เวลา(นาที)	ค่า DE(%)
10	3.55
20	7.31
30	20.47
40	37.18
50	44.91

ตารางภาคผนวกที่ 3 : แสดงผลการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ความเข้มข้นของน้ำฟ้าทะลายโจร(%)	เส้นผ่าศูนย์กลางของclear zone (มิลลิเมตร)
90	13.1
80	12.6
70	12.1
60	11.5
50	11.2
40	9.0
30	6.89
20	0.0

ตารางภาคผนวกที่ 4 : แสดงผลการตรวจสอบความสามารในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจร

ความเข้มข้นของสารละลายลูกอม ฟ้าทะลายโจร(%)	เส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone (มิลลิเมตร)
50	11.6
45	10.0
40	9.8
35	9.6
30	0.0

ภาคผนวก ค
การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	117.93	8.42	105.25 **
Treatment	3	44.85	14.95	186.88 **
Error	42	3.40	0.08	
Total	59	166.18		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	7.0a	6.0b	5.07c	4.8c

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านสีของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	11.60	0.83	0.69 ^{ns}
Treatment	3	40.58	13.53	11.18 **
Error	42	50.67	1.21	
Total	59	102.85		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	7.33a	6.20ab	5.40ab	5.27b

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านกลิ่นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	16.00	1.14	0.37 ^{ns}
Treatment	3	26.72	8.91	2.91 *
Error	42	128.53	3.06	
Total	59	171.25		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	6.07a	5.67a	4.93a	4.73a

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านรสหวานของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	44.90	3.21	3.06 **
Treatment	3	84.72	28.24	26.90 **
Error	42	44.03	1.05	
Total	59	173.65		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	5.53a	4.27b	3.27bc	2.33c

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านรสขมของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	90.73	6.48	14.4 **
Treatment	3	68.85	22.95	51.0 **
Error	42	18.40	0.44	
Total	59	177.98		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	4.27a	3.07a	1.67b	1.73b

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>ตารางภาคผนวกที่ 6</u> การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านความชอบรวมของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Replication	14	42.73	3.05	4.55 **
Treatment	3	52.18	17.39	25.96 **
Error	42	28.07	0.67	
Total	59	122.98		

** = significant 1% level , ns = not significant

* = significant 5% level

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test

ความเข้มข้นของลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (%)	1	10	20	35
ค่าเฉลี่ย	4.6a	3.33b	2.73c	2.07c

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอย่างแบบสอบถาม

.....

แบบทดสอบ

ลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

.....

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่ทดสอบ.....

	(ตัวอย่าง)	_____	_____	_____
ลักษณะปรากฏ		_____	_____	_____
สี		_____	_____	_____
กลิ่น		_____	_____	_____
รสหวาน		_____	_____	_____
รสขม		_____	_____	_____
ความชอบรวม		_____	_____	_____

ข้อแนะนำ_____

_____

กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนตามความเหมาะสมที่มีต่อตัวอย่าง

กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างต่อไป

<u>ลักษณะปรากฏ</u>

9 ไม่เยิ้มแฉะ ผิวมันวาว

8 ไม่เยิ้มแฉะ ผิวมัน

7 ไม่เยิ้มแฉะ ผิวด้าน

6 ไม่เยิ้มแฉะ เหนียวติดมือเล็กน้อย

5 เยิ้ม เหนียวติดมือเล็กน้อย

4 เยิ้ม เหนียวติดมือปานกลาง

3 เยิ้ม เหนียวติดมือมาก

2 เยิ้มแฉะปานกลาง

1 เยิ้มแฉะมาก

สี

9 สีเหลืองอ่อนมากที่สุด ใส
8 สีเหลืองอ่อนมาก ใส
7 สีเหลืองอ่อนปานกลาง ใส
6 สีเหลือง ใส
5 สีเหลืองเข้ม ขุ่น
4 สีน้ำตาลอ่อน ขุ่นทึบ
3 สีน้ำตาลปานกลาง ขุ่นทึบ
2 สีน้ำตาลเข้ม ขุ่นทึบ
1 สีน้ำตาลเกือบดำ ขุ่นทึบ

กลิ่น

9 ไม่มีกลิ่นสมุนไพร
8 มีกลิ่นสมุนไพรอ่อนมาก
7 มีกลิ่นสมุนไพรเล็กน้อย
6 มีกลิ่นสมุนไพรแรงปานกลาง
5 มีกลิ่นสมุนไพรแรง
4 มีกลิ่นสมุนไพรแรง และฉุนเล็กน้อย
3 มีกลิ่นสมุนไพรแรงและฉุนปานกลาง
2 มีกลิ่นสมุนไพรแรงและฉุนมาก
1 มีกลิ่นสมุนไพรแรงและฉุนมากที่สุด

รสหวาน

9 หวานมากที่สุด แสบคอ
8 หวานมาก แสบคอ
7 หวานมาก
6 หวานปานกลาง
5 หวาน
4 หวานเล็กน้อย
3 หวานน้อยมาก
2 แทบไม่มีรสหวาน
1 ไม่มีรสหวานเลย

รสขม

9 ไม่มีรสขม
8 แทบจะไม่มีรสขม
7 ขมน้อยมาก
6 ขมเล็กน้อย
5 ขม
4 ขมปานกลาง
3 ขมมาก
2 ขมมาก รสติดลิ้น
1 ขมมากที่สุด รสเฝื่อน

ความชอบรวม

9 ชอบมากที่สุด
8 ชอบมาก
7 ชอบปานกลาง
6 ชอบน้อย
5 เฉยๆ
4 ไม่ชอบเล็กน้อย
3 ไม่ชอบปานกลาง
2 ไม่ชอบมาก
1 ไม่ชอบมากที่สุด

ภาคผนวก ง

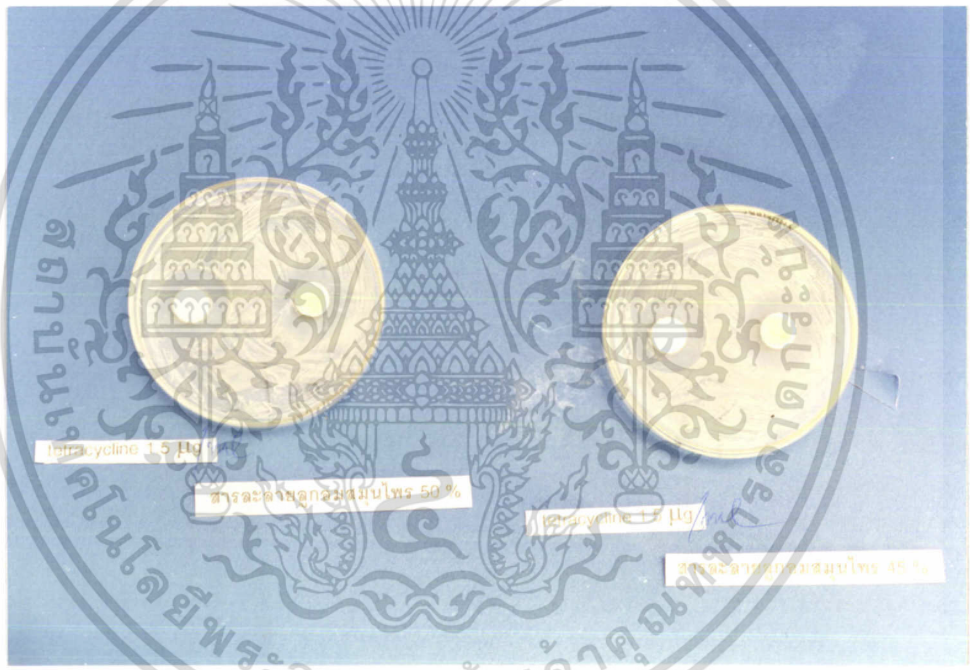
ภาพภาคผนวกที่ 1 : น้ำแป้ง น้ำแป้งหลังผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และมอลโทสซีรัป

ภาพภาคผนวกที่ 2 : ฟ้าทะลายโจรแห้ง และน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ภาพภาคผนวกที่ 3 : มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้หลังผ่านการกรองและทำให้เข้มข้นเป็น 81 องศาบริกซ์

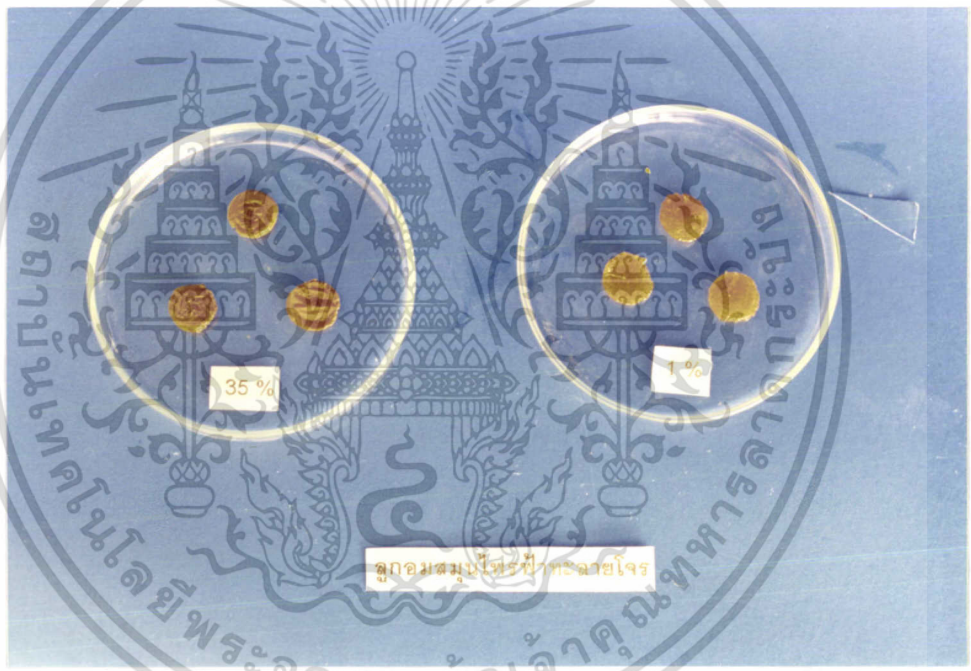
ภาพภาคผนวกที่ 4 : การยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น90% และ 70%

ภาพภาคผนวกที่ 5 : การยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำสมุนไพรฟ้าทะลายโจร ที่ระดับความเข้มข้น50% และ 30%



ภาพภาคผนวกที่ 6 : การยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจรที่ระดับความเข้มข้น 50% และ 45%

ภาพภาคผนวกที่ 7 : การยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของสารละลายลูกอมฟ้าทะลายโจรที่ระดับ ความเข้มข้น40% และ 35%



ภาพภาคผนวกที่ 8 : ลูกอมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร 35 % และ 1%

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรดานุช วิเศษสรรโชค (นิ)

- เกิดวันที่ 13 เมษายน 2521
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน สตรีวิทยา เมื่อปี พ.ศ. 2537
- สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2541 จากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวเสาวภา บูรณวัฒนาโชค (แอน)

- เกิดวันที่ 26 กันยายน 2519
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน สตรีศรีสุริโยทัย เมื่อปี พ.ศ. 2537
- สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2541 จากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง