ปีงบประมาณ 2557

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่งเพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร

Prevention of Bacterial growth in extract guavas leaves paper for food packaging

ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง
ศรีสุดา ภู่แย้ม
พีรัฐ ลิมปาภรณ์

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร

Prevention of Bacterial growth in extract guavas leaves paper for food packaging

ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง
ศรีสุดา ภู่แย้ม
พีรัฐ ลิมปาภรณ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร

Prevention of Bacterial growth in extract guavas leaves paper for food packaging

ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง
ศรีสุดา ภู่แย้ม
พีรัฐ ลิมปาภรณ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Prevention of Bacterial growth in extract guavas leaves paper for food packaging

Tanyatron Intachang
Srisuda Phooyam
Peeratt Limpaporn

Faculty of Architecture and Design.
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

ชื่องานวิจัย : การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร
ผู้วิจัย : ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง , ศรีสุดา ภู่แย้ม , พีรัฐ ลิมปาภรณ์
ปีงบประมาณ : 2557

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง เพื่อใช้ในงานบรรจุภัณฑ์อาหาร และเพื่อทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง เนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จะมีชีวิตอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหาร และนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ และเชื้อนี้ยังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีออกซิเจน จากการทดสอบสารสกัดจากใบฝรั่ง มีสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่ง มีค่า pH อยู่ที่ 5.4$\pm$0.02 มีปริมาณกรด(%กรดซิตริก) อยู่ที่ 1.2$\pm$0.1 และมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด (mg gallic acid/g) ในระดับ 63.1$\pm$1.9 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยวิธี paper disc diffusion บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส (cm.) เท่ากับ 1.3$\pm$0.5 และจากการทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) โดย Broth Dilution Technique มีค่าเท่ากับ 1.56% ของสารสกัดของใบฝรั่ง

Research Title : Prevention of Bacterial growth in extract guavas leaves paper for food packaging

Author : Tanyatron Intachang , Srisuda Phooyam , Peeratt Limpaporn

: 2014

Abstract

In this study The paper aims to produce extracts from guava leaves. For use in food packaging. And to test their ability to inhibit bacteria. Staphylococcus aureus paper extracts from guava leaves. Because the bacteria Staphylococcus aureus to live in the air, dust, waste water, food and milk supplies. The strain also grows well in climates with oxygen. The test extracts from guava leaves. A chemical properties of guava leaf extract has a pH of 5.4 + 0.02 acid content (% citric acid) was 1.2 ± 0.1 and the amount of phenolic total (mg gallic acid / g) levels. 63.1: 1.9 The performance of guava leaf extract in inhibiting bacteria. Staphylococcus aureus by means paper disc diffusion on agar Nutrient agar at 36 ° C for 24 hours diameter clear zone (cm.) Was 1.3 ± 0.5, and tested for the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) by Broth Dilution Technique with. equal to 1.56% of extract of guava leaves

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเล่มนี้เกิดขึ้นผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง เพื่อใช้ในงานบรรจุภัณฑ์อาหาร และเพื่อทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

การวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย การสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ255 .ศ.7 ขอขอบพระคุณ นายธานี สุคนธะชาติ คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ บุคลากรคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจ ตลอดการทำวิจัย ขอบคุณทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและขอบคุณกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสละเวลาในการทดสอบเป็นอย่างดี ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

ท้ายสุดคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นแนวทางพัฒนาเป็นกระดาษสำหรับงานบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นเอกลักษณ์

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาแลความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย	3
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	4
1.7 แนวทางที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus	5
2.1.1 อนุกรมวิธาน	5
2.1.2 สัณฐานวิทยา	5
2.1.3 สรีรวิทยา	7
2.1.4 นิเวศวิทยา	8
2.1.5 ลักษณะของการก่อโรค	9
2.1.6 การวินิจฉัย	11
2.1.7 การรักษา	11
2.1.8 การป้องกัน	12
2.2 สารสกัดสมุนไพร	13
2.2.1 ความหมายของสมุนไพร	13
2.2.2 การเก็บสมุนไพร	13
2.2.3 การเตรียมพืชสมุนไพร	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 สารเคมีที่แยกได้จากพืชสมุนไพร	16
2.2.5 ข้อเสนอแนะในการใช้สมุนไพร	18
2.2.6 การผลิตสารสกัด	18
2.2.7 วิธีการสกัดพืชสมุนไพร	19
2.2.8 การเลือกตัวทำละลาย	20
2.2.9 การทำสารสกัดให้เข้มข้น	22
2.2.10 ข้อมูลพืชสมุนไพรที่นามาใช้ในการทดลอง	23
2.3 กระบวนการผลิตกระดาษ	28
2.3.1 กระบวนการผลิตเยื่อ	28
2.3.2 ขั้นตอนการทำกระดาษด้วยมือแบบพื้นบ้าน	29
2.3.3 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษ	32
2.4 บรรจุภัณฑ์อาหาร	37
2.4.1 ประเภทของบรรจุภัณฑ์	37
2.4.2 บทบาทหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์	39
2.4.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบบรรจุภัณฑ์	44
2.4.4 ประเภทลักษณะการออกแบบบรรจุภัณฑ์	45
2.4.5 หลักการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์	45
2.4.6 หลักการออกแบบกราฟฟิค	46
2.4.7 องค์ประกอบการออกแบบบรรจุภัณฑ์	48
2.4.8 ประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์	48
2.5 การทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	49
2.5.1 Disc diffusion techniques	49
2.5.2 Broth Dilution Technique	51
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
3.2 สร้างเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	58
3.4 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง	61
3.5 ดำเนินการออกแบบและขึ้นรูปตัวอย่างบรรจุภัณฑ์	62
3.6 สรุปผลการวิจัย	62
บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย	
4.1 ลักษณะของการทดลองสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่ง	63
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด	63
4.3 อภิปรายผล	63
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก	67
ก. ประวัติผู้วิจัย	68
ข. กระบวนการทดลอง	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงอุณหภูมิที่ใช้อบสมุนไพร	15
2.2	สรุปคุณสมบัติของตัวทำละลายบางชนิดที่ใช้ในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร	22
2.3	แสดงปริมาณขยะของประเทศต่าง ๆ ในปี 2533	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะ ตอนเพาะเชื้อ Staphylococcas aureus	5
2.2	แสดงลักษณะของ Staphylococcas aureus ในเม็ดเลือดขาวย้อมสีแกรม	6
2.3	แสดงลักษณะของ ลักษณะโคโลนีของ S. aureus บน Mannitol salt agar ผสมกับ egg yolk โคโลนีสีเหลืองมีขอบขาวขุ่นรอบโคโลนี	6
2.4	แสดงลักษณะของ S. aureus มีรูปร่างกลม มีการเรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น	7
2.5	แสดงลักษณะของลักษณะเชื้อ S. aureus บางครั้งอาจพบเดี่ยวๆ เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ได้	7
2.6	แสดงลักษณะของใบและลูกฝรั่ง	24
2.7	แสดงลักษณะของตำแหน่งที่จะวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิลิตร ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง	50
2.8	แสดงลักษณะของแผนภูมิสรุปขั้นตอนการปฏิบัติสำหรับ Macro broth dilution technique	53
3.1	แสดงลักษณะของ Colony of *Erwinia carotovora* subsp*. carotovora* on synthetic media (Endo agar)	59
3.2	แสดงลักษณะของ Colony of *Erwinia carotovora* subsp*. carotovora* on synthetic media (Endo agar)	59
3.3	การยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี disc diffusion	60
ข.1	แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษ	73
ข.2	แสดงลักษณะการผสมสารสกัดใบฝรั่งกับเยื่อกระดาษ	73
ข.3	แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง	74
ข.4	แสดงลักษณะการขึ้นเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง	74
ข.5	แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง	75
ข.6	แสดงลักษณะของกระดาษเคลือบสารสกัดใบฝรั่ง	75
ข.7	แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 1	76
ข.8	แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 2	76
ข.9	แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 3	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.10	แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 4	77
ข.11	แสดงลักษณะของการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี disc diffusion	78
ข.12	แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่งในปริมาณความเข้นข้นที่ต่างกัน	78
ข.13	แสดงลักษณะของการทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC)	79
ข.14	แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-1	79
ข.15	แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-2	80
ข.16	แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-3	80
ข.17	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 1	81
ข.18	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 2	81
ข.19	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 3-1	82
ข.20	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 3-2	82
ข.21	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 4-1	83
ข.22	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 4-2	83
ข.23	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 5	84
ข.24	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 6	84
ข.25	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 7	85
ข.26	แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 8	85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เชื้อโรคก่อโรคหลายชนิดจะมีชีวิตอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหาร และนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ และยังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีออกซิเจน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโต คือ 35-40 องศาเซลเซียส ช่วง pH หรือความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ 7-7.5 ส่วนค่า Aw (ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์ นำไปใช้ในการเติบโต) ต่ำสุดสำหรับการเติบโตในสภาพมีออกซิเจนประมาณ 0.86 สภาพไม่มีออกซิเจน 0.90 ซึ่งมนุษย์และสัตว์นั้นเป็นแหล่งปฐมภูมิของเชื้อชนิดนี้ และแหล่งที่อยู่ในธรรมชาติของเชื้ออยู่ตามร่างกายของคนเป็นจำนวนมาก โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือ เส้นผม และผิวหนังถึง 50% หรือมากกว่านี้ ในคนที่มีสุขภาพดี และอาจพบเชื้อชนิดนี้ 60-80 % ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมในโรงพยาบาล แต่ถ้าผิวหนังเกิดรอยบาดแผลหรือถลอกหรือได้รับการผ่าตัด เชื้อนี้จะบุกรุกเข้าเนื้อเยื่อชั้นในได้ และเมื่อเข้ากระแสเลือดแล้ว จะทำให้เกิดเยื่อบุหัวใจอักเสบเฉียบพลัน และแพร่กระจายออกไป นอกจากนี้ เชื้อยังปรับตัวในการเป็นปรสิตได้ดี โดยต้านทานต่อยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษา โดยเฉพาะเกิดการดื้อยา เพนิซิลลิน (penicillin) และเมธิซิลลิน (methicillin) รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นก็เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือการเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเป็นผลให้อาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่แล้วมีการเพิ่มจำนวนของเชื้อและสร้างสารพิษอย่างรวดเร็ว อาหารที่มักพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์จากไข่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย เอแคลร์ ช็อกโกแลต แซนวิช และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม และเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน อาหารนั้นมักถูกปนเปื้อน โดยผู้ประกอบอาหารที่มีเชื้ออยู่ในมือ และอาหารนั้นมักเก็บไว้ในตู้เย็นที่ไม่เย็นพอ จึงทำให้เชื้อเจริญเติบโตและสร้างทอกซินได้ อาหารที่มักมีเชื้อปะปนได้แก่อาหารพวกคัสตาร์ดหรือขนมปังที่มีครีม อาหารพวกแฮม

(2549) สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ได้กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรักษาคุณภาพของขนมไทยไว้ได้จะต้องเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือจะต้องมีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตและการบรรจุภัณฑ์ สามารถป้องกันอากาศ ความชื้น กลิ่น และเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ดี ส่งผลให้สามารถเก็บขนมไทยไว้ได้นาน นอกจากนั้น บรรจุภัณฑ์ยังต้องสะดวกต่อการใช้ เช่น ขนาดที่ใช้รับประทานเพียงคนเดียว ขนาดที่ใช้รับประทานทั้งครอบครัว หรือเป็น

ขนาดที่ใช้ในการส่งภัตตาคารหรือสายการบิน เป็นต้น การป้องกันเชิงรับ หมายถึง การที่บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้มีการรั่วซึมผ่านของ อากาศ ความชื้น แสงและความร้อน กลิ่นและเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ โดยเน้นการป้องกันและการขจัดความเสี่ยง ที่ทำให้ขนมไทยเป็นพิษ ซึ่งอาจเป็นอันตรายหรือเกิดความไม่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค อันเนื่องมาจากคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางชีวภาพที่เปลี่ยนไป รวมไปถึงควรมีลักษณะที่ผลิตได้ง่ายทำให้เกิดความสะดวกต่อโรงงาน ผู้ผลิต และความมีลักษณะสะดวกซื้อ สะดวกใช้ต่อผู้บริโภค

จากการศึกษาข้อมูล พบว่า แหล่งปฐมภูมิของเชื้อจะอยู่ตามร่างกายของคนเป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนกับขนมไทยได้ง่ายและเร็วกว่าอาหารประเภทอื่นๆ และเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นเชื้อที่ก่อโรคให้กับมนุษย์มากที่สุด ในปัจจุบันได้มีการศึกษาและวิจัยสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนอาหารด้วยสารสกัดจากพืชโดยเฉพาะสมุนไพร และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารสกัดสมุนไพรยับยั้งเชื้อแบคทีเรียพบว่า สารสกัดที่มีประสิทธิภาพนั้นจะมาจากหัวหอม กระเทียม พริก หมาก และใบฝรั่ง เป็นต้น ซึ่งสารสกัดจากพืชเหล่านี้จะต้องมีการนำไปใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การผสมกับอาหาร การใช้ในขั้นตอนการบรรจุ และการใช้กับวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ เพื่อใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารประเภทต่างๆ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร ที่สามารถรักษาความปลอดภัยของอาหารจากเชื้อแบคทีเรียรวมทั้งถนอมรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บของอาหารด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง เพื่อใช้ในงานบรรจุภัณฑ์อาหาร

1.2.2 เพื่อทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่งมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการทำบรรจุภัณฑ์อาหาร

1.3.2 กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษางานวิจัย เรื่อง การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในขนมไทยของบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เป็นการทดลองคุณสมบัติของกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นในการทดลองครั้งมีขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

1.4.1 ผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง โดยการผสมสารสกัดจากใบฝรั่งกับเยื่อกระดาษ ทั้งหมด วิธี คือ 3

1. เยื่อกระดาษที่ใช้ คือ เยื่อคราฟท์
2. ผสมสารสกัดใบฝรั่งในเยื่อกระดาษก่อนขึ้นแผ่นในอัตราส่วนต่างๆ
3. เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งที่แผ่นกระดาษในอัตราส่วนต่างๆ

1.4.2 ทดสอบคุณลักษณะและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

1.4.3 เปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

1.4.4 วิเคราะห์และเรียบเรียงข้อมูลจากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

1.4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ)analysis of variance : anova(

1.5 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

เชื้อ Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรีย เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะรูปร่างกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น หรือเป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ เซลล์มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.5-1.5 ไมโครเมตร โคโลนีมีสีเหลืองหรือสีทอง เป็นแบคทีเรียแกรมบวก บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารพิษที่เป็นโปรตีนซึ่งทนต่อความร้อนได้ดี แต่จากอาหารเหลวอาจเห็นเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้น มีบางสายพันธุ์สร้างแคปซูลหรือเมือก (slime) ช่วยให้เชื้อเพิ่มความรุนแรงในการก่อโรค เชื้ออายุน้อยติดสีแกรมบวกเมื่ออายุมากขึ้นติดสีแกรมลด และเป็นสาเหตุให้เกิดอาการเจ็บป่วยในมนุษย์ ซึ่งโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อStaphylococcus นั้นมีชื่อเรียก คือ Stapyhloenterotoxicosis , Staphylorenterotoxemia เหล่านี้เป็นชื่อของโรคที่เกิดจากเชื้อ Staphylococcus aureus

เชื้อ Staphylococcus aureus จะมีชีวิตอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหารและนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ สภาวะแวดล้อมภายนอกมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมนุษย์และสัตว์นั้นเป็นแหล่งปฐมภูมิของเชื้อชนิดนี้โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือ เส้นผมและผิวหนังถึง 50% หรือมากกว่านี้ในคนที่มีสุขภาพดี และอาจพบเชื้อชนิดนี้ 60-80 %ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมในโรงพยาบาล ตลอดจนผู้ประกอบอาหาร รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นก็เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือการเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม เป็นผลให้อาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่แล้วมีการเพิ่มจำนวนของเชื้อและสร้างสารพิษอย่างรวดเร็ว

1.6 **คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย**

1.6.1 เชื้อแบคทีเรีย (Bacterial) หมายถึง เชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าได้ เป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อในคนได้บ่อย และมีผลต่อร่างกายที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้

1.6.2 สารสกัดใบฝรั่ง (Guavas Leaves Extract) หมายถึง การเอาชิ้นส่วนของใบฝรั่งมาบดหรือโขลกแล้วใส่ตัวทำละลาย (น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ และ อะซิโตน) แล้วจึงกรองแยกเอากากออก จากนั้นนำมาระเหยตัวทำละลายออก

1.6.3 การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Prevention of bacterial growth) หมายถึง ความรถหรือการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค)Pathogensที่ปนเปื้อนในอาหาร (เพื่อช่วยรักษาความปลอดภัยของอาหาร รวมทั้งรักษาคุณภาพและอายุการเก็บของอาหารด้วย

1.6.4บรรจุภัณฑ์อาหาร หมายถึง สิ่งห่อหุ้มอาหาร เพื่อการขนส่งจากแหล่งผู้ผลิตไปยังแหล่งผู้บริโภคและยับยั้งรักษาอาหาร ให้คงสภาพหรือคุณภาพใกล้เคียงกับเมื่อแรกผลิตให้มากที่สุด

1.6.5 MIC (maximum tested concentration) หมายถึง ค่าระดับการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อ

1.7.2 บริการความรู้แก่ประชาชน ภาครัฐ และภาคเอกชน

1.7.3 เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่างๆ ที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ โรงเรียน มหาวิทยาลัย สมาคม องค์กร หน่วยงานภาครัฐและเอกชน ที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่สนใจด้านการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในบรรจุภัณฑ์อาหาร และผู้ที่สนใจถนอมรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บของอาหารด้วย โดยเฉพาะวิสาหกิจชุมชนที่มีความสนใจ

1.7.4 ได้กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง ที่เหมาะสมต่อการทำบรรจุภัณฑ์อาหาร

1.7.5 ได้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง โดยมีลักษณะทางกลและทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง ที่มีคุณสมบัติด้านการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus

1.7.6 ได้ทราบถึงวิธีการทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย วิธีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

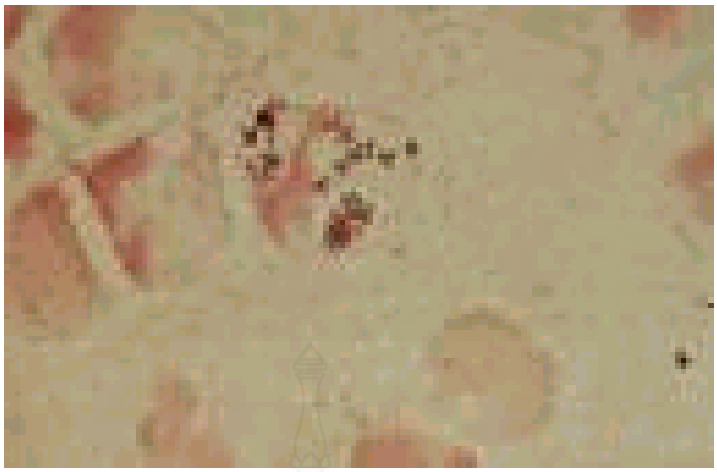
2.1 เชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus

2.1.1 อนุกรมวิธาน

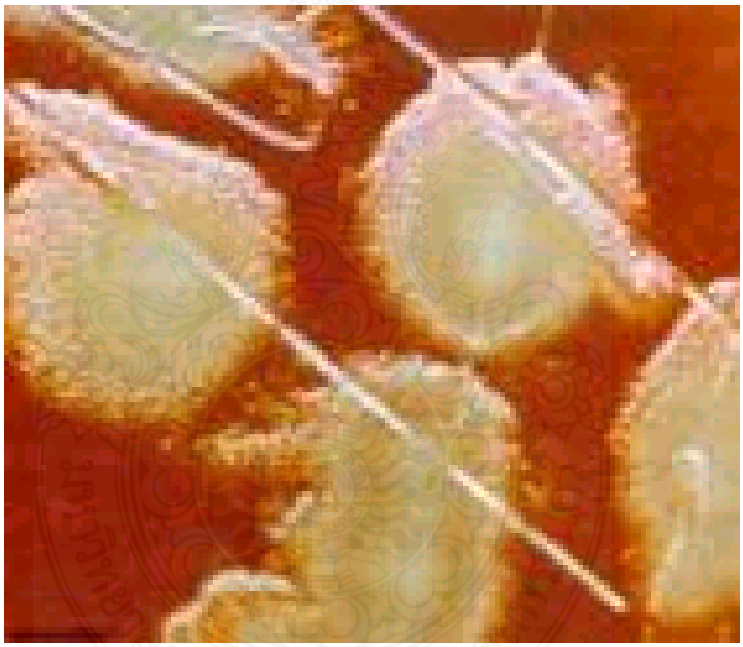
เชื้อ Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรีย ใน Class Schizomycetes , Order Eubacteriales , จัดอยู่ในตระกูลไมโครค็อกคาซี (Micrococcaceae) , Genus Stephylococ

2.1.2 สัณฐานวิทยา

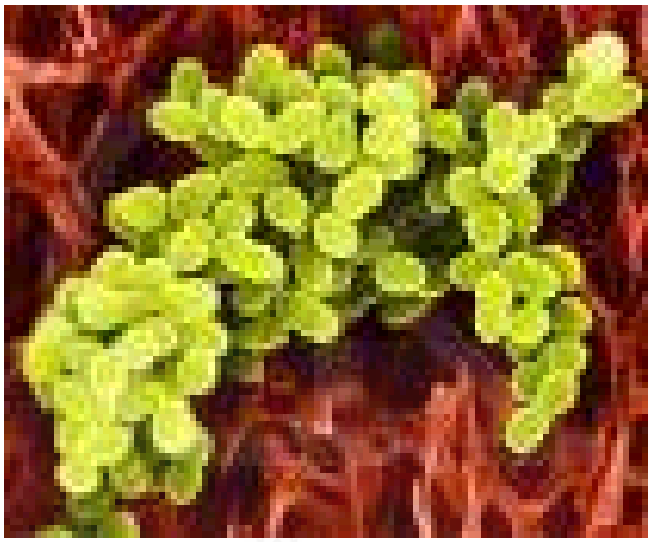
ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะ ตอนเพาะเชื้อ Staphylococcas aureus



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของ Staphylococcas aureus ในเม็ดเลือดขาวย้อมสีแกรม



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของ ลักษณะโคโลนีของ S. aureus บน Mannitol salt agar ผสมกับ egg yolk โคโลนีสีเหลืองมีขอบขาวขุ่นรอบโคโลนี



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของ S. aureus มีรูปร่างกลม มีการเรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะของลักษณะเชื้อ S. aureus บางครั้งอาจพบเดี่ยวๆ เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ได้

2.1.3 สรีรวิทยา

เชื้อสแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส เป็นแบคทีเรีย เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะรูปร่างกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น หรือเป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ เซลล์มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.5-1.5 ไมโครเมตร โคโลนีมีสีเหลืองหรือสีทองเป็นแบคทีเรียแกรมบวก บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารพิษที่เป็นโปรตีนซึ่งทนต่อความร้อนได้ดี แต่จากอาหารเหลวอาจเห็นเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้น มีบางสายพันธุ์สร้างแคปซูลหรือเมือก (slime) ช่วยให้เชื้อเพิ่มความรุนแรงในการก่อโรค เชื้ออายุน้อยติดสีแกรมบวกเมื่ออายุมากขึ้นติดสีแกรมลด และเป็นสาเหตุให้เกิดอาการเจ็บป่วยในมนุษย์ ซึ่งโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อStaphylococcus นั้นมีชื่อเรียก

คือ Stapyhloenterotoxicosis ,Staphylorenterotoxemia เหล่านี้เป็นชื่อของโรคที่เกิดจากเชื้อ Staphylococcus aureus

S.aureus มีชั้นเปปติโดไกลแคน (peptidoglycan) ของผนังเซลล์ที่หนาและมีกรดไตโคอิกกระจายอยู่ทั่วไปทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง จะถูกทำลายได้ด้วยกรดเข้มข้นหรือไลโซไซม์เท่านั้น ชั้นของเปปติโดไกลแคนนี้มีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน และมีความจำเพาะสำหรับ S. aureus สายพันธุ์ต่าง ๆ ถัดจากชั้นเปปติโดไกลแคนเป็นชั้นของโปรตีน S. aureus เกือบทุกสายพันธุ์จะมีโปรตีนชนิดหนึ่งเรียกว่า ”โปรตีน เอ” ซึ่งมีคุณสมบัติจับกับส่วน Fc ของอิมมิวโนโกลบุลิน จี (IgG) โดยส่วนของ Fab ยังคงจับกับแอนติเจนได้ โปรตีน เอ นี้ นำไปใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์ และแยกสายพันธุ์ของเชื้อได้ด้วยวิธีโคแอกกลูติเนชัน (coagglutination) ที่ผนังเซลล์ของ S. aureus ยังมีเอนไซม์โคแอกกูเลสซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับไฟบริโนเจนในพลาสมา ทำให้เชื้อเกิดเกาะกลุ่มได้ เอนไซม์นี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “clumping factor” นอกจากนี้ S. aureus บางสายพันธุ์มีแคปซูลทำให้เชื้อไม่ถูกจับกินโดยกระบวนการ phagocytosis

S. aureus สามารถย่อยน้ำตาลได้หลายชนิด โดยจะย่อยได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจน (respiration) และแบบการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน (fermentation) ผลผลิตของการหมักย่อยน้ำตาลจะได้กรดแลกติก แต่ไม่ให้ก๊าซ S.aureus จะทนความแห้งและความร้อนได้ดี(50 องศาเซลเซียส30 นาที) นอกจากนี้ยังสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีเกลือความเข้มข้นสูง (15% NaCl) ซึ่งต่างกับแบคทีเรียทั่ว ๆ ไป

2.1.4 นิเวศวิทยา

เชื้อ Staphylococcus aureus ยังเป็นเชื้อโรคที่สำคัญในโรงพยาบาลและในชุมชน ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหาร และนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ และเชื้อนี้ยังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีออกซิเจน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตคือ 35-40 องศาเซลเซียส ช่วง pH หรือความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ 7-7.5 ส่วนค่า Aw (ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเติบโต) ต่ำสุดสำหรับการเติบโตในสภาพมีออกซิเจนประมาณ 0.86 สภาพไม่มีออกซิเจน 0.90

สภาวะแวดล้อมภายนอกมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมนุษย์และสัตว์นั้นเป็นแหล่งปฐมภูมิของเชื้อชนิดนี้ และแหล่งที่อยู่ในธรรมชาติของเชื้ออยู่ตามร่างกายของคนเป็นจำนวนมาก โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือ เส้นผมและผิวหนังถึง 50% หรือมากกว่านี้ในคนที่มีสุขภาพดี และอาจพบเชื้อชนิดนี้ 60-80 %ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมในโรงพยาบาล แต่ถ้าผิวหนังเกิดรอยบาดแผลหรือถลอกหรือได้รับการผ่าตัด เชื้อนี้จะบุกรุกเข้าเนื้อเยื่อชั้นในได้ และเมื่อเข้ากระแสเลือดแล้ว จะทำให้เกิดเยื่อบุหัวใจอักเสบเฉียบพลัน และแพร่กระจายออกไป นอกจากนี้เชื้อยังปรับตัวในการเป็นปรสิตได้ดี โดยต้านทานต่อยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษา โดยเฉพาะเกิดการดื้อยาเพนิซิลลิน (penicillin) และเมธิซิลลิน (methicillin)

ตลอดจนผู้ประกอบอาหาร รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นก็เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือการเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเป็นผลให้อาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่แล้วมีการเพิ่มจำนวนของเชื้อและสร้าง

สารพิษอย่างรวดเร็ว อาหารที่มักพบเชื้อ Staphylococcus aureus ปนเปื้อนได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ อาหารประเภทสลัดเช่น ไข่ ทูน่า เนื้อไก่ มันฝรั่ง และมักกะโรนี ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย เอแคลร์ ชอกโกแลต แซนวิช และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม และเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน

2.1.5 ลักษณะของการก่อโรค

1. การติดเชื้อที่ผิวหนัง

การติดเชื้อ Staphylococcus ทำให้เกิดฝี อาจเกิดที่ส่วนใดของร่างกายก็ได้ ส่วนใหญ่ เกิดที่ผิวหนัง ซึ่งเริ่มต้นจากการติดเชื้อที่ต่อมน้ำมันบริเวณที่เกิดฝีจะเกิดการอักเสบ มีการสะสมเม็ดเลือดขาว เกิดการตายของเนื้อเยื่อ เมื่อฝีเจริญเต็มที่บริเวณเนื้อเยื่อที่ตายจะเต็มไปด้วยเม็ดเลือดขาวที่ตายแล้วรวมทั้งแบคทีเรียที่เม็ดเลือดขาวไปกิน และมีไฟบรินมาล้อมรอบ ซึ่งภายในบริเวณฝีนี้จะไม่มีเลือดมาเลี้ยง

ฝีและฝีฝักบัว (furuncles and carbuncles) การติดเชื้อมักเกิดที่ผิวหนังโดยเกิดที่ผิวหนังชั้นนอกทำให้เกิดการอักเสบ เช่นรูขุมขนอักเสบ เชื้อจะแพร่กระจายเข้าเนื้อเยื่อใต้หนัง ทำให้เกิดหนองกลายเป็นฝี (boil, furuncle) ส่วนฝีฝักบัว (carbuncle) คล้ายกับฝี แต่จะมีจำนวนมากกว่าและแพร่กระจายลึกลงในเนื้อเยื่อเส้นใย (fibrous tissue) ฝีฝักบัวมักเกิดที่คอหรือหลังส่วนบนซึ่งมีผิวหนังหนากว่า รูขุมขนอักเสบมักไม่ค่อยเจ็บ แต่เมื่อการติดเชื้อแพร่กระจายลึกลงในเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังจะเกิดการอักเสบ และฝีจะอ่อนนุ่ม ฝีส่วนใหญ่จะหายเองได้ใน 3-5 วัน โดยหนองจะไหลออกมา ความเจ็บปวดลดลงและหายไปเอง แต่ก็อาจติดเชื้อซ้ำในบริเวณใกล้ ๆ อีก

โรคผิวหนังเป็นตุ่มพุพอง (impetigo) เด็กทารกแรกเกิดมักเกิดการติดเชื้อ Staphylococcus เป็นตุ่มหนอง หรือตุ่มพุพอง นอกจากนี้ยังพบในเด็กเล็ก ซึ่งมักเกิดรอบจมูก โดยเกิดเป็นตุ่มหนองแข็งห่อหุ้มอยู่บนผิวหนัง เมื่อสิ่งห่อหุ้มหลุดลอกออก จะเหลือแต่ผิวหนังที่เยิ้มแดง โรคนี้ติดต่อได้ง่าย เช่นตามสถานรับเลี้ยงเด็กและในโรงเรียน

โรคผิวหนังหลุดลอก (scalded skin syndrome) หรือโรคริตเตอร์(Ritter' disease) เป็นโรคผิวหนังที่เกิดจากเอกซ์โฟลิเอทีฟทอกซิน ซึ่งผิวหนังชั้นหนังกำพร้าจะแยกออกและหลุดลอกออก กลายเป็นผิวหนังที่มีขอบม้วน และเห็นผิวหนังข้างใต้เป็นมันเยิ้ม จะมีอาการเจ็บปวดมาก ผิวหนังร้อนแดงและมีเลือดคั่ง พื้นที่ผิวหนังส่วนใหญ่มีการลอกออกเป็นเกล็ดหรือเป็นสะเก็ดโรคนี้มักพบในเด็กแรกเกิดและเด็กอายุต่ำกว่า 4 ปี ในผู้ใหญ่ไม่ค่อยเกิดยกเว้นผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันถูกกดไว้

2. โรคปอดบวม (Staphylococcal pneumonia)

เป็นโรคที่สำคัญมากเพราะมีอัตราการตายสูง (50%) อาจเกิดขึ้นทันทีทันใดหรือติดเชื้อภายหลังจากเป็นโรคอื่นมาก่อน เช่นเมื่อป่วยเป็นไข้หวัดใหญ่ เด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี มีความไวต่อโรคนี้มาก การติดเชื้อมักเกิดในคนไข้ที่ระบบการป้องกันร่างกายบกพร่อง เด็กที่เป็นหัด คนที่เป็นไข้หวัดใหญ่ , คนไข้ในโรงพยาบาลที่รักษาด้วยยาปฏิชีวนะและสเตอรอยด์ คนที่กำลังรักษามะเร็งหรือได้รับยากดภูมิคุ้มกัน การติดเชื้อจะมีการตายของเนื้อเยื่อพร้อมกับเกิดฝีจำนวนมาก โดยเกิดเป็นย่อม ๆ

3. ไขกระดูกอักเสบ (osteomyelitis) และโพรงข้อต่อมีหนอง (pyoarthrosis)

ไขกระดูกอักเสบ (osteomyelitis) - S.aureus เป็นสาเหตุสำคัญของไขกระดูกอักเสบ โรคนี้มักเกิดในเด็กชายอายุต่ำกว่า 12 ปี ส่วนใหญ่จะเกิดตามหลังเมื่อมีการกระจายของเชื้อเข้ากระแสเลือดเมื่อเกิดบาดแผลหรือฝี เชื้อจะอาศัยอยู่ที่ไดอะไฟซิส (diaphysis) ของกระดูกยาว (long bones) ซึ่งอาจเป็นเพราะการหมุนเวียนเลือดเข้ามาในบริเวณนี้ เมื่อการติดเชื้อเกิดมากขึ้นจะมีการสะสมหนองและมากขึ้นจนโผล่ขึ้นมาที่ผิวของกระดูกเกิดเป็นหนองใต้เยื่อหุ้มกระดูก อาการของการเกิดไขกระดูกอักเสบจะมีไข้ หนาวสั่น เจ็บปวดที่กระดูก มีการหดเกร็งของกล้ามเนื้อรอบ ๆ บริเวณนั้น เมื่อเกิดการติดเชื้อใกล้กับข้อต่อจะมีโรคแทรกเกิดขึ้นคือโพรงข้อต่อมีหนอง

โพรงข้อต่อมีหนอง (pyoarthrosis) - ประมาณ 50% ของผู้ป่วยที่เป็นโรคข้ออักเสบจากแบคทีเรียเกิดจากเชื้อ S.aureus โรคโพรงข้อต่อมีหนองอาจเกิดหลังจากการทำศัลยกรรมกระดูก ร่วมกับการเกิดไขกระดูกอักเสบหรือเกิดการติดเชื้อที่ผิวหนังเฉพาะแห่ง หรือเกิดการติดเชื้อในข้อต่อระหว่างการฉีดสารบางชนิดเข้าไปในข้อต่อ โดยเฉพาะในคนไข้ที่เป็นข้ออักเสบรูมาตอยด์ที่ได้รับสารคอร์ติโคสเตอรอยด์ การติดเชื้อ Staphylococcus ในข้อต่อจะทำลายกระดูกอ่อนในข้อต่อ และมีผลทำให้เกิดความพิการของข้อต่ออย่างถาวรตลอดไป

4. การติดเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือดและเยื่อบุหัวใจอักเสบ (bacteremia and endocarditis) การติดเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือดอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการติดเชื้อโดยเฉพาะที่ เช่น ที่ผิวหนัง ทางเดินหายใจ หรือทางเดินระบบสืบพันธุ์และปัสสาวะ และมักพบในคนไข้ที่เป็นโรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด ความผิดปกติของเม็ดเลือดขาวแกรนูโลไซต์ (granulocyte) และภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง นอกจากนี้สิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่กระแสเลือดเช่นการสวนหัวใจ ก็เป็นสาเหตุให้เชื้อเข้าหลอดเลือดจนเกิดภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

อาการที่เกิดจากการติดเชื้อในกระแสเลือด มีไข้ หนาวสั่น มีภาวะเกิดเป็นพิษ (systemictoxicity) และเกิดโรคแทรกคือเยื่อบุหัวใจอักเสบ เกิดการทำลายลิ้นหัวใจอย่างเฉียบพลันและร้ายแรงจนถึงตายได้ ภายใน 2-3 วัน นอกจากจะรักษาด้วยยาปฏิชีวนะทัน เยื่อบุหัวใจอักเสบเนื่องจาก S. aureus มีอัตราการตายสูงมากตั้งแต่ 40-80% ขึ้นอยู่กับอายุคนไข้ และขึ้นอยู่กับความต้านทานของเชื้อต่อยาเพนิซิลลินด้วย

5. อาหารเป็นพิษ (food poisoning) สาเหตุเกิดจากการกินอาหารที่มีทอกซินของเชื้อ S. aureus สายพันธุ์ที่สร้างเอนเทอโรทอกซิน อาหารนั้นมักถูกปนเปื้อนโดยผู้ประกอบอาหารที่มีเชื้ออยู่ในมือ และอาหารนั้นมักเก็บไว้ในตู้เย็นที่ไม่เย็นพอ จึงทำให้เชื้อเจริญเติบโตและสร้างทอกซินได้ อาหารที่มักมีเชื้อปะปนได้แก่อาหารพวกคัสตาร์ดหรือขนมปังที่มีครีม อาหารพวกแฮม เนื้อที่ผ่านกรรมวิธีการปรุงแล้ว ไอศกรีม เนยแข็ง (cottage cheese) และสลัดไก่ อาหารที่มีเอนเทอโรทอกซินปะปนมักมีกลิ่น รส และสภาพของอาหารเป็นปกติ ปริมาณทอกซินที่มากพอจะทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ จะสร้างขึ้นภายใน 4-6 ชั่วโมงที่ 30 องศาเซลเซียส

อาการของโรคจะเกิดภายใน 2-6 ชั่วโมงหลังจากกินอาหารเข้าไป โดยมีอาการเป็นตะคริวรุนแรง ปวดท้อง อาเจียน คลื่นเหียน ท้องร่วง อาจมีอาการเหงื่อแตกและปวดศรีษะ แต่มักไม่มีไข้อาการของโรคจะหายได้เร็วภายใน 6-8 ชั่วโมง

6. ลำไส้อักเสบ (enterocolitis) ลำไส้อักเสบเป็นอาการที่รุนแรง มักพบบในคนไข้ในโรงพยาบาลที่เชื้อประจำถิ่นในลำไส้ถูกยับยั้งการเจริญด้วยยาปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์กว้างทำให้เชื้อ S. aureus (ที่สร้างเอนเทอโรทอกซิน) ที่ดื้อยา เจริญมากเกินไป อย่างไรก็ตามโรคนี้ส่วนใหญ่มักเกิดจาก Clostridium difficile ที่สร้างทอกซิน

7. ช็อก (toxic shock syndrome, TSS) S. aureus สายพันธุ์ที่สร้างทอกซิน (toxic shock syndrome toxin-1, TSST-1) ทำให้เกิดโรคช็อก TSS ซึ่งมักเกิดในหญิงสาวที่ใช้ผ้าอนามัยแบบสอด แต่บุคคลอื่น ๆ รวมทั้งเด็กและผู้ชายที่เป็นฝี หรือผู้ติดเชื้อ Staphylococcus ก็อาจเป็นโรค TSS ได้ อาการของโรคมีไข้ ความดันต่ำ ท้องร่วง เยื่อบุตาอักเสบ ปวดกล้ามเนื้อ และเกิดผื่นแดงของไข้ดำแดง หลังจากนี้มีการลอกของผิวหนังออกเป็นแผ่นหรือสะเก็ด

2.1.6 การวินิจฉัย

1. ตัวอย่างส่งตรวจ เช่น หนอง น้ำหนอง เลือด เสมหะ ปัสสาวะ น้ำจากไขสันหลัง จะนำมาย้อมสีแกรม ซึ่งจะพบลักษณะเฉพาะของเชื้อเป็นรูปทรงกลม แกรมบวก อยู่เป็นกลุ่ม แต่ไม่สามารถแยกเชื้อ S. epidermidis ออกจาก S. aureus ที่ทำให้เกิดโรค

2. นำตัวอย่างมาแยก โดยขีดเชื้อบนอาหารผสมเลือดจะให้โคโลนีลักษณะเฉพาะใน 18 ชั่วโมงที่ 37 องศาเซลเซียส แต่ยังไม่เกิดการย่อยสลายเม็ดเลือดรวมทั้งการสร้างรงควัตถุ อาจต้องใช้เวลา 2-3 วัน ตัวอย่างที่มีเชื้อผสมกันหลายชนิด สามารถนำมาเลี้ยงบนอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 7.5% ซึ่งเกลือจะยับยั้งการเจริญของเชื้อประจำถิ่นยกเว้น S. aureus

3. การทดสอบคาตาเลส โดยหยดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 หยดบนสไลด์และใส่เชื้อแบคทีเรียลงไปผสม จะเกิดฟองก๊าซ (O2) ซึ่งแสดงว่าการทดสอบคาตาเลสให้ผลบวกหรืออาจเทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ราดบนเชื้อที่เจริญบนอาหารวุ้นเอียง และสังเกตการเกิดก๊าซ

4. การทดสอบโคแอกกูเลส ใช้อาหารซิเตรตที่มีพลาสมาของกระต่าย (หรือคน) ที่ทำให้เจือจาง 1:5 ผสมกับเชื้อที่อยู่ในอาหารเหลว และบ่มเชื้อไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส โดยมีหลอดของพลาสมาผสมกับอาหารเหลวเป็นหลอดควบคุม ถ้าเกิดการแข็งตัวภายใน 1-2 ชั่วโมง แสดงว่าการทดสอบเป็นผลบวก ซึ่งเชื้อ Staphylococcus ที่ให้ผลบวกกับโคแอกกูเลสเป็นเชื้อก่อโรคในคน

2.1.7 การรักษา

คนส่วนใหญ่มีเชื้อสแตฟฟิโลค็อกคัสอยู่ที่ผิวหนัง ในจมูกหรือในลำคอ ถึงแม้ผิวหนังจะไม่มีเชื้อนี้ แต่อาจเกิดการติดเชื้อซ้ำได้อีก เนื่องจากเชื้อก่อโรคสามารถแพร่กระจายจากรอยแผล (เช่นฝี) ไปยังบริเวณอื่นของผิวหนังโดยผ่านนิ้วมือ หรือ เสื้อผ้า การใช้ยาฆ่าเชื้อ จึงช่วยควบคุมการเกิดฝีได้

การติดเชื้อที่ผิวหนังเช่นเป็นสิว หรือการเกิดฝีมักเป็นในวัยหนุ่มสาว การติดเชื้อที่คล้าย ๆ กันนี้ อาจเกิดในคนไข้ที่ได้รับยาคอร์ติโคสเตอรอยด์เป็นเวลานาน ในคนเป็นสิวเอนไซม์ลิเพสของเชื้อจะย่อยไขมันจนได้กรดไขมันออกมาซึ่งจะทำให้เกิดการระคายเคืองของเนื้อเยื่อ การรักษาในระยะยาวใช้ยาเตตราไซคลิน

การรักษาฝีและหนองโดยการเจาะเอาหนองออกและใช้ยาปฏิชีวนะ แต่การใช้ยาปฏิชีวนะก็ยากที่จะกำจัดเชื้อก่อโรคออกจากผู้ติดเชื้อ เพราะเชื้อนี้สามารถต้านทานยาปฏิชีวนะได้และยาจะไม่มีผลต่อบริเวณที่มีหนองและเป็นการยากที่จะกำจัดผู้เป็นพาหะของเชื้อ S. aureus ด้วย

ผู้เป็นโรคไขกระดูกอักเสบเฉียบพลัน จะตอบสนองต่อยาปฏิชีวนะได้ดี ส่วนผู้ที่เป็นโรคนี้เรื้อรังและเป็นซ้ำอีก จะต้องผ่าตัดเพื่อเอากระดูกที่ตายแล้วออก และบริหารด้วยยาที่เหมาะสมเป็นเวลานาน แต่การกำจัดเชื้อก่อโรคทำได้ยาก

ส่วนการติดเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือด เยื่อบุหัวใจอักเสบ ปอดบวม และการติดเชื้อรุนแรง จาก S. aureus การรักษาต้องใช้เวลานานโดยใช้ยาเพนิซิลลินที่ต้านทานต่อบีตาแล็กทาเมสโดยฉีดเข้าหลอดเลือดดำ นอกจากนี้อาจใช้ยาแวนโคไมซิน (vancomycin) กับเชื้อที่ดื้อต่อยาแนฟซิลลิน (nafcillin) แต่ถ้าเชื้อโรคเป็น S. aureus ที่ไม่สร้างบีตาแล็กทาเมส ก็ใช้ยาเพนิซิลลินจีรักษาได้ มีเชื้อ S. aureus บางสายพันธุ์เท่านั้นที่ไวต่อยาเพนิซิลลินจี

การติดเชื้อที่ผิวหนังรักษาได้โดยให้กินยาเพนิซิลลินกึ่งสังเคราะห์ (semisynthetic penicillin) เช่น คลอกซาซิลลิน (cloxacillin) หรือไดคลอกซาซิลลิน (dicloxacillin) ก็ให้ผลดีส่วนการรักษาโรคที่เกิดตามระบบต่าง ๆ ใช้ยาแนฟซิลลิน เมธิซิลลิน หรือออกซาซิลลิน (oxacillin) การใช้แวนโคไมซิน หรือเซฟาโลสปอริน (cephalosporin) เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคภูมิแพ้ การตอบสนองของเชื้อต่อยาเกิดขึ้นช้าและถ้าหยุดรักษาเร็วเกินไปก็จะกลับเป็นโรคซ้ำได้อีก การรักษาโรคติดต่อเชื้อที่รุนแรงจึงควรใช้ระยะเวลา 4-6 สัปดาร์

ในปัจจุบันพบว่ามี S. aureus ที่ดื้อยาเมธิซิลลินเพิ่มมากขึ้น และเชื้อที่ดื้อยานี้ก็จะดื้อต่อยากึ่งสังเคราะห์ชนิดอื่นด้วยเช่น แนฟซิลลิน เซฟาโลสปอริน เจนตาไมซิน (gentamycin) โทบราไมซิน(tobramycin) และคลินดาไมซิน (clindamycin) จึงมักใช้แวนโคไมซินอย่างเดียว หรือแวนโคไมซินร่วมกับไรแฟมพิน (rifampin) ในการรักษาเชื้อที่ดื้อยาเมธิซิลลิน ไรแฟมพินมักใช้ร่วมกับยาตัวอื่นเพื่อป้องกันการดื้อยาไรแฟมพิน

2.1.8 การป้องกัน

การติดเชื้อสแตฟฟิโลค็อกคัสจะไม่สามารถควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ เพราะยังมีคนที่เป็นพาหะของโรคอยู่ทั่วไปทั้งในบ้านหรือในโรงพยาบาล การแพร่กระจายของเชื้อจะลดลงถ้าทุกคนมีสุขอนามัยที่ดีพอ และทิ้งหรือทำลายสิ่งของที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อ ในโรงพยาบาลทุกคนมีสิทธิ์ได้รับเชื้อที่รุนแรงเช่นเดียวกับคนที่อ่อนแอ บุคคลที่มีเชื้อนี้อยู่ควรแยกตัวห่างจากเด็กแรกเกิด และจากคนที่อ่อนแอ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างพร่ำเพรื่อเพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อที่ดื้อยาควรระมัดระวังการติดเชื้อในระหว่างการผ่าตัดและเครื่องมือผ่าตัดควรให้ปลอดเชื้อมากที่สุด ในเด็กแรกเกิดควรระวังเรื่องการตัดสายสะดือ และบุคลากรในโรงพยาบาลควรมีการตรวจหาผู้เป็นพาหะของเชื้อด้วย

ด้านผู้ปรุงอาหาร สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในระหว่างการเตรียมอาหาร หรือปรุงอาหารนั้นก็คือ ผู้ปรุงต้องไม่ไอ หรือจามรดอาหาร ควรรับประทานอาหารขณะร้อน หากต้องการเก็บรักษาอาหารควรเก็บไว้ในตู้เย็น ไม่ควรเก็บอาหารที่เตรียมเสร็จแล้วไว้ในที่ที่อุณหภูมิสูง เพราะจะเป็นสาเหตุให้มีการเพิ่มจำนวนเชื้ออย่างรวดเร็วซึ่งกรณีดังกล่าวเป็นกรณีที่พบได้บ่อยในการเกิดอาหารเป็นพิษจากเชื้อสแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)

2.2 สารสกัดสมุนไพร

2.2.1 ความหมายของสมุนไพร

พืชสมุนไพร หมายถึง ยาที่ได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ซึ่งยังมิได้ผสมปรุงหรือทำการแปรสภาพเช่น ส่วนราก หัว เปลือก ใบ ดอก เมล็ด และผล สมุนไพรที่เป็นสัตว์ ได้แก่ เขา หนัง กระดูก น้ำดี และส่วนเป็นสัตว์ทั้งตัวเช่น ตุ๊กแก ไส้เดือน และม้าน้ำ ฯลฯ พืชสมุนไพรมีสรรพคุณทางยาดีมาก คนโบราณใช้ทำการรักษาโรคมานาน ส่วนในวงการแพทย์มีการนำพืชสมุนไพรไปสกัดเอาสารสำคัญที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของพืชสมุนไพรไปช่วยในการบำบัดรักษาโรค และอาการเจ็บไข้ได้ป่วยซึ่งได้ผลดีมากเช่น ชุมเห็ดเทศเป็นยาถ่ายยาระบาย บัวบกเป็นยาแก้เจ็บคอแก้ร้อนใน มะนาวเป็นยาแก้เลือดออกตามไรฟันหรือโรคลักปิดลักเปิด มะระเป็นยาขมเจริญอาหาร กระเพราเป็น ยา เพิ่มน้ำนมในสตรีหลังคลอด ไพลเป็นยารักษาโรคหืดและใช้ตำลึงรักษาโรคเบาหวานสิ่งเหล่านี้เป็นความสามารถของแพทย์แผนโบราณที่ยึดพืชสมุนไพรเป็นหลักในการรักษาโรคที่เกิดขึ้นกับคนเรามานับร้อยนับพันปี พืชสมุนไพรที่ใช้สดๆนั้นมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น ว่านหางจระเข้ รากหญ้าคา แต่การใช้สมุนไพรส่วนมากนิยมใช้แห้ง เพราะจะได้คุณค่าของยาคงที่โดยเลือกเก็บสมุนไพรที่ต้องการตามฤดูกาลเก็บพืชแล้วนำมาแปรสภาพผ่านขบวนการที่เหมาะสม เพื่อเก็บยาไว้ได้เป็นเวลานาน ในการแปรสภาพยาที่เหมาะสมนั้นโดยทั่วไปจะต้องนำส่วนที่ใช้เป็นยามาผ่านการคัดเลือกผ่านการล้างการตัดเป็นชิ้นที่เหมาะสมแล้วใช้ความร้อนทำให้แห้ง เพื่อสะดวกในการเก็บรักษาวิธีการแปรสภาพยาสมุนไพรนั้น จะแตกต่างไปตามชนิดของพืชสมุนไพร โดยเอาส่วนของพืชที่นำมาใช้เป็นยา คือ รากและส่วนที่อยู่ใต้ดิน ก่อนอื่นจะต้องคัดขนาดพอๆกันไว้ด้วยกันเพื่อจะได้สะดวกในการแปรสภาพ ต่อจากนั้นก็ล้างดินและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ให้สะอาดเสียก่อนเอารากฝอยออกไปให้หมด ถ้าเป็นพืชหัวหากผ่านความร้อนด้วยการต้มหรือนึ่งจะทำให้สะดวกในการอบไปทำแห้ง หลังจากผ่านกระบวนการความร้อนแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นๆ (นันทวัน และ อรนุช, 2543)

2.2.2 การเก็บสมุนไพร (ปราโมทย์, 2524)

แพทย์ไทยเรานั้น ได้จัดแบ่งรสของตัวยาออกเป็น 9 รส คือ

1) รสฝาด	4) รสขม	7) รสหอมเย็น
2) รสหวาน	5) รสเผ็ดร้อน	8) รสเข็ม
3) รสเมาเบื่อ	6) รสมัน	9) รสเปรี้ยว

และเมื่อจำแนกออกเป็นรสต่างๆ ดังกล่าว 9 รสแล้ว ก็ทำให้สามารถจะใช้สมุนไพรมาปรุงแต่งเป็นยาบำบัดโรคได้ ทำให้รู้ว่ารสยาใดควรจะใช้แก้ในโรคใด รสยาใดที่ทำให้ตัวยาขัดกัน ไม่สามารถจะนำมาปรุงเข้าด้วยกันได้

นอกจากนี้ ถ้าหากจะให้สมุนไพรที่เก็บมาใช้ในการปรุงเป็นยานั้นมีสรรพคุณดียิ่งขึ้นไป แล้วแพทย์ไทยยังจะต้องมีวิธีเก็บยาอีกด้วย ในสมัยโบราณ แพทย์ไทยเราต้องเก็บยาเอง ไม่ใช่ไปซื้อเครื่องยาอย่างเช่นในสมัยนี้

2.2.2.1 การเก็บจะต้องเก็บตามฤดู ปีหนึ่งๆ แบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ

1) คิมหันตฤดู คือ ฤดูร้อน เก็บที่รากไม้และแก่น เพราะฤดูร้อนสรรพคุณรวมอยู่ที่รากและ แก่น

2) วสันตฤดู คือ ฤดูฝน ให้เก็บที่ใบ ลูก ผลและดอกเพราะฤดูฝน ใบดอกลูกและผล ได้รับน้ำฝนมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ และสดชื่น สรรพคุณจึงอยู่ที่ใบ ดอก ลูกและผล

3) เหมันตฤดูคือ ฤดูหนาว ให้เก็บที่เปลือกต้น กระพี้ และเนื้อ เพราะอากาศหนาว เนื้อไม้, แก่น, กระพี้ เป็นที่ป้องกันความหนาวเย็น และรวมเอาสรรพคุณของยาเอาไว้ที่เนื้อไม้, แก่น, และกระพี้

2.2.2.2 เก็บยาตามยาม แบ่งออกเป็นเวลากลางคืนและกลางวัน กลางวันมี 4 ยาม กลางคืนมี 4 ยาม ดังนี้

<u>กลางวัน</u>

ยามที่ 1 เวลา 06.00 น. ถึง 09.00 น. ให้เก็บใบ, ดอก, ลูก เพราะเวลาเช้าใบ, ดอก, ลูก, ได้รับน้ำค้าง มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ สรรพคุณจึงรวมอยู่ที่ ใบ, ดอก, ลูก

ยามที่ 2 เวลา 09.00น. ถึง 12.00 น. ให้เก็บที่กิ่ง และก้าน เพราะเวลาสาย ใบ ดอก ลูก ถูกแสงพระอาทิตย์ สรรพคุณจึงรวมอยู่ที่ กิ่ง ก้าน ทำให้กิ่ง ก้านมีสรรพคุณดีขึ้นกว่าส่วนอื่น

ยามที่ 3 เวลา 12.00 น. ถึง 15.00 น. เพราะเวลาบ่าย ความร้อนไปรวมอยู่ที่ต้น เปลือก แก่น จึงทำให้ต้น เปลือก และแก่น มีสรรพคุณดี จึงต้องเก็บต้น เปลือกและแก่น

ยามที่ 4 เวลา 15.00 น. ถึง 18.00 น. เพราะความร้อนไปอยู่ที่ลำต้นมาก สรรพคุณจึงลงไป รวมอยู่ที่ราก ทำให้รากมีสรรพคุณดี จึงต้องเก็บที่ราก

<u>กลางคืน</u> เวลากลางคืนนี้ แบ่งออกเป็น 4 ยาม เช่นเดียวกัน และในการเก็บยาก็มีเหตุผล เช่นเดียวกันกับเวลากลางวัน ต่างกันแต่เวลาเก็บย้ายไป และเวลากลางคืนก็ไม่นิยมเก็บกันมากนัก ซึ่งได้แบ่งเก็บดังนี้

ยามที่ 1 เวลา 18.00 น. ถึง 21.00 น. ให้เก็บที่ราก

ยามที่ 2 เวลา 21.00น. ถึง 24.00 น. ให้เก็บที่ต้น เปลือก และแก่น

ยามที่ 3 เวลา 24.00 น. ถึง 03.00 น. ให้เก็บที่กิ่ง ก้าน

ยามที่ 4 เวลา 03.00 น. ถึง 06.00 น. ให้เก็บที่ใบ ดอก ลูกและผล

2.2.3 การเตรียมพืชสมุนไพร (สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน, 2541)

เป็นขั้นแรกสุดที่สำคัญ คือ ชนิดของพืชที่มีผลต่อความแตกต่างของสารสำคัญในพืชนั้นๆ แม้จะอยู่ในจีนัสเดียวกันก็ตาม ดังนั้นพืชที่จะนำมาศึกษาต้องมีการตรวจเอกลักษณ์ที่ถูกต้องว่าเป็นพืชชนิดเดียวกัน แต่ยังต้องคำนึงถึงช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง แหล่งที่ปลูกและอายุของพืช เป็นต้น เมื่อได้พืชตัวอย่างมาแล้วควรทำความสะอาด เอาสิ่งสกปรกออกให้หมดและคัดส่วนที่เป็นโรคออกให้หมด เพื่อมิให้สารอื่นปนเปื้อนโดยทั่วไปการสกัดจะได้ผลดีเมื่อสามารถสกัดสารจากพืชสด แต่วิธีการได้มาซึ่งสารสกัดไม่สะดวกและไม่เหมาะกับอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องนำเอาตัวอย่าง พืชสดมาทำให้แห้งก่อน วิธีทำให้แห้งโดยคงคุณค่าของสมุนไพรควรจะทำโดยวิธีที่เร็วและใช้อุณหภูมิต่ำๆ เพราะที่อุณหภูมิสูงๆ จะทำให้

สารสำคัญสลายหรือเปลี่ยนแปลงไปได้ องค์ประกอบสำคัญที่อยู่ในสมุนไพรเมื่อได้สัมผัสกับสารละลายที่เหมาะสม องค์ประกอบเหล่านี้จะละลายออกมา ดังนั้นในการสกัดสารจากสมุนไพรจึงจำเป็นจะต้องบดพืชสมุนไพรให้ เป็นผงละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับสารละลาย แต่การลดขนาดของพืชสมุนไพรต้องคำนึงถึงโครงสร้างของพืชสมุนไพรเป็นหลัก ถ้าเป็นส่วนที่มีโครงสร้างอ่อนนุ่มซึ่งสารละลายแทรกซึมเข้าไปได้ง่ายเกินไป เช่น ใบ ดอก การบดให้มีขนาดเล็กเกินไปจะเกิดผลเสีย คือ เกิดการอุดตันของเครื่องกรองในขบวนการสกัด และทำให้ได้องค์ประกอบที่ไม่ต้องการมากขึ้นอันเนื่องจากเซลล์แตกมากเกินไป ซึ่งบางครั้งทำให้สารสกัดขุ่นคล้ายคอลลอยด์ ดังนั้นขนาดของพืชสมุนไพรที่เหมาะสมหาได้จากการทดลองซึ่งขนาดที่ทำให้ได้สารสกัดที่มีองค์ประกอบสำคัญและสารเฉื่อยในปริมาณสูงสุด แต่ทำให้ได้ผงที่หยาบปานกลางพบว่าให้สารสกัดที่มีปริมาณองค์ประกอบสำคัญสูงสุด

การทำให้พืชสมุนไพรแห้งอาจทำได้โดย

1) Air drying เป็นการทำให้แห้งในอากาศ อาจเป็นการทำให้แห้งในที่ร่ม (shade drying) หรือตากแดด (sun drying)

2) Artificial heat เป็นการทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากพลังงานอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า ได้แก่ การทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบ ซึ่งจะมีการควบคุมอากาศที่ผ่านเข้าออกและอุณหภูมิ วิธีนี้จะดีกว่าวิธีแรกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้แน่นอน การอบในตู้อุณหภูมิที่จะใช้อบแตกต่างกันไป โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิดังนี้ ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงอุณหภูมิที่ใช้อบสมุนไพร

ชนิดของสมุนไพร	อุณหภูมิที่ทาให้แห้ง (องศาเซลเซียส)
ดอก ใบ ทั้งต้น	20-30
ราก กิ่งราก ผิว	30-65
ผล	70-95
สมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย	25-30
สมุนไพรที่มีไกลโคไซด์และอัลคาลอยด์	50-60

ที่มา : สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน, 2541

สมุนไพรเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน มักจะเกิดปัญหาการขึ้นรามีหนอน เปลี่ยนลักษณะ สี กลิ่น ทำให้ยาสมุนไพรนั้นเสื่อมคุณภาพลง มีผลไม่ดีต่อฤทธิ์การรักษาหรือทำให้สูญเสียฤทธิ์การรักษาไป ดังนั้นจึงควรจะมีการจัดเก็บรักษาที่ดี เพื่อประกันคุณภาพและฤทธิ์การรักษาของยาสมุนไพรนั้น (สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน, 2541)

การรักษาสมุนไพรที่ดีควรจะให้ยาที่เก็บรักษาไว้นั้นแห้งสนิท เพื่อป้องกันการขึ้นราและการเกิดออกซิเดชั่น ส่วนยาที่ขึ้นราง่าย ควรหมั่นเอาออกตากแดดเป็นประจำ สถานที่ที่เก็บ จะต้องแห้งเย็น การถ่ายเทของอากาศดี ป้องกันไฟ หนอน หนู แมลงต่างๆ และยาสมุนไพรที่จะเก็บไว้นั้น ควรเก็บแบบแบ่งเป็นสัดส่วน เช่น ยาที่มีพิษและยาที่มีกลิ่นหอม ควรเก็บแยกกันไว้ในที่มิดชิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน เป็นต้น

2.2.4 สารเคมีที่แยกได้จากพืชสมุนไพร (นิจศิริ และพะยอม, 2534)

สารเคมีที่แยกได้จากพืชนั้น นักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกออกเป็น 2 พวกใหญ่

2.2.4.1 primary metabolite เป็นสารที่พบได้ในพืชทุกชนิด เป็นผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และไขมัน

2.2.4.2 secondary metabolite จะมีส่วนเริ่มต้นเป็นกรดอะมิโน อะซิเตรต เมวาโลเนท ฯลฯ โดยมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งพืชต่างชนิดกันจะมีเอนไซม์ที่ไม่เหมือนกันทำให้วิถีทางในกระบวนการชีวสังเคราะห์ (Biosynthesis) ต่างกันไป และได้สารประเภท secondary metabolite ต่างกันไปในต้นไม้ต่างชนิดกันหรือต่างฤดู สาเหตุที่แท้จริงในการสร้าง secondary metabolite ในพืชยังไม่แน่นอน แต่พบว่าอาจเกิดจากการพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจาการศึกษา primary metabolite และ secondary metabolite ของพืช ทำให้สามารถนำมาใช้ ป็นยารักษาโรคได้ ซึ่งอาจจัดจำแนกออกเป็น 9 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) คือ สารที่ประกอบด้วย C,H และ O ซึ่งอัตราส่วนของ H:O มักเป็น 2 :1 และอยู่ในรูปของ polyhydroxy aldehyde หรือ ketone ในปัจจุบันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในทางยา มักใช้ในรูปของ dextrose, fructose, glucose, dextran, pectin, cotton,agar, pectin และ tragacanth เป็นต้น

2) แอลคาลอยด์ (alkaloid) เป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (organic nitrogen compound) พบในพืชชั้นสูงเป็นส่วนมาก แต่บางครั้งก็พบได้ในพวกสัตว์และจุลินทรีย์ คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ส่วนใหญ่มีรสขมไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ชนิดต่างๆ ที่มีฤทธิ์เป็นด่าง และมักมีฤทธิ์ต่อระบบต่างๆของร่างกายหน้าที่ของแอลคาลอยด์ในพืชยังไม่มีคำตอบที่แน่นอน แต่นักวิทยาศาตร์ก็ได้ให้ข้อสังเกตที่น่าเชื่อถือได้ว่าอาจมีหน้าที่ดังนี้

2.1) เป็นสารที่มีพิษ ป้องกันมิให้แมลงหรือสัตว์มารบกวนหรือทำลาย

2.2) เป็นผลที่ได้จากกระบวนการทำลายพิษ (detoxification) ของสารที่เป็นอันตรายต่อพืช

2.3) เป็นตัวที่ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.4) เป็นตัวเก็บสะสมแร่ธาตุสามารถจะสลายตัวในธาตุไนโตรเจนและธาตอื่นๆที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช

2.5) เป็น nitrogen excretory product เช่นเดียวกับยูเรียหรือกรดยูริก

2.6) ช่วยรักษาดุลของไอออน (maintain ionic balance)

แอลคาลอยด์อาจพบในส่วนต่างๆของพืช เช่น ในเมล็ด (หมาก) ในผล (พริกไทย) ในใบ(ลำโพง) ในเปลือก (ซิงโคนา) ในเหง้า (ดอกดึง) ในราก (ระย่อม) และยังพบได้ในราที่ขึ้นบนพืช (ergot) เป็นต้น

3) ไกลโคไซด์ (glycoside) เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็น aglycone (genin) กับ ส่วนที่เป็นน้ำตาล ดังนั้นเมื่อถูก hydrolyse ด้วยกรด หรือน้ำย่อย จะได้ผลิตผล 2 อย่างนี้ ส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาล มีสูตรโครงสร้างแตกต่างกันไปเป็นหลายประเภท ดังนั้นฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

ของสารประกอบในกลุ่มนี้จึงมีได้กว้างขวางแตกต่างกันออกไป ส่วนที่เป็นน้ำตาลจะไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา แต่เป็นส่วนช่วยทำให้การละลายและดูดซึมเขาสู่ร่างกายดีขึ้น หน้าที่ของไกลโคไซด์ในพืชจะทำให้การดำรงชีวิตของพืชปกติ (regulator and sanitary function) และหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่พืชด้วย ไกลโคไซด์อาจจำแนกคร่าวๆตามสูตรโครงสร้างของ aglycone (เนื่องจากเป็นส่วนที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา) ได้ดังนี้

3.1) cardiac glycoside จะมีฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจและระบบไหลเวียนของโลหิต

3.2) anthraquinone glycoside ใช้เป็นยาระบาย (laxative) ยาฆ่าเชื้อ (antibiotic) และสีย้อม (dye stuff)

3.3) saponin glycoside เมื่อเขย่ากับน้ำจะได้ฟองคล้ายสบู่ มักใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตยาประเภทสเตอรอยด์

3.4) cyanogenic glycoside เป็นไกลโคไซด์ซึ่งเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์กรดหรือด่างจะให้ hydrocyanic acid (HCN) ซึ่งเป็นสารไซยาไนด์ที่มีพิษต่อมนุษย์หรือสัตว์

3.5) isothiocyanate glycoside เป็นไกลโคไซด์ซึ่งเมื่อถูกน้ำย่อยจะได้น้ำมันมัสตาร์ต น้ำมันนี้จะเป็นตัวให้กลิ่น และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคด้วย

3.6) flavonoid glycoside เป็นสีที่พบในดอก ผลของพืช นำมาทำเป็นสีย้อมและแต่ง สีอาหารบางชนิดก็ใช้เป็นตัวยา

3.7) phenolic glycoside พบมากในธรรมชาติ โดยพบในรูปอนุพันธุ์ของฟีนอล เช่น พวก tannin ในทางยาจะมีฤทธิ์ฝาดสมาน (astringent) ฆ่าเชื้อโรค ในทางอุตสาหกรรมใช้ฟอกหนัง และทำหมึกพิมพ์

4) น้ามันหอมระเหย (volatile oil or essential oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากพืช โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) หรือการบีบ(expression) มีกลิ่น รส เฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิธรรมดา เบากว่าน้ำ นักวิทยาศาสตร์บางท่านกล่าวว่าน้ำมันหอมระเหยเป็น waste product ไม่มีประโยชน์ในกระบวนการทางชีวเคมีบางท่านกล่าวว่ามันเกิดขึ้นเพื่อดึงดูดแมลง แต่เป็นไปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยเกิดจากผลิตผลที่ผิดปกติของกระบวนการชีวเคมีของมันและอาจเป็นสารที่เกิดจากการทำลายพิษ ประโยชน์ทางด้านยา นอกจากใช้เป็นตัวแต่งกลิ่นแล้วส่วนใหญ่จะใช้ไปในทางขับลม (carminative) ฆ่าเชื้อ (antibacterial antifungal) ทาถูนวด ยาทาภายนอก

5) ไขมัน (lipid) คือสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เมื่อต้มกับด่างจะได้สบู่ ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่าไขมัน ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่าน้ำมัน มักอยู่ในรูป elaioplast ของอาหารสะสมพืช ประโยชน์ของไขมันในทางยาจะใช้เตรียมขี้ผึ้ง อิมัลชัน หรือใช้เป็นยาระบาย เช่น น้ำมันละหุ่ง ส่วนรักษาโรคผิวหนัง เช่น น้ำมันกระเบา

6) เรซิน (resin) คือ สารอินทรีย์หรือสารผสมประเภทโพลิเมอร์ มีรูปร่างไม่แน่นอน มีสูตรโครงสร้างทางเคมีที่สลับซับซ้อน ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์เมื่อต้มกับด่างจะได้สบู่ เมื่อเผาจะได้ควัน เรซินอาจเกิดจาก normal physiological product คือ พืชได้สร้างอยู่

เป็นปกติ หรือเกิดการสร้างเมื่อเป็นโรค (pathological product) หรือเมื่อต้นมีบาดแผลเกิดขึ้น ในธรรมชาติพบเรซินร่วมกับน้ำมันหอมระเหย หรือ gum ตัวอย่างเช่น ยางสน มหาหิงคุ์ กำยาน

7) วิตามิน (vitamin) หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่เล็กน้อยในอาหารตามธรรมชาติ สามารถเข้าสู่ร่างกายจากอาหารหรือแหล่งอื่น เพื่อให้มีหน้าที่เฉพาะทางกายภาพ หรือการเติบโตเข้าสู่สภาพปกติ วิตามินสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

7.1) วิตามินชนิดที่ละลายได้ในไขมัน จะมีการสะสมในร่างกายได้โดยจะละลายอยู่ในไขมัน เช่น วิตามิน A,D,E และ K

7.2) วิตามินชนิดที่ละลายน้ำ จะสามารถกำจัดออกโดยทางปัสสาวะไม่เก็บไว้ในร่างกาย ดังนั้น เมื่อขาดวิตามินเหล่านี้อาการ ผิดปกติของร่างกายจะปราก ฏออกมาในเวลาไม่นาน เช่น วิตามิน B และ C

8) ยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ยาปฏิชีวนะเป็นผลผลิตทางเคมีที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่จะได้จากแบคทีเรียและรา สำหรับพืชชั้นสูงก็มีสารที่มีฤทธิ์เป็นยาปฏิชีวนะแต่ยาปฏิชีวนะที่ได้จากพืชสมุนไพรที่ใช้อยู่ในตลาดยายังมีจำนวนน้อยมาก

9) สเตียรอยด์ (steroid) คือ สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็น tetracyclic terpenoid ซึ่งสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะพืชและสัตว์ แต่เดิมการสกัดพวก cortisone จาก bile acid ของสัตว์นั้นยุ่งยากและทำให้มีราคาแพงปัจจุบันก็สามารถผลิตสเตียรอยด์จากพืชและจุลชีพ ทำให้ราคาของสเตอรอยด์ถูกลง

2.2.5 ข้อเสนอแนะในการใช้สมุนไพร (นิจศรี และพยอม, 2534)

1) ใช้ให้ถูกต้น เนื่องจากสมุนไพรที่ชื่อพ้องหรือซ้ำกันมาก และยังมีชื่อท้องถิ่นซึ่งเรียกต่างกันออกไปทำให้เกิดการสับสนในการใช้ ดังนั้นต้องระวังเพราะการนำมาใช้ผิดชนิดนอก จากจะไม่มีผลในการรักษาแล้วบางชนิดยังทำให้เกิดอันตรายได้ด้วย

2) ใช้ให้ถูกส่วน เพราะในต้นพืชใช่ว่าจะออกฤทธิ์เท่ากันทุกส่วน หรือสารสำคัญอาจอยู่ในบางส่วนของพืชนั้น

3) ใช้ให้ถูกขนาด ถ้าผิดขนาดอาจมีผลต่อการรักษาหรือเกิดพิษได้

4) ใช้ให้ถูกวิธี การเตรียมผิดวิธี จะทำให้ไม่มีผลในการรักษา และยังทำให้เกิดผลข้างเคียงอันไม่พึงประสงค์ได้ บางชนิดต้องปิ้งไฟก่อน

5) ใช้ให้ถูกกับโรค เช่น ถ้าท้องผูกต้องให้ยาระบาย ถ้าใช้ยามีฤทธิ์ฝาดสามานจะเพิ่มความท้องผูกเพิ่มยิ่งขึ้น

2.2.6 การผลิตสารสกัด

สารสกัด หมายถึง สิ่งที่สกัดออกมาจากพืชสมุนไพรธรรมชาติ โดยใช้ตัวทำละลาย (solvent) หรือน้ำยาสกัด menstrual ที่เหมาะสม โดยทั่วไปสารสกัดเป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร ซึ่งมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically active constituent) ซึ่งส่วนใหญ่มักเรียกว่าองค์ประกอบสำคัญ (active constituent) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งเรียกว่า สารเฉื่อย (intert substances)ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบในสาร

สกัดจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพของสมุนไพรที่ใช้ สภาวะที่ใช้ในการสกัดและจุดประสงค์ในการผลิตเภสัชภัณฑ์ธรรมชาติในรูปของสารสกัด

(1) เพื่อแยกสกัดสารประกอบสำคัญออกจากสมุนไพร

(2) เพื่อให้ได้เภสัชภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นขององค์ประกอบสำคัญสูง

(3) เพื่อลดขนาด (Dose) ของการใช้สมุนไพรลงให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

(4) เพื่อทำให้เภสัชภัณฑ์อยู่ในรูปแบบยาเตรียมที่น่าใช้ สะดวกและรวดเร็วในการใช้การผลิตสารสกัดที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเน้นเฉพาะสารสกัดที่ได้มาจากพืชสมุนไพร ส่วนสารสกัดที่มาจากสัตว์และจุลชีพมักจะมีวิธีการผลิตเฉพาะอย่างในทางเภสัชกรรม แบ่งสารสกัดจากพืชสมุนไพรออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) Tincture คือ สารละลายขององค์ประกอบของพืชสมุนไพรซึ่งได้จากสกัดโดยใช้แอลกอฮอล์หรือน้ำยาผสมของแอลกอฮอล์และน้ำ ตัวอย่างเช่น Belladonna Tincture USP

2) Fluidextracts คือ ยาเตรียมที่เป็นของเหลว ซึ่งเตรียมได้จากการสกัดพืชสมุนไพรธรรมชาติ โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นน้ำยาสกัด หรือ ใช้เป็นสารกันเสียหรือทำหน้าที่สองอย่างและใน 1 มล. ของ Fluidextracts มีองค์ประกอบสำคัญเทียบเท่ากับที่มีอยู่ในพืชสมุนไพร 1 กรัม เช่น Belladonna Leaf Fluidextract NF

3) Extracts คือ ยาเตรียมเข้มข้นที่ได้จากการสกัดพืชสมุนไพรด้วยน้ำยาสกัดที่เหมาะสมแล้วระเหยน้ำยาสกัดออกไปจนหมดหรือเกือบหมดเพื่อให้ได้ยาเตรียมที่มีความเข้มข้นตามที่กำหนด Extracts มีลักษณะทางกายภาพต่างกันออกไปเป็น 3 ลักษณะคือ semi-liquid extract มีลักษณะข้นเหนียวคล้ายน้ำเชื่อม pipular หรือ solid extract มีลักษณะเหนียวคล้ายพลาสติก และ powdered extract มีลักษณะเป็นผงแห้งตัวอย่างของ extract เช่น Belladonna Leaf Fluidextract NF

2.2.7 วิธีการสกัดพืชสมุนไพร (ประเสริฐ, 2528)

สารสกัดที่พบในพืชสมุนไพรแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับวงค์ของพืช พืชอยู่ในวงค์เดียวกันอาจ มีสารสำคัญชนิดเดียวกัน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกันสารสำคัญของสมุนไพรจะนำไปใช้เป็นยานั้นจะต้องมีปริมาณมากและเราไม่สามารถที่จะรับประทานสมุนไพรสดๆ จำนวนมากๆ เพื่อให้ได้สารสำคัญอย่างเพียงพอ ดังนั้นการสกัดจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ให้สารสำคัญจากพืชสมุนไพรซึ่งอาจทำได้หลายวิธีขึ้นกับชนิดหรือประเภทสาร คุณสมบัติของสารความคงตัวของสารต่อความร้อน และชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ด้วย วิธีหลักที่ใช้ในการสกัดพืชสมุนไพร ได้แก่

2.2.7.1 การหมัก (Maceration) คือ กระบวนการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยการแช่ผงสมุนไพรในน้ำยาสกัด จนกระทั่งน้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบ ภายในผงสมุนไพรออกมาได้ วิธีการทำ Macertion คือการแช่ผงสมุนไพรในน้ำยาสกัดที่เหมาะสม เป็นเวลา 2-4 วัน หรือตามกำหนดในเภสัชตำรับหรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการออกมาหมด หลังจากนั้นจึงกรองแยกกากสมุนไพรออกจากน้ำยาสกัดและปรับปริมาตรสารสกัดตามต้องการ

2.2.7.2 การแช่ (Percolation) คือ กระบวนการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยปล่อยให้สารละลายไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายองค์ประกอบจากผงสมุนไพรออกมา วิธีการ Percolation คือ บรรจุผงสมุนไพรที่ทำให้ชื้นด้วยน้ำยาสกัดใน Percolation ซึ่ง

มีลักษณะเป็นคอลัมน์ทรงกระบอกปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ปลายบนจะกว้างกว่าปลายล่างเพื่อสะดวกในการบรรจุผงสมุนไพร ส่วนปลายล่างมักจะต่อกับท่อสายยาง ปิด-เปิดได้ เพื่อที่ได้เป็นระยะเวลาพอสมควร แล้วจึงปล่อยให้น้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรในอัตราเร็วพอเหมาะ พร้อมกับเติมน้ำยาสกัดใหม่ผ่านผงสมุนไพรในอัตราเร็วพอเหมาะ พร้อมกับเติมน้ำยาสกัดใหม่ลงเรื่อยจนองค์ประกอบที่ต้องการในผงสมุนไพรละลายออกมาจนหมดโดยการตรวจสอบจากสารสกัดสุดท้าย

2.2.7.3 การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction) คือ กระบวนการสกัดองค์ประกอบจากสมุนไพร ในทำนองเดียวกันกับ Percolation แตกต่างกันที่ว่าขบวนการนี้จะต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยและใช้เครื่องมือที่เป็นระบบปิดเรียกว่า soxhlet extractor โดยที่เมื่อน้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรที่บรรจุอยู่ใน เครื่องใช้ extraction แล้วมารวมกันในขวดแก้วที่ได้รับความร้อนจนสารละลายระเหยขึ้นไป และควบแน่นตกลงมาผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมาหมด

2.2.8 การเลือกตัวทำละลาย (ประเสริฐ, 2528)

การเลือกตัวทำละลายในการเตรียมสารสกัดขึ้นกับความสามารถในการละลายองค์ประกอบสำคัญที่ต้องการ และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการและขึ้นกับชนิดของสารสกัดที่ต้องการเตรียมขึ้นอีก สารละลายอาจเป็นตัวทำละลายเดี่ยวหรือเป็นของผสมของตัวทำละลายต่างๆ ก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายควรมีสารต่างๆ ดังนี้ คือ

1) มีความสามารถในการละลายองค์ประกอบสำคัญมากที่สุด และไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่นๆได้น้อย

2) หาง่าย ราคาถูก

3) ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

4) มีความคงตัวดี

5) ไม่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบสำคัญในพืชสมุนไพรนอกเหนือจากที่ต้องการ

6) ไม่ระเหยง่าย หรือยากจนเกินไป และไม่ติดไฟง่าย

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการเตรียมการสกัดพืชสมุนไพรมีหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้

2.2.8.1 น้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและราคาถูกแต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลาย มีข้อเสียหลายประการ คือ สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มากพอๆ กับ องค์ประกอบที่สำคัญที่ต้องการ สารเฉื่อยที่ละลายออกมากับน้ำ เช่น น้ำตาล แป้ง ซึ่งเป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงทำให้เกิดการบูดเสียของสารสกัด ถ้าไม่ได้ใส่สารกันบูด อีกประการหนึ่งน้ำมีจุดเดือดสูง ดังนั้นถ้าต้องการให้สารสกัดในน้ำเข้มข้นขึ้นจะต้องใช้ความร้อนสูงในการระเหยน้ำออกไป ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายแก่องค์ประกอบที่สำคัญได้ ดังนั้นไม่ค่อยใช้น้ำเดี่ยวๆ เป็นตัวทำละลาย แต่จะใช้ร่วมกับตัวทำละลายอื่นๆ โดยเฉพาะแอลกอฮอล์ น้ำที่เติมกรดลงไปเล็กน้อย (acidified water) ใช้สกัดองค์ประกอบสำคัญในพืชสมุนไพรที่มีองค์ประกอบสำคัญเป็นสารประกอบพวกอัลคาลอยด์ ส่วนน้ำที่เติมด่างลงไปเล็กน้อย (alkalinized water) ก็จะใช้สกัดพืชสมุนไพรบางชนิด เช่น Cascara bark

2.2.8.2 แอลกอฮอล์ เป็นตัวทำละลายที่ดีมาก มีความไวในการละลายมากกว่าน้ำ และยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังระเหยได้ง่ายกว่าน้ำ ถ้าต้องการทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น แต่แอลกอฮอล์ราคาแพงกว่าน้ำดังนั้นจึงควรคำนึงถึงข้อนี้ด้วยในการเลือกเป็นตัวทำละลาย

2.8.3 กลีเซอรีน เป็นตัวทำละลายที่ดีของสารประกอบหลายชนิดในพืชสมุนไพร เช่น แทนนิน และ oxidation products ของแทนนิน นอกจากนี้แทนนินยังมีคุณสมบัติเป็นสารกันบูดได้อีกด้วย เนื่องจากกลีเซอรีนระเหยที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจะยังคงอยู่ในสารสกัดขั้นสุดท้ายจึงไม่ควรใช้กลีเซอรีนในการเตรียมสารสกัดที่ไม่ต้องการให้มีกลีเซอรีนเหลืออยู่กลีเซอรีนมักใช้เป็นตัวทำละลายร่วมกับน้ำหรือแอลกอฮอล์ในการใช้เป็นตัวทำละลาย

2.8.4 น้ำผสมแอลกอฮอล์ เป็นสารละลายที่ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางที่สุด มีคุณสมบัติในการละลายองค์ประกอบสำคัญในพืชสมุนไพรได้ใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ แต่ราคาถูกกว่าและยังสามารถป้องกันการบูดเสียของสารสกัดได้อีกด้วย นอกจากนี้การใช้น้ำยาผสมแอลกอฮอล์ยังช่วยป้องกันการแยกตัวขององค์ประกอบในสารสกัดเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งมักจะเกิดในกรณีที่ใช้น้ำอย่างเดียวในการสกัด

2.8.5 เฮกเซน เหมาะสำหรับสารสกัดที่ไม่มีขั้ว มักใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับกำจัดไขมันจากสมุนไพร ข้อดีคือ ราคาถูก

2.8.6 คลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลายที่ดี แต่มีความไวน้อย เกิดอิมัลชั่นง่าย ถ้าใช้สกัดสารซึ่งเป็นด่างแก่อาจจะสลายให้กรดเกลือ

2.8.7 อีเทอร์ มีอำนาจในการละลายน้อยกว่าคลอโรฟอร์ม แต่มีความไวดีกว่า ข้อเสียก็คือ ระเหยและระเหิดง่าย เกิดออกซิไดซ์ได้ง่ายและดูดน้ำได้มาก

2.8.8 เมทานอล เป็นตัวทำละลายที่มีอำนาจในการละลายกว้างมาก ส่วนมากใช้ในการสกัดองค์ประกอบสำคัญที่มีขั้ว และยังใช้ทำละลายเอนไซม์ในพืชด้วย เช่นเดียวกับเอทานอล แต่นิยมใช้ เอทานอลมากกว่าเพราะราคาถูกกว่า และเป็นพิษน้อยกว่า

ตารางที่ 2.2 สรุปคุณสมบัติของตัวทำละลายบางชนิดที่ใช้ในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร

ตัวทำละลาย	คุณสมบัติ
1. Ether	เป็นตัวทำละลายที่ละลายสารที่ได้จำกัดชนิด ไม่ละลายสารพื้นๆชนิดอื่นที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อสมุนไพร แต่เกิด Oxidize ได้ง่าย
2. Hexane	เหมาะสำหรับสารไม่มีขั้ว ราคาถูก
3. Acetone	เป็นตัวทำละลายที่กำจัดไขมันได้ดี แต่สามารถละลายสารพื้นฐานในพืชได้บ้าง ข้อเสีย คือ มีกลิ่นฉุน กำจัดออกได้ยาก
4. Chlorofrom	เป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายได้สารเกือบทุกชนิด แต่ไม่นิยมใช้เนื่องจากรับประทานมากจะเป็นสารก่อมะเร็ง
5. Ester	ตัวทำละลายในการสกัดยาสมุนไพร ทำให้ตัวยาสำคัญเข้มข้นและทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย
6. Methylene chloride	เกิดอิมัลชัน แต่ทำให้แห้งหรือระเหยได้ยาก
7. Alcohol	เป็นที่นิยมใช้เพราะมีความเป็นพิษต่ำ มี 2 ชนิด คือ methanol และ ethanol มีอำนาจในการละลายสารกว้างมาก และยังใช้ทำละลายเอนไซม์ในพืชได้ ลดปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำขจัดออกได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง
8. Water	เป็นตัวทำละลายที่สำคัญ ไม่ไวไฟ ไม่เป็นพิษ หาง่าย ราคาถูก และสกัดสารได้มากชนิดแต่ไม่มีความคงตัวอาจทำให้เกิดปนเปื้อนได้ง่าย ก่อนนำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการกำจัดเชื้อก่อน

2.2.9 การทำสารสกัดให้เข้มข้น

เมื่อสกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม แล้วสารสกัดที่ได้มักจะเจือจางทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่สะดวกและไม่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นจะต้องนำมาทำให้เข้มข้นขึ้นเสียก่อนซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่

2.2.9.1 Free evaporation คือ ระเหยให้แห้งโดยใช้ความร้อนจาก water bath หรือ hot plate บางครั้งอาจจะเป่าอากาศร้อนลงไปในสารสกัดด้วยเพื่อให้ระเหยได้เร็วขึ้น

2.9.2 Distillation under reduced pressure คือ การระเหยแห้งโดยการกลั่นตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิต่ำและลดความดันลงให้เป็นสุญญากาศโดยใช้ vacuum pump เครื่องมือนี้ เรียกว่า rotary evaporator ประกอบด้วย 3 ส่วน distillation flask , condenser และ receiving flask โดย distillation flask จะหมุนอยู่ตลอดเวลาที่ทำงานและแช่อยู่ในหม้ออังไอน้ำ เพื่อให้การกระจายของความร้อนสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ดีจะต้อง มีระบบสุญญากาศที่ดี ระยะระหว่าง distillation flask และ condenser สั้นและมีระบบทำความเย็นของ condenser

2.9.3 Freezing คือ การแช่แข็ง ถ้าเป็นสารสกัดด้วยน้ำใช้เครื่อง lyophilizer extract แต่ถ้าเป็นสารละลายอื่นเฉพาะสารละลายเท่านั้นที่แข็งซึ่งจะใช้แยกจาก concentrated extract โดยการ centrifuge

2.9.4 Ultrafiltration เป็นการสกัดด้วยน้ำทำให้เข้มข้นโดย การกรองด้วย membrane ใช้กับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 5,000 ดาลตัน

2.2.10 ข้อมูลพืชสมุนไพรที่นามาใช้ในการทดลอง

ในการหาวิธีการป้องกันยับยั้งโรค แอนแทรคโนสก่อโรคในพริก เกษตรกรได้หันมาใช้พืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีอยู่ทั่วไปในครัวเรือนแทนการใช้สารเคมีที่มีราคาสูง เพราะสมุนไพรสามารถหาได้ง่ายและสามารถปลูกเองได้ และเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตและการเพาะปลูกได้อีก ทั้งยังส่งผลด้านสุขภาพและความปลอดภัยของเกษตรกรและผู้บริโภค สมุนไพรที่สามารถนำมาใช้ในการป้องกันยับยั้งแมลงศัตรูและจุลินทรีย์ก่อโรคใน พริกเป็นที่รู้จักกันดีทั่วไป ได้แก่ ข่า ขมิ้น กะเพรา มะกรูด สะระแหน่ ดีปลี กระเทียม พลู ส้มป่อย พลูคาว ฟ้าทะลายโจร และสาบเสือ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใบฝรั่งมาใช้ในการทดลอง โดยมีคุณสมบัติดังนี้

ชื่อสมุนไพร ฝรั่ง
ชื่อวิทยาศาสตร์ Psidium guajava Linn.
ชื่อวงศ์ MYETACEAE
ชื่อพ้อง ไม่มี
ชื่ออังกฤษ Guava
ชื่อท้องถิ่น จุ่มโป่, ชมพู่, มะก้วย, มะก้วยกา, มะกา, มะจีน, มะมั่น, ยะมูบุเตบันยา ยะริง, ยาม, ย่ามู, สีดา

ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะของใบและลูกฝรั่ง

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ยืนต้น สูง 3-10 เมตร เปลือกต้นเรียบ ใบเดี่ยวออกเรียงตรงข้าม เป็นรูปวงรีหรือรูปวงรีแกมขอบขนาน มีขนาดกว้าง 3-8 เซนติเมตร และยาว 6-14 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อ 2-3 ดอก ออกที่ซอกใบ กลีบดอกมีสีขาว ร่วงง่าย เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก ผลเป็นผลสด เนื้อผลเป็นสีขาว มีเมล็ดจำนวนมาก รูปกลมแบน

3. ส่วนที่ใช้เป็นยาและสรรพคุณ - ใบและผล รักษาอาการท้องเสีย

4. สารสำคัญที่เป็นสารออกฤทธิ์

สารที่พบในใบฝรั่ง ได้แก่ quercetin และ quercetin-3-arabinoside ออกฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ quercetin 3-O-β-L-arabinoside (guajavarin), quercetin 3-O-β-D-glucoside (isoquercetin), quercetin 3-O-β-D-galactoside (hyperin), quercetin 3-O-β-L-rhamnoside (quercitrin) และ quercetin 3-O gentiobioside ในผลพบ tannin มีฤทธิ์ฝาดสมานใช้แก้อาการท้องเสีย

5. ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

5.1 ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ แก้ท้องเสีย

จากการวิจัยฤทธิ์ทางยาของฝรั่งพบว่าการให้ยาเม็ดแคปซูลใบฝรั่งครั้งละ 500 มิลลิกรัม ทุก 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน กับผู้ป่วยที่เป็นโรคอุจจาระร่วง 122 คน สามารถลดจำนวนครั้งของการถ่ายอุจจาระ ระยะเวลาที่ถ่ายอุจจาระ และจำนวนน้ำเกลือที่ให้ทดแทนได้ การให้ยาเม็ดแคปซูลฝรั่งขนาด 500 มิลลิกรัม (ที่มีสารฟลาโวนอยด์ 1 มิลลิกรัม/แคปซูล 500 มิลลิกรัม) ทุก 8

ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วันในผู้ป่วยที่มีอาการท้องเสีย ปวดท้อง จำนวน 50 คน จะสามารถลดการบีบตัวของลำไส้และลดระยะเวลาปวดท้องได้ การให้ยาต้มของฝรั่งในผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคลำไส้อักเสบจากเชื้อไวรัส (Rota virus) 62 คน ทำให้อาการดีขึ้นภายใน 3 วัน ระยะเวลาท้องเสียสั้นลง และไม่พบเชื้อ Rota virus ในอุจจาระมากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

สารสกัดใบฝรั่งด้วยคลอโรฟอร์ม เฮกเซน เมทานอล และน้ำ สามารถลดการเคลื่อนไหว และการหดเกร็งของลำไส้เล็กของหนูตะเภาและหนูแรทที่ถูกเหนี่ยวนำให้มีการเคลื่อนไหวมากขึ้นด้วยอะเซทิลโคลีน สารสกัดใบฝรั่งด้วยเอทานอลร้อยละ 50 สามารถยับยั้งการหดตัวของลำไส้เล็กส่วนปลายของหนูเม้าส์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้หดตัวด้วยกระแสไฟฟ้า อะเซทิลโคลีน และแบเรียมคลอไรด์ได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถยับยั้งอาการท้องเสียในหนูเม้าส์ที่ถูกชักนำให้เกิดอาการท้องเสียด้วยน้ำมันละหุ่ง โดยฝรั่งจะไปเพิ่มการดูดซึมน้ำในลำไส้และลดการบีบตัวของลำไส้ สารสกัดด้วยน้ำของใบฝรั่งสดสามารถยับยั้งอาการท้องเสียได้ โดยลดจำนวนครั้งของการอุจจาระในหนูซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้เกิดอาการท้องเสียด้วยยาmicrolax ได้

ส่วนสกัดของสารกลุ่ม polyphenolic, saponin และ alkaloid จากใบฝรั่งสามารถยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้เล็กของหนูตะเภาที่เหนี่ยวนำให้หดเกร็งด้วยอะเซทิลโคลีนและโปตัสเซียมคลอไรด์ได้ สาร quercetin และquercetin-3-arabinoside จากใบฝรั่ง สามารถต้านการหดตัวของลำไส้เล็กที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยอะเซทิลโคลีน ทำให้ลำไส้มีการเคลื่อนไหวน้อยลง นอกจากนี้สาร quercetin ในใบฝรั่งยังสามารถยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้เล็กในหนูแรทและหนูตะเภาซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดอาการหดเกร็งด้วยสารละลายโปตัสเซียม อะเซทิลโคลีน แบเรียมคลอไรด์ ฮีสตามีน และซีโรโทนินได้ และสามารถลดความสามารถในการซึมผ่านของๆ เหลวของหลอดเลือดฝอยบริเวณท้องซึ่งมีผลช่วยรักษาอาการท้องเสีย สาร quercetin 3-O-β-L-arabinoside (guajavarin), quercetin 3-O-β-D-glucoside (isoquercetin), quercetin 3-O-β-D-galactoside (hyperin), quercetin 3-O-β-L-rhamnoside (quercitrin) และ quercetin 3-O-gentiobioside จากใบฝรั่ง สามารถลดการหดเกร็งของลำไส้เล็กหนูเม้าส์ได้ สาร asiatic acid จากใบฝรั่งมีผลทำให้กล้ามเนื้อลำไส้เล็กส่วนปลายของกระต่ายคลายตัว สารสกัดผลฝรั่งดิบด้วยเมทานอลมีฤทธิ์ต้านการหลั่งอะเซทิลโคลีนในลำไส้เล็กของหนูแรทและหนูตะเภาได้ แต่มีฤทธิ์น้อยกว่าอะโทรปีน โดยฝรั่งมีผลทำให้ลำไส้มีการเคลื่อนไหวน้อยลง ทำให้

5.2 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

สารสกัดเปลือกต้นและใบฝรั่งด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ที่ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วง คือ *Vibrio cholerae* และ *Vibrio parahaemolyticus* แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhimurium* และ *Staphylococcus aureus* ในจานเลี้ยงเชื้อ สารสกัดใบฝรั่งด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Shigella dysenteriae*, *Sh. Flexneri*, *E. coli* และ *S. typhimurium* ในจานเลี้ยงเชื้อได้ แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Salmonella enteritidis* สารสกัดด้วยทิงเจอร์ร้อยละ 10 ของฝรั่งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. cholerae* ที่เป็นสาเหตุของอหิวาตกโรคในจานเลี้ยงเชื้อได้ผลปานกลาง สารสกัดใบฝรั่งด้วยเมทานอลสามารถต้านเชื้อ *E. coli*, *Sh. flexneri, Sh. virchow* และ *Sh. dysenteriae* ในจาน

เลี้ยงเชื้อได้ นอกจากนี้สารสกัดใบฝรั่งด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Enterococcus faecalis* ในจานเลี้ยงเชื้อได้ แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium*

สารสกัดใบฝรั่งด้วยน้ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Sh. dysenteriae*, *V. cholerae*, *S. typhi* และ *E. coli* ในจานเลี้ยงเชื้อได้ นอกจากนี้สารสกัดใบฝรั่งด้วยน้ำร้อนยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* 23 สายพันธุ์ ที่แยกจากกุ้งกุลาดำซึ่งเป็นโรคได้ สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอลจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *E. coli* 6 สายพันธุ์จากการศึกษาในจานเลี้ยงเชื้อ โดยสารสกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์ดีกว่าสารสกัดด้วยเอทานอล สารสกัดผลดิบของฝรั่งด้วยเมทานอลสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Sh. dysenteriae*, *Sh. dysenteriae*, *Sh. dysenteriae*, *Sh. dysenteriae* และ *V. cholerae* ในจานเลี้ยงเชื้อได้

น้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Bacillus subtilis*, *E. coli*, และ *S. typhimurium* ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ซึ่งพบว่าสาร morin 3-O-lyxoside และสารmorin 3-O-arabinoside จากใบฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. enteritidis* และ *Bacillus cereus* ดีกว่าสาร guaijaverin และ quercetin

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดใบฝรั่งสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสิว 3 ชนิด ได้แก่ *Propionibacterium acnes*, *S. aureus* และ *S. epidermidis* ในจานเลี้ยงเชื้อ

5.3 ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

จากการศึกษาทางคลินิกในผู้ป่วย 70 คน ที่มีเหงือกอักเสบ พบว่าน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากใบฝรั่งสามารถลดการอักเสบได้ร้อยละ 19.8 และลดรอยโรคที่ความรุนแรง ได้ร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาบ้วนปากที่ไม่มีส่วนผสมของสารสกัดจากใบฝรั่ง หลังจากใช้เป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารสกัดใบฝรั่งด้วยน้ำขนาด 50-800 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อฉีดเข้าช่องท้องพบว่ามีฤทธิ์ต้านการอักเสบแบบเฉียบพลัน เมื่อทดสอบกับอุ้งเท้าหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยไข่ขาวสด นอกจากนี้เมื่อฉีดน้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งเข้าทางช่องท้องของหนูแรทในขนาด 0.8 มิลลิลิตร/กิโลกรัม พบว่าสามารถยับยั้งการอักเสบที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสาร carrageenan ได้

สารสกัดจากผลฝรั่งด้วยเมทานอลเมื่อฉีดเข้าทางช่องท้องของหนูแรท พบว่าสามารถยับยั้งการอักเสบของอุ้งเท้าหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยสาร carrageenan, kaolin และ formaldehyde ได้ นอกจากนี้สารสกัดผลฝรั่งด้วยเมทานอลเมื่อฉีดเข้าทางช่องท้องของหนูเม้าส์จะสามารถยับยั้งการอักเสบและลดอาการเจ็บปวดที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย acetic acid ได้ดีกว่าแอสไพรินที่ให้ในขนาดเท่ากันเล็กน้อย

เมื่อนำใบฝรั่งมาหมักกับราและแบคทีเรียได้แก่ *Phellinus linteus* (ส่วนเส้นใย) *Lactobacillus plantarum* และ *Saccharomyces cerevisiae* แล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอล พบว่าสารสกัดที่ได้มีฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยยับยั้งการสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบคือ ไนตริกออกไซด์ และ พรอสต้าแกรนดิน อี 2 ในหลอดทดลอง นอกจากนี้สารสกัดฝรั่งด้วยเอทานอลและน้ำยังออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

สารสกัดใบฝรั่งด้วยเอทิลอะซีเตตมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และแก้แพ้โดยยับยั้งการตอบสนองต่อแอนติเจนที่ชักนำให้เกิดการแพ้และการอักเสบ

5.4 ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด

สารสกัดใบฝรั่งด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดในหนูแรทที่ถูกชักนำให้เป็นเบาหวานด้วยการฉีด alloxan เข้าหลอดเลือดดำโดยสารสกัดใบฝรั่งออกฤทธิ์ใน 2 ชั่วโมง มีฤทธิ์สูงสุดในชั่วโมงที่ 6 และหมดฤทธิ์ใน 24 ชั่วโมง

5.5 ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง

สารสกัดใบฝรั่งมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง murine fibrosarcoma และเซลล์มะเร็งเต้านม

6. อาการข้างเคียง ยังไม่มีรายงาน

7. ความเป็นพิษทั่วไปและต่อระบบสืบพันธุ์

7.1 การทดสอบความเป็นพิษ

ในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันพบว่าสารสกัดใบฝรั่งด้วยเอทานอลและน้ำเมื่อป้อนให้หนู ไม่พบความเป็นพิษ แต่เมื่อฉีดเข้าทางช่องท้องพบความเป็นพิษเล็กน้อย ในการทดสอบความเป็นพิษเรื้อรัง เมื่อให้สารสกัดใบฝรั่งด้วยน้ำทางปากแก่สัตว์ทดลอง ในขนาด 0.2, 2 และ 20 กรัม/กิโลกรัมทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าสัตว์ทดลองกลุ่มที่ได้รับสารสกัดมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณอาหารที่รับประทานในหนูทุกกลุ่ม และมีพฤติกรรมโดยทั่วไปเป็นปกติในทุกกลุ่ม นอกจากนี้พบว่าหนูเพศผู้มีเม็ดเลือดขาวสูงขึ้น ภาวะการทำงานของตับ และไตผิดปกติเนื่องจากมีระดับ alkaline phosphatase (ALP), serum glutamic pyruvic transaminase (SGPT) และ blood urea nitrogen (BUN) สูงขึ้น ในขณะที่ระดับของโซเดียมและคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง น้ำหนักของตับและไตเพิ่มขึ้น การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบการเปลี่ยนแปลงของไขมันในเซลล์ และเกิดภาวะน้ำในไต (hydronephrosis) ส่วนหนูเพศเมียพบว่ามีระดับโซเดียม โปแตสเซียม และอัลบูมินในเลือดเพิ่มขึ้น ขณะที่มีเกร็ดเลือดและโกลบูลินลดลง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและไต แต่พบการเกิดตะกอนแคลเซียมในเนื้อไต(nephrocalcinosis) และกรวยไตอักเสบ (pyelonephritis) ในบางตัว

8. วิธีการใช้

8.1 การใช้ฝรั่งรักษาอาการท้องเสียตามคำแนะนำของกระทรวงสาธารณสุข (สาธารณสุขมูลฐาน)

ก. นำใบฝรั่งประมาณ 10-15 ใบ มาล้างน้ำให้สะอาด แล้วโขลกพอแหลก ใส่น้ำ 1 แก้วใหญ่ นำไปต้มใส่เกลือพอมีรสกร่อย พอเดือดยกลงนำมาดื่มแทนชาได้ผลดี

ข. นำผลฝรั่งอ่อนๆ มาฝานเอาแต่เปลือกกับเนื้อเท่านั้น เมล็ดทิ้งไปใส่เกลือเล็กน้อยพอกร่อยๆ แล้วกินรวมกัน หรือจะใช้ต้มดื่มเป็นน้ำฝรั่งก็ได้

ค. นำใบฝรั่งสดที่ไม่อ่อนและไม่แก่เกินไปมาตัดหัวตัดท้ายแล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้สักครู่ ตักน้ำที่ได้จากการแช่ใบฝรั่งมาจิบทีละนิด ไม่ควรจิบมากหรือบ่อยเกินไปเพราะจะทำให้ท้องผูก

8.2 ยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ - ไม่มี

2.3 กระบวนการผลิตกระดาษ

กระดาษที่ใช้กันอยู่ในโลกปัจจุบันนี้ ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบมากกว่าร้อยละ 90 นอกนั้น ทำจากวัตถุอื่น ๆ เช่น ชานอ้อย ไผ่ ฟางข้าว เปลือกไม้ หญ้า กระดาษ ที่ใช้แล้วและอื่น ๆ ในการทำกระดาษต้องสับไม้ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เสียก่อน แล้วจึงย่อยให้ได้เส้นใย แยกออกมาเป็นเซลล์ เรียกว่า เยื่อ การทำเยื่อกระดาษ แยกเป็นวิธีใหญ่ๆ ได้ 2 วิธีคือ วิธีกลและวิธีเคมี นอกจากนั้น ยังมีการผลิตกระดาษโดยฝีมือชาวบ้าน เช่น กระดาษสา กระดาษดิบ กระดาษงานฝีมือบางประเภท

กระดาษ คือวัสดุแผ่นบางซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยเส้นใยหรือไฟเบอร์ (Fiber) เรียงตัวประสานกันอย่างเป็นระเบียบ โดยการยึดประสานกันของเส้นใยเกิดจากตัวเส้นใยเอง ไม่ได้เกิดจากการใส่สารอื่นเข้าไปเป็นตัวประสาน

เยื่อกระดาษมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ ผลิตภัณฑ์เยื่อกระดาษจำแนกออกเป็น

- เยื่อกระดาษแท้ (Virgin pulp) เป็นเยื่อกระดาษที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติโดยตรง ได้แก่ ไม้เนื้อแข็งในเขตหนาว เช่น ไม้ก่อตาแพะ ไม้ก่อเดือย ไม้ก่อตาหมูน้อย ไม้เนื้ออ่อนในเขตร้อน เช่น ไม้เลื่อย ไม้สมพงษ์ ไม้ปออีเก้ง และพืชประเภทเส้นใยต่าง ๆ เช่น ปอ ไม้ไผ่ ไม้รวก หญ้า ชานอ้อย ฯลฯ ซึ่งยังแบ่งออกตามความยาวของเยื่อ

เยื่อใยสั้น -(Short fiber) ขนาดของเส้นใยยาว ประมาณ 0.5 – 1.5 มิลลิเมตร มาจากไม้เนื้อแข็ง (Hard wood) และพืชสวน (Non wood) ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งเยื่อใยสั้นนี้เป็นวัตถุดิบหลักของการผลิตกระดาษ

เยื่อใยยา -ว (Long fiber) ขนาดของเส้นใยยาวประมาณ 2-4 มิลลิเมตร มาจากไม้เนื้ออ่อน (Soft wood) เช่น สนสองใบและสนสามใบ เป็นต้น เยื่อใยยาวนี้ใช้เป็นวัตถุดิบผสมในการผลิตกระดาษเพื่อให้กระดาษมีความเหนียว

2.3.1กระบวนการผลิตเยื่อ ประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตหลัก 7 ขั้นตอน ดังนี้

1การเตรียมวัตถุดิบ (Raw material preparation) วัตถุดิบหลัก ได้แก่ เนื้อไม้ ทั้งที่มีลักษณะแข็งเป็นก้อน เช่น ไม้สน หรือเป็นเส้น เช่นฟางข้าวจะต้องตัดให้มีขนาดพอเหมาะที่จะนำไปใช้การผลิตเยื่อ ถ้าเป็นไม้ที่เป็นท่อนหรือเป็นซุงจะนำไปลอกเปลือกออกก่อนจึงเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ

2การแยกเยื่อ (Digestion or Pulping) หลังจากเตรียมวัตถุดิบแล้วจะนำเข้าหม้อต้มหรือย่อยเยื่อการต้มเยื่อนี้ต้องใช้สารเคมีผสมเข้าไปด้วยและใช้ไอน้ำที่มีความดันสูง ต้มเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้ชิ้นไม้สุก เกิดการแตกออกเป็นเส้นใยได้ สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการต้มเยื่อมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและชนิดของเยื่อที่ต้องการในกระบวนการต้มเยื่อที่ประหวัดและมี

ประสิทธิภาพ น้ำล้างเยื่อ (Black liquid) ที่ได้สามารถนำเข้ากระบวนการแยกสารเคมีเพื่อหมุนเวียนสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

3การตีเยื่อหรือการทำให้เยื่อกระจายตัว (Fiber disintegration) เมื่อต้มเยื่อสุกดีแล้ว จึงนำเข้าเครื่องตีเยื่อเพื่อให้เยื่อกระจายตัวไม่เกาะติดกัน

4การล้างเยื่อ Pulp or Brow-stock washing) เมื่อตีเยื่อแล้วนำเยื่อไปล้างน้ำโดยเครื่องล้าง (Vacuum Washer) เพื่อเอาน้ำยาต้มเยื่อที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด

5การร่อนคัดกาก (Pulp screening and cleaning) นำเยื่อที่ล้างแล้วผ่านเข้าเครื่องร่อนที่มีตะแกรงเยื่อแบบต่าง ๆ เพื่อร่อนเอาชิ้นไม้ที่ต้มไม่สุกไม่แตกเป็นเส้นใยออกให้หมด เยื่อที่ได้ในขั้นตอนนี้ จะมีสีน้ำตาล

6การทำเยื่อให้ข้น (Thickening) นำเยื่อผ่านไปยัง Thickener filter เพื่อทำให้ข้นและทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำไปเก็บยังถักพักเพื่อรอนำส่งไปฟอกต่อไป

7การฟอกเยื่อ (Bleaching) กระดาษพิมพ์เขียนและกระดาษอีกหลายประเภทต้องการความขาวเป็นสมบัติสำคัญ จึงจำเป็นต้องมีการฟอกเยื่อ กระบวนการฟอกเยื่อสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

การฟอกให้ขาวโดยไม่ละลายสารในเยื่อออก 7.1(Yield preserving or Lignin bleaching) เป็นการฟอกขาวโดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารที่ทำให้เกิดสีในเยื่อให้เป็นโครงสร้างที่ดูดกลืนแสงน้อยลง ได้แก่ การฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และไดไทโอไนท์ (Dithionite) ส่วนใหญ่ใช้ในการฟอกเยื่อไม้บดหรือเยื่อจากกระบวนการเชิงกล (Mechanical wood pulp)

การฟอกให้ขาวโดยสลายสารที่ทำให้เกิดสีในเยื่อ 7.2(Lignin removal) การฟอกเยื่อแบบนี้เหมาะสำหรับการฟอกเยื่อเคมี ซึ่งมีสีคล้ำกว่าเยื่อจากกระบวนการอื่น แต่มีลิกนิน ซึ่งเป็นสารที่เป็นต้นเหตุของสีในเยื่ออยู่ในปริมาณต่ำ เมื่อแยกลิกนินออกมาแล้วทำให้ผลผลิตเยื่อลดลงเล็กน้อย การฟอกแบบนี้ใช้คลอรีนและสารประกอบของคลอรีนเป็นพื้นฐานส่วนใหญ่เป็นการฟอกหลายขั้นตอน (Multi stages)

มีการทดลองนำลิกนินที่แยกออกมาจากเยื่อ แล้วนำไปใช้เป็นสารเติมเต็มในผลิตภัณฑ์ยาง โดยนำ Black liquor ที่มีสารประกอบลิกนินละลายอยู่มากแยกสารประกอบลิกนินออกแล้วนำสารนี้ไปทำให้บริสุทธิ์จะได้ลิกนินบริสุทธิ์และทดลองนำลิกนินบริสุทธิ์ไปใช้เป็นสารเติมเต็มในผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ยางที่ได้จากการทดลองด้วย

หลังจากฟอกเยื่อแล้วนำเยื่อไปทำเป็นแผ่นแห้ง หรือแผ่นเปียกหมาด ๆ ที่มีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เพื่อนำไปส่งขายให้แก่โรงงานผลิตกระดาษต่อไป

2.3.2 ขั้นตอนการทำกระดาษด้วยมือแบบพื้นบ้าน

การทำกระดาษด้วยมือส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นการทำกระดาษเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม ซึ่งมีวัตถุดิบจากพืชหลายชนิด แต่ก่อนกระดาษจะทำจากเปลือกไม้ที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่นถ้าใช้เปลือกข่อยก็จะเรียกสมุดข่อย ใช้เปลือกสาก็จะเรียกสมุดปอสา พืชทั้งหลายที่เป็นผักและผลไม้เมื่อนำไปบริโภคแล้ว ยังมีส่วนที่ยังตกค้างอยู่ในแปลงปลูกที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ นอกการจากการเผาทำลายทิ้งทำให้เกิด

มลพิษทางอากาศ และส่งเสริมให้เกิดภาวะโลกร้อน จึงขอแนะนำวิธีการทำกระดาษจากเศษเหลือทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น ใบและกาบกล้วย ใบสับปะรด ฟางข้าว ผักตบชวา ปอสา เป็นต้น นอกจากพืชที่กล่าวมาแล้วยังมีพืชอีกหลายชนิดที่สามารถนำมาทำกระดาษได้

1การเตรียมวัตถุดิบ - วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ต้มเป็นเยื่อสามารถทำได้ทั้งสดและแห้ง แต่ขอแนะนำให้ใช้แบบแห้ง เพราะสามารถคำนวณหาปริมาณโซดาไฟ)NaOH) ที่ใช้ต้มได้ง่าย ก่อนต้มวัตถุดิบควรนำไปแช่น้ำไว้ 1 คืน เพื่อทำให้การต้มสามารถย่อยสลายได้ดีขึ้นและยังช่วยล้างเอาสิ่งสกปรกออกไปในขั้นตอนการแช่ด้วย ที่เห็นในภาพเป็นการต้มด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งสามารถต้มปอสาได้มากกว่า 20 กก. แต่ถ้าทำน้อยก็ใช้หม้อสแตนเลสต้มได้ สามารถคิดค้นกระดาษรูปแบบใหม่ที่ใช้ประดับตกแต่งได้ถือว่าเป็นการเริ่มต้นการค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ในการต้มเยื่อก็เพื่อต้องการให้เส้นใยที่มีอยู่ในพืชแยกออกจากกันเป็นเส้นใยเดี่ยวและสลายสารต่างๆที่มีอยู่ในพืชออกไป วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ หนา ควรบีบ ทุบ หรือตัดให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้โซดาไฟได้ย่อยสลายได้ดีขึ้น ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ควรอยู่ระหว่าง 8-15% ต่อน้ำหนักแห้ง ในการต้มมีปัจจัยอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่

ปริมาณโซดาไฟที่ใช้
อุณหภูมิ
เวลาในการต้ม

ทั้ง 3 ปัจจัยต้องพิจารณาว่าเหมาะสมกับวัตถุดิบของพืชแต่ละชนิดหรือเปล่า การใช้โซดาไฟถ้าใช้มากไปก็จะไปทำลายเส้นใยทำให้ได้กระดาษที่ไม่แข็งแรง ตัวอย่าง ปอสาควรใช้โซดาไฟ 7-8% กาบกล้วยใช้ 10% ใบสับปะรดใช้ 15% ฟางข้าวใช้ 15% ผักตบชวาใช้ 5-12% เป็นต้น

2การล้างเยื่อ - เมื่อต้มวัตถุดิบจะได้เยื่อที่ยังมีโซดาไฟอยู่ควรต้องล้างออกให้หมด สังเกตุได้จากเมื่อจับเยื่อจะไม่ลื่นมือและน้ำล้างเยื่อจะใส การล้างอาจใส่ในอ่างน้ำแล้วแช่ไว้ จากนั้นถ่ายน้ำออก หรือล้างโดยวิธีน้ำไหลเหมือนการล้างผักก็ได้ ในการล้างเยื่อนี้เราจะคัดแยกเยื่อที่ไม่เปื่อยออกไปด้วย เยื่อเหล่านี้ไม่สามารถนำไปทำกระดาษได้ วิธีการดูว่าเยื่อที่เราต้มใช้ได้หรือเปล่านั้น ให้ดึงตามแนวตั้งและแนวขวาง แล้วสามารถดึงและฉีกออกได้ง่าย แสดงว่าสามารถใช้ได้ แต่ถ้าดึงไม่ขาดก็ใช้ไม่ได้

3การฟอกเยื่อ - การฟอกเยื่อเป็นการทำให้เยื่อที่จะนำมาใช้ทำแผ่นกระดาษให้มีความขาวเพิ่มขึ้น แต่ถ้าต้องการกระดาษให้เป็นสีธรรมชาติของเยื่อก็ไม่ต้องฟอก กระดาษที่ทำด้วยมือส่วนใหญ่แล้วถ้าไม่ใช่กระดาษสาจะไม่ฟอกกันนะครับ เพราะสีของกระดาษที่ได้ดูแล้วก็สวยไปอีกแบบ

ในการฟอกเยื่อสารเคมีที่แนะนำให้ใช้ควรจะเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H2O2) สารตัวนี้จะไม่เป็นอันตรายกับสิ่งแวดล้อม และใช้ร่วมกับสารตัวอื่นด้วย แต่ใช้ตัวเดียวก็ได้ถ้าใช่ตัวเดียวก็จะสลายได้ไว ในการฟอกเยื่อก็แล้วแต่พืชแต่ละชนิดซึ่งความเข้มข้นของสารจะใช้ไม่เหมือนกัน เช่น เยื่อปอสา ใช้ 2-4% เยื่อใบสับปะรด ใช้ 6% เยื่อกล้วย ใช้ 12% เป็นต้น อุณหภูมิในการฟอก 100 องศา เวลาก็ประมาณ 2 ชม. ในการใช้ระดับความเข้มข้นของสารต่างกัน สีของกระดาษก็ได้ต่างกันด้วย การฟอกบางครั้งก็อาจไม่จำเป็นก็ได้ จะจำเป็นก็เมื่อต้องการเยื่อที่ได้นั้นไปย้อมสีเท่านั้นเอง

4การกระจายเยื่อ (ตีเยื่อ(- การกระจายเยื่อเป็นการทำให้เยื่อที่ประกอบด้วยเส้นใยหลายๆ เส้นหลุดออกจากกันเป็นเส้นใยเดี่ยวๆ นั้นเอง ระยะเวลาในการกระจายเยื่อขึ้นอยู่กับว่าในการต้มเยื่อเราได้ต้มเยื่อดีหรือเปล่า? ความเข้มข้นของสารเคมี NaOH ที่ใช้ในการต้มมีความเหมาะสมหรือเปล่า? ในการกระจายเยื่อเรายังสามารถประเมินบอกเราให้ทราบว่าสารเคมีที่ใช้ต้มมีความเข้มข้นเหมาะสมหรือเปล่า เช่น ถ้ากระจายเยื่อและเยื่อยังเป็นกระจุกของเส้นใยอยู่ก็แสดงว่าเราใช้ความเข้มข้นของสารเคมีในการต้มน้อยไป แบบนี้ก็ขึ้นอยู่กับเราว่าต้องการเส้นใยแบบไหนในการทำเป็นกระดาษ และระยะเวลาในการกระจายเยื่อก็มีผลต่อเส้นใยเหมือนกัน ถ้าใช้เวลาสั้นๆ ก็จะได้เส้นใยหยาย แต่ถ้าใช้เวลาการกระจายเยื่อนานขึ้น เส้นใยก็กระจายได้ดีขึ้นเช่นกัน

วิธีการกระจายเยื่อแบบดั้งเดิมจะใช้การทุบด้วยไม้ หรือฆ้อนไม้ให้เยื่อแตกกระจาย หรือการนำเยื่อใส่ในถุงไนลอนตาข่าย ขนาดของรูตาข่ายก็ประมาณมุ้งลวด แบบนี้จะทำกันในประมาณมากๆ แต่ถ้าเราทำไว้เป็นของประดิษฐ์ ทำกันแบบน้อยๆ ก็อาจจะเครื่องปั่นน้ำผลไม้ก็ได้ แบบนี้ก็ไม่ว่ากัน แล้วแต่ประสบการณ์ของแต่ละคน... เอาเป็นว่าทำอย่างไรก็ได้ให้เยื่อนั้นกระจายเป็นเส้นใย และลดต้นทุนได้มากที่สุด

ตัวอย่าง ถ้าทุบด้วยมือ ใช้ปอสาหนักประมาณ กิโลก 2รัม ต้องทุบนาน 5 นาที จากนั้นนำเยื่อไปฟอกไม่ให้ขาวนัก แต่ถ้าชอบขาวๆ 35 เครื่องจะใช้เวลาประมาณชั่วโมง แต่ถ้าใช้ต้องใช้ผงฟอกสีเข้าช่วย

5การทำแผ่นกระดาษ - ในการทำแผ่นกระดาษเป็นการเทเยื่อที่ได้จากการกระจายเยื่อดีแล้วลงไปในตะแกรงไนลอนที่ใช้ทำแผ่นกระดาษ ตะแกรงนี้จะลอยน้ำเมื่อเทเยื่อลงไปเยื่อก็จะลอยน้ำอยู่บนตะแกรงเราก็ทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงให้มีความสม่ำเสมอกันทั้งแผ่น หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า" แตะ" แต่ถ้านำเยื่อที่กระจายดีแล้วใส่ในอ่างผสมไปกับน้ำในปริมาณที่มากพอและเหมาะสม แล้วใช้ตะแกรงช้อนเยื่อขึ้นมา เรียกว่าวิธีการทำแผ่นกระดาษแบบ "ช้อนเยื่อ" ถ้าเยื่ออยู่บนตะแกรงมีความสม่ำเสมอดีก็แสดงว่าใช้ได้ และก็นำไปตากแดด เมื่อแห้งแล้วก็ค่อยๆ ลอกกระดาษออกจากตะแกรง

ในการตากแดดเส้นใยพืชบางชนิดจะมีการหดหรือย่นทำให้กระดาษที่ได้ออกมาไม่สวย เช่น เยื่อจากสับปะรด กล้วย ผักตบชวาเป็นต้น วิธีแก้ง่ายๆ ก็คือนำไปตากแดดพอหมาดๆ ก็นำเขามาตากในร่ม วิธีนี้ก็พอช่วยได้ และถ้าทำกระดาษแบบที่เห็นเป็นเส้นใยแบบหยาบแบบนี้ก็จะช่วยลดการหดหรือย่นได้

<u>แบบตัก</u> ใช้แม่พิมพ์ลักษณะเป็นตะแกรงไนลอน ขนาด เซนติเมตร 60 คูณ 50 หรือทำขนาดตามขนาดกระดาษที่ต้องการ ช้อนตักเยื่อเข้าหาตัว ยกตะแกรงขึ้นตรงๆแล้วเทน้ำออกไปทางด้านหน้าโดยเร็ว จะช่วยให้กระดาษมีความสม่ำเสมอ

<u>แบบแตะ</u>มักใช้ตะแกรงที่ทำจากผ้าใยบัวหรือผ้ามุ้งที่มีเนื้อละเอียดและใช้วิธีชั่งน้ำหนักของเยื่อเป็นตัวกำหนดความหนาของแผ่นกระดาษ นำเยื่อใส่ในอ่างน้ำ ใช้มือเกลี่ยกระจายเยื่อบนแผ่นให้สม่ำเสมอ

ตัวอย่าง ในการทำแผ่นกระดาษสา นำตะแกรงไปตากแดดประมาณ ชั่วโมง 3-1 กระดาษสาจะแห้งติดกันเป็นแผ่น จึงลอกกระดาษสาออกจากแม่พิมพ์

เปลือกปอสาหนัก แผ่น 10 กิโลกรัม สามารถทำกระดาษสาได้ประมาณ 1

2.3.3 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษ

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งมิได้มีเนื้อเดียวกัน และมีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของกระดาษประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและมีสารเติมแต่งอุดช่องระหว่างเส้นใยลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษ จึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเนื้อกระดาษ เช่น การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวในแนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษด้วย

2.3.3.1 สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (Structural Properties)

1. น้ำหนักมาตรฐาน (basis weght หรือ grammage) หมายถึง น้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่ได้มีการควบคุมตามมาตรฐานกำหนด น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นประโยชนในด้านการควบคุมการผลิตกระดาษ โดยจะควบคุมปริมาณเนื้อกระดาษที่ใช้หน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ จะเป็นกรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากลทั่วไป แต่บางประเทศจะมีการใช้เป็นหน่วยปอนด์ ต่อตารางฟุต หรือปอนด์ต่อ 3,000 ตารางฟุตในปัจจุบันมาตรฐาน ISO และ Tappi ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษให้ใช้คำว่า “ แกรมเมจ ” (grammage) แทนน้ำหนักมาตรฐาน น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษนอกจากใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายกระดาษแลว ยังสามารถเปรียบเทียบสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษได้ด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษประเภทเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยสภาวะต่าง ๆ เหมือนกัน กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานมากกว่าจะมีความแข็งแรง ความหนา และความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่า

2. ความหนา (caliper) หมายถึง ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวด้านบนและผิวด้านล่างของกระดาษภายใต้สภาพวะการทดสอบที่กำหนด หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว (inches) หรือ มิล (mil) ในระบบ SI จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมตร (micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (millimeter) ความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักมาตรฐาน แรงกดของลูกขณะเดินแผ่น การบดเยื่อและชนิดของเยื่อที่ใช้ความหนาแน่นปกติได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตร สำหรับในวงการกระดาษจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและน้ำหนักมาตรฐานได้เป็นความหนาแน่นเสมือน (apparent density) ซึ่งจะเป็นการเทียบหาความหนาแน่นของกระดาษที่ระดับน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน อาจมีความหนาไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

น้ำหนักกระดาษ	49	กรัมต่อตารางเมตร
ความหนา	0.085	8.5 มิลลิกรัม หรือXเมตร 5-10
ความหนาแน่นเสมือนหรือเท่ากับ	8.5/8.5(5-10)	กรัมต่อลูกบาศก์เมตร
หรือ	576,470.58	กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หน่วยของความหนาแน่นเสมือนที่นิยมใช้ในระบบ SI จะกำหนดเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นความหนาแน่นเสมือนที่ไดของกระดาษชนิดนี้จะเป็น 576 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นกระดาษที่มีน้ำหนักเทากัน แต่มีความหนาของกระดาษต่างกัน กระดาษที่มีความหนามากจะให้ค่าความหนาแน่นเสมือนน้อย ความหนาของกระดาษมีความสำคัญเพราะเครื่องพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการ พิมพ์เดียวกันแต่ผลิตจากผู้ผลิตต่างรายกันไมสามารถพิมพ์ไดในทุกความหนา การพิมพ์กระดาษที่มีความหนาต่างกันต้องมีการปรับตั้งส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์แตกต่างกัน เพื่อให้สภาพการเดินกระดาษคลองบนเครื่องพิมพ์มีมากที่สุด

3. ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (formation) หมายถึง ความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกี่ยวประสานหรือเกิดพันธะเคมีต่อกัน ในแต่ละบริเวณของกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ เมื่อนำกระดาษเนื้อไมสม่ำเสมอกัน (wild formation) ไปพิมพ์ที่มีคุณภาพไมดี ความไมสม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสงและองค์ประกอบทางเคมีนอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผสมและการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัวและจับตัวของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น

การตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได โดยการยกขึ้นส่องกับแสงสว่าง ถากระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (poor formation) จะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไมเสมอกันปรากฏภาพเป็นดวง ๆ เป็นทาง ๆ เป็นฝ้านม หรือมองดูคล้ายก้อนเมฆ ความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและแสง ในเชิงปริมาณจะนิยามความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษว่าเป็นสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ พื้นที่ขนาดจิ๋ว(100 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน / น้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย) ปัจจุบันยังไมมีวิธีวัดที่กำหนดเป็นมาตรฐาน การเพิ่มความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยในกระดาษให้ดีขึ้นอาจทำไดหลายวิธีเช่น ใช้เยื่อใยสั้นมาผสมทำเป็นกระดาษในปริมาณมากขึ้น เพิ่มปริมาณการบดเยื่อให้มากขึ้น ลดความเร็วของสายพายตะแกรงแยกน้ำเป็นต้น

4. ทิศทางของเส้นใย (directionality) หมายถึง แนวหรือทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสในกระดาษ โดยถ้าพิจารณาจากการเกิดเป็นแผ่นกระดาษของน้ำเยื่อบนกระดาษจะพบว่า เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัวไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษ ดังนั้น แนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษจึงอยู่ใน “แนวขนานเครื่อง ” (machine direction, MD)หรอแนวเกรน (grain direction) มากกว่าส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องเรียกว่า “ แนวขวางเครื่อง ” (Cross Direction) หรือแนวขวางเกรน (Cross - gdrain Direction) เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยในกระดาษทั้งสองแนวมีความแตกต่างกัน จึงมีผลให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกันด้วย

จากการที่ทิศทางของเส้นใยเรียงตัว ในแนวขนานเครื่องมากกว่าแนวขวางเครื่องทำให้สมบัติทางเชิงกลของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกัน (paper anisotropy) การตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษมีความสำคัญมากในขั้นตอนการนำกระดาษไปแปรรูป ยกตัวอย่างเช่น การหักพับ

เซาะร่อง สามารถทำได้ง่ายในแนวขนานเครื่อง และค่าความทรงรูปในแนวขนานเครื่องที่สูงกว่า มีประโยชนในการออกแบบแฟ้ม หรือบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ในการตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษ อาจทำได้โดยวิธีง่าย ๆ ดังนี้

การตรวจสอบการโค้งงอ 4.1 (curl test) ตัดกระดาษเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด2x2 ตารางนิ้ว แล้วใช้น้ำทาเพียงด้านเดียว กระดาษจะงอตามแนวขวางเครื่อง

4.2 การตรวจสอบโดยการฉีกกระดาษ ถ้าเป็นแนวขนาดเครื่องจะฉีกไดงายกว่า และแนวตรงกว่าการฉีกในแนวขาวงเครื่อง

การตรวจสอบโดยการพับกระดาษ ถ 4.3าเป็นแนวขนานเครื่องรอยพับจะเรียกว่าแนวขวางเครื่องสำหรับแนวขวางเครื่องนั้นเมื่อพับแล้วจะเป็นรอยแตกหักและไม เรียง ถ าเป็นกระดาษแข็งสามารถสังเกตเห็นรอยแตกหักไดชัดเจน

4.4 การตรวจสอบโดยการดูความทรงรูป โดยการตัดกระดาษให้มีความกว้างและความยาวเทากันปล่อยให้กระดาษโค้งงอโดยน้ำหนักตัวเองหรือแรงจากภายนอกเท่ากันมา กระทำพบว่าถ้าเป็นแนวขวางเครื่องจะโค้งงอได้มากกว่าแนวขนานเครื่อง

4.5 ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (two-sideness) สองด้านของผิวกระดาษที่กล่าวถึง คือ ด้านตะแกรง (wire side, WS) และด้านสักหลาด (felt side, FS) ด้านตะแกรง หมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตะแกรงหรือเป็นด้านบนเวลาทำแผ่นกระดาษ ที่จริงแล้วควรเรียกว่า ด้านบน (top side) มากกว่า ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมี การสั่นสะเทือนของเครื่องเพื่อไม่ให้เส้นใยจับกลุ่มกันและในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นนี้ น้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรองและมีการแยกน้ำออก ซึ่งในการแยกน้ำออกจะมีอุปกรณ์ลมดูดต่าง ๆ ซึ่งจะดูดเอาส่วนเยื่อละเอียดหรือสารเติมแต่งต่าง ๆ หลุดไปพร้อมกับน้ำด้วย เมื่อมองในทิศทางของ Z (Z –direction) หรือภาคตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่น จะเห็นว่าผิวกระดาษทั้งสองด้านมีองค์ประกอบต่าง ๆ แตกต่างกัน คือ ด้านบนหรือด้านสักหลาดจะมีส่วนของเยื่อละเอียด (fine) และส่วนที่ไม่ใช้เส้นใยอยู่มากในขณะที่ด้านล่างหรือด้านตะแกรงจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตามแนวเกรนของเครื่องมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากด้านตะแกรงนั้น สวนของเยื่อละเอียดและอนุภาคของสารเติมแต่งต่าง ๆ สามารถรอดผ่านตะแกรงไปไดผิวกระดาษด้านตะแกรงจะหยาบกว่าด้านสักหลาดความแตกต่างของผิวกระดาษทั้งสองด้านจะมีผลต่อความเรียบ การดูดซึมน้ำและน้ำมัน โดยเฉพาะในด้านการพิมพ์ ความแตกต่างของผิวกระดาษไมควรแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในการผลิตกระดาษปัจจุบันจะพยายามปรับความแตกต่างของผิวกระดาษโดยมีการผลิตตะแกรงที่มีความเรียบสูงขึ้นวิธีตรวจสอบผิวกระดาษว่า เป็นด้านตะแกรงหรือด้านสักหลาด สามารถทำได 2 วิธี ดังนี้

การตรวจสอบโดยการฉีกขาดที่มุม .ข และสังเกตรอยฉีกขาด โดยคว่ำกระดาษให้ด้านหนึ่งขนานกับพื้นแล้วฉีกที่มุม ถารอยฉีกบริเวณมุมเป็นแนวกว้างของการลอกออกของเส้นใยมาก แสดงว่าเป็นด้านตะแกรง เพื่อให้แน่ใจลองพลิกกระดาษในด้านตรงข้าม แล้วฉีกที่มุมเทียบรอยฉีกที่ไดจากสมบัติของกระดาษตอนที่ 1 เราไดกล่าวถึง สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (Structural Properties) มาแลว จากนี้เราจะมากล่าวถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (Mechanical Properties)

2.3.3.2 สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (Mechanical properties)

สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งหมายถึงการที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำในลักษณะต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปของสมบัติเชิงกลได้ ดังนั้นในการเลือกกระดาษเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษด้วย

1. ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) คือความแข็งแรงต่อแรงต้นที่กระทำต่อกระดาษในแนวยาว (tensile stress) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษเป็นสมบัติที่สำคัญของกระดาษในระบบการพิมพ์ป้อนม้วน มากกว่ากระดาษในระบบการพิมพ์แบบป้อนแผ่นเนื่องจากการพิมพ์ในระบบป้อนม้วนกระดาษต้องได้รับแรงดึงตึงตลอดเวลา หากกระดาษที่ใช้มีความแข็งแรงต่อแรงดึงน้อย อาจทำให้เกิดการขาดของกระดาษในระหว่างการพิมพ์ได้ นอกจากนี้กระดาที่ต้องนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงด้วย เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปอาจมีแรงดึงกระทำต่อกระดาษไม่มากก็น้อย กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของกระดาษ ได้แก ชนิดของเยื่อ ปริมาณการบดเยื่อ ปริมาณการกดรีดน้ำน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ปริมาณของตัวเติม และปริมาณความชื้นในกระดาษ กระดาษที่ทำจากเยื่อใยยาวและผ่านการบดเยื่อมากกว่า มีความแข็งแรงดึงของกระดาษมากกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อที่มีเส้นใยสั้นกว่าและผ่านการบดเยื่อมาน้อยกว่า เพราะเยื่อใยยาวและการบดเยื่อมากทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีต่อกันได้มากขึ้น จึงมีความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น การกดรัดน้ำก็ มีส่วนทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้วยเกตุผลเดียวกับการใช้เยื่อใยยาวและการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ โดยทั่วไปกระดาษมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นด้วย ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลง เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเติมให้กระดาษและปริมาณความชื้นในกระดาษมีมาก เพราะตัวเติมที่เติมเขาไปมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีระหว่างกันได้น้อยลง ส่วนน้ำทำให้พันธะเคมีระหว่างเส้นใยมีความแข็งแรงน้อยลง ทั้งสองปัจจัยจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลง

2. ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (bursting strength) หมายถึง ความต้านทานต่อแรงที่กระทำกับพื้นที่ หนึ่งตารางเมตรของกระดาษในแนวตั้งฉากก่อนที่กระดาษจะเกิดการขาดทะลุ มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรหรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดันทะลุนี้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความต้านแรงดึงในแนวขนานเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของแรงที่มากระทำต่อชิ้นทดสอบอธิบายได้ดังนี้ จากการที่พื้นที่ทดสอบมีลักษณะเป็นวงกลม ในการทดสอบเมื่อเครื่องทดสอบทำงานแผ่นไดอะแฟรมจะถูกดันให้โป่งขึ้นจนทำให้กระดาษแตกทะลุ ก่อนที่กระดาษจะแตกออก กระดาษจะเกิดการยืดตัวออกไปในทุกทิศทุกทางแต่เนื่องจากกระดาษมีความยืดในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน ดังนั้นความ สามารถในการรับแรงที่มากระทำจึงไม่เท่ากันทุกทิศทาง แนวรอยแตกของชิ้นทดสอบที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ

เพราะกระดาษมีการยืดตัวในแนวที่ต่ำกว่าแนวขวางเครื่อง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถบอกไดวา แนวรอยแตกเป็นแนวเดียวกันกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษ ที่ผลิตจากเยื่อใยมีมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ และการเติมสารเพิ่มความแข็งแรงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ตัวเติมทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ตัวเติมทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษลดลง ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุเป็นความแข็งแรงของกระดาษที่มีความสำคัญต่อการใช้งานโดยเฉพาะสิ่งที่นำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ

3. ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tearing strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกนำเดิม หน่วยที่วัดไดเป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือ กรัม (gram) กระดาษที่จำเป็นที่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความต้านแรงฉีกขาด ไดแก กระดาษทำถุงกระดาษพิมพ์และเขียนหลักการในการตรวจสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกทำโดย ใสชิ้นทดสอยที่มีขนาดตามมาตรฐานกำหนด ในระหว่างปากจับบนแทนเครื่องและบนลูกตุ้มซึ่งเคลื่อนที่ได ใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด ความแข็งแรงต่อแรงฉีกนี้ขึ้นกับความยาวของเส้นใยเซลลูโลสเป็นสำคัญ โดยเส้นใยยาวมีความแข็งแรงฉีกมากกว่าเส้นใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีดของกระดาษ เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันอย่างไรก็ตาม หากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง แม้ว่าเส้นใยเซลลูโลสจะเกิดพันธะกันไดกันก็ตามทั้งนี้กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกน้อยกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

4. ความแข็งตึง (siffness) หมายถึง ความต้านทานของกระดาษต่อการโค้งที่เกิดจากน้ำหนักของตัวกระดาษเอง หรือแรงอื่นที่กระทำต่ำกระดาษนั้น ทั้งนี้กระดาษมีความแข็งแรงตึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ความแข็งตึงของกระดาษมีความสำคัญต่อการป้อนและรับกระดาษบนเครื่องพิมพ์ โดยปกติในการป้อนกระดาษเขาพิมพ์มักป้อนกระดาษในแนวขนานเครื่องเข้าพิมพ์โดยให้มีทิศทางเดียวกับทิศทางการเดินแผ่นของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากกระดาษในแนวขนานเรื่องมีความแข็งตึงมากกว่าทำให้สภาพการเดินกระดาษคลองดีกว่ากระดาษ ในแนวขวางเครื่องการเพิ่มความแข็งตึงของกระดาษทำไดโดยเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ แต่การบดเยื่อมากเกินไปมีผลทำให้ความแข็งตึงของกระดาษลดลง เนื่องจากทำให้เส้นใยมีความยาวน้อยลง ความแข็งตึงของกระดาษลดลงตามปริมาณของตัวเติมที่เติมให้กระดาษ ปริมาณความชื้นในกระดาษ และปริมาณการรีดกระดาษที่เพิ่มขึ้น

5. ความแข็งแรงต่อการพับ (fold strength) หมายถึงการพับไปพับมา (double folds) ของชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกันภายใต้แรงที่กำหนด หน่วยที่ใช้เป็นจำนวนครั้ง หรือ log 10คาความทนทานต่อการพับขาดในแนวขนานเครื่องสูงกว่าแนวขวางเครื่อง ความทนต่อการพับขาดจะเป็นการวัดที่รวมความต้านแรงดึง การยืดตัว การแยกชั้นของกระดาษ และความต้านทานแรงกด ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงอายุการใช้งานของกระดาษหลักการในการตรวจสอบความทนต่อการพับขาด จะทำโดยยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบด้วยแรงคงทีส่วนปลายอีกข้างหนึ่งถูกจับด้วยปากจับ แล้วพับไปมาด้วยความเร็วคงที่และองศาตามมาตรฐาน กำหนดจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด

2.4 บรรจุภัณฑ์อาหาร

ในยุคการแข่งขันทางธุรกิจอันดุเดือดเช่นปัจจุบัน วินาทีแห่งการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค คือช่วงเวลาที่สำคัญที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว การตัดสินใจที่จะทดลองใช้สินค้าชนิดใดโดยที่ยังไม่ทราบว่า คุณภาพอันเป็นเนื้อในของสินค้านั้นดีหรือไม่อย่างไร การตัดสินใจในเบื้องต้นจึงมักจะขึ้นอยู่กับการถูกตาต้องใจในลักษณะภายนอกของสินค้าซึ่งห่อหุ้มด้วย "บรรจุภัณฑ์"

ดังนั้น ผู้ประกอบการทุกคนจึงปฏิเสธไม่ได้ว่า "บรรจุภัณฑ์" หรือ "การบรรจุหีบห่อ" หรือ "Packaging" นั้นมีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภคอย่างยิ่ง นับเป็นองค์ประกอบและปัจจัยสำคัญอันดับต้นๆ ในการผลิตสินค้าออกสู่ตลาดที่จะมีผลต่อการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าสินค้าให้สูงขึ้น ในขณะเดียวกันก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิต และรักษาคุณภาพสินค้าได้อีกด้วย

"บรรจุภัณฑ์" จึงเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าในการจัดจำหน่าย เพื่อสนองความต้องการของผู้ซื้อหรือผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่เหมาะสม ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ วัสดุศาสตร์ จิตวิทยา การออกแบบ วิศวกรรมศาสตร์ และตลาด นิยามโดยทั่วไปของการบรรจุภัณฑ์ คือ ระบบรวมในการเตรียมสินค้าสำหรับการขนส่ง จัดจำหน่าย เก็บรักษา และตลาด โดยใช้ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สินค้าอาจบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตั้งแต่หนึ่งหรือหลายชนิด โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีตั้งแต่ ขวด หลอด กระป๋อง ห่อ ถุง กล่อง ถ้วย ลัง ฯลฯ โดยทำมาจากวัสดุต่างๆ กัน อาทิ กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ หรือไม้

2.4.1 ประเภทของบรรจุภัณฑ์

ตามนิยามที่กล่าวมาแล้ว บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่เป็นพาหนะนำผลผลิตจากกระบวนการผลิตอำนวยความสะดวกในการบริโภคพร้อมทั้งกำจัดซากบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย จากขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์อาจแยกได้หลายลักษณะแล้วแต่จุดมุ่งหมายการแยกประเภท

.24 1.1.บรรจุภัณฑ์แบ่งตามการออกแบบ ด้วยหลักการในการออกแบบสามารถจำแนกประเภทของบรรจุภัณฑ์ได้เป็น 3 จำพวก คือ

1บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ซื้อจะได้สัมผัสเวลาที่จะบริโภค บรรจุภัณฑ์นี้จะได้รับการโยนทิ้งเมื่อมีการเปิดและบริโภคสินค้าภายในจนหมด เช่น ซองบรรจุน้ำตาล เป็นต้น บรรจุภัณฑ์นี้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ชั้นในสุดติดกับตัวสินค้า

ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นในมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา 2 ประการคือ อันดับแรกจะต้องมีการทดสอบจนมั่นใจว่าอาหารที่ผลิตและบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้จำต้องเข้ากันได้ (Compatibility) หมายความว่าตัวอาหารจะไม่ทำปฏิกิริยากับบรรจุภัณฑ์ ปฏิกิริยาที่เกิดนี้อาจจะเกิดจากการแยกตัวของเนื้อวัสดุภัณฑ์เข่าสู่อาหาร (Migration) หรือการทำให้บรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลงรูปทรงไป เช่นในกรณีการบรรจุอาหารใส่เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ขณะที่อาหารยังร้อนอยู่ (Hot Filling) เมื่อเย็นตัวลงในสภาวะบรรยากาศห้อง จะทำให้รูปทรงของบรรจุภัณฑ์บูดเบี้ยวได้ เหตุการณ์นี้จะพบบ่อยมากในขวดพลาสติกทรงกระบอก ซึ่งแก้ไขได้โดยการเพิ่มร่องบนผิวทรงกระบอกหรือเปลี่ยนรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม

นอกเหนือจากความเข้ากันได้ของอาหารและบรรจุภัณฑ์แล้ว ปัจจัยอันดับต่อมาที่ต้องพิจารณาคือ บรรจุภัณฑ์ชั้นในจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่วางขายบนหิ้งหรือไม่ ในกรณีที่บรรจุภัณฑ์

ชั้นในจำต้องวางขายแสดงตัวหิ้ง การออกแบบความสวยงาม การสื่อความหมายและภาพพจน์จะเริ่มเข้ามามีบทบาทในการออกแบบบรรจุภัณฑ์

2บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าด้วยกัน เพื่อเหตุผลในการป้องกันหรือจัดจำหน่ายสินค้าได้มากขึ้น หรือด้วยสาเหตุในการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองที่เห็นได้ทั่วไป เช่น กล่องกระดาษแข็งของหลอดยาสีฟัน ถุงพลาสติกใส่ซองน้ำตาล 50 ซอง เป็นต้น

ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองนี้มักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ต้องวางแสดงบนหิ้ง ณ จุดขาย ดังนั้น การเน้นความสวยงามและภาพพจน์ของบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น กล่องยาสีฟัน การออกแบบของหลอดยาสีฟันที่อยู่ภายในก็ไม่จำต้องออกแบบให้สอดสีหลายสีในทางกลับกันถ้าบรรจุภัณฑ์ชั้นในได้รับการออกแบบอย่างสวยงาม ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองนี้อาจจะทำการเปิดเป็นหน้าต่างเพื่อให้เห็นถึงความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ชั้นในที่ออกแบบมาอย่างดีแล้วในกรณีของตัวอย่างถุงพลาสติกใส่ซองน้ำตาล 50 ซองนั้น ถุงพลาสติกที่เลือกใช้ไม่จำเป็นต้องช่วยรักษาคุณภาพของน้ำตาลมากเท่าซองชั้นใน เนื่องจากทำหน้าที่รวมซองน้ำตาล 50 ซองเข้าด้วยกันเพื่อการจัดจำหน่ายแต่ตัวถุงเองต้องพิมพ์สอดสีอย่างสวยงามเพราะเป็นถุงที่วางขายบนหิ้ง ณ จุดขาย

บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Pakaging) และบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging) มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า บรรจุภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายปลีก (Commercial Packaging)

3บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามหรือตติยภูมิ (Tertiary Packaging) หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์นี้คือการป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ขนส่งนี้ อาจแบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท คือ

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งผลิตถึงแหล่งขายปลีกเมื่อสินค้าได้รับ 3.1 าที่การใช้งาน การจัดเรียงวางบนหิ้งหรือคลังสินค้าของแหล่งขายปลีกแล้ว บรรจุภัณฑ์ขนส่งก็ไหมดหน้ บรรจุภัณฑ์เหล่านี้

3.2บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ระหว่างโรงงานเป็นบรรจุภัณฑ์ที่จัดส่งสินค้าระหว่าง โรงงาน ตัวอย่างเช่น ลังใส่ซองพริกป่น ถุงน้ำจิ้ม เป็นผลผลิตจากโรงงานหนึ่งส่งไปยังโรงงานอาหารสำเร็จรูปเพื่อทำการบรรจุไปพร้อมกับอาหารหลัก เป็นต้น

3.3บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งขายปลีกไปยังมือผู้อุปโภคบริโภค เช่น ถุงต่าง ๆ ที่ร้านค้าใส่สินค้าให้ผู้ซื้อ

.24 1.2.การแบ่งตามวัตถุประสงค์การจำหน่ายสินค้า

บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก หมายถึง ภาชนะบรรจุสินค้าที่จะขาย .1 ถุงพลา โดยตรง และนำไปตั้งอยู่ในร้านค้า เช่นสติก ขวดแก้ว ขวดพลาสติก กระป๋อง โลหะ หลอดโลหะ กล่อง กระดาษแข็ง กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นต้น โดยขวดบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้ทำหน้าที่คุ้มครองสินค้าและเป็นผู้ขายสินค้าด้วย บรรจุภัณฑ์จะต้องทำหน้าที่จูงใจผู้ซื้อสินค้า ให้ความสวยงาม อธิบายถึงสรรพคุณ วิธีใช้ วิธีเก็บรักษา ฯลฯ และมีข้อความจำเป็นตามที่กำหนดไว้ในกฎหมาย ขนาดของจะต้องเหมาะสมกับลักษณะและขนาดสินค้า และการใช้งาน ขนาดพอดีกับชั้นวางของในร้านค้า สะดวกต่อการหยิบใช้สอย บรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญมากเท่ากับตัวสินค้า เพราะเป็นส่วนที่จะติดไปกับสินค้า

2บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายส่ง คือ บรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมและนำสินค้าขายปลีกจากโรงงานผู้ผลิตไปยังผู้ซื้อ เช่น กล่องกระดาษลูกฟูก ลังไม้ ลังกระดาษ ลังพลาสติก กระสอบ เป็นต้น บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ จะบรรจุสินค้าและบรรจุภัณฑ์เพื่อการขยายปลีก โดยคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากสภาพแวดล้อมต่างๆ ระหว่างการส่งไปขาย เช่น สภาพของลมฟ้าอากาศ การลำเลียง การขนส่งที่ทำให้เกิดการเสียหาย และสิ่งมีชีวิตต่างๆ เป็นต้น คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้จะเน้นแง่ของการคุ้มครองป้องกันจึงสูงมาก นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต้องมีขนาดเหมาะสม วางเรียงบนแทนรองรับสินค้าขนาดมาตรฐานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ หรือมีขนาดพอดีกับตู้บรรจุสินค้า

.24 1.3.การแบ่งตามวัสดุที่ใช้ผลิต

1. เยื่อและกระดาษ
2. พลาสติก
3. แก้ว
4. โลหะ

บรรจุภัณฑ์ ไม่ใช่แค่การห่อหุ้มสินค้าโดยทั่วไปสินค้าต่างๆ จำเป็นต้องบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสิ้น และถือว่าการบรรจุภัณฑ์เป็นกระบวนการผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่ให้ความคุ้มครองแก่สินค้าแล้ว ยังต้องทำหน้าที่ในด้านการตลาดไปพร้อมๆ กันด้วย กล่าวคือ บรรจุภัณฑ์ต้องมีความแข็งแรงพอที่จะป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายในระหว่างการเคลื่อนย้ายขนส่ง ให้ความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้ และที่สำคัญคือ ต้องทำหน้าที่เป็นผู้ขายสินค้าและโฆษณาที่ดีด้วย ทั้งนี้ บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่แจ้งถึงสรรพคุณภายในของสินค้าให้น่าสนใจ ต้องมีความสวยงามดึงดูดใจผู้บริโภคให้อยากซื้อ ถึงแม้สินค้านั้นจะเป็นที่รู้จักแพร่หลายก็ตาม บรรจุภัณฑ์ก็ยังจะต้องทำหน้าที่เสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้ซื้อว่าสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในนั้นมีคุณภาพดีกว่าคู่แข่ง เป็นการเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับสินค้าและผู้ผลิต รายละเอียดต่างๆบนบรรจุภัณฑ์จะต้องเป็นไปตามกฎระเบียบและจะต้องชัด และขนาดของบรรจุภัณฑ์นั้นก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน กล่าวคือ จะต้องเหมาะสมกับลักษณะของขนาดสินค้าและพอดีกับชั้นวางสินค้าในร้านค้า

2.4.2 บทบาทหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ มีความสำคัญควบคู่กับสินค้าและการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมดังนี้

1รองรับสินค้า สินค้าทุกชนิดจะต้องมีบรรจุภัณฑ์รองรับ มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้การขนส่งเป็นไปด้วยความยากลำบาก บรรจุภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการกระจายสินค้า ทำให้สินค้าเคลื่อนย้ายจากไร่และโรงงานไปยังผู้บริโภคได้ ในปัจจุบันประชากรของทุกประเทศในโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการในการบริโภคสินค้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงได้มีการพัฒนาให้ผลิตสินค้าและการบรรจุภัณฑ์ในปริมาณมาก รวมทั้งระบบการกระจายและการขนส่งให้สินค้าไปสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็วควบคู่กันไปด้วย ระบบทั้งหมดจึงจำเป็นต้องอาศัยการบรรจุภัณฑ์เพื่อรองรับสินค้า

2ลดความเสียหายของสินค้า บรรจุภัณฑ์ ทำหน้าที่คุ้มครองสินค้า ทำให้สินค้าลดความเสียหายระหว่างการเคลื่อนย้ายและขนส่ง สินค้าประเภทที่แตกหักง่ายและมีมูลค่าสูง ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องแก้ว บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่ป้องกันสินค้าจากอันตรายหรือ

ความเสียหายต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง เช่น การตกกระแทก การสั่นสะเทือน ความชื้น เป็นต้น หากไม่มีบรรจุภัณฑ์สินค้าเหล่านี้ จะมีราคาสูงมาก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งจะเพิ่มขึ้น

3.ช่วยลดความอดอยากของประชากรโลก ในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งการบรรจุภัณฑ์ไม่เจริญ จะมีการสูญเสียผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้ในการบริโภค 30-50% แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว จะมีการสูญเสียไม่เกิน 3% หากปรับปรุงการบรรจุภัณฑ์และการขนถ่ายให้ดีขึ้น การสูญเสียจะลดลงทันที 5% ซึ่งหมายความว่าปริมาณอาหารของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 35 ล้านตัน หรือ 2 เท่าของปริมาณอาหารที่ยังขาดอยู่เพื่อเลี้ยงชาวโลก

4ช่วยถนอมอาหาร บรรจุภัณฑ์มีส่วนร่วมในการทำหน้าที่ถนอมอาหารและรักษาคุณภาพของอาหาร โดยจะเห็นได้ในปัจจุบันว่า สินค้าอาหารทุกชนิดต้องการบรรจุภัณฑ์ในการถนอมอาหาร ไม่เช่นนั้นแล้วอาหารทุกชนิดจะเกิดการเน่าเสีย เพราะอาหารแต่ละประเภทมีการเก็บรักษาโดยกรรมวิธีเฉพาะ เช่น การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน การแช่แข็ง การตากแห้ง เป็นต้น การเลือกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมจึงเป็นวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน ต้องการความรู้ และความชำนาญของนักเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์ นักเคมี วิศวกร นักวิทยาศาสตร์การอาหาร และอื่นๆ อีกหลายสาขา ถ้าไม่มีบรรจุภัณฑ์และไม่มีวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ อาหารก็จะเน่าเสียอย่างมหาศาล

5ลดการเกิดโรคและการปนเปื้อน บรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในด้านสุขอนามัยของผู้บริโภค โดยจะขจัดการเสี่ยงในการเกิดโรคดังเช่นที่เกิดขึ้นในสมัยก่อน การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัย ลดการเกิดโรคเนื่องจากบริโภคอาหารที่ถูกสุขลักษณะสินค้าบางประเภท เช่น ยาอันตราย ได้มีการพัฒนาฝาขวดที่เด็กเล็กเปิดไม่ได้ ฝาขวดที่ใช้ในการเทยาในรูปแบบต่าง ๆ

6ช่วยลดอุบัติภัยรวมทั้งการเสียชีวิต ในวงการอุตสาหกรรม บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบพิเศษและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าปลอดภัย จะใช้เพื่อการขนส่งสินค้าที่มีอันตราย เช่น สารเคมี ยาฆ่าแมลง วัตถุระเบิด เป็นต้น ยาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแพทย์จะเสื่อมสภาพและมีการปนเปื้อน หากไม่มีบรรจุภัณฑ์ และยังทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรค บทบาทของบรรจุภัณฑ์ส่วนหนึ่งจะช่วยลดการกระจายของโรค และการปนเปื้อนของยาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแพทย์

7ลดปริมาณขยะและใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งได้

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณขยะของประเทศต่าง ๆ ในปี 2533

รายการ	ยุโรป	อเมริกา	ไทย
กระดาษ	30	34	15
สิ่งทอ	4	-	5
แก้ว	8	2	7
โลหะ	8	12	4
พลาสติก	7	20	10
วัตถุอินทรีย์	33	32	48
อื่น ๆ	10	-	9

ในขยะจะมีทั้งบรรจุภัณฑ์ที่หุ้มห่อสินค้าในรูปของกระดาษ แก้ว โลหะ พลาสติก ของทั้งที่ทำจากวัสดุเหล่านี้ และวัสดุอินทรีย์ซึ่งส่วนมากจะเป็นส่วนเหลือจากการเตรียมอาหาร หากประเทศใดมีปริมาณของบรรจุภัณฑ์มาก ก็จะมีปริมาณของเหลือทิ้งน้อย ดังเช่นในประเทศที่พัฒนาแล้ว

เมื่อเราเตรียมอาหารเพื่อบริโภคที่บ้านจะมีส่วนเหลือทิ้ง เช่น หนัง เกล็ด เปลือก และส่วนที่บริโภคไม่ได้รวมเป็นขยะมูลฝอย ส่วนเหลือทิ้งนี้เมื่อรวมกันแล้ว นับว่าเป็นสิ่งปฏิกูลในปริมาณมาก การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารในโรงงานใหญ่ ๆ นั้น ก็ทำให้เกิดส่วนเหลือทิ้งเช่นกัน แต่มีในปริมาณที่มากพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้อื่นๆ เช่น เปลือกและแกนของสับปะรดกระป๋อง ส่วนเหลือทิ้งในการบรรจุปลากระป๋องซึ่งมักจะนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อเศรษฐกิจไม่น้อย

8ช่วยให้สินค้ามีราคาถูกลง ค่าแรงงานนั้น ดังว่าเป็นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มสูงมากกว่าค่าใช้จ่ายส่วนอื่นในการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงมักจะหาวิธีการเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ การใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติที่มีความเร็วสูง บรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและรูปแบบกระทัดรัด จะช่วยลดค่าขนส่ง ลดปริมาณความเสียหายในการขนส่งซึ่งทำให้สินค้ามีราคาถูกลง

นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังช่วยประหยัดเวลา และค่าใช่จ่ายให้แก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อและเตรียมอาหาร รวมทั้งมีความเป็นอยู่อย่างสะดวกสบายยิ่งขึ้น

9ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิต อาจกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีสะอาดนั้นครอบคลุมถึงการผลิตที่ลดมลพิษต่าง ๆ ซึ่งโรงงานผลิตจะต้องไม่ปล่อยมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็น อากาศ น้ำ ของเสีย หรือเศษวัสดุต่าง ๆ ต้องจัดให้มีระบบการบำบัดของเสีย และใช้เศษวัสดุต่าง ๆ ให้เป็นประโยชน์เพื่อเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรและประหยัดพลังงาน

การนำโฟมโพลิสไตรีนมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากวัสดุนี้มีน้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความชื้น กันแรงกระแทกได้ดี ทนน้ำ แปรรูปง่าย จึงนำไปใช้ทำวัสดุกันกระแทกและบรรจุภัณฑ์อาหาร การผลิตวัสดุนี้จะใช้สารซีเอฟซีเป็นตัวขยาย แต่ในต่างประเทศใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (Dow plastic) แทนสารซีเอฟซี ในประเทศไทยจะได้มีการส่งเสริมให้ใช้เมธิลีนคลอไรด์แทน ปัจจุบันผู้ผลิตบางรายใช้โปรเพนแทนในการผลิตโฟม ส่วนสารผลักดันในกระป๋องสเปรย์นั้นใช้สาร"ไฮโดรคาร์บอน หรือเปลี่ยนใช้ปั๊มแทน นอกจากนี้ยังนิยมใช้หมึกพิมพ์ที่ละลายในน้ำมากขึ้น

10ลดปริมาณวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิต บรรจุภัณฑ์ได้รับการพัฒนาให้ใช้ปริมาณวัสดุน้อยลง ที่ยังคงคุณภาพความแข็งแรง และใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เป็นผลให้บรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักลดลง และใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งน้อยลงด้วยน้ำหนักขวดแก้วใช้ครั้งเดียวลดลงถึง 30% เมื่อเทียบกับ 5 ปีที่แล้วง และคาดว่าในอีก 2 ปีข้างหน้า น้ำหนักของขวดแก้วที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันจะลดลงไปอีกครั้งหนึ่ง น้ำหนักกระป๋องและถังเหล็กลดลง 18% จากเมื่อ 10 ปีที่แล้ว โดยเฉพาะกระป๋องใช้สำหรับบรรจุอาหาร ขณะเดียวกันดีบุกที่เคลือบกระป๋องที่ใช้บรรจุผลไม้ลดลง 50% และใช้บรรจุซุปลดลงถึง 80 % ความหนาของถังเหล็กขนาด 205 ลิตรลดลง 12.5% โดยที่ไม่สูญเสียความแข็งแรงตั้งแต่ได้เริ่มใช้กระป๋องอะลูมิเนียมบรรจุเครื่องดื่มเมื่อ 20 ปีที่แล้ว น้ำหนักกระป๋องปัจจุบันลดลงถึง 29% ได้มีการพัฒนากล่องกระดาษแข็งตามลำดับตั้งแต่ปี 2513 น้ำหนักกล่องลดลงประมาณ 30% สำหรับกล่องขนาดกลางใช้ขนส่งผลิตภัณฑ์อาหาร และลดลง 35% สำหรับกล่องบรรจุ

ผลไม้เพื่อการส่งออก น้ำหนักของกล่องนมและน้ำผลไม้ลดลง 20% ตั้งแต่ปี 2518 ขวด PET มีน้ำหนักลดลง 38% นับจากเริ่มมีการใช้กันในปี 2513 ส่วนขวดนมที่ใช้กันในปี 2526 นั้น ปัจจุบันมีน้ำหนักลดลง 37%

1 .1พัฒนาเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่การผลิตสินค้าทุกชนิดรวมทั้งบรรจุภัณฑ์ จะต้องใช้วัตถุดิบ ซึ่งบางชนิดเป็นทรัพยากรที่อาจจะมีการหมดไป หรือใช้พลังงานที่อาจก่อให้เกิดปัญหาแก่สิ่งแวดล้อม บรรจุภัณฑ์ใช้แล้วไม่ว่าจะเป็นกระดาษ แก้ว โลหะและพลาสติก สามารถนำกลับมารวบรวมเข้ากระบวนการผลิตใหม่ได้แทบทั้งสิ้น หรือนำมาทำผลิตภัณฑ์เดิมได้ แต่พลาสติกนั้นมักจะไม่นำมาใช้สัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค การนำบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วมาแปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์เดิมนั้นจะช่วยลดการหมดไปของทรัพยากร ประหยัดพลังงาน แลลดการก่อให้เกิดปัญหาแก่สิ่งแวดล้อมได้

12ให้ข้อมูลของสินค้าเกี่ยวกับ "ฉลาก" บรรจุภัณฑ์ต้องแจ้งให้ผู้ซื้อรู้ว่าสินค้านั้นคืออะไร โดยแจ้งข้อมูลตามความเป็นจริงตามที่กฎหมายกำหนด เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร ข้อมูลที่กฎหมายกำหนด ได้แก่

- ชื่อผลิตภัณฑ์
- ส่วนผสม
- ปริมาณสุทธิ
- วันหมดอายุ
- สภาวะในการเก็บหรือสภาวะในการใช้
- ชื่อและที่อยู่ของผู้ผลิต ผู้บรรจุหรือผู้ขาย
- แหล่งกำหนดสินค้า
- ข้อเสนอแนะในการใช้
- ถ้าเครื่องดื่มมีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่า 1.2% ต้องระบุความเข้มข้น

โดยทั่วไปมิได้มีการกำหนดให้แจ้งคุณค่าทางโภชนาการในฉลาก แต่บางประเทศได้กำหนดให้แจ้งคุณค่าทางอาหาร เช่น สหรัฐอเมริกา หากผลิตภัณฑ์อาหารนี้ต้องการที่จะแจ้งข้อมูลด้านโภชนาการ ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพ ได้แก่

- ปริมาณแคลอรี ทั้งหมด
- แคลอรีจากไขมัน
- ปริมาณไขมันทั้งหมด
- ปริมาณไขมันอิ่มตัว
- ปริมาณโคเลสเตอรอล
- ปริมาณโซเดียม
- ปริมาณคาร์โบไฮเครตทั้งหมด
- ปริมาณไฟเบอร์
- ปริมาณน้ำตาล
- ปริมาณโปรตีน

- ไวตามิน เอ
- ไวตามิน ซี
- แคลเซียม

ฉลากเพื่อการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม คือ การใช้โลโก้ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก เยอรมนีเป็นประเทศแรกที่ได้จำทำโครงการนี้ขึ้นในปี 2521 มีผลิตภัณฑ์ประมาณ4,000 ชนิด ที่ใช้โลโก้ "Blue Angel" อย่าเป็นทางการ ทั้งนี้รวมถึงโรงงานที่อยู่นอกประเทศอีกร้อยละ 10 การที่ผู้บริโภคตื่นตัวต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นในปี 2533 และยังมีอีกหลายประเทศที่กำลังเตรียมการเกี่ยวกับเรื่องนี้ด้วย

กลุ่มประชาคมยุโรปได้จัดทำกฎระเบียบเกี่ยวกับฉลากสินค้าที่แสดงการปกป้องสิ่งแวดล้อมเมื่อปี 2535 และล่าช้ามาจนถึงปี 2536 เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันและใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติร่วมกัน การประเมินว่าสินค้าใดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั้น จะต้องวิเคราะห์วงจรชีวิต (life cycle analysis, LCA) ของสินค้าแต่ละกลุ่ม ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจนกระทั่งใช้สินค้าไปหมด แต่ละขั้นตอนจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร ปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่การใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิต ขั้นตอนในการผลิตและของเสียที่เกิดจากผลิต เช่นการปล่อยมลพิษสู่อากาศ น้ำและขยะมูลฝอย

ประโยชน์ของการวิเคราะห์วงจรชีวิตนั้น นอกจากจะใช้เป็นวิธีประเมินเพื่อแสดงโลโก้บนฉลากสินค้าว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นแก่สิ่งแวดล้อม ใช้เป็นเครื่องมือด้านการตลาด และช่วยสร้างจิตสำนึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ฉลากที่แสดงการปกป้องสิ่งแวดล้อมนี้จะไม่ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและยา เนื่องจากมีกฎระเบียบควบคุมเป็นการเฉพาะอยู่แล้ว

13ทำหน้าที่ขายสินค้า บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่เสริมสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ซื้อว่า สินค้าที่บรรจุอยู่ภายในนั้นมีคุณภาพ เสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่สินค้าและผู้ผลิต ทำหน้าที่ขายสินค้านั้นด้วย การออกแบบบรรจุภัณฑ์พร้อมกราฟิกที่มีความเหมาะสม ทั้งในด้านประโยชน์ใช้สอยและความสวยงามให้สอดคล้องกับรสนิยมและพฤติกรรมของผู้บริโภค จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

14เพิ่มเงินตราให้แก่ประเทศในการส่งออก สินค้าเพื่อการส่งออกมักจะได้รับการดูแลและใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ปัจจุบันภาพรวมของสินค้าส่งออก มีทั้งสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น กุ้งแช่แข็ง ปลาทูน่ากระป๋อง กุ้งปรุงแต่ง อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สับปะรดกระป๋อง รองเท้ากีฬาส่วนบนหนัง ข้าว สัตว์ น้ำอื่น ๆ ปรุงแต่ง ผลไม้สดอื่นๆ น้ำสับปะรดกระป๋อง เป็นต้น

สินค้าแต่ละประเภทต้องการบรรจุภัณฑ์ เพื่อรักษาคุณภาพสินค้าในการขนส่งและให้สอดคล้องกับกฎระเบียบข้อบังคับ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าในการขนส่งและให้สอดคล้องกับกฎระเบียบข้อบังคับ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม จะช่วยให้สามารถบรรจุสินค้าเข้าตู้ขนส่งได้ในปริมาณสูง ทำให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันในด้านราคาได้อีกด้วย บรรจุภัณฑ์จึงมีส่วนช่วยในการนำเข้าเงินตราจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของเศรษฐกิจของประเทศ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต : 2545)

2.4.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

บรรจุภัณฑ์ที่ดีนั้น จะต้องสามารถผลิตและนำไปบรรจุได้ด้วยวิธีการที่สะดวก ประหยัด และรวดเร็ว การเลือกบรรจุภัณฑ์มีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

1ลักษณะของสินค้า คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย ขนาด รูปทรง ปริมาตร ส่วนประกอบหรือส่วนผสม ของแข็ง ของเหลว ผู้ออกแบบต้องทราบความเหนียวข้นในกรณีที่เป็นของเหลว และต้องรู้น้ำหนัก/ ปริมาตรหรือความหนาแน่น สำหรับสินค้าที่เป็นของแห้งประเภทของสินค้าคุณสมบัติทางเคมี คือ สาเหตุที่ทำให้สินค้าเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับได้ และปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ เช่น กลิ่น การแยกตัว เป็นต้นสินค้าที่จำหน่ายมีลักษณะเป็นอย่างไร มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางเคมีอย่างไร เพื่อจะได้เลือกวัสดุในการทำบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันรักษาได้ดี

2ตลาดเป้าหมายต้องศึกษาความต้องการของลูกค้าเป้าหมาย เพื่อจะได้เลือกบรรจุภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของตลาดหรือกลุ่มลูกค้าการพัฒนาบรรจุภัณฑ ให้สนองกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย จำต้องวิเคราะห์จุดยืนของสินค้าและบรรจุภัณฑ์เทียบกับคู่แข่งขันที่มีกลุ่มเป้าหมายเดียวกัน เช่น ข้อมูลของปริมาณสินค้าที่จะบรรจุ ขนาด จำนวนบรรจุภัณฑ์ต่อหน่วยขนส่ง อาณาเขตของตลาด

3. วิธีการจัดจำหน่าย การจำหน่ายโดยตรงจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคเลย ย่อมต้องการบรรจุภัณฑ์ลักษณะหนึ่ง แต่หากจำหน่ายผ่านคนกลาง เป็นคนกลางประเภทใด มีวิธีการซื้อของเข้าร้านอย่างไร วางขายสินค้าอย่างไร เพราะพฤติกรรมของร้านค้าย่อมมีอิทธิพลต่อโอกาสขายของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ รวมทั้งพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันที่จำหน่ายในแหล่งเดียวกันด้วย

4. การขนส่ง มีหลายวิธีและใช้พาหนะต่างกัน รวมทั้งระยะทางในการขนส่ง ความทนทานและความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ การคำนึงถึงวิธีที่จะใช้ในการขนส่งก็เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบให้เกิดผลเสียน้อยที่สุด รวมถึงความประหยัดและปัจจัยเรื่องสภาพดินฟ้าอากาศด้วย ในปัจจุบันนิยมการขนส่งด้วยระบบตู้บรรทุกสำเร็จรูป

5. การเก็บรักษา (Storage) การเลือกบรรจุภัณฑ์จะต้องพิจารณาถึงวิธีการเก็บรักษา สภาพของสถานที่เก็บรักษา รวมทั้งวิธีการเคลื่อนย้ายในสถานที่เก็บรักษาด้วย

6. ลักษณะการนำไปใช้งาน ต้องนำไปใช้งานได้สะดวกเพื่อประหยัดเวลาแรงงานและค่าใช้จ่าย

7. ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ เป็นปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก และจะต้องคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อยอดขายหรือความสูญเสียค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ด้วย บรรจุภัณฑ์ดีอาจต้องจ่ายสูงแต่ดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ ย่อมเป็นสิ่งชดเชยที่ควรเลือกปฏิบัติ รวมถึงผลการชดเชยในกระบวนการผลิต การบรรจุที่สะดวก รวดเร็ว เสียหายน้อย ทำให้ประหยัดและลดต้นทุนการผลิตได้

8. ปัญหาด้านกฎหมาย บทบัญญัติด้านกฎหมายเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ที่ปรากฏชัดเจนคือ กฎระเบียบและข้อบังคับเกี่ยวกับฉลากการออกแบบกราฟฟิกของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามข้อบังคับนอกจากนี้ยังต้องศึกษาการใช้สัญลักษณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เป็นต้น และกฎระเบียบและข้อบังคับเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์

9. ผลกระทบต่อสังคม ปัญหาที่ยังมิได้รับการแก้ไขอย่างจริงจังคือ ผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยา)Ecology) เกี่ยวกับการทำลายซากของบรรจุภัณฑ์ มูลเหตุที่ต้องมีการพัฒนาบรรจุ

2.4.4 ประเภทลักษณะการออกแบบบรรจุภัณฑ์

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ อาจแบ่งประเภทลักษณะการออกแบบได้ 2 ประเภทคือ

.1การออกแบบลักษณะโครงสร้าง หมายถึง การกำหนดรูปลักษณะ โครงสร้าง วัสดุที่ใช้ตลอดจนกรรมวิธีการผลิต การบรรจุ ตลอดจนการขนส่งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ นับตั้งแต่จุดผลิตจนถึงมือผู้บริโภค

การออกแบบกราฟฟิค หมายถึง .2 การสร้างสรรค์ลักษณะส่วนประกอบภายนอกของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ให้สามารถสื่อสาร สื่อความหมาย ความเข้าใจ)To Communicate) ในอันที่จะให้ผลทางด้านจิตวิทยา (Psychological Effects) ต่อผู้บริโภค และอาศัยหลักศิลปะการจัดภาพให้เกิดความประสานกลมกลืนกันอย่างสวยงาม ตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้

2.4.5 หลักการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์

ในกระบวนการออกแบบโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยต้องอาศัยความรู้และข้อมูลจากหลายด้านการอาศัยความช่วยเหลือจากผู้ชำนาญการบรรจุ (PACKAGING SPECIALISTS) หลาย ๆ ฝ่ายมาร่วมปรึกษาและพิจารณาตัดสินใจ ซึ่งอิงทฤษฎีของ ปุ่น คงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญเกียรติ)2542:71-83) โดยที่ผู้วิจัยจะกระทำหน้าที่เป็นผู้สร้างภาพพจน์)THE IMAGERY MAKER) จากข้อมูลต่าง ๆ ให้ปรากฏเป็นรูปลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์จริง ลำดับขั้นตอนของการดำเนินงาน นับตั้งแต่ตอนเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดจนได้ผลงานออกมาดังต่อไปนี้

1. กำหนดนโยบายหรือวางแผนยุทธศาสตร์)POLICY PERMULATION OR ATRATEGIC PLANNING) เช่น ตั้งวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการผลิต เงินทุนงบประมาณ การจัดการ และการกำหนดสถานะ)SITUATION) ของบรรจุภัณฑ์ ในส่วนนี้ทางบริษัทแด่ชีวิตจะเป็นผู้กำหนด

2. การศึกษาและการวิจัยเบื้องต้น (PRELIMINARY RESEARCH) ได้แก่ การศึกษาข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และวิศวกรรมทางการผลิต ตลอดจนการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นและเกี่ยวข้องสอดคล้องกันกับการออกแบบโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์

3. การศึกษาถึงความเป็นไปได้ของบรรจุภัณฑ์)FEASIBILITY STUDY) เมื่อได้ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้วก็เริ่มศึกษาความเป็นไปได้ของบรรจุภัณฑ์ด้วยการสเก็ต (SKETCH DESING) ภาพแสดงถึงรูปร่างลักษณะ และส่วนประกอบของโครงสร้าง 2-3 มิติ หรืออาจใช้วิธีการอื่น ๆ ขึ้นรูปเป็นลักษณะ 3 มิติ ก็สามารถกระทำได้ ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการเสนอแนวความคิดสร้างสรรค์ขั้นต้นหลาย ๆ แบบ)PRELIMINARY IDFAS) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเทคนิควิธีการบรรจุ และการคำนวณเบื้องต้นตลอดจนเงินทุนงบประมาณดำเนินการ และเพื่อการพิจารณาคัดเลือกแบบร่างไว้เพื่อพัฒนาให้สมบูรณ์ในขั้นตอนต่อไป

4. การพัฒนาและแก้ไขแบบ)DESIGN REFINEMENT) ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องขยายรายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ)DETAILED DESIGN) ของแบบร่างให้ทราบอย่างละเอียดโดยเตรียมเอกสารหรือข้อมูลประกอบ มีการกำหนดเทคนิคและวิธีการผลิต การบรรจุ วัสดุ การ

ประมาณราคา ตลอดจนการทดสอบทดลองบรรจุ เพื่อหารูปร่าง รูปทรงหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการด้วยการสร้างรูปจำลองง่าย ๆ)MOCK UP) ขึ้นมา ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงต้องจัดเตรียมสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อย่างละเอียดรอบคอบเพื่อการนำเสนอ)PRESENTATION) ต่อลูกค้าและผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องให้เกิดความเข้าใจเพื่อพิจารณาให้ความคิดเห็นสนับสนุนยอมรับหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมในรายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเช่น การทำแบบจำลองโครงสร้างเพื่อศึกษาถึงวิธีการบรรจุ และหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ก่อนการสร้างแบบเหมือนจริง

5. การพัฒนาต้นแบบจริง (PROTOTYPE DEVELOPMENT) เมื่อแบบโครงสร้างได้รับการแก้ไขและพัฒนา ผ่านการยอมรับแล้ว ลำดับต่อมาต้องทำหน้าที่เขียนแบบ)MECHANICAL DRAWING) เพื่อกำหนดขนาด รูปร่าง และสัดส่วนจริงด้วยการเขียนภาพประกอบแสดงรายละเอียดของรูปแบบแปลน)PLAN) รูปด้านต่าง ๆ)ELEVATIONS) ทัศนียภาพ)PERSPECTIVE) หรือภาพแสดงการประกอบ (ASSEMBLY) ของส่วนประกอบต่าง ๆมีการกำหนดมาตราส่วน)SCALE) บอกชนิดและประเภทวัสดุที่ใช้มีข้อความ คำสั่ง ที่สื่อสารความเข้าใจกันได้ในขบวนการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ของจริง แต่การที่จะได้มาซึ่งรายละเอียดเพื่อนำไปผลิตจริงดังกล่าวนั้น ผู้ออกแบบจะต้องสร้างต้นแบบจำลองที่สมบูรณ์)PROTOTYPE) ขึ้นมาก่อนเพื่อวิเคราะห์ (ANALYSIS) โครงสร้างและจำแนกแยกแยะส่วนประกอบต่าง ๆ ออกมาศึกษา ดังนั้น PROTOTYPE ที่จัดทำขึ้นมาในขั้นนี้จึงควรสร้างด้วยวัสดุที่สามารถให้ลักษณะและรายละเอียดใกล้เคียงกับบรรจุภัณฑ์ของจริงให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ เช่นอาจจะทำด้วยปูนพลาสเตอร์ ดินเหนียว กระดาษ ฯลฯ และในขั้นนี้ การทดลองออกแบบกราฟฟิคบนบรรจุภัณฑ์ ควรได้รับการพิจารณมร่วมกันอย่างใกล้ชิดกับลักษณะของโครงสร้างเพื่อสามารถนำผลงานในขั้นนี้มาคัดเลือกพิจารณาความมีประสิทธภาพของรูปลักษณ์บรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์

6. การผลิตจริง)production) สำหรับขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของฝ่ายผลิตในโรงงานที่จะต้องดำเนินการตามแบบแปลนที่นักออกแบบให้ไว้ ซึ่งทางฝ่ายผลิตจะต้องจัดเตรียมแบบแม่พิมพ์ของบรรจุภัณฑ์ให้เป็นไปตามกำหนด และจะต้องสร้างบรรจุภัณฑ์จริงออกมาจำนวนหนึ่งเพื่อเป็นตัวอย่าง)PRE- PRODUCTION PROTOTYPES) สำหรับการทดสอบทดลองและวิเคราะห์เป็นครั้งสุดท้าย หากพบว่ามีข้อบกพร่องควรรีบดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการผลิตเพื่อนำไปบรรจุและจำหน่ายในลำดับต่อไป

2.4.6 หลักการออกแบบกราฟฟิค

บรรจุภัณฑ์เป็นตัวแทนของกระบวนการส่งเสริมการขายทางด้านการตลาด ณ จุดขายที่สามารถจับต้องได้ ทำหน้าที่เป็นสื่อโฆษณาได้อย่างดีเยี่ยม ณ จุดขาย รูปทรงของบรรจุภัณฑ์เปรียบได้กับตัวโครงร่างกายของมนุษย์ สีที่ออกแบบบรรจุภัณฑ์เปรียบเสมือนผิวหนังของมนุษย์ คำบรรยายบนบรรจุภัณฑ์เปรียบได้กับปากที่กล่าวแจ้งแถลงสรรพคุณ การออกแบบอาจจะเขียนเป็นสมการอย่างง่าย ๆ ได้ดังนี้ การออกแบบ + คำบรรยาย = สัญลักษณ์ ภาพพจน์ + เนื่องจากการออกแบบภาพพจน์เป็นศิลปะอย่างหนึ่งซึ่งอาจแสดงออกได้ด้วย จุด เส้น สี รูปวาด และรูปถ่าย ผสมผสานกันออกมาเป็นพาณิชย์ศิลป์บนบรรจุภัณฑ์ ด้วยหลักการง่าย ๆ 4 ประการ คือ SAFE ซึ่งมีความหมายว่า

S = Simple หมายถึง เข้าใจง่ายสบายตา
A = Aesthetic หมายถึง มีความสวยงามชวนมอง
F = Function หมายถึง ใช้งานได้ง่าย สะดวก
E = Economic หมายถึง ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ยังมีบทบาทช่วยเสริมกิจกรรมทางด้านการตลาด ดังนี้

1. การใช้โฆษณา บรรจุภัณฑ์จำต้องออกแบบให้จำได้ง่าย ณ จุดขาย หลังจากกลุ่มเป้าหมายได้เห็นหรือฟังโฆษณามาแล้ว ในกลยุทธ์นี้บรรจุภัณฑ์มักจะต้องเด่นกว่าคู่แข่งขันหรือมีกราฟฟิคที่สะดุดตาโดยไม่ต้องให้กลุ่มเป้าหมายมาองหา ณ จุดขาย

2. การเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย ช่องทางการจัดจำหน่ายที่เปลี่ยนแปลงไปอาจจำเป็นต้องมีการออกแบบปริมาณสินค้าต่อหน่วยขนส่งใหม่เพื่อลดค่าใช้จ่าย หรือมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับจุดขายใหม่ การเพิ่มหิ้ง ณ จุดขายที่เรียกว่า POP (Point of Purchase) อาจมีส่วนช่วยส่งเสริมการขายเมื่อเปิดช่องทางการจัดจำหน่ายใหม่

3. เจาะตลาดใหม่ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ในการเจาะตลาดใหม่หรือกลุ่มเป้าหมายใหม่ ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนตราสินค้าใหม่อีกด้วย

4. ผลิตภัณฑ์ใหม่ ถ้าผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นสินค้าที่เกี่ยวเนื่องกับสินค้าเก่า เช่น เปลี่ยนจากการขายกล้วยตากแบบเก่า เพิ่มผลิตภัณฑ์ใหม่มาเป็นกล้วยตากชุบน้ำผึ้ง อาจใช้บรรจุภัณฑ์เก่าแต่เปลี่ยนสีใหม่เพื่อแสดงความสัมพันธ์กับสินค้าเดิมหรืออาจใช้เทคนิคของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ยูนิฟอร์มดังจะกล่าวต่อไปในบทนี้ แต่ในกรณีที่เป็นสินค้าใหม่ถอดด้ามจำต้องออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่หมด แต่อาจคงตราสินค้าและรูปแบบเดิมไว้เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้ากลุ่มที่เคยเป็นลูกค้าประจำของสินค้าเดิม

5. การส่งเสริมการขาย จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ เพื่อเน้นให้ผู้บริโภคทราบว่ามีการเพิ่มปริมาณสินค้า การลดราคาสินค้า หรือการแถมสินค้า รายละเอียดบนบรรจุภัณฑ์ย่อมมีส่วนช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคมีความอยากซื้อมากขึ้น

6. การใช้ตราสินค้า เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีเพื่อสร้างความทรงจำที่ดีต่อสินค้าบรรจุภัณฑ์ที่มีตราสินค้าใหม่ควรจะได้รับการออกแบบใหม่ด้วยการเน้นตราสินค้า รายละเอียดในเรื่องนี้จะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อตราสินค้า

7. เปลี่ยนขนาดหรือรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ โดยปกติสินค้าแต่ละชนิดมีวัฏจักรชีวิตของตัวมันเอง)Product Life Cycle) เมื่อถึงวัฏจักรชีวิตช่วงหนึ่ง ๆ จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนโฉมของบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุของวัฏจักร ในบางกรณี การเปลี่ยนขนาดอาจเกิดจากนวัตกรรมใหม่ทางด้านบรรจุภัณฑ์ เช่น การเลือกใช้วัสดุใหม่จึงมีการเปลี่ยนรูปทรงหรือขนาด ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุใดก็ตามมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่เพื่อรักษาหรือขยายส่วนแบ่งการตลาด

2.4.7 องค์ประกอบการออกแบบบรรจุภัณฑ์

รายละเอียดหรือส่วนประกอบบนบรรจุภัณฑ์จะแสดงออกถึงจิตสำนึกของผู้ผลิตสินค้าและสถานะ (Class) ของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสามารถขยับเป็นสื่อโฆษณาระยะยาว ส่วนประกอบที่สำคัญบนบรรจุภัณฑ์อย่างน้อยที่สุด เมื่อมีการเก็บข้อมูลของรายละเอียดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วจึงเริ่มกระบวนการออกแบบด้วยการเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับมาเป็นกราฟฟิกบนบรรจุภัณฑ์ จุดมุ่งหมายทั่ว ๆ ไปในการออกแบบมีดังนี้

1. เด่น)Stand Out) ภายใต้สภาวะการแข่งขันอย่างรุนแรง ตัวบรรจุภัณฑ์จำต้องออกแบบให้เด่นสะดุดตา)Catch the Eye) จึงจะมีโอกาสได้รับความสนใจจากกลุ่มเป้าหมายเมื่อวางประกบกับบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่ง เทคนิคที่ใช้กันมาคือ รูปทรงและขนาดซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์หรืออาจใช้การตั้งตราสินค้าให้เด่น

2. ตราภาพพจน์และความแตกต่าง)Brand Image Differentiate) เป็นความรู้สึกที่จะต้องก่อให้เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายเมื่อมีการสังเกตเห็น แล้วจูงใจให้อ่านรายละเอียดบนบรรจุภัณฑ์การออกแบบตราภาพพจน์ให้มีความแตกต่างนี้ เป็นวิธีการออกแบบที่แพร่หลายมากดังได้บรรยายไว้ในหัวข้อทฤษฎีตราสินค้าตราสินค้า (Brand)

3. ความรู้สึกร่วมที่ดี การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ซื้อเกิดความรู้สึกที่ดีต่อศิลปะที่ออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยรวม เริ่มจากการก่อให้เกิดความสนใจด้วยความเด่นเปรียบเทียบรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อจูงใจให้ตัดสินใจซื้อ และจบลงด้วยความรู้สึกที่ดีที่สามารถสนองต่อความต้องการของผู้ซื้อได้ จึงก่อให้เกิดการตัดสินใจซื้อ ความรู้สึกอยากเป็นเจ้าของและอยากทดลองสินค้าพร้อมบรรจุภัณฑ์นั้น

2.4.8 ประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์

1. การป้องกัน)Protection) เช่น กันน้ำ กันความชื้น กันแสง กันแก๊ส เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ ด้านทานมิให้ผลิตภัณฑ์แปรสภาพไม่แต่ไม่ฉีกขาดง่าย ปกป้องให้สินค้าอยู่ในสภาพใหม่สดอยู่ในสภาวะแวดล้อมของตลาดได้ในวงจรยาว โดยไม่แปรสภาพขนานแท้และดั้งเดิม

2. การจัดจำหน่ายและการกระจาย)Distribution) เหมาะสมต่อพฤติกรรมการซื้อขายเอื้ออำนวยการแยกขาย ส่งต่อ การตั้งโชว์ การกระจาย การส่งเสริมจูงใจในตัว ทนต่อการขนย้ายขนส่ง และการคลังสินค้า ด้วยต้นทุนสมเหตุสมผล ไม่เกิดรอยขูดขีด ชำรุด ตั้งแต่จุดผลิตและบรรจุจนถึง / / ผู้ใช้ / มือผู้ซื้อ ผู้บริโภค ทนทานต่อการเก็บไว้นานได้

3. การส่งเสริมการจำหน่าย)Promotion) เพื่อยึดพื้นที่แสดงจุดเด่น โชว์ตัวเองได้อย่างสะดุดตา สามารถระบุแจ้งเงื่อนไข แจ้งข้อมูลเกี่ยวกับการเสนอผลประโยชน์เพิ่มเติมเพื่อจูงใจผู้บริโภค เมื่อต้องการจัดรายการเพื่อเสริมพลังการแข่งขัน ก็สามารถเปลี่ยนแปลงและจัดทำได้สะดวกควบคุมได้และประหยัด

4. การบรรจุภัณฑ์กลมกลืนกับสินค้า และกรรมวิธีการบรรจุ)Packaging) เหมาะสมทั้งในแง่การออกแบบ และเพื่อให้มีโครงสร้างเข้ากับขบวนการบรรจุ และเอื้ออำนวยความสะดวกในการหิ้ว – ถือกลับบ้าน ตลอดจนการใช้ได้กับเครื่องมือการบรรจุที่มีอยู่แล้ว หรือจัดหามาได้ ด้วยอัตราความเร็วในการผลิตที่ต้องการ ต้นทุนการบรรจุภัณฑ์ต่ำหรือสมเหตุสมผล ส่งเสริมจรรยาบรรณและ

รับผิดชอบต่อสังคม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและอยู่ในทำนองคลองธรรมถูกต้องตามกฎหมายและพระราชบัญญัติต่าง ๆ

5. เพิ่มยอดขาย เนื่องจากในตลาดมีสินค้าและคู่แข่งเพิ่มขึ้นตลอดเวลา หากบรรจุภัณฑ์ของสินค้าใดได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี จะสามารถดึงดูดตา ดึงดูดใจผู้บริโภคและก่อให้เกิดการซื้อในที่สุด รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิต

2.5 การทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

2.5.1 Disc diffusion techniques เปนวิธีที่นยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นวิธีซึ่งสามารถปฏิบัติงาย สะดวก และรวดเร็ว รวมทั้งสามารถให้ผลที่แนนอนและถูกตอง การทดสอบวิธีนี้ใชหล ักการแพร โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เติมลงบนกระดาษกรอง)filter paper disc) ซึ่งวางบนผิวหนาอาหารเลี้ยง เชื้อที่ได้เพาะเลี้ยงจุลินทรียท ี่ใชในการตรวจสอบไว จะแพรจากจุดเริ่มตนไปในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น เมื่อระยะทางที่สารแพรออกไปเพิ่มขึ้น ความเขมขนของสารนั้นจะลดลง ทำให้เกิดความแตกตางของ ความเขมขนของสาร ณ จุดตางๆกันรอบแผนกระดาษกรอง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์บนผิวของอาหาร เลี้ยงเชื้อที่ไมถูกยับยั้ง โดยสารออกฤทธิ์ความเขมขนของสารที่จุดใดๆ ไกล) กระดาษกรอง (ก็จะเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นจนเห็นได้ชัด แตบร ิเวณใกลกระดาษกรองซึ่งมีความเขมขนของสารมากพอที่จะ ยับยั้งเชื้อได จะไมมีการเจริญของเชื้อให้เห็นจึงเกิดเป็นโซนใส) inhibition zone) ขึ้นอัตราการแพรของ สารออกฤทธิ์ผานไปในอาหารเลี้ยงเชื้อมีอิทธิพลตอขนาดเสนผานศูนยกลางของโซนใส ซึ่งจะบอกถึง ความสามารถของสารที่นำมาทดสอบวาสามารถยับยั้งเชื้อได้มากนอยเพียงใด ผลการยับยั้งจุลินทรีย์ วัดได จากขนาดของโซนใสโดยขนาดเสนผานศูนยกลางของโซนใสจะแปรผกผันกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย)Minimal Inhibitory Concentration หรือ MIC)

2.5.1.1 การเตรียมแบคทีเรียที่ใชทดสอบ ใชแบคทีเรียที่มีอายุไมเกิน 24 ชั่วโมง และความเข้มข้นของเชื้อที่ใชตองในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ในปริมาณ 105 – 107 เซลล์ต่อมิลลิลิตร วิธีการทำมี ดังตอไปนี้

1) เขี่ยโคโลนีของเชื้อที่ตองการทดสอบที่เพาะเลี้ยงไวในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี อายุประมาณ 24 ชั่วโมง มาประมาณ 2-3 โคโลนีนำมาใสในอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไวในหลอด ทดสอบปริมาตรหลอดละ 2 มิลลิลิตร

2) นำหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อในขอ 1) ไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซียลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3) นำเชื้อจากขอ 2) มาเจือจางให้ได จำนวนแบคทีเรีย 105 – 107 เซลล์ตอมิลลิลิตร โดยเจือจางดวยอาหารเลี้ยงเชื้อแลวนำไปวัดความขุนให้ได คาการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เทากับ 5

2.1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ในการทดสอบนี้จะใชอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยวิธี Agar diffusion โดยใช อาหาร Plate count agar (PCA)

2.1.3 การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์

1) เขียนที่จานอาหารแข็ง เพื่อระบุตำแหน่งที่จะวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิลิตร ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง

ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของตำแหน่งที่จะวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิลิตร ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง

2) วิธีเพาะแบคทีเรียลงบนอาหารทดสอบ ใช้ไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อชุบแบคทีเรียที่ปรับความขุ่นไว้โดยมีปริมาณเชื้อประมาณ 10_5 – 10_7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แล้วบิดให้แห้งพอหมาด ๆ กับข้างหลอดทดลอง จากนั้นทำการ swab ให้ทั่วบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยลากเส้นผ่านศูนย์กลาง จานเพาะเลี้ยงเชื้อแล้วป้ายเป็นเส้นตั้งฉากผ่านเส้นที่ลากไว้ถี่ ๆ ให้ทั่วผิวหน้าแล้วหมุนจานเพาะเชื้อ ไปประมาณ 60 องศา แล้วป้ายเช่นกันทำเช่นนี้ 3 ครั้ง เพื่อให้แบคทีเรียกระจายสม่ำเสมอทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 นาทีเพื่อให้ส่วนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง

3) การทดสอบสารสกัด โดยใช้กระดาษกรองปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ใช้ปากคีบ (forceps) คีบกระดาษวางบนจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ข้างต้นแล้วกดเบาๆ มาวางที่ตำแหน่งที่กำหนดไว้

4) หยดตัวอย่างสารสกัดกก และผักตบชวาจากส่วนต่างๆ เช่น ต้น ดอก ใบ และราก ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่จะทดสอบวางใส่ลงแผ่นกระดาษกรอง คนละตำแหน่งตามลำดับตำแหน่งละ 10 ไมโครลิตร รวมทั้งหยดตัวทำละลายนั้นๆ เป็น control โดยใช้ automatic pipette ที่ปราศจากเชื้อ เสร็จแล้วนำจานเพาะเชื้อที่นี้ไปเลี้ยงที่ 35 - 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของบริเวณที่ไม่มีแบคทีเรียขึ้น (inhibition zone) โดยวัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

5) การอ่านผล

เมื่อบ่มเชื้อจนครบ 16 -18 ชั่วโมง แล้ว ให้วัดขนาดของโซนใสที่เกิดขึ้น โดยวัดจากขอบโซนข้างหนึ่งไปยังขอบโซนอีกข้างหนึ่ง โดยให้ผ่านจุดศูนย์กลางของ paper disc ด้วย บันทึกหน่วยเป็นมิลลิเมตร (ขอบโซนที่วัดต้องเป็นโซนที่ชัด ถ้ามีเชื้อขึ้นบางๆ ให้ถือว่าบริเวณนั้นยังมีปริมาณยาหรือสารสกัดชีวภาพสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้

ขนาดของโซนใส (Inhibition zone; มิลลิลิตร) = (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ paper disk และ โซนใสของเชื้อ) ลบด้วย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ paper disk (6 มิลลิลิตร)

$$\text{อัตราส่วนของ inhibition zone} = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใสของเชื้อ}}{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ negative control}}$$

2.5.2 Broth Dilution Technique

2.5.2.1 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ Minimal inhibitory concentration (MIC) การทดสอบหาความไวของแบคทีเรียต่อยาปฏิชีวนะโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ละเอียดวิธีหนึ่ง ซึ่งได้จากการทดสอบวิธีนี้จะทำให้ทราบทั้ง MIC และ MLC (Minimal lethal concentration) ของยาปฏิชีวนะนั้นๆ กับแบคทีเรียซึ่งทำการทดสอบหลักการโดยทั่วไปของวิธีนี้คือ การเลี้ยงแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวซึ่งมียาปฏิชีวนะในปริมาณต่างๆกันผสมอยู่ด้วย และสังเกตการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมียาปฏิชีวนะในปริมาณต่างๆ กัน การทดสอบหาความไวของแบคทีเรียต่อยาปฏิชีวนะโดยวิธี broth dilution technique นี้สามารถทำได้ทั้ง macro broth dilution technique และ micro broth dilution technique ในที่นี้ทำการทดสอบโดยวิธี Macro broth dilution technique

1.1 การเตรียมแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบต้องอยู่ในระยะที่เซลทุกๆ เซลพร้อมที่จะ เจริญเติบโตหรือแบ่งเซลล์ได้ ควรเป็นแบคทีเรียที่มีอายุไม่มากนัก โดยทั่วไปใช้แบคทีเรียที่มีอายุไม่มากกว่า 24 ชั่วโมง วิธีการเตรียมมีดังต่อไปนี้

1. เขี่ยโคโลนีของเชื้อที่ต้องการทดสอบที่เพาะเลี้ยงไว้ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอายุประมาณ 24 ชั่วโมง เขี่ยโคโลนีมาประมาณ 4 - 5 โคโลนี นำมาใส่ในอาหารเหลวที่เหมาะสมเขย่าเพื่อให้เชื้อกระจายตัวออกจากกัน

2. นำหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อในข้อ (1) ไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง โดยเจือจางด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปวัดความขุ่นให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เท่ากับ 5

1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ในการทดสอบนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy broth

1.3 การเตรียมสารสกัดกก และผักตบชวา ที่ใช้ในการทดสอบ โดยนำสารที่สกัดได้ทุกตัวอย่างนำมาละลายในตัวทำละลายนั้นๆให้ได้ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

1.4 การปฏิบัติการทดสอบการศึกษาความไวต่อสารสกัดกก และผักตบชวา ด้วยวิธี Macro broth dilution technique

1. นำหลอดทดลองขนาด 13 x 100 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อและทำให้แห้ง จำนวน 12 หลอด เขียนหมายเลขกำกับไว้ที่หลอด

2. ใช้ปิเปตดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ (broth) ใส่ลงในหลอดที่ 2 - 12 หลอดละ 1 มิลลิลิตร

3. ใช้ปิเปตดูดสารสกัดลงในหลอดที่ 1 และ 2 หลอดละ 1 มิลลิลิตร ผสมสารในหลอดที่ 2 ให้เข้ากัน

4. ใช้ไปเปตดูดสารในหลอดที่ 2 หลอด จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดที่ 3

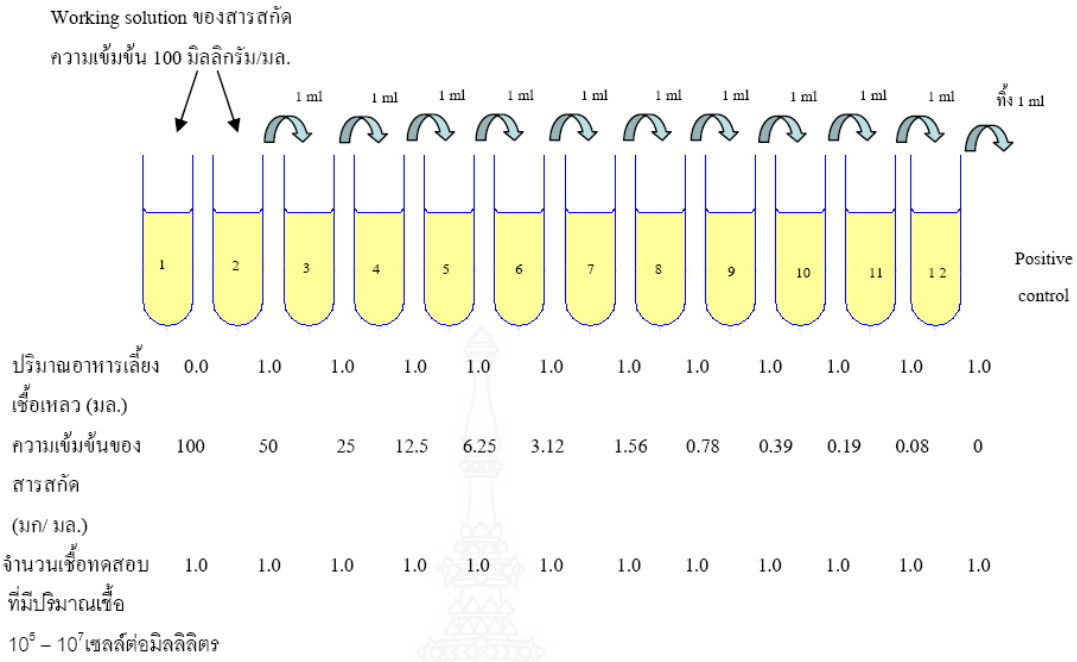
5. ทำซ้ำในข้อ (4) ไปจนถึงหลอดที่ 11 ดังแผนภาพที่ 8 (เปลี่ยนไปเปตทุกครั้งที่เปลี่ยนหลอด) เมื่อผสมสารละลายในหลอดที่ 11 ให้เข้ากันได้ดีแล้วให้ใช้ไปเปตดูดสารละลายทิ้งไป 1 มิลลิลิตร หลอดที่ 12 จะมีแต่อาหารเลี้ยงเชื้อเพียงอย่างเดียวไม่มีสารสกัด จึงใช้เป็น positive control

6. เติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ลงไปในทุกหลอด จำนวนหลอดละ 1 มิลลิลิตร

7. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 16 - 18 ชั่วโมง

1.5 การอ่านผลการหา Minimum Inhibitory Concentration (MIC) เมื่อบ่มเชื้อจนครบ 16 -18 ชั่วโมง แล้ว ให้สังเกตหลอดสุดท้ายที่ไม่มีจุลินทรีย์เจริญหรืออาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดไม่ขุ่น อ่านปริมาณของสารทดสอบของหลอดนี้เป็นค่า MIC ของ บันทึกหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิเมตร

ค่า MIC คือ ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของยาปฏิชีวนะที่ใช้ทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทดสอบได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะของแผนภูมิสรุปขั้นตอนการปฏิบัติสำหรับ Macro broth dilution technique

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Charu Gupta และคณะ)2008(ในศึกษานี้ ทำการศึกษาน้ำมันเกี่ยวกับต้นไม้ลำต้นอ่อน, สิ่งซึ่งถูกซื้อจากตลาดภายในของบริเวณ Meerut ที่จะศึกษาบทบาทของเขาทั้งหลายเป็นตัวขัดขวางการเกิดโรคของอาหาร ของน้ำมันสกัดของอบเชยซึ่งจำเป็นเท่านั้น และน้ำมันกานพลูที่แสดงระยะกว้างของกิจกรรม เพราะถูกปฏิบัติตามโดยสะระแหน่ และน้ำมันต้นยูคาลิพตัส ได้ค่า MIC (inimum inhibitory concentration) น้ำมันอบเชยมีค่า (MIC) of 1.25% (v/ v) , น้ำมันกานพลู มีค่า (MIC(2. 5% (v/ v) เพราะฉะนั้นสารสกัดน้ำมันเหล่านี้มีศักยภาพถูกใช้เป็นอาหาร biopreservatives

Jittra Limsong และคณะ มีจุดประสงค์ของการวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบตัว (2004) ขัดขวางของน้ำมันดิบแยกจากสมุนไพรจำนวนหนึ่งบน เชื้อStreptococcus mutans (S. mutans) ATCC 25175 และ TPF 1-ในสมุนไพร ตัว คือ ชาสีดำ 6, ต้นฝรั่ง(Psidium guajava); Harrisonia perforata และ ไซลับ โดยแยกความเข้มข้น %50และ %95

O. Peter Snyderการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในอาหาร ทั้ง (1997) , อบเชย , หอม , ปีที่ผ่านมา และการยับยั้งเชื้อด้วย กระเทียม 10 แกรมบวกและแกรมลบในระยะเวลาซึ่งการเกิดเชื้อแบคทีเรียนี้จะเกิ กานพลู และเครื่องเทศอื่นๆดกับอาหารประเภทเดียวกับอาหารหมักดองน้ำ และอาหารที่ , ข้าว และ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ หรืออาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีน , ขนมปัง ,

มีความเค็ม โดยมีการสังเกตว่าสมุนไพรและเครื่องเทศตัวใดที่มีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด และจากการทดลองพบว่า มีเครื่องเทศบางชนิดที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งกลิ่นหืนของอาหารได้

ดวงกมล แต้มช่วย และคณะ ได้ทำการทดสอบสารสกัดของบัวบกและแว่นแก้วด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ hexane, ethanol และน้ำ ในการต้านเชื้อต่อ Staphylococcus aureus (S. aureus ATCC 25923) จากผล TLC พบสาร asiatic acid ในสารสกัดหยาบของบัวบกที่สกัดด้วย hexane และ ethanol พบสาร asiaticoside ในสารสกัดหยาบบัวบกที่สกัดด้วย ethanol และน้ำ และไม่พบสารทั้งสองกลุ่มในสารสกัดหยาบของแว่นแก้ว การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อโดยวิธี disc diffusion พบว่าสารสกัดหยาบด้วยน้ำของบัวบกให้ผลดีในการยับยั้งเชื้อโดยมีขนาด inbition zones 6.54 ถึง 17.72 มิลลิเมตร การทดสอบหาค่า minimum inhibitory concentration (MIC) และ minimum bactericidal concentration (MBC) โดยวิธี agar dilution พบว่าสารสกัดหยาบด้วยน้ำของผงใบบัวบกมีฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อได้อยู่ระหว่าง 3 ถึง 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบด้วยน้ำของบัวบกมีฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อได้อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสรุปได้ว่าสารสกัดหยาบของบัวบกมีฤทธิ์ต้านต่อเชื้อ Staphylococcus aureus โดยเฉพาะเมื่อสกัดด้วยน้ำ

พนมพร ภาณุทัต และ สาวิตรี วทัญญูไพศาล ทำการศึกษาพืชเครื่องเทศและสมุนไพรไทยจำนวน 19 ชนิด ถูกคัดเลือกมาศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียโดย agardiffusion method พบว่ามีเพียงหัวหอม กระเทียม พริก หมาก และใบฝรั่งที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย Escherichia coli และ Staphylococcus aureus เมื่อนำพืชเครื่องเทศและสมุนไพรดังกล่าวทั้งในรูปสารสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์มาศึกษาเพิ่มเติมกับเชื้อแบคทีเรียอีก 5 ชนิด พร้อมทั้งหาค่า MIC พบว่าสารสกัดจากหมากและใบฝรั่งมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดที่แตกต่างจากสารสกัดจากกระเทียม ค่า MIC ของสารสกัดจากหมากและใบฝรั่งอยู่ระหว่าง 62.5-500 มก./มล. ต่อมาจึงได้ทดสอบการผสมสารสกัดระหว่างกระเทียมกับหมาก และกระเทียมกับใบฝรั่งเพื่อดูขีดความสามารถในการเพิ่มจำนวนสายพันธุ์แบคทีเรียที่มีผลยับยั้ง พบว่าสารสกัดผสมมีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้มากสายพันธุ์ขึ้นและไม่มีผลขัดขวางประสิทธิภาพซึ่งกันและกัน นอกจากนั้นสารสกัดใบฝรั่งที่ผ่านความร้อนแล้วยังคงคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรีย

อรัญญา มิ่งเมือง (2007) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของขนมไทย 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วกวน ฝอยทอง ทองเอก และปุยฝ้าย โดยบรรจุขนมใน 3 สภาวะ คือ A สภาวะบรรยากาศ ปกติ B สภาวะปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้แก๊สผสม CO2 20% และ N2 80% และ C สภาวะปรับสภาพ บรรยากาศ โดยใช้แก๊สผสม CO2 60% และ N2 40% วัดคุณภาพระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความเป็นกรดด่างของขนมทั้ง 4 ชนิด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บในทุกสภาวะ ($p > 0.05$) คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอมรับได้จนกระทั่งขนมเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้ ในสภาวะ A ถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้าย มีอายุการเก็บเพียง 3 วัน ส่วนฝอยทองมีอายุการเก็บเป็น 10 วัน อายุการเก็บสิ้นสุดเนื่องจากเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้ สภาวะ C ซึ่งใช้แก๊สที่มีปริมาณ CO2 สูงมีประสิทธิภาพดีในการยืดอายุการเก็บขนมทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง โดยยืดอายุการเก็บของถั่วกวน ทองเอก และ ปุยฝ้ายเป็น 10 วัน ยืดอายุการเก็บของฝอยทองเป็นมากกว่า 28 วัน

หทัยรัตน์ ปิ่นแก้ว และคณะ ขนมไทย (2549) เป็นเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมอย่างหนึ่งของคนไทย ซึ่งบ่งบอกถึงภูมิปัญญาของคนไทย ซึ่งขนมไทยนี้ประกอบด้วยแป้ง ไข่ และน้ำตาล เป็นส่วนมาก ส่วนประกอบเหล่านี้ทำให้ขนมไทยมีความชื้นสูง เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่าย จึงมักพบปัญหาในเรื่องอายุ การเก็บรักษาที่สั้น ดังนั้นจึงได้มีการวางแนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพด้านอายุการเก็บรักษาของขนมไทย โดยทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยในกระบวนการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ศึกษาชนิดและปริมาณของสารพอลิไฮดริกซ์แอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการผลิตขนมฝอยทอง โดยดัดแปลงใส่สารพอลิไฮดริกซ์แอลกอฮอล์ 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล (ในส่วนที่เป็นน้ำเชื่อม) ซึ่งในแต่ละชนิดจะใส่ในอัตราส่วนของน้ำตาลทรายต่อพอลิไฮดริกซ์แอลกอฮอล์ 5 อัตราส่วน คือ 100:10, 100:20, 100:30, 100:40 และ 100:50 จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การเติมซอร์บิทอลในอัตราส่วนของน้ำตาลทรายต่อซอร์บิทอล 100:30 มีผลทำให้ค่า Aw ลดลงจาก 0.918 เป็น 0.767 และได้รับความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด จากนั้นศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่พัฒนาได้ พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีสารดูดซับออกซิเจน และปิดผนึกแบบสุญญากาศ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฝอยทอง ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาจาก 3 วัน (ตัวอย่างควบคุม) เป็น 14 วัน โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สุภลัคน์ พานโชติ และคณะ (2557) ได้กล่าวว่า หมาก เป็นพืชพื้นเมืองที่ถูกนำมาใช้ในการบริโภค อุปโภค และอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง ทำยารักษาโรค เป็นต้น ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลหมากในส่วนต่างๆ 4 ส่วนได้แก่ เปลือกหมากดิบ เปลือกหมากสุก เมล็ดหมากดิบ และเมล็ดหมากสุก ที่สกัดด้วยวิธีแช่เย็นเป็นเวลา 6 ชั่วโมงโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 50% เป็นตัวสกัด และทดสอบกับจุลินทรีย์ 5 ชนิดคือ *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Candida albicans* จากการศึกษาพบว่าสารสกัดที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ สารสกัดจากเมล็ดหมากดิบ และสารสกัดจากเมล็ดหมากสุก โดยสามารถยับยั้งได้เฉพาะกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก เมื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งได้ พบว่าสารสกัดจากเมล็ดหมากดิบมีค่า 1.56% ของสารสกัดหยาบและสารสกัดจากเมล็ดหมากสุกมีค่า 3.12% ของสกัดจากเมล็ดหมากสุก จากนั้นทำการตรวจเอกลักษณ์ของสารสกัดโดยวิธีโครมาโตกราฟีผิวบาง พบว่าสารสกัดที่ได้จากเมล็ดหมากสุกและดิบมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน แต่แตกต่างกับสารสกัดที่ได้จากเปลือกหมากสุกและดิบซึ่งมีองค์ประกอบที่เหมือนกันและแตกต่างจากสารมาตรฐาน epicatechin catechin tannic acid และ gallic acid ทั้งนี้สรุปได้ว่าสารที่มีในเมล็ดหมากอาจมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียแกรมบวกได้ ซึ่งไม่ใช่สารมาตรฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารกันเสียในเครื่องสำอางหรือเสริมประสิทธิภาพของสารกันเสียที่ใช้อยู่เดิมได้

กัลทิมา พิชัย (2555) ได้กล่าวว่า การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สารสกัดจากพืชในพื้นที่สะลวง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ควบคุมการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum* sp. ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก ทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากพืช 12 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กระเทียม ข่า ขมิ้น ดีปลี พลู พลูคาว ฟ้าทะลายโจร มะกรูด ส้มป่อย สะระแหน่ และสาบเสือ โดยทาการสกัดด้วยเอทา

นอล 95 เปอร์เซ็นต์และน้ากลั่น ทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี poisoned food technique โดยผสมสารสกัดในอาหาร PDA ที่ความเข้มข้น 1,000, 2,000, และ 3,000 ppm พบว่าสารสกัดจากข่าให้ผลในการยับยั้งดีที่สุดทั้งที่สกัดด้วยเอทานอลที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 99.39, 96.08 และ 95.13 ตามลาดับ และน้ากลั่นที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 61.02, 62.73 และ 63.09 ตามลาดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาแนวทางงานวิจัย เรื่อง การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร เป็นการศึกษาคุณสมบัติของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ และนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และเพื่อให้การศึกษาบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานไว้ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3.2 สร้างเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล
3.3 ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
3.4 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง
3.5 ดำเนินการออกแบบและขึ้นรูปตัวอย่างบรรจุภัณฑ์
3.6 สรุปผลการวิจัย

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ทางวิชาการของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร นี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปเป็นข้อมูลเสริมสำหรับการงานวิจัยในด้านต่าง ๆ เช่น เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , สารสกัดสมุนไพร, กระบวนการผลิตกระดาษ , บรรจุภัณฑ์อาหาร , การทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย , งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลทั้งภาคเอกสาร ภาคสื่ออิเล็คทรอนิคส์ และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

3.2 สร้างเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 วัสดุ-อุปกรณ์ ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณลักษณะและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพเยื่อกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง
4. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์

3.2.2 แบบการวิจัย การศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ของกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง เพื่องานบรรจุภัณฑ์อาหาร ดังนี้

ตัวแปรต้น คือ กระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์

3.3 ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

3.3.1 วิธีการดำเนินการทดลอง

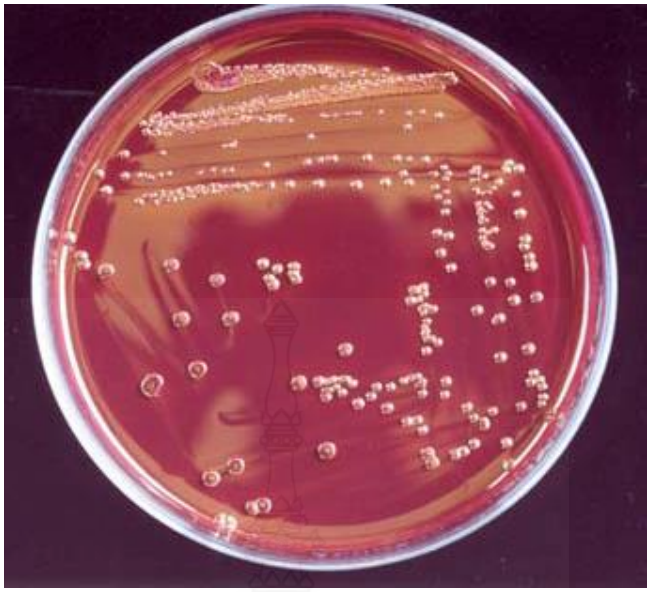
วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตกระดาษผสมสารสกัดสารจากใบฝรั่งกับเยื่อกระดาษ การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด และการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหาร

ขั้นตอนที่ 1 ผลิตกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง โดยการผสมสารสกัดจากใบฝรั่งกับเยื่อกระดาษ ทั้งหมด วิธี คือ 3

1. เยื่อกระดาษที่ใช้ คือ เยื่อคราฟท์
2. ผสมสารสกัดใบฝรั่งในเยื่อกระดาษก่อนขึ้นแผ่นในอัตราส่วนต่างๆ
3. เคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งที่แผ่นกระดาษในอัตราส่วนต่างๆ

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

2.1 ทดสอบโดยวิธี poisoned food technique โดยเตรียมอาหาร PDA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วผสมสารสกัดพืชในอาหาร PDA ให้ได้ความเข้มข้น 1,000, 2,000และ 3,000 ppm จากนั้นเทอาหารที่ผสมสารสกัดลงในจานเลี้ยงเชื้อ ในส่วนของชุดเปรียบเทียบจะไม่ผสมสารสกัด หลังจากผิวหน้าของอาหารที่ผสมสารสกัดและชุดเปรียบเทียบแห้งสนิท น้าชิ้นวุ้นที่ได้จากการใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะเส้นใยรอบโคโลนีเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน วางลงบนผิวหน้าอาหารที่ผสมสารสกัดจากพืช น้าเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ท้าการทดลอง 5 ซ้า ตรวจผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยทุก 24 ชั่วโมง จนชุดควบคุม (PDA ปกติที่ไม่ได้ผสมสารสกัดสมุนไพร) เต็มจานเลี้ยงเชื้อ นำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Gamliel.,1989 อ้างโดย ปริศนา วงค์ล้อม, 2548)



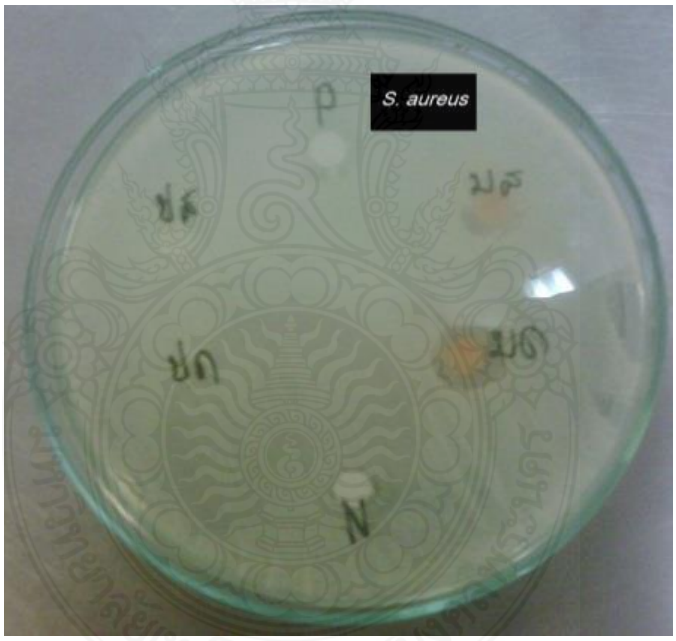
ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะของ Colony of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* on synthetic media (Endo agar)

ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของ Colony of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* on synthetic media (Nutrient glucose agar)

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อ = 100 – (r2 / R2 × 100)
r = รัศมีเฉลี่ยของโคโลนีรา ใน PDA + ผลสารสกัดใบฝรั่ง (ชุดทดสอบ)
R = รัศมีเฉลี่ยของโคโลนีรา ใน PDA (ชุดควบคุม)

2.2 การทดสอบฤทธิ์ยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากสารสกัดใบฝรั่งโดยวิธี Disc Diffusion

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลิทรีย์จากสารสกัดใบฝรั่ง โดยวิธี Disc diffusion เปรียบเทียบกับ Positive control ที่เป็นยาปฏิชีวนะ ดังนี้ แบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus* ใช้ อีริโธมัยซิน (erythromycin) 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) และใช้ negative control เป็นสารละลายเอทานอล (ethanol) 50% จากผลการทดสอบ พบว่าสารสกัดใบฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ โดยให้ฤทธิ์การต้านเชื้อ คือ 11.33 และ 10.00 ม.ม. ต่อ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)



ภาพที่ 3.3 การยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี disc diffusion
หมายเหตุ: (P) positive control (N) negative control

จากผลการทดลองข้างต้นกล่าวว่าสารสกัดจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งเฉพาะจุลินทรีย์แกรมบวก มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ผู้วิจัยศึกษาสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล 95% จากพืชที่ใช้เป็นไม้ประดับในประเทศไทย พบว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แกรมบวกได้เท่านั้น (Naiyana Tangjai & Suriya Rutatip, 2009) เมื่อนำไปสกัดสารสำคัญที่พบในพืชจะได้สารสำคัญที่แตกต่างกันด้วย ส่งผลให้ได้ผลทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

2.3 การทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) โดย Broth Dilution Technique

การทดสอบหาค่า MIC เป็นค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดที่ใช้ทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี Broth dilution technique โดยใช้สารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยังการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์นั้นคือ สารสกัดจากใบฝรั่ง โดยทดสอบสารสกัดดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* จากการทดลองพบว่าค่า MIC ของสกัดจากใบฝรั่ง มีค่าเท่ากับ 1.56% ของสารสกัดหยาบของใบฝรั่ง

จากผลการศึกษาซึ่งพบว่าสารสกัดจากใบฝรั่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แกรมบวก เกิดจากกลไกของการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นสามารถแบ่งออกได้หลายกลไก ซึ่งสารที่ใช้ยับยั้งบางชนิดสามารถยับยั้งได้แบบ Board spectrum คือยับยั้งจุลินทรีย์หลายประเภท หรืออาจจะเป็นกลุ่มที่เรียกว่ายับยั้งแบบ Narrow spectrum คือยับยั้งได้เฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มเดียวหรือสายพันธุ์เดียว แบคทีเรียแบ่งออกได้เป็นแบคทีเรียแกรมบวก และแบคทีเรียแกรมลบ โดยส่วนประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือในแบคทีเรียแกรมบวกนั้น มีลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มี Peptidoglycan อยู่ชั้นนอกสุด ส่วนแบคทีเรียแกรมลบนั้นมีเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก ที่เป็น Phospholipid สาร Peptidoglycan เป็นสารที่ทำให้แบคทีเรียแกรมลบทนได้ดีต่อสภาวะต่าง ๆ ดังนั้นในการเลือกใช้สารที่มายับยั้งการเจริญจึงจำเป็นต้องเลือกสารที่มีกลไกยับยั้งที่เหมาะสมกับเชื้อจุลินทรีย์ด้วย เพื่อให้ทราบถึงกลไกอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในภายหลัง

3.4 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองกระดาษผสมสารสกัดจากใบฝรั่ง

3.4.1 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติในการวิจัยใช้รูปแบบการจัดลำดับคุณภาพค่าคะแนน)Rating Scale (

ค่าเฉลี่ย)Mean(

เกณฑ์การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง ระดับความเห็นสอดคล้องมากที่สุด

3.50 ค่าเฉลี่ย–4.49 หมายถึง ระดับความเห็นสอดคล้องมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง ระดับความเห็นสอดคล้องปานกลาง

1.50 ค่าเฉลี่ย–2.49 หมายถึง ระดับความเห็นสอดคล้องน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง ระดับความเห็นสอดคล้องน้อยที่สุด

1. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค้านวณจากสูตรดังนี้

คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{N}$$

เมื่อ χ = ค่าเฉลี่ยของการยับยั้งเจริญของสารสกัดใบฝรั่ง
n = จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
∑xi = ผลรวมของการยับยั้งการเจริญของสารสกัดใบฝรั่ง

2. การคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation ; S.D)
คำนวณได้จากสูตร

$$S.D = \sqrt{\sum \frac{(xi - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

เมื่อ S.D = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n = จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
∑xi = ผลรวมของการยับยั้งการเจริญของสารสกัดใบฝรั่ง
χ = ค่าเฉลี่ยของการยับยั้งเจริญของสารสกัดใบฝรั่ง

3.4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว) One Way ANOVA(ที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 ($P < 0.05$)

3.4.3 วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงบรรยาย

บทที่ 4
อภิปรายผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของการทดลองสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่ง

ค่า pH

= 5.4±0.02

ปริมาณกรด(%กรดซิตริก)

= 1.2±0.1

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด (mg gallic acid/g)

= 63.1±1.9

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยวิธี paper disc diffusion บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส (cm.) เท่ากับ 1.3±0.5

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดข้างต้นพบว่า สารสกัดจากใบฝรั่งมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ได้ระดับนึง เนื่องจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ความเป็นกรดอยู่ระดับปานกลาง จึงสามารถทำให้เซลล์ตายลงและยังมีส่วนในการยับยั้งการสังเคราะห์สารต่างๆภายในเซลล์เช่น อาร์เอ็นเอ, ดีเอ็นเอ, โปรตีน รวมทั้งขัดขวางการขนส่งสารต่างๆในเซลล์ทำให้เซลล์ตายลง

4.3 อภิปรายผล

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลิทรีย์จากสารสกัดใบฝรั่ง โดยวิธี Disc diffusion เปรียบเทียบกับ Positive control สารสกัดจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งเฉพาะจุลินทรีย์แกรมบวก มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ผู้วิจัยศึกษาสารสกัดที่สกัดใบฝรั่ง พบว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แกรมบวกได้เท่านั้น (Naiyana Tangjai & Suriya Rutatip, 2009)

การทดสอบหาค่า MIC สารสกัดจากใบฝรั่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แกรมบวก เกิดจากกลไกของการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นสามารถแบ่งออกได้หลายกลไก ซึ่งสารที่ใช้ยับยั้งบางชนิดสามารถยับยั้งได้แบบ Board spectrum คือยับยั้งจุลินทรีย์หลายประเภท หรืออาจจะเป็นกลุ่มที่

เรียกว่ายับยั้งแบบ Narrow spectrum คือยับยั้งได้เฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มเดียวหรือสายพันธุ์เดียว แบคทีเรียแบ่งออกได้เป็นแบคทีเรียแกรมบวก และแบคทีเรียแกรมลบ โดยส่วนประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือในแบคทีเรียแกรมบวกนั้น มีลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มี Peptidoglycan อยู่ชั้นนอกสุด ส่วนแบคทีเรียแกรมลบนั้นมีเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก ที่เป็น Phospholipid สาร Peptidoglycan เป็นสารที่ทำให้แบคทีเรียแกรมลบทนได้ดีต่อสภาวะต่าง ๆ ดังนั้นในการเลือกใช้สารที่มายับยั้งการเจริญจึงจำเป็นต้องเลือกสารที่มีกลไกยับยั้งที่เหมาะสมกับเชื้อจุลินทรีย์ด้วย เพื่อให้ทราบถึงกลไกอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในภายหลัง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็น การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ เพื่อให้การศึกษาบรรลุวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลการวิจัย การอภิปรายและข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ

2. เพื่อประเมินคุณภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ

3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

1. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

2. คุณภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ อยู่ในระดับดี

3. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ โดยมีระดับความพึงพอใจในเกณฑ์มากขึ้นไป

5.1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตร 4 ปี สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตร 4 ปี สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม จำนวน 100 คน

ตัวแปรตาม คือ คะแนนระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

เนื้อหาบทเรียน การวิจัยครั้งนี้ เป็นการออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยได้เน้นเนื้อหาด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อสิ่งแวดล้อม

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหา เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ว่าด้วยหลักการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็น 10 หน่วย

แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการพัฒนา หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง หลักการเขียนแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กระดาษ

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

5.1.5 ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์ด้านตัวอักษร มีระดับคะแนนเหมาะสมมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.91 การวิเคราะห์ด้านภาพนิ่ง มีระดับคะแนนเหมาะสมมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.15 การวิเคราะห์ด้านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ มีระดับคะแนนเหมาะสมมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.78 จากผลการวิเคราะห์ พบว่า คุณภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ผลสรุปรวมของการวิเคราะห์ความพึงพอใจส่วนของเนื้อหา มีระดับคะแนนความพึงพอใจมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 การวิเคราะห์ความพึงพอใจส่วนของตัวอักษร มีระดับคะแนนความพึงพอใจมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28 การวิเคราะห์ด้านภาพนิ่งด้านตัวอักษร มีระดับคะแนนความพึงพอใจมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48 การวิเคราะห์ความพึงพอใจส่วนของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มีระดับคะแนนความพึงพอใจมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.10 จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม โดยมีระดับความพึงพอใจในเกณฑ์ความพึงพอใจมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ถือว่าเป็นสื่อการเรียนรู้ ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้แบบเอกัตภาพของแต่ละบุคคล หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นเปรียบเสมือนผู้ช่วยสอน ทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดการเรียนได้เองไม่เกิดอาการเบื่อหน่าย เป็นการเสริมแรงให้กับผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีภาพกราฟิก ภาพนิ่ง โดยการสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบนี้ได้อาศัยแนวคิดแบบเชื่อมโยง สิ่งเร้ากับผู้เรียน จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้เรียนด้วยหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะมีความรู้เพิ่มขึ้น

ควรจะมีการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากนักศึกษาที่เรียนบทเรียนที่มีความยาวเมื่อมีสิ่งเร้าเข้ามารบกวนก็จะทำให้สมาธิเสียได้ง่ายจึงต้องเรียนซ้ำใหม่ นักเรียนส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีสื่อการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย ที่นักศึกษาสามารถเลือกเรียนในลักษณะหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ แบบนี้ในรายวิชาอื่นๆ มากกว่าร้อยละ 90

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มลิทอง. (2548)**. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสื่อการสอน .** [Online]. Available HTTP: http:// www. comedumcru.th.gs/web-c/omedumcru/untitled.html

นิวัฒน์ มาตย์นอก. (2551). **การจัดทำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์.** [Online]. Available HTTP: http://www. thaigoodview.com/node/17807

มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). **การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Courseware Design and Development for CAI).** ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วรรณาพร จันทเรนทร์. (2550). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนระหว่างบทเรียน e-Learning กับการเข้าฟังบรรยาย**. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. [Online]. Available HTTP: http://dcms. thailis.or.th/dcms

วิชิต เทพประสิทธิ์. (2550). **หลักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน** [Online]. Available HTTP: http://www.ideaasset.com/index.php/ edtech/ 2009- 05-28- 21-57-08/53-2009-06-07-09-27-14.html

วุทธิศักดิ์ โภชนุกูล. (2551). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ Electronic Book (e-Book)**. [Online]. Available HTTP: http://www. pochanukul. com/ wp- content/uploads/2007/12/ebook.pdf

ศิริชัย นามบุรี. (2550). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้กิจกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์และบทเรียนสำเร็จรูปอิเล็กทรอนิกส์ในสภาพแวดล้อมแบบอีเลิร์นนิ่งผ่านโปรแกรม Moodle**. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สรชัย พิศาลบุตร. (2553). **การทำวิจัยในชั้นเรียน**. พิมพ์ครั้งที่ 4 : กรุงเทพมหานคร. วิทยพัฒน์.

สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา, (2550). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542**. [Online]. Available HTTP: http://www.ratchakitcha.soc.go.th /DATA/PDF/2542 /A/074/ 1.PDF

อารยะ ศรีกัลยาณบุตร.(2550). **การออกแบบสิ่งพิมพ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1 : กรุงเทพมหานคร. วิสคอมเซ็นเตอร์. Jajalove. (2550).“Assignment1::E-book สื่ออิเล็กทรอนิกส์ใหม่ แห่งวงการหนังสือ”. **Uncategorized**, กุมภาพันธ์ 20, 2010

Krumali.maeai.com. (2008). Electronic Book . [Online]. Available HTTP: http://krumali. maeai.com/ebook/ebook_01.html

ภาคผนวก

ก. ประวัติผู้วิจัย

ข. กระบวนการทดลอง

ภาคผนวก ก.
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย (1)

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** นางสาวธัญญธร อินทร์ท่าฉาง
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Tanyatron Intachang
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3 1201 00902 79 4
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ (พนักงานราชการ)
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)**

   คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
   โทรศัพท์ 0 2281 9231-4 ต่อ 6304-5 โทรสาร 0 2282 8572
   e-Mail : yui_intachang@hotmail.co.th
5. **ประวัติการศึกษา**
   2543 วท.บ (ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**
   สาขาวิชาการ เทคโนโลยีสารสนเทศและนิเทศศาสตร์
   กลุ่มวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -
   หัวหน้าโครงการวิจัย : การศึกษาผลของคุณภาพเยื่อกระดาษเส้นใยพืชที่มีผลต่อระบบการพิมพ์พื้นทะลุ เพื่องานบรรจุภัณฑ์
   : การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม
   งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การศึกษาผลของคุณภาพเยื่อกระดาษเส้นใยพืชที่มีผลต่อระบบการพิมพ์พื้นทะลุ เพื่องานบรรจุภัณฑ์
   : การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม
   งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ประวัติคณะผู้วิจัย (2)

1. นามสกุล (ภาษาไทย) **นางสาวศรีสุดา ภู่แย้ม**
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Srisuda Phooyam
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **1 3099 00041 66 1**
3. ตำแหน่งปัจจุบัน **อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)**
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
   โทรศัพท์ 0 2281 9231-4 ต่อ 6304-5 โทรสาร 0 2282 8572
   E-mail : sornlada@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

   2554 สถ.ม. (นวัตกรรมอาคาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
   2550 สถ.บ. (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   สาขาวิชาการ : -
   กลุ่มวิชา : -
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่า เป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -
   หัวหน้าโครงการวิจัย : การออกแบบห้องน้ำสำหรับคนพิการทางการเห็น
   งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -
   งานวิจัยที่กำลังทำ : การออกแบบห้องน้ำสำหรับคนพิการทางการเห็น

ประวัติคณะผู้วิจัย (3)

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** นายพีรัฐ ลิมปาภรณ์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Peeratt Limpaporn
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3 1005 00257 76 4
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)**

   คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
   โทรศัพท์ 0 2281 9231-4 ต่อ 6304-5 โทรสาร 0 2282 8572
   e-Mail : smingsao@hotmail.com
5. **ประวัติการศึกษา**

2546	ปริญญาโททางศิลปะ (M.F.A.) มหาวิทยาลัยแห่งรัฐแคลิฟอร์เนียเมืองนอร์ทริดจ์ รัฐ แคลิฟอร์เนีย (California state University, Northridge)
2541	ปริญญาตรีทางศิลปะ (B.F.A.) วิทยาลัยศิลปะและการออกแบบโอทิส รัฐ แคลิฟอร์เนีย (Otis College of Art and Design)

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**
   สาขาวิชาการ วิจิตรศิลป์ (Fine Art)
   กลุ่มวิชา ศิลปะแนวใหม่ (New genres)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย	:	-
หัวหน้าโครงการวิจัย	:	ความคิดเห็นของผู้บริโภคระหว่างความสวยงามและการใช้งาน ของผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ (ผลวิจัยนี้จะสนับสนุนหลักสูตรการสอนวิชาการยศาสตร์)
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว	:	ความคิดเห็นของผู้บริโภคระหว่างความสวยงามและการใช้งาน ของผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ (ผลวิจัยนี้จะสนับสนุนหลักสูตรการสอนวิชาการยศาสตร์)

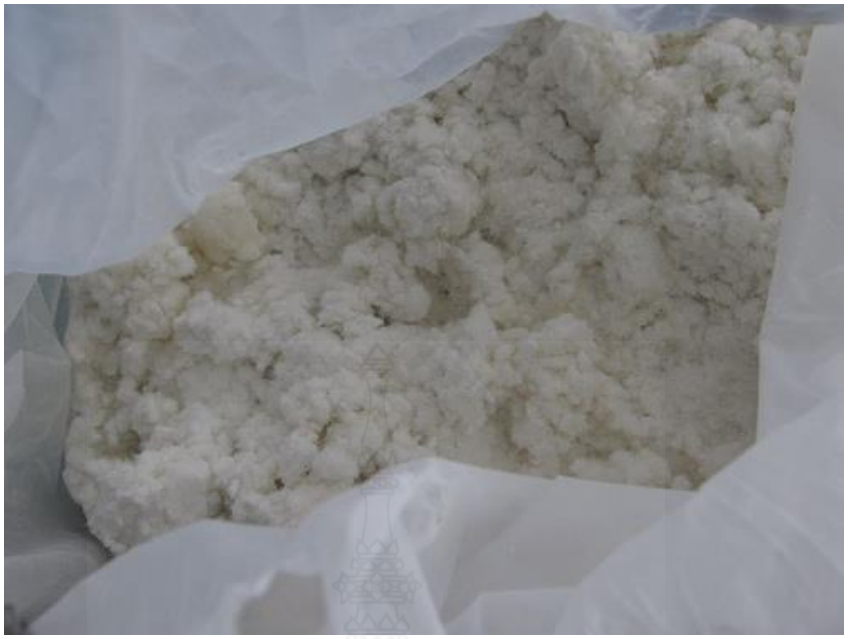
ภาคผนวก ข.
กระบวนการทดลอง

ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

1. กระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษ

ภาพที่ ข.1 แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษ

ภาพที่ ข.2 แสดงลักษณะการผสมสารสกัดใบฝรั่งกับเยื่อกระดาษ



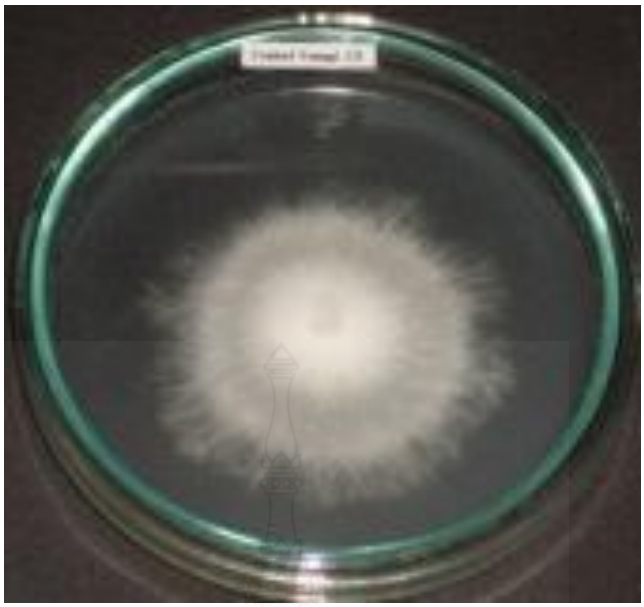
ภาพที่ ข.3 แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง

ภาพที่ ข.4 แสดงลักษณะการขึ้นเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง

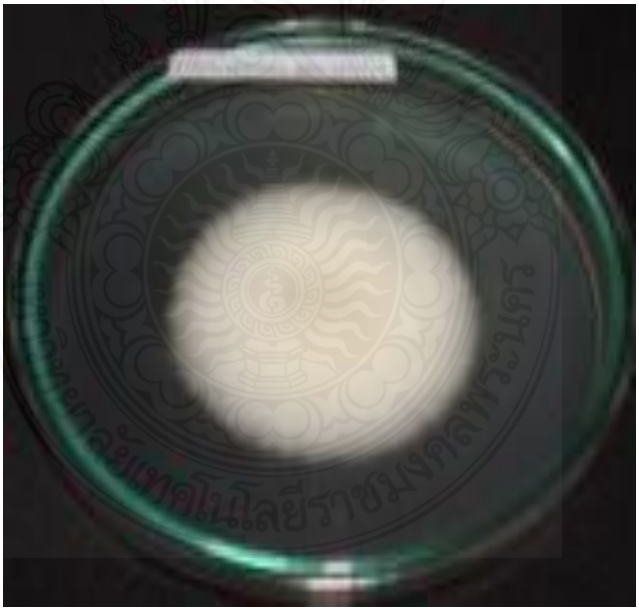
ภาพที่ ข.5 แสดงลักษณะของเยื่อกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง

2. กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ

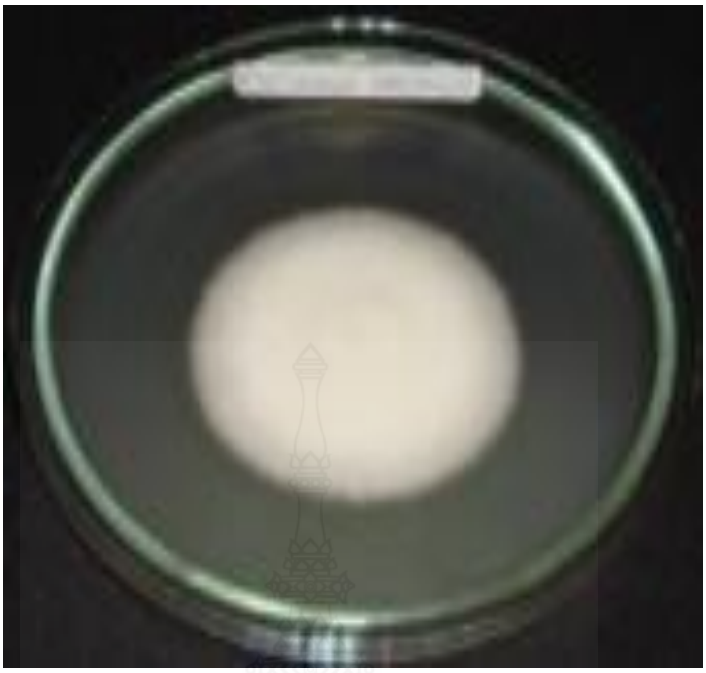
ภาพที่ ข.6 แสดงลักษณะของกระดาษเคลือบสารสกัดใบฝรั่ง



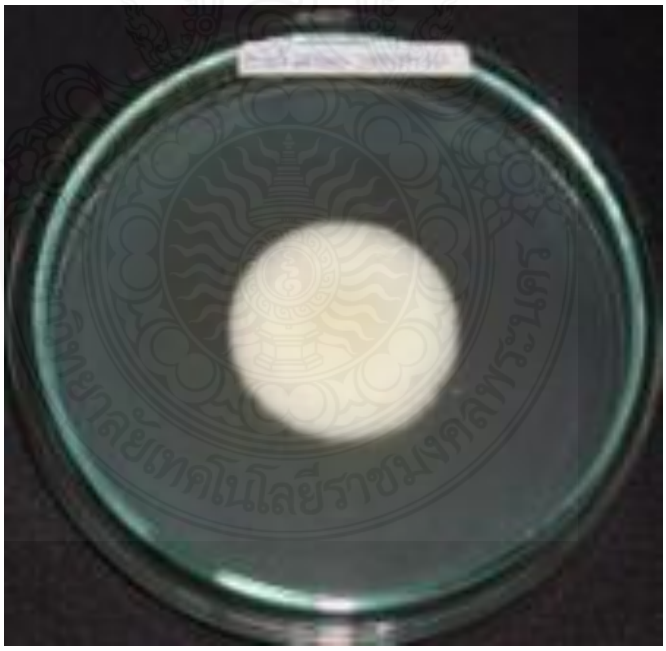
ภาพที่ ข.7 แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 1



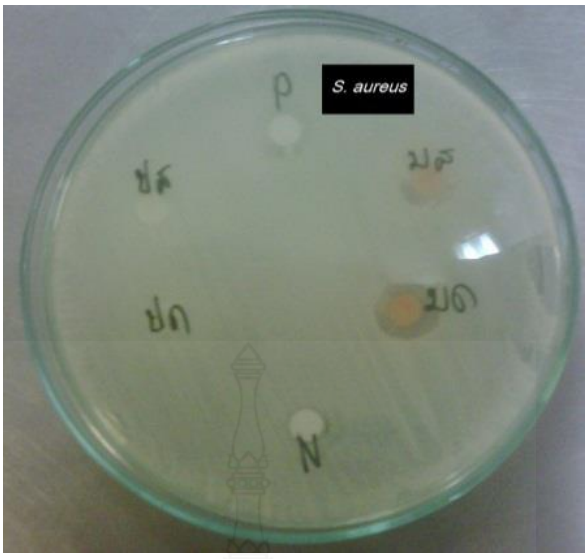
ภาพที่ ข.8 แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 2



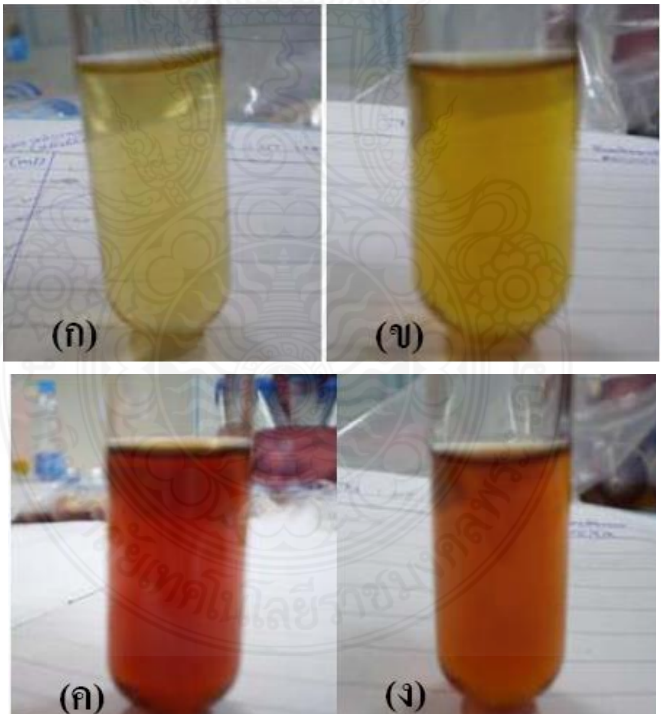
ภาพที่ ข.9 แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 3



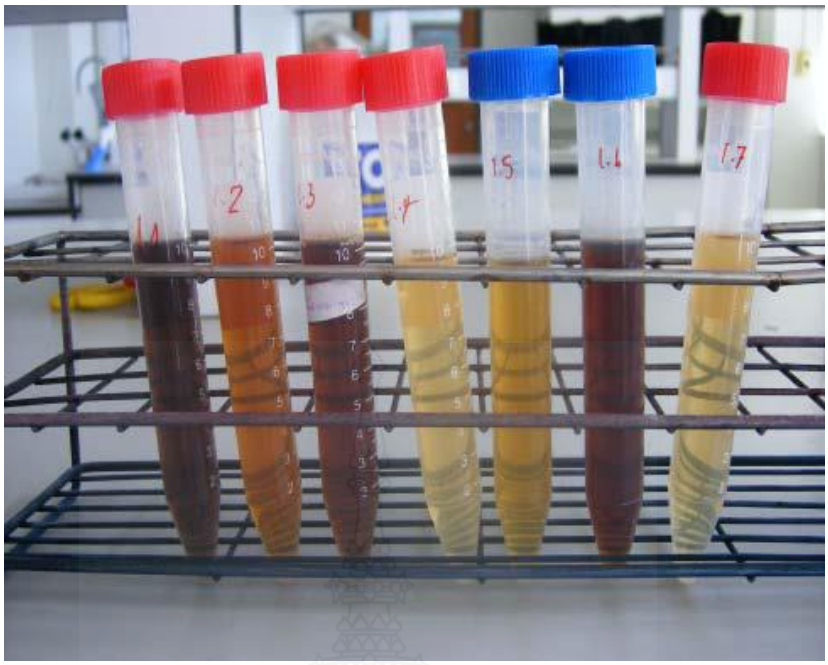
ภาพที่ ข.10 แสดงลักษณะของการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบฝรั่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ระยะที่ 4



ภาพที่ ข.11 แสดงลักษณะของการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี disc diffusion



ภาพที่ ข.12 แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่งในปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกัน



ภาพที่ ข.13 แสดงลักษณะของการทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC)

ภาพที่ ข.14 แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-1

ภาพที่ ข.15 แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-2

ภาพที่ ข.16 แสดงลักษณะของสารสกัดจากใบฝรั่ง 1-3

ภาพที่ ข.17 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 1

ภาพที่ ข.18 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 2

ภาพที่ ข.19 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 3-2

ภาพที่ ข.20 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 3-1

ภาพที่ ข.21 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 4-1

ภาพที่ ข.22 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 4-2

ภาพที่ ข.23 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 5

ภาพที่ ข.24 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 6

ภาพที่ ข.25 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 7

ภาพที่ ข.26 แสดงลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากกระดาษผสมสารสกัดใบฝรั่ง แบบที่ 8