



รายงานผลการวิจัย
ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช

เรื่อง

การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียน
ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาคูและผลิตภัณฑ์อาหาร

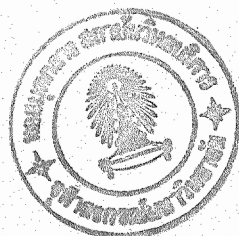
โดย

สุนันท์ พงษ์สามารถ
เรวดี ชรรมอุปกรณ์
ธิตีรัตน์ ปานม่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย



การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียน
ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ขาน้ำและผลิตภัณฑ์อาหาร

The Studies of Carbohydrate Substance from Durian Rind
for Pharmaceutical Liquid Preparations and Food Products

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. สุนันท์ พงษ์สามารถ
รองศาสตราจารย์ เรวดี ธรรมอุปกรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อิติรัตน์ ปานม่วง

คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธันวาคม 2532

23 ก.พ. 2543

18549433

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช ปีงบประมาณ 2532

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ช่วยในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่

1. ศูนย์เครื่องมือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography Inductively Coupled Plasma Spectrometer Scanning Electron Microscope และ Elemental Analyzer

ขอขอบคุณบุคคลากรช่วยการใช้เครื่องมือ คือ คุณสุนันท์ รังษีกาญจน์ส่อง คุณอุทัย ดิขวิสุทธิศรี คุณนฤประวัติ เงินวิจิตร และคุณอัมพร อึ้งปกรณ์แก้ว

2. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รศ.ดร. ชัยยุทธ ชัยพิทยากุล ในความอนุเคราะห์การใช้เครื่องวัด gel strength

3. สถาบันค้นคว้าพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คุณวารุณี วารัญญาหนท์ ในความอนุเคราะห์การใช้สมุดเทียบสี Munsell Book of Chart

4. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขในการวิเคราะห์ arsenic

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนในการเตรียม
ผลิตภัณฑ์ขาน้ำและผลิตภัณฑ์อาหาร

สุนันท์ พงษ์สามารถ เรวดี ธรรมอุปกรณ
และ ธิติรัตน์ ปานม่วง

ธันวาคม 2532



บทคัดย่อ

สารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียน (*Durio zibethinus* Linn.) สกัดได้เป็น crude fraction (F I) โดยการตกตะกอน aqueous extract ของเปลือกทุเรียนสดด้วย 60% alcohol ส่วน purified fraction (F II) เป็นการทำให้บริสุทธิ์ โดยการตกตะกอนซ้ำด้วย alcohol ของ crude extract ที่ได้จากการตกตะกอน acid-alcohol ของ aqueous extract จากเปลือกทุเรียนสด สามารถสกัดได้ 2.18% F I และ 1.03% F II ตามลำดับ สารสกัดเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นของแข็ง เป็นผงมีรูปร่างไม่แน่นอน พบทั้งลักษณะกลมและคล้ายไฟเบอร์ จากการดูด้วยกล้อง Scanning electron microscope F I มีสีน้ำตาลอ่อน ส่วน F II เป็นผงสีขาวนวล สารที่สกัดได้ มีกลิ่นเฉพาะ มีรสเปรี้ยวอมขม F II ที่เตรียมโดยวิธี Spray Dried จะได้ผงสีขาว ไม่มีรสขม มีลักษณะคล้ายฟองอากาศกลมกลวง เมื่อดูด้วยกล้อง Scanning electron microscope ผงของสารสกัดเปลือกทุเรียนจะพองตัวได้ในน้ำให้เป็นของเหลวขึ้นหิมิตมี pH เป็นกรดที่ 5.8 ± 0.8 ใน F I และที่ 3.8 ± 0.2 ใน F II ตามลำดับ สารละลาย 3% ของ F I และ F II มีความหนืด 130.6 cps และ 207.6 cps ตามลำดับ จากการวัดด้วยเครื่อง Cone/Plate Viscometer ใช้ Cone # CP.41 ที่ rate of shear 50 rpm. ที่อุณหภูมิ 30 °ซ สารละลายของ F I ไม่ใสมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วน F II จะเป็นของเหลวใสไม่มีสี

ส่วนประกอบทางเคมีของสารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นคาร์โบไฮเดรต การวิเคราะห์ธาตุพบมีคาร์บอน 19.33% ไฮโดรเจน 2.72% ใน F I และมีคาร์บอน 22.89% ไฮโดรเจน 3.24% ใน F II ตามลำดับ ไม่พบมีไนโตรเจน

เลข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดเปลือกทุเรียน แสดงคุณสมบัติ เป็นสารคาร์โบไฮเดรตกับ Molisch's test และ Anthrone's test แสดง ปฏิกริยาของสาร glycuronate กับ Tollen's naphthorescinol แสดง ปฏิกริยาการเกิดเจลของสาร polyuronide กับสารละลายโลหะหนักและแอลกอฮอล์ แสดงปฏิกริยาของสาร polysaccharide เกิดสีม่วงแดงกับน้ำยาไอโอดีน ไม่พบการเกิดปฏิกริยา reducing sugar กับ Fehling's test ของสารสกัด เปลือกทุเรียน แต่จะพบได้ในสารละลายที่ได้หลังจากทำ acid-hydrolysis ของ F I หรือ F II เท่านั้น ซึ่งจะสูญเสียปฏิกริยาการเกิดสีกับไอโอดีนแล้ว สายยาวของ polysaccharide ของสารสกัดเปลือกทุเรียนจะถูกย่อยได้โดย amylase ของน้ำลายเป็นโมเลกุลสั้นลงจนไม่เกิดสีกับไอโอดีน อย่างไรก็ตามการ ย่อยด้วยเอนไซม์ amylase เกิดได้ไม่สมบูรณ์จนเป็นน้ำตาลโมเลกุลอิสระ หรือ เกิดปฏิกริยาของ reducing sugar

ส่วนประกอบของน้ำตาลใน polysaccharide ของสารสกัดเปลือก ทุเรียนได้ตรวจหาด้วยเครื่อง HPLC พบว่า F I ประกอบด้วย สาร monosaccharide 4 ชนิด ซึ่งตรงกับน้ำตาลมาตรฐาน rhamnose, arabinose, fructose และ glucose ในอัตราส่วน 2:2:1:18 ส่วน F II ประกอบด้วยสาร monosaccharide 3 ชนิดที่ตรงกับน้ำตาลมาตรฐาน rhamnose, arabinose, และ glucose ในอัตราส่วน 1:1:3

การวิเคราะห์แร่ธาตุในสารสกัดเปลือกทุเรียนพบมีปริมาณของโปแตสเซียม 5.64% ใน F I และ 2.21% ใน F II มีแคลเซียม 0.70% ใน F I และ 1.02% ใน F II พบมีโซเดียมและแมกนีเซียม 4.21% และ 0.29% ใน F I และมี 1.38% และ 0.80% ใน F II ตามลำดับ แร่ธาตุอื่น ๆ ได้แก่ อลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส ซิลิกอน สังกะสี และทองแดง พบในปริมาณต่ำ ตะกั่วมี น้อยกว่า 0.08 ppm ไม่พบมีสารหนู (arsenic) อยู่เลย

ได้ศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในยาน้ำแขวนตะกอนและอิมัลชัน พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนใช้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนเปรียบ เทียบกับตำรับมาตรฐานที่ทดลองได้แก่ Kaolin Mixture with Pectin NF XIII, Barium Sulfate Suspension และ Trisulfa Suspension การ

ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในตำรับ Calamine Lotion เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับมาตรฐาน BP 1988, USP XXII จะไม่เหมาะสม เมื่อตั้งทิ้งไว้ตัวยาจับเป็นก้อน ไม่กระจายตัวสารสกัด F II พบว่าใช้ประโยชน์ได้ดีเป็นสารทำอิมัลชันเสริมในตำรับยาน้ำอิมัลชันที่ทดลอง ได้แก่ Liquid Paraffin Emulsion BP 1988. Mineral Oil Emulsion USP XXII และ Cod Liver Oil Emulsion ได้ตำรับยาที่มีเนื้อยาขาวขึ้นและมีความคงตัวดีขึ้น

สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ใช้ได้ผลดีในการเตรียมอาหารพวกแยมและเยลลี่ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อนุ่มใสเป็นประกายและไหวตัวดี สามารถใช้ F II น้อยกว่าเพคติน 3 เท่าในตำรับแยมและเยลลี่ F II ยังใช้ได้ผลที่น่าพอใจช่วยให้มีเนื้อขึ้นขึ้นในการช่วยเตรียมตำรับน้ำสลัดและมายองเนส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Studies of Carbohydrate Substance from Durian Rind
for Pharmaceutical Liquid Preparation and Food Products

Sunanta Pongsamart Rawadee Dhumma-upakorn
and Titirat Panmaung

December 1989

ABSTRACT

Carbohydrate extracts from Durian (Durio zibethinus Linn.) rind were isolated. Crude fraction (F I) was precipitated in 60% alcohol of aqueous extract from fresh Durian rind (mesocarp). Purified fraction (F II) was purified by alcohol re-precipitation of aqueous crude extract from acid-alcohol precipitation of aqueous extract from fresh Durian rind. The yield of 2.18% F I and 1.03% F II were obtained, respectively. Durian rind extracts were solid, amorphous powder, round and fiber-like shape were seen under scanning electron microscope. F I was light-brown in color, F II was creamy-white powder. The extracts had specific odor, sour and bitter taste. F II prepared by spray dried method was white fine powder, no-bitter taste, bubble-like shape was seen under scanning electron microscope. Powder of the extracts swelled in water giving viscous liquid with acid pH, at 5.8 ± 0.3 for F I and at 2.8 ± 0.2 for F II, respectively. Three percent solution of F I and F II appeared viscosity of 130.6 cps and 207.6 cps, respectively; measured by Cone/Plate Viscometer, Cone # CP-41, rate of shear 50 rpm. at 30°C. The solution of F I

was not clear, pale-brown liquid, F II was clear, colorless liquid.

Chemical composition of Durian rind extract was carbohydrate. Elemental analysis revealed 19.33% carbon (C), 2.72% hydrogen (H) in F I and 22.89% C, 3.24% H in F II, respectively. Nitrogen (N) was not existed in the extracts. Chemical analysis of Durian rind extracts showed carbohydrate reaction with Molisch's test and Anthrone test, glycuronate reaction with Tollen's naphthoresorcinol, gel formation of polyuronide reaction with heavy metal solution and alcohol, purple-red color of polysaccharide reaction with iodine solution. No reducing sugar test of the extracts with Fehling's test was observed. However, this test was observed in the solution from acid-hydrolysis of F I or F II which was already lost their color test with iodine. Long chain polysaccharide of the extracts was hydrolysed by saliva amylase to become short chain molecule that gave no color with iodine. However, digestion with enzyme amylase was not complete to give monosaccharide or reducing sugar test.

Sugar components in polysaccharide of Durian rind extracts were identified by HPLC technique. F I composed of 4 monosaccharides identical to standard rhamnose, arabinose, fructose and glucose in 2:2:1:18 ratio. F II composed of 3 monosaccharides indential to standard rhamnose, arabinose and glucose in 1:1:3 ratio.

Mineral analysis of Durian rind extracts revealed high contants of potassium 5.64% in F I and 2.21% in F II,

calcium 0.70% in F I and 1.02% in F II. Sodium and magnesium were found 4.21% and 0.29% in F I, 1.38% and 0.80% in F II, respectively. Other elements such as aluminum, iron, manganese, silicon, zinc and copper were also found in low concentration. Lead was found less than 0.08 ppm. Arsenic was not observed.

Uses of Durian rind extracts in suspension and emulsion were studied. Durian rind extracts was satisfactorily used in suspension in comparison to standard preparation such as Kaolin Mixture with Pectin NF XIII, Barium Sulfate Suspension and Trisulfa suspension. Calamine Lotion was not suitable to use Durian rind extracts as suspending agent in comparison to standard preparation in BP 1988 and USP XXII. Caking occurred during storage. F II appeared to be useful auxiliary emulsifying agent in emulsion such as Liquid Paraffin Emulsion BP 1988., Mineral Oil Emulsion USP XXII and Cod Liver Oil Emulsion. Better white texture and stability received.

Durian rind extracts fraction F II, exhibited good results in food preparation such as jam and jelly, giving products texture soft, clear, and quivering on shaking. F II was used three times less than pectin for jam and jelly. F II was used satisfactorily, giving body of products texture, in preparation of salad dressing and mayonnaise.

สารบัญ

หน้า

ชื่อเรื่องและชื่อผู้วิจัย.....	i
กิตติกรรมประกาศ.....	ii
บทคัดย่อภาษาไทย.....	iii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	vi
สารบัญ.....	ix
รายการตารางประกอบ.....	xiv
รายการภาพประกอบ.....	xix
บทนำ.....	1
/ ขาน้ำแขวนตะกอน.....	3
สารแขวนตะกอน.....	4
ขาน้ำอิ้มลั่น.....	8
สารทำอิ้มลั่น.....	10
ความคงตัวของอิ้มลั่น.....	12
การประเมินผลของตำรับอิ้มลั่น.....	13
ผลิตภัณฑ์อาหาร.....	14
แยม.....	14
เยลลี่.....	14
การทดสอบคุณภาพของแยมและเยลลี่.....	15
น้ำสลัด.....	18
ความคงตัวของน้ำสลัด.....	20
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	21
วัสดุและวิธีวิจัย.....	22
วัสดุ.....	22
สารตัวอย่าง.....	22
สารเคมี.....	22
สารเตรียมอาหาร.....	23
ผลไม้แต่งกลิ่นรส.....	23

	หน้า
วิธีวิจัย.....	24
การเก็บตัวอย่าง.....	24
วิธีสกัดสารและการทำให้บริสุทธิ์.....	24
Alcohol extraction.....	24
Acid-alcohol extraction.....	25
การเตรียมผงสารสกัดเปลือกทุเรียนโดยวิธี Spray Dried.....	26
การทดสอบและการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือก ทุเรียน.....	27
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของธาตุ.....	27
การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี.....	27
การวิเคราะห์แร่ธาตุ.....	28
การวิเคราะห์ Arsenic.....	29
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล.....	29
การวิเคราะห์ Total Carbohydrate.....	30
การหาปริมาณความชื้น.....	30
การหาปริมาณเถ้า.....	31
การหาปริมาณเส้นใยอาหาร.....	31
การทดสอบการย่อยด้วยเอนไซม์.....	32
การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ.....	33
การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนตะกอน.....	33
การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารแขวน ตะกอน.....	34
การศึกษาความเข้ากันได้ (compatibility) กับสาร ต่าง ๆ ของสารแขวนตะกอน.....	35
การศึกษาคุณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	36
การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวน ตะกอน.....	37
สูตรตำรับยา.....	38

	หน้า
วิธีเตรียมตำรับยา.....	40
ตำรับยาที่ทดลอง.....	43
การศึกษาความคงตัวของยาฟ้าแฉวงตะกอน.....	47
การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาฟ้าฉิมัลชั้น	48
สูตรตำรับยา.....	48
วิธีเตรียมตำรับยา.....	50
ตำรับยาที่ทดลอง.....	51
ศึกษาความคงตัวของยาฟ้าฉิมัลชั้น.....	54
การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร	56
การเตรียมตำรับอาหารพวกแยม.....	56
การเตรียมตำรับอาหารพวกเยลลี่.....	57
การเตรียมตำรับอาหารพวกน้ำสลัด.....	59
ผลการวิจัย.....	64
ผลการสกัดสารจากเปลือกทุเรียนและการทำให้บริสุทธิ์.....	64
Alcohol extraction.....	64
Acid-alcohol extraction.....	64
การเตรียมผงสารสกัดเปลือกทุเรียนโดยวิธี Spray Dried	68
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน	68
ผลการวิเคราะห์ธาตุ.....	68
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี.....	70
ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุ.....	74
ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล.....	74
วิเคราะห์ TLC.....	74
วิเคราะห์ด้วย HPLC.....	77
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ Total Carbohydrate...	84
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น.....	84
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า.....	86
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหาร.....	86

	หน้า
ผลการทดลองการย่อยด้วยเอ็นไซม์.....	86
ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ.....	88
ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนตะกอน.....	94
ผลการวัดความหนืด.....	94
ผลการตรวจคุณสมบัติการไหล.....	94
ผลการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารแขวนตะกอน	94
อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัว.....	94
อิทธิพลของความร้อนต่อความหนืด.....	99
อิทธิพลของ pH ต่อความหนืด.....	99
ผลการศึกษาความเข้ากันได้ของสารสกัดเปลือกทุเรียนกับสารต่าง ๆ	99
อิเล็กโทรไลต์.....	99
ตัวทำละลาย.....	104
สารกันบูด.....	104
ผลการศึกษาคุณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน	104
การประเมินความสามารถการแขวนตะกอน.....	104
การประเมินค่า Sedimentation Volume.....	108
ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน	108
ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำแขวนตะกอน.....	108
ความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน.....	121
ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำอิมัลชัน	138
ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำอิมัลชัน.....	141
ความคงตัวของยาน้ำอิมัลชัน.....	147
ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร	160
ผลการเตรียมอาหารพวกละมุน.....	160
ผลการเตรียมอาหารพวกละมุน.....	160
ผลการเตรียมอาหารพวกละมุน.....	178
วิจารณ์และสรุป.....	189
การสกัดสารจากเปลือกทุเรียนและการทำให้บริสุทธิ์.....	189
การทดสอบและการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน	190
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของธาตุ.....	190

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี.....	191
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุ.....	195
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล.....	196
การหาปริมาณส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน.....	197
การทดสอบการย่อยด้วยเอ็นไซม์.....	198
การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ.....	198
คุณสมบัติทางกายภาพสารแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	200
การทดสอบคุณสมบัติของความหนืด.....	200
การทดสอบคุณสมบัติการไหลของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	200
ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	201
อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัว.....	201
อิทธิพลของความร้อนต่อความหนืด.....	201
อิทธิพลของ pH ต่อความหนืด.....	202
ความเข้ากันได้กับสารต่าง ๆ ของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	202
อีเลคโตรไลต์.....	202
ตัวทำละลาย.....	203
สารกันบูด.....	203
คุณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	204
การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน.....	204
ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำแขวนตะกอน.....	205
ความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน.....	210
การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำอิมัลชัน.....	213
ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำอิมัลชัน.....	213
ความคงตัวของยาน้ำอิมัลชัน.....	216
การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร.....	218
การเตรียมตำรับอาหารพวกแยม.....	218
การเตรียมตำรับอาหารพวกเยลลี่.....	219
การเตรียมตำรับอาหารพวกน้ำสลัด.....	220
สรุป.....	222
ชื่อและสมณนามอื่น ๆ.....	225
เอกสารอ้างอิง.....	226

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ตารางเปรียบเทียบลักษณะทั่ว ๆ ไปของสารสกัดเปลือกทุเรียน crude fraction และ purified fraction	66
2	การวิเคราะห์ Elemental Analysis.....	69
3	คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดเปลือกทุเรียนเปรียบเทียบกับ Pectin และ Gum.....	71
4	คุณสมบัติของสารสกัดเปลือกทุเรียนในสารละลายโลหะหนัก และ alcohol เปรียบเทียบกับ pectin และ gum....	73
5	ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่พบมากในสารสกัดเปลือกทุเรียน.	75
6	ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่พบน้อยมากในสารสกัดเปลือกทุเรียน	76
7	ส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน.....	85
8	แสดงการย่อยด้วย amylase จากน้ำลาย.....	87
9	ค่าความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียนเปรียบเทียบกับสารละลายเพคตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน.....	95
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน shearing stress กับ rate of shear	96
11	อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัวของสารสกัดเปลือกทุเรียนในน้ำ เปรียบเทียบกับเพคติน.....	98
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	100
13	อิทธิพลของ pH ต่อความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I.....	101
14	อิทธิพลของ pH ต่อความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F II.....	102
15	ผลของ electrolytes กับสารสกัดเปลือกทุเรียน.....	103
16	ผลของตัวทำละลาย (Solvents) กับสารสกัดเปลือกทุเรียน	105
17	ผลของสารกันบูดต่อสารสกัดเปลือกทุเรียนและเพคติน.....	106
18	ค่าปริมาตรของการตกตะกอนของขาน้ำแขวนตะกอน แคลเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนและ เพคติน เป็นสารแขวนตะกอน.....	107

ตารางที่

หน้า

19	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin.....	109-110
20	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion.....	112
21	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion B.P. 1988.....	114-115
22	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion USP XXII.....	116-117
23	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต.....	119-120
24	ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa.....	122-123
25	ค่า Sedimentation volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ที่เวลาต่าง ๆ กันเมื่อตั้งทิ้งไว้.....	125
26	ค่า Dense of Sediment และค่า Redispersibility Value ของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ที่เวลาต่าง ๆ กันเมื่อตั้งทิ้งไว้.....	126
27	ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้.....	127
28	ค่า Dense of Sediment และค่า Redispersibility Value ของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion ที่เวลาต่าง ๆ กันเมื่อตั้งทิ้งไว้.....	128
29	ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion B.P. 1988 ที่เวลาต่าง ๆ กัน....	131
30	ค่า Dense of Sediment และ Redispersibility value ของยาน้ำ Calamine Lotion B.P. 1988 ที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	132
31	ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำ Calamine Lotion U.S.P. XXII ที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	134
32	ค่า Dense of sediment และ Redispersibility Value ของยาน้ำ Calamine Lotion U.S.P. XXII ที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	135

ตารางที่

หน้า

33	ค่าความหนืดและ Sedimentation Volume ของขาน้ำ แขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	136
34	ค่า Dense of sediment และ Redispersibility Value ของขาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน	137
35	ค่าความหนืดและ Sedimentation Volume ของขาน้ำ แขวนตะกอน Trisulfa ที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	139
36	ค่า Dense of sediment และ Redispersibility Value ของขาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ที่เวลาต่าง ๆ กัน	140
37	ลักษณะของขาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion B.P. 1988.....	142-143
38	ลักษณะของขาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII.	145-146
39	ลักษณะของขาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion.....	148
40	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988 โดยวิธีทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง.....	150
41	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Liquid Paraffin BP. 1988 โดยวิธี Freeze and Thaw.....	151
42	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988 โดยวิธี Centrifugation.....	152
43	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII โดยวิธีตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง.....	153
44	ลักษณะของความคงตัวของขาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII โดยวิธี Freeze and Thaw.....	154
45	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII โดยวิธี Centrifugation.....	155
46	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธีตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง.....	157
47	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธี Freeze and Thaw.....	158
48	ลักษณะความคงตัวของขาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธี Centrifugation.....	159

ตารางที่	หน้า
49	คุณลักษณะของแอมระก้าเตรียมจากเพคติน..... 161
50	ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของแอมระก้าเตรียมจากเพคติน..... 162
51	คุณลักษณะของแอมระก้าประรดเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน 163
52	คุณสมบัติของแอมระก้าประรดเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน. 164
53	คุณลักษณะของเฮลลี่เตรียมจาก 2% เพคติน..... 165
54	คุณสมบัติของเฮลลี่เตรียมจาก 2% เพคติน..... 166
55	คุณลักษณะของเฮลลี่เตรียมจากเพคตินที่ pH 3.0..... 167
56	คุณสมบัติของเฮลลี่เตรียมจากเพคตินที่ pH 3.0..... 168
57	คุณลักษณะของเฮลลี่ที่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน.... 170
58	คุณสมบัติของเฮลลี่เตรียมสารสกัดเปลือกทุเรียน..... 171
59	คุณลักษณะของเฮลลี่เตรียมจาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน 172
60	ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของเฮลลี่เตรียมจาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน.. 173
61	คุณลักษณะของเฮลลี่ระก้าเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน. 174
62	ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และสีของเฮลลี่ระก้าเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน..... 175
63	คุณลักษณะของเฮลลี่ส้มเขียวหวานจากสารสกัดเปลือกทุเรียน... 176
64	คุณสมบัติของเฮลลี่ส้มเขียวหวานเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน..... 177
65	คุณลักษณะของเฮลลี่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียนใน maltodextrin หลังการทำ Spray Dried..... 179
66	ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของเฮลลี่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียนใน Maltodextrin หลังการทำ Spray Dried..... 180
67	ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัดแบบไม่มีน้ำมัน (no oil salad dressing)..... 181
68	ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัด (Salad dressing).... 182-183

ตารางที่		หน้า
69	ความคงตัวของน้ำสลัด (Salad dressing).....	185
70	ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัด (Mayonnaise).....	186
71	ความคงตัวของน้ำสลัด (Mayonnaise).....	188

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1	ลักษณะ flow curves ของสาร.....	7
2	แสดงขั้นตอนการสกัดสาร crude fraction จาก เปลือกทุเรียน.....	65
3	แสดงขั้นตอนการสกัดสาร purified fraction จากเปลือกทุเรียน.....	77
4	การแยกน้ำตาลด้วย TLC.....	78
5	การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F II acid hydrolyzate.....	79
6	การแยกน้ำตาลด้วย PHLC ของสารละลาย F II acid hydrolyzate.....	80
7	การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F I acid hydrolyzate.....	82
8	การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F I acid hydrolyzate.....	83
9	ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ของผงสารสกัดเปลือก ทุเรียน.....	89
10	ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ของผงสารสกัดเปลือกทุเรียน F II จากการทำ Spray Dried.....	90
11	ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ของผง pectin.....	92
12	ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่าของผง CMC และ cellulose.....	93
13	Flow Curve ของสารละลายสารสกัดเปลือกทุเรียน ในน้ำ.....	97



บทนำ

มีสารจากธรรมชาติมากมายหลายชนิดที่ได้นำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในทางยาและอาหาร เป็นสารสกัดออกมาจากพืชหรือสมุนไพรชนิดต่าง ๆ สารสกัดเหล่านั้นได้นำมาใช้มีทั้งที่เป็นตัวยาสำคัญ (active ingredient) เป็นสารช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์ยา (pharmaceutical aids) และ เป็นสารช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ ตัวอย่างของสารสกัดจากเปลือกผลไม้พวกส้มคือ เพคติน เป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งซึ่งได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างมากทั้งในยาเตรียมและอาหาร สารพวกเพคตินในปัจจุบันสามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้พวกส้ม (Citrus fruit) และจากกากของผลแอปเปิ้ล เป็นต้น ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตสารเพคตินในเชิงอุตสาหกรรม ในปัจจุบันสารพวกเพคตินยังใช้ประโยชน์เป็นตัวยาสำคัญและสารช่วยแขวนตะกอน (suspending agent) ในยาน้ำแขวนตะกอน (suspension) ได้แก่ในตำรับยา Kaolin Mixture with Pectin NF XIII นอกจากนี้ยังใช้มากเป็นสารช่วยเตรียมอาหารพวกเยลลี่ แยม และมาร์มาเลต เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรทำการเกษตรกรรมมาช้านาน มีพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ ัญญาพืชซึ่งเป็นสินค้าส่งออกหลักของประเทศ รวมทั้งพืชผักผลไม้หลายชนิด มีอุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งปี ในปีหนึ่ง ๆ จะมีผลิตผลจากการเกษตรกรรมเป็นของเหลือทิ้งอยู่มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกเปลือกผลไม้ต่าง ๆ ตามฤดูกาล สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าได้นำมาศึกษาเพื่อเปลี่ยนแปลงหรือค้นหาให้ได้สิ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้ ก็จะช่วยให้เราได้ใช้ผลิตผลทางเกษตรกรรมอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยขจัดของเหลือทิ้งเหล่านี้แล้วยังจะได้รับประโยชน์จากสิ่งเหล่านี้อีกด้วย ผลที่ได้รับอาจมีคุณค่าต่อวงการอุตสาหกรรมยาและอาหารต่อไปในอนาคต มีสารสกัดจากพืชที่มีผู้ศึกษาเพื่อนำมาใช้เป็นสารช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์ยาน้ำและยาเม็ดได้แก่ สารเมือกสกัดจากเมล็ดแมงลัก (*Ocimum canum*) (1) สารสกัดจากผลมะตูม (bael gum) (2,3) สารสกัดเปลือกลูกตาล (*Borassus flabellifer* Linn.) สารสกัดเปลือกมะนาว (Lime) (4) เป็นต้น จากการศึกษาเบื้องต้นเราได้พบว่า สามารถสกัดสารพวกคาร์โบไฮเดรตได้จากเปลือกทุเรียน (Durian) และจากเปลือกและเนื้อผลไม้อื่น ๆ (5) ซึ่งสารที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนพบมีคุณสมบัติของสาร

คาร์โบไฮเดรตประกอบอยู่ สารสกัดที่ได้สามารถของตัวในน้ำได้สารเมือกชั้นหนืดค่อนข้างใส ลักษณะเช่นนี้อาจนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ในทางยาและอาหาร เช่นเดียวกับเพคตินได้ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาส่วนประกอบโดยละเอียดของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน ตลอดจนการนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นสารช่วยแขวนตะกอน (suspending agent) ในการเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน และประโยชน์อื่น ๆ ด้วย

เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้ที่นิยมเพาะปลูกมากโดยเฉพาะในประเทศไทย เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่คนนิยมรับประทานกันมากที่สุดทั้งในประเทศและประเทศใกล้เคียง ปัจจุบันมีการส่งออกทุเรียนสดทั้งผลและในรูปบรรจุหีบห่อเนื้อทุเรียนสดและแช่แข็งไปยังประเทศใกล้เคียงเป็นจำนวนมากในทุก ๆ ปี นอกจากนี้ยังมีการทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ได้นานในรูปของทุเรียนกวนซึ่งมีรสชาติดีเป็นที่นิยมรับประทานด้วย การจำหน่ายผลไม้ทุเรียนพบว่ามีมูลค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเกษตรกรมีความพยายามศึกษาเพื่อเพิ่มผลผลิตของทุเรียนให้มากขึ้นเนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสอร่อยเป็นที่นิยมรับประทานและขายได้ราคาดี ในแต่ละปีจะมีขยะเหลือทิ้งของเปลือกทุเรียนมากมาย ดังนั้นการศึกษาสารสกัดจากเปลือกทุเรียนเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างมาก

ทุเรียนเป็นพืชในวงศ์ (Family) Bombacaceae อยู่ในสกุล (Genus) *Durio* มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* Linn.
 (6) การศึกษาเบื้องต้นพบว่ามีส่วนประกอบของสารคาร์โบไฮเดรตคล้ายพวกเพคติน
 (5) ลักษณะของสารสกัดที่พบอาจนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้หลายอย่างในการใช้เป็น pharmaceutical aids การสกัดสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนได้ศึกษาวิธีการสกัด 2 วิธี (5) คือ

1. โดยวิธี alcohol extraction ได้สารสกัดเป็น crude fraction
2. โดยวิธี acid-alcohol extraction ได้สารสกัดเป็น partially purified fraction

จากการศึกษาเบื้องต้นในการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารช่วย
กระจายตัว (disintegrator) ในการเตรียมยาเม็ดพบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ
(7) นอกจากนี้ประโยชน์การใช้ในการเตรียมยาเม็ดแล้ว คาดว่าสารสกัดเปลือก
ทุเรียนอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการเตรียมน้ำพวดยน้ำแขวนตะกอน
(suspension) อิมัลชัน (emulsion) ยาพวดครีมหรือเจล เป็นต้น นอกจากนี้
ยังนำศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้แก่ เยลลี่
แยม และมาร์มาเลต เป็นต้น

ยาน้ำแขวนตะกอน (Suspensions)

หมายถึงยาเตรียมที่ประกอบด้วยตัวยาที่เป็นของแข็งลักษณะเป็นผงละเอียดแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว มีปัจจัยสำคัญคือขนาดของผงยาที่จะนำมาใช้ในการเตรียมน้ำแขวนตะกอน ถ้าผงยามีขนาดเล็กลงมาในขนาด 0.5-5.0 ไมครอน จะแขวนลอยด้วยตัวของมันเองในตัวกลางได้ดี และช่วยป้องกันการตกตะกอน (8) แต่ผงยาที่ 7 ไปส่วนใหญ่มักจะมีขนาดโตเกินกว่าที่จะแขวนลอยอยู่ได้ ดังนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้จึงเกิดการตกตะกอน อัตราการตกตะกอนจะเร็วหรือช้า มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของผงยา นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตกตะกอนของผงยาอีกด้วย (9) ยาน้ำแขวนตะกอนที่ดีควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีขนาดของผงยาเล็กลงมา และ ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อตั้งทิ้งไว้
2. ผงยากระจายตัวสม่ำเสมอทั่วไปในตัวกลางที่เป็นของเหลว ไม่จับเป็นก้อนและไม่ตกตะกอนเร็วเกินไป
3. การตกตะกอนที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการตั้งทิ้งไว้ สามารถกลับกระจายตัวได้ใหม่เมื่อเขย่าเบา ๆ
4. ไม่เกิดการจับของตะกอนเป็นก้อนแข็ง (caking) เมื่อตั้งทิ้งไว้
5. ไม่ขึ้นจนเกินไป สามารถรินออกจากขวดได้ง่าย
6. ไม่สลายตัวหรือแปรสภาพหรือมีเชื้อราเกิดได้ง่าย
7. มีสี กลิ่น และ รส น่ารับประทาน

ขาน้ำแขวนตะกอนที่ดีควรมีความคงตัวทางกายภาพของขาน้ำแขวนตะกอนที่ดี หมายถึงสภาวะที่ตัวยายังคงกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ และไม่จับกันเป็นกลุ่มก้อน หรือถ้าตกตะกอนก็สามารถกลับกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า (10) การจะทำให้ขาน้ำแขวนตะกอนคงตัวดีสามารถทำได้โดย

1. ลดอัตราการเคลื่อนของผงยา
2. ลดการรวมตัวของผงยา
3. ทำให้ผงยาผลัดกันด้วยประจุไฟฟ้า

การจะทำให้ผงยากระจายตัวหรือแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลวอย่างสม่ำเสมอ อาจต้องเติมสารบางชนิดที่เป็นสารช่วยแขวนตะกอน หรือสารเพิ่มความหนืด (viscosity inducing agent) เพื่อช่วยแขวนผงยาเอาไว้ในสารตัวกลางที่เป็นของเหลว

สารแขวนตะกอน (Suspending agent)

สารแขวนตะกอนที่นิยมใช้ในทางเภสัชกรรม อาจได้มาจากสารธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ (11) ดังต่อไปนี้

1. Natural plant hydrocolloids เป็นสารพวก hydrocolloids ได้จากพืชตามธรรมชาติ ได้แก่ อะคาเซีย (acacia) ทรากาคานท์ (tragacanth) อัลจิ้นส์ (algins) และเพคติน (pectin)
2. Cellulose derivatives เป็นพวกอนุพันธ์เซลลูโลส ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (methylcellulose) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose) เป็นต้น
3. Clays ได้แก่ เบนโทไนต์ (bentonite) และวีกัม (veegum) เป็นต้น
4. Synthetic polymers เป็นโพลิเมอร์สังเคราะห์ ได้แก่ คาร์โบพอล (carbopol)

หน้าที่ของสารแขวนตะกอน

สารแขวนตะกอนที่ใช้ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนจะทำหน้าที่ 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่เป็น protective colloids โดยการไปหุ้มรอบอนุภาคของผงยา ป้องกันไม่ให้ผงยาที่ตกตะกอนจับกันเป็นก้อนแข็ง
2. ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยให้เกิด flocs คือการที่ผงยาจับเป็นกลุ่มอย่างหลวม ๆ ในตัวกลางที่เป็นของเหลว
3. ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มความหนืด เพื่อให้ผงยาสามารถแขวนลอยอยู่ได้ไม่ตกตะกอน

สารเพิ่มความหนืดที่ใช้เป็นสารแขวนตะกอน ควรมีความสมบัติดังต่อไปนี้

1. ปริมาณในความเข้มข้นที่ใช้เป็นสารแขวนตะกอน ต้องไม่ควรมีฤทธิ์ในการรักษา
2. ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในช่วงความเป็นกรด-ด่างได้กว้าง
3. สามารถเพิ่มความหนืดได้ในความเข้มข้นต่าง ๆ
4. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่อเก็บไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง
5. ควรพองตัวหรือละลายน้ำได้

คุณสมบัติการไหล (Rheological properties) ของสาร

สารแขวนตะกอนที่ทำหน้าที่เพิ่มความหนืด ควรเป็นสารที่มีความหนืดสูงเมื่อตั้งทิ้งไว้ แต่เมื่อเขย่าควรมีความหนืดลดลงจึงจะเป็นสารแขวนตะกอนที่ดี ปกติของเหลวจะมีการไหลเป็น 2 แบบดังนี้

1. Newtonian flow การไหลแบบนิวโตเนียน หมายถึงการไหลของสารที่เป็นไปตามกฎของนิวตัน สารที่มีการไหลแบบนี้ ได้แก่ glycerin สารพวกนี้พบว่ามีความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็วของการเคลื่อนที่

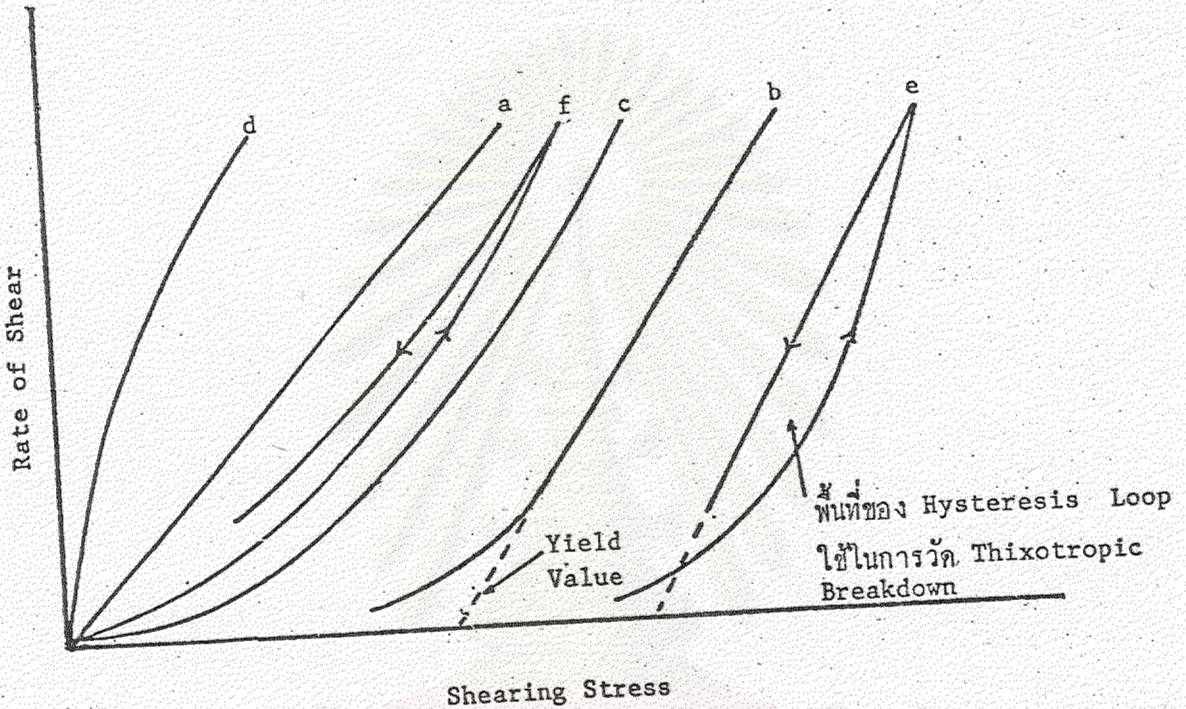
2. Non-Newtonian flow การไหลแบบไม่เป็นนิวโตเนียน หมายถึงการไหลที่ไม่เป็นไปตามกฎของนิวตัน แบ่งได้เป็น 4 แบบดังต่อไปนี้

2.1 Plastic flow การไหลแบบพลาสติก หมายถึงการไหลของสารซึ่งจะไหลได้ต่อเมื่อได้ให้แรงในการเคลื่อนที่จนถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเรียกว่า yield value และเมื่อเพิ่มอัตราเร็วในการเคลื่อนที่จนถึงจุดนี้ สารพวกนี้จะมี ความหนืดลดลง และเมื่อให้แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่เกิน yield value จะมีการไหลเป็นเช่นเดียวกับแบบนิวโตเนียน

2.2 Pseudoplastic flow การไหลแบบซูโดพลาสติก หมายถึงการไหลของสารที่เกิดขึ้นได้เมื่อให้แรงในการเคลื่อนที่ แต่ความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็ว เมื่อให้แรงเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงสารพวกนี้เมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีความหนืดสูง เมื่อเขย่าความหนืดจะลดลง

2.3 Dilatant flow การไหลแบบไดลาแทนต์ อาจเรียกว่า shear thickening system คือ ยิ่งคนยิ่งเหนียว หมายถึงการไหลของสารเกิดขึ้นโดยเมื่อเพิ่มความเร็วกในการเคลื่อนที่จะมีความต้านทานการไหลมากขึ้น ความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็ว เมื่อให้แรงเพิ่มขึ้นจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น

2.4 Thixotropic flow การไหลแบบทิกโซโทรฟิก หมายถึงการไหลของสารซึ่งเมื่อให้แรงในการเคลื่อนที่จะเสียความหนืดเมื่อตั้งทิ้งไว้ความหนืดจะกลับคืนอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 1 ลักษณะ flow curves ของสาร (a) สาร Newtonian (b) สาร Plastic
 (c) สาร Pseudoplastic (d) สาร Dilatant (e) สาร Thixotropic
 (f) สาร Pseudoplastic ที่มี thixotropy (11)

สารแขวนตะกอนที่มีคุณสมบัติการไหลเป็น Thixotropic และ Pseudoplastic จะมีคุณสมบัติขึ้นเป็นเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้ และเมื่อเขย่าจะเหลว สารพวกนี้นำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนได้ดี สารที่มักนิยมใช้ร่วมกันได้แก่ CMC ใช้ร่วมกับ Veegum ทำให้ตำรับยาเตรียมเกิดการตกตะกอนของผงยาตกลงเมื่อตั้งทิ้งไว้ และเมื่อเขย่าตะกอนจะกระจายตัวได้ดี

การศึกษาคุณสมบัติการไหลของสารสกัดเปลือกทุเรียนพบว่ามีการไหลเป็นแบบ pseudoplastic (12) ดังนั้นถ้าจะนำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนที่ดีได้

ยาน้ำอิมัลชัน (Emulsions)

หมายถึงรูปของยาเตรียมที่ประกอบด้วยของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน โดยของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง และต้องมีสารทำอิมัลชัน (emulsifying agent) เป็นตัวทำให้อิมัลชันมีความคงตัวดี (13)

อิมัลชันเป็นรูปยาเตรียมที่นิยมมากในทางเภสัชกรรมและอุตสาหกรรม เครื่องสำอาง ตลอดจนอาหารบางชนิด เนื่องจากการเตรียมยาในรูปอิมัลชันมีประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของยา ช่วยกลบรสและกลิ่น เป็นต้น

ส่วนประกอบที่สำคัญของอิมัลชัน มี 3 ส่วน (13, 14)

1. วัฏภาคภายนอก (external phase, dispersion phase หรือ continuous phase) หมายถึงวัฏภาคของเหลวที่เป็นตัวกลางซึ่งของเหลวอีกชนิดหนึ่ง (ซึ่งไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวกลาง) กระจายตัวอยู่ วัฏภาคนี้อาจเป็นน้ำหรือน้ำมันขึ้นอยู่กับชนิดของอิมัลชัน เช่น อิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายในน้ำ วัฏภาคภายนอกก็คือน้ำ

2. วัฏภาคภายใน (internal phase, dispersed phase หรือ discontinuous phase) หมายถึงวัฏภาคของเหลวที่กระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ ในวัฏภาคภายนอก โดยทั่ว ๆ ไปหยดเล็ก ๆ นี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่

ในช่วง 0.1-10 มิลลิไมครอน อาจพบได้แต่ไม่บ่อยนักที่มีขนาดเล็กได้ถึง 0.01 มิลลิไมครอน และใหญ่ที่สุดถึง 100 มิลลิไมครอน (15) และมีความคงตัวได้โดยไม่รวมกัน เนื่องจากถูกหุ้มล้อมรอบด้วยฟิล์มของสารทำอิมัลชัน วัตถุประสงค์นี้อาจเป็นน้ำหรือน้ำมันก็ได้ เช่น อิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายในน้ำ วัตถุประสงค์ภายในก็คือน้ำมัน

3. สารทำอิมัลชัน (emulsifying agents, emulsifier หรือ emulgents) หมายถึงสารจากธรรมชาติ หรือสารกึ่งสังเคราะห์ หรือสารสังเคราะห์ที่ทำให้เกิดอิมัลชัน และอิมัลชันมีความคงตัวดี

นอกจากส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้แล้ว ตำรับอิมัลชันทั่ว ๆ ไปอาจประกอบด้วยสารอื่นเช่น ยาที่ละลายในน้ำ สารแต่งรสหวาน สารแต่งกลิ่นสารกันเสีย และสารยับยั้งการออกซิไดส์ (16)

ชนิดของอิมัลชัน

แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด (14, 15, 17)

1. อิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (Oil in water emulsions หรือ O/W emulsions) โดยทั่วไปจะมีลักษณะขุ่นขาวคล้ายน้ำนม นิยมใช้เป็นยารับประทาน ตัวอย่าง เช่น Mineral Oil Emulsion NF XIII อิมัลชันชนิดนี้ผสมกับน้ำได้ ล้างน้ำได้ง่าย ไม่เหนียวติดเสื้อผ้าและติดสีที่ละลายในน้ำ สารทำอิมัลชันที่ทำให้เกิดอิมัลชันชนิดนี้ ได้แก่ สารทำอิมัลชันจากธรรมชาติ เช่น อะคาเซีย (acacia) เจลาติน (gelatin) สบู่ของธาตุเวเลนซีหนึ่ง และ สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ เช่น ทวิน และสแปน (ที่มี HLB 8-18)

2. อิมัลชันชนิดน้ำกระจายตัวในน้ำมัน (Water in oil emulsions หรือ W/O emulsions) อิมัลชันชนิดนี้อาจใช้เป็นยาทาภายนอกในรูปของยาขี้ผึ้ง ครีม ยาทาถอนปวด และโลชั่น นอกจากนี้ยังนำมาเตรียมเป็นรูปอาหารบางชนิด เช่น เนย น้ำสลัด เป็นต้น สารทำอิมัลชันที่ทำให้เกิดอิมัลชันชนิดนี้ ได้แก่ สบู่ของธาตุที่มีเวเลนซีมากกว่าหนึ่ง เช่น แคลเซียมโอเลอเตต (calcium oleate) สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (ที่มี HLB 4-6)

3. มัลติเฟิลอิมัลชัน (multiple emulsions) หมายถึงอิมัลชันที่ไม่ใช่ O/W หรือ W/O แต่อิมัลชันชนิดนี้อาจเป็นชนิดน้ำกระจายในน้ำมันกระจายในน้ำ (W/O/W) ใช้สำหรับตัวยาที่ละลายน้ำได้แต่มีรสไม่รบกวนรับประทาน ตัวยาจะถูกกบพรสได้ หรือเตรียมเป็นน้ำมันกระจายในน้ำกระจายในน้ำมัน (O/W/O) อิมัลชันชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้เป็นยาฉีดเพราะมีความหนืดต่ำจึงทำให้ฉีดได้ง่ายขึ้น

4. อิมัลชันจุลภาค (microemulsions หรือ micellar emulsions) อิมัลชันชนิดนี้จะมีลักษณะใส โปร่งแสงเนื่องจากมีขนาดของหยดเล็กมาก เส้นรัศมีของหยดประมาณ 10-75 นาโนมิเตอร์

สารทำอิมัลชัน

สารทำอิมัลชัน (emulsifying agents) แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด (15, 16, 18)

1. สารลดแรงตึงผิว (surfactants) ใช้เป็นสารทำอิมัลชันซึ่งจะถูกดูดซับที่ผิวประจันระหว่างน้ำมันและน้ำเกิดเป็นฟิล์มโมเลกุลชั้นเดียว (monomolecular film) เป็นผลให้เกิดการลดแรงตึงผิวและช่วยทำให้อิมัลชันมีความคงตัวดี ชนิดของอิมัลชันที่ได้จะเป็น O/W หรือ W/O ขึ้นอยู่กับสารทำอิมัลชันที่ใช้ ซึ่งอาจเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ เช่น ไตรเอทานอลามีน โอลิเอต (triethanolamine oleate) สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก เช่น เบนซาลโคเนียมคลอไรด์ (benzalkonium chloride) สารลดแรงตึงผิวซึ่งไม่มีประจุ เช่น ทวินและสแปน เป็นต้น แต่สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวกจะไม่นำมาใช้เป็นสารทำอิมัลชัน

2. ไฮโดรฟิลิก คอลลอยด์ (Hydrophilic colloids) เป็นสารทำอิมัลชันที่ไม่ลดแรงตึงผิว แต่เกิดเป็นฟิล์มโมเลกุลเรียงตัวซ้อนกันหลายชั้น (multimolecular film) อย่างแข็งแรงที่ผิวประจันเป็นผลให้ต้านทานการเกิดโคอเลสเซนซ์ (coalescence) หรือการรวมตัวของหยดน้ำมัน นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์เสริมทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัวเนื่องจากการเพิ่มความหนืดขึ้นของวัฏภาคภายนอก อิมัลชันที่ได้จะเป็นชนิด O/W สารทำอิมัลชันกลุ่มนี้ ได้แก่ อะคาเซีย เจลาติน

3. ของแข็งที่เป็นผงละเอียด (Finely divided solid particles) เป็นสารทำอิมัลชันที่จะถูกดูดซับที่ผิวประจันระหว่างของเหลวสองชนิดที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเกิดเป็นฟิล์มล้อมรอบหยดเล็ก ๆ ของแข็งที่ใช้เป็นตัวทำอิมัลชันต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดของหยดเล็กและต้องทำให้เปียกโดยวัฏภาคทั้งสองก่อนจึงเกิดฟิล์มที่คงตัว การเกิดเป็นอิมัลชันชนิด O/W หรือ W/O นั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมอิมัลชัน สารทำอิมัลชันกลุ่มนี้ได้แก่ เบนทอนไนต์ (bentonite) แมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ (magnesium hydroxide)

สารทำอิมัลชันทั้ง 3 ชนิดนี้ จัดว่าเป็นสารทำอิมัลชันตัวจริงหรือตัวแรก (true or primary emulsifying agents) ที่ช่วยทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัว

สารทำอิมัลชันเสริม (Auxiliary emulsifying agents)

นอกจากสารทำอิมัลชันตัวจริงซึ่งมีกลไกทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัวโดยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมัน และ/หรือเกิดฟิล์มที่ผิวประจันแล้ว ยังมีสารอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันโดยเพิ่มความหนืดของอิมัลชัน เรียกว่าสารทำอิมัลชันเสริม นิยมใช้ร่วมกับสารทำอิมัลชันตัวจริง สารกลุ่มนี้ เช่น วุ้น (agar) เพคติน ทราคาคานท์ เป็นต้น (19)

หน้าที่ของสารทำอิมัลชัน

สารอิมัลชันที่ใช้ในตำรับอิมัลชันมีหน้าที่ 4 ประการ ดังต่อไปนี้ (14)

1. ลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมัน
2. ทำให้เกิดฟิล์มที่แข็งแรงหุ้มรอบหยดเล็ก ป้องกันการเกิดโคออะเลสเซนส์
3. ทำให้เกิดชั้นทวีคูณทางไฟฟ้าที่ผิวประจัน
4. เพิ่มความหนืดของอิมัลชัน

คุณสมบัติของสารทำอิมัลชัน

คุณสมบัติที่ดีของสารทำอิมัลชันควรมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ (13, 19)

1. สารทำอิมัลชันจะต้องลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันและน้ำให้เหลือน้อยกว่า 10 ไดน์/ซม.
2. สารทำอิมัลชันจะต้องคูดซับได้อย่างรวดเร็ว เกิดเป็นฟิล์มที่แข็งแรงรอบหยดเล็กเพื่อป้องกันการเกิดโคออะเลสเซนส์
3. สารทำอิมัลชันต้องทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่พื้นผิวของหยดเล็ก ๆ เพียงพอที่จะทำให้เกิดแรงผลักร เพื่อป้องกันการเกิดโคออะเลสเซนส์
4. สารทำอิมัลชันต้องเพิ่มความหนืดของอิมัลชันเพื่อป้องกันการแยกชั้นเป็นคริม
5. สารทำอิมัลชันต้องได้ผลดีเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ
6. มีกลิ่นและรสดี
7. ไม่มีพิษ
8. มีความคงตัวและไม่ทำให้ประสิทธิภาพของยาเตรียมเสียไป
9. ผสมรวมและเข้ากันได้กับยาอื่นในตำรับ

ความคงตัวของอิมัลชัน (Stability of Emulsions)

ในการประเมินผลว่าตำรับอิมัลชันดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความคงตัวของอิมัลชัน อิมัลชันที่มีความคงตัวดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ (19)

1. ไม่เกิดฟลอคคูเลชัน (flocculation) คือการเกิดเป็นหยดเล็ก ๆ ของวัฏภาคภายในจับเป็นก้อนหลวม ๆ อาจเกิดขึ้นก่อน ระหว่างหรือหลังการแยกชั้นเป็นคริมก็ได้
2. ไม่เกิดการแยกชั้นเป็นคริม (creaming) คือการที่อิมัลชันแยกเป็น 2 ชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของวัฏภาคภายในและวัฏภาคภายนอก แต่เมื่อเขย่าอิมัลชันจะกลับสภาพเดิม การแยกชั้นเป็นคริมมี 2 แบบคือ การแยกชั้นเป็นคริมด้านบน (upward creaming) และการแยกชั้นเป็นคริมด้านล่าง (downward creaming) การแยกชั้นเป็นคริม ถึงแม้ว่าไม่ทำให้อิมัลชันเสีย แต่การแยกชั้นเป็นคริมของอิมัลชันเป็น

สิ่งไม่พึงประสงค์ เพราะได้ยาเตรียมไม่สวยและเมื่อนำไปใช้จะทำให้ได้ขนาดยาไม่เท่ากันในแต่ละครั้งที่รินยาออกจากขวด นอกจากนี้ยังเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดโคอะเลสเซนส์ได้

3. ไม่เกิดโคอะเลสเซนส์ (coalescence) คือการที่หยดเล็ก ๆ ของน้ำหรือน้ำมันมารวมกันเป็นหยดใหญ่และฟิล์มที่ผิวประจัน (interfacial film) รอบ ๆ หยดเล็ก ๆ นั้นได้ถูกทำลาย ทำให้อิมัลชันแยกเป็น 2 ชั้นอย่างชัดเจน ถึงแม้เขย่าก็ไม่รวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน การแยกเป็น 2 ชั้น เช่นนี้เรียกว่า cracking หรือ breaking

4. ไม่เกิดการแยกชั้นของวัฏภาคภายใน (cracking)

5. ไม่มีการเสื่อมของอิมัลชันเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์

6. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และความหนืด

การประเมินผลของตำรับอิมัลชัน (Assessment of emulsion)

การที่จะประเมินผลของตำรับอิมัลชันว่าดีหรือหรือไม่นั้น สิ่งสำคัญคือดูความคงตัวของอิมัลชัน โดยทั่วไปนิยมประเมินความคงตัวทางกายภาพทำได้โดยการทดลองหาอายุคงตัวของยา (shelf life) การทดลองที่ใช้กันมาก คือ ดูการแยกชั้นหลังจากที่ตั้งยาอิมัลชันที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-18 เดือน ถ้าไม่มีการแยกชั้น แสดงว่าอิมัลชันนั้นมีความคงตัวดี แต่เนื่องจากต้องเสียเวลาทดลองนาน จึงมีวิธีการเร่งให้เร็วขึ้น โดยการกำหนดวิธีใหม่เรียกว่า "ภาวะความเค้น" (stress conditions) วิธีการที่ทำให้เกิดสภาวะความเค้นนี้สามารถทำได้ 3 วิธี คือ (20)

1. อายุและอุณหภูมิ (aging and temperature) ทำโดยการนำอิมัลชันเก็บไว้ในอุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำออกไปใส่ในอุณหภูมิต่ำเย็น (4°C) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง คิดเป็น 1 รอบ เรียกว่า one freeze-thaw cycle ทำเช่นนี้ 6-8 รอบ อิมัลชันที่มีความคงตัวดีจะไม่เกิดการแยกชั้น

2. Centrifugation ทำได้โดยนำอิมัลชันไปปั่นโดยใช้แรงเหวี่ยง 3,750 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง อิมัลชันที่มีความคงตัวดีจะไม่มีการแยกชั้น

3. การเขย่า (agitation) อิมัลชันที่มีความคงตัวดีจะไม่มีการแยกชั้น เมื่อนำอิมัลชันมาเขย่าด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องและที่ 45 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารพวกแยม (Jam) เจลลี่ (Jelly) และมาร์มาเลด (marmalade) เป็นอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดสูงและปริมาณของแข็งสูง (high acid-high solid food) เตรียมได้จากผลไม้หรือน้ำผลไม้ ผสมกับน้ำตาลทราย และกรดในปริมาณที่เหมาะสมแล้วระเหยน้ำออกโดยใช้ความร้อนทำให้อาหารมีความเข้มข้นขึ้น มีของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 65 หรือมากกว่า เมื่อทิ้งให้เย็นจะจับตัวกันมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว เกิดเป็นเจล (gel formation) (21)

แยม

เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเตรียมจากเนื้อผลไม้ผสมกับน้ำตาลทรายหรือผสมน้ำผลไม้ด้วยก็ได้ และระเหยน้ำด้วยความร้อนทำให้มีความเข้มข้นพอเหมาะ (22) การทำแยมนิยมใช้ผลไม้สุกในขณะที่การทำเจลลี่นิยมใช้ผลไม้ดิบ การเกิดเจลของแยมจะไม่มากเท่าเจลลี่และมีลักษณะของเจลอ่อนกว่าเจลลี่

เจลลี่

เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเตรียมจากการผสมน้ำผลไม้ 45 ส่วน กับน้ำตาล 55 ส่วน โดยน้ำหนักแล้วระเหยน้ำด้วยความร้อนให้มีความเข้มข้น จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 อาจเติมกลิ่น-รส ตามต้องการ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค มีการเติมเพคตินและกรดซิตริกเพื่อทำให้มีลักษณะจำเพาะของเจลลี่ดีขึ้น (21)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 89 (พ.ศ. 2528) ให้คำจำกัดความว่า เบลลี่หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองและผสมน้ำตาลทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะและให้มีน้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดจากผลไม้ที่ใช้ทำไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (22) เบลลี่คุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว อ่อนนุ่มและลื่น ใสเป็นประกาย มีสีสวยงาม รับประทาน มีความคงตัวดี เมื่อแกะออกจากภาชนะมีความไหวตัวมากแต่ไม่ไหลไปมา สามารถตัดตัวขมิ้นหรือซัอนได้ง่าย โดยไม่เหนียวติดมีดหรือซัอน รอยตัดต้องเรียบคมและไม่เปลี่ยนรูป (23, 24)

ส่วนประกอบสำคัญของ เบลลี่ คือ

1. น้ำผลไม้ต้องมีเพศดิน
2. มีกรดอินทรีย์ในปริมาณพอเหมาะ
3. มีน้ำตาลมากพอที่จะทำให้ความเข้มข้นของส่วนผสมมีความเข้มข้นพอที่จะเกิดเจลได้

ปัจจัยที่จะมีผลต่อลักษณะของ เบลลี่ คือ ปริมาณน้ำ-น้ำตาล-กรด และเพศดิน การเกิดเจลของ เบลลี่ หรือแยมเป็นผลเนื่องจากการแสดงคุณสมบัติร่วมกันระหว่าง น้ำตาล-กรด-เพศดิน-น้ำ (21)

การทดสอบคุณภาพของแยมและ เบลลี่

แยมและ เบลลี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเนื้อสัมผัส (Texture) เป็นเจล การตรวจคุณภาพของแยมและ เบลลี่นิยมทดสอบความแข็งแรงหรือความคงทนของเจล (gel strength) เป็นการวัดความต้านทานเนื้อแยมหรือ เบลลี่ที่มีต่อแรง (Force) ที่กระทำบนอาหาร ซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธี ได้แก่

1. ใช้แรงดึงให้อาหารฉีกขาดจากกัน
2. ใช้แรงกดบนอาหารจนแตกออกจากกัน

แรงที่กระทำต่ออาหารจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแน่นหรือความอยู่ตัว (firmness) ของอาหาร (25, 26, 27)

การสังเกตคุณลักษณะของแยม

ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องไม่แข็งหรือเหลวจนเกินไป

การกระจายตัวของเนื้อผลไม้ เนื้อผลไม้ต้องกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ

ในเนื้อแยม

ความหนืดเหนียวเมื่อทาบนขนมปัง ต้องมีความนุ่มพอให้ทาบนขนมปัง

ได้ง่าย

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ต้องอยู่ระหว่าง 65-68 เปอร์เซ็นต์

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต้องอยู่ระหว่าง 2.8-3.5

สีและความใส มีสีของผลไม้และใสเป็นประกาย

รสชาติ หวานอมเปรี้ยว

อายุการเก็บ ต้องเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง

การสังเกตคุณลักษณะที่ดีของเฮลลี่

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เจลต้องไม่แข็งหรืออ่อนเกินไป

รอยตัดด้วยมีด (Cutting edge) ต้องมีรอยตัดเรียบมีขอบคมชัด ไม่หยาบ

ความหนืดเหนียวขณะตัด (Stickiness during cutting) ต้อง

ไม่เหนียวติดมีดขณะตัด

ความไหวเมื่อเขย่า (Quivering on shaking) ต้องมีความไหว

ตัวได้มากขณะสั่นภาชนะ

ความใส (Clearness) มีความใสเป็นประกาย

รสชาติ (Taste) มีรสหวานและเปรี้ยวเล็กน้อย

อายุการเก็บ ควรเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง

การวัดสีของแยมและเฮลลี่

วิธีวัดสีของแยมและเฮลลี่สามารถวัดได้โดยวิธีการเทียบสีตามระบบของ Munsell (28) ซึ่งจะรายงานเป็นค่าของ Hue Value/Chroma โดยมิผ่านเทียบสีเป็นกลุ่มสีต่าง ๆ ดังนี้

R	=	Red
YR	=	Yellow-Red
Y	=	Yellow
GY	=	Green-Yellow
G	=	Green
BG	=	Blue-Green
B	=	Blue
PB	=	Purple-Blue
P	=	Purple
RP	=	Red-Purple



สีต่าง ๆ ทั้งหมดจะออกมาจาก Neutral (ไม่มีสี)
แต่ละสีจะมีความเข้มของสีต่าง ๆ กันจากแก่ไปอ่อน ซึ่งจะบอกเป็น

Value (V) = lightness ---> darkness
(9 -----> 2.5)

Chroma = degree of departure of given hue
from neutral
(16 -----> 1)

จะรายงานผลเป็นดังนี้ Hue Value/Chroma

Hue บอกเป็นตัวเลขและอักษรของสีต่าง ๆ เรียกเป็น Hue Symbol

Value เป็นตัวเลขแสดงสีจากสีแก่ไปจนถึงสีอ่อน มีตัวเลขตั้งแต่ 2.5 ไปจนถึง 9

Chroma เป็นตัวเลขแสดงความเข้มของสีจากทึบไปถึงสีจาง มีตัวเลขตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 16

ในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยจะทำการทดลองการใส่สารสกัดเปลือกทุเรียน S II แทนที่เพศตินในการเตรียมตำรับอาหารพวกแยมและเยลลี่โดยเปรียบเทียบกับตำรับที่ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนกับตำรับที่ใช้เพศติน เตรียมอาหารในความ

เข้มข้นต่าง ๆ กันและตรวจสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ของตำรับอาหารที่เตรียมได้ เพื่อศึกษาสารสกัดเปลือกทุเรียนในการนำมาใช้ประโยชน์แทนเพศดินในด้านการเตรียมอาหารแยมและเยลลี่

น้ำสลัด (Salad dressing หรือ Salad cream)

น้ำสลัดมีลักษณะเป็นอิมัลชัน (emulsions) ชนิดหนึ่งประกอบด้วย น้ำมันพืช กับน้ำ มีส่วนประกอบของ ไข่ทั้งฟองหรือเฉพาะไข่แดง มีกรดพวงน้ำส้มสายชู น้ำมะนาว และกรดซิตริก มีสารแต่งรสอื่น ๆ พวกเกลือ น้ำตาล เครื่องเทศ นอกจากนี้ยังอาจมีส่วนประกอบของนม แป้งและ gum เป็นต้น เป็นผลิตภัณฑ์อาหารมีลักษณะเป็นครีมข้น มีความเหนียว

Salad cream ต้องประกอบด้วยน้ำมันไม่ต่ำกว่า 25% และ egg yolk solid ต้องไม่ต่ำกว่า 1.35% (29)

Mayonnaise มีส่วนประกอบคล้ายกันกับ salad cream แต่มีน้ำมันมากกว่าคือจะมีน้ำมันไม่ต่ำกว่า 65% ดังนั้น mayonnaise จะมีความเข้มข้นมากกว่า salad cream (30)

ผลิตภัณฑ์พวก salad cream และ mayonnaise สูตรตำรับที่นิยมของแต่ละประเทศจะมีความแตกต่างกันในปริมาณของน้ำมัน ตำรับของอังกฤษ ส่วนประกอบของน้ำมันใน salad cream และ mayonnaise จะไม่แตกต่างกัน คือกำหนดให้มีน้ำมันต่ำสุด 25% ส่วนตำรับของสหรัฐส่วนประกอบของน้ำมันใน mayonnaise จะสูงถึง 65% ในขณะที่ salad cream ให้มีน้ำมันเพียง 30% ส่วนตำรับของประเทศทางยุโรปอื่น ๆ เช่น สวิสเซอร์แลนด์ และเบลเยียมจะมีสูตรตำรับที่มีน้ำมันสูงกว่า ใน mayonnaise ให้มีน้ำมันไม่ต่ำกว่า 75% และ 80% ตามลำดับ ในขณะที่ใน salad cream ให้มีน้ำมันได้ไม่ต่ำกว่า 60% และ 50% ตามลำดับ (29)

ชนิดต่าง ๆ ของน้ำสลัด (salad dressing)

สามารถจำแนก salad dressing ออกได้เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

นี้ (31)

1. Oil and Vinegar dressing เป็นส่วนผสมของน้ำมันกับน้ำส้มสายชู (vinegar) และเครื่องปรุงรสอื่น ๆ โดยมีอัตราส่วนของน้ำมันต่อน้ำส้มสายชู เท่ากับ 3:1

2. Mayonnaise based dressing เป็นส่วนผสมของน้ำมันกับน้ำส้มสายชูและตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) ซึ่งนิยมใช้ไข่แดงซึ่งมีสารพวก lecithin อยู่ เป็นผลิตภัณฑ์พวก dressing ที่มีความหนืดข้นและเป็นครีม (thick and creamy)

3. Cooked dressing จะมีลักษณะเหมือน mayonnaise based dressing แต่มีความหนืดข้นมากกว่า มีปริมาณน้ำมันน้อยกว่า มักใช้แป้ง (starch) เป็นตัวทำให้หนืดข้นเพิ่มขึ้น

สารเพิ่มความหนืดในทางอุตสาหกรรมมักนิยมใช้พวก gum gelatin และ starch เป็นตัวช่วยทำให้เกิดความหนืดข้น ตัวอย่างของ gum ได้แก่

Xanthan gum เป็นสารธรรมชาติ เป็น gum ชนิดหนึ่งที่ได้จากจุลินทรีย์ Xanthomonas campestris มีส่วนประกอบเป็นพวก polysaccharide ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ประกอบด้วยน้ำตาล D-glucose, D-mannose และ D-glucuronic acid ในสหรัฐ FDA อนุญาตให้ใช้ประกอบในอาหารเป็น stabilizer, emulsifier, thickener, suspending agent bodying agent และ foam enhancer ได้ xanthan gum ละลายได้ดีทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน ให้เป็นสารละลายข้นหนืด สารพวก xanthan gum เมื่อละลายในน้ำจะได้อะไรของเหลวที่มีความหนืดสูงจะเทออกจากภาชนะค่อนข้างยาก สารละลายทน

ต่อ freeze-thaw (32) xanthan gum มักนิยมใช้ในการช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้แก่ salad dressing, French dressing, sauce gravies milk pudding และเบียร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในอาหารพวก เยลลี่และแยมด้วย

ความคงตัวของน้ำสลัด

การประเมินผลความคงตัวของน้ำสลัด มีวิธีการประเมินเช่นเดียวกับอิมัลชัน โดยใช้วิธีการวัดค่าดังต่อไปนี้

1. Emulsion index เป็นการวัดอัตราการแยกชั้นของน้ำกับน้ำมัน เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. โดยวัดเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกออกมาจากน้ำมัน เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมด คำนวณค่า emulsion index จากสูตร

$$\text{Emulsion index} = ((\% \text{ น้ำในระบบ} - \% \text{ น้ำที่อ่านได้}) / \% \text{ น้ำในระบบ}) \times 100$$

ถ้ามองไม่เห็นการแยกชั้นให้ถือว่า อิมัลชันคงตัวดี และมีค่า emulsion index เท่ากับ 100

2. Centrifugation เป็นวิธีการเร่งเวลาให้เร็วขึ้นโดยใช้แรงเหวี่ยง ทำได้โดยนำอิมัลชันไปปั่น (centrifuge) ด้วยแรงเหวี่ยงประมาณ 3000 รอบ/นาที นาน 10 นาที สังเกตการแยกชั้นที่เกิดขึ้น ถ้าไม่มีการแยกชั้นแสดงว่าอิมัลชันคงตัวดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคูสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน
2. เพื่อศึกษาส่วนประกอบในสารสกัดจากเปลือกทุเรียน
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลที่ประกอบอยู่ในโครงสร้างของคาร์โบไฮ้ยเดรตสกัดจากเปลือกทุเรียน
4. เพื่อศึกษาคูสมบัติการย่อยของสารคาร์โบไฮ้ยเดรตสกัดจากเปลือกทุเรียนด้วยเอนไซม์ amylase
5. เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอนในยาน้ำแขวนตะกอน
6. เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นสารช่วยเตรียมขาน้ำอิมัลชัน
7. เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารช่วยเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ แยม เยลลี่ และน้ำสลัด เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัสดุและวิธีวิจัย

วัสดุ

1. สารตัวอย่าง

1.1 ตัวอย่างเปลือกทุเรียน รวบรวมจากตลาดสดสามย่านและตลาดซูเปอร์มาร์เก็ตจากมาบูนครองเซนต์เออร์ เป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาจากจังหวัดระยอง จันทบุรี และ ชุมพร

1.2 สารสกัดจากเปลือกทุเรียน 2 fraction คือ crude fraction (F I) และ purified fraction (F II) เตรียมจากวิธีการสกัดด้วย alcohol และ acid-alcohol ตามวิธีการดังที่กำหนดไว้ในวิธีการสกัดสาร(5)

2. สารเคมี

Ethanol จากโรงกลั่นสุรียงเชียงใหม่, Hydrochloric acid, Sulfuric acid ชนิด analytical grade จาก BDH, England. Sodium hydroxide, Citric acid monohydrate, Potassium tartrate, Copper sulfate, Ferric chloride, Lead acetate, Potassium iodide, Iodine, Naphthalene (1,3) diol, 1-naphthol, Anthrone ชนิด GR grade จากบริษัท E.Merck Darmstadt, Germany. Orcinol, Naphthoresorcin, Sodium hexametaphosphate ชนิด Analytical grade จากบริษัท Fluka Chemika Switzerland. Pectin powder จาก Citrus fruit, Acacia powder (Gum arabic) จากห้างขายยาศิริจันทร์สห-โอสถ กทม. Kieselgur (Pure) และ Charcoal (pure) จาก E.Merck Darmstadt, Germany

Benzoic acid, BDH Chemical Ltd, England. Calcium carbonate, May & Baker Ltd, England. Furazolidone จากบริษัท T. Chemical Ltd., Partnership. Bangkok. Glycerin, Sorbitol,

Twen 80, Light Kaolin, Methyl paraben, Propyl paraben, Propylene glycol, จาก ห้างขายยาตรีจันทร์ สหโอสถ กทม. Potassium Chloride, Sodium chloride, Sodium citrate, Sodium hydroxide, ชนิด GR grade จาก E. Merck Darmstadt. Germany

Glucose, Fructose, Galactose, Mannose, Rhamnose Arabinose, Xylose, Maltose, Lactose, Sucrose ชนิด analytical reagent grade จากบริษัท Fluka-Garantie, Switzerland, Galacturonic acid และ Glucuronic acid จากบริษัท Sigma Chemical Co. U.S.A. Silica gel 60G (TLC grade) จากบริษัท E. Merck, Darmstadt, Germany.

3. สารเตรียมอาหาร

เพคติน (Genu Type JM) และเพคติน (Genu Pectin Type D slow set 150 USA-SAG) จากบริษัท Food and Cosmetic Systems. Citric acid จากบริษัท JT Baker น้ำตาลทรายขาว เกลือ น้ำมันสลัดตรา เบสท์ฟูด น้ำส้มสายชู (5% acetic acid) ตามภูเขาทอง ไข่แดง และ Xanthan gum จากบริษัท Sigma Chemical Co. USA.

4. ผลไม้แต่งกลิ่นรส

ใช้ผลไม้ที่มีสารเพคตินต่ำหรือไม่มีเพคตินได้แก่ ฝรั่ง สับปะรด และส้มเขียวหวาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างเปลือกผลไม้คือเปลือกทุเรียน ใช้เปลือกทุเรียนสดเฉือนเอาเปลือกนอกออกเหลือแต่เปลือกส่วนที่เป็นสีขาว หั่นเป็นชิ้นขนาด 1-2 ซม แล้วนำไปบดให้เป็นชิ้นหยาบ ๆ ด้วยเครื่องบดไฟฟ้า (blender) นำตัวอย่างที่บดแล้วนี้ไปสกัดสาร ตัวอย่างเปลือกทุเรียนนี้ถ้ายังไม่นำไปสกัดทันทีอาจเก็บแช่แข็งไว้ในอุณหภูมิต่ำที่ -10°C จนกว่าจะนำไปทำการสกัด

2. วิธีการสกัดสารและการทำให้บริสุทธิ์

ทดลองการสกัด 2 วิธี คือการทำ alcohol-extraction และ acid-alcohol extraction ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 alcohol extraction

2.1.1 นำเปลือกทุเรียนที่ต้องการสกัด 1 กก. ใส่ในภาชนะโลหะ stainless steel ขนาดจุ 10 ลิตร เติมน้ำร้อน 5 ลิตร ต้มให้เดือดอ่อน ๆ

2.1.2 เติม sodium hexametaphosphate 24 กรัม และปรับ pH 4.5 ด้วย citric acid ต้มให้เดือดอ่อน ๆ ประมาณ 20 นาที

2.1.3 กรองขณะร้อน ๆ ผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นจะได้ filtrate ค่อนข้างข้น เติม Kieselgur 25 กรัม/ลิตร คนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที

2.1.4 กรองขณะอุ่น ๆ ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ใน Bushner funnel โดยใช้ปั๊มน้ำ (aspirator) ช่วยการกรองจนได้ filtrate ใส

2.1.5 นำไประเหยน้ำออกโดย rotary evaporator โดยใช้ความร้อนอ่อน ๆ (60°C) จนได้สารละลายข้นเหนียว ซึ่งจะระเหยน้ำออกประมาณ 4-5 เท่า

2.1.6 นำสารละลายข้นเหนียวนี้มาตกตะกอนในประมาณ 60% alcohol โดยใช้ 75% alcohol ประมาณ 3-4 เท่าของปริมาตรของสารสกัด จะได้เป็นตะกอนข้น กรองตะกอนออกด้วยผ้าไนลอน

2.1.7 ล้างตะกอนใน 75% alcohol 2 ครั้ง และล้างอีก 1 ครั้งใน 95% alcohol กรองตะกอนผ่านผ้าไนลอน บีบให้แห้ง

2.1.8 เกลี่ยตะกอนบาง ๆ บนจานแก้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่ 65 °ซ นาน 4 ชม.

2.1.9 สารสกัดที่ได้เป็น crude extract นี้นำมาบดให้ละเอียดและผ่านร่อนขนาด 80 mesh ได้เป็นผงละเอียด นำไปอบที่ 100 °ซ, 2 ชม. เรียกสารสกัดนี้เป็น Crude Fraction (F I) ยังไม่เป็นสารบริสุทธิ์

2.2. acid-alcohol extraction วิธีการสกัดที่ใช้ได้ตัดแปลงจากที่บรรยายไว้โดย Ranganna (33)

2.2.1 นำเปลือกทุเรียนที่เตรียมสำหรับสกัด น้ำหนัก 1 ก.ก. ใส่ในภาชนะ stainless steel ขนาดจุ 10 ลิตร เติมน้ำร้อน 5 ลิตร ต้มให้เดือดอ่อน ๆ

2.2.2 เติม Sodium hexametaphosphate 24 กรัม และปรับ pH 4.5 ด้วย citric acid ต้มให้เดือดอ่อน ๆ ประมาณ 20-30 นาที

2.2.3 กรองขณะร้อนผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำ filtrate มาเติม Kieselgur 25 กรัม/ ลิตร คนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที

2.2.4 กรองขณะอุ่น ๆ ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ใน Bushner funnel โดยใช้ปั๊มน้ำ (aspirator) ช่วยการกรอง จนได้ filtrate ใส

2.2.5 นำ filtrate ที่ได้ไประเหยน้ำออกโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ใช้ความร้อน 60 °ซ จนได้สารละลายชั้นเหนียว (ระเหยน้ำออก 4-5 เท่า)

2.2.6 นำสารละลายชั้นเหนียวที่ได้นี้มาตกตะกอนใน acid-alcohol (4% HCl ใน 75% alcohol) ปริมาตรประมาณ 2-3 เท่าของปริมาตรสารสกัด จะได้เป็นตะกอนขาว แช่ทิ้งไว้ประมาณ 25-30 นาที กรองตะกอนผ่านผ้าไนลอน

2.2.7 ล้างตะกอนใน acid-alcohol 2 ครั้ง กรองและบีบน้ำออกให้แห้ง

2.2.8 ล้างตะกอนใน 75% alcohol 2 ครั้ง กรอง และบีบตะกอนให้แห้ง และล้างตะกอนใน 95% alcohol 1 ครั้ง กรองและบีบ ตะกอนให้แห้ง

2.2.9 เกลี่ยตะกอนบาง ๆ บนภาตแก้วนำไปอบแห้งที่ 60 °ซ นาน 4 ชม. ได้เป็น crude extract นำมาบดละเอียด

2.2.10 ละลาย crude extract ลงในน้ำร้อนให้ความเข้มข้นประมาณ 2% (อาจแช่ทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้ละลายได้มากที่สุด)

2.2.11 อุ่นสารละลายให้ร้อน และเติม Kieselgur (purify) 15 กรัม/ลิตร คนให้เข้ากันทั่ว

2.2.12 กรองขณะอุ่น ๆ ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ใน Bushner funnel โดยใช้ปั้มน้ำ (aspirator) ช่วยการกรอง จนได้ filtrate ใสไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อนมาก

2.2.13 นำ filtrate ไปทำให้เข้มข้นโดยระเหยน้ำ ออกโดยเครื่อง rotary evaporator ใช้ความร้อน 60 °ซ จนได้สารละลายชั้น เหนียว

2.2.14 นำสารละลายชั้นเหนียวนี้มาตกตะกอนใน 75% alcohol ปริมาตร 3 เท่า จะได้เป็นตะกอนแข็งสีขาวแยกออกมา กรองตะกอน ผ่านผ้าไนลอน

2.2.15 ล้างตะกอนด้วย 75% alcohol 1 ครั้ง บีบ ตะกอนให้แห้ง แล้วนำไปเกลี่ยบาง ๆ บนภาตปูด้วย aluminum foil นำไปอบ ให้แห้งที่ 65 °ซ จนกว่าจะแห้ง ใช้เวลา 6-8 ชม. จะได้เป็นแผ่นแข็งของสาร สกัดค่อนข้างใสสีส้มจาง ๆ หรือสีเหลืองจาง ๆ

2.2.16 นำสารสกัดที่ได้มาบดละเอียดและผ่านร่ขขนาด 80 mesh จะได้สารสกัดเป็นผงละเอียดสีขาวนวล นำไปอบให้แห้งที่ 100 °ซ, 2 ชม. ได้เป็นสารสกัดเปลือกทุเรียน Purified Fraction (F II) เป็นสาร สกัดเปลือกทุเรียนที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ (Partially purified)

2.3 การเตรียมผงสารสกัดเปลือกทุเรียนโดยวิธี Spray Dried

2.3.1 เตรียมสารละลาย F II ความเข้มข้น 1-2% ที่ให้ผงตัวเต็มที่ได้สารละลายเป็นเนื้อเตีียว

2.3.2 เติมสาร drying aid โดยใช้ maltodextrin ปริมาณ 3 เท่าของ F II

2.3.3 ทำให้เป็นผงแห้งโดยผ่านเข้าเครื่อง Spray Dryer (Buchi 190) สารละลายจะถูกฉีดเป็นฝอยผ่านเข้าไปในลมร้อนทำให้ระเหยแห้งเป็นผงละเอียด ได้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นผงสีขาวเหมือนแป้ง

3. การทดสอบและการวิเคราะห์ที่ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน

3.1 การวิเคราะห์ที่ส่วนประกอบของธาตุ (Elemental Analysis)

วิเคราะห์สารสกัด F I และ F II ที่บดละเอียดผ่านร่อน 80 mesh และตัวอย่าง F I และ F II ที่บดแห้งเอาความชื้นออกหมดแล้ว วิเคราะห์ส่วนประกอบของ Carbon (C) Hydrogen (H) และ Nitrogen (N) โดยใช้เครื่อง Elemental Analysis (Perkin Elmer 240 C) ที่ combustion temp 950 °C, reduction temp. 650 °C, Helium pressure 18.5 psi และ Oxygen pressure 17.5 psi ทดลองตัวอย่างละ 2-3 ครั้ง ค่าที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน $\pm 5\%$ นำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

นำสารสกัด F I และ F II มาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี เปรียบเทียบกับสาร pectin และ gum arabic ดังต่อไปนี้

3.2.1 Color test for carbohydrate ทดสอบสารคาร์โบไฮเดรตโดยปฏิกิริยาการเกิดสีของสาร furfural ที่เกิดจากน้ำตาลถูกคูดน้ำออกโดยกรดแก่ และจะรวมตัวได้สารที่มีสีกับน้ำยา Anthrone หรือ 1-naphthol ตามวิธีของ Anthrone test และ Molisch's test (34) ตามลำดับ ทดสอบสารตัวอย่างทั้งก่อนและหลังทำ acid hydrolysis ของสารสกัด F I และ F II

3.2.2 Reduction test for carbohydrate เป็นการทดสอบ reducing sugar test โดยวิธีของ Fehling's test (35) โดยใช้สารตัวอย่างทั้งก่อนและหลังจากทำ acid hydrolysis ของสารสกัด F I และ F II

3.2.3 Iodine solution test for carbohydrate

ทดสอบสาร polysaccharides โดยดูการเกิดสีกับน้ำยาไอโอดีน (36)

3.2.4 Tollen's naphthoresorcinol test for

glycuronic acid ทดสอบสารพวก glycuronates โดยดูการเกิดสีของสารที่ได้จากการต้มสารพวกน้ำตาลใน HCl กับ naphthoresorcinol (1,3 dihydroxynaphthalene) จะได้สารสีม่วงเข้มซึ่งละลายได้ดีใน ether (37)

3.2.5 Precipitation test ทดสอบสารพวก

polysaccharides และ polyuronides โดยการตกตะกอนด้วย ethanol หรือ สารละลายเกลือของโลหะหนัก Thorium nitrate (38) Lead acetate และ Ferric choride เป็นต้น

3.3 การวิเคราะห์แร่ธาตุ (39)

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ Sodium Potassium Calcium Magnesium Manganese Iron Copper Zinc Aluminium Solicon และ Lead โดยวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer ทำการทดลองตัวอย่างละ 2-3 ครั้ง นำผลที่ได้มีค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 5\%$ มาหาค่าเฉลี่ย เปรียบตัวอย่างของสารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง F I และ F II ตามวิธีดังต่อไปนี้

3.3.1 ชั่งตัวอย่างบดละเอียดของ F I และ F II ประมาณ 5 กรัม นำไปเผาเป็น Ash โดยวิธี Dry Ashing (40,41)

3.3.2 นำตัวอย่างจาก dry ashing มาละลายด้วย 10 มล. 6N HCl ใน evaporating dish และทำให้แห้งบน water bath เติม 15 มล. 3N HCl ต้มพอเดือดบน water bath นำออกมาตั้งทิ้งให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรองลงใน volumetric flask ขนาด 250 มล. พยายามไม่เทตะกอนลงไปและเติม 10 มล. 3N HCl ลงในตะกอนที่เหลือ นำไปต้มพอเดือดใน water bath นำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น เทกรองผสมลงไปใน volumetric

flask ร่วมกับสารละลายครึ่งแรก ล้าง evaporating dish 3 ครั้งด้วยน้ำ
กลั่นและกรองผสมรวมลงใน volumetric flask ล้างตะกอนบนกระดาษกรอง
และปรับปริมาตรเป็น 250 มล.

3.3.3 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณของแร่ธาตุ
ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Shimadzu
ICPS-50

3.4 การวิเคราะห์ Arsenic

วิเคราะห์หาปริมาณของ arsenic จากการทำปฏิกิริยาการ
เกิดสีของ arsine กับสารละลาย silver diethyldithiocarbamate วัดสีที่
เกิดขึ้นของปฏิกิริยาด้วย spectrophotometer (42,43) และวิเคราะห์ซ้ำอีก
ครึ่งด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

3.5 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล

วิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาลที่ประกอบอยู่ในโครงสร้าง
polysaccharide ของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ตามวิธีการดังนี้

3.5.1 เตรียมสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I
และ F II ในน้ำมีความเข้มข้น 5% ที่ให้สารทดลองพองตัวเต็มที่ในหลอดแก้ว
ขนาดใหญ่

3.5.2 เติมกรด H_2SO_4 จนสารละลายมีความเข้มข้น 1 N

3.5.3 นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 3-4 ชม. เขย่าให้
เข้ากันบ่อย ๆ ปิดปากหลอดแก้วด้วยสำลี

3.5.4 ปรับ pH ให้เป็นกลาง โดยใช้ผง $Ba(OH)_2$ เติม
ทีละน้อยจนจนละลายหมด

3.5.5 นำไปปั่นเอาตะกอนออกด้วยเครื่อง centrifuge ที่
5000 rpm, 15 นาที เก็บส่วนของน้ำใส (hydrolyzate) มาทำให้เข้มข้นด้วย
วิธี Freeze-dried แล้วจึงนำสารละลายมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำตาล
จากพอลิของสารละลายด้วย pure charcoal ถ้าจำเป็น

3.5.6 นำสารละลายไซมาวิเคราะห์ที่หาชนิดของน้ำตาลโดยวิธี TLC บนแผ่น silica gel 60G และ solvent ประกอบด้วย Acetone : Water : Chloroform : Methanol ในอัตราส่วน 75 : 5 : 10 : 10 และ spray ด้วย 5% 1-naphthal ใน alcohol และ H_2SO_4 เทียบ spot ของน้ำตาลที่ประกอบอยู่ในสารตัวอย่างกับน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็น standard จากค่า Rf value และสีของน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนแผ่น TLC (44)

3.5.7 วิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาลโดยเครื่องวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC Shimadzu, LC-3A) Column, Supelcosil LC-NH₂ (5 micron) ขนาด 25.0 cm x 4.6 mm ID ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase, flow rate 1 ml/min pressure เท่ากับ 468 psi ที่อุณหภูมิห้อง (ambient) ใช้ Detector Refractive Index. เปรียบเทียบค่า retention time เป็นนาที และ peak height ของน้ำตาลในตัวอย่างกับน้ำตาล standard ได้แก่ glucose fructose mannose galactose rhamnose arabinose xylose glucuronic acid galacturonic acid sucrose maltose และ lactose

3.6 การวิเคราะห์ Total Carbohydrate

ทำการวิเคราะห์หา carbohydrate ในสารสกัด F I และ F II โดยวิธี Manual Clegg Anthrone Method (45) โดยการย่อยสาร carbohydrate ด้วย perchloric acid สารพวกแป้งและ soluble sugar ที่ถูก hydrolysed ด้วยกรดนี้ นำมาวิเคราะห์หาน้ำตาลโดยวัดความเข้มของสีโดย anthrone method ผลที่ได้จะแสดงค่าคาร์โบไฮเดรตในรูปของ glucose

3.7 การหาปริมาณความชื้น (46)

ซึ่งตัวอย่าง F I และ F II ที่บดละเอียดผ่านร่อน 80 mesh ประมาณ 5 กรัม ใส่ในจานแก้วมีฝาปิดซึ่งได้ทำความสะอาดและอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่ไว้แล้ว อบตัวอย่างในจานแก้ว ที่ 100 °C นาน 6 ชม. ใน hot-air oven โดยเปิดฝาจานแก้วไว้เมื่อครบเวลาจึงปิดฝาจานแก้ว นำออกมาทิ้งให้เย็น

ใน desiccator บันทึกร้ำน้ำหนัก แล้วนำไปอบตามวิธีดังกล่าวอีกนาน 1-2 ชม. นำออกมาชั่งน้ำหนัก ทำเช่นนี้จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ ค่าน้ำหนักที่หายไปนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้นทั้งหมดที่มีในตัวอย่าง ดังนี้

$$\% \text{ moisture} = (\text{loss of wt. (g) / wt (g) of sample}) \times 100$$

ทำการทดลองตัวอย่างเดียวกันซ้ำ 2-3 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งมีความแตกต่างไม่เกิน $\pm 3\%$ มาหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง

3.8 การหาปริมาณเถ้า (ash)

วิเคราะห์ตามวิธี Dry Ashing (40) ดังมีขั้นตอนต่อไปนี้

3.8.1 ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 5 กรัม ใส่ใน porcelain crucible ซึ่งได้ล้างสะอาดโดยต้มเดือดใน 6 N HCl ล้างอบแห้งและเผาที่ 450°C นาน 15 นาที และชั่งน้ำหนัก (M_2) ไว้แล้ว

3.8.2 เผาตัวอย่างด้วยเตาไฟฟ้าจนตัวอย่างเป็นสีดำและไม่มีควันเกิดขึ้นอีก

3.8.3 นำตัวอย่างไปทำให้เป็นเถ้าโดยเผาในเตาเผา (furnace) ที่ 550°C จนได้เถ้าเป็นสีขาว

3.8.4 นำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก (M_1) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเถ้า ดังนี้

$$\% \text{ Ash} = ((M_1 - M_2) / \text{wt. (g) sample}) \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-3 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm 5\%$ มาหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เถ้า

3.9 การหาปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber)

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง F I และ F II ที่บดละเอียดโดยนำมาย่อยด้วยกรดและด่าง ส่วนที่เหลือจากการย่อยนี้เป็นเส้นใยอาหาร ตามวิธีของ Lee (47) ซึ่งทำตามวิธีการดังต่อไปนี้

- 3.9.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน beaker สำหรับทดลองหาเส้นใยอาหาร ขนาด 600 มล.
- 3.9.2 เติม 200 มล. 1.25% H_2SO_4 นำไป reflux นาน 30 นาที
- 3.9.3 นำไปกรองและล้างด้วยน้ำเดือดจนปราศจากกรด
- 3.9.4 นำกากที่ได้จากการกรอง ใส่ใน beaker แล้วเติม 200 มล. 1.25% NaOH นำไป reflux อีก 30 นาที
- 3.9.5 นำมากรองแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำเดือดและล้างด้วย แอลกอฮอล์
- 3.9.6 นำตะกอนเส้นใยที่เหลือไปอบที่ $100-105^{\circ}C$ นาน 3 ช.ม. นำไปชั่ง และนำไปอบอีก 15 นาที แล้วชั่งทำเช่นนี้จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ (M_1)
- 3.9.7 ล้างเอาเส้นใยในภาชนะออกจนหมดแล้วนำไปอบที่ $100-105^{\circ}C$ แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_2)
- 3.9.8 นำค่า M_1 และ M_2 ที่ได้มาคำนวณดังนี้

$$\% \text{ เส้นใยอาหาร} = (M_1 - M_2) / \text{น.น. (กรัม) ตัวอย่าง} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน $\pm 5\%$ มาหาค่าเฉลี่ยของ ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber)

3.10 การทดสอบการย่อยด้วยเอนไซม์ (Enzyme hydrolysis)

ทดสอบการย่อยสาร polysaccharides โดยเอนไซม์ amylase จากน้ำลาย (48) ใช้ตัวอย่าง F I และ F II สารละลาย 1% ในน้ำ ที่ pH 5 ตัวอย่างละ 2 มล. และเติม 1 มล. น้ำลายทิ้งให้ย่อยใน water bath $37^{\circ}C$ นาน 10 นาที ดูผลการย่อยที่เวลา 0 นาที และ 10 นาที โดยการทดสอบกับน้ำยา Iodine solution และ Fehling's test การทดลองใช้ soluble starch เป็น control และใช้น้ำกลั่นเป็น Blank

3.11 การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ

3.11.1 การตรวจสอบคุณลักษณะทั่ว ๆ ไป ของสารสกัด เปลือกทุเรียน F I และ F II ทำโดยการตรวจดูด้วยสายตา การชิมรสและการดมกลิ่น

3.11.2 วิเคราะห์รูปร่างลักษณะและขนาดของผงสารตัวอย่าง F I และ F II ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโดยเครื่อง Scanning Electron Microscope ถ่ายภาพผงสารตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3.11.3 วัดจุด melting-point หรือจุด decompose ด้วยเครื่อง Gallenkamp Melting Point Apparatus

3.11.4 ดูลักษณะการละลายในน้ำและวัดความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter (Radiometer)

3.11.5 วัดความหนืดของสารละลายในน้ำด้วยเครื่อง Cone and Plate Viscometer

เตรียมสารละลายในน้ำของสารสกัด F I และ F II ในความเข้มข้น 3% วัดความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter (Radiometer) วัดความหนืดของ F I และ F II ด้วย Cone/Plate Viscometer (Brookfield Engineering Lab.) กำหนดให้ rate of shear เท่ากับ 50 rpm ใช้ Cone # CP-41 ควบคุมอุณหภูมิขณะวัดที่ 30 °C บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่อง (display reading) นำมาคำนวณหาความหนืดจากสูตรประจำเครื่องดังนี้

$$\text{Viscosity (cps)} = \text{Display reading} \times \text{Range}/100$$

ทำการทดลองซ้ำ 5-6 ครั้ง นำค่า viscosity ที่วัดได้แต่ละครั้งมาคำนวณค่าเฉลี่ย

4. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนตะกอน

4.1 การวัดความหนืด

เปรียบเทียบความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียนกับเพคติน ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 2-3.25% นำไปวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความ

หนืด Cone/Plate Viscometer (Brookfield Engineering Lab) ที่ rate of shear 50 rpm ใช้ Cone no. CP-41 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 30 °C นำค่าที่อ่านได้จากเครื่อง (display reading) มาคำนวณหาความหนืด โดยใช้สูตรของเครื่องวัดความหนืดดังนี้ (49)

$$\text{Viscosity (cps)} = (\text{Display reading} \times \text{Range})/100$$

สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 2% จะไม่สามารถวัดความหนืดด้วย Cone/Plate Viscometer ที่ rate of shear 50 rpm. โดยใช้ Cone no. CP-41 ได้ ทดลองตัวอย่างละ 5-6 ครั้ง ผลที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน $\pm 5\%$ นำมาหาค่าเฉลี่ยค่าความหนืด

4.2 การตรวจคุณสมบัติการไหล (rheological properties)

วัดความหนืดสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนในความเข้มข้น 3% ด้วยเครื่อง Cone/Plate Viscometer ใช้ Cone no. CP-41 ที่ rate of shear ต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5-100 rpm. บันทึกค่า display reading นำไปคำนวณหาความหนืดเป็น cps และ shearing stress เป็น dynes/cm² โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Viscosity (cps)} = (\text{Display reading} \times \text{Range})/100$$

$$\text{Shearing stress} = (\text{shear rate} \times \text{Viscosity})/100$$

(dynes/cm²)

นำค่า rate of shear และ shearing stress มาเขียนกราฟวิเคราะห์คุณสมบัติการไหลของสารทดลองจากกราฟ (rheogram) (11)

5. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารแขวนตะกอน

5.1 อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัว

ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเปรียบเทียบกับเพคติน ซึ่งสารทดลองแต่ละชนิดหนัก 1 กรัม โปรมงสารทดลองลงในน้ำ 50 มล. ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือที่ 15 °C 30 °C และ 100 °C ตามลำดับ ในกระบอกตวงขนาด 100 มล.

สังเกตการพองตัวของสารทดลองและวัดปริมาตรการพองตัวของสารทดลองที่กัน
กระบอกตวงหลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชม.

5.2 อิทธิพลของความร้อนต่อความหนืด

เตรียมสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนในความเข้มข้น 3%
วัดปริมาตรของสารละลายแล้ว นำไปอุ่นใน water-bath ที่อุณหภูมิที่กำหนดได้แก่
ที่ 70 °ซ และ 100 °ซ เป็นเวลานาน 1 ชม. ถ้าปริมาตรลดลงให้ปรับปริมาตรให้
เท่าเดิม สังเกตลักษณะทางกายภาพของสารละลายที่อุณหภูมินั้น ๆ นำไปวัดความ
หนืดในขณะร้อนทันทีด้วยเครื่อง Cone/Plate Viscometer หลังจากตั้งทิ้งไว้จน
อุณหภูมิลงถึง 30 °ซ นำไปวัดความหนืดอีกครั้ง ใช้ rate of shear 50 rpm.
ใช้ Cone no. CP-41

5.3 อิทธิพลของ pH ต่อความหนืด

เตรียมสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนในความเข้มข้น 2%
และ 3% วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วย pH meter (El-Hama
Instruments) ของสารละลายและวัดความหนืดของสารละลายด้วยเครื่อง
Cone/Plate Viscometer และวัดความหนืดของสารละลายอีกครั้งหลังจากปรับ
pH เป็น 3, 5, 7, 9 และ 12 ตามลำดับ ด้วย 1% กรดเกลือหรือ 1% โซเดียม
ไฮดรอกไซด์ สังเกตดูการเปลี่ยนแปลงของสารละลายที่อาจเกิดขึ้น

6. การศึกษาความเข้ากันได้ (compatibility) กับสารต่าง ๆ ของสาร แขวนตะกอน

6.1 อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytes)

ใช้สารละลายอิ่มตัวของ Sodium chloride, Potassium
chloride, Sodium citrate และ Calcium chloride แต่ละชนิดหยดลงใน
สารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่มีความเข้มข้น 3% ปริมาตร 25 มล. ทีละ
หยด เขย่าให้เข้ากันทุกครั้งที่ยหยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น บันทึก
ปริมาตรของสารละลายขณะที่พบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

6.2 ตัวทำละลาย (Solvent)

ศึกษาความเข้ากันได้ของตัวทำละลายที่นิยมใช้มากในตำรับยากับ
สารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน สารละลายได้แก่ alcohol glycerin

และสารละลาย sorbitol ทดลองโดยค่อย ๆ หยดตัวทำละลายแต่ละชนิดลงในสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนในความเข้มข้น 3% ปริมาตร 25 มล. บันทึกปริมาตรของตัวทำละลายที่เริ่มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน

6.3 สารกันบูด (Preservative)

ใช้สารกันบูด 2 ชนิด คือ methylparaben ร่วมกับ propylparaben และ benzoic acid โดยเตรียมสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน มีความเข้มข้น 1% เติมสารกันบูดคือ methylparaben ให้มีความเข้มข้น 0.2% ร่วมกับ propylparaben ให้มีความเข้มข้น 0.02% หรือเติม benzoic acid ให้มีความเข้มข้น 1% สังเกตลักษณะทางกายภาพ และวัดความหนืดเปรียบเทียบกับเมื่อไม่ได้เติมสารกันบูด

7. การศึกษาคุณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน

7.1 การประเมินความสามารถการแขวนตะกอนในยาน้ำแขวนตะกอน

สูตรตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต

ส่วนประกอบของตำรับยา

แคลเซียมคาร์บอเนต	5 กรัม
สารแขวนตะกอน	ตามที่กำหนด
น้ำกลั่นครบ	100 มล.

ใช้สารแขวนตะกอนเพศดินเปรียบเทียบกับสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ในความเข้มข้น 0.25%, 0.50%, 0.75% และ 1.0% ตามลำดับ

ผงยาแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้น้ำไปผ่านร่งเบอร์ 60-80 mesh เพื่อคัดขนาดของอนุภาคยา ผงยาที่ได้จะอยู่ในช่วงที่เป็นผงยาละเอียดปานกลาง (moderately coarse powder) ถึงละเอียด (fine powder) (52)

เมื่อเตรียมตำรับยาเรียบร้อยแล้วให้ตั้งทิ้งไว้จนปริมาตรของการตกตะกอนคงที่ อ่านปริมาตรของตะกอนที่ตกลงมา แล้วนำไปคำนวณค่า Sedimentation Volume

7.2 การประเมินค่า Sedimentation Volume (50,51)

เป็นการประเมินคุณสมบัติของสารแขวนตะกอนจากปริมาตรของการตกตะกอน (sedimentation volume) โดยการคำนวณ อัตราส่วนของปริมาตรหรือความสูงสุดท้ายของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่งต่อปริมาตรหรือความสูงเริ่มต้นของยาน้ำแขวนตะกอนก่อนมีการตกตะกอน ดังนี้

$$F = Vu/Vo \quad \text{หรือ} \quad Hu/Ho$$

F = Sedimentation Volume

Vu = ปริมาตรของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง

Vo = ปริมาตรของตะกอนเมื่อเริ่มต้น

Hu = ความสูงของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง

Ho = ความสูงของตะกอนเมื่อเริ่มต้น

8. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน

ตำรับยาเตรียมที่เลือกมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มี 6 ตำรับ คือ Kaolin Mixture with Pectin NF XIII Barium Sulfate Suspension และ Trisulfa Suspension ซึ่งเป็นยาภายในใช้รับประทาน และ Calamine lotion อีก 3 ตำรับ ซึ่งเป็นยาทาภายนอก

8.1 สูตรตำรับยา

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin NF XIII (53)

Rx

Kaolin	10.00 กรัม
Pectin	0.50 กรัม
Tragacanth	0.25 กรัม
Benzoic acid	0.10 กรัม
Saccharin Sodium	0.50 กรัม
glycerine	1.00 มล.
Pepermint oil	0.04 มล.
Purified water to	50 มล.

หมายเหตุ ตำรับที่ทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทน Pectin และ Tragacanth ตามที่กำหนดไว้

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

Rx

Calamine	7.5 กรัม
Zinc Oxide	2.5 กรัม
Menthol	0.1 กรัม
Camphor	0.1 กรัม
CMC	1.5 กรัม
Glycerine	2.5 มล.
Purified water to	50 มล.

หมายเหตุ ผง Calamine ต้องผ่านร่อน 40 mesh ก่อนใช้ ตำรับที่ทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทน CMC ในปริมาณตามที่กำหนดไว้

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion B.P. 1988 (54)

Rx

Calamine	15.0 กรัม
Zinc Oxide	5.0 กรัม
Bentonite	3.0 กรัม
Sodium Citrate	0.5 กรัม
Liquified Phenol	0.5 มล.
Glycerol	5.0 มล.
*Paraben Concentrate	1.0 มล.
Purified, freshly boied and cooled sufficient quantity to	100.0 มล.

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion U.S.P. XXII (55)

Rx

Calamine	8.0 กรัม
Zinc Oxide	8.0 กรัม
Glycerin	2.0 มล.
Bentonite Magma	25.0 มล.
*Paraben Conentrate	1.0 มล.
Calcium Hydroxide topical solution a sulficient quantity to make	100.0 มล.

* เป็นสารกันบูดที่เพิ่มเข้าไปในตำรับ

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension (56)

Rx

Barium Sulfate	48.15 กรัม
Sodium C.M.C. (L.V.)	2.0 กรัม
Saccharin Sodium	50.0 มก.

Sorbitol Solution	15.0	มล.
*Paraben Concentrate	1.0	มล.
Purified Water to	100.0	มล.

* เป็นสารกันบูดที่เพิ่มเข้าไปในตำรับ

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric (57)

Rx

Sulfadiazine	
Sulfamerazine	
Sulfamethazine aa	1.1 กรัม
Potassium Citrate	1.0 กรัม
Tragacanth	1.0 กรัม
Essene Vanilla	0.3 มล.
Saccharin Sodium	0.1 กรัม
Paraben Concentrate	1.0 มล.
Purified Water to	100.0 มล.

8.2 วิธีเตรียมตำรับยา

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin NF-XIII

1. ผสม Kaolin กับน้ำประมาณ 25 มล. ใน beaker
2. บด pectin, tragacanth (หรือสารสกัดเปคตินทุเรียน) กับ glycerine ในโถรงแห้ง
3. ละลาย benzoic acid ในน้ำเดือด 10 มล. ค่อย ๆ เติมลงในโถรงขณะร้อนพร้อมกบดเร็ว ๆ จน pectin หรือสารตัวอย่างพองตัวเต็มที่
4. เติมสารละลาย saccharin sodium, peppermint oil และสารละลาย Kaolin ในน้ำจากข้อ (1) ลงบดผสมในโถรงให้เข้ากัน
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มล. ผสมให้เข้ากัน



ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

1. ผสม Calamine กับ glycerin และน้ำเล็กน้อย levigate ในโกร่ง porcelain
2. เติม Zinc Oxide ลงในโกร่งบดผสมกัน
3. เติม Menthol และ Comphor ซึ่งได้ทำเป็น eutectic mixture ไว้แล้ว ผสมลงในโกร่ง
4. เติม CMC (หรือการสกัดเปลือกทุเรียน) ซึ่งได้เตรียมเป็น mucilage ไว้แล้ว ผสมลงในโกร่ง บดผสมสารที่เติมในโกร่งทั้งหมดให้เข้ากัน
5. เติมน้ำจนครบปริมาตร 50 มล. ผสมให้เข้ากัน

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion B.P. 1988

1. บด Calamine และ Zinc oxide ด้วย glycerin ในโกร่งกระเบื้องจนได้ smooth paste
2. เติม bentonite ลงในโกร่ง (หรือสารสกัดเปลือกทุเรียนที่อยู่ในรูป mucilage) บดผสมโดยค่อย ๆ เติมสารละลาย sodium citrate ที่ละน้อย จนได้ผงยาที่ละเอียดเนียน
3. เติม liquified phenol, paraben concentrate และน้ำ 3/4 ของปริมาตรทั้งหมด
4. ถ่ายใส่กระบอกตวง ปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. ด้วยน้ำ

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion U.S.P. XXII

1. เจือจาง bentonite magma ด้วย calcium hydroxide solution ที่เตรียมขึ้นใหม่ ๆ ในอัตราส่วน 1:1
2. บด calamine และ zinc oxide ด้วย glycerin และ bentonite magma ที่เจือจางแล้วส่วนหนึ่ง หรือสารสกัดเปลือกทุเรียนที่เตรียมอยู่ในรูป mucilage ในโกร่งกระเบื้องจนได้ smooth paste

3. เติม bentonite magma ส่วนที่เหลือ และ paraben concentrate
4. ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วย calcium hydroxide solution

หมายเหตุ : พงยาที่ไม่ละลายน้ำ ในทุกตำรับนำไปผ่านแรงเบอร์ 60-80 เพื่อคัดขนาดของอนุภาคยา

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

1. เตรียม paraben concentrate โดยละลาย methyl paraben 20 กรัม และ propyl paraben 2 กรัม ใน propylene glycol ให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 100 มล.
2. บด barium sulfate กับ sorbital solution ในโกร่งกระเบื้องจนละเอียดเนียน (smooth paste)
3. เติม Sod. CMC. (หรือสารสกัดเปลือกทุเรียน) ซึ่งเตรียมอยู่ในรูป mucilage ไว้แล้วลงบดผสมในโกร่ง
4. เติมสารละลาย saccharin sodium และ paraben concentrate และน้ำ 3/4 ของปริมาตรทั้งหมด บดผสมให้เข้ากัน
5. ถ่ายใส่กระบอกตวงปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. ด้วยน้ำ

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric

1. บด sulfa ทั้ง 3 ชนิดด้วย glycerin จำนวนเล็กน้อยในโกร่งกระเบื้อง จนได้ smooth paste
2. ค่อย ๆ เติม tragacanth (หรือสารสกัดเปลือกทุเรียน) ซึ่งเตรียมอยู่ในรูป mucilage ไว้แล้ว บดผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลาย potassium citrate สารละลาย saccharin sodium, paraben concentrate และ essence vanilla ผสมลงในโกร่งทีละชนิดพร้อมทั้งบดให้เข้ากัน
4. ถ่ายใส่กระบอกตวงปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำ

8.3 ตำรับยาที่ทดลอง

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin NF XIII

เตรียมตำรับยาทั้งหมด 8 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

K-S = เป็น Standard เป็นตำรับยา Kaolin Mixture with Pectin NF XIII ที่มี Pectin และ tragacanth

K-C = เป็น Control ไม่มี Pectin และ Tragacanth

K-CP = เป็น Control ในตำรับมี Pectin แต่ไม่มี Tragacanth

K-CT = เป็น Control ในตำรับ ไม่มี Pectin แต่มี Tragacanth

K-FI T = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F I แทน Pectin และมี Tragacanth

K-FII T = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F II แทน Pectin และมี Tragacanth

K-F I = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F I แทน Pectin และไม่มี Tragacanth

K-F II = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F II แทน Pectin และไม่มี Tragacanth

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

เตรียมตำรับยาทั้งหมด 5 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

C-S = เป็น Standard เป็นตำรับยา Calamine Lotion ตามสูตรตำรับมาตรฐาน

C-C = เป็น Control ในตำรับ ไม่มี CMC

C-F I = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F I แทน CMC

C-F II = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F II แทน CMC

C-F II-1.0 = เป็นตัวอย่างทดลอง ในตำรับมี F II แทน CMC แต่ใช้ F II เพียง 1.0 กรัม

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion BP. 1988

เตรียมตำรับยาทั้งหมด 8 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- C-C = เป็นตำรับควบคุม ในตำรับไม่มีสารแขวนตะกอน
- C-B = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี bentonite เป็นสารแขวนตะกอน
- C-F I (0.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F I ความเข้มข้น 0.5% เป็นสารแขวนตะกอนแทน bentonite
- C-F I (1.0%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F I ความเข้มข้น 1.0% เป็นสารแขวนตะกอน แทน bentonite
- C-F I (1.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F I ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน แทน bentonite
- C-F II (0.25%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 0.25% เป็นสารแขวนตะกอน แทน bentonite
- C-F II (0.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 0.5% เป็นสารแขวนตะกอน แทน bentonite
- C-F II (0.75%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 0.75% เป็นสารแขวนตะกอน แทน bentonite

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion USP XXII

เตรียมตำรับทั้งหมด 6 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- C-C = เป็นตำรับควบคุม ในตำรับไม่มีสารแขวนตะกอน
- C-B = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี bentonite magma 25% หรือเทียบเท่ากับความเข้มข้นของผง bentonite 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน
- C-F I (1.25%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F I ความเข้มข้น 1.25% เป็นสารแขวนตะกอนแทน bentonite magma
- C-F I (2%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F I ความเข้มข้น 2% เป็นสารแขวนตะกอนแทน bentonite magma
- C-F II (1.25%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 1.25% เป็นสารแขวนตะกอนแทน bentonite magma
- C-F II (2%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 2% เป็นสารแขวนตะกอนแทน bentonite magma

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

เตรียมตำรับยาทั้งหมด 6 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- B-C = เป็นตำรับควบคุม ในตำรับไม่มีสารแขวนตะกอน
- B-CMC = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี Sod. CMC เป็นสารแขวนตะกอน
- B-F II (1%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II ความเข้มข้น 1% เป็นสารแขวนตะกอนแทน CMC

- B-F II (1.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II
ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
แทน CMC
- B-F II (2.0%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II
ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน
แทน CMC
- B-F II (2.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II
ความเข้มข้น 2.5% เป็นสารแขวนตะกอน
แทน CMC

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric

เตรียมยาทั้งหมด 7 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- S-C = เป็นตำรับควบคุม ในตำรับไม่มีสารแขวน
ตะกอน
- S-T (1%) = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี
tragacanth ความเข้มข้น 1% เป็น
สารแขวนตะกอน
- S-T (1.5%) = เป็นตำรับ ที่มี tragacanth ความ
เข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- S-T (2.0%) = เป็นตำรับ ที่มี tragacanth ความ
เข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน
- S-F II (1.0%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II
ความเข้มข้น 1.0% เป็นสารแขวน
ตะกอนแทน tragacanth
- S-F II (1.5%) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี F II
ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวน
ตะกอนแทน tragacanth

S-F II (2.0%) = เป็นตัวรับทดลอง ในตัวรับมี F II
ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวน
ตะกอนแทน tragacanth

8.4 การศึกษาความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน

การประเมินความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน นิยมประเมิน
จากค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

8.4.1 Sedimentation Volume (50,51)

โดยการประเมินคุณสมบัติของสารแขวนตะกอนจาก
ปริมาตรของการตกตะกอน (sedimentation volume) โดยการคำนวณอัตรา
ส่วนของปริมาตรหรือความสูงสุดท้ายของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่งต่อ
ปริมาตรหรือความสูงเริ่มต้นของยาน้ำแขวนตะกอนคำนวณค่าปริมาตรของการตกตะ
กอนจากสูตรดังนี้

$$F = Vu/Vo \text{ หรือ } Hu/Ho$$

F = Sedimentation Volume

Vu = ปริมาตรของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่ง

Vo = ปริมาตรของตะกอนเมื่อเริ่มต้น

Hu = ความสูงของตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่ง

Ho = ความสูงของตะกอนเมื่อเริ่มต้น

ตัวรับยาทุกตัวรับจาก 8.3 นำมาเขย่าให้ผงยา
แขวนตะกอนสม่ำเสมอ บันทึกปริมาตรหรือความสูงของตะกอนเริ่มต้น แล้วตั้งทิ้ง
ไว้โดยไม่ให้กระเทือน ทิ้งให้ตกตะกอนนอนกันในระยะเวลาหนึ่งจนได้ค่าปริมาตร
หรือความสูงของตะกอนคงที่ บันทึกค่าที่ได้นำมาคำนวณหาปริมาตรของการตก
ตะกอน (sedimentation volume) จากสูตรดังกล่าวข้างต้น

8.4.2 Redispersibility value

เป็นค่าที่ใช้ประเมินความสามารถในการกลับกระจายตัวของผงยาเมื่อเขย่าขวด ทำโดยการนำขวดยาที่แขวนตะกอนที่ตกตะกอนคงที่ และคำนวณปริมาตรของการตกตะกอนแล้วมาเขย่า การเขย่าทำโดยกลับขวดยาคว่ำลงและหงายขึ้น 1 ครั้ง ถือเป็นการเขย่าขวด 1 ครั้ง นับจำนวนครั้งของการเขย่าขวดจนกระทั่งผงยาในยาน้ำแขวนตะกอนกระจายตัวสม่ำเสมอ (50)

8.4.3 Dense of Sediment

การหาค่าความแน่นของตะกอน (Dense of Sediment) เป็นค่าที่ใช้ประเมินความแน่นของผงยาและความสามารถในการกระจายตัว เมื่อทำการกลับขวดยาขึ้นลง 1 ครั้ง ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองหาค่าปริมาตรของการตกตะกอน (Sedimentation Volume) (50)

9. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำอิมัลชัน

ตำรับยาเตรียมที่เลือกมาใช้ในการทดลองมี 3 ตำรับเป็นยาน้ำอิมัลชันที่ใช้สำหรับรับประทานทั้งหมด

9.1 สูตรตำรับยา

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP 1988 (58)

Rx

Liquid paraffin	50 มล.
Vanillin	50 มก.
Chloroform	0.25 มล.
Benzoic acid solution	2 มล.
*M.C. 20	2 กรัม

Saccharic sodium	5 มก.
Purified water to	100 มล.

- หมายเหตุ ก. * M.C. 20 ในตำรับเปลี่ยนเป็น M.C. 25 เนื่องจากไม่สามารถหาสารในเกรดนี้ได้
- ข. chloroform ที่มีในสูตรตำรับยังให้คงมีอยู่ในตำรับเหมือนเดิม

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII (59)

Rx		
Mineral Oil		50 มล.
Acacia		12.5 กรัม
Syrup		10.0 มล.
Vanillin		4 มก.
Alcohol		6 มล.
Purified water to		100 มล.

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion (60)

Rx		
Cod Liver Oil		50 มล.
Acacia		13.3 กรัม
Tragacanth		0.67 กรัม
Caraway Oil		0.1 มล.
Saccharin sodium		0.01 กรัม
Purified Water to		100.0 มล.

9.2 วิธีเตรียมตำรับยา

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

1. เตรียม M.C. 25 mucilage โดยใช้ น้ำร้อน และ น้ำเย็น ให้มีปริมาตร 35 มล. คนจนได้ mucilage ที่ใสไม่มีก้อน (ในตำรับทดลอง สารสกัดเปลือกทุเรียน F II และ tragacanth นำมาเตรียมให้อยู่ในรูป mucilage เช่นกัน)
2. เตรียม benzoic acid solution โดยละลาย benzoic acid 5 กรัม ใน propylene glycol 75 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำ
3. ตวง benzoic acid solution 2 มล. ผสมกับ chloroform, vanillin และสารละลาย sodium saccharin คนให้เข้ากันแล้วเติมน้ำลงไปให้ได้ปริมาตร 50 มล.
4. ผสมสารในข้อ 1 และ 3 เข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำ แล้วนำไปผ่าน hand homogenizer 10 ครั้ง

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

1. คำนวณหาจำนวนของน้ำเพื่อใช้เตรียม primary emulsion โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำมัน น้ำ และ gum เป็น 4:2:1 ซึ่งจะได้จำนวนของน้ำมันและ gum (acacia) เป็น 50 มล. และ 12.5 กรัม ตรงกับจำนวนที่ระบุให้ตำรับมาตรฐานพอดี และใช้น้ำจำนวน 25 มล. เพื่อเตรียม primary emulsion
2. เตรียม primary emulsion โดยใช้ mineral oil, น้ำ และ acacia (หรือสารสกัดเปลือกทุเรียน F II) โดยใช้วิธี wet method
3. เติม syrups และสารละลาย vanillin in alcohol ลงใน primary emulsion ที่เตรียมได้ บดให้เข้ากัน
4. ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำ นำอิมัลชันที่ได้นี้ไปผ่าน hand homogenizer 10 ครั้ง

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

1. คำนวณหาปริมาณของน้ำเพื่อใช้เตรียม primary emulsion โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำมัน น้ำ และ gum เป็น 4:2:1 ซึ่งจะได้ ปริมาตรของน้ำที่ใช้ในการเตรียม primary emulsion เท่ากับ 25 มล.
2. เตรียม primary emulsion โดยใช้จำนวนของ mineral oil acacia และ tragacanth (หรือสารสกัดเปลือกทุเรียน F II) ตามกำหนดของตำรับ และใช้น้ำ 25 มล. โดยใช้วิธี wet method
3. เติมน้ำมัน caraway oil และสารละลาย sodium saccharin บดให้เข้ากัน
4. ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยน้ำ นำอิมัลชันที่ได้ นี้ไปผ่าน hand homogenizer 10 ครั้ง

9.3 ตำรับยาที่ทดลอง

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

เตรียมยาทั้งหมด 11 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- | | |
|--------------------------------|---|
| ELP-M ₂ | = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับ มี M.C. 25 ความเข้มข้น 2% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว |
| ELP-F II (0.75) | = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี สารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.75% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว |
| ELP-T (0.75) | = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth 0.75% เป็น สารทำอิมัลชันเดี่ยว |
| ELP-T (1.25) | = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth 1.25% เป็น สารทำอิมัลชันเดี่ยว |
| ELP-M ₁ F II (0.25) | = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี M.C. 25 1% และ สาร สกัดเปลือกทุเรียน F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน |

- ELP-M₁F II(0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี
M.C. 25 1% และ สาร
สกัดเปลือกทุเรียน F II 0.5%
เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- ELP-M₂F II(0.25) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี
M.C. 25 2% และ สาร
สกัดเปลือกทุเรียน F II 0.25%
เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- ELP-M₁T (0.25) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับ
มี M.C. 25 1% และ
tragacanth 0.25% เป็น
สารทำอิมัลชันร่วมกัน
- ELP-M₁T (0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับ
มี M.C. 25 1% และ
tragacanth 0.5% เป็น
สารทำอิมัลชันร่วมกัน
- ELP-M₂T (0.25) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับ
มี M.C. 25 2% และ
tragacanth 0.25% เป็น
สารทำอิมัลชันร่วมกัน

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

เตรียมยาทั้งหมด 9 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- M-A = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี
acacia เป็นสารทำอิมัลชัน
เดี่ยว
- M-A F II (0.25) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี
acacia และสารสกัดเปลือก
ทุเรียน F II 0.25% เป็นสารทำ
อิมัลชันร่วมกัน

- M-A F II (0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia และสารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- M-F II (0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมีสารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- M-F II (1.0) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมีสารสกัดเปลือกทุเรียน 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- M-A T (0.25) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia และ tragacanth 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- M-A T (0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia และ tragacanth 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- M-T (0.5) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- M-T (1.0) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

เตรียมยาทั้งหมด 7 ชุด ๆ ละ 2 ตำรับ ดังต่อไปนี้

- Cod-AT = เป็นตำรับมาตรฐาน ในตำรับมี acacia และ tragacanth ที่มีความเข้มข้นเท่าที่กำหนดในตำรับ เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

- Cod-A = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia ความเข้มข้น 13.3 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- Cod-T = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth 0.67 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- Cod-A F II (0.33) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia ความเข้มข้น 13.3 กรัม สารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.33 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- Cod-A F II (0.67) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี acacia ความเข้มข้น 13.3 กรัม สารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.67 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- Cod-T F II (0.33) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth ความเข้มข้น 0.67 กรัม และสารสกัดเปลือกทุเรียน F II 3.33 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- Cod-T F II (0.67) = เป็นตำรับทดลอง ในตำรับมี tragacanth ความเข้มข้น 0.67 กรัม และสารสกัดเปลือกทุเรียน F II 0.67 กรัม เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

9.4 ศึกษาความคงตัวของขาน้ำอิมัลชัน

การที่จะประเมินผลตำรับอิมัลชันว่าเป็นตำรับที่มีความคงตัวหรือไม่ ส่วนใหญ่จะพิจารณาจากความคงตัวของทางกายภาพ ซึ่งจะแสดงความไม่คงตัวโดยเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ ดังนี้

9.4.1 การแยกชั้นเป็นครีม (creaming) หมายถึงปรากฏการณ์ที่อิมัลชันแยกเป็น 2 ชั้น เมื่อเขย่าอิมัลชันจะกลับเป็นเนื้อเดียวกันได้ การแยกชั้นมากหรือน้อยเป็นเครื่องบ่งบอกได้ถึง ความไม่คงตัวของอิมัลชันโดยคำนวณความสูงของชั้นที่แยกเป็นครีมเป็นร้อยละได้โดยเปรียบเทียบ ระหว่างความสูงของชั้นที่แยก (อาจเป็นวัฏภาคน้ำหรือน้ำมัน) กับความสูงทั้งหมดของอิมัลชัน ดังนี้

$$\% \text{ creaming} = (\text{ความสูงของชั้นน้ำ/ความสูงของอิมัลชัน}) \times 100$$

9.4.2 โคอเลสเซนส์ (coalescence) หมายถึงปรากฏการณ์ที่อิมัลชันแยกเป็น 2 ชั้น เมื่อเขย่าอิมัลชันก็ไม่กลับคืนเป็นเนื้อเดียวกันได้ เรียกว่าอิมัลชันแตก (cracking emulsion or breaking emulsion)

นำตำรับยาอิมัลชันที่ทดลองทุกตำรับที่เตรียม แบ่งออกเป็น 3 ชุด

ชุดที่ 1 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-18 เดือน สังเกตลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงใน 3 ลักษณะ คือ

ก. การแยกชั้นเป็นครีม บันทึกความสูงของการเกิดครีมโดยคำนวณ % creaming ของทุกตำรับ

ข. การเกิดการแยกชั้นชนิดโคอเลสเซนส์

ค. วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Cone/Plate

ชุดที่ 2 นำไปทดลองหาความคงตัวโดยวิธีการที่เรียกว่า "ภาวะความเค้น" ทำโดยนำทุกตำรับเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น (10°C) เป็นเวลา 48 ชม. และอุ่น 45°C สลับกันเช่นนี้เป็นจำนวน 6 รอบ เรียกวิธีการเช่นนี้ว่า Freeze and Thaw Cycles เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำมาสังเกตลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงใน 3 ลักษณะ เช่นเดียวกับชุดที่ 1

ชุดที่ 3 นำไปทดลองหาความคงตัวโดยวิธี centrifugation ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งของภาวะความเค้น ทำโดยนำตำรับอิมัลชัน

มา centrifuge ด้วยความเร็ว 3,750 รอบ ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำมาสังเกตลักษณะทางกายภาพ ที่มีการเปลี่ยนแปลงใน 3 ลักษณะ เช่นเดียวกับชุดที่ 1

10. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร

10.1 การเตรียมตำรับอาหารพวกแยม

10.1.1 ส่วนประกอบของตำรับแยม

น้ำตาลทราย	50-60	กรัม
ผลไม้	35-40	กรัม
citric acid	ปรับ	pH 3
เพคตินหรือสารสกัดเปลือกทุเรียน	0.5-1	กรัม
(หรือตามที่กำหนด)		
น้ำสะอาด	100	มล.

เพคตินใช้ชนิด Genu Type JM สารสกัดเปลือกทุเรียน S II บดละเอียดผ่านร่อนเบอร์ 80

10.1.2 วิธีเตรียมอาหารพวกแยม

1. ชั่งส่วนประกอบของตำรับอาหารแยมตามที่กำหนด
2. ต้มเนื้อผลไม้จนเนื้อนุ่ม แล้วเติมน้ำตาลต้มต่อไปจนน้ำตาลละลายที่อุณหภูมิไม่เกิน 104.5 °ซ
3. ปรับ pH ของตำรับแยมให้เท่ากับ 3 ด้วย citric acid
4. เคี่ยวต่อไปจนกระทั่งวัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 60 °บริกซ์ ด้วยเครื่องวัด hand brix refractometer
5. เติมสารละลายเข้มข้นที่พองตัวในน้ำ เติมน้ำที่แล้วของเพคติน หรือสารสกัดเปลือกทุเรียนที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยการโปรยผงสารลงในน้ำเล็กน้อย ผสมให้เข้ากันปล่อยให้ไว้ให้พองตัวเต็มที่จนเป็นเนื้อเดียวกัน เคี่ยวต่อไปด้วยไฟค่อนข้างแรง จนกระทั่งวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 65-68 °บริกซ์ หรือจนกระทั่งวัดอุณหภูมิได้ถึง 104.5 °ซ

6. บรรจุแยมขณะร้อนลงในภาชนะที่ทำความสะอาด และต้มในน้ำเดือดไว้แล้ว ปิดฝาภาชนะให้สนิท

7. ตั้งทิ้งไว้ สังเกตการเกิดเจล

10.1.3 การศึกษาคูสมบัติของแยม

1. ดูการกระจายตัวของเนื้อผลไม้โดยสังเกตด้วยตาเปล่า
2. ดูลักษณะเนื้อสัมผัสของแยม โดยใช้มีดหรือช้อนตัก แยม ป้ายลงบนแผ่นขนมปัง สังเกตดูความอ่อน ความแข็ง และความสามารถแผ่กระจายได้บนแผ่นขนมปังได้อย่างสม่ำเสมอ
3. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยดูการหักเหของแสงด้วยเครื่องวัด hand brix refractometer
4. ทดสอบความแข็งแรงของเจล (gel strenght) ดูความคงตัวของเจล ด้วยเครื่องวัด gel strenght, Tensile Test Interface (LLOYD) รายงานผลเป็นค่าแรงที่กระทำต่อแยม หน่วยเป็นนิวตัน (Newton)

10 Newton เท่ากับแรง 1 kg

5. วัดสีของแยม โดยนำแยมมาเทียบสีตามระบบของ Munsell รายงานผลเป็นค่า Hue Value/Chroma

10.2 การเตรียมตำรับอาหารพวกเยลลี่

10.2.1 ส่วนประกอบของเยลลี่

น้ำตาลทราย	50-65	กรัม
กรด citric acid ปรับ pH 2.8-3.4 (หรือตามที่กำหนด)		
เพคตินหรือสารสกัด	1-2	กรัม
เปปต์อกทูเรียน (หรือตามที่กำหนด)		
น้ำสะอาดหรือน้ำผลไม้	100	มล.

เตรียมน้ำผลไม้โดยต้มเนื้อผลไม้ที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ
 ประมาณ 25-50 กรัม ด้วยไฟอ่อนประมาณ 1 ชม. กรองเอาน้ำผลไม้ 100 มล.
 เพคตินที่ใช้ชนิด Genu Pectin Type D Slow Set
 สารสกัดเปลือกทุเรียน S II บดละเอียดผ่านร่ง
 เบอร์ 80

10.2.2 วิธีเตรียมอาหารพวกเยลลี่

1. ชั่งส่วนประกอบของตำรับเยลลี่ ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว เพคติน หรือสารสกัดเปลือกทุเรียน ตามที่กำหนด
2. ละลายน้ำตาลลงในน้ำ หรือน้ำผลไม้ 100 มล. เติม citric acid ปรับ pH เท่ากับ 3.0 หรือตามที่กำหนด นำไปต้มในภาชนะเคลือบหรือ stainless steel เคี่ยวที่อุณหภูมิไม่เกิน 104.5°C
3. เคี่ยวให้งวดจนกระทั่งวัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 60° บริกซ์
4. เติมสารละลายเข้มข้นที่พองตัวในน้ำที่ต้มที่แล้วของเพคตินหรือสารสกัดเปลือกทุเรียน ที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยการโปรยผงสารลงในน้ำเล็กน้อย ผสมให้เข้ากันปล่อยให้ทิ้งไว้ให้พองตัวเต็มที่จนเป็นเนื้อเดียวกัน เคี่ยวต่อไปจนกระทั่งวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 65° บริกซ์ หรือวัดอุณหภูมิได้ 104.5°C
5. บรรจุเยลลี่ขณะร้อน ลงในภาชนะที่ทำความสะอาดและต้มในน้ำเดือดไว้แล้ว ปิดให้สนิท
6. ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจล

10.2.3 การศึกษาคุณสมบัติของตำรับเยลลี่

1. สังเกตการเกิดเจลและความใสด้วยตาเปล่า โดยดูลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ ต้องนุ่มลื่น มีความหยุ่น มีความไหวตัวดี และใสเป็นประกาย
2. การตัดเยลลี่ด้วยมีดหรือเขียง ควรตัดหรือตัดได้ง่ายมีรอยตัดเรียบคมไม่เปลี่ยนรูปได้ง่าย ไม่ควรเหนียวติดมีด
3. วัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยวัดการหักเหของแสงด้วยเครื่องวัด hand brix refractometer

4. ทดสอบความแข็งแรงของเจล (gel strenght) ดูความคงตัวของเจลด้วยเครื่องวัด gel strenght, Tensile Test Interface (LLOYD) เป็นการวัดความสามารถในการต้านทานของเจลต่อแรงที่กดลงบนเจล จนกระทั่งเจลฉีกขาด หรือแรงของแท่งเหล็กที่ให้แรงแทงทะลุเจล รายงานผลเป็นค่าแรงที่กระทำต่อเจล มีหน่วยเป็นนิวตัน (Newton)

5. วัดสีของเฮลลี่ โดยการนำมาเทียบสีกับแผ่นสีตามระบบของ Munsell รายงานผลเป็นค่า Hue Value/Chroma

10.3 การเตรียมตำรับอาหารพวบน้ำสลัด

10.3.1 ส่วนประกอบของตำรับน้ำสลัด

ตำรับที่ 1 No Oil Slad Dressing

Vinegar	25.00 กรัม
sugar	5.40 กรัม
Salt	1.50 กรัม
Galic powder	0.20 กรัม
Onion powder	0.15 กรัม
Red pepper	0.15 กรัม
Black peper	0.10 กรัม
Xanthan gum และ/หรือ	
สารสกัด F II	ตามที่กำหนด
Sodium benzoate	0.10 กรัม
Water	58.80 มล.

ตำรับที่ 2 Salad dressing

Salad Oil	35.0 มล.
Vinegar	24.0 มล.
Sugar	12.0 กรัม
Salt	2.0 กรัม

Egg Yolk powder	3.0 กรัม
	(หรือตามกำหนด)
Xanthan gum หรือ	
สารสกัด F II	ตามที่กำหนด
Water	24.0 มล.

ตำรับที่ 3 Mayonnaise

Salad Oil	60.0 มล.
Vinegar	15.0 มล.
Sugar	20.0 กรัม
Salt	1.0 กรัม
Egg Yolk powder	3.0 กรัม
Xanthan gum หรือ	ตามที่กำหนด
สารสกัด F II	ตามที่กำหนด
Water	1.0 มล.

10.3.2 วิธีเตรียมอาหารพวบน้ำสลัด

ตำรับที่ 1 No Oil Salad dressing

1. ชั่งสารสกัดเปลือกทุเรียน F II หรือ xanthan gum ตามที่กำหนด โปรมผงลงในน้ำ ปล่อยให้ผงตัวเต็มผสมให้เข้ากัน
2. ละลายเกลือ น้ำตาล น้ำส้มสายชู และน้ำเข้าด้วยกัน เติมสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนและ xanthan gum ผสมให้เข้ากัน และเติมเครื่องเทศปรุงรสต่าง ๆ ทั้งหมด
3. บั่นด้วยเครื่องปั่นจนเข้าเป็นเนื้อเดียว
4. วัดความหนืดของน้ำสลัดด้วยเครื่อง Viscosimeter (Brook field, RVT)

คำรับที่ 2 และ 3 Salad dressing และ Mayounaise

1. โปรรยผงสารสกัดเปปติกทุเรียน F II หรือ xanthaan gum ลงในน้ำ ที่ให้พองตัวเต็มที่
2. ผสมเกลือ น้ำตาล น้ำส้มสายชู และน้ำ คนจนละลายเข้าด้วยกัน
3. ปั่นไข่แดงกับน้ำด้วยเครื่องปั่นโดยใช้ high speed ประมาณ 5 นาที
4. เติมสารละลายของสารสกัดเปปติกทุเรียน หรือ xanthan gum ปั่นอย่างแรง 5 นาที
5. ค่อย ๆ เติมน้ำมันและสารละลายน้ำตาลทีละน้อยสลับกัน พร้อมกับปั่นเร็ว ๆ ให้เข้ากันอีกนาน 10 นาที
6. วัดความหนืดของน้ำสลัดด้วยเครื่อง Viscometer (Brook field, RVT)
7. เก็บน้ำสลัดซึ่งมีลักษณะเนื้อเป็นอิมัลชันไว้ในกระบอกตวง ปิดให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. เพื่อประเมินค่า emulsion index

10.3.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำสลัด

10.3.3.1 คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำสลัด ดูความข้นหนืด การเทออกจากขวดได้ง่ายหรือยาก การแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้

10.3.3.2 วัดความหนืด วัดความหนืดของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดความหนืด (Viscometer Brookfield RVT) ดังมีวิธีการต่อไปนี้

1. ใส่ตัวอย่างประมาณ 450 มล. ลงใน beaker ขนาด 600 มล.
2. นำไปวัดความหนืดโดยเลือกใช้ spindle ขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เลือกใช้ความเร็วของเครื่องเป็นรอบ/นาที (rpm) ตามความเหมาะสม

3. วางตัวอย่างให้ spindle
จนอยู่ในตัวอย่าง ถึงขีดที่กำหนด เปิดเครื่องเพิ่มความเร็วดังต้องการ อ่านค่า
Reading ที่ความเร็วหนึ่งที่สามารถอ่านค่า Reading ได้สูงสุด

4. นำค่า Reading มาคำนวณ
ค่า viscosity เป็น cps จากสูตร

$$\text{viscosity (cps)} = \text{Reading} \times \text{factor}$$

$$\text{factor} = \frac{\text{ค่าที่กำหนดไว้ในตารางของเครื่องขึ้นกับขนาดของ spindle และ rpm}}{\text{ค่าที่อ่านได้}}$$

10.3.3.3 การประเมิน Emulsion
stability อาจทำได้โดยการวัดค่า Emulsion Index (61) และดูการแยกชั้น
หลังการทำ Centrifugation

Emulsion Index

ดูค่าการแยกชั้นของชั้นน้ำกับน้ำมันของอิมัลชันหลังจาก
จากการตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. มีวิธีการทำโดย ใส่ตัวอย่างที่ต้องการทดลองไว้
ในกระบอกตวง ตั้งทิ้งไว้ดูผลนาน 24 ชม. สังเกตดูว่ามีการแยกชั้นเกิดขึ้นหรือ
ไม่ ถ้ามีการแยกชั้นเกิดขึ้นให้บันทึกปริมาณของน้ำที่แยกตัวออกมาแล้วนำมาคำนวณ
ค่า Emulsion Index จากสูตร

$$\text{Emulsion Index} = \left(\frac{\% \text{ น้ำในระบบ} - \% \text{ น้ำที่แยกออก}}{\% \text{ น้ำในระบบ}} \right) \times 100$$

ถ้าไม่มีการแยกชั้นให้ถือว่าอิมัลชันนั้นคงตัวดีและมีค่า Emulsion Index เป็น 100

Centrifugation

เป็นการเร่งเวลาเพื่อดูค่าความคงตัวได้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มแรงเหวี่ยงและดูว่ามีการแยกชั้นเกิดขึ้นหรือไม่ มีวิธีการทำโดยนำตัวอย่าง ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มล. ใส่ตัวอย่างนำไปปั่นด้วยแรงเหวี่ยงประมาณ 3000 รอบ/นาที นาน 10 นาที สังเกตดูว่ามีการแยกชั้นเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าไม่มีการแยกชั้นแสดงว่าอิมัลชันมีความคงตัวดีมาก สามารถเก็บได้นานมากโดยไม่แยกชั้น

ผลการวิจัย

1. ผลการสกัดสารจากเปลือกทุเรียนและการทำให้บริสุทธิ์

การสกัดสารจากเปลือกสดของผลทุเรียนโดยทำการสกัดสาร 2 วิธี คือ

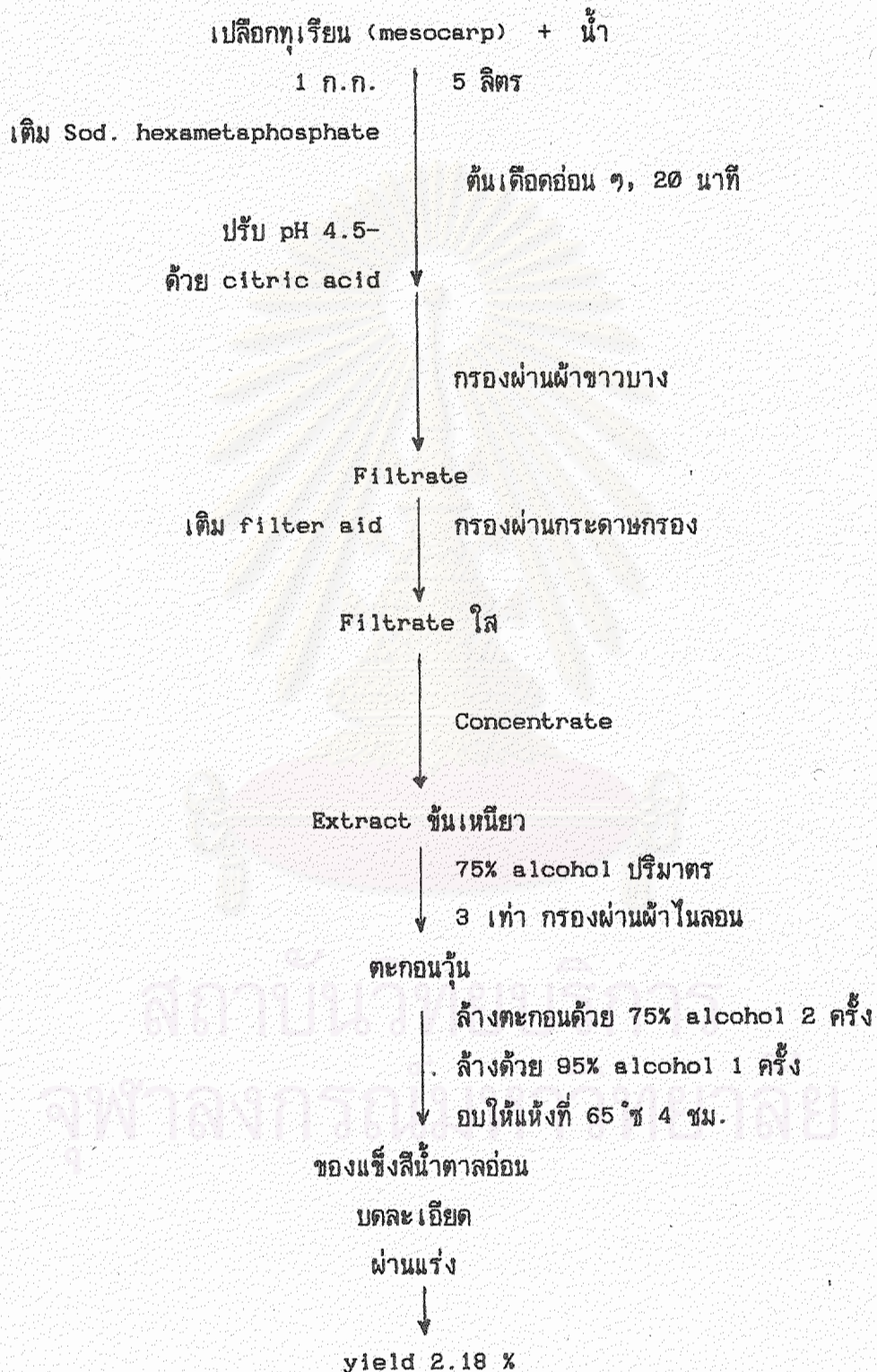
1.1 Alcohol extraction

โดยการทำ alcohol precipitation จาก aqueous extract ของเปลือกทุเรียนได้สารสกัดเป็นตะกอนวุ้น นำมาอบให้แห้งและบดละเอียด สารสกัดที่ได้เป็นเบ็น crude fraction (F I) มีขั้นตอนการสกัดดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 สารสกัดที่ได้มี % yield เท่ากับ 2.18% สารสกัด crude fraction เป็นสารที่ยังไม่บริสุทธิ์มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเก็บทิ้งไว้วันสัปดาห์จะค่อย ๆ เข้มขึ้นเป็นสีส้มปนสีน้ำตาล ไม่มีจุดหลอมเหลวจะสลายตัว (decompose) เมื่อให้ความร้อนถึง 174-176 °ซ จะเริ่มไหม้มีสีเข้มขึ้นจนถึงเป็นสีน้ำตาลดำ สารสกัดเปลือกทุเรียน F I สามารถพองตัวเป็นของเหลวข้นหนืดในน้ำ ค่อนข้างข้นมีสีน้ำตาลอ่อน สารละลายในน้ำ 3% มีความหนืด 130.6 cps. มี pH 5.8 ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

1.2 Acid-alcohol extraction

โดยการทำ acid-alcohol precipitation จาก aqueous extract ของเปลือกทุเรียนได้สารสกัดเป็นตะกอนวุ้นนำมาอบแห้งแล้วบดเป็นผงเป็น crude extract นำมาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยนำสารละลายน้ำของ crude extract มาทำ alcohol precipitation ซ้ำ ได้เป็นตะกอนขาวตกรอกมา นำตะกอนมาอบแห้งและบดละเอียดได้เป็นสารสกัด purified fraction (F II) เป็นสารที่ค่อนข้างจะบริสุทธิ์ (partially purified) วิธีการสกัดมีขั้นตอนดังแสดงไว้ใน รูปที่ 3 ได้สารสกัดคิดเป็น % yield เท่ากับ 1.03% สารสกัด partially purified fraction (F II) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวนวล เมื่อเก็บทิ้งไว้วัน 6 เดือนจะเห็นสีเข้มขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีจุดหลอมเหลว จะสลายตัว (decompose) เมื่อให้ความร้อนถึง 174-176 °ซ จะเริ่มเปลี่ยนสีและไหม้เป็นสีน้ำตาลดำ สารสกัดเปลือกทุเรียน F II จะพองตัวเป็น

วิธีเตรียมสารสกัดเปลือกทุเรียน
Crude Fraction (F I)



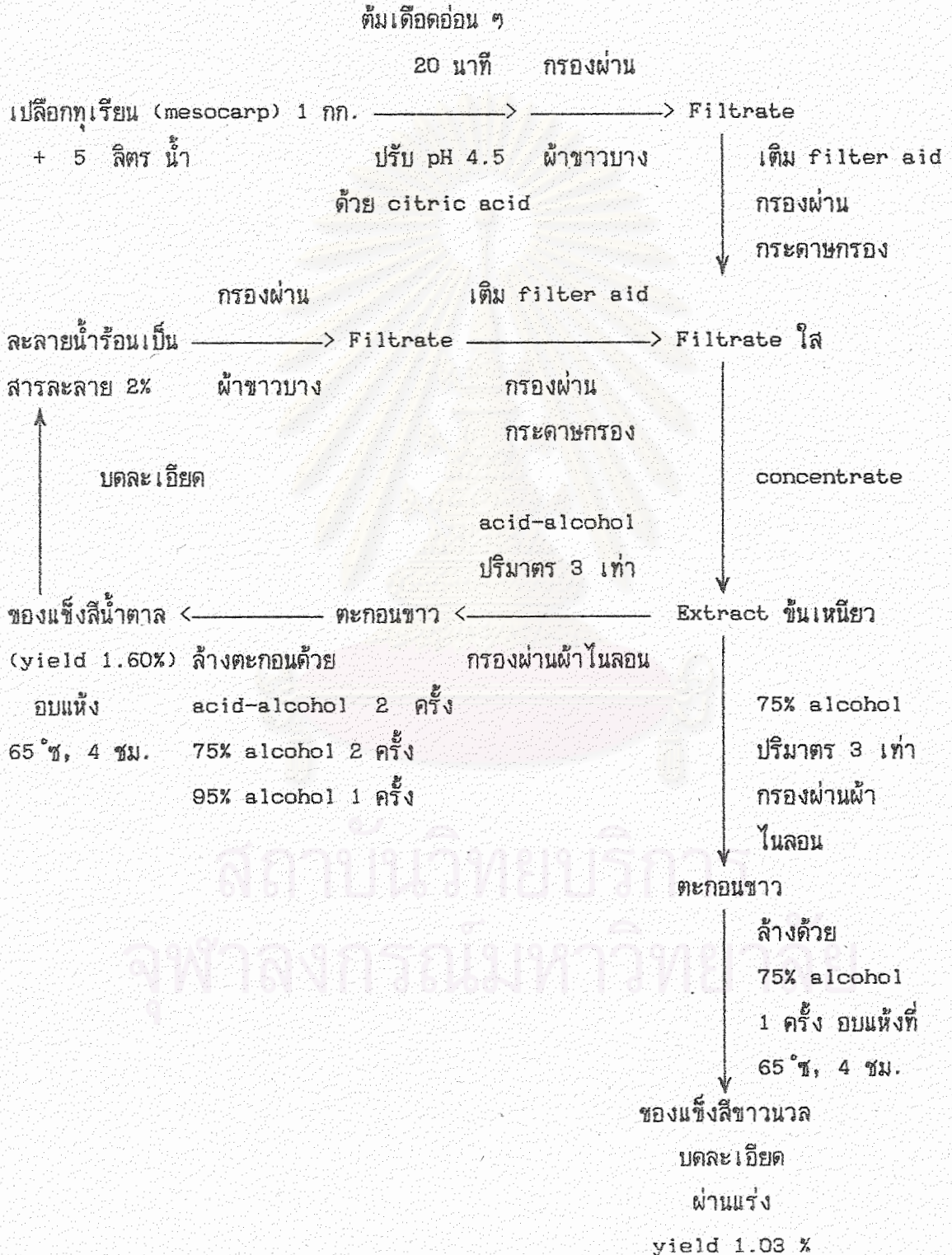
รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการสกัดสาร crude fraction จากเปลือกทุเรียน

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะทั่ว ๆ ไปของสารสกัดเปลือกทุเรียน crude fraction และ purified fraction

	Crude Fraction (F I)	Purified Fraction (F II)
วิธีการเตรียม	ตกตะกอนสารละลาย aqueous extract ของเปลือกทุเรียนใน 60% alcohol สกัดได้ yield 2.18%	ตกตะกอนสารละลาย aqueous extract จากเปลือกทุเรียนด้วย acid alcohol ได้เป็น crude extract ตกตะกอนสารละลาย น้ำของ crude extract ด้วย 75% alcohol สกัดได้ yield 1.03%
ลักษณะของสารสกัด	เป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อนมีกลิ่นเฉพาะ มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย มีจุด decompose ที่ 174-176 °ซ	เป็นของแข็งสีขาวนวล มีกลิ่นเฉพาะ มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย มีจุด decompose ที่ 174-176 °ซ
การละลาย	พองตัวและละลายได้ในน้ำ ได้เป็นสารละลายหนืดค่อนข้างข้น มีสีน้ำตาลอ่อน สารละลายน้ำ 3% มีความหนืด 130.6 cps ^m มี pH 5.8±0.3 พองตัวเป็นเจลแข็งใส ใน alcohol	พองตัวและละลายได้ในน้ำ เป็นสารละลายหนืด ใส ไม่มีสี สารละลายน้ำ 3% มีความหนืด 207.6 cps ^m มี pH 2.8±0.2 พองตัวเป็นเจลแข็งใส ใน alcohol

* สารละลายน้ำ 3% pectin มีความหนืด 79.4 cps

วิธีเตรียมสารสกัดเปลือกทุเรียน
Partially Purify Fraction (F II)



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการสกัดสาร purified fraction จากเปลือกทุเรียน

ของเหลวชั้นหนืดในน้ำ ค่อนข้างใสไม่มีสี สารละลายในน้ำ 3% มีความหนืด 207.6 cps มี pH 2.8 ดังผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

1.3 การเตรียมผงสารสกัดเปลือกทุเรียนโดยวิธี Spray Dried

สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ซึ่งเป็น purified fraction เป็นสารที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ แต่ยังมีสารปนเปื้อนผลสมอยู่บ้าง โดยยังมีลักษณะของสีไม่ขาวแต่จะมีสีขาวนวล เมื่อนำ F II มาละลายน้ำให้มีความเข้มข้นประมาณ 1-2% แล้วทำให้แห้งโดยฉีดเป็นฝอยเข้าเครื่อง Spray Dried การทำอาจผสมหรือไม่ผสม maltodextrin จะได้สารสกัดออกมาเป็นผงละเอียดสีขาวเหมือนแป้ง ละลายน้ำได้ดีและเร็วกว่า F II และเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีได้เป็นของเหลวใส ชั้นหนืดไม่มีสีเช่นเดียวกับ F II

2. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน

การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ และวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุ (Elemental Analysis)

จากการทดลองวิเคราะห์ตัวอย่าง F I และ F II และตัวอย่างที่นำไปอบจนแห้งปราศจาก moisture เป็นตัวอย่าง F I (Dried) และ F II (Dried) จากผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบของ carbon (C) ในอัตราร้อยละ 17.79 และ 21.31 ใน F I และ F II และพบมีร้อยละ 19.33 และ 22.89 ใน F I (Dried) และ F II (Dried) ตามลำดับ มีส่วนประกอบของ Hydrogen (H) ร้อยละ 3.11 และ 3.48 ใน F I และ F II ส่วนใน F I (Dried) และ F II (Dried) พบมีร้อยละ 2.72 และ 3.24 ตามลำดับ ไม่พบมีธาตุ Nitrogen (N) เป็นส่วนประกอบในสารสกัดเปลือกทุเรียน

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ Elemental Analysis

ตัวอย่าง	Elements		
	% N	% C	% H
สารสกัด F I (Dried)	-	19.33	2.72
สารสกัด F II (Dried)	-	22.89	3.24
สารสกัด F I	-	17.79	3.11
สารสกัด F II	-	21.31	3.48

2.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 3 การทดลองได้เปรียบเทียบกับ pectin และ gum arabic

2.2.1 การทดสอบ Color test for carbohydrate

โดยการทดลองทำ Anthrone test จะให้ผล \oplus ve กับสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II จะเห็นสารสีเขียวเกิดขึ้นบนชั้นของกรดซัลฟูริกเข้มข้น และการทดสอบโดยวิธี Molisch's test พบให้ผล \oplus ve เช่นกัน โดยจะเห็นเป็นวงแหวนสีม่วงบนชั้นของกรดซัลฟูริกเข้มข้น การทดสอบกับ pectin และ gum arabic ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต พบว่าให้ \oplus ve test ก็กับการทดสอบทั้งสองวิธีเช่นกัน นอกจากนี้สารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่ได้จากการทำ acid hydrolysis แล้วยังพบว่าให้ผล \oplus ve test ก็กับการทดสอบตามวิธีข้างต้นเช่นเดียวกัน แสดงว่าสารสกัด F I และ F II แสดงคุณสมบัติของสารคาร์โบไฮเดรตทั้งก่อนและหลังการทำ acid hydrolysis (ตารางที่ 3) การต้มสารสกัด F I และ F II ใน N HCl ยังคงคุณสมบัติของการเป็นสารคาร์โบไฮเดรตอยู่ได้ pectin และ gum arabic พบว่าให้ผลเช่นเดียวกัน

2.2.2 การทดสอบ Reduction test for

carbohydrate โดยทำการทดสอบ Fehling's test น้ำตาลที่มีคุณสมบัติเป็นสาร reduction ได้จะสามารถ reduce สารละลาย CuSO_4 เมื่อต้มในอ่างได้สาร cuprous oxide เป็นตะกอนสีแดงภายใน 1/2-1 นาที การทดสอบสารสกัด F I และ F II สารละลาย 1% กับ Fehling's test พบว่าไม่ให้ผล \oplus ve test แม้จะต้มอยู่จนถึง 5 นาที อย่างไรก็ตามเมื่อต้มต่อไปอีกนาน ๆ พบว่าจะมีตะกอนแดงเกิดขึ้นได้ ซึ่งการทดสอบกับ pectin และ gum arabic พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับสารสกัดเปลือกทุเรียน อย่างไรก็ตามเมื่อทำ acid hydrolysis ของสารสกัด F I และ F II โดยการต้มกับ N HCl นาน 45 นาที แล้วทำให้เป็นกลางด้วย NaOH เข้มข้นแล้วนำมาทดสอบ Fehling's test อีกครั้ง จะพบว่าจะได้ \oplus ve test โดยเกิดเป็นตะกอนสีแดงของ cuprous oxide เมื่อต้มใน

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดเปลือกทุเรียนเปรียบเทียบกับ Pectin และ Gum

สารตัวอย่าง สารทดสอบ	Molisch's test	Anthrone test	Fehling's test	I ₂ -solution test	Tollen's naphthoresorcinol
เปลือกทุเรียน F I	⊕ ve (ม่วง)	⊕ ve (เขียว)	⊖ ve (5 นาที)	⊕ ve (ม่วงแดง)	⊕ ve (ม่วงเข้ม)
acid hydrolysis F I	⊕ ve	⊕ ve	⊕ ve (1 นาที)	⊖ ve	⊕ ve (ม่วงเข้ม)
เปลือกทุเรียน F II	⊕ ve (ม่วง)	⊕ ve (เขียว)	⊖ ve (5 นาที)	⊕ ve (ม่วงแดง)	⊕ ve (ม่วงเข้ม)
acid hydrolysis F II	⊕ ve	⊕ ve	⊕ ve (1 นาที)	⊖ ve	⊕ ve (ม่วงเข้ม)
Pectin	⊕ ve	⊕ ve	⊖ ve (5 นาที)	⊖ ve	⊖ ve
acid hydrolysis pectin	⊕ ve	⊕ ve	⊕ ve (1 นาที)		⊖ ve
Gum arabic	⊕ ve	⊕ ve	⊖ ve (5 นาที)	⊖ ve	⊕ ve (ม่วงแดง)
acid hydrolysis Gum arabic	⊕ ve	⊕ ve	⊕ ve (1 นาที)		⊕ ve (ม่วงเข้ม)

เวลาภายใน 1 นาที ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 การทดลองกับ pectin และ gum arabic พบให้ผลเช่นเดียวกัน

2.2.3 การทดสอบ glycuronic acid ผลการทดสอบ สารพวก glycuronic acid โดยวิธี Tollen's naphthoresorcinal กับ สารสกัด F I และ F II ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 สารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง 2 fraction จะให้ \oplus ve test กับ การทดสอบนี้ทั้งก่อนและหลังการทำ acid hydrolysis ได้ผลให้สารสีม่วงเข้ม (deep purple) ซึ่งละลายได้ดีใน ether ซึ่งลอยอยู่บนชั้นของ aqueous phase การทดลองกับ pectin ให้ผลไม่ชัดเจน ส่วน gum arabic ให้ผล \oplus ve test อย่างชัดเจน ดังแสดงผลในตารางที่ 3

การทดสอบน้ำตาล pentose โดยทำปฏิกิริยากับ Orcinol reagent (34) จะให้สารมีสีน้ำเงินอมเขียว พบว่าทั้ง F I และ F II จะเห็นสีเขียวไม่ชัดเจน ในขณะที่ gum arabic จะให้ \oplus ve test ชัดเจนกว่า ส่วนการทดสอบน้ำตาล ketose ได้แก่ fructose โดย Seliwanoff test (34) ซึ่งจะได้สารสีแดงอมส้ม พบว่า acid hydrolyzate ของ F I จะให้ \oplus ve test ไม่ชัดเจนเห็นเป็นสีจาง ๆ และ F II จะไม่ให้ \oplus ve test เช่นกัน

2.2.4 การทดสอบ Iodine solution test สารสกัด เปลือกทุเรียน F I และ F II จะทำปฏิกิริยากับน้ำยา Iodine ได้ \oplus ve test ให้สารสีม่วงแดง ในขณะที่ pectin และ gum arabic ให้ \ominus ve test กับน้ำยา Iodine ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามสารละลายของ F I และ F II หลังการทำ acid hydrolysis จะให้ \ominus ve test กับน้ำยา Iodine (ตารางที่ 3)

2.2.5 การทดสอบคุณสมบัติการตกตะกอน (Precipitation test) สารพวก polyuronides จะมีคุณสมบัติที่ตกตะกอนได้กับ alcohol และกับสารละลายเกลือของโลหะหนักพบว่าสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ตามผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเกิดเป็นตะกอนวุ้นแข็งกับ alcohol

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของสารสกัดเปลือกทุเรียนในสารละลายโลหะหนักและ alcohol
เปรียบเทียบกับ pectin และ gum

ตัวอย่าง สารทดลอง	10% Thorium nitrate	Sat. Lead Acetate	10% Ferric Chloride	95% alcohol
สารสกัดเปลือก ทุเรียน F I	ตะกอนวุ้นเบา	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส
สารสกัดเปลือก ทุเรียน F II	ตะกอนวุ้นเบา	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส
Pectin	ตะกอนวุ้นแข็ง ขาว	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส	ตะกอนวุ้นแข็ง ใส
Gum arabic (acacia)	ตะกอนขาว	ตะกอนละเอียด ขาว	ตะกอนละเอียด	ตะกอนละเอียด ขาว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ กับสารละลาย Thorium nitrate Lead acetate และ Ferric chloride เช่นเดียวกับสารละลาย pectin ผลที่ได้จะต่างกับของ gum arabic (ตารางที่ 4) ซึ่งให้เป็นตะกอนละเอียดแทน

2.3 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุ

การวิเคราะห์หาปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Iron (Fe), Copper (Cu), Zinc (Zn), Aluminium (Al), Silicon (Si) และ Lead (Pb) ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer ส่วน Arsenic (As) ตรวจวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน USP XXI และวิเคราะห์ซ้ำด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่พบมีอยู่ในสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II พบมีแร่ธาตุชนิดที่มีอยู่มากในสารสกัดเปลือกทุเรียน ได้แก่ Potassium Sodium Calcium และ Magnesium ในปริมาณต่าง ๆ กัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 ใน F II พบมี K และ Na ค่อนข้างสูง คือมีถึง 5.64% และ 4.21% ตามลำดับ ในขณะที่ F I จะถูกกำจัดพวก K Na และ Mg ออกไปเป็นส่วนใหญ่ แต่พบว่ามี Ca มากถึง 1.02% และมี K เหลืออยู่ 2.21% ในขณะที่มี Na และ Mg น้อยกว่า F I พวกแร่ธาตุที่พบน้อย ได้แก่ Mn Fe Cu Zn Al และ Si พบมีปริมาณของ Fe Zn Al และ Si ใน F II น้อยกว่าที่พบใน F I (ตารางที่ 6) พบมี Pb น้อยมากในสารสกัดเปลือกทุเรียน มีน้อยกว่า 0.08 ppm ในขณะที่ไม่พบมี As อยู่ในสารสกัดเปลือกทุเรียนเลย (ตารางที่ 6)

2.4 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล

2.4.1 วิเคราะห์ด้วย TLC

ตัวอย่างสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ที่ได้จากการทำ acid hydrolysis แล้ว สารพวก polysaccharide ที่มีอยู่จะถูก hydrolysed ได้เป็นสารละลายของ hydrolyzate ที่ประกอบด้วยพวก

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่พบมากในสารสกัดเปลือกทุเรียน

ตัวอย่าง	ชนิดของแร่ธาตุ (กรัม/100 กรัม)			
	K	Na	Ca	Mg
สารสกัดเปลือกทุเรียน F I	5.64	4.21	0.70	1.38
สารสกัดเปลือกทุเรียน F II	2.21	0.29	1.02	0.80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่พบน้อยมากในสารสกัดเปลือกทุเรียน

ตัวอย่าง	ชนิดของแร่ธาตุ (มก./100 กรัม)						ชนิดแร่ธาตุ (ppm)	
	Mn	Fe	Cu	Zn	Al	Si	Pb	As
สารสกัดเปลือกทุเรียน F I	10.37	44.70	1.15	8.45	75.45	10.80	<0.08	None
สารสกัดเปลือกทุเรียน F II	10.22	19.26	1.21	3.92	16.33	3.37	<0.08	None

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

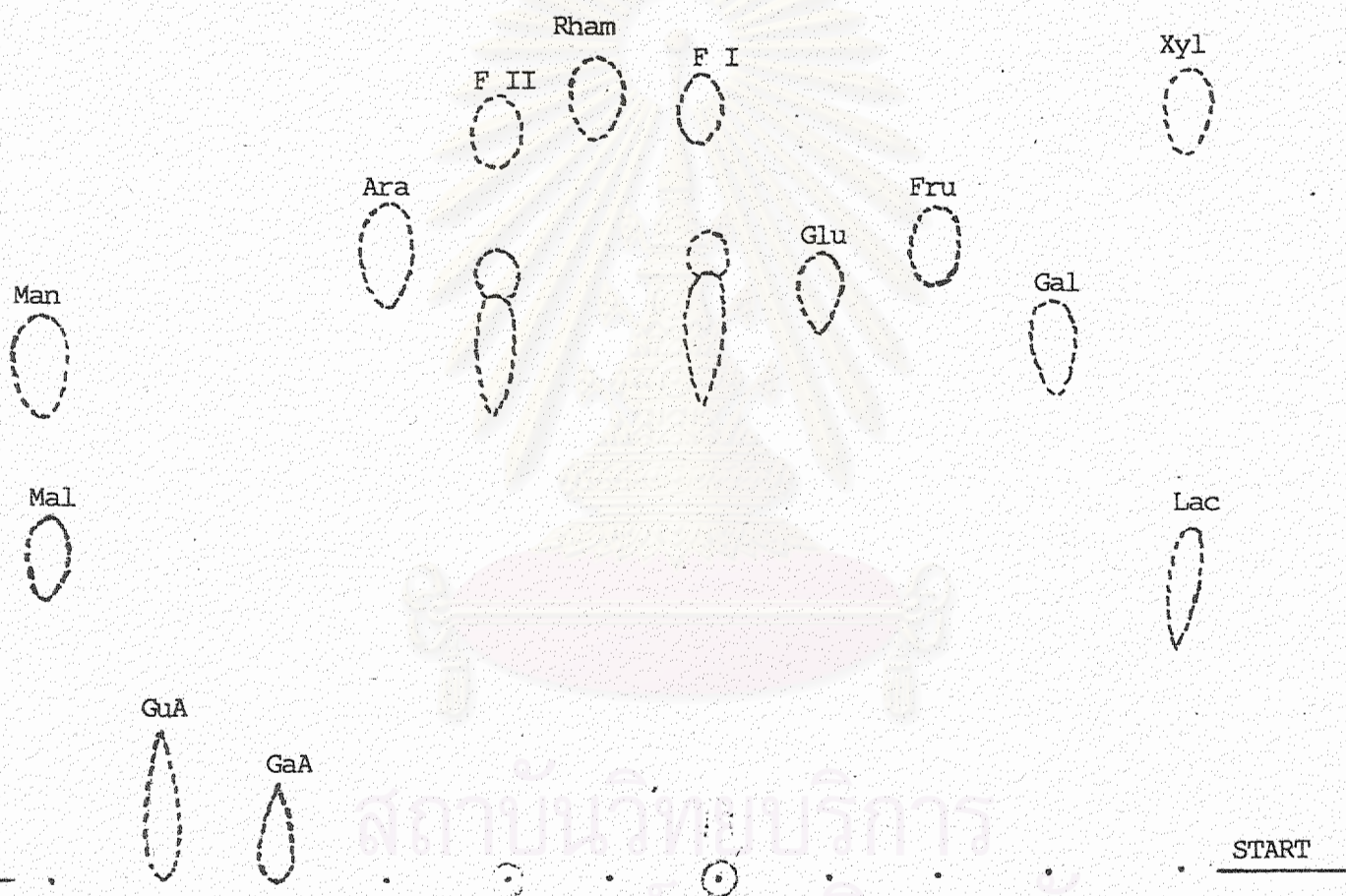
monosaccharide ถ้าหากว่าการทำ hydrolysis เป็นไปอย่างสมบูรณ์จึงไม่ควร มีน้ำตาล disaccharide trisaccharide หรือ oligosaccharide เหลืออยู่ สารละลาย acid hydrolyzate ถ้ามีสีควรจะฟอกสีออกด้วย pure charcoal แล้วนำมาวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลโดยวิธีง่าย ๆ คือการทำ TLC เทียบกับ น้ำตาลต่าง ๆ ที่ใช้เป็น standard จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 พบว่า F I และ F II น่าจะมีน้ำตาลที่ตรงกับ standard rhamnose glucose และ galactose เป็นส่วนประกอบ

2.4.2 วิเคราะห์ด้วย HPLC

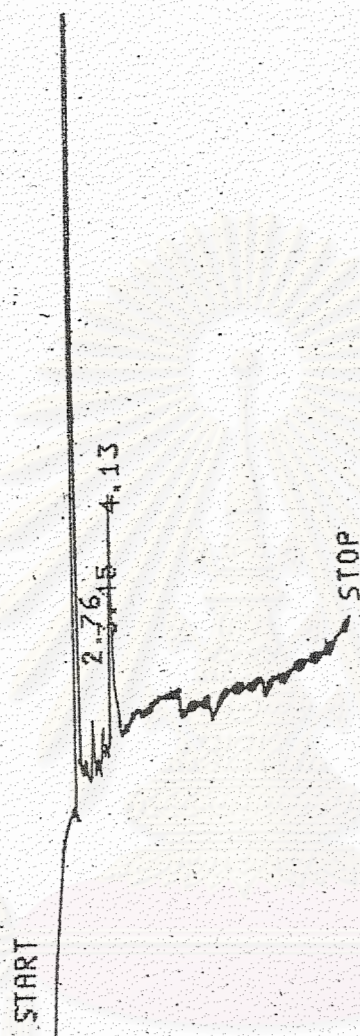
เมื่อทำการวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลโดยการ ใช้ เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้ column Supelcosil LC-NH₂ ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase พบว่าได้ผลการแยกชนิดของน้ำตาลดังแสดงไว้ในรูปที่ 5-8 ในรูปที่ 5 แสดง peak ของน้ำตาลจากสารตัวอย่าง F II ประกอบด้วย 3 peak (รูปที่ 5) ที่ retention time (min.) 2.76, 3.45 และ 4.13 ตามลำดับ เมื่อทดลองซ้ำโดยเติม standard glucose 0.03 มก. ลงในสารละลาย hydrolyzate F II และ ผ่านเข้าเครื่อง HPLC ผลที่ได้ดังในรูปที่ 6 (a) จะเห็นว่า peak height ที่ retention time (min.) 4.13 จะเพิ่มขึ้น แสดงว่า standard glucose ที่เติมลงไปจะออกมาที่ peak 4.13 ตรงกับ peak หนึ่งในตัวอย่าง F II ซึ่งตรงกับ peak ของน้ำตาล glucose

เมื่อทดลองโดยเติม standard arabinose 0.03 มก. ลงในตัวอย่าง เมื่อฉีดตัวอย่างผสม arabinose เข้าเครื่อง HPLC ผลที่ได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 6 (b) มี peak ที่ 3.49 มี peak height เพิ่มขึ้น ซึ่งออกมาเป็น peak เดียวกับ peak ที่มีในสารตัวอย่างคือที่ peak 3.45 (รูปที่ 5) หรือ peak 3.46 (รูปที่ 6 (a)) หรือ peak 3.48 (รูปที่ 6 (c)) แสดงว่าสารตัวอย่างมีน้ำตาลออกมาใน peak ที่ตรงกับ arabinose

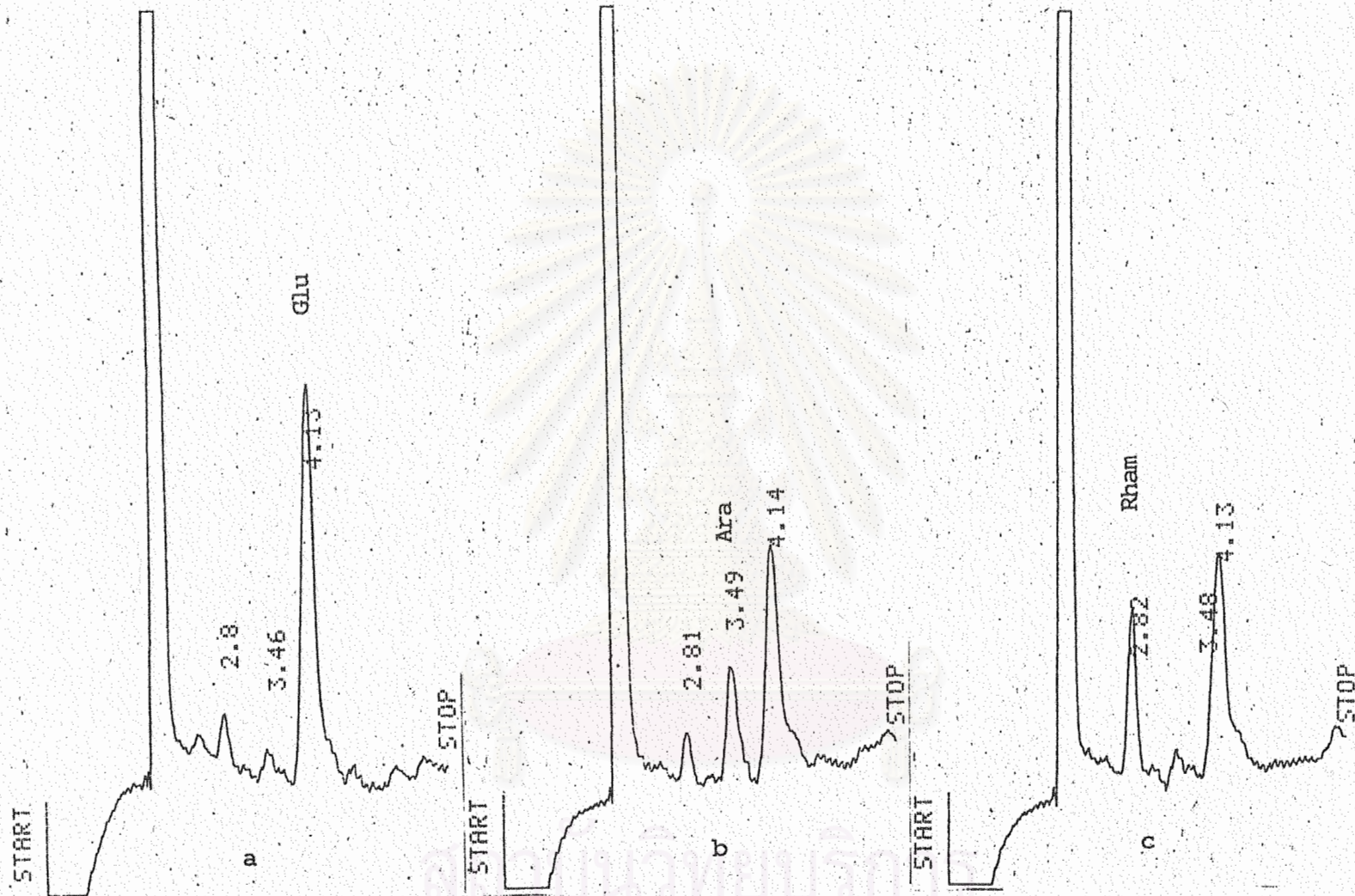
เมื่อทดลองเติม standard rhamnose 0.03 มก. ลงในสารตัวอย่างและฉีดเข้าเครื่อง HPLC ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 6 (c) จะเห็น peak ของ rhamnose ออกมาที่ retention time (min.) 2.82 ซึ่งตรงกับ



รูปที่ 4 การแยกน้ำตาลด้วย TLC ใช้ Silicagel 60G เป็น stationary phase ใช้ Solvent ประกอบด้วย acetone:water:chloroform:methanol (75:5:10:10) เป็น mobile phase ตรวจสอบน้ำตาลโดยทำให้เกิดสีกับ 1-naphthol-sulfuric acid



รูปที่ 5 การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F II acid hydrolyzate จาก column Supelcosil LC-NH₂ ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase มี flow rate 1.0 ml/min, recorder speed 2 mm/min.



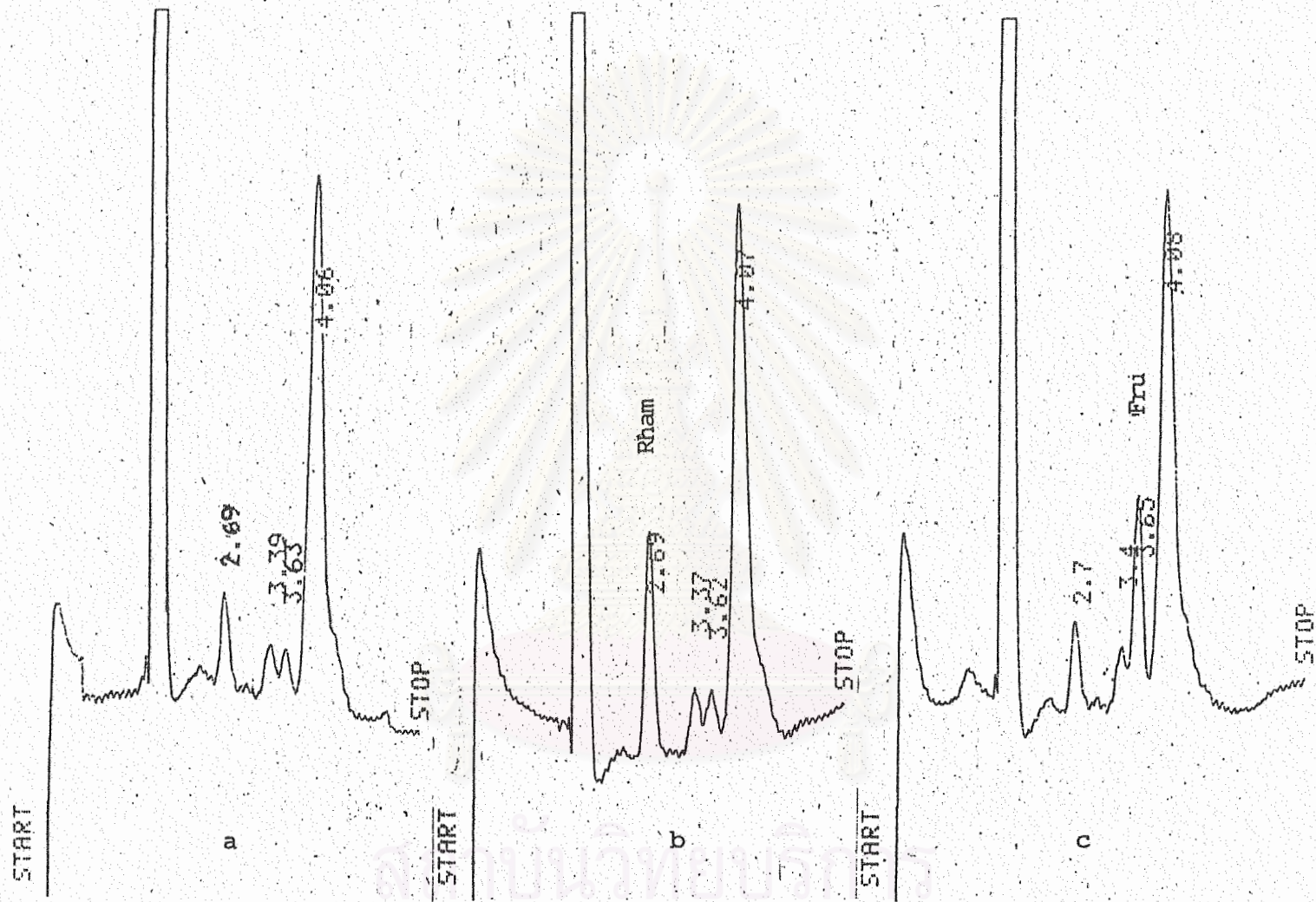
รูปที่ 6 การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F II acid hydrolyzate จาก column Supelcosil LC-NH₂ ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase มี flow rate 1.0 ml/min, recorder speed 10 mm/min. (a) F II + standard glucose 0.03 mg (b) F II + standard arabinose 0.03 mg (c) F II + standard rhamnose 0.03 mg.

peak ของสารตัวอย่างที่ peak 2.76 (รูปที่ 5) หรือที่ peak 2.8 และ 2.81 ในรูปที่ 6 (a) และรูปที่ 6 (b) ตามลำดับ จากรูปที่ 5 พบว่าสารสกัด F II เมื่อผ่าน HPLC จะแยกน้ำตาลได้ 3 peak มีค่า retention time เท่ากับ 2.76, 3.45 และ 4.13 มีค่า peak height เป็นมิลลิเมตรเท่ากับ 65, 40 และ 305 ตามลำดับ เทียบเท่ากับ Standard Rhamnose Arabinose และ Glucose ในปริมาณ 0.013 mg 0.013 mg และ 0.038 mg ตามลำดับ

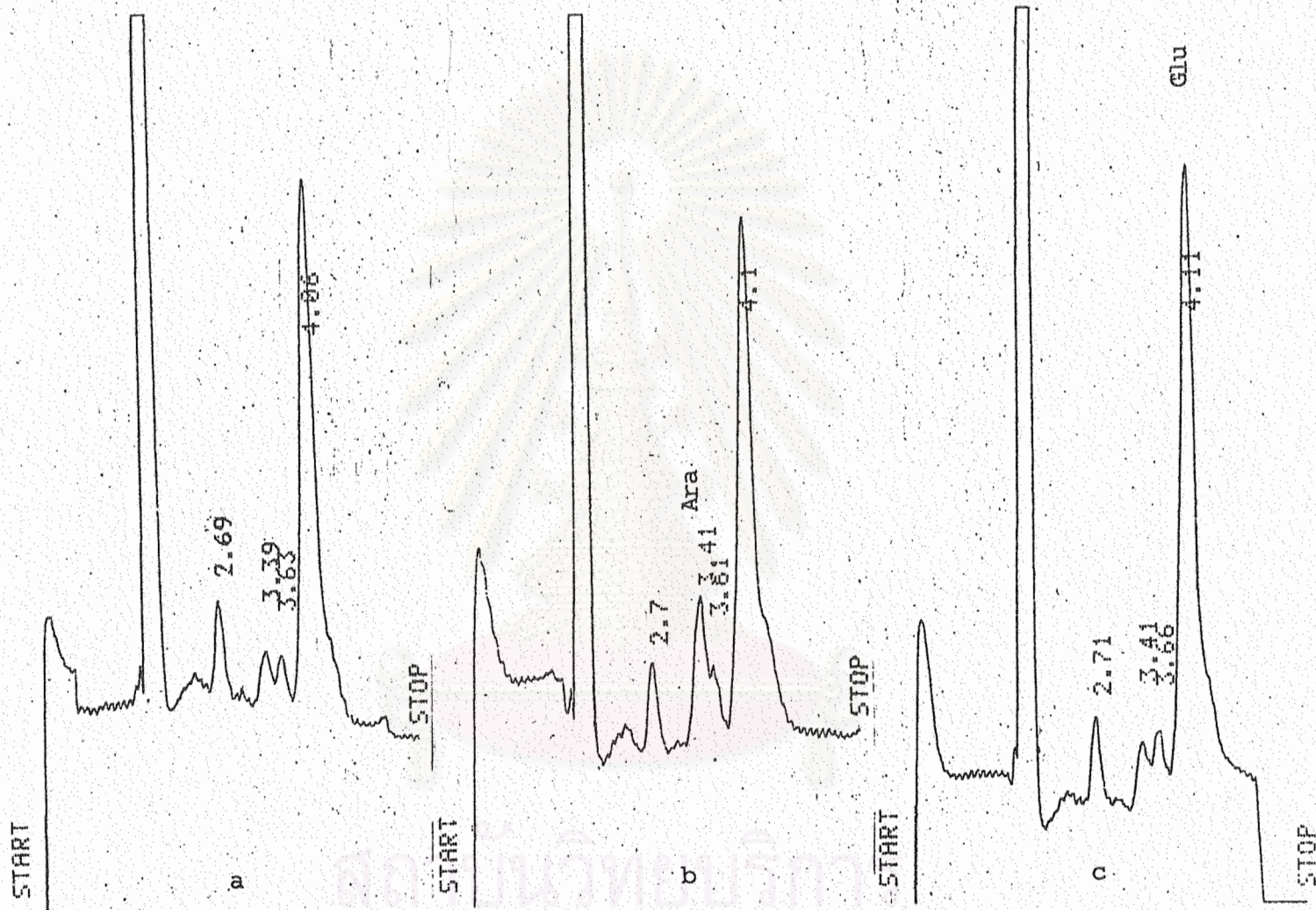
การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาลในสารตัวอย่าง F I ด้วย HPLC ได้ผลแสดงไว้ในรูปที่ 7 และ 8 การแยกสารน้ำตาลจาก hydrolyzate ของ F I จาก HPLC พบมีทั้งหมด 4 peak คือที่ retention time 2.69, 3.39, 3.63 และ 4.06 ตามลำดับ การเติม carrier ด้วย standard rhamnose 0.03 มก. ลงใน hydrolyzate ของตัวอย่าง F I เมื่อฉีดเข้า HPLC จะได้ผลดังรูปที่ 7 (b) จะพบที่ peak ที่ retention time 2.69 มี peak height เพิ่มขึ้น แสดงว่าเป็น peak ของ standard rhamnose ซึ่งออกมาตรงกับ peak 2.69 ในตัวอย่าง F I (รูปที่ 7 (a)) และเมื่อเติม standard fructose ผสมลงใน hydrolyzate ของ F I ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7 (c) fructose จะออกมาที่ peak ที่มี retention time 3.65 ซึ่งจะเป็น peak เดียวกับ peak ที่พบในตัวอย่าง F I คือ peak ที่ 3.63, 3.62, 3.61 และ 3.66 ในรูปที่ 7 (a), 7 (b), 8 (b) และ 8 (c) ตามลำดับ

การเติม standard arabinose ผสมลงใน hydrolyzate ของ F I และฉีดผ่านเข้าเครื่อง HPLC จะได้ผลดังแสดงไว้ในรูปที่ 8 (b) พบ peak ของ arabinose ออกมาที่ retention time 3.41 ซึ่งจะเป็น peak เดียวกับ peak หนึ่งในสารตัวอย่าง F I ซึ่งตรงกับ peak ที่ 3.39, 3.37, 3.4 และ 3.41 ในรูปที่ 7 (a), 7 (b), 7 (c) และ 8 (c) ตามลำดับ

เมื่อเติม standard glucose 0.03 มก. ผสมกับ hydrolyzate ของ F I และฉีดผ่านเข้า HPLC ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 8 (c) จะเห็นว่ามี peak ที่ retention time 4.11 เพิ่มขึ้น อาจสังเกตได้ไม่ชัด



รูปที่ 7 การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F I acid hydrolyzate จาก column Suplecosil LC-NH₂ ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase มี flow rate 1.0 ml/min. recorder speed 10 mm/min. (a) F I (b) F I + standard rhamnose 0.03 mg (c) F I + standard fructose 0.03 mg.



รูปที่ 8 การแยกน้ำตาลด้วย HPLC ของสารละลาย F I acid hydrolyzate จาก columne Supelcosil LC-NH₂ ใช้ 75% acetonitrile ในน้ำเป็น mobile phase flow rate 1.0 ml/min. recorder speed 10 mm/min. (a) F I (b) F I + standard arabinose 0.03 mg (c) F I + standard glucose 0.03 mg.



เพราะ สารตัวอย่าง F I จะมี peak นี้ค่อนข้างสูง การทดลองพบว่า peak ที่ 3.41 ในรูปที่ 8 (c) มี peak height 786 ในขณะที่ peak นี้ในสารตัวอย่างพบเพียง 676 แสดงว่า standard glucose ที่เติมลงไปจะออกมาที่ peak เดียวกับ peak ของสารที่พบใน F I ซึ่งตรงกับ peak ที่ 4.06, 4.1, 4.07 และ 4.08 ในรูปที่ 8 (a), 8 (b), 7 (b) และ 7 (c) ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 (a) สารสกัด F I เมื่อผ่าน HPLC จะแยกน้ำตาลได้เป็น 4 peak ที่ retention time เท่ากับ 2.69, 3.39, 3.63 และ 4.06 มีค่า peak height เท่ากับ 117, 78, 82 และ 676 ตามลำดับ เทียบเท่ากับ Standard Rhamnose Arabinose Fructose และ Glucose ในปริมาณ 0.021 mg, 0.021 mg, 0.013 mg และ 0.184 mg ตามลำดับ

อย่างไรก็ดีน้ำตาลพวก glucuronic acid และ galacturonic acid ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จากวิธีวิเคราะห์โดยวัด refractive index โดยการ detection ด้วยเครื่องวัด Refractive Index จากเครื่อง HPLC นี้

2.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ Total Carbohydrate

การวิเคราะห์ปริมาณของ carbohydrate โดยวิธีวัดสีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารคาร์โบไฮเดรตในรูปของ glucose กับ anthrone reagent ได้เป็นสารสีเขียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สารสกัด F I และ F II แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตใน F I และ F II เท่ากับ 9.02% และ 9.49% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ อาจไม่ถูกต้องนักเนื่องจากน้ำตาลแต่ละชนิดอาจให้สีเขียวที่แตกต่างกัน และเนื่องจากตัวอย่างมิได้มีเฉพาะน้ำตาล glucose เท่านั้น ค่าที่ได้จึงอาจไม่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริง

2.6 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture)

ปริมาณความชื้นในสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบมีความชื้นเป็น 9.10% และ 12.00% ในสารตัวอย่าง

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน

ตัวอย่าง	คาร์โบไฮเดรต (% glucose)	ความชื้น %	เส้นใยอาหาร %	เถ้า %
สารสกัดเปลือกทุเรียน F I	9.20	9.10	-	54.76
สารสกัดเปลือกทุเรียน F II	9.49	12.00	-	41.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

F I และ F II ตามลำดับ สารสกัด F II มีลักษณะค่อนข้างแข็งกว่า F I ซึ่งเปราะกว่า จึงอาจทำให้ปริมาณน้ำใน F II ถูกเก็บอยู่มากกว่า

2.7 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)

ปริมาณของเถ้าที่พบมีอยู่ในสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II พบมีปริมาณเท่ากับ 54.76% และ 41.45% ตามลำดับ ผลที่ได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนจะมีส่วนประกอบของเถ้าสูงมาก

2.8 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหาร (crude fiber)

การวิเคราะห์หาปริมาณของเส้นใยอาหาร (crude fiber) ในสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II โดยวิธีการที่ใช้ในการทดลองนี้ ไม่พบว่ามีสารเส้นใยอาหาร (crude fiber) อยู่เลย การ hydrolysed ด้วย 1.25% H_2SO_4 ในเวลา 30 นาที จะสลายสารตัวอย่างทั้ง F I และ F II ได้หมด ไม่มีกากหรือตะกอนเหลืออยู่เลย จึงไม่พบมี crude fiber ใน F I และ F II ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 7

2.9 ผลการทดลองการย่อยด้วยเอ็นไซม์

การทดสอบการย่อย polysaccharide พวกแป้งด้วยเอ็นไซม์ amylase จากน้ำลายพบว่า สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II สามารถถูกย่อยได้บางส่วนด้วย amylase เพราะหลังจากการย่อย 10 นาที พบว่าสารจากการย่อยไม่ให้ \oplus ve test กับ iodine solution คือไม่เห็นสีม่วงแดงเกิดขึ้น ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 8 การใช้ soluble starch เป็น control พบว่าได้ผลเช่นเดียวกับสารตัวอย่างทั้ง F I และ F II ต่อปฏิกิริยากับ iodine แต่เมื่อนำสารหลังจากการย่อยมาวิเคราะห์หาการเกิดปฏิกิริยารeduction โดย Fehling's test จะให้ผล \ominus ve test ในขณะที่การทดลอง control ซึ่งใช้ soluble starch จะให้ผล \oplus ve test ชัดเจน พบมีตะกอนแดงเกิดขึ้นภายในเวลา 1 นาที แสดงว่า amylase จากน้ำลายสามารถย่อย

ตารางที่ 8 แสดงการย่อยด้วย amylase จากน้ำลาย

สารตัวอย่าง	เวลาที่ให้ย่อย	I ₂ -solution test	Fehling's test
สารสกัด	หลังย่อยด้วย amylase 0 นาที	⊕ ve สีม่วงแดง	⊖ ve (5 นาที)
F I	หลังย่อยด้วย amylase 10 นาที	⊖ ve	⊖ ve (5 นาที)
สารสกัด	หลังย่อยด้วย amylase 0 นาที	⊕ ve สีม่วงแดง	⊖ ve (5 นาที)
F II	หลังย่อยด้วย amylase 10 นาที	⊖ ve	⊖ ve (5 นาที)
Soluble Starch (Control)	หลังย่อยด้วย amylase 0 นาที	⊕ ve สีม่วง	⊖ ve (5 นาที)
	หลังย่อยด้วย amylase 10 นาที	⊖ ve	⊕ ve (1 นาที)
น้ำกลั่น	หลังย่อยด้วย amylase 0 นาที	⊖ ve	⊖ ve (5 นาที)
(Blank)	หลังย่อยด้วย amylase 10 นาที	⊖ ve	⊖ ve (5 นาที)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

soluble starch ได้สมบูรณ์จนเป็น monosaccharide ของ glucose ในขณะที่ F I และ F II ถูกย่อยได้บางส่วน แต่ถูกย่อยไม่ได้สมบูรณ์จนถึง monosaccharide โดย polysaccharide ของ F I และ F II อาจถูกย่อยด้วย amylase ได้เป็นสารโมเลกุลสั้น ๆ ที่ไม่ให้สีกับ iodine solution เท่านั้น

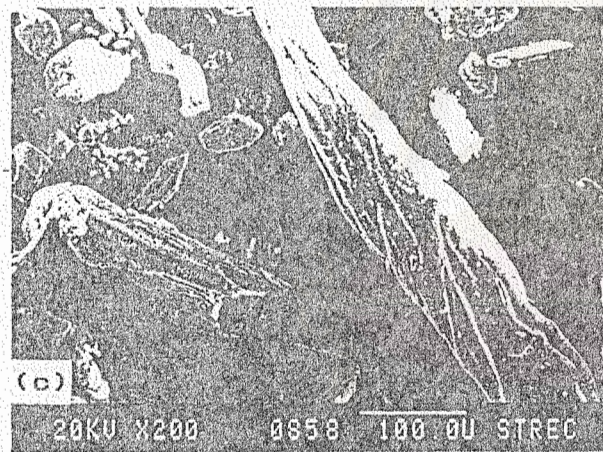
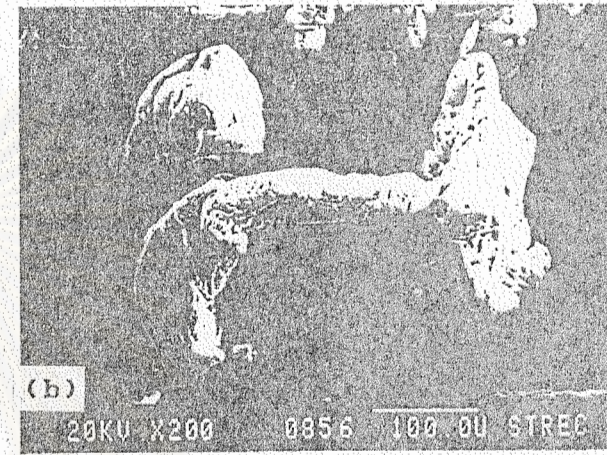
2.10 ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ

2.10.1 การสังเกตลักษณะภายนอก

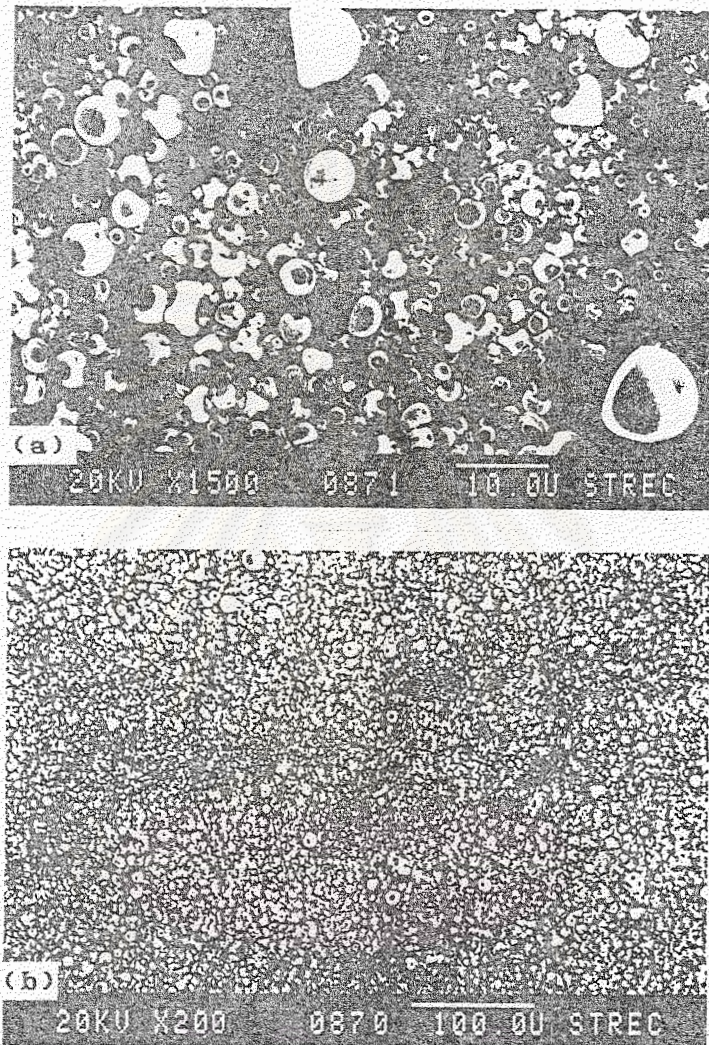
ลักษณะต่าง ๆ จากการดูด้วยตาเปล่า การดมกลิ่น และการชิมรส ได้รายงานไว้ในตารางที่ 1 สารสกัด F I และ F II มีลักษณะเป็นของแข็งมีสีน้ำตาลอ่อนและสีขาวนวล ตามลำดับ มีรสเปรี้ยวอมขม มีกลิ่นเฉพาะค่อนข้างฉุน

2.10.2 การวิเคราะห์รูปร่างลักษณะและขนาดของสาร F I และ F II ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope ผลที่ได้จากการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์ ของสารสกัด F I และ F II ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 ลักษณะและขนาดต่าง ๆ ของผง F I ภายใต้กำลังขยาย 200 เท่า แสดงไว้ในรูปที่ 9 (a)(b) ลักษณะและขนาดต่าง ๆ ของ F II แสดงไว้ในรูปที่ 9 (c)(d) จะเห็นว่ารูปร่างของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่ได้จากการบดละเอียดผ่านร่าง 80 mesh มีรูปร่างเป็น amorphous มีทั้งเป็นก้อนทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึงประมาณ 300 ไมครอน และ fiber ยาวมีขนาดยาวจนถึง ประมาณ 500 ไมครอน กว้าง 200 ไมครอน

สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ที่ได้ภายหลังจากการทำ Spray Dried ของสารละลาย F II ผงตัวอย่างมีสีขาว จะมีรูปร่างและขนาดที่เห็น ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10 (a)(b) ในรูปที่ 10 (a) คือ F II จาก Spray Dried ถ่ายภาพขนาดกำลังขยาย 1500 เท่า รูปที่ 10 (b) เป็นภาพถ่ายที่กำลังขยาย 200 เท่า จะเห็นว่า มีขนาดของผงตัวอย่างเล็กกว่าเดิมมากมีรูปร่างคล้ายฟองอากาศค่อนข้างกลมและกลวง มีขนาดประมาณ 2-10 ไมครอน



รูปที่ 9 ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ของผงสารสกัดเปลือกทุเรียน (a) F I ลักษณะ fiber ขาว (b) F I ลักษณะก้อนกลม (c) F II ลักษณะ fiber ขาว (d) F II ลักษณะก้อนกลม แสดงมาตราส่วนเปรียบเทียบ 100.0 ไมครอน



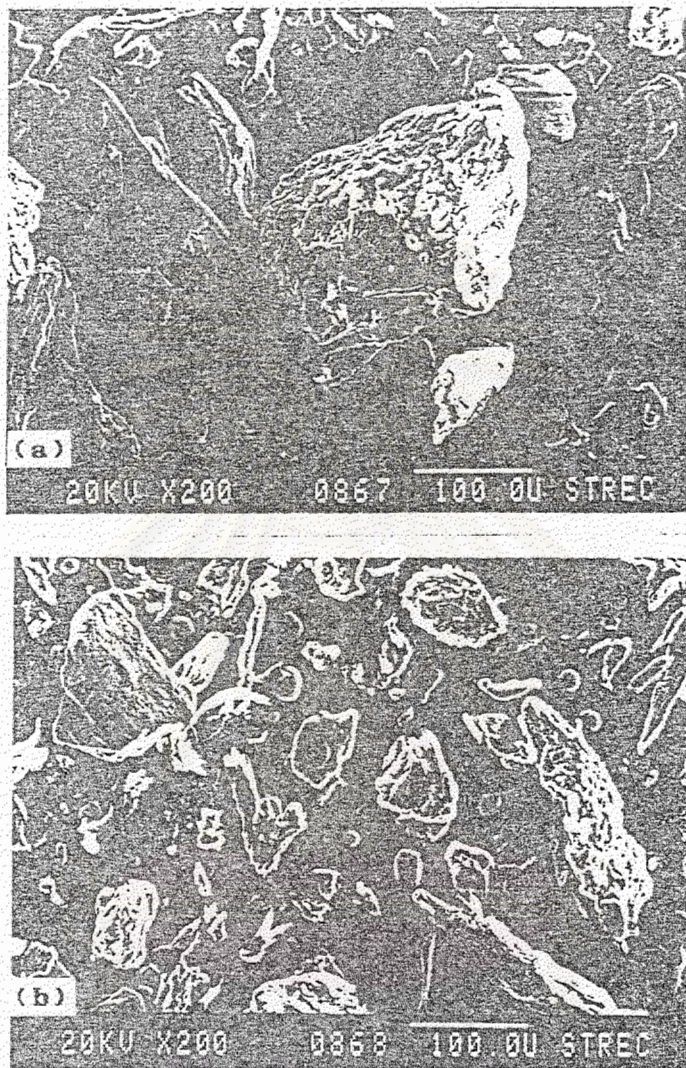
รูปที่ 10 ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ของผงสารสกัดเปลือกทุเรียน F II จากการทำ Spray Dried (a) F II จากการทำ Spray Dried ขนาดกำลังขยาย 1500 เท่า แสดงมาตราส่วนเปรียบเทียบ 10.0 ไมครอน (b) F II จากการทำ Spray Dried ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า แสดงมาตราส่วนเปรียบเทียบ 100.0 ไมครอน

ได้ทดลองถ่ายภาพจาก Scanning Electron Microscope ของสารอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดเปลือกทุเรียน ได้แก่ ภาพของผง pectin แสดงไว้ในรูปที่ 11 (a), (b) ภาพของผง carboxymethyl cellulose (CMC) แสดงไว้ในรูปที่ 12 (a)(b) และภาพของ cellulose แสดงไว้ในรูปที่ 12 (c)(d) จะพบว่าทั้ง pectin CMC และ cellulose จะมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

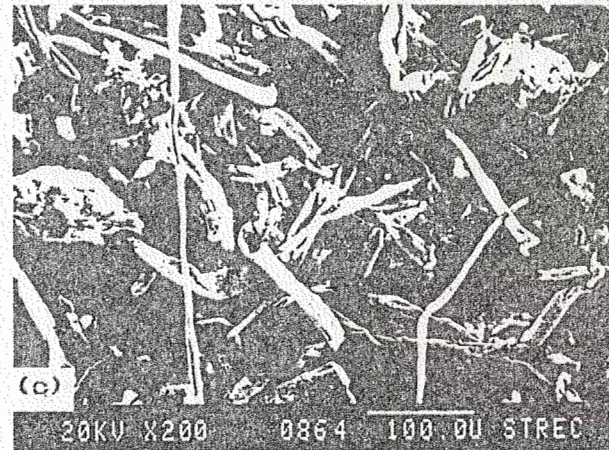
2.10.3 การทดลองหาจุดหลอมเหลว (melting point) หรือจุดสลายตัว (decompose) ของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II โดยการใส่ผงสารตัวอย่างลงในหลอด capillary และ นำไปทำให้ร้อนโดยใส่ในเครื่อง Gallenkamp Melting Point Apparatus ผลที่ได้ไม่พบมีการหลอมเหลวเกิดขึ้น แต่จะค่อย ๆ decompose โดยค่อย ๆ เริ่มไหม้จนเป็นสีน้ำตาลเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึง $174-176^{\circ}\text{C}$ ดังผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

2.10.4 ลักษณะการละลายในน้ำ และ pH ของสารสกัดเปลือกทุเรียนในน้ำ พบว่าสารสกัดทั้ง F I และ F II จะพองตัวในน้ำ เมื่อวัด pH ของสารละลาย 3% ของ F I และ F II ในน้ำมีค่าเท่ากับ 5.8 และ 2.8 ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

2.10.5 การทดลองวัดความหนืดของสารละลาย F I และ F II ในน้ำ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Cone and Plate Viscometer พบว่าสารละลาย 3% ของ F I และ F II มีค่าความหนืดเป็น 130.6 cps และ 207.6 cps ตามลำดับ ดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 1 การวัดใช้ Cone # CP-41 ที่ rate of shear เท่ากับ 50 rpm อุณหภูมิ 30°C ขณะวัด ส่วนสารละลาย 3% pectin มีความหนืดเพียง 79.4 cps



รูปที่ 11 ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ของผง pectin (a) pectin ลักษณะก้อนกลม (b) pectin ลักษณะค่อนข้างยาวรี แสดงมาตราส่วนเปรียบเทียบกับ 100.0 ไมครอน



รูปที่ 12 ภาพถ่ายจาก Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า (a) ผง CMC ลักษณะ fiber สั้น ๆ และก้อนกลม (b) ผง CMC ลักษณะเป็นก้อนกลมขนาดใหญ่ (c) ผง cellulose ลักษณะ fiber ยาว (d) ผง cellulose ลักษณะ fiber ยาวเกาะกันเป็นก้อน แสดงมาตราส่วนเปรียบเทียบ 100.0 ไมครอน

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนตะกอน

3.1 ผลการวัดความหนืด

การวัดความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 ในความเข้มข้นต่าง ๆ กันพบว่า ในความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดจะเพิ่มขึ้น ทั้ง F I และ F II เช่นเดียวกับ เพคติน และในความเข้มข้นที่เท่ากัน F II จะให้ความหนืดสูงที่สุดในทุกความเข้มข้นที่ทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ F I และเพคตินจะมีความหนืดต่ำสุด

3.2 ผลการตรวจคุณสมบัติการไหล

ในความเข้มข้น 3% ของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เมื่อวัดความหนืดที่ rate of shear ที่เพิ่มขึ้นจะพบว่าค่าของความหนืดลดลง ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 10 จากผลที่ได้เมื่อพลอตกราฟระหว่างค่า rate of shear กับ shearing stress จะได้กราฟเป็นเส้นโค้ง ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 13 จะเห็นว่าทั้ง F I และ F II ได้กราฟแบบเดียวกัน ลักษณะเช่นนี้แสดงคุณสมบัติการไหลเป็น pseudoplastic flow (11) หรือ shear thinning

4. ผลการศึกษาน้ำจับต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารแขวนตะกอน

4.1 อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัว

จากการสังเกตผลการพองตัวของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ที่ความร้อนอุณหภูมิต่าง ๆ จากการสังเกตผลทันทีที่โปรยผงแห้งลงในน้ำ จะเห็นจับกันเป็นก้อน พองตัวไม่หมดมีการพองตัวช้าเช่นเดียวกับเพคติน สังเกตไม่เห็นมีความแตกต่างระหว่าง F I, F II และ เพคติน อุณหภูมิของน้ำที่ทดลองคือ 32 °ซ 15 °ซ และ 100 °ซ แต่หลังจากตั้งทิ้งไว้ให้พองตัว 24 ช.ม. พบว่าสารทดลองทั้ง 3 ชนิด จะมีการพองตัวเต็มที่ ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 11 สารทดลองสามารถละลายได้หมดในน้ำจะเห็นได้ว่า F II จะพองตัวในน้ำได้

ตารางที่ 9 ค่าความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนเปรียบเทียบกับสารละลายเพคตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

สารตัวอย่าง	pH ของสาร ตัวอย่าง ในน้ำ	ค่าความหนืด (cps)*					
		ที่ความเข้มข้นของสารแขวนตะกอน ร้อยละ					
		2.0	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25
เพคติน	3.16	25.3	33.2	46.2	56.5	79.4	92.2
สารสกัด F-I	5.92	42.8	67.8	69.6	125.9	130.6	164.2
สารสกัด F-II	3.28	62.9	95.8	111.6	154.8	207.6	219.5

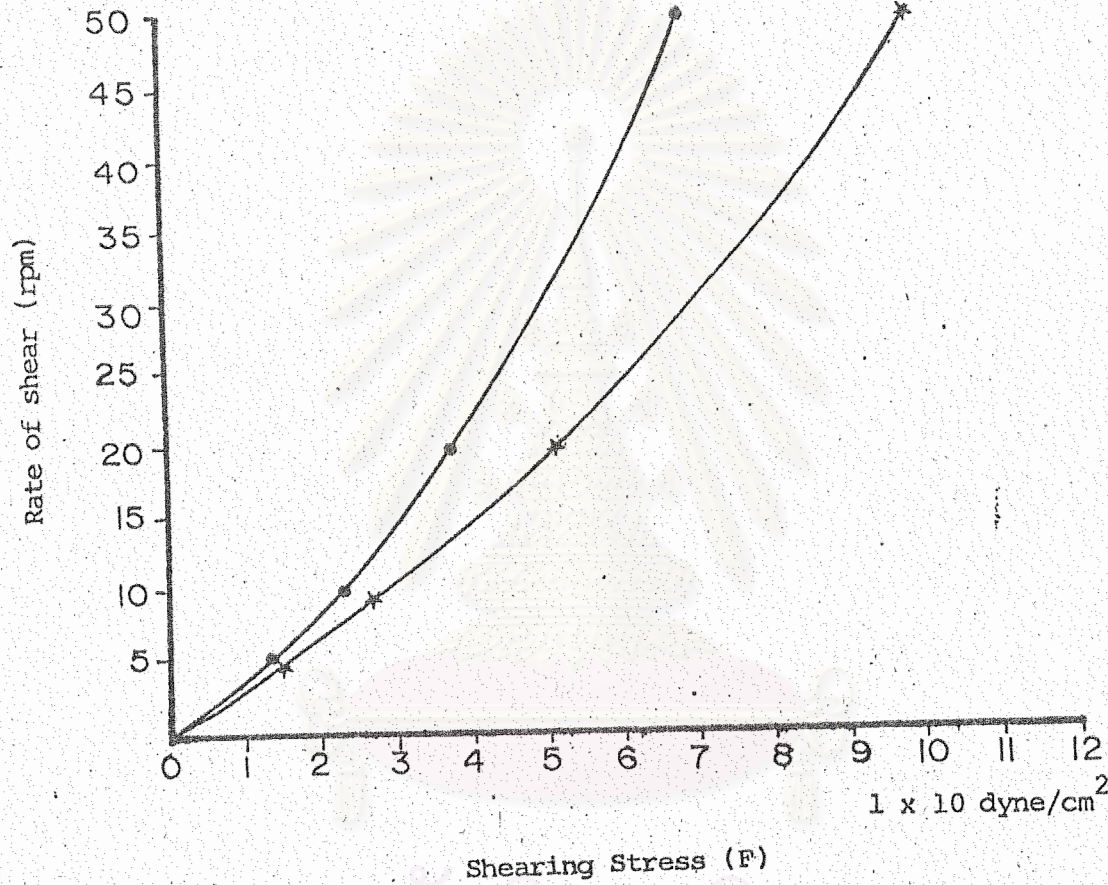
* อุณหภูมิ 30 °C และ rate of shear 50 rpm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน shearing stress กับ rate of shear

rate of shear (rpm)	3% สารสกัดเปลือกทุเรียน F-I		3% สารสกัดเปลือกทุเรียน F-II	
	ความหนืด (cps)	shearing stress (dyne/cm ²)	ความหนืด (cps)	shearing stress (dyne/cm ²)
5	260.5	13.02	265.4	13.27
10	211.4	21.14	249.4	24.94
20	175.8	35.16	229.8	45.96
50	130.6	67.85	207.6	98.20

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 13 Flow curve ของสารละลายสารสกัดจากเปลือกทุเรียนในน้ำ,

●—● 3.0% F I, ★—★ 3.0% F II

ตารางที่ 11 อิทธิพลของความร้อนต่อการฟองตัวของสารสกัดเปลือกทุเรียนในน้ำ เปรียบเทียบกับเพคติน

สารตัวอย่าง	ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของการฟองตัวของสาร 1 กรัมในน้ำ(มล.) เมื่อทิ้งไว้ 24 ชม.		
	น้ำธรรมดา (32 °ซ)	น้ำเย็น (15 °ซ)	น้ำร้อน (100 °ซ)
เพคติน	7	7	6
สารสกัด F-I	13	11	10
สารสกัด F-II	15	20	13

มากที่สุดในทุกอุณหภูมิที่ทดลอง ส่วนเพศตินจะพองตัวได้น้อยที่สุด F II จะพองตัวได้มากที่สุดใต้น้ำเย็นและพองตัวได้น้อยลงในน้ำร้อน

4.2 อิทธิพลของความร้อนต่อความหนืด

การทดลองวัดความหนืดที่ความเข้มข้น 3% ของ F I และ F II ที่อุณหภูมิสูง 75 °ซ และ 100 °ซ ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 ผลของความหนืดจะลดลงหลังจากอุ่นที่ 75 °ซ หรือ 100 °ซ เป็นเวลานาน 1 ชม. และความหนืดไม่กลับเท่าเดิมหลังจากทำให้เย็นลง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ด้วยตาเปล่า

4.3 อิทธิพลของ pH ต่อความหนืด

การเปลี่ยนแปลงของ pH ที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปจะทำให้ความหนืดของสารละลาย F I และ F II ลดลง ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ พบว่า F I มีความหนืดมากที่สุดที่ pH ประมาณ 5-6 ส่วน F II มีความหนืดมากที่สุดที่ pH ประมาณ 8

5. ผลการศึกษาความเข้ากันได้ของสารสกัดเปลือกทุเรียนกับสารต่าง ๆ

5.1 อิเล็กโทรไลต์

การทดลองกับอิเล็กโทรไลต์ 4 ชนิดโดยการหยดสารละลายอิมัลชันของ Sodium chloride Potassium chloride Sodium citrate และ Calcium chloride ลงใน 3% ของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II 25 มล. จากผลที่แสดงในตารางที่ 15 พบว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ทดสอบสามารถเข้ากันได้แม้จะผสมในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ยกเว้น Calcium chloride พบมีตะกอนวุ้นขาวเกิดขึ้น เมื่อผสมลงไปเพียง 40% โดยปริมาตร

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน

อุณหภูมิของสารละลาย ($^{\circ}\text{C}$)	ความหนืดของสารละลาย (cps)	
	สารสกัดเปลือกทุเรียน F-I	สารสกัดเปลือกทุเรียน F-II
30 $^{\circ}\text{C}$ (ก่อนทำให้ร้อน)	130.6	207.6
อุ่น 75 $^{\circ}\text{C}$	30.0	145.0
เย็นลง 30 $^{\circ}\text{C}$	36.1	142.3
อุ่น 100 $^{\circ}\text{C}$	18.7	83.1
เย็นลง 30 $^{\circ}\text{C}$	21.9	83.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 อิทธิพลของ pH ต่อความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I

pH	ลักษณะของสารละลาย	ความหนืดของสารละลายสารสกัดเปลือกทุเรียน F-I (cps)	
		ความเข้มข้น 2%	ความเข้มข้น 3%
3	สารละลายสีน้ำตาลอ่อน	41.0	113.3
5	สารละลายสีน้ำตาลอ่อน	62.7	137.9
*6.1	สารละลายสีน้ำตาลอ่อน	58.7	125.3
7	สารละลายสีน้ำตาลเข้ม	38.1	104.9
9	สารละลายสีม่วง	20.9	71.5
12	สารละลายสีม่วงเข้ม	10.9	21.4

* = pH ของสารละลายของสารสกัด F-I ก่อนการปรับ pH
pH ของน้ำกลั่นที่ใช้เตรียมสารละลายเท่ากับ 8.4

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 อิทธิพลของ pH ต่อความหนืดของสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F II

pH	ลักษณะของสารละลาย	ความหนืดของสารละลายสารสกัดเปลือกทุเรียน F-II (cps)	
		ความเข้มข้น 2%	ความเข้มข้น 3%
3	สารละลายขุ่นขาว	65.4	218.7
*3.25	สารละลายขุ่นขาว	62.9	207.6
5	สารละลายขุ่นขาว	41.5	75.0
7	สารละลายขุ่นขาว	33.0	32.2
9	สารละลายขุ่นขาว	24.8	30.0
12	สารละลายขุ่นขาว	6.9	24.4

* = pH ของสารละลายของสารสกัด F-II ก่อนการปรับ pH

pH ของน้ำกลั่นที่ใช้เตรียมสารละลายเท่ากับ 8.4

ตารางที่ 15 ผลของ electrolytes กับสารสกัดเปลือกทุเรียน

electrolytes (สารละลายยี่มตัว)	ปริมาณ ที่เติม (มล.)	สารละลาย 3% F I (25 มล.)	สารละลาย 3% F II (25 มล.)
Sodium chloride	25	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Sodium citrate	25	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Potassium chloride	25	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Calcium chloride	10	ตกตะกอนวุ้นขาวขุ่น	ตกตะกอนวุ้นขาวขุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ตัวทำลายลาย

จากการทดลองหยาบสารตัวทำลายได้แก่ แอลกอฮอล์ กลีเซอริน และ ซอร์บิทอล ลงใน 3% ของสารละลาย F I และ F II ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่าทั้งกลีเซอริน และ ซอร์บิทอล สามารถเข้ากันได้ดีกับสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II สามารถผสมได้ถึงอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ยกเว้น แอลกอฮอล์ เมื่อผสมลงไปเพียงร้อยละ 10 จะเห็นเป็นตะกอนวุ้นขาวเกิดขึ้น และเมื่อเปรียบเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์มากขึ้นจะเกิดเป็นตะกอนวุ้นแข็ง

5.3 สารกันบูด

การทดลองกับสารละลาย 1% ของสารสกัดเปลือกทุเรียน และ เพคตินกับสารกันบูด ได้แก่ 1% Benzoic acid และสารผสม 0.2% methylparaben กับ 0.02% propylparaben ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าสารกันบูดที่ทดลองไม่มีผลเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียนและเพคตินอย่างเห็นได้ชัด ผลของความหนืดที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน

6. ผลการศึกษาคณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน

6.1 การประเมินความสามารถการแขวนตะกอน

ทดลองความสามารถการเป็นสารแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ในตำรับยาแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีความเข้มข้น 5% เปรียบเทียบกับการใช้เพคติน โดยใช้สารแขวนตะกอนทดลองในความเข้มข้นต่าง ๆ กันให้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 18 จะเห็นว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II และเพคตินในความเข้มข้น 1% สามารถแขวนตะกอนไว้ได้หมด ในขณะที่ F I ไม่สามารถแขวนตะกอนได้หมดจะมีตะกอนบางส่วนตกลงมาอนที่ก้นขวด อย่างไรก็ตามวิธีที่ตะกอนที่เกิดสามารถเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ดี

ตารางที่ 16 ผลของตัวทำละลาย (Solvents) กับสารสกัดเปลือกทุเรียน

ตัวทำละลาย (Solvent)	ปริมาตร ที่เติม (มล.)	สารละลาย 3% F I (25 มล.)	สารละลาย 3% F II (25 มล.)
alcohol	2.5	ตะกอนวุ้นขาวใส	ตะกอนวุ้นข้นใส
glycerin	25	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
sorbitol	25	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลของสารกักขังต่อสารสกัดเปลือกทุเรียนและเพคติน

สารกักขัง	1% Pectin	1% สกัดเปลือกทุเรียน F I	1% สกัดเปลือกทุเรียน F II
<u>ไม่มีสารกักขัง</u>			
ลักษณะสารละลาย	สารละลายขุ่นขาว	สารละลายขุ่นมีสี น้ำตาลอ่อน	สารละลายชั้นใส
ความหนืด (cps)	9.3	11.8	21.9
<u>1% Benzoic acid</u>			
ลักษณะสารละลาย	สารละลายขุ่นขาว	สารละลายขุ่นสี น้ำตาลอ่อน	สารละลายขุ่นขาว
ความหนืด (cps)	8.8	10.8	17.9
<u>0.2% methylparaben</u> <u>+ 0.02% propyl-</u> <u>paraben</u>			
ลักษณะสารละลาย	สารละลายขุ่นขาว	สารละลายขุ่นสี น้ำตาลอ่อน	สารละลายขุ่นขาว
ความหนืด (cps)	9.6	13.0	18.9

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ค่าปริมาณของการตกตะกอนของยาน้ำขานตะกอน แคลเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนและ เพคติน เป็น สารขานตะกอน

สารขานตะกอน	ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาตรสุดท้าย ของตะกอน(มล.)	ปริมาตรของการ ตกตะกอน (F)
control (ไม่มีสารขานตะกอน)	ยาน้ำแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง ตะกอนจับเป็นก้อนแข็ง (caking) ชั้นบนเป็นน้ำใส	7	0.07
F-I (0.25%)	เหมือน control	6	0.06
F-I (0.50%)	ยาน้ำแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง ตะกอนอัดแน่น ชั้นบนเป็นน้ำใส	6*	0.06
F-I (0.75%)	เหมือน F-I (0.50%)	6*	0.06
F-I (1%)	ยาน้ำแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง ตะกอนอัดแน่น ชั้นบนน้ำขุ่น	3*	0.03
F-II (0.25%)	ยาน้ำแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง ตะกอนจับเป็นก้อนแข็ง (caking) ชั้นบนเป็นน้ำขุ่น	3	0.03
F-II (0.5%)	เหมือน F-II (0.25%)	3	0.03
F-II (0.75%)	เหมือน F-II (0.5%)	3	0.03
F-II (1.0%)	ยาน้ำมีตะกอนขุ่นทั้งหมด	100	1.0
Pectin (0.25%)	เหมือน F-II (0.25%)	3	0.03
Pectin (0.5%)	เหมือน F-II (0.5%)	3	0.03
Pectin (0.75%)	เหมือน F-II (0.75%)	3	0.03
Pectin (1.0%)	ยาน้ำมีตะกอนขุ่นทั้งหมด	100	1.0

หมายเหตุ : ปริมาตรของตะกอนเริ่มต้น = 100 มล.

* ตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถกลับกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า

6.2 การประเมินค่า Sedimentation Volume

การวัด Sedimentation Volume (F) ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 18 จะเห็นได้ว่า สารสกัด F II และเพคตินมีค่าเท่ากับ 1.0 แสดงว่าสามารถแขวนตะกอนได้ทั้งหมด ส่วน F I มีค่า F เพียง 0.03 แสดงว่าแขวนตะกอนได้ไม่ดีเท่า F I และเพคติน

7. ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน

จากการทดลองเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน 6 ตำรับ คือ Kaolin Mixture with Pectin Calamine Lotion 3 ตำรับ Barium Sulfate Suspension และ Trisulfa Suspension Pediatric โดยการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสาร pectin tragacanth และ CMC ในตำรับยามาตรฐาน ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

7.1 ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำแขวนตะกอน

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน pectin และ tragacanth ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐาน เป็น Standard และตำรับที่ไม่มีสารแขวนตะกอนเป็น control และ control ที่มี pectin เพียงตัวเดียวหรือ tragacanth เพียงตัวเดียว สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 60 วัน ผลที่ได้บรรยายไว้ในตารางที่ 19 พบว่าตำรับที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก ผงยากระจายตัวได้สม่ำเสมอ มองไม่เห็นการตกตะกอน เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชม. แต่หลังจากตั้งทิ้งไว้นาน 60 วัน จะมองเห็นการตกตะกอนนอนกันได้ชัดเจนทุกตำรับที่เตรียมมีน้ำใสส่วนบน ชั้นล่างเป็นผงยา เมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวได้ไม่ยาก ยกเว้นตำรับ K-CT มีตะกอนอัดค่อนข้างแน่นเขย่าได้ยากกว่าตำรับอื่น ๆ ตำรับ K-C (control) เขย่าได้ไม่ยากนัก แต่มีลักษณะของตะกอนเกาะกันเป็นก้อนเล็ก ๆ

ตารางที่ 19 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
K-S ^a (standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวชั้น ค่อนข้างหนืด พงยาเบา ละเอียด เนื้อเนียน กระจาย ตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจนมีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนค่อนข้างหยาบ เขย่ากลับกระจายตัวง่าย เนื้อ ไม่เนียน มีตะกอนจับเป็นก้อน เล็กน้อย
K-C ^b (Control)	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวชั้น ไม่ หนืด พงยาละเอียดเนื้อเนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนละเอียดเกาะกัน เขย่ากลับกระจายตัวง่าย เนื้อ ไม่เนียน ตะกอนเกาะกันเป็นก้อน เล็ก ๆ มาก
K-CP ^c	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวชั้น ไม่ หนืด พงยาเบาละเอียด เนื้อ เนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อ เขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนละเอียด เขย่า กลับกระจายตัวง่าย เนื้อเนียน
K-CT ^d	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวชั้น ค่อนข้างหนืด พงยาเบา ละเอียดเนื้อเนียน กระจาย ตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนหยาบ เขย่ากลับ กระจายตัวได้ง่าย เนื้อไม่เนียน มีตะกอนจับเป็นก้อนเล็กน้อย

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin NF XIII มาตรฐาน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ไม่มี pectin และ
tragacanth

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี pectin ไม่มี
tragacanth

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ไม่มี pectin มี
tragacanth

ตารางที่ 19 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
K-F I T ^e	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวข้น มีจุด ไขปลา ค่อนข้างหนืด พงยาเบา ละเอียดเนื้อเนียน กระจายตัว ได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนละเอียดเขย่า กลับกระจายตัวง่าย เนื้อไม่ เนียน มีจุดไขปลา ตะกอนจับกัน เป็นก้อนเล็กน้อย
K-F II T ^f	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวข้น ค่อนข้าง หนืด พงยาละเอียดเนื้อ เนียนกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนละเอียดเขย่ากลับ กระจายตัวได้ง่าย เนื้อไม่เนียน ตะกอนจับเป็นก้อนเล็กน้อย
K-F I ^g	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวข้น มีจุด ไขปลาไม่หนืด พงยาละเอียด เนื้อเนียน กระจายได้ง่าย เมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบนสีเหลืองจาง ๆ ตะกอนละเอียด เขย่ากลับกระจายตัวง่าย เนื้อเนียนมีจุดไขปลา
K-F II ^h	ยาน้ำแขวนตะกอนขาวข้น หนืด เล็กน้อย พงยาละเอียดเนื้อเนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใส ส่วนบน ตะกอนละเอียดเขย่ากลับ กระจายตัวง่าย เนื้อเนียนตะกอน จับเป็นก้อนเล็กน้อย

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F I แทน pectin
มี tragacanth

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F II แทน pectin
มี tragacanth

g = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F I แทน pectin
ไม่มี tragacanth

h = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F II แทน pectin
ไม่มี tragacanth

ค่อนข้างมากกว่าตำรับอื่น ๆ และเกาะเต็มข้างขวด ตำรับที่ใช้ F I และ F II แทน pectin (K-F I T และ K-F II T) มีลักษณะใกล้เคียงกับ K-S (Standard) ในขณะที่ตำรับที่ใช้ F I และ F II แทนทั้ง pectin และ tragacanth (K-F I และ K-F II) มีตะกอนละเอียดและเนียน กว่าไม่ติดข้างขวดมากเท่า K-S (Standard) อย่างไรก็ตาม F I จะพบมีจุดไขปนลาเห็นได้ที่ผนังด้านในขวดเมื่อเอียงขวดให้ตะกอนยาเคลือบเป็นฟิล์มบาง ๆ ข้างขวด

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน CMC ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐานเป็น Standard และตำรับที่ไม่มีสารแขวนตะกอนเป็น control สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ผลที่ได้บรรยายไว้ในตาราง 20 พบว่าตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ ของตำรับที่ใช้ F II ปริมาณเท่า CMC คือ 1.5 กรัม (ในตำรับยา 50 มล.) และตำรับที่ใช้ F II ปริมาณ 1.0 กรัม มีลักษณะคล้ายคลึงกับตำรับ C-S (Standard) ผงของตะกอนละเอียดเนียน เนื้อยาข้นหนืด ในขณะที่ตำรับ C-C (Control) เนื้อยาไม่หนืด ส่วนตำรับ C-F I มีข้อแตกต่างที่สีของตำรับยาไม่เป็นสีชมพู แต่มีสีชมพูอมม่วง ยาน้ำแขวนตะกอนทุกตำรับมีผงยากระจายตัวสม่ำเสมอ มองไม่เกิดการตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชม. หลังจากการตั้งทิ้งไว้ 60 วัน พบว่ามีการตกตะกอนน้อยมาก น้ำส่วนบนค่อนข้างขุ่น ยกเว้นตำรับ C-C (Control) และ C-F I มีการตกตะกอนลงมามากมีค่า F ต่ำ และมีน้ำส่วนบนใส แต่ตำรับที่ใช้ F I ส่วนน้ำใสจะมีสีน้ำตาลเข้ม ภายใน 2 สัปดาห์ ที่ตั้งทิ้งไว้เมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวได้ไม่ยาก แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 30 วัน ตำรับที่ใช้ F II จะแข็งเป็นเจลไม่สามารถเขย่าให้กระจายตัวได้ในขณะที่ตำรับอื่น ๆ ยังคงเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ง่ายเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ตำรับอื่น ๆ ยกเว้นตำรับที่มี F II ก็ยังคงเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ง่ายเช่นกัน เนื้อยาของแต่ละตำรับจะละเอียดเนียน ตำรับ C-S (Standard) จะข้นหนืดเช่นเดิม ส่วน C-C (Control) และ C-F I จะไม่หนืด สังเกตดูสีของตำรับ C-F I จะใกล้เคียงกับตำรับ C-S (Standard)

ตารางที่ 20 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
C-S ^a (Standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูชั้นหนืด พงยาละเอียดเนียนกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ไม่เกิดการตกตะกอนชัดเจน ตะกอนละเอียด เนื้อเนียนชั้นหนืด กระจายตัวได้ไม่ยากเมื่อเขย่า
C-C ^b (Control)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูไม่หนืด พงยาละเอียดเนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	เห็นการตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใสส่วนบน ตะกอนละเอียดเนื้อเนียน ไม่หนืด กระจายตัวได้ง่าย
C-F I ^c	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอมม่วง หนืดเล็กน้อย พงยาไม่ละเอียด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	เห็นการตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน มีน้ำใสส่วนบนสีน้ำตาลเข้ม ตะกอนละเอียด เนื้อเนียนไม่หนืด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า
C-F II ^d	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูชั้นหนืด พงยาละเอียดเนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	ไม่เกิดการตกตะกอน ตะกอนละเอียด เนื้อแข็งเป็นเจล ไม่กระจายตัวเมื่อเขย่าอย่างแรง
C-F II-1.0 ^e	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพู หนืดเล็กน้อย พงยาละเอียด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า	เห็นการตกตะกอนแยกชั้น ชั้นบนเป็นน้ำชั้นสีชมพู ชั้นกลางเป็นตะกอนหยาบสีชมพูเข้ม ชั้นล่างเป็นตะกอนละเอียดสีชมพูอ่อน ชั้นล่างแข็งไม่กระจายตัวเมื่อเขย่าอย่างแรง

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐานใน 50 มล. มี CMC ขนาด 1.5 กรัม เป็นสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอนใด ๆ

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I เป็นสารแขวนตะกอนแทน CMC

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II เป็นสารแขวนตะกอนแทน CMC

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ขนาด 1.0 กรัม เป็นสารแขวนตะกอนแทน CMC

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion BP. 1988

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน beptonite ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนคาลาไมน์ เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐานที่มี bentonite เป็นสารแขวนตะกอนและตำรับยาควบคุม (control) ที่ไม่มีสารแขวนตะกอน สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ผลที่ได้บรรยายไว้ในตารางที่ 21 พบว่าตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ ทุกตำรับที่มี F II เป็นสารแขวนตะกอนจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับตำรับยามาตรฐาน ทั้งลักษณะของผงยาที่ละเอียดเนียน การตกตะกอนค่อนข้างช้า และความข้นหนืด แต่ตำรับยาที่ใช้ F I เป็นสารแขวนตะกอนผงยาจะไม่ค่อยละเอียดและยาน้ำจะมีสีชมพูนํ่วงต่างจากตำรับอื่น ๆ หลังจากตั้งทิ้งไว้ 60 วัน พบว่าตำรับยาทุกตำรับมีการตกตะกอนแยกเป็น 2 ชั้นชัดเจน ตำรับยามาตรฐานมีตะกอนของผงยาที่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ ตะกอนของผงยาทุกตำรับยกเว้นตำรับที่ใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอน พบว่าผงยาจะอัดกันไม่แน่น เมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวได้ง่าย และสม่ำเสมอได้ยาน้ำสีชมพูเหมือนเดิม แต่ตำรับที่ใช้ F I จะได้เป็นยาน้ำสีชมพูนํ่วงเข้มขึ้นจากเดิม ตำรับยาที่ใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอนทุกตำรับ พบว่า ตะกอนของผงยาจะอัดกันแน่นมาก และไม่สามารถจะกลับกระจายตัวได้ใหม่

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion USP XXII

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน bentonite magma ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนคาลาไมน์ เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐานที่มี bentonite magma เป็นสารแขวนตะกอน และตำรับยาควบคุมที่ไม่มีสารแขวนตะกอน สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ผลที่ได้บรรยายไว้ในตารางที่ 22 พบว่าตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ ตำรับยามาตรฐานและตำรับยาควบคุม (control) มีผงยาค่อนข้างละเอียดเนียน แต่ผงยาของตำรับทดลองทุกตำรับจะหยาบกว่าและตกตะกอนค่อนข้างเร็วกว่าตำรับมาตรฐานเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ตำรับควบคุม (control) และตำรับยาที่มี F I เป็นสารแขวนตะกอนจะมีการตกตะกอนแยกเป็น 2 ชั้นชัดเจนคล้ายคลึงกัน แต่ตำรับ F I จะได้ชั้นบนที่เป็นน้ำใสสีน้ำตาลในขณะที่ตำรับยาควบคุม

ตารางที่ 21 ลักษณะของยา Calamin Lotion B.P. 1988

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
C-C ^a (control)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ไม่หนืด ผงยาละเอียดเนียน กระจายตัว ได้ง่ายเมื่อเขย่า ตกตะกอนค่อนข้าง เร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่าง เป็นผงยาเกาะกันค่อนข้างแน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี เมื่อเขย่า ผงยากลับกระจายตัวได้ ไม่หนืด และสามารถรินออกจากขวดได้
C-B ^b (standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อนค่อนข้าง หนืด ผงยาละเอียดเนียน กระจาย ตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า ตกตะกอนค่อนข้าง ช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่าง เป็นผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบน เป็นน้ำใสไม่มีสี เมื่อเขย่าผงยา กลับกระจายตัวได้และสามารถ รินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอ
C-F I ^c (0.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อนปนม่วง หนืดเล็กน้อย ผงยาไม่ค่อยละเอียด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และ ตกตะกอนค่อนข้างช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น ผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็น น้ำใสสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเขย่าผง ยากลับกระจายตัวได้ และสามารถ รินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอ
C-F I ^d (1.0%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อนปนม่วง หนืดเล็กน้อย ผงยาไม่ค่อยละเอียด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และ ตกตะกอนช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น ผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็น น้ำใสสีน้ำตาล เมื่อเขย่ากลับกระจาย ตัวได้ และสามารถรินออก จากขวดได้

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มี bentonite ความ
เข้มข้น 3% เป็นสารแขวนตะกอน

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I ความเข้มข้น 0.5% เป็นสารแขวนตะกอน

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I ความเข้มข้น 1.0% เป็นสารแขวนตะกอน

ตารางที่ 21 ลักษณะของยา Calamin Lotion B.P. 1988 (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
C-F I ^e (1.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ปนม่วง ชั้นหนืด พงยาไม่ค่อยละเอียด กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และตกตะกอนช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสสีน้ำตาลเข้ม เมื่อเขย่ากลับกระจายตัวได้และสามารถรินออกจากขวดได้ง่าย
C-F II ^f (0.25%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน หนืดเล็กน้อย พงยาละเอียดเนียนกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และตกตะกอนค่อนข้างช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาอัดกันแน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสเกือบไม่มีสี เมื่อเขย่ากลับกระจายตัวได้ยาก และเมื่อรินออกจากขวดผงยากระจายตัวไม่สม่ำเสมอ
C-F II ^g (0.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ค่อนข้างหนืด พงยาละเอียดเนียน กระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และตกตะกอนค่อนข้างช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาอัดกันแน่นมาก ชั้นบนเป็นน้ำใสเกือบไม่มีสี เมื่อเขย่าแรง ๆ ผงยากลับกระจายตัวได้ยาก และเมื่อรินออกจากขวด ผงยากระจายตัวได้ไม่สม่ำเสมอ
C-F II ^h (0.75%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ชั้นหนืด พงยาละเอียดเนียนกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า และตกตะกอนค่อนข้างช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาอัดกันแน่นมากเป็นก้อนแข็ง (caking) ชั้นบนเป็นน้ำใส มีลักษณะเป็นวุ้น เมื่อเขย่าแรง ๆ ผงยาจะหลุดออกมาเกาะกันเป็นก้อน

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ความเข้มข้น 0.25% เป็นสารแขวนตะกอน

g = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ความเข้มข้น 0.5% เป็นสารแขวนตะกอน

h = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ความเข้มข้น 0.75% เป็นสารแขวนตะกอน

ตารางที่ 22 ลักษณะของยาน้ำ Calamine Lotion USP XXII

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
C-C ^a (Control)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ไม่หนืด ผงยาละเอียดเนียน กระจายตัวได้ ง่ายเมื่อเขย่า ตกตะกอนค่อนข้าง เร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น ผงยาเกาะกันค่อนข้างแน่นแต่ไม่ แข็ง ชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี เมื่อ เขย่าผงยากลับกระจายตัวได้ ไม่ หนืดและสามารถรินออกจากขวดได้
C-B ^b (Standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพู ค่อนข้าง หนืดเล็กน้อย ผงยาละเอียดเป็นเนื้อ เดียวกัน ผงยากระจายตัวดีเมื่อ เขย่าและตกตะกอนค่อนข้างช้ามาก	ตะกอนแยกชั้นไม่ชัดเจน ชั้นล่าง เป็นผงยาเกาะกันค่อนข้างหลวม ชั้นบนเป็นน้ำขุ่น เมื่อเขย่าผงยา กลับกระจายตัวได้ง่าย และ สามารถรินออกจากขวดได้อย่าง สม่ำเสมอ
C-F I ^c (1.25%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อนปนม่วง หนืดเล็กน้อย ผงยาค่อนข้างหยาบ สามารถกระจายตัวได้เมื่อเขย่า และตกตะกอนเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น ผงยาอัดกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำ ใสมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเขย่าผงยา กลับกระจายตัวได้ และสามารถ รินออกจากขวดได้

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มี bentonite magma
25% ซึ่งเทียบเท่ากับผง bentonite 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I ความเข้มข้น 1.25% เป็นสารแขวน
ตะกอน

ตารางที่ 22 ลักษณะของยาน้ำ Calamine Lotion USP XXII (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
C-F I ^d (2.0%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อนปนม่วง ค่อนข้างหนืด พงยาค่อนข้างหยาบ กระจายตัวได้ดีเมื่อเขย่า แต่ตกตะ กอนค่อนข้างเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น ผงยาอัดกันแน่นเป็นก้อนแข็ง ชั้นบน ใสสีน้ำตาล เมื่อเขย่า ไม่สามารถ กระจายตัวได้
C-F II ^e (1.25%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ค่อนข้าง หนืด พงยาค่อนข้างหยาบ กระจาย ตัวได้ดีเมื่อเขย่า ตกตะกอน ค่อนข้างช้าเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นไม่สมบูรณ์ ชั้นล่าง เป็นผงยามี 2 ลักษณะ คือตกตะ กอนและตะกอนเบา พงยาคัดกัน แน่นเป็นก้อนแข็ง ชั้นบนเป็นน้ำ ขุ่นและไม่กระจายตัวเมื่อเขย่า
C-F II ^f (2.0%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีชมพูอ่อน ชั้นหนืด พงยาค่อนข้างหยาบ กระจายตัวได้ดี เมื่อเขย่า และตกตะกอนค่อนข้างช้า มากเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นไม่ชัดเจน ชั้นล่าง เป็นตะกอนอัดกันแข็ง (cake) ชั้นบนเป็นน้ำค่อนข้างขุ่น เมื่อ เขย่าไม่กระจายตัว

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวน
ตะกอน

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ความเข้มข้น 1.25% เป็นสารแขวน
ตะกอน

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวน
ตะกอน

เป็นน้ำใสไม่มีสี และเมื่อเขย่าขวดตำรับ F I ที่ใช้ความเข้มข้นสูง 2% ผงยาไม่สามารถจะกลับกระจายตัวได้ สำหรับตำรับยามาตรฐานและตำรับยาที่ใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอน จะเกิดการแยกชั้นไม่สมบูรณ์ ชั้นล่างเป็นตะกอนของผงยา และชั้นบนจะขุ่น ผงยาของตำรับยามาตรฐานจะอัดกันไม่แน่นและกลับกระจายตัวได้ง่ายและสม่ำเสมอ ขณะที่ตำรับยาทดลองที่ใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอนจะเกิดเป็นเจลแข็งไม่สามารถจะกลับกระจายตัวได้

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารแขวนตะกอนแทน CMC (L.V.) ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Barium Sulfate Suspension เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐานที่มี CMC (L.V.) เป็นสารแขวนตะกอน และตำรับควบคุม (control) ที่ไม่มีสารแขวนตะกอน สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ได้ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 23 พบว่าทุกตำรับที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีลักษณะไม่แตกต่างกัน ผงยากระจายตัวได้สม่ำเสมอ และไม่มีการตกตะกอนเลยในวันแรก ตำรับที่มี F II ในความเข้มข้นต่าง ๆ กันเป็นสารแขวนตะกอนทุกตำรับ พบว่ามีความหนืดของยาเตรียมมากกว่าตำรับยามาตรฐานและตำรับยาควบคุม ทำให้มีลักษณะสวยงามและดูน่าใช้กว่า และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ทุกตำรับจะมีการตกตะกอนแยกชั้นชัดเจนเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นตะกอนของผงยา ชั้นบนเป็นน้ำใส และเมื่อเขย่าขวดผงยาพบว่าทุกตำรับที่มี F II เป็นสารแขวนตะกอน ผงยาจะกลับกระจายตัวได้ง่ายและรินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอแต่ตำรับยามาตรฐานซึ่งมี CMC (L.V.) เป็นสารแขวนตะกอนและตำรับยาควบคุมที่ไม่มีสารแขวนตะกอนนั้น ต้องออกแรงเขย่ามาก ผงยาจึงจะกลับกระจายตัวได้ แต่ไม่มีตำรับใดเลยที่ตะกอนผงยาจับกันเป็นก้อน

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารแขวนตะกอนแทน tragacanth ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa Suspension, Pediatric เปรียบเทียบกับตำรับยามาตรฐานที่มี tragacanth ความเข้มข้น

ตารางที่ 23 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
B-C ^a (control)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืดเล็กน้อย พงยามีลักษณะละเอียดเนียนค่อนข้างเบา กระจายตัวง่ายเมื่อเขย่า	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ขึ้นบนเป็นน้ำใส ส่วนชั้นล่าง พงยาจะจับกันไม่ค่อยแน่นในระยะแรก ๆ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นานขึ้น พงยาส่วนก้นขวดจะกลับกระจายตัวค่อนข้างยาก แต่ไม่จับกันเป็นก้อนแข็ง
B-CMC ^b (standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืด 36.4 cps [*] พงยากระจายตัวและแขวนลอยอยู่ได้ดีในวันแรกๆ	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ขึ้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ชั้นล่างพงยาอัดกันแน่น แต่เมื่อเขย่าแรง ๆ จะกระจายตัวได้และไม่จับกันเป็นก้อนแข็ง
B-F II ^c (1%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืด 42.8 cps พงยากระจายตัวและแขวนลอยอยู่ได้โดยไม่เกิดการตกตะกอนเลยในวันแรก	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ขึ้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ชั้นล่างพงยาเกาะกันไม่ค่อยแน่น เมื่อเขย่าพงยาจะกลับกระจายตัวได้ทั่วถึง และไม่จับกันเป็นก้อน

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต ที่ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต ตามสูตรมาตรฐานที่มี CMC (L.V.) เป็นสารแขวนตะกอน

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต ที่มี F II 1% เป็นสารแขวนตะกอน

* วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Cone/Plate, rate of shear 50 rpm และ Cone # CP-41

ตารางที่ 23 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียบซัลเฟต (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
B-F II ^d (1.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืด 92.4 cps พงยากระจายตัวและแขวนลอยอยู่ได้ดีโดยไม่เกิดการตกตะกอนเลยในวันแรก	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ชั้นล่างพงยาเกาะกันไม่ค่อยแน่น เมื่อเขย่าพงยาจะกระจายตัวได้ทั่วถึง และไม่เป็นที่ก้อน
B-F II ^e (2.0%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืด 110.3 cps พงยาแขวนตัวได้ดีและไม่เกิดการตกตะกอนเลยในวันแรก	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ชั้นล่างพงยาเกาะกันค่อนข้างหลวม เมื่อเขย่าพงยาจะกลับกระจายตัวได้ง่าย และไม่เป็นที่ก้อน
B-F II ^f (2.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว มีความหนืด 127.1 cps พงยากระจายตัวได้ดีและไม่เกิดการตกตะกอนเลยในวันแรก	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ชั้นล่างพงยาเกาะกันค่อนข้างแน่น เมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวได้ และไม่เป็นที่ก้อน

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียบซัลเฟต ที่มี F II 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียบซัลเฟต ที่มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียบซัลเฟต ที่มี F II 2.5% เป็นสารแขวนตะกอน

* วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Cone/Plate, rate of shear 50 rpm

และ Cone # CP-41

1.0% เป็นสารแขวนตะกอน และตำรับควบคุม (control) ที่ไม่มีสารแขวนตะกอน สังเกตลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้วัน 60 วัน ได้ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 24 พบว่าทุกตำรับที่มีสารแขวนตะกอนจะหนืด และเมื่อตั้งทิ้งไว้วันแรกผงยาจะตกตะกอนลงมาค่อนข้างช้า เมื่อตั้งทิ้งไว้วัน 60 วันโดยไม่เขย่าเลย ผงยาของตำรับยามาตรฐานจะเกิดการตกตะกอนแยกชั้นแต่ไม่ชัดเจน ตำรับยาควบคุมและตำรับทดลองจะมีการตกตะกอนแยกเป็น 2 ชั้น ผงยาที่ตกตะกอนทุกตำรับจะอัดกันไม่แน่น เมื่อเขย่าขวดผงยาทุกตำรับจะสามารถกลับกระจายตัวได้ง่ายและรินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอ ยกเว้นตำรับยาที่ใช้ tragacanth ความเข้มข้นสูงถึง 2% ที่มีความหนืดค่อนข้างมากไป ทำให้การกระจายตัวของผงยาเข้าเป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างยากกว่าตำรับอื่น

7.2 ความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน

จากการประเมินความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอนเมื่อใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เป็นสารแขวนตะกอน โดยการประเมินจากค่าต่าง ๆ ได้แก่ Sedimentation Volume (F), Redispersibility และ Dense of Sediment ของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนทั้ง 6 ตำรับ พบว่าให้ผลดังต่อไปนี้

ตำรับที่ 1 Kaoline Mixture with Pectin

Sedimentation Volume (F) ทดลองเตรียมตำรับยาจากสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เปรียบเทียบกับตำรับ Standard และ Control ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 25 จะพบว่าการตกตะกอนของผงยาจะมากขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้วันมากขึ้น ตำรับที่พบว่ามี การตกตะกอนลงมามากที่สุดคือตำรับ K-CT ซึ่งเป็น Control มี tragacanth ตัวเดียวไม่มี pectin พบมีค่า F ต่ำสุดใน 7 วันแรก ตำรับทดลองที่ใช้ F I และ F II เพียงอย่างเดียว (K-F I และ K-F II) พบมีการตกตะกอนไม่ต่างจากตำรับ Standard มากนัก จะเห็นมีการตกตะกอนมากกว่า Standard เล็กน้อยในขณะที่ตำรับ K-F I T และ K-F II T เป็นตำรับซึ่งมี F I และ F II แทน pectin และมี Tragacanth

ตารางที่ 24 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
S-C ^a (control)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีขาว หนืด น้อยมาก พงยาไม่ค่อยเนียน กระจายตัวง่ายเมื่อเขย่า แต่ตกตะกอนค่อนข้างเร็ว เมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น พงยามีลักษณะเบา ค่อนข้างหยาบ เกาะกันหลวม ๆ ชั้นบนเป็นน้ำใส ไม่มีสี เมื่อเขย่ากระจายตัวได้ง่าย
S-T ^b (standard)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีครีม ความหนืด 52.8 cps พงยาค่อนข้างละเอียด และเนียน ตั้งทิ้งไว้ตกตะกอนค่อนข้างช้า	ตะกอนแยกชั้นไม่ชัดเจน ชั้นล่างเป็น พงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนขุ่นขาว เมื่อเขย่ากลับกระจายตัวได้เป็นยาน้ำสีครีม สามารถรินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอ
S-T ^c (1.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนสีครีม ความหนืด 113.8 cps พงยาละเอียดและเนียน ตั้งทิ้งไว้ตกตะกอนค่อนข้างช้า	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็น พงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเขย่ากลับกระจายตัวได้ง่ายเป็นยาน้ำสีครีม สามารถรินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอ

a = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐานมี Tragacanth 1% เป็นสารแขวนตะกอน

c = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี Tragacanth 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

ตารางที่ 24 ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน
S-T ^d (2%)	ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริม มีความหนืดมากถึง 209.1 cps พงยาละเอียดและเนียน ตั้งทิ้งไว้ตะกอนตกข้ามมาก	ตะกอนแยกชั้นเห็นส่วนที่แยกชั้นได้น้อย ชั้นตะกอนสูงมาก ชั้นบนเป็นน้ำใสเมื่อเขย่า พงยากระจายให้เป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างยาก เนื่องจากมีความหนืดมาก
S-F II ^e (1%)	ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริม มีความหนืดค่อนข้างน้อยเพียง 8.1 cps พงยาละเอียดและเนียนกว่าตำรับอื่น ๆ	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเขย่าจะได้ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริม มีลักษณะทางกายภาพสวย
S-F II ^f (1.5%)	ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริม มีความหนืดน้อย (17.7 cps) พงยาค่อนข้างละเอียดเนียน ตกตะกอนค่อนข้างเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเขย่าจะได้ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริมรินออกจากขวดได้ง่าย
S-F II ^g (2.0%)	ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริม มีความหนืด 32.9 cps พงยาค่อนข้างละเอียดและเนียน ตกตะกอนค่อนข้างเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้	ตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นล่างเป็นผงยาเกาะกันไม่แน่น ชั้นบนเป็นน้ำใสสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเขย่าจะได้ยาน้ำแขวนตะกอนลีสคริมรินออกจากขวดได้ง่าย

d = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี Tragacanth 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

e = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1.0% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

g = ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

จะพบว่ามีการตกตะกอนมากกว่าโดยมีค่า F ต่ำกว่า และการตกตะกอนจะแน่นขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

Dense of Sediment จากการสังเกตความแน่นของตะกอนพบว่า ยิ่งเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ยาวนานขึ้นจะทำให้การตกตะกอนแน่นขึ้นตำรับทดลองที่ใช้ F I และ F II แทน pectin มีลักษณะของตะกอนค่อนข้างละเอียดกว่าตำรับที่มีแต่ tragacanth (K-CT) และตำรับ Control (K-C) ซึ่งตะกอนจะเกาะกันเป็นก้อนเล็ก ๆ ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 26

Redispersibility value การทดลองดูค่าการกลับกระจายตัวของขาน้ำแขวนตะกอนหลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนในระยะเวลาต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 26 พบว่ายาที่ทดลองเตรียมเกือบทุกตำรับมีการกลับกระจายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะตำรับ K-F I และ K-CP ซึ่งเป็นตำรับที่มีเฉพาะ F I แทน pectin และ tragacanth (K-F I) และตำรับที่มีเฉพาะ pectin ไม่มี tragacanth (K-CP) ส่วนตำรับอื่นมีค่าการกลับกระจายตัวไม่แตกต่างกัน ส่วนตำรับ K-CT ซึ่งมีเฉพาะ Tragacanth จะกลับกระจายตัวได้ค่อนข้างยาก

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

Sedimentation Volume (F) ได้ทดลองเตรียมตำรับยาโดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทน CMC เปรียบเทียบกับตำรับ standard และ control ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 27 พบว่าตำรับ C-S (Standard) และ C-F II ไม่ค่อยมีการตกตะกอนของผงยาและน้ำ ส่วนบนจะขุ่น ยกเว้นตำรับ C-C (Control) ซึ่งไม่มีสารแขวนตะกอนจะมีการตกตะกอนของผงยาลงมามากมีค่า F ต่ำ ตั้งแต่วันแรกที่ตั้งทิ้งไว้ ส่วนตำรับที่ใช้ F I จะค่อย ๆ มีการตกตะกอนซึ่งจะคงที่ใน 7 วัน และทั้ง 2 ตำรับที่มีการตกตะกอนจะแยกชั้นชัดเจน น้ำส่วนบนใส ส่วนตำรับ C-F II-1.0 ที่ใช้ F II แทน CMC โดยใช้ F II ขนาด 1.0 กรัม ในตำรับ (เท่ากับมีความเข้มข้นของ F II 2%) พบว่ามีชั้นของตะกอนแยกชั้น 2 ชั้น ตะกอนชั้นล่างมีสีชมพูอ่อนกว่าตะกอนชั้นบน

ตารางที่ 25 ค่า Sedimentation volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้

คำรับ	Sedimentation Volume ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)				
	1	7	14	30	60
K-S ^a (standard)	0.95	0.95	0.95	0.89	0.86
K-C ^b (Control)	0.98	0.89	0.84	0.84	0.84
K-CP ^c	0.97	0.96	0.87	0.87	0.87
K-CT ^d	0.89	0.75	0.74	0.70	0.69
K-F I T ^e	0.92	0.88	0.80	0.79	0.78
K-F II T ^f	0.90	0.82	0.78	0.77	0.77
K-F I ^g	0.92	0.92	0.84	0.83	0.77
K-F II ^h	0.94	0.89	0.80	0.73	0.71

a = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin NF XIII มาตรฐาน

b = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ไม่มี pectin และ tragacanth

c = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี pectin ไม่มี tragacanth

d = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ไม่มี pectin มี tragacanth

e = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F I แทน pectin มี tragacanth

f = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F II แทน pectin มี tragacanth

g = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F I แทน pectin ไม่มี tragacanth

h = คำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin มี F II แทน pectin ไม่มี tragacanth

ตารางที่ 26 ค่า Dense of Sediment และค่า Redispersibility Value ของ
ยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin ที่เวลาต่าง ๆ
กันเมื่อตั้งทิ้งไว้

ตำรับ	Sense of Sediment					Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เขย่า)*				
	ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)					ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)				
	1	7	14	30	60	1	7	14	30	60
K-S (Standard)	-	-	-	-	++	2	2	3	3	6
K-C (Control)	-	-	-	-	++	1	1	1	3	5
K-CP	-	-	-	-	+	1	1	1	2	4
K-CT	-	-	-	+	+++	2	2	3	4	14
K-F I T	-	-	-	+	++	2	2	2	3	7
K-F II T	-	-	+	+	++	2	2	2	3	4
K-F I	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
K-F II	-	-	-	-	++	1	1	1	2	6

* ทำการกลับขวดขึ้น-ลง 1 ครั้ง ถือเป็นการเขย่า 1 ครั้ง

- ตะกอนไม่แน่น

+ ตะกอนแน่นเล็กน้อย

++ ตะกอนแน่นปานกลาง

+++ ตะกอนแน่นมาก

ตารางที่ 27 ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้

ตำรับ	Sedimentation Volume ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)				
	1	7	14	30	60
C-S ^a	0.98	0.97	0.97	0.95	0.94
C-C ^b	0.56	0.55	0.54	0.54	0.54
C-F I ^c	0.79	0.52	0.52	0.52	0.52
C-F II ^d	0.99	0.98	0.96	0.92	0.92
C-F II-1.0 ^e	0.99 (มีตะกอน 2 ชั้น)	0.97 (มีตะกอน 2 ชั้น)	0.92 (มีตะกอน 2 ชั้น)	0.92 (มีตะกอน 2 ชั้น)	0.89 (มีตะกอน 2 ชั้น)

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐานใน 50 มล. มี CMC 1.5 กรัม

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอนใด ๆ

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I แทน CMC

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II แทน CMC

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II ขนาด 1.0 กรัม แทน CMC

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 28 ค่า Dense of Sediment และค่า Redispersibility Value ของยา
น้ำชานตะกอน Calamine Lotion ที่เวลาต่าง ๆ กันเมื่อตั้งทิ้งไว้

คำรับ	Sense of Sediment ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)					Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เซย่า) ที่ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)				
	1	7	14	30	60	1	7	14	30	60
C-S	-	-	-	+	+	2	2	5	5	6
C-C	-	-	-	+	+	2	2	2	4	5
C-F I	-	-	-	-	+	2	2	3	3	6
C-F II	-	-	-	+++	+++	2	2	3	แข็ง	แข็ง
C-F II-1.0	-	-	-	+++	+++	2	2	5	22	ชั้นล่าง แข็ง

- ตะกอนไม่แน่น
- + ตะกอนแน่น เล็กน้อย
- ++ ตะกอนแน่นปานกลาง
- +++ ตะกอนแน่นมาก

ตะกอนชั้นล่างจะแข็ง ไม่สามารถเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ ส่วนตะกอนชั้นบนสามารถ
เขย่าให้กลับกระจายตัวได้ง่าย

Dense of Sediment การสังเกตความแน่นของตะกอน
ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion จากผลในตารางที่ 28 พบว่า
ตำรับที่ใช้ F II จะมีการจับของตะกอนเป็นก้อนแข็ง ไม่สามารถกลับกระจายตัวได้
เมื่อเขย่าหลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 วัน ในขณะที่ตำรับอื่น ๆ การตกตะกอนจะไม่
แน่นและสามารถเขย่าให้กลับกระจายได้ง่าย ตำรับที่ใช้ F I จะไม่มีความหนืด
ส่วนตำรับ Standard จะขึ้นหนืด ตำรับที่ใช้ F II ขนาด 1.0 กรัม แทน CMC
จะพบมีการตกตะกอนโดยมีชั้นของตะกอนแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างสุดมีสีชมพูอ่อนกว่า
ตะกอนชั้นบน และเป็นตะกอนแข็งไม่สามารถเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ ส่วน
ตะกอนชั้นบนมีสีชมพูเข้ม เป็นตะกอนค่อนข้างหยาบ ชั้นบนเป็นชั้นน้ำขุ่น ๆ มีตะกอน
เบาลอยอยู่

Redispersibility Value ผลการทดลองค่าการกลับกระ
กระจายตัวของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion ในตารางที่ 28 พบว่าตำรับที่
ใช้ F II เมื่อตั้งทิ้งไว้ 30 วันจะกลับกระจายตัวยาก และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน จะ
แข็งเป็นก้อนไม่กลับกระจายตัวได้เมื่อเขย่า ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 14 ส่วน
ตำรับที่ใช้ F I เมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน จะมีการกลับกระจายตัวได้ง่าย ตำรับ
ยาไม่หนืดเท่ากับตำรับ Standard ซึ่งมีตัวยาขึ้นหนืด เขย่าให้กระจายตัวได้ไม่ยาก

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion BP. 1988

Sedimentation Volume (F) การวัดปริมาตรการตก
ตะกอนหรือ Sedimentation Volume ของตำรับยาที่ทดลอง ที่เวลาต่าง ๆ
เปรียบเทียบกับตำรับที่ใช้ F I และ F II แทน bentonite ในตำรับมาตรฐาน
และตำรับที่ไม่มีสารแขวนตะกอน ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 29 พบว่าทุกตำรับที่
เตรียมมีค่า F ใกล้เคียงกันยกเว้นตำรับยามาตรฐานจะให้ค่า F สูงกว่าตำรับอื่น ๆ
หลังจากตั้งทิ้งไว้ 8 วัน และค่า F จะลดลงเมื่อตั้งทิ้งไว้ นานขึ้น อย่างไรก็ตาม
ตำรับที่ใช้ F II จะมีปริมาตรการตกตะกอน วัดค่า F ได้ต่ำมากกว่าตำรับอื่น ๆ
และค่า F จะคงที่เมื่อตั้งทิ้งไว้ นานขึ้นจนถึง 60 วัน ตำรับที่ใช้ F I จะให้ค่า F

ใกล้เคียงกับ control ตำรับยาที่เตรียมมีตะกอนแยกชั้นชัดเจน ชั้นของน้ำใสของตำรับ control standard และ F II จะใสไม่มีสีส่วนตำรับที่ใช้ F I จะมีสีน้ำตาล

Dense of Sediment ยาเตรียมทุกตำรับหลังจากตั้งทิ้งไว้ 8 วัน พบว่ามีลักษณะของตะกอนไม่เกาะกันแน่นเลยโดยเฉพาะตำรับที่ใช้ F I ขนาด 1.5% แม้จะตั้งทิ้งไว้ถึง 60 วัน ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 30 ในขณะที่ตำรับอื่น ๆ จะตกตะกอนแน่นมากขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้เวลานานขึ้น แต่สามารถเขย่าให้ตะกอนกระจายได้สม่ำเสมอ ยกเว้นตำรับที่ใช้ F II ตะกอนจะเกาะกันแน่นมาก การกลับกระจายตัวจะไม่สม่ำเสมอหลังจากเขย่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ตะกอนจะเกาะกันแข็งเขย่าไม่กระจายตัว การใช้ F II ในความเข้มข้นสูงจะพบว่าตอนบนของชั้นน้ำจะเห็นเป็นเจล

Redispersibility Value ผลการทดลองการกลับกระจายตัวของตำรับ Calamide Lotion BP ได้แสดงไว้ในตารางที่ 30 พบว่าตำรับที่ใช้ F I จะสามารถกลับกระจายตัวได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ในความเข้มข้น 1% และ 1.5% จะกลับกระจายตัวได้ง่ายกว่าตำรับ Control และ Standard ส่วนตำรับที่ใช้ F II จะกลับกระจายตัวได้ดี ภายใน 1 ลิปดาที่ที่ตั้งทิ้งไว้การเก็บนาน ๆ 30 วัน และ 60 วัน จะเขย่าให้กระจายตัวได้ยากขึ้น และในที่สุดเกิดตะกอนแข็งจนไม่สามารถทำให้ตะกอนกระจายตัวได้

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion USP XXII

Sedimentation Volume (F) ปริมาตรการตกตะกอนของตำรับยา ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 31 จะเห็นได้ว่า ตำรับที่ใช้ F I จะมีการตกตะกอนแยกชั้นชัดเจน แต่ชั้นของน้ำมีสีน้ำตาล มีค่า F ใกล้เคียงกับตำรับ control แต่ต่ำกว่า Standard อย่างไรก็ดี การใช้ F I ขนาดสูง 2% การตกตะกอนแน่นขึ้นและมีค่า F น้อยลง ส่วนตำรับที่ใช้ F II ในความเข้มข้นสูง 2% จะเห็นการตกตะกอนไม่ชัดเจนมีค่า F สูงกว่าตำรับ Standard



ตารางที่ 29 ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำขาน Calamine Lotion
B.P. 1988 ที่เวลาต่าง ๆ กัน

คำรับ	Sedimentation Volume ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60
C-C ^a (Control)	0.53	0.48	0.48
C-B ^b (Standard)	0.85	0.78	0.78
C-F I ^c (0.5%)	0.43	0.43	0.43
C-F I ^d (1.0%)	0.44	0.44	0.43
C-F I ^e (1.5%)	0.56	0.56	0.56
C-F II ^f (0.25%)	0.33	0.33	0.33
C-F II ^g (0.5%)	0.33	0.33	0.33
C-F II ^h (0.75%)	0.35	0.34	0.34

- a = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine ไม่มีสารขานตะกอน
b = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มีผง bentonite เป็น
สารขานตะกอน
c = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F I 0.5% เป็นสารขานตะกอน
d = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F I 1.0% เป็นสารขานตะกอน
e = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F I 1.5% เป็นสารขานตะกอน
f = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F II 0.25% เป็นสารขานตะกอน
g = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F II 0.5% เป็นสารขานตะกอน
h = คำรับยาน้ำขานตะกอน Calamine มี F II 0.75% เป็นสารขานตะกอน

ตารางที่ 30 ค่า Dense of Sediment และ Redispersibility value ของยา
น้ำ Calamine Lotion B.P. 1988 ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	Dense of sediment			Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เขย่า) ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)			ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60	8	30	60
C-C ^a (Control)	-	+	++	3	6	10
C-B ^b (Standard)	-	+	++	2	6	11
C-F I ^c (0.5%)	-	+	++	2	10	12
C-F I ^d (1.0%)	-	+	+	2	5	5
C-F I ^e (1.5%)	-	-	-	1	3	4
C-F II ^f (0.25%)	-	+++	+++ (บางส่วนแข็ง)	2	25	>25
C-F II ^g (0.5%)	-	+++	+++ (บางส่วนแข็ง)	2	25	>25
C-F II ^h (0.75%)	-	+++	แข็ง	2	25	แข็ง

- a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอน
- b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มีผง bentonite เป็นสารแขวนตะกอน
- c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 0.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 1.0% เป็นสารแขวนตะกอน
- e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 0.25% เป็นสารแขวนตะกอน
- g = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 0.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- h = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 0.75% เป็นสารแขวนตะกอน
- = ตะกอนไม่แน่นเลย
- + = ตะกอนแน่นเล็กน้อย
- ++ = ตะกอนแน่นปานกลาง
- +++ = ตะกอนแน่นมาก
- แข็ง (caking) = ตะกอนจับกันเป็นก้อนแข็ง

Dense of Sediment ความแน่นของตะกอนของตำรับที่ทดลองทุกตำรับพบว่าการเกาะของตะกอนไม่แน่นเลยหลังจากตั้งทิ้งไว้ 8 วัน ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 32 ทุกตำรับสามารถเขย่าให้กระจายตัวได้ง่าย หลังจากตั้งทิ้งไว้เวลานานขึ้น การจับของตะกอนจะแน่นขึ้น ตำรับที่ใช้ F II มีการจับกันของตะกอนแน่นกว่าตำรับอื่น ๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้เวลานานถึง 60 วัน จะเป็นตะกอนแข็ง

Redispersibility การกลับกระจายตัวของตำรับยา Calamine Lotion USP ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 32 พบว่าทุกตำรับสามารถกลับกระจายตัวได้ง่าย หลังตั้งทิ้งไว้ 8 วัน พบว่าการใช้ F I ในความเข้มข้น 1.25% จะได้ผลใกล้เคียงกับ Standard แม้จะตั้งทิ้งไว้เวลานาน 60 วัน ในขณะที่การใช้ F I ในความเข้มข้น 2% และการใช้ F II หลังตั้งทิ้งไว้เวลานาน 60 วัน จะไม่สามารถเขย่าให้ตะกอนกระจายตัวได้อีก ตะกอนจับกันเป็นก้อนแข็ง

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

Sedimentation Volume (F) การทดลองวัดค่าปริมาตรของการตกตะกอนและค่าความหนืดของตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Barium Sulfate Suspension ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 33 การทดลองใช้ F II ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าให้ค่า F ใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับ Control แต่มีค่าสูงกว่า Standard การเพิ่มความเข้มข้นของ F II จะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น และมีค่า F เพิ่มขึ้นด้วย การตกตะกอนของทุกตำรับ มีตะกอนแยกชั้นชัดเจน

Dense of Sediment ยาเตรียมที่ทดลองทุกตำรับที่ใช้ F II มีตะกอนเกาะกันไม่แน่นเลย เมื่อเทียบกับตำรับ Standard ซึ่งมีการจับของตะกอนแน่นกว่าและเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ยากกว่า ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 34 การเพิ่มความเข้มข้นของ F II ถึง 2.5% จะทำให้การเกาะของตะกอนแน่นขึ้นด้วย

Redispersibility Value การทดลองค่าการกลับกระจายตัวของตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Barium Sulfate Suspension ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 34 ทุกตำรับที่ใช้ F II สามารถเขย่าให้ตะกอนกลับกระจาย

ตารางที่ 31 ค่า Sedimentation Volume ของยาน้ำ Calamine Lotion
U.S.P. XXII ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	Sedimentation Volume ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60
C-C ^a (Control)	0.47	0.43	0.43
C-B ^b (Standard)	0.85	0.80	0.77
C-F I ^c (1.25%)	0.40	0.40	0.40
C-F I ^d (2.0%)	0.59	0.55	0.50
C-F II ^e (1.25%)	0.43	0.43	0.43
C-F II ^f (2%)	0.90	0.90	0.90

a = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มี bentonite magma เป็น
สารแขวนตะกอน

c = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน

d = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

e = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

ตารางที่ 32 ค่า Dense of sediment และ Redispersibility value ของยา
น้ำ Calamine Lotion U.S.P. XXII ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	Dense of sediment			Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เขย่า) ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)			ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60	8	30	60
C-C ^a (Control)	-	+	+	2	4	5
C-B ^b (Standard)	-	+	+	1	7	7
C-F I ^c (1.25%)	-	++	++	2	10	10
C-F I ^d (2.0%)	-	++	แข็ง	2	12	แข็ง
C-F I ^e (1.25%)	-	+++	แข็ง	2	>20	แข็ง
C-F II ^f (2.0%)	-	+++	แข็ง	1	>20	แข็ง

a = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine ตามสูตรมาตรฐาน มี bentonite magma เป็น
สารแขวนตะกอน

c = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน

d = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F I 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

e = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 1.25% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ยาน้ำแขวนตะกอน Calamine มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

- = ตะกอนไม่แน่นเลย

+ = ตะกอนแน่นเล็กน้อย

++ = ตะกอนแน่นปานกลาง

+++ = ตะกอนแน่นมาก

แข็ง = ตะกอนจับกัน เป็นก้อนแข็ง

ตารางที่ 33 ค่าความหนืด และ Sedimentation Volume ของยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	ความหนืด* (cps) เวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		Sedimentation Volume ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	0	60	8	30	60
B-C ^a (Control)	-	-	0.78	0.65	0.62
B-CMC ^b (Standard)	36.4	31.0	0.43	0.37	0.37
B-F II ^c (1%)	42.8	31.0	0.61	0.57	0.57
B-F II ^d (1.5%)	92.4	55.3	0.69	0.60	0.60
B-F II ^e (2.0%)	110.3	85.0	0.65	0.62	0.62
B-F II ^f (2.5%)	127.1	105.2	0.69	0.56	0.56

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต ตามสูตรมาตรฐาน มี CMC (LV) เป็นสารแขวนตะกอน

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต มี F II ความเข้มข้น 1% เป็นสารแขวนตะกอน

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต มี F II ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต มี F II ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซัลเฟต มี F II ความเข้มข้น 2.5% เป็นสารแขวนตะกอน

* = วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Cone/Plate, rate of shear 50 rpm และ Cone # CP-41

ตารางที่ 34 ค่า Dense of sediment และ Redispersibility Value ของยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	Dense of sediment			Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เขย่า) ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)			ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60	8	30	60
B-C ^a (Control)	-	+	++	8	12	20
B-CMC ^b (Standard)	+++	+++	+++	26	26	28
B-F II ^c (1%)	+	+	+	12	12	12
B-F II ^d (1.5%)	-	+	++	8	8	10
B-F II ^e (2.0%)	-	-	++	5	5	10
B-F II ^f (2.5%)	+	+	++	10	10	18

- a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต ไม่มีสารแขวนตะกอน
- b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต ตามสูตรมาตรฐาน มี CMC (LV) เป็นสารแขวนตะกอน
- c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต มี F II ความเข้มข้น 1% เป็นสารแขวนตะกอน
- d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต มี F II ความเข้มข้น 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต มี F II ความเข้มข้น 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน
- f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนแบบเรียมซิลเฟต มี F II ความเข้มข้น 2.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- = ตะกอนไม่แน่นเลย
- ++ = ตะกอนแน่นปานกลาง
- + = ตะกอนแน่นเล็กน้อย
- +++ = ตะกอนแน่นมากแต่ไม่แข็ง

ตัวได้ง่ายกว่าตำรับ Standard การใช้ F II ในความเข้มข้นมากถึง 2.5% จะทำให้ผงยาเกาะกันแน่นขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้นานขึ้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นนี้ยังสามารถเขย่าให้ตะกอนกระจายตัวได้ง่ายกว่าตำรับ Standard และ Control

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric

Sedimentation Volume (F) การทดลองพบว่าการใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอนแทน Tragacanth ในตำรับยา น้ำแขวนตะกอน Trisulfa Suspension, Pediatric ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 35 การใช้ F II ในความเข้มข้นต่าง ๆ ในตำรับยาพบว่ามีค่า F ใกล้เคียงกันกับตำรับ Standard ที่ใช้ tragacanth 1% ในขณะที่การใช้ Tragacanth ในความเข้มข้นสูงขึ้นจะให้ค่าสูงกว่าและการเพิ่มความเข้มข้นของ tragacanth จะมีความหนืดมากขึ้น ในความเข้มข้นที่เท่ากันจะได้ตำรับยาที่มีความหนืดสูงกว่าตำรับที่ใช้ F II มาก ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 35 ความหนืดจะลดลงเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 60 วัน ปริมาตรการตกตะกอนของทุกตำรับที่ทดลองจะน้อยลงเมื่อตั้งทิ้งไว้นานขึ้น

Dense of Sediment ตะกอนของยา น้ำแขวนตะกอนทุกตำรับที่ทดลอง พบว่ามีการตกตะกอนไม่แน่นเลย ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 36 การตั้งทิ้งไว้นานขึ้นจนถึง 60 วัน ก็ไม่ทำให้ตะกอนแน่นขึ้นกว่าเดิม

Redispersibility Value การกลับกระจายตัวของยา น้ำแขวนตะกอน Trisulfa Suspension ทุกตำรับที่ทดลองพบว่า จะกลับกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า ดังผลแสดงไว้ในตารางที่ 36 ทุกตำรับสามารถเขย่าให้กระจายตัวได้สม่ำเสมอและเทออกจากขวดได้ง่ายและสม่ำเสมอ ยกเว้นตำรับที่ใช้ Tragacanth 2% จะค่อนข้างหนืดมากทำให้เทได้ยาก

8. ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำอิมัลชัน

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน เตรียมยาน้ำอิมัลชัน 3 ตำรับ คือ Liquid Paraffin Emulsion BP Mineral Oil Emulsion USP และ

ตารางที่ 35 ค่าความหนืด และ Sedimentation Volume ของยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	ความหนืด* (cps) เวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		Sedimentation Volume ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	0	60	8	30	60
S-C ^a (Control)	-	-	0.59	0.44	0.42
S-T ^b (1%) (Standard)	52.8	51.9	0.47	0.41	0.33
S-T ^c (1.5%)	113.8	112.1	0.72	0.49	0.48
S-T ^d (2.0%)	209.1	174.2	0.96	0.93	0.91
S-F II ^e (1.0%)	8.1	5.2	0.38	0.33	0.32
S-F II ^f (1.5%)	17.7	9.1	0.48	0.34	0.32
S-F II ^g (2.0%)	32.9	31.5	0.49	0.36	0.32

- a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ไม่มีสารแขวนตะกอน
- b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 1% เป็นสารแขวนตะกอน
- c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน
- e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1% เป็นสารแขวนตะกอน
- f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน
- g = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน
- * = วัดความหนืดด้วยเครื่องวัด Cone/Plate, Rate of Shear 50 rpm และ Cone # CP-41

ตารางที่ 36 ค่า Dense of sediment และ Redispersibility Value ของ
ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตำรับ	Dense of sediment			Redispersibility Value (จำนวนครั้งที่เขย่า) ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)			ระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ (วัน)		
	8	30	60	8	30	60
S-C ^a (Control)	-	-	-	2	2	2
S-T ^b (1%) (Standard)	-	-	-	2	2	5
S-T ^c (1.5%)	-	-	-	2	2	3
S-T ^d (2.0%)	-	-	-	2	2	2
S-F II ^e (1.0%)	-	-	-	1	1	2
S-F II ^f (1.5%)	-	-	-	4	5	5
S-F II ^g (2.0%)	-	-	-	4	5	5

a = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ไม่มีสารแขวนตะกอน

b = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 1%
เป็นสารแขวนตะกอน

c = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 1.5%
เป็นสารแขวนตะกอน

d = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa ตามสูตรมาตรฐาน มี Tragacanth 2.0%
เป็นสารแขวนตะกอน

e = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1% เป็นสารแขวนตะกอน

f = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 1.5% เป็นสารแขวนตะกอน

g = ตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa มี F II 2.0% เป็นสารแขวนตะกอน

* = วัดความหนืดด้วยเครื่องวัด Cone/Plate, Rate of Shear 50 rpm และ
Cone # CP-41

- = ตะกอนไม่แน่นอนเลย

Cod Liver Oil Emulsion แทนสาร Emulsifier หรือร่วมกับสาร Emulsifier อื่น ๆ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

8.1 ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำอิ้มัลชัน

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยว และใช้ร่วมกับ Methyl Cellulose-25 (M.C.-25) ในตำรับยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988 หลายตำรับ โดยเปรียบเทียบกับตำรับที่มี M.C.-25 เป็นสารทำอิ้มัลชันมาตรฐานและตำรับที่มี tragacanth (T) ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มสารทำอิ้มัลชันเสริมได้ ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 37 พบว่า เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ ทุกตำรับจะมีลักษณะเป็นยาน้ำอิ้มัลชันสีขาวเหมือนน้ำนม แต่ตำรับที่มี F II เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยวหรือเสริมร่วมด้วย คือ ตำรับ b, c, f, g, และ j (ตารางที่ 37) มีเนื้ออิ้มัลชันที่ขาวจัดมากกว่าตำรับอื่น เมื่อหยดเนื้ออิ้มัลชันลงในน้ำพบว่ามิเพียง 3 ตำรับ คือ ตำรับ a, j และ k สามารถเข้ากันได้ดีกับน้ำ และไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ส่วนตำรับที่เหลืออยู่พบว่า เมื่อหยดเนื้ออิ้มัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้กับน้ำ แต่มีบางส่วนของน้ำมันลอยกระจายอยู่ และเนื้อของอิ้มัลชันค่อนข้างมันมาก ลักษณะของเนื้ออิ้มัลชันในตำรับที่มี F II เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับ M.C.-25 จะคล้ายคลึงกับตำรับที่มี tragacanth เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับ M.C.-25 หลังจากตั้งทุกตำรับไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามี 6 จาก 11 ตำรับที่ยังมีลักษณะทางกายภาพเหมือนเดิมเพียงแต่ความหนืดลดลงเล็กน้อยเท่านั้น ได้แก่ตำรับที่มี M.C. 2% และตำรับที่มี M.C. 1% ร่วมกับ T หรือ F II 0.5% และตำรับที่มี T 1.25% ตำรับที่เหลืออีก 5 ตำรับนั้นเกิดการแยกเป็น 2 ชั้น มีชั้นครีมอยู่ด้านบน และชั้นล่างเป็นวุ้นใส และเมื่อเขย่าจะเข้ากันได้เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ความหนืดจะลดลงค่อนข้างมาก ได้แก่ ตำรับที่มี F II เดี่ยว ๆ ตำรับที่มี M.C. 1% ร่วมกับ T หรือ F II เพียง 0.25% และตำรับที่มี T เพียง 0.75%

ตารางที่ 37 ลักษณะของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion B.P. 1988

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 2 เดือน
ELP-M ^a	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด ^b 938.8 cps	เหมือนเดิม แต่ความหนืดลดลงเหลือ 855.2 cps
ELP-F II ^b (0.75)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันมากเมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเห็นหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 247.0 cps	แยกชั้น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้าของชั้นบนจะมันมาก ชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำมีความสูง 16.2% เมื่อเขย่า จะเข้ากันได้ ความหนืดลดลงเหลือ 190. cps
ELP-F II ^c (1.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันเมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำ จะเห็นหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 844.7 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้าของชั้นบนจะมันมาก ชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำมีความสูง 3.7% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ ความหนืดลดลงเหลือ 808.6 cps
ELP-T ^d (0.75)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันมากเมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเห็นหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 860.1 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้าของชั้นบนจะมันมาก ชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำมีความสูง 26% ความหนืดลดลงเหลือ 805.6 cps
ELP-T ^e (1.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันมากเมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเห็นหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 1,677 cps	ผลเหมือนเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ แต่เนื้ออิมัลชันจะหยาบกว่า และผิวหน้าของชั้นบนจะเห็นหยดน้ำมัน ยังไม่เกิดการแยกชั้น ความหนืดลดลงเหลือ 1576.5 cps

^a = วัดความหนืดด้วยเครื่องวัด Cone/Plate, Rate of Shear 20 rpm, Cone # CP-52

a = ตำรับยาน้ำอิมัลชันมาตรฐาน มี M.C. เกรด 25 ความเข้มข้น 2% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

b = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี F II 0.75% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

c = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี F II 1.25% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

d = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี tragacanth (T) 0.75% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

e = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี T 1.25% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

ตารางที่ 37 ลักษณะของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion B.P. 1988 (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 2 เดือน
ELP-M ₁ F II ^f (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันเล็กน้อย เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ ได้ดี แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่บ้างเล็กน้อย ความหนืด 727.4 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้น ขาวชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำมีความสูง 6.6% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ ความ หนืดลดลงเหลือ 417.8 cps
ELP-M ₁ F II ^g (0.50)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันเล็กน้อย เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ ได้ดี แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่บ้างเล็กน้อย ความหนืด 1454.8 cps	ผลเหมือนเตรียมเสร็จใหม่ ๆ แต่ ความหนืดลดลงเหลือ 1307.0 cps
ELP-M ₁ T ^h (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันเล็กน้อย เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ ได้ดี แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่บ้างเล็กน้อย ความหนืด 525.9 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้น ขาวชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำมีความสูง 4 % เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ ความ หนืดลดลงเหลือ 452.2 cps
ELP-M ₁ T ⁱ (0.50)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาว เนื้อมันเล็กน้อย เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ ได้ดี แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่บ้างเล็กน้อย ความหนืด 879.8 cps	ผลเหมือนเดิม แต่เนื้อจะหยาบ ขึ้น แต่ความหนืดลดลงเหลือ 806.1 cps
ELP-M ₂ F II ^j (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวมาก เมื่อหยด อิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มี หยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 2780.6 cps	ผลเหมือนเดิม ความหนืดลดลง เหลือ 2569.4 cps
ELP-M ₂ T ^k (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวมาก เมื่อหยด อิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มี หยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 2511.6 cps	ผลเหมือนเดิม ความหนืดลดลง เหลือ 1971 cps

- f = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี M.C.-25 1% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
g = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ F II 0.50% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
h = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
i = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ T 0.50% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
j = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 2% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
k = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 2% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว และใช้ร่วมกับ Acacia ความเข้มข้น 12.5% ในตำรับยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII เปรียบเทียบกับตำรับยาน้ำมาตรฐานที่มี Acacia เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว และตำรับที่มี tragacanth (T) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มสารทำอิมัลชันเสริม ได้ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 38 พบว่า เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ ทุกตำรับจะมีลักษณะเป็นยาน้ำอิมัลชันข้นขาวเหมือนนํ้านม แต่ตำรับที่มี F II เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว (ตำรับ f และ g) และตำรับที่ใช้ F II ร่วมกับ Acacia (ตำรับ b, c) จะได้อิมัลชันที่ขาวจัดมาก แต่ตำรับที่มี T เดี่ยว ๆ (ตำรับ h และ i) และที่ใช้ร่วมกับ acacia (ตำรับ d และ e) ลักษณะของอิมัลชันจะขาวนวล ๆ เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำ พบว่ามีอยู่ 5 ตำรับ คือ ตำรับ a, b, c, d และ e ที่มี acacia ร่วมอยู่สามารถกระจายเข้ากับน้ำได้ดี และไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ส่วนตำรับอื่น ๆ ที่เหลืออยู่ คือ ตำรับที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว พบว่า เนื้อของอิมัลชันจะมีความมัน และเมื่อหยดลงผสมกับน้ำจะกระจายตัวเข้ากันไม่ดี และมีหยดน้ำมันลอยอยู่ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของยาน้ำอิมัลชันที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว หรือใช้ร่วมกับ acacia จะได้ลักษณะของยาน้ำที่คล้ายคลึงกันมาก หลังจากตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 3 เดือน พบว่ามีเพียง 4 ตำรับ คือ ตำรับ b, c, d และ e ที่มี acacia ร่วมกับ T หรือ F II ยังคงอยู่สภาพเดิมเพียงแต่ความหนืดจะลดลงเล็กน้อย ส่วนตำรับยาน้ำมาตรฐาน คือ ตำรับ a นั้นพบว่าเกิดการแยกเป็น 2 ชั้น มีชั้นครีมสูงถึง 27.3% แต่เมื่อเขย่าจะกลับผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ ความหนืดลดลงเช่นกัน ตำรับที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวคือ ตำรับ f, g, h และ i พบว่าเกิดการแยกชั้นเป็นครีมเกิดขึ้นด้านบน เช่นเดียวกับตำรับยาน้ำมาตรฐาน แต่พบว่าบนผิวหน้าของชั้นครีมจะค่อนข้างมันเมื่อเขย่าจะได้เนื้ออิมัลชันค่อนข้างหยาบ

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารทำอิมัลชันแทน acacia หรือ tragacanth ในตำรับยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion เปรียบเทียบกับตำรับยาน้ำมาตรฐานที่มี acacia ความเข้มข้น 13.3% และ

ตารางที่ 38 ลักษณะของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 3 เดือน
M-A ^a	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวนวล เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด* 766.7 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ความสูงของวัฏภาคน้ำเท่ากับ 27.3% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ ความหนืดลดลงเหลือ 675.6 cps
M-A F II ^b (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวเนียนมาก เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 1155.0 cps	เหมือนเดิม แต่ความหนืดลดลงเหลือ 1120.1 cps
M-A F II ^c (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวเนียนมาก เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 1567.9 cps	เหมือนเดิม แต่ความหนืดลดลงเล็กน้อย เหลือ 1367.8 cps
M-AT ^d (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวนวล เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 1676.0 cps	เหมือนเดิม แต่ความหนืดลดลงเหลือ 1496.5 cps
M-AT ^e (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวนวล เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 2752.4 cps	เหมือนเดิม แต่ความหนืดลดลงเหลือ 2541.2 cps

* = วัดความหนืดด้วยเครื่อง Cone/Plate, Rate of Shear 20 rpm, Cone # CP-52

a = ตำรับยาน้ำอิมัลชันมาตรฐาน มี acacia (A) 12.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

b = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

c = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

d = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

e = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ T 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

ตารางที่ 38 ลักษณะของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII (ต่อ)

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 3 เดือน
M-F II ^f (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวมาก เนื้ออิมัลชันจะมันมาก เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 127.8 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ความสูงของวัฏภาคน้ำเท่ากับ 21.3% ผิวหน้าของชั้นบนมันมาก ความหนืดลดลงมากจนวัดด้วยเครื่องไม่ได้
M-F II ^g (1.0)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวมาก เนื้ออิมัลชันจะมันมาก เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะเข้ากันได้ แต่มีหยดน้ำมันลอยอยู่มาก ความหนืด 437.4 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ความสูงของวัฏภาคน้ำเท่ากับ 6.5% ความหนืดลดลงเหลือ 327.4 cps
M-T ^h (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล เนื้ออิมัลชันมัน เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะมีหยดน้ำมันลอยอยู่ค่อนข้างมาก ความหนืด 304.7 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว วัฏภาคน้ำมีความสูงถึง 36.3% ด้านบนมีผิวหน้ามันมาก ความหนืดลดลงมากจนวัดไม่ได้
M-T ⁱ (1.0)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล เนื้ออิมัลชันมัน เมื่อหยดอิมัลชันลงในน้ำจะมีหยดน้ำมันลอยอยู่ค่อนข้างมาก ความหนืด 1297.5 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว วัฏภาคน้ำมีความสูง 16.7% และมีความหนืดลดลงเหลือ 860.1 cps

f = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

g = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี F II 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

h = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี T 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

i = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี T 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

tragacanth (T) ความเข้มข้น 0.67% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน และมีตำรับยาที่มี acacia และ tragacanth เพียงชนิดเดียวเป็นสารทำอิมัลชัน ใช้เป็นตำรับควบคุม สิ่งเกดลักษณะของตำรับยาที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ กับเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 2 เดือน ผลที่ได้บรรยายไว้ในตารางที่ 39 พบว่า มีเพียง 4 ตำรับ คือ ตำรับ a, b, d และ e ซึ่งมี acacia ร่วมกับ T หรือ F II จะได้เป็นยาน้ำอิมัลชันสีขาวเหมือนน้ำมัน ส่วนตำรับ c, f และ ๕ ซึ่งไม่มี acacia จะมีลักษณะเป็นยาน้ำอิมัลชันสีเหลืองอ่อน ๆ และเนื้อค่อนข้างมัน เมื่อหยดลงในน้ำพบว่า ตำรับที่มีสีขาวเท่านั้นที่จะเข้ากันได้ดีกับน้ำและไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ตำรับยาน้ำอิมัลชัน 4 ตำรับที่มีสีขาวนั้นยังคงอยู่ในสภาพเดิมเพียงแต่ผิวหน้าด้านบนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ ไม่เกิดการแยกชั้นแต่ความหนืดจะลดลงเล็กน้อย สำหรับตำรับยาน้ำอิมัลชันที่มี T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวและที่ผสมกับ F II ความเข้มข้น 0.33% (ตำรับ c และ f) จะเกิดการแยกชั้นได้เป็นครีมสีเหลืองด้านบน และน้ำใสชั้นล่างเมื่อเขย่าจะเข้ากันไม่ได้ดีและเหนียวมาก ตำรับ ๕ ซึ่งเพิ่ม F II เป็น 0.67% แม้ว่าจะไม่เกิดการแยกชั้น แต่สีของเนื้ออิมัลชันจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มขึ้น มีความมันมาก และมีความหนืดลดลง

8.2 ความคงตัวของยาน้ำอิมัลชัน

จากการประเมินความคงตัวของยาน้ำอิมัลชัน เมื่อใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารทำอิมัลชันแทนสารทำอิมัลชันตัวจริงในตำรับยาน้ำมาตรฐานทั้ง 3 ตำรับ ทั้งวิธีที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง และวิธีการที่เรียกว่าภาวะความเค้น 2 วิธี คือ Freeze and Thaw และ Centrifugation เปรียบเทียบกันโดยสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น 3 ประการคือ ความหนืด การแยกชั้นของอิมัลชัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ให้ผลการทดลองดังนี้

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

ในการศึกษาความคงตัวทางกายภาพของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion ด้วยวิธีการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วสังเกตลักษณะที่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะ ๆ วิธี Freeze & Thaw และวิธี Centrifugation

ตารางที่ 39 ลักษณะของยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion

ตำรับ	หลังเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	หลังตั้งทิ้งไว้ 2 เดือน
Cod-AT ^m	ยาน้ำอีมัลชันสีขาว เมื่อหยดลงในน้ำ จะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด [*] 1744.8 cps	ยาน้ำอีมัลชันสีขาวนวลขึ้น ไม่แยกชั้นแต่ผิวด้านบนมีสีเหลืองอ่อน ๆ ความหนืดลดลงเหลือ 1640.4 cps
Cod-A ^b	ยาน้ำอีมัลชันสีขาว เมื่อหยดลงในน้ำ จะเข้ากันได้ดี ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ ความหนืด 776.6 cps	ยาน้ำอีมัลชันสีขาวนวล ไม่แยกชั้นแต่ผิวด้านบนมีสีเหลือง ความหนืดลดลงเหลือ 677.4 cps
Cod-T ^c	ยาน้ำอีมัลชันสีเหลืองอ่อน และมันมาก เมื่อหยดลงในน้ำจะมีน้ำมันลอยอยู่ มีความหนืด 545.6 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำใสเล็กน้อย ลักษณะของเนื้ออีมัลชันเริ่มแยก มีความมันมาก ความหนืดลดลงเหลือ 345.6 cps
Cod-A F II ^d (0.33)	ยาน้ำอีมัลชันสีขาว เมื่อหยดลงในน้ำ จะเข้ากันได้ดี และไม่เห็นหยดของของน้ำมัน ความหนืด 1189.4 cps	ยาน้ำอีมัลชันสีขาวนวลขึ้น ไม่แยกชั้นแต่ผิวด้านบนมีสีเหลืองอ่อน ๆ ความหนืดลดลงเหลือ 998.1 cps
Cod-A F II ^e (0.67)	ยาน้ำอีมัลชันสีขาว เมื่อหยดลงในน้ำ จะเข้ากันได้ดี และไม่เห็นหยดของของน้ำมัน ความหนืด 1268.0 cps	ยาน้ำอีมัลชันสีขาวนวลขึ้น ไม่แยกชั้นแต่ผิวด้านบนมีสีเหลืองอ่อน ๆ ความหนืดลดลงเหลือ 1155.6 cps
Cod-T F II ^f (0.33)	ยาน้ำอีมัลชันสีเหลืองอ่อน และมันมาก เมื่อหยดลงในน้ำจะมีน้ำมันลอยอยู่ มีความหนืด 334.2 cps	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมสีเหลือง ชั้นล่างเป็นวุ้นภาคน้ำสูง 8.9% เมื่อเขย่าเข้ากันได้ไม่ดี และเนื้อมันมาก ความหนืดน้อยลงมากเหมือนเดิม แต่สีจะเหลืองมากขึ้น และมีเนื้อที่มันมาก มีความหนืด 1220 cps
Cod-T F II ^g (0.67)	ยาน้ำอีมัลชันสีเหลืองอ่อน และมันมาก เมื่อหยดลงในน้ำจะมีน้ำมันลอยอยู่ มีความหนืด 1420.4 cps	

* = วัดความหนืดด้วยเครื่องวัด Cone/Plate, Rate of Shear 20 rpm, Cone # CP-52

a = ตำรับยาน้ำอีมัลชันมาตรฐาน มี Acacia (A) 13.3% และ Tragacant (T) 0.67% เป็นสารทำอีมัลชันร่วมกัน

b = ตำรับยาน้ำอีมัลชันควบคุม มี Acacia 13.3% เป็นสารทำอีมัลชันเดี่ยว

c = ตำรับยาน้ำอีมัลชันควบคุม มี T 0.67% เป็นสารทำอีมัลชันเดี่ยว

d = ตำรับยาน้ำอีมัลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

e = ตำรับยาน้ำอีมัลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

f = ตำรับยาน้ำอีมัลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

g = ตำรับยาน้ำอีมัลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 40, 41 และ 42 ตามลำดับ พบว่าความคงตัวของขาน้ำอิมัลชันที่ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลาเพียง 2 เดือน (ตารางที่ 40) ที่ยังคงสภาพเดิม แต่ความหนืดลดลงเล็กน้อย มีอยู่ 5 ตำรับ คือ ตำรับ a, e, g, j และ k เป็นตำรับที่มี M.C. 2% ร่วมกับ F II หรือ Tragacanth (T) และตำรับที่มี M.C. 1% ร่วมกับ F II 0.5% ส่วนตำรับอื่น ๆ แม้อาจจะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม แต่ก็ยังสามารถเข้ากันได้เมื่อเขย่า และมีความหนืดลดลงเช่นกัน เมื่อทดสอบความคงตัวโดยใช้วิธี Freeze & Thaw (ตารางที่ 41) พบว่ามี 3 ตำรับ คือ ตำรับ a, j และ k เป็นตำรับที่มี M.C. 2% และมี M.C. 2% ร่วมกับ F II หรือ T 0.25% มีความคงตัวดี ไม่เกิดการแยกชั้นเพียงแต่มีความหนืดลดลง แต่เมื่อทดสอบโดยวิธี Centrifugation พบว่า ไม่มีตำรับใดเลยที่ยังคงสภาพเดิม (ตารางที่ 42) ทุกตำรับจะแยกชั้นและมีเพียง 3 ตำรับ คือ a, j และ k ที่แยกเป็นชั้นครีมและสามารถเขย่าเข้ากันได้ดี ส่วนตำรับอื่น ๆ จะเกิดการแยกชั้นเป็นชนิดโคอะเลสเซนส์ ซึ่งเป็นลักษณะของขาน้ำอิมัลชันที่ไม่คงตัวจากการทดสอบทั้ง 2 วิธีพบว่า ตำรับที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวในตำรับขาน้ำอิมัลชันนี้ คือ b, c, d และ e จะเกิดการแยกชั้นชนิดโคอะเลสเซนส์ ส่วนตำรับที่มี F II และ T ร่วมกับ M.C. -25 ความเข้มข้น 1% นั้น แม้ว่าจะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม และไม่เกิดโคอะเลสเซนส์ให้เห็นก็ตาม แต่เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี แสดงถึงตำรับที่เริ่มเกิดความไม่คงตัวขึ้น

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

จากการศึกษาความคงตัวของขาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 43, 44 และ 45 พบว่าตำรับขาที่ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 3 เดือน พบมีเพียง 4 ตำรับ คือ b, c, d และ e เป็นตำรับที่ acacia ร่วมกับ F II หรือ tragacanth ยังมีลักษณะเหมือนเดิม แต่มีความหนืดลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 43) ส่วนตำรับอื่น ๆ จะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม ซึ่งมีคางามสูงของชั้นครีมมากน้อยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ไรก็ดีตำรับที่ใช้ F II แยกวัฏภาคน้ำออกมาน้อยกว่า ตำรับที่ใช้ Tragacanth แต่ทุกตำรับสามารถจะเข้ากันได้ดีเมื่อเขย่า ความหนืดจะลดลงเช่นกัน เมื่อทดสอบโดยวิธี Freeze & Thaw มีเพียง 4 ตำรับคือ b, c, d และ e ซึ่งเป็นตำรับที่มี acacia ร่วมกับ F II และ tragacanth มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น (ตารางที่ 44) แต่มีความหนืดลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อทดสอบโดยวิธี

ตารางที่ 40 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988
โดยวิธีตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับ	หลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน
ELP-M ₂ ^a	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวเหมือนเดิม ไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ความหนืด 855.2 cps
ELP-F II ^b (0.75)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้ามันมาก ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำมีความสูง 16.2% เมื่อเขย่าจะเข้ากัน มีความหนืด 190.6 cps
ELP-F II ^c (1.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้ามันมาก ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำมีความสูง 3.7% เมื่อเขย่าจะเข้ากัน มีความหนืด 808.6 cps
ELP-T ^d (0.75)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ผิวหน้ามันมาก ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำมีความสูง 26 % เมื่อเขย่าจะเข้ากัน มีความหนืด 805.6 cps
ELP-T ^e (1.25)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น แต่ผิวด้านบนจะมันมาก มีความหนืด 1576.5 cps
ELP-M ₁ F II ^f (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ความสูง 6.6% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 417.8 cp
ELP-M ₁ F II ^g (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวเหมือนเดิมยังไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ความหนืด 1307 cps
ELP-M ₁ T ^h (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาวเหมือนเดิม แต่ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำค่าความสูง 4% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 452.2 cps
ELP-M ₁ T ⁱ (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวนวล ยังไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น แต่จะมีลักษณะของหยดน้ำมันเล็ก ๆ แทรกอยู่ระหว่างเนื้ออิมัลชัน มีความหนืด 806.1 cps
ELP-M ₂ F II ^j (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวเหมือนเดิมไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ความหนืด 2569.4 cps
ELP-M ₂ T ^k (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวเหมือนเดิม ไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ความหนืด 1971 cps

ตารางที่ 41 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988 โดยวิธี Freeze and Thaw

ตำรับ	หลังจากทำ Freeze & Thaw
ELP-M ₂ ^a	ยาน้ำอิมัลชันสีขาวเหมือนเดิม ความหนืด 422.7 cps
ELP-F II ^b (0.75)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบนเมื่อเขย่าจะแยก (Cracking)
ELP-F II ^c (1.25)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบนเมื่อเขย่าจะแยก (Cracking)
ELP-T ^d (0.75)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบนเมื่อเขย่าจะแยก (Cracking)
ELP-T ^e (1.25)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบนเมื่อเขย่าจะแยก (Cracking)
ELP-M ₁ F II ^f (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำความสูง 6% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 201.5 cps
ELP-M ₁ F II ^g (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำความสูง 2.2% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 786.4 cps
ELP-M ₁ T ^h (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำความสูง 4.4% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 201.5 cps
ELP-M ₁ T ⁱ (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำความสูง 2.1% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดี มีความหนืด 270 cps
ELP-M ₂ F II ^j (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวสลายเหมือนเดิม ความหนืด 1263.2 cps
ELP-M ₂ T ^k (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวสลายเหมือนเดิม ความหนืด 1253.3 cps

- a = ตำรับยาน้ำอิมัลชันมาตรฐาน มี M.C. เกรด 25 ความเข้มข้น 2% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- b = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี F II 0.75% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- c = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี F II 1.25% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- d = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี tragacanth (T) 0.75% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- e = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี T 1.25% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
- f = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี M.C.-25 1% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- g = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ F II 0.50% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- h = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- i = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 1% และ T 0.50% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- j = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 2% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
- k = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี M.C.-25 2% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน

ตารางที่ 42 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988
โดยวิธี Centrifugation

ตำรับ	หลังจากทำ Centifugation
ELP-M ₂ ^m	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมขาวขุ่นด้านบน และชั้นล่างเป็นวุ้นใส น้ำ ความสูง 25.4% มีความหนืด 407.9 cps เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้
ELP-F II ^b (0.75)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
ELP-F II ^c (1.25)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
ELP-T ^d (0.75)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
ELP-T ^e (1.25)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
ELP-M ₁ F II ^f (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ความสูง 38.4% มีความหนืดลดน้อยมาก และเมื่อเขย่าจะได้อิมัลชันเนื้อไม่เนียน
ELP-M ₁ F II ^g (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ความสูง 17.8% มีความหนืด 781.4 cps เมื่อเขย่าจะได้อิมัลชันเนื้อไม่เนียน
ELP-M ₁ T ^h (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนชั้นขาวเป็นครีม ชั้นล่างเป็นวุ้นใส มีความสูง 34.3% เมื่อเขย่าจะเข้ากันไม่ดี เนื้อไม่เนียน ความหนืดน้อยมาก
ELP M ₁ T ⁱ (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนชั้นขาวเป็นครีม ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ความสูง 25% เมื่อเขย่าจะเข้ากันไม่ดี และเนื้อไม่เนียน ความหนืด 353.9 cps
ELP-M ₂ F II ^j (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ความสูง 4.1% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ และมีความหนืด 1980.7 cps
ELP-M ₂ T ^k (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมชั้นขาว ชั้นล่างเป็นวุ้นใส ความสูง 4.1% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ดีและมีความหนืด 1685.8 cps

ตารางที่ 43 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII
โดยวิธีตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับ	หลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 เดือน
M-A ^a	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาค น้ำ 27.3% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 675.6 cps
M-A F II ^b (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น มีความหนืด 1120.1 cps
M-A F II ^c (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น มีความหนืด 1367.8 cps
M-A T ^d (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น มีความหนืด 1496.5 cps
M-A T ^e (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น มีความหนืด 2541.2 cps
M-F II ^f (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ความสูง 21.3% ด้านบนเริ่มมีมันเกิดขึ้น มีความหนืดน้อยมาก
M-F II ^g (1.0)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ความสูง 6.5% ด้านบนเริ่มมีมันเกิดขึ้น มีความหนืดน้อยลงเหลือ 327.4 cps
M-T ^h (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ความสูง ถึง 36.3% ด้านบนผิวหน้ามันมาก มีความหนืดน้อยมาก
M-T ⁱ (1.0)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีมขาว ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ความสูง เพียง 16.7% ด้านบนผิวหน้ามันมาก มีความหนืด 860.1 cps

ตารางที่ 44 ลักษณะของความคงตัวของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII
โดยวิธี Freeze and Thaw

ตำรับ	หลังจากทำ Freeze & Thaw
M-A ^a	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาค น้ำ 15% เมื่อเขย่าจะเข้ากัน มีความหนืด 550.5 cps
M-A F II ^b (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันขาวเนียนเหมือนเดิม มีความหนืด 1100.1 cps
M-A F II ^c (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวเนียนเหมือนเดิม มีความหนืด 1341.0 cps
M-A T ^d (0.25)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวนวลและเนียนเหมือนเดิม มีความหนืด 1292.6 cps
M-A T ^e (0.5)	ยาน้ำอิมัลชันชั้นขาวนวลและเนียนเหมือนเดิม มีความหนืด 1744.8 cps
M-F II ^f (0.5)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และ มีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก (cracking)
M-F II ^g (1.0)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และ มีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบนเมื่อเขย่าจะแยก
M-T ^h (0.5)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมี หยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
M-T ⁱ (1.0)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และมี หยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก

- a = ตำรับยาน้ำอิมัลชันมาตรฐาน มี acacia (A) 12.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
b = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ F II 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
c = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
d = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ T 0.25% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
e = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลอง มี A 12.5% และ T 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันร่วมกัน
f = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี F II 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
g = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี F II 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
h = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี T 0.5% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว
i = ตำรับยาน้ำอิมัลชันทดลองมี T 1.0% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว

ตารางที่ 45 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XXII
โดยวิธี Centrifugation

คำรับ	หลังจากทำ Centrifugation
M-A ^a	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาคน้ำ 45.6% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 290 cps
M-A F II ^b (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาคน้ำ 10.1% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 1012.5 cps
M-A F II ^c (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาคน้ำ 8.8% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 1558.0 cps
M-A T ^d (0.25)	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาคน้ำ 12.9% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 1179.6 cps
M-A T ^e (0.5)	แยกเป็น 2 ชั้น การแยกชั้นเป็นครีมด้านบน ความสูงของวัฏภาคน้ำ 10.0% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 1867.7 cps
M- F II ^f (0.5)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นและมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
M-F II ^g (1.0)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก
M-T ^h (0.5)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน
M-T ⁱ (1.0)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นวัฏภาคน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้น และมีหยดน้ำมันแยกอยู่ด้านบน เมื่อเขย่าจะแยก

centrifugation ทั้ง 9 ตำรับที่ทดลองจะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม (ตารางที่ 45) สำหรับตำรับยาหน้ามาตรฐานคือ ตำรับ a เมื่อทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ผลตรงกัน กล่าวคือ จะเกิดการแยกชั้นเป็นชนิดครีม และมีความสูงของชั้นครีมไม่เท่ากับเมื่อเขย่าจะเกิดการผสมเข้ากันได้ดี และมีความหนืดลดลง ส่วนตำรับที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวนั้น พบว่าจะเกิดการแยกชั้นชนิดโคเอเลสเซนส์เมื่อเขย่าไม่สามารถเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

ในการศึกษาความคงตัวของยาหน้า Cod Liver Oil Emulsion ได้ผลดังบรรยายไว้ในตารางที่ 46, 47 และ 48 พบว่า ทุกตำรับที่ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 2 เดือน มีเพียง 4 ตำรับ คือ a, b, d และ e เป็นตำรับที่มี acacia ร่วมกับ F II หรือ tragacanth ยังมีลักษณะเหมือนเดิม แต่มีความหนืดลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 46) ส่วนตำรับอื่น ๆ จะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม และมีสีของอิมัลชันเข้มขึ้นเป็นสีเหลือง และเมื่อเขย่าจะเข้ากันไม่ค่อยดี ความหนืดลดลงเช่นกัน เมื่อทดสอบโดยวิธี Freeze & Thaw มีเพียง 4 ตำรับ เช่นเดียวกับคือ a, b, d และ e ที่มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้นเพียงแต่ความหนืดลดลง ตารางที่ 47 แต่เมื่อทดสอบโดยวิธี centrifugation มีเพียง 2 ตำรับ คือ d และ e เป็นตำรับที่มี acacia ร่วมกับ F II ที่คงสภาพเดิม (ตารางที่ 48) แต่ตำรับ a (ตำรับสูตรมาตรฐาน มี acacia ร่วมกับ tragacanth) และ b มีเฉพาะ acacia จะเกิดการแยกชั้นเป็นชั้นครีมและเมื่อเขย่าสามารถจะเข้ากันได้ดีเหมือนเดิม ส่วนตำรับที่มี F II (ตำรับ f) ร่วมกับ T (ตำรับ ๕) และตำรับที่มี T ชนิดเดี่ยว (ตำรับ c) ให้ผลการทดลองเหมือนกัน กล่าวคือ อิมัลชันไม่มีความคงตัวแยกเป็น 3 ชั้น เมื่อเขย่าไม่สามารถเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ เมื่อทดลองดูความคงตัวตามวิธี Freeze and Thaw และวิธี Centrifugation ตามลำดับ

ตารางที่ 46 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธี
ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับ	หลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 เดือน
Cod-AT ^a	ยาน้ำอีมีลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น แต่ด้านบนเนื้ออีมีลชันเปลี่ยนเป็นเหลืองอ่อน ๆ มีความหนืด 1640.4 cps
Cod-A ^b	ยาน้ำอีมีลชันขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้น แต่ด้านบนเนื้ออีมีลชันมีสีเหลืองและเหลาลงมีความหนืด 677.4 cps
Cod-T ^c	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำใสเล็กน้อย ลักษณะของอีมีลชันเริ่มจะแยก มีความมันมาก และความหนืดลดลงเหลือ 345.6 cps
Cod-A F II ^d (0.33)	ยาน้ำอีมีลชันสีขาวนวล ยังไม่เกิดการแยกชั้นแต่ด้านบนเป็นสีเหลืองอ่อน มีความหนืด 998.1 cps
Cod-A F II ^e (0.67)	ยาน้ำอีมีลชันสีขาวนวลยังไม่เกิดการแยกชั้นแต่ด้านบนมีสีเหลืองอ่อนเกิดขึ้น มีความหนืด 1155.6 cps
Cod- T F II ^f (0.33)	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นอีมีลชันสีเหลือง ชั้นล่างเป็นน้ำใส ความสูง 8.9% เมื่อเขย่าจะได้อีมีลชันที่เข้ากันไม่ค่อยดี และมีลักษณะมันมาก หนืดน้อย
Cod-T F II ^g (0.67)	ยาน้ำอีมีลชันสีเหลือง ยังไม่แยกชั้น แต่มันมาก มีความหนืด 1220 cps

a = ตำรับยาน้ำอีมีลชันมาตรฐาน มี Acacia (A) 13.3% และ Tragacant (T) 0.67% เป็นสารทำอีมีลชันร่วมกัน

b = ตำรับยาน้ำอีมีลชันควบคุม มี Acacia 13.3% เป็นสารทำอีมีลชันเดี่ยว

c = ตำรับยาน้ำอีมีลชันควบคุม มี T 0.67% เป็นสารทำอีมีลชันเดี่ยว

d = ตำรับยาน้ำอีมีลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

e = ตำรับยาน้ำอีมีลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

f = ตำรับยาน้ำอีมีลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

g = ตำรับยาน้ำอีมีลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

ตารางที่ 47 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธี
Freeze and Thaw

ตำรับ	หลังจากทำ Freeze & Thaw
Cod-AT ^a	ยาน้ำอิ้มัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีมแต่ผิวหน้าด้านบนจะ มันเล็กน้อย มีความหนืด 1430.3 cps
Cod-A ^b	ยาน้ำอิ้มัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีม แต่ผิวหน้าด้านบนจะมัน มีความหนืด 575.1 cps
Cod-T ^c	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นชั้นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นเหลือง และ ด้านบนเป็นน้ำมัน เขย่าจะไม่เข้ากัน
Cod-A F II ^d (0.33)	ยาน้ำอิ้มัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีม มีความหนืด 845.4 cps
Cod-A F II ^e (0.67)	ยาน้ำอิ้มัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีม มีความหนืด 1137.8 cps
Cod-T F II ^f (0.33)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นเหลือง และ ชั้นบนเป็นน้ำมันใส เขย่าจะไม่เข้ากัน
Cod-T F II ^g (0.67)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมชั้นเหลือง และ ชั้นบนเป็นน้ำมันใส เขย่าจะไม่เข้ากัน

a = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันมาตรฐาน มี Acacia (A) 13.3% และ Tragacant (T)
0.67% เป็นสารทำอิ้มัลชันร่วมกัน

b = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันควบคุม มี Acacia 13.3% เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยว

c = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันควบคุม มี T 0.67% เป็นสารทำอิ้มัลชันเดี่ยว

d = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

e = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน T ในตำรับมาตรฐาน

f = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันทดลอง มี F II 0.33% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

g = ตำรับยาน้ำอิ้มัลชันทดลอง มี F II 0.67% แทน A ในตำรับมาตรฐาน

ตารางที่ 48 ลักษณะความคงตัวของยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion โดยวิธี Centrifugation

ตำรับ	หลังจากทำ Centrifugation
Cod-AT ^a	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีม ความสูงของวัฏภาคน้ำ 2.9% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 1617 cps
Cod-A ^b	แยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นครีม ความสูงของวัฏภาคน้ำ 11.9% เมื่อเขย่าจะเข้ากันได้ มีความหนืด 673 cps
Cod-T ^c	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นชั้นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมสีเหลือง และมีน้ำมันอยู่ด้านบน เขย่าจะไม่เข้ากัน
Cod-A F II ^d (0.33)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีม มีความหนืด 973 cps
Cod-A F II ^e (0.67)	ยาน้ำอิมัลชันขาวนวล ไม่เกิดการแยกชั้นครีม มีความหนืด 1091.1 cps
Cod-T F II ^f (0.33)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมขุ่นเหลือง และชั้นบนเป็นน้ำมัน เขย่าจะไม่เข้ากัน
Cod-T F II ^g (0.67)	แยกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำ ชั้นกลางเป็นครีมขุ่นเหลือง และชั้นบนเป็นน้ำมัน เขย่าจะไม่เข้ากัน

9. ผลการศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เตรียมอาหารรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แยม เยลลี่ และน้ำสลัด ได้ผลการทดลองของการเตรียมอาหารต่าง ๆ ดังนี้

9.1 ผลการเตรียมอาหารพวกแยม

จากการทดลองเตรียมแยมระกำจากเปลือกทุเรียนในความเข้มข้น 1% และ 2% พบว่าได้ตำรับแยมที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 49 และ 50 คือแยมระกำจาก 1% เปลือกทุเรียนจะมีเนื้อแยมนุ่มดีกว่าการใช้ 2% เปลือกทุเรียนทาขนมปังได้ง่ายดีกว่่า ไม่จับเป็นก้อน แยมทั้ง 2 ตำรับมีการกระจายตัวของเนื้อผลไม้สม่ำเสมอ เนื้อแยมใสเป็นประกาย มีรสเปรี้ยวหวาน ตั้งทิ้งไว้ 4 สัปดาห์ยังคงรูปเดิม ความแข็งแรงของแยมระกำที่เตรียมจาก 2% เปลือกทุเรียน วัดได้ 1.6 Newton ในขณะที่แยมเตรียมจาก 1% จะอ่อนนุ่มวัดไม่ได้ แยมทั้ง 2 ตำรับมีสีเหลืองอมแดง

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II แทนเปลือกทุเรียนในการเตรียมแยมสับประรดโดยใช้ F II ในความเข้มข้น 0.3% พบว่า ใช้ได้ดีดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 51 และ 52 จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าได้ตำรับแยมที่ใช้ได้ เช่นเดียวกับแยมเตรียมจาก 1% เปลือกทุเรียน แยมมีเนื้อเนียนสวย ทาขนมปังได้ง่าย

9.2 ผลการเตรียมอาหารพวกเยลลี่

การเตรียมเยลลี่จาก 2% เปลือกทุเรียนที่ pH เท่ากับ 2.8, 3.0 และ 3.2 ได้ผลของตำรับเยลลี่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 53 และ 54 จะเห็นว่าลักษณะของแยมที่ได้ไม่แตกต่างกันนัก แต่เยลลี่จะมีความแข็งเกินไปเมื่อใช้เปลือกทุเรียนถึง 2% คือ มีค่าความแข็งแรงของเจลเป็น 7.0-7.2 newton การลดความเข้มข้นของเปลือกทุเรียนลงพบว่าทำให้ได้ตำรับเยลลี่ดีขึ้น ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 55 และ 56 จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าตำรับที่ใช้เปลือกทุเรียนในปริมาณ 1-1.5% จะได้

ตารางที่ 49 คุณลักษณะของแยมระกำเตรียมจากเพคติน

คุณลักษณะที่สังเกต	แยมระกำเตรียมจาก 1% เพคติน, pH 3	แยมระกำเตรียมจาก 2% เพคติน, pH 3
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เนียนนุ่มดี, ไม่เหนียว	เนื้อค่อนข้างแข็ง
การกระจายตัวของ เนื้อผลไม้	กระจายตัวสม่ำเสมอ	กระจายตัวสม่ำเสมอ
ความหนืดเหนียวเมื่อ ทาบนขนมปัง	ทาได้ง่าย	ทาได้ง่ายแต่ไม่เรียบ เป็นก้อน
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ-กลิ่น	เปรี้ยว-หวาน	เปรี้ยว-หวาน
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 50 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของ
แยมระกำเตรียมจากpektin

แยมระกำเตรียมจาก	ความแข็งแรงของเจล gel strength (Newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue Value/ Chroma
1% เพคติน, pH 3	วัดไม่ได้ แยมนุ่มมาก	73	5 YR 5/8
2% เพคติน, pH 3	1.6	70	5 YR 6/12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 51 คุณลักษณะของแยมล้นประทศเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

ลักษณะที่สังเกต	แยมล้นประทศจากสารสกัดเปลือกทุเรียน 0.3% F II (Spray Dried)
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เนื้อนุ่มดี-เนียน สีสวย
การกระจายตัวของผลไม้	กระจายตัวอยู่ตอนบนค่อนข้างมาก ที่ก้นขวดมีชั้นเจลใสเล็กน้อย
ความหนืดเหนียวขณะทาขนมปัง	ทาได้ง่าย
ความใส	ใสเป็นประกาย
รสชาติ-กลิ่น	หวาน-เปรี้ยว มีกลิ่นล้นประทศ
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 52 คุณสมบัติของแยมล้ป้ระดเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

แยมล้ป้ระดเตรียมจาก สารสกัดเปลือก ทุเรียน	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ ($^{\circ}$ บริกซ์)	สี Hue value/ Chroma
0.3% F II (Spray Dried)	วัดไม่ได้ (แยมนุ่มมาก)	68	5Y 7/10

ตารางที่ 53 คุณลักษณะของเยลลี่เตรียมจาก 2% เพคติน

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่จาก 2% เพคติน		
	pH 2.8	pH 3.0	pH 3.2
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เจลค่อนข้างแข็ง ความคงตัวดี	เจลค่อนข้างแข็ง ความคงตัวดี	เจลค่อนข้างแข็ง ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ ไม่คงรูป
ความหนืดเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด	ติดมีดเล็กน้อย
ความไหวตัว	แข็ง-ไม่ไหวตัว	แข็ง-ไม่ไหวตัว	แข็ง-ไม่ไหวตัว
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกายดี	ใสแต่ไม่เป็น ประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว	หวาน-เปรี้ยว	หวาน-เปรี้ยว
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 54 คุณสมบัติของเยลลี่เตรียมจาก 2% เพคติน

เยลลี่เตรียมจาก	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue value/ Chroma
2% เพคติน pH 2.8	7.2	65	5Y 9/2
pH 3.0	7.2	65	5Y 9/4
pH 3.2	7.0	65	5Y 9/4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 55 คุณลักษณะของเยลลี่เตรียมจากเพคตินที่ pH 3.0

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่เตรียมจากเพคติน ที่ pH 3.0 ในปริมาณ		
	1 %	1.5 %	2.0 %
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เจลอ่อนนุ่ม ความคงตัวดี	เจลค่อนข้างแข็ง ความคงตัวดี	เจลแข็งมาก ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ-คม ไม่คงรูป	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี
ความเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	ไหวตัวดี	ไหวตัวดี	ไม่ไหวตัว
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว	หวาน-เปรี้ยว	หวาน-เปรี้ยว
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 56 คุณสมบัติของเฮลลี่เตรียมจากเพคติน ที่ pH 3.0

เฮลลี่เตรียมจาก เพคตินที่ pH 3.0	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี (Hue value/ Chroma)
1.0 % เพคติน	1.2	65	10Y 9/2
1.5 % เพคติน	6.4	65	5Y 9/6
2.0 % เพคติน	7.2	65	5Y 9/4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เยลลี่ที่ใช้ได้ดีและมีลักษณะการไหวตัวดี แต่อย่างไรก็ดี การใช้ 1% เพคตินจะได้เยลลี่มีเนื้อค่อนข้างจะนุ่มเกินไป

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II แทนเพคติน เตรียมเยลลี่พบว่าสามารถใช้ได้จากการทดลองใช้ 1% สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เตรียมเยลลี่ที่ pH ต่าง ๆ กัน ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 57 และ 58 จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ในความเข้มข้นของ F II 1% สามารถเตรียมอาหารเยลลี่ได้ดีในช่วง pH 2.5-3.2 อย่างไรก็ตามยิ่งค่า pH สูงขึ้นเนื้อเยลลี่จะนุ่มลงจะมีค่าความแข็งแรงของเจลน้อยลง ตามลำดับ ที่ pH 3.0-3.2 การใช้ 1% F II จะได้เยลลี่ที่มีความไหวตัวดีมาก วัดความแข็งแรงของเจลได้ 1.6 และ 1.2 Newton ตามลำดับ เมื่อลดความเข้มข้นของการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนจาก 1% F II เป็น 0.5% F II ทดลองเตรียมเยลลี่ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 59 และ 60 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้ 0.5% F II จะให้เนื้อเยลลี่มีคุณลักษณะที่น่าพอใจสามารถเตรียมได้ใน pH ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2.8-3.4 ความแข็งแรงของเจลไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

จากการทดลองเตรียมเยลลี่ระกำจากสารสกัดเปลือกทุเรียน F II ในความเข้มข้น 0.1% และ 0.5% ที่ pH 2.5 ได้ผลของตำรับเยลลี่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 61 และ 62 แสดงให้เห็นว่าการเตรียมเยลลี่ด้วย F II ในความเข้มข้น 0.5% จะได้ตำรับ เยลลี่ที่น่าพอใจ ในขณะที่การใช้ F II ในความเข้มข้น 0.1% เนื้อเยลลี่จะนุ่มเกินไป เมื่อทำการทดลองที่ค่าความเป็นกรดต่าง เพิ่มขึ้น คือที่ pH 3.2 เตรียมเยลลี่ส้มเขียวหวานจาก F II ในความเข้มข้น 0.3% และ 0.5% จะได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 63 และ 64 จะเห็นได้ว่าที่ใช้ 0.5% F II ตำรับเยลลี่จะดีกว่า การใช้ 0.3% F II แต่อย่างไรก็ดีที่ pH 3.2 ได้เยลลี่ที่มีเนื้ออ่อนกว่าการเตรียมที่ pH 2.5 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงของเจลระหว่างผลที่ได้ในตารางที่ 64 และตารางที่ 62 ในการใช้ 0.5% F II เตรียม เยลลี่ที่ pH 2.5 และ 3.2 ตามลำดับ ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับผลในตารางที่ 58

ตารางที่ 57 คุณลักษณะของ เยลลี่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่เตรียมจาก 1% สารสกัดเปลือกทุเรียน			
	pH 2.5	pH 2.8	pH 3.0	pH 3.2
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เจลแข็ง ความคงตัวดี	เจลแข็ง ความคงตัวดี	เจลอ่อนนุ่ม ความคงตัวดี	เจลอ่อนนุ่มดี ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี
ความหนืดเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	ไม่ไหวตัว	ไม่ไหวตัว	ไหวตัวดี	ไหวตัวดีมาก
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว อมขม	หวาน-เปรี้ยว อมขม	หวาน-เปรี้ยว อมขม	หวาน-เปรี้ยว อมขม
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม	16 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 58 คุณสมบัติของเยลลี่เตรียมสารสกัดเปลือกทุเรียน

เยลลี่เตรียมจาก สารสกัดเปลือก ทุเรียน	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue value/ Chroma
1% สารสกัดเปลือก ทุเรียน F II pH 2.5	4.2	65	10Y 9/2
pH 2.8	3.2	65	5Y 9/2
pH 3.0	1.6	65	10Y 9/2
pH 3.2	1.2	65	10Y 9/2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 59 คุณลักษณะของเยลลี่เตรียมจาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่จาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน F II		
	pH 2.8	pH 3.0	pH 3.4
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เจลอ่อนนุ่มดี ความคงตัวดี	เจลอ่อนนุ่มดี ความคงตัวดี	เจลอ่อนนุ่มดี ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี
ความหนืดเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	ไหวตัวดี	ไหวตัวดี	ไหวตัวดี
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว ขมเล็กน้อย	หวาน-เปรี้ยว ขมเล็กน้อย	หวาน-เปรี้ยว ขมเล็กน้อย
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 60 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของเยลลี่เตรียมจาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน

เยลลี่เตรียมจาก	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue Value/ Chroma
สารสกัดเปลือกทุเรียน F II pH 2.8	1.6	65	5Y 9/4
pH 3.0	1.6	65	10Y 9/1
pH 3.4	1.6	65	7.5Y 9/2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 61 คุณลักษณะของเยลลี่ระกำเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่ระกำเตรียมจาก 0.1% F II, pH 2.5	เยลลี่ระกำเตรียมจาก 0.5% F II, pH 2.5
ลักษณะ เนื้อสัมผัส	เจลอ่อนนุ่มมาก ความคงไม่ดี	เจลอ่อนนุ่มดี ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ ไม่คงรูป	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี
ความหนืดเหนียวขณะตัด	เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	ไม่มีความไหวตัว	ไหวตัวดี
ความใส	ใสเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ-กลิ่น	เปรี้ยว-หวาน ขมเล็กน้อย กลิ่นระกำ	เปรี้ยว-หวาน ค่อนข้างขม กลิ่นระกำ
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 62 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และสีของเยลลี่ระกำเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

เยลลี่ระกำเตรียมจาก	ความแข็งแรงของเจล gel strength (Newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° ปริกซ์)	สี Hue Value/ Chroma
0.1% F II, pH 2.5	0.4	65	7.5 YR 7/12
0.5% F II, pH 2.5	1.6	66	5 YR 6/10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 63 คุณลักษณะ เยลลี่ส้มเขียวหวานจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่ส้มเขียวหวานจากสารสกัดเปลือกทุเรียน F II	
	0.3% F II, pH 3.2	0.5% F II, pH 3.2
ลักษณะ เนื้อสัมผัส	เจลละ ไม่คงตัว	เจลอ่อนนุ่ม คงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ ไม่คงรูป	รอยตัดเรียบ-คม คงรูปดี
ความหนืดเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	และ ไม่ไหวตัว	ไหวตัวดี
ความใส	ใสเป็นเป็นประกาย	ใสเป็นประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว มีกลิ่นส้ม	หวาน-เปรี้ยว มีกลิ่นส้ม
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 64 คุณสมบัติของเยลลี่ส้มเขียวหวานเตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียน

เยลลี่เตรียมจาก สารสกัดเปลือก ทุเรียน	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue value/ Chroma
0.3% F II, pH 3.2	วัดไม่ได้ เหนียวมาก	65	5Y 7/10
0.5% F II, pH 3.2	1.2	65	5Y 7/10

การทดลองโดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ที่เตรียมจากวิธีทำ Spray Dried ใน Maltodextrin เตรียมเฮลลี่โดยให้ความเข้มข้น 0.5% ของ F II ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 65 และ 66 จะเห็นได้ว่าได้ตำรับเฮลลี่ที่มีคุณลักษณะที่น่าพอใจ เนื้อเฮลลี่สวยมีรสชาติดี ไม่มีรสขมซึ่งพบมีบ้างเล็กน้อยเมื่อใช้ F II จากการเตรียมโดยวิธีการตกตะกอน เนื้อเฮลลี่มีความแข็งแรงของเจล 1.2 newton

9.3 ผลการเตรียมอาหารพวบน้ำสลัด

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เตรียมตำรับอาหารพวบน้ำสลัด โดยทดลองตำรับน้ำสลัดต่าง ๆ 3 ตำรับ ได้ผลดังต่อไปนี้

9.3.1 ตำรับ No Oil Salad Dressing

ได้เตรียมตำรับน้ำสลัดชนิดไม่มีน้ำมัน การทดลองใช้สารสกัด F II เปรียบเทียบกับการใช้ Xanthan gum และการใช้ร่วมกันของสารทั้งสองชนิด ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 67 จะพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตำรับที่ใช้ F II หรือ xanthan gum เดี่ยว ๆ จะได้ตำรับน้ำสลัดต่างกัน คือ น้ำสลัดที่ใช้ F II จะมีลักษณะใสไม่หนืด ส่วนการใช้ xanthan gum จะได้น้ำสลัดมีลักษณะขาวขุ่นหนืดเล็กน้อย และมีฟองมาก การเติม F II ร่วมกับ xanthan gum จะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นและการเกิดฟองลดลง ตำรับที่ทดลองมีความเป็นกรด-ด่างที่ pH ประมาณ 3 เนื่องจาก เป็นตำรับที่ไม่มีน้ำมัน จึงไม่วัด Emulsion Index น้ำสลัดทุกตำรับที่เตรียมมีความคงตัวดี ตั้งทิ้งไว้ 6 สัปดาห์ ยังไม่เปลี่ยนแปลงยังคงรูปเดิม

9.3.2 ตำรับ Salad Dressing

ได้ทดลองเตรียมน้ำสลัดโดยใช้สารสกัด F II ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบกับ xanthan gum ในตำรับของน้ำสลัดจะมีไข่แดงเป็นสาร emulsifier อยู่ด้วยในความเข้มข้น 3% และ 1.5% ตามลำดับ ผลของการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 68 จะเห็นว่าตำรับน้ำสลัดที่ใช้ไข่แดง 3% เปรียบเทียบกับตำรับที่เติม 0.6% F II หรือ 0.6% xanthan gum จะทำให้

ตารางที่ 65 คุณลักษณะของเยลลี่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียนใน maltodextrin หลังการทำ Spray Dried

คุณลักษณะที่สังเกต	เยลลี่จาก 0.5% สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ใน 1.5% maltodextrin จาก Spray Dried pH 3.0
ลักษณะเนื้อสัมผัส	เจลอ่อนนุ่มมาก ความคงตัวดี
รอยตัดด้วยมีด	รอยตัดเรียบ-คม
ความหนืดเหนียวขณะตัด	ไม่เหนียวติดมีด
ความไหวตัว	ไหวตัวดี
ความใส	ใสเป็นประกาย
รสชาติ	หวาน-เปรี้ยว
อายุการเก็บ (อุณหภูมิห้อง)	4 สัปดาห์ ยังคงเดิม

ตารางที่ 66 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ปริมาณของแข็งและสีของ
 เยลลี่เตรียมจากสารสกัดเปลือกทุเรียนใน Maltodextrin หลังการทำ
 Spray Dried

เยลลี่เตรียมจาก	ความแข็งแรงของเจล gel strength (newton)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (° บริกซ์)	สี Hue Value/ Chroma
สารสกัดเปลือกทุเรียน 0.5% F II ใน 1.5% maltodextrin หลังทำ Spray Dried pH 3.0	1.2	63	10Y 9/2

สถาบันวิจัยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 67 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัดแบบไม่มีน้ำมัน (no oil salad dressing)

ตำรับน้ำสลัดแบบไม่มีน้ำมัน (No oil Salad dressing) เตรียมจาก	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความหนืด (cps)	pH	Emulsion Index
2.0% F II	ของเหลวใสเป็นเนื้อเดียว ไม่หนืด ไม่แยกชั้น	วัดไม่ได้	3.1	-
1.0% F II	ของเหลวใส ไม่หนืด แยกชั้น เขย่าให้เข้ากันได้ใหม่	วัดไม่ได้	3.0	-
1.0% F II ร่วมกับ 0.5% xanthan gum	ของเหลวสีขาวขุ่นเป็นเนื้อเดียว ชันหนืด มีฟองเล็กน้อย	310	3.1	-
0.5% Xanthan gum	ของเหลวสีขาวขุ่นเป็นเนื้อเดียว หนืดเล็กน้อย มีฟองมาก	130	3.3	-
1.0% Xanthan gum	ของเหลวสีขาวขุ่นเป็นเนื้อเดียว หนืด มีฟองมาก	198	3.3	-

หมายเหตุ ความคงตัวของทุกตำรับคงรูปเดิมหลังจากตั้งทิ้งไว้ 6 สัปดาห์

ตารางที่ 68 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัด (Salad dressing)

ตำรับน้ำสลัด (Salad dressing) เตรียมจาก	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความหนืด (cps)	pH
3% ไข่แดง	สีเหลืองเข้ม เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เเท่ง่าย	300	3.9
3% ไข่แดง ร่วมกับ 0.3% F II	สีขาวครีม เนื้อเนียน หนืดเล็กน้อย มีฟองมากตั้งทิ้ง ไว้ฟองยุบ เหลือ 50%	198	3.7
3% ไข่แดง ร่วมกับ 0.6% F II	สีขาวครีม เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เเท่ง่าย มีฟองมาก ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 70%	310	3.6
3% ไข่แดง ร่วมกับ 0.3% Xanthan gum	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน หนืดเล็กน้อย เเท่ง่าย มีฟอง ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 85%	178	3.8
3% ไข่แดง ร่วมกับ 0.6% xanthan gum	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เเท่ง่าย มีฟอง ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 88%	330	3.9

ตารางที่ 68 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัด (Salad dressing) (ต่อ)

ตำรับน้ำสลัด (Salad dressing) เตรียมจาก	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความหนืด (cps)	pH
1.5% ไข่แดง ร่วม กับ 0.3% F II	สีขาวครีม เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เหนียว มีฟองมาก ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 50%	340	3.5
1.5% ไข่แดง ร่วม กับ 0.6% F II	สีขาวครีม เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เหนียว มีฟองมาก ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 50%	592	3.4
1.5% ไข่แดง ร่วม กับ 0.3% xanthan gum	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เหนียว มีฟองมาก ตั้งทิ้งไว้ ฟองยุบเหลือ 70%	850	3.6
1.5% ไข่แดง ร่วม กับ 0.6% xanthan gum	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด เหนียว มีฟองละเอียด	830	3.7

เนื้อของน้ำสลัดข้นขึ้นและมีฟองมากขึ้น ลิขของน้ำสลัดจะอ่อนลงด้วยคือมีสีขาวขึ้น อย่างไรก็ตามก็ตีความหนืดของน้ำสลัดจะมีค่าใกล้เคียงกัน การใช้ F II หรือ xanthan gum ในความเข้มข้น 0.3% จะทำให้มีความหนืดลดลง pH ของน้ำสลัดแต่ละตำรับไม่แตกต่างกัน น้ำสลัดที่เตรียมขึ้นมีความคงตัวดี ภายใน 1 สัปดาห์ ยังคงรูปเดิม แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ถึง 6 สัปดาห์จะแยกชั้น

ตำรับน้ำสลัดที่ใส่ไข่แดง 1.5% ร่วมกับ F II หรือ xanthan gum จะได้น้ำสลัดที่มีลักษณะเนื้อเนียนเช่นเดียวกันและมีฟองมาก น้ำสลัดข้นหนืดมากขึ้น มีค่าความหนืดดังแสดงไว้ในตารางที่ 68 ค่า pH ของน้ำสลัดไม่แตกต่างกัน น้ำสลัดมีความคงตัวดี เมื่อตั้งไว้นาน 24 ชม. แต่จะแยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

ความคงตัวของน้ำสลัด ตำรับน้ำสลัดที่ทดลองมีความคงตัวดี การวัดค่า Emulsion Index หลังตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. ให้ค่าเท่ากับ 100 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 69 อย่างไรก็ตามการใช้แรงปั่นที่ 3000 rpm เวลา 10 นาที จะเกิดการแยกชั้นและการตั้งทิ้งไว้ 6 สัปดาห์ จะมีการแยกชั้นเกิดขึ้นเช่นกัน

9.3.3 ตำรับ Mayonnaise

การทดลองเตรียมน้ำสลัดชนิด Mayonnaise ซึ่งมีปริมาณของน้ำมันสูงกว่า Salad dressing ประมาณ 2 เท่า สูตรตำรับใช้ไข่แดงเปรียบเทียบกับการใช้ไข่แดงร่วมกับ F II หรือ xanthan gum ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 70 น้ำสลัดที่เตรียมได้มีเนื้อข้นหนืด การเติม F II หรือ xanthan จะทำให้สีของน้ำสลัดจางลงและทำให้มีฟองมากขึ้น การเติม F II จะทำให้เพิ่มความหนืดเพิ่มมากจนเทออกจากขวดไม่ได้ ทำนองเดียวกันการเติม 0.6% xanthan gum จะทำให้เพิ่มความหนืดได้ใกล้เคียงกับการเติม 0.6% F II วัดความหนืดได้ 244,000 cps และ 284,000 cps ตามลำดับ น้ำสลัดแต่ละตำรับมี pH ประมาณ 4

ตารางที่ 69 ความคงตัวของน้ำสลัด (Salad dressing)

ตำรับน้ำสลัด (Salad dressing) เตรียมจาก	Emulsion Index (ใน 24 ชม.)	Centrifugation 3000 rpm, 10 นาที	เก็บ 6 สัปดาห์
3% ไข่แดง	100	แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.3% F II	100	แยกชั้น	แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.6% F II	100	แยกชั้น	แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.3% Xanthan gum	100	แยกชั้น	แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.6% Xanthan gum	100	แยกชั้น	แยกชั้น
1.5% ไข่แดง + 0.3% F II	100	แยกชั้น	แยกชั้น
1.5% ไข่แดง + 0.6% F II	100	แยกชั้น	แยกชั้น
1.5% ไข่แดง + 0.3% Xanthan gum	100	แยกชั้น	แยกชั้น
1.5% ไข่แดง + 0.6% Xanthan gum	100	แยกชั้น	แยกชั้น

หมายเหตุ ตำรับน้ำสลัด (Salad dressing) ที่เตรียมโดยไข่ 3% ไข่แดง ทุกตำรับ ไม่พบมีการแยกชั้น เมื่อเก็บไว้ภายใน 1 สัปดาห์

ตารางที่ 70 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำสลัด (Mayonnaise)

ตำรับน้ำสลัด (Mayonnaise) เตรียมจาก	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความหนืด (cps)	pH
3% ไข่แดง	สีเหลืองเข้ม เนื้อเนียน มีฟองละเอียด ชันหนืด เทออกจากขวดได้	193,000	4.1
3% ไข่แดง + 0.3% F II	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน มีฟองมาก ชันหนืดมาก เทออกจากขวดไม่ได้	284,000	4.0
3% ไข่แดง + 0.6% F II	สีเหลืองอ่อน เนื้อเนียน มีฟองมาก ชันหนืดมาก เทออกจากขวดไม่ได้	384,000	3.8
3% ไข่แดง + 0.3% Xanthan gum	สีเหลือง เนื้อเนียน มีฟองมาก ชันหนืด เทออกจากขวดได้ง่าย	164,000	4.2
3% ไข่แดง + 0.6% Xanthan gum	สีเหลือง เนื้อเนียน มีฟองมากที่สุด ชันหนืด เทออกจากขวดไม่ได้	244,000	4.0

ความคงตัวของน้ำสลัด ตำรับทดลองพบว่ามี ความคงตัวดี ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 71 วัดค่า Emulsion Index หลังการตั้งทิ้งไว้ 24 hr ได้ค่า 100 เก็บไว้ได้นานถึง 6 สัปดาห์ โดยไม่แยกชั้น การใช้แรงปั่น 3000 rpm นาน 10 นาที จะเกิดการแยกชั้น ยกเว้นตำรับที่มีเฉพาะไข่แดง และไข่แดงร่วมกับ 0.6% xanthan gum แสดงว่ามี ความคงตัวที่ดีมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 71 ความคงตัวของน้ำสลัด (Mayonnaise)

ตำรับน้ำสลัด (Mayonnaise) เตรียมจาก	Emulsion Index (ใน 24 ชม.)	Centrifugation 3000 rpm, 10 นาที	เก็บ 6 สัปดาห์
3% ไข่แดง	100	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.3% F II	100	แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.6% F II	100	แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.3% Xanthan gum	100	แยกชั้น	แยกชั้น
3% ไข่แดง + 0.6% Xanthan gum	100	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจารณ์และสรุป

การนำเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นผลผลิตเหลือทิ้งจากผลผลิตทางเกษตรกรรมของประเทศมาศึกษาเพื่อค้นหาสิ่งซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ อันเป็นแนวความคิดในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางเกษตรกรรมภายในประเทศให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้มีการศึกษาการนำเปลือกผลไม้และผลไม้หลายชนิดมาทดลองสกัดสารพวกเพคติน ได้พบว่าเปลือกทุเรียนสามารถนำมาสกัดเอาสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีลักษณะคล้ายเพคตินได้ในปริมาณที่มากใกล้เคียงกับการสกัดสารเพคตินจากกากของผลแอปเปิ้ล (5,62) ในการวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดสารจากเปลือกทุเรียน การทำให้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้นและศึกษาคุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนและการใช้ประโยชน์เป็นสารแขวนตะกอนในยาน้ำแขวนตะกอน เป็นสารทำอิมัลชันและเป็นสารเตรียมอาหารพวกแยม เยลลี่ และน้ำสลัด

1. การสกัดสารจากเปลือกทุเรียนและการทำให้บริสุทธิ์

ตัวอย่างเปลือกทุเรียนใช้ตัวอย่างเปลือกสดตัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นสีขาว (mesocarp) ของเปลือก ส่วนหนามที่เป็นสีเขียวจะทิ้งไป เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาการปนเปื้อนของพวกคลอโรฟิลล์หรือสารอื่น ๆ ที่อาจติดเข้ามา ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการศึกษาเบื้องต้น วิธีการสกัดที่ได้ศึกษาทั้ง 2 วิธี ดั้งมีขั้นตอนของการสกัดแสดงไว้ในรูปที่ 2 คือ alcohol extraction และรูปที่ 3 คือ acid-alcohol extraction

การสกัดสารโดยวิธี alcohol extraction เป็นวิธีการสกัดที่ทำการตกตะกอนเพียงขั้นตอนเดียวของสารละลาย aqueous extract จากเปลือกทุเรียนใน 60% alcohol สารสกัดที่ได้ค่อนข้างจะ crude มีสีค่อนข้างเข้ม ผลที่ได้เป็น crude fraction (F I) พบว่าได้ yield เท่ากับ 2.18% เป็นวิธีที่สิ้นเปลือง solvent น้อยกว่า ส่วนการทำวิธี acid-alcohol extraction จะเป็นการ purify สารสกัดอีกขั้นตอนหนึ่ง การสกัดครั้งแรกด้วย acid-alcohol ได้ crude extract ซึ่งผลที่ได้มี yield เท่ากับ 1.60% เมื่อนำมา purify โดยการตกตะกอนซ้ำด้วย 70% alcohol ผลของสารสกัดเป็น purified fraction (F II) พบว่าสารสกัดที่ได้ค่อนข้างจะบริสุทธิ์

(partially purify) ได้ผลให้ yield เท่ากับ 1.03% อย่างไรก็ตามก็ตีผลผลิตของสารคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสกัดจากเปลือกทุเรียน พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับการสกัดสารเพคตินจากกากผลแอปเปิ้ล ซึ่งให้ yield 1.6% (62) หรือการสกัดสารเมือกจากขางมะตูม ซึ่งให้ yield 2.1% (2) และการสกัดสารคาร์โบไฮเดรตจากผลไม้และเปลือกผลไม้อื่น ๆ (4,5)

การเตรียมผงแห้งของสารสกัดเปลือกทุเรียน F II โดยวิธีการทำ Spray Dried การทำโดยเติมหรือไม่เติม Drying aid คือ maltodextrin จะได้ผลผลิตลักษณะคล้ายกันคือเป็นผงละเอียดสีขาวคล้ายแป้ง

2. การทดสอบและการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารสกัดเปลือกทุเรียน

คุณลักษณะต่าง ๆ จากการสังเกตด้วยตาเปล่า การดมกลิ่น และการชิมรส ของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ดังที่รายงานไว้ในตารางที่ 1 สารสกัด F I และ F II มีลักษณะเป็นของแข็ง มีกลิ่นค่อนข้างฉุน มีรสเปรี้ยวอมขม F I จะมีสีน้ำตาลอ่อน ในขณะที่ F II มีสีขาวนวล สารสกัดเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติที่พองตัวได้ในน้ำ F II จะได้เป็นของเหลวข้นหนืด ค่อนข้างใสไม่มีสี แต่ F I จะขุ่นและมีสีน้ำตาลอ่อน ทั้งนี้เนื่องจาก F I มีสารปนเปื้อนอื่น ๆ อยู่ด้วย ในขณะที่ F II ได้ผ่านขั้นตอนทำให้บริสุทธิ์บ้างแล้ว ลักษณะการละลายในน้ำของสารสกัดเปลือกทุเรียนจะแตกต่างจากเพคตินซึ่งพบมีลักษณะเป็นสารละลายมีตะกอนขุ่นขาว สารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียนในน้ำจะมีความหนืดมากกว่าสารละลายของเพคตินในความเข้มข้นที่เท่ากัน (ตารางที่ 1) สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ที่เตรียมโดยวิธี Spray Dried มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว มีกลิ่นน้อยมาก มีรสเปรี้ยวและไม่อมขม มีการละลายได้เร็วขึ้นเป็นของเหลวข้นหนืดเป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างใสไม่มีสี

2.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของธาตุ

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Elemental Analyzer วิเคราะห์ตัวอย่าง F I และ F II ไม่พบมีส่วนประกอบของ Nitrogen (N) อยู่เลย (ตารางที่ 2) จึงอาจกล่าวได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียนไม่ควรจะมีสาร

ประกอบพวกโปรตีน กรดอมิโน และพวก amino sugar เป็นส่วนประกอบ สารสกัด เบิลือกทุเรียนประกอบด้วยธาตุ Carbon (C) และ Hydrogen (H) อย่างไรก็ดี ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หา Oxygen (O) ส่วนประกอบของ C และ H ในสารสกัด เบิลือกทุเรียน F I และ F II ที่อบแห้งเอาความชื้นออกแล้วจะมีปริมาณของ H น้อยลง ในขณะที่มีปริมาณของ C มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ยังมีความชื้นอยู่ นั่นคือปริมาณน้ำ (H_2O) ที่ถูกกำจัดออกไป ทำให้ตัวอย่างแห้งมีปริมาณของ H ลดลง

2.2 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

การทดสอบปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ของสารสกัด F I และ F II ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

2.2.1 การทดสอบ Color test for carbohydrate

จากการทดสอบ Anthrone test และ Molisch's test ซึ่งเกิดปฏิกิริยากับหมู่ secondary alcohol ของน้ำตาล กับ mineral acid โดยที่กรดไปดึงน้ำ (dehydration) จากโมเลกุลของน้ำตาลได้เป็นสารพวก furfural ซึ่งน้ำตาลพวก aldohexose และ ketohexose จะให้ hydroxymethyl furfural ส่วนน้ำตาล pentose จะให้ furfural และสารพวก furfural นี้ จะทำปฏิกิริยา condensation ได้กับสาร anthrone (Anthrone test) ได้สารสีเขียว และกับสาร 1-naphthol (Molisch's test) ได้สารสีม่วงเกิดขึ้น (34) การทดสอบทั้ง 2 วิธีถ้าให้ผล \ominus ve test แสดงว่าไม่มีสารพวกคาร์โบไฮเดรต และจากผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 สารสกัด F I และ F II ให้ \oplus ve test กับทั้ง Anthrone test และ Molisch's test กับตัวอย่างทั้งก่อนและหลังทำ acid hydrolysis ด้วย N HCl ของ F I และ F II ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติทางเคมีของสารคาร์โบไฮเดรตใน F I และ F II การทดสอบกับ pectin และ gum arabic ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรตพบว่าให้ผล \oplus ve test เช่นเดียวกับ F I และ F II ทำให้อาจเสนอแนะว่า F I และ F II มีคุณสมบัติของการเป็นสารคาร์โบไฮเดรต

2.2.2 การทดสอบ Reduction test for carbohydrate

โดยการทดสอบปฏิกิริยา Fehling's test ซึ่งใช้เป็นวิธีการตรวจสอบสมบัติการเป็นสาร reduce ของน้ำตาล (reducing sugar test) โดยปฏิกิริยาของ oxidizing solution คือสารละลาย alkaline copper solution หลังจากย่นสารปฏิกิริยาในน้ำเคือด สารละลาย cupric sulfate ในต่างจะถูก reduce ด้วยน้ำตาลได้เป็นตะกอนสีเหลืองหรือแดงของ cuprous oxide (35) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นกับ functional group ของน้ำตาล aldose หรือ ketose โมเลกุลที่เป็นอิสระ ส่วนพวก polysaccharides จะไม่ทำปฏิกิริยา reduction ได้ เนื่องจาก functional group ของมันไม่เป็นอิสระจนกว่าจะถูกต้มไปนาน ๆ ในสารละลายต่างจะทำให้ polysaccharides สลายลงจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลอิสระจึงจะเห็นผล ⊕ ve test เกิดขึ้น ถ้าสารตัวอย่างมีน้ำตาลโมเลกุลอิสระหรือน้ำตาล reducing sugar อยู่จะแสดงผล ⊕ ve test ได้ภายใน 1/2-1 นาที ผลการทดสอบกับตัวอย่าง sucrose จะไม่ให้ ⊕ ve test แม้จะต้มจนถึง 5 นาที ทั้งนี้เนื่องจาก functional group (aldehyde และ ketone group) ของน้ำตาล sucrose ไม่เป็นอิสระ จากผลในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าสารสกัด F I และ F II ที่เป็นตัวอย่างหลังจากการทำ acid hydrolysis จะให้ ⊕ ve test กับ Fehling's test ภายใน 1 นาที ขณะที่สารละลายตัวอย่าง F I และ F II โดยตรงจะไม่ให้ผล ⊕ ve test แม้จะต้มจนถึง 5 นาที แสดงว่าสารสกัด F I และ F II หลังจากถูกย่อยด้วยกรดจะให้สารที่เป็นสาร reduce ได้ การทดลองกับ pectin และ gum arabic ซึ่งเป็น polysaccharides จะให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบสาร F I และ F II อาจกล่าวได้ว่า F I และ F II อาจเป็นสารพวก polysaccharide ชนิดหนึ่งซึ่งหลังจากการทำ acid hydrolysis แล้วมันสามารถแตกออกเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มี functional group เป็นอิสระ จึงทำให้แสดงผล ⊕ ve test กับ Fehling's test อย่างไรก็ตามวิธีการที่ทดสอบทั้งหมดคือ F I F II pectin gum arabic และ sucrose เมื่อต้มกับน้ำยา Fehling solution ไปนาน ๆ (>> 5 นาที) จะให้ผล ⊕ ve ทุกตัว แสดงว่ามีการแตกออกของโมเลกุลใหญ่ของ polysaccharide และ disaccharide จนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกิดขึ้นทำให้เกิด ⊕ ve test กับปฏิกิริยา Fehling's test ในขณะที่การทำ blank (มีแต่น้ำยา Fehling solution ไม่พบมีปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้น จากการทดลองอาจกล่าวได้ว่า F I และ F II น่าจะเป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่เป็น polysaccharide ชนิดหนึ่ง

2.2.3 การทดสอบ Iodine solution test for polysaccharides สารคาร์โบไฮเดรตพวก polysaccharide ของแป้งมีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาล glucose จะจับที่ตำแหน่งของ (1 ---> 4) ต่อกันเป็นสายยาวเป็นเกลียว เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า helical coil structure โครงสร้างเช่นนี้สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำยา iodine โดยจะจับอย่างหลวม ๆ กับโมเลกุลของ iodine ได้เป็นสาร complex ซึ่งมองเห็นสีต่าง ๆ จากสีน้ำเงินจนถึงสีม่วง-แดง ขึ้นกับขนาดความยาวของสาย polysaccharide ดังนี้คือ helical coil structure ของแป้ง (amylose) จับกับ iodine จะให้สารสีน้ำเงิน (36) โครงสร้างของ amylose อาจเกิดจากการจับกันของโมเลกุล glucose จับกันเป็นสายยาวได้ตั้งแต่ 15-2,500 โมเลกุลต่อกันด้วย (1 ---> 4) เมื่อสายของน้ำตาลสั้นลง ๆ การเกิดสีกับ iodine จะค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นสีม่วงหรือแดงจนถึงไม่มีสี ตามลำดับ ถ้าสายของน้ำตาลสั้นลงเหลือ 24-30 โมเลกุล หรือมีการจับของ glucose ที่ branch point คือการจับ glucose ที่ตำแหน่ง (1 ---> 6) ที่ทุก ๆ 24-30 โมเลกุล ของ glucose โครงสร้างเช่นนี้เมื่อจับกับ iodine จะให้สารสีม่วงแดงเกิดขึ้น ได้แก่พวก amylopectin และเมื่อความยาวของสาย helical coil structure ลดลงเหลือเพียง 8-12 โมเลกุลของ glucose ได้แก่พวก glycogen ซึ่งมี branch point ทุก ๆ 8-12 โมเลกุลของ glucose เมื่อจับกับ iodine จะให้สารสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้น (62) เป็นต้น

จากการทดลองกับสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II พบว่าทำปฏิกิริยากับน้ำยา iodine ให้เป็นสารสีม่วงแดง (ตารางที่ 3) ในขณะที่สาร pectin และ gum arabic ไม่ให้ ⊕ ve test กับน้ำยา iodine จากผลที่ได้อาจเสนอแนะได้ว่า โครงสร้างของสารสกัดเปลือกทุเรียนอาจมีส่วนของ helical coil structure ประกอบอยู่ อาจมีการจับของโมเลกุลของน้ำตาล glucose ยาวอย่างน้อย 24-30 โมเลกุลหรืออาจมี branch point ที่ทุก ๆ 24-30 โมเลกุลของ glucose ในขณะที่ pectin และ gum arabic ไม่มีโครงสร้างเช่นนี้

2.2.4 การทดสอบ glycuronic acid ทำการทดสอบ โดยวิธีของ Tollen's naphthoresorcinol พวบน้ำตาล pentose, hexose และ hexouronate เมื่อนำมาต้มกับ HCl และ naphthoresorcinol จะเกิด ปฏิกิริยา condensation ให้เป็นสารมีสีต่าง ๆ และละลายได้ดีต่างกัน ใน ether สารสีม่วงเข้ม (deep purple) ที่เกิดจาก glycuronate จะละลายได้ดีใน ether ซึ่งจะอยู่ชั้นบน ส่วนชั้นล่างเป็นน้ำจะเกือบไม่มีสี และมีสีเรืองแสงสีเขียว (green fluorescence) ในชั้นน้ำ (17) จากผลในตารางที่ 3 พบว่า สารตัวอย่างจากเปลือกทุเรียน F I และ F II จะให้ \oplus ve test กับ Tollen's naphthoresorcinol เห็นชั้นสีม่วงเข้ม (deep purple) ชัดเจนในชั้นของ ether เช่นเดียวกับ gum arabic จะให้ \oplus ve test ส่วน pectin จะเห็นผล ไม่ชัดเจน

การทดสอบน้ำตาลพวก pentose โดยการทำให้ปฏิกิริยา Bial's orcinol test ปฏิกิริยา \oplus ve test ของน้ำตาล pentose จะได้ สารสีน้ำเงินอมเขียว แต่การทดสอบกับสาร F I และ F II จะเห็นสี \oplus ve test ไม่ชัดเจนในขณะที่สาร gum arabic จะให้ \oplus ve test ชัดเจนกว่า

การทดสอบ functional group พวก keto-group ของน้ำตาล ketose เช่น fructose โดยวิธี Seliwanoff test (34) ปฏิกิริยา \oplus ve test จะได้สารสีแดงอมส้มเข้ม พบว่าทั้ง F I และ F II ให้ผลไม่ชัดเจน สารละลาย F I หลังจากทำ acid-hydrolysis จะให้ผล \oplus ve test ไม่ชัดเจนจะเห็นสีส้มอ่อน ๆ ในขณะที่ F II ไม่ให้สี

จากผลที่ได้ทำให้เสนอแนะได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนน่าจะมีน้ำตาลพวก glycuronic acid เป็นส่วนประกอบ อาจจะไม่มีย้ำตาลพวก pentose หรือมีน้อยมาก ส่วนน้ำตาลพวก fructose อาจไม่มีหรือมีน้อยมากในสารสกัดเปลือกทุเรียนโดยเฉพาะใน fraction F I

2.2.5 Precipitation test เป็นการทดสอบคุณสมบัติ การตกตะกอนของสารคาร์โบไฮเดรต พวก polyuronides ได้แก่พวก pectin และ gum arabic ซึ่งจะตกตะกอนในสารละลาย alcohol จากผลการทดลองใน

ตารางที่ 4 จะเห็นว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II จะตกตะกอนเป็นวุ้นแข็งกับ 95% alcohol เช่นเดียวกับ pectin ในขณะที่ gum arabic จะตกเป็นตะกอนละเอียด ปฏิกริยากับเกลือของโลหะหนักพวก Lead acetate Ferric chloride และ Thorium nitrate จะเห็นว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน และ pectin จะทำปฏิกิริยาเป็นตะกอนวุ้นแข็งกับ Lead acetate และ Ferric chloride ส่วน Thorium nitrate จะเกิดเป็นตะกอนวุ้นเบา ๆ กับสารสกัดเปลือกทุเรียน แต่จะเป็นตะกอนวุ้นแข็งกับ pectin การตกตะกอนวุ้นแข็งกับ Thorium nitrate ใช้เป็นวิธีการทดสอบ pectin วิธีหนึ่ง (38) ส่วน gum arabic จะเกิดตะกอนละเอียดกับสารละลายเกลือของโลหะหนักที่ทดสอบทั้งหมด

จากการทดลองนี้ทำให้เสนอแนะว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติที่แตกต่างไปจากสารพวก pectin และ gum arabic และอาจมีสารประกอบพวก polyuronide ประกอบอยู่ด้วย

2.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุ

พบมีส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ หลายอย่างในสารสกัดเปลือกทุเรียน จากผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6 แร่ธาตุเกือบทุกชนิดคือ K Na Mg พบมีอยู่ใน F I มากกว่าใน F II ยกเว้น Ca จะพบมีใน F II มากกว่า (ตารางที่ 5) การทำให้บริสุทธิ์จะช่วยกำจัดแร่ธาตุต่าง ๆ ออกไปในขณะที่ Ca อาจเป็นส่วนประกอบหลักของสารสกัดเปลือกทุเรียนซึ่งอาจเป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปของเกลือแคลเซียม จะพบว่าแร่ธาตุ K จะมีอยู่มาก มีถึง 2% ใน F II และ 5% ใน F I แร่ธาตุส่วนน้อยได้แก่ Mn Fe Cu Zn Al และ Si พบในปริมาณเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ในสารสกัดเปลือกทุเรียน พบว่าใน purified fraction (F II) จะมีแร่ธาตุเหล่านี้ลดลง มี Pb น้อยกว่า 0.08 ppm ในสารสกัดเปลือกทุเรียน และไม่พบมีสาร Arsenic (As) (ตารางที่ 6) ได้มีผู้ทำการวิเคราะห์พบว่าในเนื้อและเปลือกทุเรียนมีสาร As อยู่ แต่สารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนในการวิจัยนี้ไม่พบมีสาร Arsenic

2.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำตาล

การตรวจชนิดของน้ำตาลที่ประกอบอยู่ในสารสกัดเปลือกทุเรียน ได้ทดสอบเบื้องต้นด้วยวิธีแยกน้ำตาลด้วย Thin Layer Chromatography (TLC) บน Silica gel เปรียบเทียบ spot ของน้ำตาลที่แยกได้จากสารละลาย hydrolyzate ที่ได้จากการทำ acid hydrolysis ของสารสกัด F I และ F II ด้วย H_2SO_4 จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าน้ำตาลที่พบใน F I และ F II มี spot ที่ตรงกับ Standard น้ำตาล rhamnose glucose และ galactose อย่างไรก็ตามน้ำตาลพวก glycuronic acid มองเห็นไม่ชัดเจน

ได้ทำการวิเคราะห์ซ้ำโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) แยกน้ำตาลจาก hydrolyzate ของ F I (รูปที่ 7,8) และ F II (รูปที่ 5,6) พบว่าด้วยเครื่อง HPLC จะแยกน้ำตาลใน F II ได้เป็น 3 peak ที่ retention time 2.76, 3.45 และ 4.13 (รูปที่ 5) ซึ่งตรงกับ Standard Rhamnose Arabinose และ Glucose ตามลำดับ ดังผลที่แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งได้เพิ่มความเร็วกวของกระดาษ record ให้วิ่งเร็วเป็น 5 เท่าของรูปที่ 5 เพื่อจะได้มองเห็นลักษณะของ peak ได้ชัดเจนขึ้น เมื่อเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลใน F II จาก peak height กับ Standard จะมีปริมาณเท่ากับ 0.013 มก, 0.013 มก. และ 0.38 มก. ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าใน F II มีน้ำตาลที่ตรงกับ Standard Rhamnose : Arabinose : Glucose เท่ากับ 1 : 1 : 3

การแยกน้ำตาลของ hydrolyzate จาก F I (รูปที่ 7,8) จะเห็นว่าจาก HPLC สามารถแยกน้ำตาลใน F I ได้ทั้งหมด 4 peak (รูปที่ 7 (a)) ที่มี retention time เท่ากับ 2.69, 3.39, 3.68 และ 4.06 ซึ่งจะตรงกับ Standard Rhamnose (รูปที่ 7 (b)) Fructose (รูปที่ 7 (c)) Arabinose (รูปที่ 8 (b)) และ Glucose (รูปที่ 8 (c)) ตามลำดับ ในรูปที่ 7 และ 8 ได้ขยายรูปของ peak ให้กว้างขึ้นเพื่อให้เห็นชัดเจนโดยเพิ่มความเร็วกวของ paper speed ให้เร็วเป็น 5 เท่าของรูปที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของน้ำตาลใน F I จาก peak height กับ Standard จะมีปริมาณ

เท่ากับ 0.021 มก, 0.021 มก., 0.013 มก. และ 0.184 มก. ตามลำดับ
 อาจกล่าวได้ว่าใน F I มีน้ำตาลที่ตรงกับ Standard Rham : Ara : Fru :
 Glu เท่ากับ 2 : 2 : 1 : 18

2.5 การหาปริมาณส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต ความชื้น (moisture) เถ้า (Ash) และเส้นใยอาหาร (Crude fiber) จากผลใน ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณของ total carbohydrate ในสารสกัด F I และ F II เท่ากับ 9.20% และ 9.49% ตามลำดับ มีความชื้น 9.10% และ 12.00% ตามลำดับ มี เถ้า 54.76% และ 41.45% ตามลำดับ ไม่พบมีเส้นใยอาหารใน สารสกัดเปลือกทุเรียน เช่นเดียวกับที่ไม่พบมีใน pectin ส่วนการวิเคราะห์ คาร์โบไฮเดรตในการทดลองนี้ วิเคราะห์โดยวิธี Manual Clegg Anthrone Method (45) โดยวัดความเข้มของสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลกับ anthrone reagent โดยเทียบกับ Standard glucose ปฏิกิริยาจะให้สารสี เขียวเกิดขึ้น พวงน้ำตาล hexose เช่น glucose จะให้สารพวก hydroxy methyl furfural ในขณะที่น้ำตาล pentose จะให้สาร furfural และน้ำตาล methyl pentose ได้แก่ rhamnose จะให้สาร methyl furfural เมื่อน้ำตาลต่าง ๆ เหล่านี้ถูกตั้งน้ำ (dehydration) ออกจากโมเลกุลของมันด้วย กรดกำมะถันเข้มข้น และสารพวก furfural จะทำปฏิกิริยากับ anthrone reagent ทำให้ได้ condensation product ที่มีลักษณะของสีและความเข้มของ สีที่มีความจำเพาะต่าง ๆ กัน การตรวจสอบสารคาร์โบไฮเดรตพวกแป้งซึ่งประกอบด้วย น้ำตาล glucose ด้วยวิธีนี้จะได้ผลที่มีความถูกต้องดีกว่าพวกคาร์โบไฮเดรตที่มี ส่วนประกอบของน้ำตาลอื่น ๆ อยู่ด้วยนอกเหนือจาก glucose ดังนั้นในการมีของ สารสกัดเปลือกทุเรียนนี้ผลที่ได้ อาจไม่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงนัก เนื่องจาก โมเลกุลของมันไม่ได้มีแต่ glucose เพียงเท่านั้น จึงทำให้ได้ผลค่อนข้างต่ำ และยัง พบว่าได้ค่าต่ำกว่าการตรวจวิเคราะห์ใน pectin อย่างไรก็ดีในสารสกัดเปลือก ทุเรียนจะมีถ้าอยู่สูงมากและพบว่ามีส่วนประกอบของแร่ธาตุอยู่สูงมากด้วย ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกัน ใน F II จะมีปริมาณของ moisture สูงกว่า F I ทั้งนี้ อาจเนื่องจากลักษณะของ F II จะเป็นของแข็งและทำให้แห้งได้ยากกว่า F I

2.6 การทดสอบการย่อยด้วยเอ็นไซม์

จากผลที่ได้พอจะสรุปว่า สารสกัดเปลือกทุเรียนอาจจะมีโครงสร้างบางส่วนที่เกิดจากการต่อกันของโมเลกุล glucose ที่ตำแหน่ง (1 ---> 4) ได้เป็นสาย glucose เป็นเกลียว (helical coil structure) ยาว 24-30 โมเลกุลของ glucose ถ้าเป็นเช่นนี้ย่อมจะมีความจำเพาะเช่นเดียวกับพวกแป้งที่สามารถย่อยได้ด้วยเอ็นไซม์ amylase ซึ่งมีความจำเพาะจะตัดสายของ glucose ที่จับกันด้วย (1 ---> 4) จากภายใน แป้งพวก amylose จะถูกตัดด้วย amylase จนได้เป็น glucose และ maltose ส่วน polysaccharide ที่ branch chain ซึ่งจับกันด้วย (1 ---> 6) จะไม่ถูกตัดโดย amylase จึงไม่ถูกย่อยได้หมดเช่นเดียวกับ amylose เพื่อพิสูจน์เรื่องนี้จึงต้องทดสอบดูความสามารถการย่อยด้วยเอ็นไซม์ amylase จากน้ำลาย จากผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนถูกย่อยได้บางส่วนด้วย amylase ในขณะที่แป้งสามารถย่อยหมดสมบูรณ์จนได้เป็นน้ำตาล glucose ภายในเวลา 10 นาที อย่างไรก็ตาม สารสกัดทั้ง F I และ F II สามารถถูกย่อยจนได้โมเลกุลสั้นลงจนไม่ให้สีกับน้ำยา iodine แต่ไม่ถูกย่อยจนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สามารถทำปฏิกิริยารีดักชัน กับ Fehling's test ได้ ทำให้เสนอแนะได้ว่าสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนสามารถถูกย่อยได้เพียงบางส่วนด้วยเอ็นไซม์ amylase จากน้ำลาย

2.7 การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ

2.7.1 การตรวจสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ของสารสกัดจากเปลือกทุเรียน ดังที่บรรยายความแตกต่างไว้ในตารางที่ 1 พบว่า F II จะค่อนข้างแข็งและเหนียวกว่า F I ซึ่งเปราะกว่า F II จะทำให้แห้งได้ยาก การทำให้สารที่สกัดบริสุทธิ์ขึ้นจะได้เป็นของแข็งค่อนข้างใส เมื่ออบเป็นผงจะมีสีค่อนข้างขาว (F II) สารสกัดทั้ง F I และ F II จะมีรสเปรี้ยวอมขม และกลิ่นจำเพาะค่อนข้างจืด เมื่อนำ F II ไปละลายในน้ำ แล้วทำ Spray Dried จะได้เป็นผงละเอียดสีขาวเหมือนแป้ง มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ไม่มีรสขมเหลืออยู่

2.7.2 การตรวจจากรูปร่างและขนาดของผงสารสกัดเปลือกทุเรียนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโดยเครื่อง Scanning Electron Microscope และดูภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า และ 1500 เท่า (ตัวอย่าง F II จากการทำให้ spray dried) เปรียบเทียบกับสารอื่น ๆ ได้แก่ pectin, carboxy methyl cellulose (CMC) และ cellulose จะมองเห็นความแตกต่างของรูปร่างและขนาดของ F I, F II (รูปที่ 9) และ F II จาก Spray Dried (รูปที่ 10) กับรูปร่างของ Pectin (รูปที่ 11) CMC และ cellulose (รูปที่ 12) ได้อย่างชัดเจน จะเห็นได้ว่า F I และ F II จะมีรูปร่างไม่ต่างกัน มีทั้งลักษณะที่เป็นก้อนค่อนข้างกลมและ fiber ยาว ขนาดของ F II จะใหญ่กว่า F I และตัวอย่าง F II จาก spray dried จะมีรูปร่างคล้ายฟองอากาศมีขนาดเล็กต้องใช้กำลังขยายถึง 1500 เท่า จึงจะเห็นได้ชัดเจน มีรูปร่างกลมกลวง ขนาดประมาณ 2-10 ไมครอน

2.7.3 การดูคุณสมบัติการหลอมเหลวหรือสลายตัวโดยวัดจุด melting-point หรือจุด decompose ของผงสารสกัดเปลือกทุเรียนจะไม่พบมีจุดหลอมเหลวเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึง 174-176 °C (ตารางที่ 1) จะสังเกตเห็นการไหม้โดยเริ่มการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นจนเกือบดำในที่สุดซึ่งเกิดจากการ decompose ของสาร

2.7.4 การละลายในน้ำของสารสกัดเปลือกทุเรียน พบว่ามี การพองตัวในน้ำเป็นสารชั้นหนืด สารละลายในน้ำของ F I มี pH 5.8 ส่วน F II มี pH 2.8 (ตารางที่ 1) ทั้งนี้อาจเกิดจากกระบวนการของการสกัดสาร เนื่องจากการสกัด F II มีการใช้ acid-alcohol ช่วยการสกัด อย่างไรก็ตาม การสกัดทุกครั้งจะได้ผลเช่นนี้ซึ่งอาจเป็นคุณสมบัติจำเพาะของ F II

2.7.5 เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกทุเรียนจะพองตัวและเป็นของเหลวชั้นหนืดในน้ำสามารถวัดความหนืดได้ พบว่าในความเข้มข้น 3% สารสกัด F II จะมีความหนืด 207.6 cps หนืดกว่าสารสกัด F I ซึ่งวัดความหนืดได้ 130.6 cps สารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง 2 fraction มีความหนืดมากกว่า pectin ในความเข้มข้นเท่ากันซึ่งวัดได้เพียง 79.4 cps ลักษณะของสารละลาย

ของ F II จะค่อนข้างใสและข้นหนืดเมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้น (4-5%) จะคล้ายเจล ในขณะที่ F I จะมีตะกอนมากกว่าหนืดน้อยกว่า และจะต่างจากเพคตินคือเพคตินมีตะกอนขาวขุ่นและหนืดน้อยกว่า

3. คุณสมบัติทางกายภาพสารแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน

3.1 การทดสอบคุณสมบัติของความหนืด

คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของสารเพิ่มความหนืดเมื่อเตรียมเป็นสารละลายในน้ำจะมีลักษณะเป็นคอลลอยด์ เรียกว่า ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) มีประโยชน์นำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนและประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ ด้วย กลไกในการเพิ่มความหนืดของสารเพิ่มความหนืดเกิดได้โดยการเคลื่อนที่ของน้ำ โดยมีวิธีการ 2 แบบดังนี้ คือ เกิดการรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำได้เป็น hydrogen bonding และเกิดโดยโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างของสาร (63) การทดลองกับสารสกัดเปลือกทุเรียน เมื่อเตรียมเป็นสารละลายในน้ำ พบว่ามีความหนืด ซึ่งอาจเกิดจากกลไกความหนืด วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ผลการทดลองความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เปรียบเทียบกับเพคติน พบว่ามีค่าของความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9) และในความเข้มข้นที่เท่ากันสารสกัด F II จะมีความหนืดมากกว่า F I และเพคติน ตามลำดับ การที่ F II มีความหนืดมากกว่า F I อาจเป็นเพราะมีความบริสุทธิ์ที่กว่า สารเจือปนใน F I อาจทำให้ความหนืดลดลงได้ (63) อย่างไรก็ตามสารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารจากธรรมชาติเช่นเดียวกับเพคติน แต่พบมีลักษณะของสารละลายและมีความหนืดมากกว่าเพคติน

3.2 การทดสอบคุณสมบัติการไหลของสารสกัดเปลือกทุเรียน

สารแขวนตะกอนที่ดีควรมีความหนืดสูงเมื่อตั้งทิ้งไว้ และเมื่อเขย่าควรมีความหนืดลดลงทำให้เทออกได้ง่าย ดังนั้นการจะเลือกใช้สารแขวนตะกอนควรต้องศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการไหลของสารแขวนตะกอน ผลการทดลองศึกษาคุณสมบัติการไหลของสารสกัดเปลือกทุเรียน ในตารางที่ 10 พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง F I และ F II จะมีความหนืดลดลง เมื่อเพิ่มค่า rate of shear

การเขียนกราฟระหว่าง rate of shear กับ shearing stress จะได้กราฟเส้นโค้งดังรูปที่ 13 ลักษณะของเส้นกราฟแสดงถึงคุณสมบัติการไหล เป็นแบบ pseudoplastic (11) ดังนั้นเมื่อพิจารณาคคุณสมบัติของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ในเรื่องคุณสมบัติของการไหลแล้ว สามารถจัดสารสกัดเปลือกทุเรียนไว้ในกลุ่มสารที่มีการไหลเป็นแบบ non - newtonian ชนิด pseudoplastic ซึ่งเป็นสารพวกหนึ่งที่ยอมรับมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนที่ดีในยาฆ่าแมลงตะกอน

4. ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดของสารสกัดเปลือกทุเรียน

4.1 อิทธิพลของความร้อนต่อการพองตัว

สารพวกไฮโดรคอลลอยด์ เมื่อโปรยลงในน้ำอาจเกิดการละลายหรือพองตัวในน้ำได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด จากการทดลองดูความสามารถของการพองตัวของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เปรียบเทียบกับเพคตินตามผลในตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันสารสกัด F I F II และเพคติน จะพองตัวในน้ำได้ช้าและพองตัวได้ไม่หมดเช่นเดียวกัน อาจเป็นไปได้ว่าสารพวกนี้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารกับโมเลกุลของน้ำเฉพาะผิวรอบนอก น้ำจะซึมผ่านโมเลกุลรอบนอกเข้าไปได้ช้า ทำให้เกิด hydration ไม่หมด แต่เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ในน้ำนาน 24 ชม. โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปแทรกในระหว่างโมเลกุลของสารได้ทั่วถึงและเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารและโมเลกุลของน้ำสูงเกิดการ solvation ขึ้น ได้เป็นสารละลายของสารที่ละลายได้หมดและการที่สารสกัดเปลือกทุเรียนมีการพองตัวในน้ำที่อุณหภูมิ 15 °ซ 32 °ซ และ 100 °ซ ไม่ต่างกันมากนัก แสดงถึงว่าที่อุณหภูมิสูงมีแรงดึงดูดของน้ำยังไม่ลดต่ำลงมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่เข้าไปได้มาก และไม่สามารถทำให้สารสกัดเปลือกทุเรียนพองตัวและละลายได้หมดทันที

4.2 อิทธิพลของความร้อนต่อความหนืด

จากการนำสารละลายของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ไปทำให้ร้อนถึง 75 °ซ และ 100 °ซ พบว่าจะทำให้มีความหนืดลดลงตามผลที่ได้ในตารางที่ 12 จะเป็นสัดส่วนผกผันกับอุณหภูมิ เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะไม่ทำให้

ความหนืดเพิ่มเท่าเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนมีผลทำให้เสียความหนืดไป เช่นเดียวกับสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดจากธรรมชาติก็พบว่ามีคุณสมบัติเช่นนี้ ทั้งนี้ อาจเกิดจากความร้อนไปทำลายโครงสร้างของสารซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยไปทำให้เกิด depolymerization หรือ hydrolysis ก็ได้ (64)

4.3 อิทธิพลของ pH ต่อความหนืด

สารพวกไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติโดยทั่ว ๆ ไป จะมีความหนืดคงตัวในช่วง pH ค่อนข้างแคบ ถ้าที่ pH สูงหรือต่ำกว่านี้ ความหนืดจะลดลงเห็นได้ชัด แต่ถ้าเป็นพวกไฮโดรคอลลอยด์จากการสังเคราะห์จะมีความคงตัวในช่วง pH กว้างกว่า (11) จากผลการทดลองในตารางที่ 13 และ 14 จะแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ pH จะมีผลต่อความหนืดและความคงตัวของสภาพของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II ความหนืดและความคงตัวของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II มีค่าสูงสุดที่ pH 5 และ pH 3 ตามลำดับที่ pH ต่ำหรือสูงกว่านี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเกิดขึ้นและความหนืดจะลดลงมากที่ pH สูงกว่า 7 ขึ้นไป สารสกัดเปลือกทุเรียนจึงมีความคงตัวของความหนืดในช่วง pH แคบเช่นเดียวกับสารพวกไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติอื่น ๆ

5. ความเข้ากันได้กับสารต่าง ๆ ของสารสกัดเปลือกทุเรียน

5.1 อิเล็กโทรไลต์

สารพวกไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติ ส่วนมากจะมีประจุอยู่บนอนุภาค การที่สารพวกนี้คงตัวอยู่ได้ก็เนื่องจากการเกิด solvation และการมีประจุอยู่บนอนุภาคของคอลลอยด์ ดังนั้นสารพวกไฮโดรคอลลอยด์จะตกตะกอนได้เมื่อมีการเติมอิเล็กโทรไลต์ซึ่งมีความเข้มข้นมากพอที่จะลด zeta potential และอนุภาคของคอลลอยด์ เกิดการขาดน้ำเนื่องจากอิออนที่เติมเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำมากกว่า จากการทดลองพบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนมีความเข้ากันได้กับโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต (ตารางที่ 15) แสดงว่าการเติมอิเล็กโทรไลต์ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งจัดเป็นกลุ่มอิเล็กโทรไลต์ที่มีประจุเดียว ยังมีความเข้มข้นไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการตกตะกอนได้

ซึ่งเป็นไปตามอนุกรมของ Hofmeister ที่ว่า อิออนจะมีความสามารถทำให้คอลลอยต์ตกตะกอนมากหรือน้อยจะขึ้นกับประจุอิออน (65) สำหรับสารละลายอีเอ็มตัวแคลเซียมคลอไรด์เมื่อเติมลงในสารละลายสารสกัดเปลือกทุเรียน 40% โดยปริมาตรดังผลในตารางที่ 15 จะเกิดการตกตะกอนเป็นเจลขึ้น การตกตะกอนเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจาก แคลเซียมอิออนอาจทำให้เกิดการเชื่อมโยง (crosslink) กันกับสายยาวของโมเลกุลของสารสกัดเปลือกทุเรียนทำให้เกิดเป็นร่างแหหรือตาข่ายของโมเลกุลยาว ๆ ได้มากขึ้น และสามารถกักโมเลกุลของน้ำได้มากจนทำให้เกิดความข้นหนืดมีลักษณะเป็นเจลเกิดขึ้น

5.2 ตัวอย่างละลาย

ผลที่ได้จากการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 16 อาจกล่าวได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียนสามารถรวมกับตัวทำละลายกลีเซอริน และซอร์บิทอล โดยไม่เกิดปฏิกิริยาใด ๆ แม้จะเติมลงไปในปริมาณค่อนข้างสูงถึง 1 เท่า แสดงว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนสามารถเข้ากันได้ดีกับตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดนี้ ถึงแม้ว่ากลีเซอรินและซอร์บิทอลจะมีคุณสมบัติในการดูน้ำได้ก็ตาม แต่ก็ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยา salting out แต่สารสกัดเปลือกทุเรียนจะเกิดการตกตะกอนได้เมื่อเติมแอลกอฮอล์ตั้งแต่ร้อยละ 10 จะเห็นเป็นตะกอนวุ้นเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่แอลกอฮอล์ไปดึงน้ำออกจากโมเลกุลของสารสกัดเปลือกทุเรียนทำให้เกิดปฏิกิริยา solvation ถูกทำลายไป

5.3 สารกันบูด

การทดลองที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 17 อาจกล่าวได้ว่าสารกันบูดทั้ง 2 ชนิด คือ กรดเบนโซอิก และสารผสมพาราเบน สามารถเข้ากันได้กับสารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง F I และ F II และเพคติน มองไม่เห็นความแตกต่างด้วยตาเปล่าและจากการวัดความหนืด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าสารกันบูดและสารแขวนตะกอนมีค่าความเป็นกรด-ต่างอยู่ในช่วงของความเป็นกรด จึงไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาของกรด-ต่าง อย่างไรก็ตามในครั้งแรกของการหยดสารกันบูดของสารผสมพาราเบนลงในสารละลายของสารแขวนตะกอนจะพบการเกิดตะกอนวุ้นขาวขึ้นเล็กน้อย และเมื่อเขย่าจะกระจายตัวและเจือจางอย่างรวดเร็วและเข้ากันได้

6. คุณสมบัติการแขวนตะกอนของสารสกัดเปลือกทุเรียน

จากการประเมินความสามารถในการแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตของสารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II เปรียบเทียบกับสารแขวนตะกอนเพคติน โดยใช้ตัวรับแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผสมน้ำและไม่มีสารแขวนตะกอนเป็นตัวควบคุม (control) พบว่ามีค่าปริมาตรของการตกตะกอนเท่ากับ 1.0 (ตารางที่ 18) การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ในความเข้มข้นร้อยละ 1.0 จะได้ผลเช่นเดียวกับการใช้เพคตินเป็นสารแขวนตะกอน จากผลที่ได้แสดงว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II มีความสามารถแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตได้หมดเช่นเดียวกับสารแขวนตะกอนเพคติน (50) ส่วนการทดลองกับสารสกัดเปลือกทุเรียน F I พบว่า แม้จะใช้ในความเข้มข้นถึงร้อยละ 1.0 แล้วก็ตามจะสามารถแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตได้นาน 24 ชม. และเมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีบางส่วนของผงยาแคลเซียมคาร์บอเนตตกตะกอนลงมาทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารสกัดเปลือกทุเรียน F I มีประสิทธิภาพไปดูดซึมที่ผิวของอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ผงยารวมตัวกันใหญ่ขึ้นเป็น floccule และตกตะกอนลงมาได้ แต่ตะกอนนี้สามารถกลับกระจายตัวได้ง่ายเมื่อเขย่า กลไกของการแขวนตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตหรือการเพิ่มความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตนี้ สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากการเพิ่มความหนืดของตัวกลางของยาน้ำแขวนตะกอนเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดเปลือกทุเรียนขึ้นจนกระทั่งค่าปริมาตรของการตกตะกอนมีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่ใช้จนได้ค่าปริมาตรของการตกตะกอนที่ได้ผลดีจากการทดลองนี้อาจเหมาะกับเฉพาะผงยาแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่ใช้ในการทดลองเท่านั้นแต่อาจไม่เหมาะสมกับผงยาตัวอื่น ๆ ก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของขนาดและความหนาแน่นของอนุภาคของตัวยาน้ำ

7. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน

การศึกษาคุณสมบัติของการเป็นสารแขวนตะกอนของสารสกัดจากเปลือกทุเรียนได้มีการศึกษาในรายละเอียดไว้แล้ว (12) สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารจากธรรมชาติได้จากพืชเช่นเดียวกับเพคติน เป็นสารที่พองตัวได้ในน้ำและมีความหนืดจะใช้เวลาในการพองตัวเต็มที่ ความร้อนจะมีผลทำให้ความหนืดลดลง การให้ความร้อนสูงเกินไปอาจทำให้เกิดการสลายของสารทำให้ไม่กลับหนืดเหมือน

เดิมเมื่อทำให้เย็นลง (64) ความหนืดจะลดลงที่ pH สูงมากกว่า 7 ขึ้นไป (12) สารสกัดเปลือกทุเรียนสามารถเข้ากันได้ดีกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นส่วนใหญ่ที่เป็น monovalence ion สารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้เกิดการเป็นเจลขึ้นอาจเป็นเพราะความเป็น divalene ion ของ Ca^{2+} ไปทำให้มีการเกิด crosslink ของโมเลกุลของสารสกัดเปลือกทุเรียนทำให้มีลักษณะของเจลเกิดขึ้นตัวทำละลายในน้ำกระสายยาส่วนใหญ่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ alcohol จะทำให้เกิดเป็นเจลได้ สารกันบูดสามารถเข้ากันได้กับสารสกัดเปลือกทุเรียน

สารสกัดเปลือกทุเรียนเมื่อพองตัวเป็นสารละลายในน้ำจะเป็นของเหลวชั้นหนืดมีคุณสมบัติการไหลจัดอยู่ในกลุ่ม Non-newtonian เป็นแบบ pseudoplastic (12) ซึ่งเป็นคุณสมบัติการไหลของสารแขวนตะกอนที่ตีแบบหนึ่ง สารของเหลวพวกนี้เมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีความหนืดสูง แต่เมื่อเขย่าจะมีความหนืดลดลง เมื่อดูจากคุณสมบัติการไหลเช่นนี้อาจคาดได้ว่าสารสกัดจากเปลือกทุเรียนอาจนำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนที่ดีได้ในยาน้ำแขวนตะกอน

7.1 ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำแขวนตะกอน

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin

โดยเปรียบเทียบตำรับยาน้ำแขวนตะกอนที่เตรียมขึ้นหลาย ๆ ตำรับโดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทน pectin และ tragacanth ในสูตรตำรับยาน้ำแขวนตะกอน จากผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 19 พบว่าการใช้ F I และ F II แทน pectin อย่างเดียวโดยมี tragacanth คือ K-F I T และ K-F II T จะได้ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนที่มีลักษณะไม่แตกต่างจากตำรับ standard นอกจากตำรับ K-F I T จะหนืดน้อยกว่าและเห็นมีจุดไขปนลาที่ผนังด้านในของขวดเวลาเอียงขวดในเนื้อยาเกาะเป็นฟิล์มข้างขวด ส่วนตำรับ K-F I และ K-F II จะได้ตำรับยาที่มีเนื้อละเอียดเนียนกว่า การจับเป็นก้อนของตะกอนในตำรับ K-F II เกิดขึ้นน้อยกว่าตำรับ Standard ส่วน K-F I ยังคงเห็นจุดไขปนลา ยาเตรียมเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ จะขาวขึ้น ผงยาละเอียด เนื้อเนียน เขย่าแล้วกลับกระจายตัวได้ง่าย หลังจากตั้งทิ้งไว้ 60 วัน จะเกิดการ

ตกตะกอนหนอนกันแยกชั้นเห็นชัดเจนมีน้ำส่วนบนใส (ตารางที่ 19) ตำรับที่มี F I จะมีสีเหลืองอ่อนจาง ๆ จากการประเมินค่า Sedimentation Volume, Dense of sediment และ Redispersibility จะเห็นตำรับที่ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนจะมีการตกตะกอนมากกว่า standard คือมีค่า Sedimentation Volume (F) น้อยกว่า (ตารางที่ 25) อย่างไรก็ตามเตริยมสามารถช่วยให้กลับกระจายตัวได้ไม่ยาก โดยเฉพาะตำรับที่ใช้ F I จะกลับกระจายตัวได้ดีมากและมีเนื้อยาเป็นผงละเอียดเนียน จะมีข้อเสียคือมองเห็นมีจุดไขปนลา ทุกตำรับมีตะกอนของตัวยามีไม่เกาะกันแน่นมาก (ตารางที่ 26) จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่าสามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอนได้ดีในตำรับยา Kaolin Mixture with Pectin โดยสามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนแทน pectin และ tragacanth ได้

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตริยมตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin and Pectin Suspension (12) ที่ดัดแปลงจากสูตรของ NF XIII พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจเช่นเดียวกันเมื่อใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนแทน pectin

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

เปรียบเทียบการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน CMC ในตำรับยา พบว่าลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion ดังที่บรรยายไว้ในตารางที่ 20 จะเห็นว่าตำรับยาที่เตริยมเสร็จใหม่ ๆ ของตำรับที่ใช้ F II (C-F II) จะดีเช่นเดียวกับตำรับ standard ตัวยามีความหนืดมีผงขาละเอียดเนียน ส่วนตำรับที่ใช้ F I (C-F I) เนื้อยาจะข้นหนืดน้อยกว่าและมีสีต่างจาก standard โดยมีสีออกชมพูม่วง ตำรับยาเมื่อตั้งทิ้งไว้ 14 วันจะยังคงรูปเดิมและกลับกระจายตัวได้ง่ายเทออกสะดวก แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ตำรับ C-F II จะแห้งเป็นเจลไม่สามารถเทออกได้ ส่วน C-F II-1.0 ซึ่งมี F II แทน CMC ใช้ในขนาด 1.0 กรัม (ในตำรับมี CMC 1.5 กรัม ในยาน้ำ 50 มล.) จะเกิดขึ้นตะกอน 2 ชั้น ซึ่งชั้นล่างจะแห้งแข็งเขาไม่กระจายตัวในขณะที่ชั้นบนเขาให้กระจายตัวได้ อย่างไรก็ตามตำรับยาที่ใช้ F I (C-F I) เมื่อตั้งทิ้งไว้ 60 วันจะมีการตกตะกอนเกิดขึ้นมีค่า

Sedimentation Volume ต่ำมาก มีน้ำส่วนบนใสมีสีน้ำตาลเข้ม และตะกอนสามารถเขย่าให้กลับกระจายตัวได้ง่าย ลักษณะของตะกอนไม่เกาะกันแน่นมาก ซึ่งต่างจากตำรับที่ใช้ F II ตะกอนจะเกาะกันเป็นเจลแข็งเทไม่ออก

จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนใช้ได้ไม่ดีในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน ๆ คุณสมบัติของยาจะเปลี่ยนรูปไป F I อาจใช้ได้ดีแต่จะมีสีที่ผิดไป อาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนอาจเข้ากันไม่ได้กับตัวยาในตำรับ Calamin Lotion เนื่องจากสารประกอบของ Calamine เป็นพวก Zinc Oxide (ZnO) และ Ferric Oxide (66) ซึ่งสารพวก Ferric compound จะทำให้เกิดเป็นเจลกับสารสกัดเปลือกทุเรียนและนอกจากนี้ทั้ง Fe และ Zn เป็นสารที่เป็น di-trivalence ion อาจทำให้เกิดเป็นเจลกับสารสกัดเปลือกทุเรียน (12) จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนจะไม่เหมาะสมเป็นสารแขวนตะกอนในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion

ตำรับที่ 3 : Calamine Lotion BP. 1988

การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน bentonite ในตำรับยาน้ำ Calamine Lotion BP. 1988 พบว่าลักษณะของตำรับยาที่เตรียมได้ผลตั้งที่บรรจุยาไว้ในตารางที่ 21 จะเห็นว่าตำรับยาเตรียมเสร็จใหม่ ๆ จนถึง 8 วัน ตำรับที่ใช้ F II (C-F II) จะมีลักษณะดี เช่นเดียวกับตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมาตรฐาน (C-B) ตำรับยามีความข้นหนืดและมีผงขยาดละเอียดเนียน ส่วนตำรับที่ใช้ F I (C-F I) เนื้อยาจะข้นหนืดน้อยกว่าและมีสีต่างจากตำรับ C-B เมื่อตั้งทิ้งไว้เวลานาน 60 วัน พบว่าตำรับ C-F II ผงยาอัดกันแน่นเป็นก้อนไม่สามารถเขย่าให้กระจายตัวได้ ส่วนตำรับ C-F I แม้ว่าจะมีความสูงของตะกอนต่ำกว่า C-B และเมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวได้ใหม่ แต่มีลักษณะของตำรับไม่สวย และมีสีของน้ำส่วนบนเข้มขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้เวลานานขึ้น ทำให้ได้สีของตำรับผิดไปจากตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมาตรฐาน

จากผลที่ได้จากกล่าวได้ว่า การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในตำรับ Calamine Lotion BP. 1988 จะไม่ได้ผลดีและเมื่อตั้งทิ้งไว้วันาน ๆ คุณสมบัติของตำรับจะเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า F I อาจใช้ได้แต่จะมีสีผิดไป นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนอาจเข้ากันไม่ได้กับตัวยาในตำรับ Calamine Lotion เนื่องจาก Calamine เป็นสารประกอบพวก zinc oxide และ ferric oxide ซึ่งสารพวก Fe และ Zn ซึ่งเป็น polyvalence ion อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเจลกับสารสกัดเปลือกทุเรียนได้ (12) จึงจากกล่าวได้ว่า การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นสารแขวนตะกอนในตำรับยา Calamine Lotion BP. 1988

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion USP XXII

เปรียบเทียบการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F I และ F II แทนสารแขวนตะกอน bentonite magma ในตำรับยา Calamine Lotion USP XXII ลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอนทุกตำรับตั้งผลที่บรยายไว้ในตารางที่ 22 พบว่ายาน้ำแขวนตะกอนที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ จนถึง 8 วัน ตำรับที่ใช้ F I (C-F I) และตำรับที่ใช้ F II (C-F II) มีลักษณะของตำรับไม่สวยงามเท่ากับตำรับมาตรฐาน (C-B) ตำรับยาจะข้นหนืดน้อยและมีผงยาค่อนข้างหยาบกว่าตำรับ C-B และตำรับควบคุม (C-C) สีของเนื้อยาในตำรับ C-F I จะแตกต่างจากตำรับอื่น ๆ อาจเนื่องจากสีของสาร F-I เองทำให้ได้สีของยาน้ำแขวนตะกอนเข้มและต่างออกไป เมื่อตั้งทิ้งไว้วันาน 60 วัน ตำรับ C-F II จะเกิดการรตกตะกอนแข็งที่ก้นขวดและส่วนบนจะเกิดเป็นเจลทำให้ไม่สามารถเทออกจากขวดได้ ส่วนตำรับ C-F I ที่ใช้ F I ความเข้มข้น 1.25% ผงยาจะเกาะกันค่อนข้างแน่นแต่สามารถเทออกได้ การใช้ 2% F II ในตำรับ C-F I (2.0%) จะเกิดตะกอนอัดแข็งและเป็นเจล ไม่สามารถจะเทออกจากขวดได้ จากผลที่ได้จากกล่าวได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนทั้ง F I และ F II ไม่เหมาะสมใช้ในตำรับ Calamine Lotion USP XXII ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสูตรตำรับนี้ค่อนข้างไปทางด่างเนื่องจากน้ำกระสายยาที่ใช้ในตำรับเป็นน้ำปูนใส (calcium hydroxide solution) จึงทำให้คุณสมบัติของสารสกัดเปลือกทุเรียนซึ่งจะมีความคงตัวดีที่ pH เป็นกรดเสียคุณสมบัติไป (12) นอกจากนี้ น้ำปูนใสและตัวยาสำคัญคือ calamine และ zinc oxide ในตำรับยังเป็นสารพวก

polyvalence ion ซึ่งจะทำให้สารสกัดเปลือกทุเรียนเกิดเป็นเจลได้ (12) จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนไม่เหมาะสมจะใช้เป็นสารแขวนตะกอนในตำรับยา Calamine Lotion BP. 1988

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

การเปรียบเทียบตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Barium Sulfate ที่เตรียมขึ้นหลาย ๆ ตำรับโดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II แทน CMC ชนิดความหนืดต่ำในสูตรตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมาตรฐาน จากผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 23 พบว่า การใช้ F II แทน CMC ทุกตำรับ (B-F II) ที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีลักษณะของยาน้ำแขวนตะกอนที่ติดคล้ายคลึงกับตำรับยามาตรฐาน (B-CMC) แต่มีความหนืดมากกว่า B-CMC และตำรับยาควบคุม (B-C) ทำให้ได้ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนที่มีลักษณะสวยงามและดูน่าใช้ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการตกตะกอนแต่ช้ากว่า B-CMC หลังจากตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ทุกตำรับจะเกิดการตกตะกอนและแยกชั้นได้ส่วนของชั้นบนเป็นน้ำใสไม่มีสี ตำรับที่ใช้ F II ทุกตำรับมีชั้นของตะกอนสูงกว่า B-CMC แต่ความสูงของตะกอนของ B-F II จะใกล้เคียงกับ B-C เมื่อเขย่าขวดพบว่าผงยาของตำรับ B-F II กลับกระจายตัวได้ง่ายและรินออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอดีกว่า B-CMC และ B-C จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II เมื่อนำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอน ความเข้มข้นเพียง 1% ในตำรับ Barium Sulfate Suspension จะได้ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนที่มีลักษณะทางกายภาพดีกว่าตำรับยามาตรฐานที่ใช้ CMC ชนิดความหนืดต่ำเป็นสารแขวนตะกอน

ตำรับที่ 6 Trisulfa Suspension, Pediatric

ยาน้ำแขวนตะกอน Trisulfa Suspension, Pediatric ที่เตรียมขึ้นหลาย ๆ ตำรับที่ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารแขวนตะกอนแทน tragacanth ในสูตรตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมาตรฐาน จากผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 24 จะเห็นว่าการใช้ F II เป็นสารแขวนตะกอนทุกตำรับ (S-F II) ที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ จะให้ยาน้ำแขวนตะกอนที่มีลักษณะติดคล้ายคลึงกับตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมาตรฐาน S-T (1%) แต่ตำรับ S-F II (1%) จะมีลักษณะของ

ตำรับที่สวอยงามกว่าตำรับอื่น ๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการตกตะกอนและหลังจากตั้งทิ้งไว้ 60 วัน ทุกตำรับคือ S-C, S-F II และ S-T จะเกิดการตกตะกอนและแยกชั้นได้ส่วนบนเป็นน้ำใสตั้งแต่ไม่มีสีและสีน้ำตาลอ่อนตามลำดับ ตำรับ S-T (1%) (1%) ตะกอนจะแยกชั้นไม่สมบูรณ์ ส่วนตะกอนของตำรับ S-F II ทุกตำรับมีความสูงใกล้เคียงกับ S-T (1%) ทั้ง S-F II และ S-T (1%) มีความสูงของตะกอนต่ำกว่า S-C, S-T (1.5%) และ S-T (2.0%) เมื่อเขย่าขวดพบว่าทุกตำรับมีการกลับกระจายตัวของผงยาได้ง่ายและสามารถรินยาออกจากขวดได้อย่างสม่ำเสมอเหมือนกัน แต่ตำรับ S-T (2.0%) เนื่องจากเนื้อยาค่อนข้างจะหนืดมากจึงทำให้การกระจายตัวของผงยาให้สม่ำเสมอเป็นไปค่อนข้างยากเล็กน้อย

จากผลการทดลองอาจกล่าวได้กว่า สารสกัดเปลือกทุเรียน F II สามารถใช้เป็นสารแขวนตะกอนแทน tragacanth ในสูตรตำรับยา Trisulfa Suspension, Pediatric ได้ผลดี และความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1% F II ในตำรับ สำหรับตำรับ S-C ซึ่งไม่มีสารแขวนตะกอนแม้ว่าผลการทดลองไม่มีความแตกต่างจากตำรับที่มีสารแขวนตะกอน แต่ลักษณะเนื้อยาสวอยงามดีสูตรตำรับที่มีสารแขวนตะกอนไม่ได้

7.2 ความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอน

ตำรับที่ 1 Kaolin Mixture with Pectin

จากการประเมินค่าความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอนจากค่า Sedimentation Volume (F), Dense of sediment และ Redispersibility ของยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin จากผลในตารางที่ 25 และ 26 จะเห็นว่าตำรับที่ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนจะมีค่า Sedimentation Volume ลดลงเมื่อเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ยาวนานขึ้น ตำรับทดลองที่ใช้ F I และ F II แทน pectin และ tragacanth มีค่า Sedimentation Volume ไม่แตกต่างกันมาก การตกตะกอนไม่แน่นมาก สามารถเขย่าให้ตะกอนกลับกระจายตัวได้ไม่ยาก อาจสรุปได้ว่า F I และ F II น่าจะใช้เป็นสารแขวนตะกอนได้ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin

ตำรับที่ 2 Calamine Lotion

การประเมินค่าความคงตัวของยาตำรับ Calamine Lotion จากตารางที่ 27 และ 28 จะมีค่า Sedimentation Volume สูงใกล้เคียงกับตำรับ standard แต่มีความแน่นของตะกอนโดยจับเป็นเจลในตำรับที่ใช้ F II ไม่สามารถเขย่าให้กลับกระจายตัวได้หลังจากตั้งทิ้งไว้นานกว่า 2 สัปดาห์ จากการทดลองสรุปได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียนใช้ไม่ได้ผลในยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion

ตำรับที่ 3 Calamine Lotion BP. 1988

การประเมินค่าความคงตัวของยาตำรับ Calamine Lotion BP. 1988 ดังตารางที่ 29 และ 30 จะเห็นว่าตำรับที่มีสารสกัดเปลือกทุเรียน F I เป็นสารแขวนตะกอนทุกตำรับจะมีค่า F ใกล้เคียงกับตำรับ C-C แต่ค่า F นี้จะต่ำกว่าตำรับ C-B ส่วนตำรับ C-F II จะมีค่า F ต่ำกว่าทุกตำรับ เมื่อตั้งทิ้งไว้ 8 วัน พบว่าทุกตำรับมีค่าความแน่นของตะกอนเท่ากัน กล่าวคือตะกอนจะเกาะกันแบบไม่แน่นเลยสามารถกระจายตัวได้ง่าย และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 30 วัน พบว่าตำรับ C-F II ตะกอนจะจับกันแน่นมากแต่ยังไม่แข็ง ส่วนตำรับอื่น ๆ มีค่า dense of sediment น้อย และใกล้เคียงกัน เมื่อตั้งทิ้งไว้นานถึง 60 วันพบว่าตะกอนของตำรับ C-F II จะจับกันแข็งมาก และมีค่า redispersibility สูงมากซึ่งแสดงถึงการกลับกระจายตัวเป็นไปได้ยาก และบางตำรับตะกอนจับกันแข็งไม่สามารถกระจายตัวได้ ตำรับ C-F I, C-C และ C-B จะมีค่า dense of sediment ใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับ redispersibility และพบว่าตำรับ C-F I (1.5%) แสดงค่า F, dense of sediment และ redispersibility ที่ดีที่สุดแต่ลักษณะทางกายภาพจะดีสู้ C-B ไม่ได้ จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอน อาจจะไม่เหมาะสมในตำรับ Calamine Lotion BP. 1988 แม้ว่า C-F I จะมีความคงตัวดีพอสมควร แต่ลักษณะทางกายภาพจะสวยงามสู้ตำรับยามาตรฐานที่มี bentonite เป็นสารแขวนตะกอนไม่ได้

ตำรับที่ 4 Calamine Lotion USP XXII

การประเมินความคงตัวของยาตำรับ Calamine Lotion USP XXII ดังตารางที่ 31 และ 32 จะเห็นว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ 8 วัน ตำรับ C-F II (2%) จะมีค่า F สูงสุดและใกล้เคียงกับตำรับ C-B ส่วนตำรับ C-F I, C-F II (1.25%) และ ตำรับ C-C จะมีค่า F สูงใกล้เคียงกัน ทุกตำรับจะไม่มี ความแน่นของตะกอนเลย และสามารถจะกลับกระจายตัวได้ง่ายเหมือนกันหมด แต่เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน และ 60 วัน ตำรับ C-F II มีค่า F เท่าเดิมแต่มี dense of sediment มากจนถึงขั้นเป็นเจล ซึ่งแสดงถึงความไม่คงตัวของ ตำรับยา ส่วนตำรับ C-F I (1.25%) แม้มีค่า dense of sediment และ redispersibility จะมีค่าต่ำ แต่ลักษณะของตำรับที่ปรากฏให้เห็นไม่แตกต่าง ตำรับควบคุมและตำรับมาตรฐาน จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนใช้ไม่ได้ผล ดีในยาน้ำ Calamine Lotion USP XXII

ตำรับที่ 5 Barium Sulfate Suspension

จากการประเมินค่าความคงตัวของยาน้ำแขวนตะกอนจากค่า Sedimentation Volume (F), Dense of Sediment และ Redispersibility ของยาน้ำแขวนตะกอน Barium Sulfate ดังผลในตารางที่ 33 และ 34 จะ เห็นว่าตำรับที่ใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอน ทุกตำรับจะมีค่า F ใกล้เคียงกัน และสูงกว่าตำรับ B-CMC ซึ่งค่า F ของตำรับ B-F II จะมีค่า สอดคล้องกับค่า dense of sediment และ redispersibility กล่าวคือ ตะกอนจะอัดกันไม่ค่อยแน่นและสามารถกลับกระจายตัวได้ง่าย แต่ตำรับยาน้ำแขวน ตะกอนมาตรฐาน C-CMC จะมีค่า F ต่ำ และมีตะกอนที่อัดกันแน่นมากแต่ไม่แข็ง เมื่อเขย่าจะกลับกระจายตัวยาก สำหรับตำรับควบคุม (B-C) พบว่ามีค่า F สูง ใกล้เคียงกัน B-F II และสอดคล้องกับค่า dense of sediment และค่า redispersibility เช่นกัน การที่ได้ผลการทดลองของ B-C ซึ่งเป็นตำรับไม่มี สารแขวนตะกอน เช่นนี้ อาจเนื่องจากผงยา barium sulfate มีลักษณะที่ค่อนข้าง เป้า จึงทำให้ผงยาแขวนตัวได้ดีพอสมควร และเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระยะ 30 วัน แรก ผงยาจะเกาะกันแน่นเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไปตะกอนจะเกาะกัน แน่นขึ้นและมีค่า redispersibility มากขึ้น แต่ยังไม่ให้ผลการทดลองที่ดีกว่า



B-CMC แต่ลักษณะของเนื้อยาจะสู้ตำรับที่มีสารแขวนตะกอนไม่ได้ จึงอาจสรุปได้ว่า F II อาจจะใช้เป็นสารแขวนตะกอนได้ในตำรับ Barium Sulfate Suspension และใช้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 2.0% และดีกว่าตำรับที่มี CMC ชนิดความหนืดต่ำเป็นสารแขวนตะกอน

ตำรับที่ 6 Trisulfate Suspension, Pediatric

การประเมินค่าความคงตัวของยาตำรับ Trisulfa Suspension, Pediatric จากตารางที่ 35 และ 36 จะเห็นว่าตำรับ S-F II ทุกตำรับจะมีค่า F สูงใกล้เคียงกับ S-T (1%) แต่ต่ำกว่า S-T (1.5%), S-T (2.0%) และ S-C ซึ่งเป็นตำรับควบคุม ทุกตำรับจะมีค่า dense of sediment ซึ่งแสดงถึงความไม่แน่นเคลของตะกอนเหมือนกันทุกตำรับ และสอดคล้องกับค่า redispersibility จากการทดลองนี้จึงอาจสรุปได้ว่า ตำรับ Trisulfa Suspension, Pediatric สามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอนได้ดีเท่ากับการใช้ tragacanth เป็นสารแขวนตะกอน และความเข้มข้นที่ใช้คือ 1% ของตำรับเช่นเดียวกันกับสูตรตำรับมาตรฐาน

8. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมยาน้ำอิมัลชัน

8.1 ลักษณะทางกายภาพของยาน้ำอิมัลชัน

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

จากการทดลองเตรียมยาน้ำอิมัลชันหลาย ๆ ตำรับ โดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว และใช้ร่วมกับ MC-25 ในตำรับ Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988 ดังผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 37 พบว่าทุกตำรับที่ใช้ MC-25, F II และ Tragacanth (T) เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว และใช้ร่วมกันจะได้ยาน้ำอิมัลชันที่มีลักษณะขาวเหมือนนํานมและเมื่อทดลองหยดเนื้ออิมัลชันลงในน้ำสามารถกระจายตัวเข้ากันได้แสดงว่าทุกตำรับที่เตรียมได้เป็นยาน้ำอิมัลชันชนิด o/w (17) ตำรับที่มี MC-25 ความเข้มข้น 2% เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวมาตรฐาน (ตำรับ a) และใช้ร่วมกับ F II และ T

(ตำรับ j และ k) ความเข้มข้น 0.25% จะได้ขาน้ำอิมัลชันที่มีลักษณะดี ไม่มัน และมีความคงตัวเมื่อเก็บไว้นานถึง 2 เดือน แต่ตำรับที่มี F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับ MC-25 ความเข้มข้นเพียง 1% จะได้อิมัลชันที่มีเนื้อเยาค่อนข้างเป็นมันและหยาบกว่า เมื่อหยดลงไปใต้น้ำพบว่ามีส่วนของน้ำมันลอยอยู่ และตำรับยาหลังจากตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้นเป็นครีมขึ้น เหตุที่ได้ผลเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่า น้ำมันที่มีอยู่ในตำรับถูกกระจายตัวแทรกอยู่ในวัฏภาคน้ำที่มีสาร F II และ T พองตัวเป็นมิวซิเคจ แต่ไม่ได้เกิดเป็นฟิล์มหุ้มรอบหยดเล็กนั้น จึงทำให้เนื้ออิมัลชันมีความมัน นอกจากนี้แม้ว่า MC-25 จะเป็นสารไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์สังเคราะห์ ใช้เป็นสารทำอิมัลชันตัวจริงได้แต่ก็เป็นชนิดอ่อน (weak o/w emulsifier) ส่วนมากนิยมใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) และสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) เช่นเดียวกับ tragacanth (19) ดังนั้นการที่ตำรับขาน้ำอิมัลชันที่มี F II เป็นสารทำอิมัลชัน และให้ลักษณะของอิมัลชันคล้ายคลึงกับตำรับที่มี tragacanth เป็นสารทำอิมัลชัน จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II น่าจะมีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นสารทำอิมัลชันเสริมได้ เช่นเดียวกับ tragacanth และในตำรับขาน้ำอิมัลชัน ELP ที่ทดลองนี้เมื่อใช้ F II ความเข้มข้น 0.25% ร่วมกับ MC-25 ความเข้มข้น 2% จะได้ลักษณะทางกายภาพของขาน้ำอิมัลชันที่มีความข้นหนืด และขาวสวยกว่าการใช้ MC-25 เดี่ยว ๆ

ตำรับ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

จากผลการทดลองตั้งบรรยายไว้ในตารางที่ 38 พบว่า ทุกตำรับที่ใช้ acacia, F II และ tragacanth ซึ่งเป็นสารไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ ที่ได้จากธรรมชาติเมื่อนำมาเตรียมอยู่ในรูปมิวซิเคจ เพื่อเตรียมขาน้ำอิมัลชัน และได้ตำรับยาที่มีลักษณะขาวเหมือนนํานม เมื่อทดลองหยดผสมกับน้ำจะสามารถเข้ากันได้ แสดงว่าตำรับขาน้ำอิมัลชันที่เตรียมได้เป็นชนิด o/w (17, 67) ตำรับที่ใช้ F II ความเข้มข้น 0.25% และ 0.5% ร่วมกับ Acacia (ตำรับ b, c) จะมีลักษณะอิมัลชันที่ขาว และคล้ายคลึงกับตำรับ d และ e และยังคงมีความคงตัวกว่าตำรับยามาตรฐาน (ตำรับ a) แม้ว่าจะตั้งทิ้งไว้นานถึง 3 เดือน แต่ตำรับที่มี F II และ T ในความเข้มข้น 0.5% และ 1.0% แม้ว่าจะได้อิมัลชันที่ขาวเช่นกันแต่เนื้ออิมัลชันจะค่อนข้างมัน เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 3 เดือน ทั้ง 4 ตำรับคือ ตำรับ f, g, h และ i จะเกิดแยกชั้นเป็นครีม และมีวัฏภาคน้ำค่อนข้างสูงมาก แม้ว่าจะสามารถ

ผสมเข้ากันได้เมื่อเขย่าก็ตาม แต่ก็จัดว่าเป็นตำรับที่ไม่ดี เพราะมีแนวโน้มที่จะเกิดโคเคสเลนส์ได้ (19) การที่ตำรับยาอีมีลชันที่มี acacia, F II และ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว มีความไม่คงตัวโดยเกิดการแยกชั้นเป็นครีมเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน อธิบายได้ว่า acacia มีคุณสมบัติเป็นสารทำอิมัลชันจริงที่สามารถจะเกิดเป็นฟิล์มหุ้มรอบหยดเล็ก ๆ ของน้ำมันได้ แต่จะเป็นสารที่มีความหนืดต่ำ ทำให้ไม่สามารถป้องกันการเกิดเป็นครีมได้ (19) ส่วน tragacanth เป็นสารเพิ่มความหนืดใช้เป็นสารทำอิมัลชันเสริม (19) ดังนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้จึงทำให้เกิดเป็นครีมขึ้นได้ สำหรับ F II เมื่อนำมาเตรียมเป็นสารทำอิมัลชันแทน acacia ได้ยาอีมีลชันที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกับการใช้ tragacanth จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้ F II ในตำรับยาอีมีลชัน ไม่สามารถจะใช้เป็นสารทำอิมัลชันตัวจริงได้ แต่ควรใช้เป็นสารทำอิมัลชันเสริมเช่นเดียวกับ tragacanth และจะได้ลักษณะของอิมัลชันที่ขาวสวยกว่าด้วย ดังนั้นการใช้ F II ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.25-0.5% ร่วมกับ acacia ในตำรับยา Mineral Oil Emulsion USP XXII จะได้ดีตำรับยาอีมีลชันที่มีความคงตัวดีขึ้น (19) ขึ้น และมีเนื้อยาสวยงาม

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

จากผลการทดลองดังบรรยายไว้ในตารางที่ 39 พบว่ามีเพียง 4 ตำรับคือ a, b, d และ e ที่มีลักษณะของอิมัลชันขาวเหมือนน้ำมันและสามารถเข้ากันได้ดีกับน้ำแสดงว่าตำรับดังกล่าวเป็นอิมัลชันชนิด o/w, ส่วนตำรับ c, f และ g ซึ่งเป็นตำรับที่มี tragacanth (T) เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว และใช้ร่วมกับ F II จะได้ลักษณะของอิมัลชันสีเหลืองอ่อน แสดงว่าขนาดของหยดน้ำมันที่กระจายตัวอยู่ค่อนข้างจะใหญ่กว่าตำรับที่มีสีขาว (17) เมื่อตั้งทิ้งไว้ 2 เดือน พบว่าตำรับยา 4 ตำรับดังกล่าวยังคงอยู่ในสภาพเดิม เพียงแต่มีบางส่วนของเนื้ออิมัลชันเริ่มมีสีเหลืองอ่อน ๆ แสดงถึงหยดของน้ำมันเริ่มเข้ารวมตัวกันเป็นหยดใหญ่ขึ้น ส่วนตำรับ c และ f จะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม และสีเหลืองเข้มขึ้น เมื่อเขย่าจะเข้ากันไม่ได้ ตำรับ g แม้ว่าจะไม่แยกชั้นแต่สีของเนื้ออิมัลชันจะเหลืองเข้มขึ้นกว่าเดิม แสดงถึงขนาดของหยดน้ำมันที่ใหญ่ขึ้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้สารทำอิมัลชันตัวจริงคือ acacia ร่วมกับสารทำอิมัลชันเสริมคือ tragacanth หรือร่วมกับสารสกัดเปลือกทุเรียน จะได้ผลคล้ายคลึงกัน และให้อิมัลชันที่มีความคงตัวมากขึ้น (19) การใช้ T เพียงชนิดเดียวหรือร่วมกับ F II

ไม่สามารถเตรียมยาน้ำอิมัลชันที่มีลักษณะดีน่าพอใจและมีความคงตัวดีได้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก Tragacanth ทำหน้าที่เพียงเป็นสารทำอิมัลชันเสริมเพื่อเพิ่มความหนืดให้กับตำรับเท่านั้น แต่ไม่เกิดเป็นฟิล์มหุ้มรอบหยดน้ำมัน (19) จึงอาจสรุปได้ว่า การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในตำรับยาน้ำ Cod Liver Oil Emulsion สามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II แทน tragacanth ในตำรับร่วมกับ acacia ในความเข้มข้น 0.33%-0.67% จะได้ยาน้ำอิมัลชันที่มีความคงตัวดีขึ้น

8.2 ความคงตัวของยาน้ำอิมัลชัน

ตำรับที่ 1 Liquid Paraffin Emulsion BP. 1988

จากการประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับยาน้ำอิมัลชันที่มี F II เป็นสารทำอิมัลชันแทน MC-25 ดังผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 40, 41 และ 42 จะเห็นว่าเมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Freeze & Thaw ตำรับที่ให้ความคงตัวดีที่สุดมี 3 ตำรับ คือ a, j และ k แต่ตำรับทั้ง 3 นี้เมื่อทดสอบโดยวิธี Centrifugation แล้ว จะเกิดการแยกชั้นเป็นครีม แสดงให้เห็นว่าตำรับยาน้ำอิมัลชันนี้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีกว่าแรงเหวี่ยง ซึ่งการเหวี่ยงอาจทำให้ฟิล์มที่หุ้มหยดน้ำมันเล็กๆ หลุดออกบางส่วน และหยดน้ำมันลอยขึ้นด้านบนของผิวหน้าได้ จะเห็นว่าทั้ง 3 ตำรับ ที่มีความคงตัวค่อนข้างจะดีนั้น เป็นตำรับที่มี MC-25 เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยว ความเข้มข้น 2% และตำรับที่มี MC-25 2% ร่วมกับ F II หรือ T ในความเข้มข้น 0.25% แต่ตำรับ a เมื่อทดสอบด้วยวิธี Centrifugation จะมีความสูงของชั้นครีมสูงถึง 25.4% ซึ่งสูงกว่าตำรับที่มี F II หรือ T ร่วมด้วยจึงเป็นการยืนยันว่า ตำรับยาน้ำอิมัลชันที่มีความคงตัวดีนั้นไม่นิยมใช้สารทำอิมัลชันชนิดเดี่ยว ควรจะใช้ร่วมกับสารที่เพิ่มความหนืดด้วย และสารสกัดเปลือกทุเรียนสามารถใช้เป็นสารทำอิมัลชันเสริมได้ผลดีในตำรับที่ทดลองนี้

ตำรับที่ 2 Mineral Oil Emulsion USP XXII

จากการประเมินความคงตัวทางกายภาพของยาน้ำ Mineral Oil Emulsion USP XII โดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนแทน acacia หรือใช้ร่วมกับ acacia ดังผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 43, 44 และ 45 จะเห็นว่าตำรับ

ยาน้ำอิมัลชันที่มี acacia เป็นสารทำอิมัลชันเพียงชนิดเดียวจะเกิดการแยกชั้นเป็นครีมขึ้นให้ผลเหมือนกันทั้ง 3 วิธี และชั้นครีมที่ทดสอบโดยวิธี Centrifugation จะสูงที่สุดถึง 45.6% แต่ตำรับที่มี F II หรือ T ร่วมกับ acacia พบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหรือทดสอบด้วยวิธี Freeze & Thaw จะมีความคงตัวดี ไม่เกิดการแยกชั้น ส่วนตำรับที่มี F II หรือ T เป็นสารทำอิมัลชันเดี่ยวจะเกิดการแยกชั้นชนิดโอละเอสเซนส์ ซึ่งแสดงถึงความไม่คงตัวของอิมัลชัน การที่ได้ผลการทดลองเช่นนี้แสดงว่า acacia เป็นสารทำอิมัลชันตัวจริง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เดี่ยว ๆ เพราะทำให้เกิดการแยกชั้นเป็นครีมได้ (19) และควรใช้ร่วมกับ T หรือ F II ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืด จะทำให้ได้อิมัลชันที่มีความคงตัวดี (19,67) สารสกัดเปลือกทุเรียน F II สามารถใช้ได้ผลดีเป็นสารทำอิมัลชันเสริมในตำรับที่ทดลองนี้

ตำรับที่ 3 Cod Liver Oil Emulsion

จากการประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับยาน้ำอิมัลชันที่มี F II เป็นสารทำอิมัลชัน แทน acacia หรือ tragacanth ในตำรับ Cod Liver Oil Emulsion ดังผลที่บรรยายไว้ในตารางที่ 46, 47 และ 48 จะเห็นว่าตำรับที่มีความคงตัวที่สุด คือตำรับที่มี acacia ร่วมกับ tragacanth หรือร่วมกัน F II ส่วนตำรับที่มี acacia เพียงชนิดเดียว แม้ว่าจะมีความคงตัวพอสมควร แต่ก็เกิดการแยกชั้นเป็นครีมขึ้นได้เมื่อทดสอบด้วยวิธี Centrifugation แสดงว่าตำรับยาน้ำอิมัลชันทนต่อแรงเหวี่ยงได้ไม่เท่ากับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับตำรับที่มี F II ร่วมกับ tragacanth จะได้ยาน้ำอิมัลชันที่ไม่คงตัว จากผลการทดลองดังกล่าวจึงยืนยันได้ว่า การที่จะให้ได้ยาน้ำอิมัลชันที่มีความคงตัวดีนั้นไม่ควรใช้ acacia ที่เป็นสารทำอิมัลชันตัวจริงเพียงชนิดเดียว หรือใช้ F II หรือ tragacanth เดี่ยว ๆ การใช้ acacia ร่วมกับ tragacanth หรือ F II จะได้ยาน้ำอิมัลชันที่มีความคงตัวดีและมีเนื้ออิมัลชันสวยงามใช้

จากการทดลองเตรียมยาน้ำอิมัลชันทั้ง 3 ตำรับซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II ไม่สามารถใช้เป็นสารทำอิมัลชันตัวจริง (true emulsionsifier) ได้ แต่สามารถใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดเพื่อเพิ่มความคงตัวให้กับยาน้ำอิมัลชันได้ และควรใช้ร่วมกับสารทำอิมัลชันตัวจริง จะทำให้ได้ยาน้ำอิมัลชันที่มีความคงตัวดีกว่าการใช้สารทำอิมัลชันตัวจริงเพียงตัวเดียว นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตว่าการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนจะทำให้ได้เนื้อของอิมัลชันที่มีสีขาวมากกว่าการใช้ tragacanth และความเข้มข้นที่ใช้ได้ผลดีคือ 0.25-0.50% ของตำรับ

9. การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร

การเตรียมอาหารสำเร็จรูปพวกแยมและเยลลี่โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้สารเพคตินและเพคตินที่มีในเนื้อและเปลือกผลไม้ต่าง ๆ มาใช้ในการทำแยม ส่วนประกอบของแยมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารเพคติน ถ้าหากผลไม้ที่ใช้ปรุงมีปริมาณของเพคตินอยู่แล้วมากพอ แต่ถ้าใช้ผลไม้ที่มีเพคตินน้อยการเติมเพคตินเพิ่มเข้าไปในตำรับ จะช่วยให้ได้เนื้อของแยมที่ดีขึ้น มีความคงรูปร่างดีและทำให้ผลไม้กระจายตัวได้ดีทั่วกัน (68) แยมที่ดีจะต้องมีลักษณะเนื้อแยมนุ่ม ไม่เหนียว มีการกระจายตัวของเนื้อผลไม้สม่ำเสมอ สามารถตักออกทานมบ่งได้ง่าย และทาได้เรียบสม่ำเสมอไม่เป็นก้อน มีเนื้อแยมใสเป็นประกาย มีกลิ่นและรสชาติ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

อาหารสำเร็จรูปพวกเยลลี่ จำเป็นต้องเติมเพคตินเพิ่มเข้าไปในตำรับในขนาดที่พอดี ให้ได้เยลลี่ที่ดีซึ่งควรมีลักษณะของเจลที่อ่อนนุ่มไม่เละ มีความคงตัวที่ดีสามารถตัดหรือตักได้ง่าย และมีรอยตัดเรียบคมคงรูปอยู่ได้ดี เนื้อไม่เหนียวติดมือ เยลลี่ควรมีเนื้อที่ไหวตัวได้ดี ใสเป็นประกาย และมีสี กลิ่น รสดี สามารถเก็บได้นาน

การเตรียมน้ำสลัดซึ่งมีลักษณะเป็นอิมัลชัน ประกอบด้วยน้ำ และน้ำมัน จะต้องเติมสารที่ช่วยทำให้เกิดอิมัลชัน และอาจเติมสารเพิ่มความหนืดช่วยด้วย สารเพิ่มความหนืดที่พบใช้มากได้แก่ gum หรือ xanthan gum ใช้ได้เป็นทั้ง emulsifier และ thickener สารตัวนี้เป็นพวก polysaccharide ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลหลายชนิด (32, 69) เช่นเดียวกับที่พบในสารสกัดเปลือกทุเรียน ตำรับน้ำสลัดที่ดีควรมีเนื้ออิมัลชันละเอียดเนียนเป็นเนื้อเดียวกันทั้งไว้ไม่มีการแยกของน้ำมันกับน้ำ มีความหนืด มีความคงตัวดี และเก็บได้นาน

9.1 การเตรียมตำรับอาหารพวกแยม

การเตรียมแยมระกำจาก เพคติน 1% และ 2% ที่ pH 3 ได้ผลตามตารางที่ 49 และ 50 อาจกล่าวได้ว่า การใช้ 1% เพคติน จะให้แยมที่มีลักษณะเป็นที่พอใจ ในขณะที่การใช้ 2% เพคตินจะให้เนื้อแยมค่อนข้างแข็ง

การทดลองใช้ 0.3% F II เตรียมแยมลึบปรอด พบว่าผลที่ได้ในตารางที่ 51 และ 52 ได้แยมมีลักษณะเป็นที่น่าพอใจ มีเนื้อแยมนุ่ม-เนียน สีสวย มีการกระจายตัวของเนื้อผลไม้ค่อนข้างสม่ำเสมอ ใช้ทาขนมปังได้ง่าย มีเนื้อใสเป็นประกายและมีรสดี อาจกล่าวได้ว่าการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เพียง 0.3% ก็อาจใช้เตรียมตำรับแยมได้ การใช้สารสกัด F II ในปริมาณมากกว่านี้คือใช้ถึง 1% จะได้แยมที่มีเนื้อแข็งเกินไป หรือใช้น้อยเกินไปคือใช้เพียง 0.1% ก็จะได้แยมที่มีเนื้อละเอียดเกินไป (12) ดังนั้นการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ในการเตรียมแยมอาจใช้ได้ตั้งแต่ 0.2% ขึ้นไป และไม่ถึง 1% ของตำรับทั้งนี้ความเป็นกรด-ด่าง จะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลด้วย

9.2 การเตรียมตำรับอาหารพวกเยลลี่

ในตำรับของเยลลี่ใช้สารเพคตินเป็นตัวทำให้เกิดการเป็นเจลขึ้น การทดลองดูว่าอิทธิพลของ pH มีผลต่อการเกิดเจลของเพคติน จากผลการทดลองในตารางที่ 53 และ 54 จะเห็นว่าในความเข้มข้นของเพคตินสูงถึง 2% จะได้ตำรับของเยลลี่ที่มีเนื้อแข็งเกินไป และ pH ประมาณ 3 จะใช้ได้ดีในการเตรียมเยลลี่ การใช้เพคตินเตรียมเยลลี่ให้ได้ตำรับของเยลลี่ที่ดีสามารถใช้ได้ในความเข้มข้น 1.5% ดังผลที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 55 และ 56

การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เตรียมเยลลี่โดยใช้ในความเข้มข้น 1% F II จากผลที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 57 และ 58 อาจกล่าวได้ว่าในความเข้มข้น 1% F II ก็พอเพียงสำหรับใช้เตรียมเยลลี่ได้ในช่วง pH 2.5-3.2 อย่างไรก็ตามที่ pH ต่ำ (pH 2.5) จะได้เนื้อเยลลี่ที่ค่อนข้างแข็งกว่าที่ pH สูง (3.2)

การทดลองโดยใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน 0.5% เตรียมเยลลี่จากผลที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 59 และ 60 สามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเพียง 0.5% ก็สามารถใช้เตรียมเยลลี่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามเนื้อเยลลี่จะมีความแข็งแรงของเจลอ่อนกว่าการใช้ 1% F II แต่ก็ได้ตำรับเยลลี่ที่ใช้ได้ดี

การเตรียมเฮลล์ีระกำจากสารสกัด F II ในความเข้มข้นที่ต่ำกว่า และที่ pH ต่ำ ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 61 และ 62 อาจกล่าวได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ในปริมาณ 0.5% สามารถเตรียมเฮลล์ีได้ผลดีในช่วง pH กว้างถึง 2.5-3.4 (ตารางที่ 60 และ 62) ในขณะที่การใช้เพียง 0.1% F II จะไม่ได้ตำรับเฮลล์ีที่ดี เนื้อเฮลล์ีจะอ่อนมากเกินไป (ตารางที่ 61 และ 62)

การเตรียมเฮลล์ีส้มเขียวหวานจาก 0.3% F II จะไม่ให้ผลที่น่าพอใจดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 63 และ 64 เนื้อเฮลล์ีจะละเอียดเกินไป ส่วนการใช้ 0.5% F II จะได้ตำรับเฮลล์ีที่ดี อย่างไรก็ตามเนื้อเฮลล์ีจะนุ่มและไหวตัวได้ดี

เมื่อทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II ที่เตรียมจากการทำ Spray Dried ใน maltodextrin พบว่าสามารถใช้ได้ผลดีเช่นเดียวกัน โดยใช้สารที่เตรียมได้ในปริมาณที่มี 0.5% F II ผลการทดลองในตารางที่ 65 และ 66 จะแสดงให้เห็นว่าตำรับเฮลล์ีที่ได้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ตำรับที่เตรียมได้มีลักษณะเนื้อเจลอ่อนนุ่ม มีความไหวตัวดี และเนื้อใสเป็นประกาย เฮลล์ีมีรสชาติดี ไม่มีรสขมของสารสกัด F II ที่พบว่าจะขมเล็กน้อย เมื่อเตรียมมาจากวิธีตกตะกอนใน alcohol

จากผลการทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เตรียมเป็นอาหารพวกเฮลล์ีแทนสารเพคตินที่ได้ทดลองทั้งหมดนี้ทำให้เสนอแนะได้ว่าสารสกัดเปลือกทุเรียน F II สามารถนำมาใช้แทนเพคตินได้ในการเตรียมอาหารพวกเฮลล์ี โดยสามารถใช้ได้ผลดีในความเข้มข้นที่ต่ำกว่าใช้เพคติน สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เพียง 0.5% สามารถใช้ได้ผลเช่นเดียวกับที่ใช้ 1.5% เพคติน นอกจากนี้ F II ยังมีความคงตัวดีการใช้ความเข้มข้นสูง ๆ ในวิธีการทำ Spray Dried พบว่าไม่มีผลต่อความคงตัวของ F II

9.3 การเตรียมตำรับอาหารพวกน้ำสลัด

9.3.1 ตำรับ No Oil Salad Dressing

การเตรียมน้ำสลัดประเภทไม่มีน้ำมันนิยมใช้สำหรับคนที่ไม่ต้องทานไขมัน ในตำรับจะประกอบด้วยสารพวกช่วยให้ข้นหนืด ได้แก่ xanthan

gum การทดลองใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II แทน xanthan gum จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 67 จะพบว่า ตำรับน้ำสลัดที่ใช้ xanthan gum จะมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดในขณะที่การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II จะได้ตำรับน้ำสลัดที่ใสหรือค่อนข้างใส หนืดน้อย แม้จะใช้สารสกัด F II ถึง 2.0% ในตำรับก็ตามส่วนการใช้สาร xanthan gum ร่วมกับสารสกัดเปลือกทุเรียนจะได้ตำรับ ที่มีลักษณะที่ดีกว่าตำรับที่ใช้ xanthan gum เพียงอย่างเดียว น้ำสลัดที่เตรียมจากการผสมของ xanthan gum และ F II จะมีลักษณะที่ดีได้ผลน่าพอใจ น้ำสลัดมีสีขาวขุ่น และมีความข้นหนืดดีขึ้น การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียน F II เดี่ยว ๆ อาจใช้ได้ในการนี้ที่ต้องการลักษณะของน้ำสลัดแบบใส อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อสังเกตว่า xanthan gum จะทำให้เกิดเป็นฟองมาก การเติม F II จะทำให้การเกิดฟองลดลง นอกจากนี้ตำรับน้ำสลัดที่ทดลองมีความคงตัวดี เก็บนาน 6 สัปดาห์ยังคงเดิม

9.3.2 ตำรับ Salad Dressing

การเตรียมตำรับน้ำสลัด แบบนี้จะมีปริมาณของ

Oil : น้ำ เท่ากับ 35:65 ในตำรับมีไข่แดงเป็นตัวทำให้เกิดอิมัลชัน การใช้ไข่แดง 3% จะได้ตำรับน้ำสลัดที่ดี การทดลองใช้สาร xanthan gum และสาร F II เติมในน้ำสลัด (ตารางที่ 68) จะทำให้สีของน้ำสลัดอ่อนลงโดยเฉพา F II จะทำให้มีความขาวมากขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสมีลักษณะเนื้อเนียนใกล้เคียงกัน แต่การใช้ xanthan gum หรือ F II จะทำให้เกิดฟองมากขึ้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ฟองหายไป การเติม F II หรือ Xanthan gum เพียง 0.3% จะทำให้หนืดน้อยลง และเมื่อเติมถึง 0.6% ทำให้มีความหนืดดีขึ้น แม้จะลดปริมาณของไข่แดงลงก็ตาม อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณไข่แดงจาก 3.0% เป็น 1.5% และเพิ่มสารสกัดเปลือกทุเรียน F II หรือ xanthan gum ในปริมาณ 0.3% หรือ 0.6% จะได้ตำรับน้ำสลัดที่ดี มีเนื้อเนียนและข้นหนืดขึ้น ตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. ไม่มีการแยกชั้น (ตารางที่ 69) แต่จะแยกชั้นภายใน 1 สัปดาห์ ในขณะที่ตำรับที่ใช้ไข่แดง 3.0% ตั้งทิ้งไว้ถึง 1 สัปดาห์โดยไม่แยกชั้น จากการทดลองได้ข้อแนะนำว่าการเตรียม Salad dressing อาจใช้สารสกัด F II ช่วยเตรียมได้ แม้การใช้ไข่แดงลดลง 50% ก็ยังได้ตำรับที่น่าพอใจซึ่งเป็นข้อดีสำหรับบุคคลพวกที่ไม่ต้องการไข่แดงเนื่องจากมีปัญหาเรื่อง cholesterol เป็นต้น

9.3.3 ตำรับ Mayonnais

น้ำสลัดแบบ Mayonnaise ในตำรับจะมีปริมาณของ Oil มาก คือมี Oil:น้ำ เท่ากับ 60:40 เป็นน้ำสลัดที่มีลักษณะที่ข้นหนืดมาก ในตำรับใช้ไข่แดง 3% เป็นตัวทำให้เกิดอิมัลชันเช่นกัน การทดลองเติม F II หรือ xanthan gum ลงในตำรับผลที่ได้ตามตารางที่ 70 จะได้ตำรับน้ำสลัดที่มีลักษณะที่น่าพอใจมีเนื้อเนียน แต่จะทำให้มีสีจางลงเป็นสีเหลืองอ่อนการใช้ F II หรือ xanthan gum มากถึง 0.6% จะได้น้ำสลัดที่ข้นหนืดมากเกินไป จึงควรใช้ในปริมาณน้อยลง ใช้ xanthan gum 0.3% พบว่าใช้ได้ผลในขณะที่การใช้ F II 0.3% ยังทำให้ข้นหนืดมาก ตำรับที่ทดลองจะมีความข้นหนืด และมีความคงตัวดี ตั้งทิ้งไว้จนถึง 6 สัปดาห์ ยังไม่แยกชั้น อย่างไรก็ตามวิธีการทดลองหาความคงตัว โดยวิธี centrifugation ที่ 3000 rpm นาน 10 นาที จะทำให้แยกชั้น ยกเว้นบางตำรับได้แก่ ตำรับที่เติมเฉพาะไข่แดง และตำรับที่มีไข่แดงผสมกับ 0.6% xanthan gum จากการทดลองนี้ทำให้เสนอแนะได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียน F II อาจใช้ช่วยในการเตรียมน้ำสลัดได้มีผลใช้ช่วยเพิ่มความหนืดมากขึ้น ได้ตำรับที่มีลักษณะเนื้อสัปดาห์ที่น่าพอใจ และเก็บได้นานโดยไม่แยกชั้น

จากผลการทดลองใช้สารสกัด F II เป็นสารช่วยเตรียมอาหารพวกแยม เยลลี่ และน้ำสลัดที่ได้ทดลองทั้งหมดนี้ อาจกล่าวได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียน F II สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการช่วยเตรียมอาหารเหล่านี้ได้ดี สารสกัดเปลือกทุเรียนนำมาใช้เตรียมแยมและเยลลี่ได้เช่นเดียวกับสารเพคตินและใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าประมาณ 3 เท่า ก็ได้ตำรับแยมและเยลลี่ที่ดีเช่นเดียวกัน และการใช้ในอาหารพวกน้ำสลัดจะช่วยทำให้หนืดขึ้นและน้ำสลัดมีสีขาวขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่าเราสามารถำใช้ประโยชน์ของสารสกัดเปลือกทุเรียนได้ดีในการเตรียมอาหารพวกแยมเยลลี่และน้ำสลัด

สรุป

จากการทดลองทั้งหมดที่ได้ทำไปแล้วนี้ ได้ผลที่พอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ในเปลือกทุเรียนมีสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่สามารถสกัดออกมาได้โดยจะให้สารสกัดประมาณ 1-2% จากเปลือกสด

2. ส่วนประกอบของธาตุต่าง ๆ ในสารสกัดเปลือกทุเรียนพบว่ามีทั้ง carbon hydrogen แต่ไม่พบมี nitrogen อยู่เลย ทำให้เสนอแนะได้ว่า สารสกัดเปลือกทุเรียนไม่น่าจะมีส่วนประกอบของสารพวกที่มี nitrogen ได้แก่ โปรตีน กรดอมิโน และพวก amino sugar เป็นต้น

3. คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดจากเปลือกทุเรียนให้ผลที่แสดงว่าเป็นสารคาร์โบไฮเดรตพวก polysaccharide ที่เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลาย ๆ โมเลกุล ที่อาจมีทั้งน้ำตาลพวก hexose pentose และ glycuronic acid โดยอาจมีโครงสร้างของมันบางส่วนที่เป็นเกลียวยาว (helical coil structure) คล้ายโครงสร้างของโมเลกุลแป้ง (amylose) แต่มีช่วงความยาวของเกลียวที่สั้นกว่าแป้ง

4. มีแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิดอยู่ในสารสกัดเปลือกทุเรียนที่พบมาก ได้แก่ K Ca Na และ Mg แร่ธาตุส่วนน้อยอื่น ๆ ที่พบได้แก่ Al Fe Mn Si Zn และ Cu แต่ไม่พบมี Pb และตรวจไม่พบ As

5. ส่วนประกอบของน้ำตาลที่มีอยู่ในโมเลกุล polysaccharide ของสารสกัดเปลือกทุเรียน พบมีน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้ตรงกันกับ standard rhamnose arabinose fructose และ glucose อยู่ในสารสกัด F I ในอัตราส่วน 2:2:1:18 และมีน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้ตรงกับ standard rhamnose arabinose และ glucose ในสารสกัด F II ในอัตราส่วน 1:1:3

6. สารสกัดเปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบของน้ำ 9.10% ใน F I และ 12.00% ใน F II มีเถ้ามากใน F I มี 54.76% ใน F II มี 41.45% ไม่พบมีเส้นใยอาหารอยู่เลย

7. สาร polysaccharide ในสารสกัดเปลือกทุเรียน สามารถถูกย่อยได้บางส่วนด้วยเอ็นไซม์ amylase จากน้ำลาย แต่จะไม่ถูกย่อยได้อย่างสมบูรณ์จนเป็น mono- หรือ disaccharide เพียงแต่ถูกตัดให้สาย polysaccharide ของมันสั้นลง

8. ลักษณะของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่สังเกตพบเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อน (F I) และสีขาวนวล (F II) มีรสเปรี้ยวอมขมและมีกลิ่นค่อนข้างฉุน ลักษณะและขนาดของผงสารสกัด F I และ F II หลังจากบดละเอียดผ่านร่อน 80 mesh จากการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope ภายใต้กำลังขยาย 200 เท่า พบมีรูปร่างทั้งก้อนกลมและเป็นไฟเบอร์ยาวมีขนาดต่าง ๆ

กันจนถึงขนาดใหญ่ 300 ไมครอน ส่วนของไฟเบอร์จะมีขนาดยาวจนถึง 500 ไมครอน และกว้างจนถึง 200 ไมครอน ขนาดของผง F I จะเล็กกว่าผง F II สารสกัด F II ที่เตรียมจาก Spray Dried มีลักษณะคล้ายฟองอากาศกลมกลวง มีขนาดเล็กประมาณ 2-10 ไมครอน

9. สารสกัดเปลือกทุเรียนไม่มีจุดหลอมเหลวจะมีจุด decompose ที่ 174-176 °C ผงสารสกัดจะพองตัวได้ในน้ำได้เป็นของเหลวข้นหนืด F I จะเป็นของเหลวข้นสีน้ำตาลอ่อน ส่วน F II จะค่อนข้างใสไม่มีสี สารละลายในน้ำ 3% จะมีความหนืดวัดได้ 130.6 cps ใน F I และมีความหนืด 207.6 cps ใน F II ที่อุณหภูมิ 30 °C จากการวัดด้วยเครื่อง Cone and Plate Viscometer ใช้ Cone # CP-41 ที่ rate of shear 50 rpm. สารละลาย F I และ F II มี pH 5.8 และ 2.8 ตามลำดับ

10. สารสกัดเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติที่อาจนำมาใช้เป็นสารแขวนตะกอนได้ สารละลายในน้ำเป็นของเหลวที่มีลักษณะของการไหลจัดอยู่ในพวก non-newtonian ชนิด pseudoplastic มันจะข้นหนืดเมื่อตั้งทิ้งไว้และเมื่อเขย่า ความหนืดจะลดลง อันเป็นคุณสมบัติที่ดีของสารแขวนตะกอนโดยทั่วไป การใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารแขวนตะกอนในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Kaolin Mixture with Pectin Barium Sulfate Suspension และ Trisulfa Suspension ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ส่วนการใช้ในตำรับยาน้ำแขวนตะกอน Calamine Lotion จะไม่เหมาะสม

11. สารสกัดเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (Thickener) ร่วมกับสารทำอิมัลชัน methyl cellulose หรือ acacia ในยาน้ำอิมัลชัน ได้ผลที่น่าพอใจ สามารถใช้เป็นสารทำอิมัลชันเสริมได้ดีในตำรับยาน้ำอิมัลชัน ได้แก่ Liquid Paraffin Emulsion Mineral Oil Emulsion และ Cod Liver Oil Emulsion เป็นต้น

12. สารสกัดเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติที่เหมาะสมนำมาใช้ประโยชน์เตรียมอาหารพวกแยมและเยลลี่ได้ผลดีเช่นเดียวกับเพคติน และมีข้อดีกว่าคือสามารถใช้ได้ปริมาณที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเป็นสารเสริมช่วยเตรียมอาหารพวกน้ำสลัดได้

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่ได้ศึกษาไปแล้วยังมีสิ่งที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมอีกหลายแนวทางได้แก่

1. การทำสารให้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้น เพื่อลดปริมาณของเกลือแร่ต่าง ๆ ที่อาจเป็นตัวที่ทำให้มีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่นำไปใช้
2. การศึกษาโครงสร้าง polysaccharide ของสารสกัดเปลือกทุเรียน ให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขึ้น
3. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในการช่วยเตรียมเภสัชภัณฑ์อื่น ๆ ทั้งในยาเม็ดเป็น disintegrator และ binder ในยาน้ำอื่น ๆ ในรูปของอิมัลชัน และครีมหรือเจล เป็นต้น
4. การศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนเพิ่มเติมในการเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปอื่น ๆ
5. ศึกษาการใช้สารสกัดเปลือกทุเรียนในการเตรียมอาหารพวก diet food
6. ศึกษาความปลอดภัยของการบริโภคสารสกัดเปลือกทุเรียน
7. ศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์สารสกัดเปลือกทุเรียนในเชิงอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. ปลื้มจิต วิจารณ์พันธุ์ และคณะ (2528) เมล็ดแมงลัก II : คุณสมบัติของสารเมือกวารสารเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 12(1), 1-9
2. รพีพล ภโวาท และพิมลพรรณ พิทยานุกุล (2529) การศึกษาทางมะตูมสารสกัดเมือกจากธรรมชาติ ตอนที่ 1 : วิธีการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ และการหาค่าประคอบทางเคมี ไทยเภสัชสาร 11(2), 77-84
3. พิมลพรรณ พิทยานุกุล และ รพีพล ภโวาท (2529) การศึกษาทางมะตูมสารเมือกจากธรรมชาติ ตอนที่ 2 : ประโยชน์ของยางมะตูมในการเป็นสารปรุงแต่งในตำรับยาน้ำกระจ่ายตัว ไทยเภสัชสาร 11(2), 85-97
4. อมรรัตน์ วุฒิสถิรวิทยโณ และคณะ (2532) การศึกษาสารสกัดคาร์โบไฮ้ยเดรตจากเปลือกผลไม้เพื่อใช้เป็นสารแขวนตะกอนในตำรับยา รายงานวิจัยโครงการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. สุนันท์ พงษ์สามารถ และ นรานินทร์ มารคแมน (2532) การสกัดสารคล้ายเพคตินและการทำให้บริสุทธิ์จากเปลือกผลไม้ไทย รายงานวิจัย คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. Tem Smithinand (1980) *Thaiplant Names (Botanical-Names-Vernacular Names) Funny Publishing Ltd. Part. Bangkok, Thailand. p. 132-133*
7. ไกรสิทธิ์ อัมพรายน สุนันท์ พงษ์สามารถ และ ฤดีกร เกียรติมั่นคง (2532) ศึกษาการใช้สารสกัดจากเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นสารยึดเกาะและสารช่วยการกระจายตัวในการเตรียมเภสัชภัณฑ์ยาเม็ด รายงานการวิจัยทุนรชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. Dittert, L.W. (1974) *Sprowl's American Pharmacy 7th ed., J.B. Lippincott Co., Philadelphia p. 190*
9. Hoover, J.E. (1967) *Dispensing of Medication, 8th ed., Mack Publishing Co., Pennsylvania, p. 201.*

10. Martin, A., Swarbrick, J., and Camarata, A. (1983), Physical Pharmacy 3rd ed., Lea & Febiger, Philadelphia. p. 545
11. Sprowls, J.B. (1970) Prescription Pharmacy 2nd ed., J. B. Lippincott Co. Philadelphia U.S.A. p. 207-213.
12. เรวัตติ์ ธรรมอุปกณ์ คิติรัตน์ ปานม่วง และ สุนันท์ พงษ์สามารถ (2532) การใช้สารคล้ายเพคตินจากเปลือกทุเรียนในยาเตรียมและอาหารสัตว์รายรูป รายงานวิจัย คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
13. Ansel, H.C., (1981) Introduction to Pharmaceutical Dosage Forms. 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, p. 154-156.
14. Lachman, L., Lieberman, H.A., Kaning, J.L. (1986) the theory and Practice of Industrial Pharmacy. 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, p. 502-504.
15. Martin, A., Swarbrick, J. and Cammarata, A., (1983).., Physical Pharmacy 3rd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, p. 553-558.
16. Dittert, L.W., (1974) Sprowl's American Pharmacy, 7th ed, J.B. Lippincott Co. Philadelphia, p. 209-213.
17. Hoover, J.E. (1976). Dispensing of Medication, 8th ed, Mack Publishing Co., Pennsylvania, p. 189-190.
18. Lachman, L., Lieberman, H.A., Kanig, J.L., (1986). The Theory and Practice of Industrial Pharmacy 3rd ed., Lea & Febiger, Philadelphia, p. 513.
19. Dittert, L.W., (1974) Sprowl's American Pharmacy 7th ed. J.B. Lippincott Co. Philadelphia, p. 218-227.
20. Lachman, L., Lieberman, H.A., Kanig, J.L. (1986). The Theory and Practice of Industrial Pharmacy 3rd ed., Lea & Febiger, Philadelphia, p. 527-532.

21. Desrosier, N.W., (1977) The Technology of Food Preservation 4th ed. AVI Publishing Co. Inc. Westport. p. 259-267.
22. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 89 (พ.ศ. 2528)
23. Charley, H.C., (1982) Food Science. John Wiley & Sons, New York. p. 527-538.
24. Mc.William, M. and Paine, H. (1977) Modern Food Preservation. Phycon Press. Fullerton, p. 131-145.
25. Johnson, R.M., and Breene, W.B., (1988) Pectin gel-strength measurement. Food Tech. Feb : 87-93.
26. Paul, P.C., and Palmer, H.H., (1972) Food theory and Applications. John Wiley & Sons. New York, p. 200-208.
27. Potter, N.N., (1978) Food Science 3rd ed. AVI Publishing Co. Inc. Westport. p. 125-130.
28. Munsell Book Color (1976) Munsel Color Macbeth Division of Kollomorgen Corp. Maryland
29. Egan, H., Kirk., R.S., and Sawyer, R. (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8th ed. Longman Group Ltd. New york. p. 281-282.
30. Bennion, M. and Hughes, O. (1975) Introductory Foods. 6th ed. Macmillan Pub. Co. Inc. London p. 125-134.
31. Wayne., G. (1983) Profesional Cooking. John Wiley and Sons. New York. p. 465-473.
32. Fennema, O.R. (1976) Principle of Food Science. Part I. Food Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York. p. 127.
33. Ranganna, S. (1977) Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products., Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd., New Delhi p. 21-22.

34. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 12-17
35. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 7-9
36. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 22
37. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 17
38. The United States Pharmacopeia XX (1980). United States Pharmacopeial Convention Inc. Rockville, M.D. U.S.A. p. 590.
39. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Foods, Academic Press. London. p. 168-171
40. Harold, E., Kirk, R.S. and Sawyer, R. (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods 8th ed., Churchill Livingstone, N.Y. p. 20-24.
41. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press. London. p. 166-167.
42. The United States Pharmacopeia XXI (1985). United States Pharmacopeial Convention, Inc. Rockville, M.D. U.S.A. p. 1187-1188
43. Fourth Supplement, USP XXI-NF XVI (1982) United States Pharmacopeial Convention, Inc., Rockville, MD. U.S.A. p. 2245-2246

34. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 12-17
35. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 7-9
36. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 22
37. Koch, F.C. and Hanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore U.S.A. p. 17
38. The United States Pharmacopeia XX (1980). United States Pharmacopeial Convention Inc. Rockville, M.D. U.S.A. p. 590.
39. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Foods, Academic Press. London. p. 168-171
40. Harold, E., Kirk, R.S. and Sawyer, R. (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods 8th ed., Churchill Livingstone, N.Y. p. 20-24.
41. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press. London. p. 166-167.
42. The United States Pharmacopeia XXI (1985). United States Pharmacopeial Convention, Inc. Rockville, M.D. U.S.A. p. 1187-1188
43. Fourth Supplement, USP XXI-NF XVI (1982) United States Pharmacopeial Convention, Inc., Rockville, MD. U.S.A. p. 2245-2246

44. Stahl, E. (1969). Thin-Layer Chromatography. 2nd ed. Springer-Verlag, N.Y. p. 811-834
45. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978). The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press. London. p. 130-131.
46. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978). The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press. London. p. 107-108.
47. Lee, R. (1975) Food Analysis, in Analytical and Quality Control Methods for the Food Manufacture and Buyer. 3rd ed. Leonard Hill Books, London. p. 84
48. Koch, F.C. and Kanke, M.E. (1953) Practical Methods in Biochemistry, 6th ed. Williams and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A. p. 26
49. The Wells-Brookfield Cone/Plate Digital Viscometer Operating Instruction, Brookfield Engineering Lab., Inc. U.S.A.
50. Lachman, L., Lieberman, H.A., Kanig, J.L. (1986) The theory and Practice of Industrial Pharmacy, 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, p. 492.
51. Martin, A., Swarbrick, J., and Cammarata, A. (1983). Physical Pharmacy, Physical Chemical Principles in the Pharmaceutical Sciences. 3rd ed. Lea & Febiger. Philadelphia. U.S.A. p. 547-548.
52. Dittert, L.W. (1974). Sprowls' American Pharmacy 7th ed. J.B. Lippincott Co. p. 309.
53. National Formulary XIII (1970) American Pharmaceutical Association, Washington, D.C. U.S.A. p. 388
54. British Pharmacopeia Vol. II (1988) Medicines Commission, London Her Majesty's Station Office Cambridge, p. 702.

55. The United States Pharmacopeia XXII The National Formulary XVII (1989) United States Pharmacopeial Convention Inc. Rockville MD. U.S.A. p. 205.
56. เกล็ดตำรับฉบับกระทรวงสาธารณสุข (2519) Barium Sulfate Suspension; โรงพิมพ์องค์การเภสัชกรรม กทม. หน้า 105.
57. เกล็ดตำรับฉบับกระทรวงสาธารณสุข (2519) Trisulfa Suspension, Pediatric, โรงพิมพ์องค์การเภสัชกรรม ถนนพระราม 6 กทม. หน้า 110
58. British Pharmacopeia Vol II (1988) Medicines Commission, London Her Majesty's Station Office Cambridge, p. 744.
59. The United States Pharmacopeia XXII National Formulary XVII (1989) United States Pharmacopeial Convention Inc., Rockville MD. U.S.A. p. 900.
60. เกล็ดตำรับฉบับกระทรวงสาธารณสุข (2519) Cod Liver Oil Emulsion, โรงพิมพ์องค์การเภสัชกรรม กทม. หน้า 90.
61. Phillips, G.O., Wedlock, D.J. and William., P.A. (1982) Progress in Food and Nutrition Science. Gum and Stabilizers for the Food Industry Interaction of Hydrocolloids-Oxford. Pergamon Press. p. 181-189.
62. Roehring, K.L. (1984) Carbohydrate Biochemistry and Metabolism. AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut, U.S.A. p. 19-20.
63. Martin, E.W. (1971) Dispensins of Medication 7th ed. Mack Publishing Co., Easton, Pennsylvania, p. 540-541.
64. Parrott, E.L. (1971) Pharmaceutical Technology. Burgess Publishing, Minneapolis. p. 341-349.

65. Rawlins, E.A. (1977) Bentley's Textbook of
Pharmaceutics 8th ed. Bailliers Tindall.,
London p. 97.
66. Remington's Pharmaceutical Sciences (1965) 13th ed.
Martin, E.W. ed. Mack Publishing Co.
Pennsylvania, p. 848
67. Parrot, E.L. (1971) Pharmaceutical Technology, Burgess
Publishing, Minneapolis p. 338.
68. Fennema, O.R. (1976) Principle of Food Science. Part I.
Food Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York. p.
117-119.
69. Furia, T.E. (1975) Handbook of Food Additives, 2nd ed.
CRC Press, Ohio p. 325.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย