บทที่ 4

สรุปวิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง ใช้เครื่องโม่แห้ง 2 ชนิดคือ เครื่อง jet mill และ เครื่อง attrition mill ของสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพ และ วิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เครื่องโม่ทั้งสองชนิดเป็นเครื่องโม่ที่อาศัยหลักการขัดสีในการย่อยขนาดอนุภาคของสาร ดังนั้น อาศัยหลักการดังกล่าวนี้ คาดว่าสารเมือกซึ่งอยู่ชั้นนอกสุดของเมล็ดจะถูกขัดสีออกจากส่วนอื่นของเมล็ด

ในการดำเนินการสกัด เมล็ดแมงลักก่อนที่จะนำมาสกัด ต้องผ่านการสกัดน้ำมันออกก่อน เพื่อลดปัญหาการสูญเสีย อันเนื่องมาจากน้ำมันเหนียวทำให้อนุภาคติดค้างตามส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง และอุดตันรูเปิดของแร่ง การสกัดน้ำมันขั้นแรกโดยการบีบอัดด้วย hydraulic press ด้วยแรง 9 ตัน ไม่พบว่ามีน้ำมันไหลลงภาชนะรองรับ แต่มีน้ำมันเยิ้มติดผิวเปลือกนอกของเมล็ดเล็กน้อย อาจเนื่องจาก เปลือกของเมล็ดแข็งมาก แรงที่ให้ไม่มากพอที่จะบีบน้ำมันออกได้หมด อีกทั้งปริมาณน้ำมันที่มีในเมล็ดน้อยทำให้ไม่มีน้ำมันไหลออกมามากพอน้ำมันที่ไหลออกมาก็ถูกซับไว้ด้วยโพลีแซคคาไรด์ ที่อยู่บริเวณผิวเปลือกเมล็ด ซึ่งโพลีแซคคาไรด์จะทำหน้าที่คล้ายกระดาษซับมันทำให้น้ำมันไม่ไหลลงสู่ภาชนะรองรับ ดังนั้นน้ำมันที่สกัดได้ส่วนใหญ่จึงเป็นน้ำมันที่ถูกทำละลายด้วยเฮกเซน โดยได้ปริมาณน้ำมันทั้งหมด 15.21 % w/w น้ำมันที่ได้มีสีเหลืองใสไม่มีกลิ่น แต่มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นเล็กน้อยการเกิดตะกอนสีขาวสอดคล้องกับรายงานของ ป่วน เจริญพานิช เมื่อ พ.ศ. 2518 ที่ได้ทำการสกัดน้ำมันเมล็ดแมงลักด้วยอีเทอร์ ได้น้ำมันสีเหลืองใส และมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นเช่นกัน และเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณตะกอนยิ่งเพิ่มขึ้น จากรายงานดังกล่าวพบว่า ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของน้ำมันเมล็ดแมงลัก เป็น 183 ถือว่าเป็นค่าที่สูง จึงได้จัดให้น้ำมันเมล็ดแมงลักเป็นน้ำมันซักแห้ง(drying oil) คือ เมื่อลองเอาน้ำมันทาที่กระดาษแล้วทิ้งให้แห้ง กระดาษสามารถกันน้ำได้ เป็นคุณสมบัติที่พบเช่นเดียวกับ น้ำมันเมล็ดป่าน (linseed oil) ซึ่งจัดเป็น drying oil เช่นเดียวกัน

และเพื่อหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำมันเมล็ดแมงลัก โดยมีแนวความคิดว่าน้ำมันจากเมล็ดพืชโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด ดังนั้นหากน้ำมันเมล็ดแมงลักมีคุณสมบัติดังกล่าวก็จะสามารถนำผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก คือน้ำมัน ไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และ จากการวิเคราะห์ชนิดของกรดไขมัน พบว่า น้ำมันเมล็ดแมงลักประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายคือ

กรดลิโนเลอิก , กรดลิโนเลนิก และ กรดโอเลอิก ในปริมาณค่อนข้างสูง แสดงโครมาโตแกรมของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดแมงลัก ในภาคผนวก ค

เมล็ดที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว มีความหนาแน่นที่ยังไม่ถูกอัด และ หลังถูกอัดต่างกันเล็กน้อย ทำให้ความสามารถในการถูกอัดได้ของเมล็ดแมงลักค่อนข้างต่ำคือ 13.52 % ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดได้ผลน้อย และ ความแข็งของเมล็ดนี้ก็เป็นอุปสรรคสำคัญในการย่อยขนาดด้วย ความหนาแน่นที่แท้จริงของเมล็ดเป็น 0.9 g/ml ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาตรการพองตัวจำเพาะของเมล็ดเป็น 26.67 g/g และ 43.75 ml/g ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดที่สกัดน้ำมันแล้ว ได้แก่ โปรตีน , เส้นใยหยาบ , เถ้า , ความชื้น และ คาร์โบไฮเดรต เป็น 18.79% d.b. , 55.40 % d.b., 5.71 % d.b., 8.15 % d.b. และ 11.94 % d.b. ตามลำดับ จะเห็นว่าองค์ประกอบเมล็ดส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่ย่อยไม่ได้ สอดคล้องกับรายงานของ พาณี เตชะเสน เมื่อพ.ศ. 2521 ซึ่งได้วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดแมงลักพบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ของเมล็ดเป็นคาร์โบไฮเดรต (55.66 %d.b.) โดยที่เป็นเส้นใยที่ย่อยไม่ได้ 44.68 %d.b ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส และส่วนน้อยเป็นเฮมิเซลลูโลส ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มีเพียง 6.98 %d.b ซึ่งเป็นแป้งเพียงเล็กน้อย องค์ประกอบที่เหลือคือโปรตีน , ไขมัน , เถ้า และ ความชื้น มีปริมาณ 17.87 , 19.60 ,6.87 และ 14.10 %d.b ตามลำดับ

เมล็ดที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว นำมาสกัดสารเมือกออกด้วย jet mill โดยคาดหวังว่าแรงจากอากาศพ่นที่ทำให้อนุภาคเมล็ดถูกฟลูอิไดซ์ และกระทบขัดสีกันเอง หรือกระทบกับตัวเครื่องในส่วนย่อยขนาด จะทำให้สารเมือกที่อยู่ชั้นนอกสุดของเมล็ดถูกขัดสีหลุดออกเป็นอนุภาคละเอียดแยกจากอนุภาคหยาบส่วนอื่นของเมล็ด จากผลการทดลองการสกัดด้วย jet mill จำนวน 1 รอบ โดยใช้ความเร็วรอบในการหมุนตัวป้อนสาร 900 รอบต่อนาที และ ใช้เวลาในการสกัด 10 นาที ได้ปริมาณอนุภาคส่วนละเอียด (ผ่านตะแกรง 500 μ) น้อยมากคือ 9.88 %d.b สูญเสียไป 18.24 %d.b อนุภาคส่วนละเอียดมี WHC เทียบกับส่วนของเมล็ดที่ยังไม่สกัดสารเมือกออก พบว่า ค่าไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งถ้าอนุภาคส่วนละเอียดที่ได้มีสัดส่วนของสารเมือกสูงก็น่าจะมี WHC สูงกว่าเมล็ดที่ยังไม่ถูกสกัดสารเมือกหลายเท่าเมื่อเทียบต่อน้ำหนักที่เท่ากัน แสดงว่า ในอนุภาคส่วนละเอียดนี้มีองค์ประกอบอื่นของเมล็ดที่ไม่พองตัวปนอยู่ด้วย ถ้าหากแยกเอาองค์ประกอบส่วนนี้ออกจากสารเมือกได้ก็น่าจะทำให้ WHC สูงขึ้น อนุภาคส่วนหยาบที่เหลือจากการสกัดซึ่งคาดว่าWHC จะต่ำลงเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ยังไม่สกัดสารเมือก เนื่องจากถูกสกัดสารเมือกออกแล้วบางส่วน แต่พบว่า WHC ยังคงสูงอยู่ ดังนั้นเพื่อลดการสูญเสีย และ เพื่อให้ได้ปริมาณอนุภาคละเอียดเพิ่มขึ้นจึงได้เพิ่มเวลาในการสกัดจาก 10 เป็น 15 นาที และเพิ่มรอบการสกัด จาก 1 เป็น 5 รอบ เพื่อขัดสารเมือกที่ยังคงเหลือติดส่วนเมล็ดออกให้ได้มากที่สุด โดยใช้ความเร็วในการหมุนตัวป้อน

สารเท่าเดิม จากนั้น แยกขนาดอนุภาคส่วนละเอียดที่ได้ ด้วย ตะแกรงขนาด 500 , 200 และ 100 μ เพื่อแยกองค์ประกอบส่วนอื่นของเมล็ดที่ไม่พองตัวออกจากสารเมือก ซึ่งก็ทำให้สามารถแยกขนาดอนุภาคได้ 4 กลุ่ม คือ อนุภาคค้างตะแกรง 500μ (p > 500μ) , อนุภาคผ่านตะแกรง 500μ แต่ค้างตะแกรง 200μ (p 500-200μ) , อนุภาคผ่านตะแกง 200μ แต่ ค้างตะแกรง 100μ (p 200-100 μ)และ อนุภาคผ่านตะแกรง 100 μ (p < 100μ) ในปริมาณ 39.22% d.b. , 24.91 % d.b., 8.41% d.b. และ 8.31%d.b ตามลำดับ และสูญเสียจากกระบวนการสกัด 19.15 %d.b

จากนั้นได้ทดลองสกัดสารเมือกออกด้วย attrition mill โดยคาดหวังว่า แรงเฉือนของ disc ที่กระทำต่ออนุภาคเมล็ดจนเกิดการขัดสีจะให้สารเมือกที่อยู่ผิวเปลือกเมล็ดหลุดออกจากส่วนของเมล็ด ในการทดลองได้แยกขนาดอนุภาคด้วย air jet sieve ขนาด 500 , 200 และ 100μ ได้อนุภาค 4 ขนาดเช่นเดียวกับที่ได้ในการทดลองการสกัดด้วย jet mill 5 รอบ เป็นปริมาณ 62.89% d.b. , 26.43% d.b. , 4.02% d.b. และ 3.92 %d.b ตามลำดับเรียงจากอนุภาคขนาดใหญ่ไปหาเล็ก และ สูญเสียจากกระบวนการสกัด 2.75 %d.b

เปรียบเทียบจากกราฟการกระจายขนาดอนุภาคในผลการทดลองรูปที่ 3 - 4 และ 3 - 5 ซึ่งแสดงการกระจายขนาดอนุภาคที่ได้จากการสกัดด้วย jet mill 5 รอบ และ attrition mill ตามลำดับ จะเห็นว่า การสกัดด้วย jet mill ได้ปริมาณอนุภาคละเอียดคิดเป็นสัดส่วนต่ออนุภาคหยาบมากกว่าการสกัดด้วย attrition mill คือ jet mill ได้อนุภาคหยาบ ต่อ อนุภาคละเอียดประมาณ 1 : 1 และ attrition mill ประมาณ 2 : 1

สังเกตจากผลการทดลองศึกษาลักษณะอนุภาคขนาดมากกว่า 500 μ ในรูปที่ 3 - 6 และ 3 - 10 ซึ่งแสดงลักษณะอนุหยาบที่เหลือจากการสกัดด้วย jet mill 5 รอบ และ attrition mill ตามลำดับ พบว่าอนุภาคหยาบที่ได้จากการสกัดด้วย jet mill ส่วนใหญ่ เป็นส่วนเปลือกเมล็ดที่ภายในกลวงไม่มีเนื้อเมล็ด แต่อนุภาคหยาบที่ได้จากการสกัดด้วย attrition mill ส่วนใหญ่เป็นเนื้อในเมล็ดที่ไม่มีส่วนเปลือกหุ้ม คาดได้ว่า เครื่องโม่ทั้ง 2 เครื่องดำเนินการย่อยขนาดอนุภาคเมล็ดแมงลักโดยการกระเทาะเหมือนกัน กล่าวคือ ทำให้เกิดการแยกส่วนเปลือกและเนื้อในเมล็ดออกจากกัน แต่ jet mill หลังการเกิดการกระเทาะแยกเปลือกและเนื้อในเมล็ดแล้ว ส่วนเนื้อในเมล็ดซึ่งเปราะและเบากว่าจะถูกย่อยขนาดได้ง่ายกว่าเปลือกเมล็ด ต่างกับส่วนเปลือกเมล็ดซึ่งบางส่วนถูกย่อยขนาดแล้ว และบางส่วนยังไม่ถูกย่อยขนาดสมบูรณ์ก็ถูกพาออกจากเครื่องไปด้วยอัตราไหลของลมที่ออกจากเครื่อง

ส่วน attrition mill หลังจากที่อนุภาคเมล็ดถูกกระเทาะแยกเปลือกกับเนื้อในเมล็ดออกจากกันแล้ว ส่วนเปลือกที่อยู่ด้านนอกติกกับ disc จะถูกย่อยขนาดก่อนส่วนเนื้อในเมล็ดซึ่งยังไม่ถูกย่อยขนาด หรือย่อยขนาดไม่สมบูรณ์ ก็ถูกพาออกจากเครื่องไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

ดังนั้นอนุภาคหยาบที่ได้จากทั้งสองเครื่องจึงมีสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน คือ อนุภาคที่ได้จาก jet mill จะมี WHC , ปริมาตรการพองตัวจำเพาะ , ปริมาณเส้นใยหยาบและ ปริมาณเถ้า สูงกว่า แต่มีปริมาณโปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าอนุภาคที่ได้จาก attrition mill พิจารณาอนุภาคหยาบที่ได้จาก jet mill ในแต่ละรอบ พบว่า WHC และ ปริมาตรการพองตัวจำเพาะเพิ่มขึ้นในแต่ละรอบที่ผ่านไป ขัดกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การสกัดด้วย jet mill แต่ละรอบจะค่อย ๆ ขัดให้สารเมือกหลุดออกไป และ ทำให้ WHC และ ปริมาตรการพองตัวจำเพาะต่ำลง และจากผลการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นในแต่ละรอบ แต่มีปริมาณโปรตีนลดลง นั่นคือ การสกัดด้วย jet mill ในแต่ละรอบที่ผ่านไป ส่วนเนื้อเมล็ดถูกย่อยเป็นอนุภาคละเอียด เหลือส่วนเปลือกเป็นอนุภาคหยาบ

อนุภาคขนาด 500 - 200 และ 200 - 100 μ ซึ่งเป็นอนุภาคละเอียดที่สกัดได้จากเครื่องโม่ทั้งสองเครื่อง มีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ เป็นอนุภาคสีน้ำตาลดำ และ สีน้ำตาลอ่อนตามลำดับ แต่อนุภาคที่ได้จาก attrition mill สีค่อนข้างเข้มกว่าเล็กน้อย อาจเนื่องจากมีเปลือกเมล็ดปนมามากกว่า เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคที่สกัดได้จาก attrition mill พบว่ามีปริมาณเส้นใยสูงกว่า และปริมาณโปรตีนต่ำกว่าอนุภาคที่ได้จาก jet mill เล็กน้อย แต่อนุภาคที่ได้จาก jet mill มี WHC และปริมาตรการพองตัวจำเพาะสูงกว่ามาก สำหรับอนุภาคที่สกัดได้จาก jet mill ในแต่ละรอบ ปริมาณเส้นใยหยาบ , WHC และ ปริมาตรการพองตัวจำเพาะสูงขึ้นในแต่ละรอบ เนื่องจากในรอบท้าย ๆ อนุภาคหยาบที่นำมาสกัดซ้ำมีส่วนเนื้อเมล็ดน้อยลง ส่วนใหญ่เป็นเปลือกดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น อนุภาคละเอียดจึงมีปริมาณโปรตีนที่พบในเนื้อเมล็ดน้อยลง แต่กลับมีปริมาณเส้นใยที่พบในส่วนเปลือกสูงขึ้น อนุภาคขนาดละเอียดนี้ที่ได้จากเครื่องโม่ทั้งสองเครื่องมีปริมาตรการพองตัวจำเพาะสูงกว่าอนุภาคหยาบมาก ด้วนเหตุผลของขนาดที่เล็กลงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของสารเมือกกับน้ำ จึงทำให้การกระจายตัวในน้ำดีขึ้น แต่ WHC มีค่าใกล้เคียงกับอนุภาคหยาบ แสดงว่าโครงสร้างเมือกที่รับน้ำของอนุภาคละเอียดและอนุภาคหยาบไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่า อนุภาคขนาด 200 -100 μ ก็มีปริมาตรการพองตัวจำเพาะสูงกว่าและ WHC ใกล้เคียงอนุภาคขนาด 500 - 200 μ ด้วยเหตุผลเดียวกัน

แต่สำหรับอนุภาคขนาด น้อยกว่า 100 μ ที่สกัดได้จากทั้งสองเครื่อง ซึ่งเป็นอนุภาคละเอียดสีขาวอมน้ำตาล แต่เดิมระหว่างที่ทำการสกัด คาดว่า อนุภาคส่วนนี้น่าจะเป็นสารเมือกที่ต้องการ แต่เมื่อได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีพบว่า อนุภาคส่วนนี้มี

ปริมาตรการพองตัวจำเพาะ และ WHC ต่ำมาก องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีน มีเส้นใยและเถ้าเพียงเล็กน้อย แสดงว่าอนุภาคส่วนนี้คือส่วนเนื้อเมล็ดที่ถูกย่อยขนาดลง และ อนุภาคส่วนนี้ที่ได้จาก jet mill ก็มีปริมาณมากกว่าที่ได้จาก attrition mill เพราะการสกัดด้วย attrition mill เนื้อเมล็ดส่วนใหญ่เป็นอนุภาคหยาบ แต่ การสกัดด้วย jet mill เนื้อเมล็ดถูกย่อยได้ง่ายกว่า ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ดังนั้นจึงแบ่งอนุภาคทั้ง 4 ขนาดที่ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มอนุภาคหยาบที่เป็นส่วนกากที่เหลือของเมล็ดซึ่งไม่สามารถสกัดสารเมือกออกได้หมด ส่วนที่เหลือจากการสกัดด้วย jet mill ส่วนใหญ่เป็นเปลือกเมล็ด และ ส่วนที่เหลือจากการสกัดด้วย attrition mill ส่วนใหญ่เป็น เนื้อเมล็ด , กลุ่มอนุภาคละเอียดขนาด 500 - 200 μ และ 200 - 100 μ ซึ่งมีการกระจายตัวในน้ำได้ดี (ปริมาตรการพองตัวจำเพาะสูง) และ มี WHC สูง จึงจัดให้เป็นสารเมือกที่จะนำไปทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือกต่อไป และ กลุ่มสุดท้ายคือ อนุภาคขนาดน้อยกว่า 100 μ เป็นเนื้อในเมล็ดที่องค์ประกอบส่วนใหญ่ ประมาณ 50 % d.b. เป็นโปรตีน

จากการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200 μ และ 200 - 100 μ ซึ่งมีสัดส่วนของสารเมือกสูง พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของเมือก และ การอุ้มน้ำของเมือกจะดีที่พีเอชของสารละลายเป็นกลางหรือมีความเป็นกรดหรือด่างเพียงเล็กน้อย เนื่องจากกรดคาร์บอกซิลิกที่จะแตกตัวเกิดไฮเดรชันกับน้ำจะแตกตัวได้น้อยเมื่ออยู่ในสภาวะกรดแก่ แสดงให้เห็นจากปฏิกิริยาการแตกตัวของ - COOH ในน้ำ

$$COOH + H_2O \rightleftharpoons COO^- + H_3O^+$$

และจากสมการของ Henderson - Husselbulch $pH = -\log pKa \frac{[COO^-]}{[COOH]}$

ที่ค่า pH ต่ำ ความเข้มข้นของ COOH จะสูง นั่นคือ COOH มีการแตกตัวน้อยทำให้เกิดการไฮเดรชันน้อยส่งผลให้สารเมือกในสารละลายกรดแก่มี WHC ต่ำลง และ สารเมือกซึ่งเป็น เฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยบางส่วนด้วยด่างแก่ ดังนั้น ส่งผลให้สารเมือกในสารละลายด่าแก่มี WHC ต่ำลง

เกลือมีผลต่อการยับยั้งความสามารถในการอุ้มน้ำโดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น โดยเกลือจะไปแย่งน้ำในการทำให้เกิดการละลาย เกิดการ salting - out ทำให้น้ำจับกับสารเมือกน้อยลง และการละลายของเกลือทำให้เกิดอิออนบวกที่ไปลดแรงผลักกันระหว่างประจุ

ลบของหมู่คาร์บอกซิลในสารเมือก ดังนั้นเกลือที่มีประจุบวก วาเลนซีสูงก็ยิ่งมีผลต่อการลดความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือกมากขึ้น ดังแสดงในสมการ

$$\delta = 1/K \text{ มีค่าประมาณ } 3 \times 10^{-8} / z\sqrt{M}$$ ที่อุณหภูมิน้ำ 25 องศาเซลเซียส

เมื่อ δ คือ ความหนาของ electrical double layer

z คือ จำนวน valency ของ counter ion

M คือ ความเข้มข้นของ counter ion (molar)

ในกรณีของสารเมือก electrical double layer หมายถึงชั้นของประจุลบหรือหมู่คาร์บอกซิลของเมือกที่จับกับประจุบวกของน้ำ ถ้า electrical double layer หนา หรือมีค่าสูงแสดงถึงการมีน้ำมาจับมาก ดังนั้นการมี electrolyte หรือ เกลือซึ่งแตกตัวมีประจุตรงข้ามกับเมือก (counter ion) คือเป็นประจุบวกก็จะแย่งการจับกับเมือกแทนน้ำ พิจารณาจากสมการ ยิ่ง counter ion ที่มี valency สูง คือมีประจุบวกมาก (ค่า z สูง) ก็ส่งผลให้ความหนาของ electrical double layer ต่ำลง ในทำนองเดียวกัน ถ้าความเข้มข้นของ counter ion สูง (ค่า M สูง) ก็ส่งผลให้ ความหนาของ electrical double layer ต่ำลง เช่นกัน(Mysels, 1959)

4.1 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

4.1 .1 ในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ก่อนทำการสกัดสารเมือกต้องทำการสกัดน้ำมันออกก่อนเพื่อลดปัญหา และการสูญเสียในการสกัด น้ำมันเมล็ดแมงลักที่ได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้

4.1.2 ในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง jet mill 5 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500, 200 และ 100 μ ได้อนุภาค 4 ขนาดคือ > 500 , 500 - 200 , 200 - 100 และ 100 μ ปริมาณ 39.22 , 24.91 , 8.41 , 8.31 % d.b. ตามลำดับ และสูญเสียจากกระบวนการสกัด 9.15 % d.b.

4.1.3 ในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง attrition mill และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500, 200 และ 100 μ ได้อนุภาค 4 ขนาดคือ > 500 , 500 - 200 , 200 - 100 และ <100 μ ปริมาณ 62.89 , 26.43 , 4.02 , 3.92 % d.b. ตามลำดับ และสูญเสียจากกระบวนการสกัด 2.74 % d.b.

4.1.4 จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จากเครื่องโม่ทั้ง 2 เครื่อง สามารถจัดกลุ่มอนุภาคได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอนุภาคขนาด > 500 μ เป็นกากเมล็ดที่เหลือจากการสกัดแต่ไม่สามารถสกัดสารเมือกออกได้หมด กากที่เหลือจากการสกัดด้วย jet mill ส่วนใหญ่เป็นเปลือกเมล็ด ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดด้วย attrition mill ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเมล็ด , กลุ่มอนุภาคขนาด 500 - 200 และ 200 - 100 μ เป็นอนุภาคที่มีการพองตัวในน้ำได้สูง จัดให้เป็นสารเมือก และ กลุ่มอนุภาคขนาด <100 μ เป็นอนุภาคที่การอุ้มน้ำและการพองตัวต่ำ องค์ประกอบประมาณ 50 % เป็นโปรตีน

4.1.5 จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก พบว่า สารเมือกมีการอุ้มน้ำได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ , ที่พีเอชเป็นกลางหรือมีความเป็นกรด - ด่างเล็กน้อย และเกลือเป็นอุปสรรคต่อการอุ้มน้ำของสารเมือก

4.2 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

4.2.1 จากกระบวนการสกัดสารเมือกด้วย เครื่อง jet mill ซึ่งคาดว่าน่าจะสามารถขัดสารเมือกออกโดยมีส่วนอื่นของเมล็ดปนมาเล็กน้อย แต่จากการทดลองพบว่ายังคงมีส่วนเปลือกและส่วนเนื้อเมล็ดปนมามาก และต้องทำการสกัดถึง 5 รอบ ซึ่งเป็นการเสียเวลาและสิ้นเปลืองพลังงานในการดำเนินการมาก อีกทั้งเครื่อง jet mill มีราคาแพง ดังนั้น ในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักในระดับอุตสาหกรรมอาจใช้เครื่องโม่ที่ราคาถูกกว่านี้ แต่สามารถสกัดสารเมือกได้ปริมาณมากในการสกัดเพียงรอบเดียว ซึ่งจากการทดลองการสกัดด้วยเครื่อง attrition mill ก็สามารถสกัดสารเมือกได้ปริมาณมาก ในการสกัดเพียงรอบเดียวก็ได้ปริมาณสารเมือกใกล้เคียงกับการสกัดด้วย jet mill 5 รอบ แต่ก็มีข้อด้อยกว่าตรงที่ เมือกติดเปลือกมามากทำให้การพองตัวต่ำ ส่วน jet mill สามารถขัดเอาเฉพาะส่วนของเมือกแยกออกจากส่วนเปลือกได้มากกว่า ดังนั้นในการค้นคว้าเพื่อพัฒนาต่อไปอาจทดลองกับเครื่องโม่ชนิดอื่น ๆ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการสกัด

4.2.2 จากกระบวนการสกัดทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พลอยได้คือน้ำมัน และ โปรตีน ที่อาจสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร หรือ ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งหากบริโภคเมล็ดแมงลักทั้งเมล็ดตามที่นิยมกันมาก็ทำให้สูญเสียผลิตภัณฑ์พลอยได้ในส่วนนี้ไป

4.2.3 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารเมือกนิยมปรุงแต่งรสเช่น รสส้มซึ่งต้องใช้กรดซิตริก ดังนั้นต้องระวังไม่ใช้มากจนพีเอชต่ำเกินไปจนส่งผลต่อการพองตัวของเมือก