บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

5.1.1 การเตรียมและลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

ส้มในกลุ่ม Mandarin ที่นิยมปลูกในประเทศไทยปัจุบัน ได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุน และส้มฟรีมองต์ โดยส้มสามพันธุ์แรกมีลักษณะผลคล้ายกัน ส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์มีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้ง นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ผลิตน้ำส้มด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์

จากการตรวจลักษณะทางกายภาพของส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ดังตารางที่ 4.1 พบว่า สีผิวเปลือกของส้มเขียวหวานมีสีเหลืองอมเขียว วัดค่าสีเขียว(a) ได้ 4.23 และสีเหลือง(b)ได้ 57.79 ส่วนส้มฟรีมองต์มีสีเหลืองอมส้ม วัดค่าสีแดง(a) ได้ 13.34 และสีเหลือง(b) ได้ 50.91 น้ำหนักผลและความหนาเปลือกของส้มฟรีมองต์วัดค่าได้มากกว่าส้มเขียวหวาน ความหวานของส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์วัดในรูปของแข็งที่ละลายได้มีค่า 11.27 และ 12.7 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดในส้มเขียวหวานวัดได้ 0.36เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าส้มฟรีมองต์ซึ่งวัดได้0.83 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากส้มฟรีมองต์เป็นส้มที่มีเปลือกหนา เนื้อผลค่อนข้างแน่น และมีสีแดงมากกว่าส้มเขียวหวาน มีรสหวานอมเปรี้ยว โดยออกเปรี้ยวมากกว่า(เอฟ. อี. ซิลลิค, 2541)

เมื่อแยกส่วนต่างๆ ของผลได้แก่ เปลือก กาก น้ำ และเมล็ด หาน้ำหนักโดยประมาณ ได้ผลดังตารางที่ 4.2 ซึ่งส้มเขียวหวานมีปริมาณเปลือกน้อยกว่าส้มฟรีมองต์แต่มีกากมากกว่า โดยปริมาณเปลือกและกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์คิดเป็น38.14 และ 34.63 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล ดังนั้นในการผลิตน้ำส้มคั้นจึงมีส่วนของเปลือกและกากปริมาณมากที่ไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์

5.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากและเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ ดังตารางที่ 4.3 พบว่า กากและเปลือกส้มมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันประมาณ6.53 – 8.41 เปอร์เซ็นต์

กากส้มมีใยอาหาร 39.33-43.85 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เนื่องจากส่วนของกากส้มมีน้ำส้มปนอยู่มากจึงมีน้ำตาลและกรดสูงด้วย ส่วนของเปลือกส้มมีใยอาหารเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด 50.73-52.89 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรตอื่นๆ จากที่กากและเปลือกส้มมีใยอาหารปริมาณมาก ดังนั้นกากและเปลือกส้มจึงจัดเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร

5.2 การผลิตใยอาหารผงจากส้ม

จากลักษณะของวัตถุดิบที่แตกต่างกันของเปลือกและกากส้ม จึงได้มีแนวคิดในการผลิตใยอาหารผงจากส้มเป็น 2 รูปแบบ โดยส่วนของกากส้มเนื่องจากมีสีอ่อนและไม่มีกลิ่นจึงผลิตใยอาหารผงจากกากส้มเพื่อใช้เป็นแหล่งของใยอาหารเท่านั้น ส่วนของเปลือกส้มเป็นส่วนที่มีสีและกลิ่นส้มอยู่ด้วยจึงผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มเพื่อใช้เป็นแหล่งของใยอาหารและให้สีและกลิ่นส้มด้วย ดังนั้นจึงแยกศึกษากระบวนการผลิตใยอาหารผงเป็น 2 ส่วน คือ การผลิตใยอาหารผงจากกากส้มและการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้ม

5.2.1 การศึกษาภาวะที่ใช้ในการผลิตใยอาหารผงจากกากส้ม

5.2.1.1 ระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกกากส้มด้วยไอน้ำ

การศึกษาระยะเวลาในการลวกมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่มีอยู่ในกากส้ม โดยเฉพาะเอนไซม์ในกลุ่มเพคติก เช่น เพคติเนส ซึ่งจะไปย่อยเพคตินส่งผลต่อคุณภาพของใยอาหารได้ ในการทดลองเลือกใช้วิธีการลวกด้วยไอน้ำ เนื่องจากในการทดลองเบื้องต้นพบว่าการลวกด้วยน้ำร้อนใช้เวลาในการลวกมากกว่าจะทำลายเอนไซม์ได้ ซึ่งการที่กากส้มได้รับความร้อนเป็นเวลานานส่งผลต่อคุณภาพของใยอาหาร การลวกในน้ำร้อนใยอาหารที่ละลายน้ำมีโอกาสสูญเสียไปได้มาก การประเมินผลการลวกเลือกใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวบ่งชี้ว่าเอนไซม์ต่างๆได้ถูกทำลายไปหมดแล้วหรือไม่ เนื่องจากเปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูง (Fellows, 1990) เมื่อยับยั้งการทำงานของเปอร์ออกซิเดสได้ ได้จึงสันนิษฐานได้ว่าเอนไซม์อื่นๆ ซึ่งทนความร้อนต่ำกว่าจะถูกทำลายไปด้วย จากการทดลองพบว่าการลวกกากส้มทั้งสองพันธุ์เป็นเวลา 2 นาทีขึ้นไป สามารถยับยั้งการทำงานของเปอร์ออกซิเดสได้ ดังนั้นจึงเลือกเวลา 2 นาทีในการลวกเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นเวลาที่สั้นที่สุด

5.2.1.2 จำนวนครั้งที่เลือกในการล้างกากส้ม

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในกากส้มทั้งสองพันธุ์ พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตซึ่งไม่ใช่ใยอาหารอยู่เป็นจำนวนมาก คาร์โบไฮเดรตในส้มประกอบด้วย น้ำตาล และโพลิแซคคาไรด์ ซึ่งได้แก่ ใยอาหารชนิดต่างๆ (Ting, 1980) ดังนั้นในกากส้มจึงมีน้ำตาลอยู่มาก ซึ่งการกำจัดน้ำตาลในกากส้มออกทำได้โดยการล้างด้วยน้ำ (Larrauri, 1999) ดังนั้นจึงศึกษาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการล้างกากส้ม

ทำการทดลองโดย แปรจำนวนครั้งในการล้างกากส้มเป็น 1-6 ครั้ง ประเมินผลจากร้อยละของผลผลิต ความชื้น ใยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีของผงกากส้ม ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5 - 4.6 เลือกจำนวนครั้งในการล้างที่ให้ใยอาหารผงที่มีคุณภาพดีที่สุด คือมีใยอาหารอยู่ในปริมาณมาก และมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง

จากผลการทดลอง พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างกากส้มต่อค่าร้อยละของผลผลิต ความชื้น ใยอาหาร และค่าสี (L, a, b) ของผงกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ ($p \leq 0.05$) โดยค่าร้อยละของผลผลิตต่ำลงเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการสูญเสียองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ น้ำตาล กรดโปรตีน เถ้า และใยอาหาร ไปในการล้างแต่ละครั้งดังผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.2.1.2 (รูปที่ 4.1 และ 4.2) ค่าใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น อธิบายผลได้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สูญเสียไปในการล้าง โดยในการล้างแต่ละครั้งมีการสูญเสีย น้ำตาล กรดโปรตีน และเถ้าออกไป ดังนั้นความเข้มข้นของใยอาหารที่เหลืออยู่ในกากส้มจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผงกากส้มที่ผ่านการล้างมากครั้งกว่ามีปริมาณใยอาหารสูงกว่า ค่าสีลดลงเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น เนื่องจากการล้างทำให้สูญเสียรงควัตถุต่างๆออกไปกับน้ำล้างด้วย พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างกากส้มต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มฟรีมองต์($p \leq 0.05$) โดยความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มฟรีมองต์มีค่าสูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบอิทธิพลของจำนวนครั้งในการล้างกากส้มต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มเขียวหวาน($p > 0.05$) แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มขียวหวาน มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับส้มฟรีมองต์ เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นสมบัติที่สำคัญของใยอาหาร ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณใยอาหาร โดยเมื่อจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น ปริมาณหรือความเข้มข้นของใยอาหารในผงกากส้มเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำก็เพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณน้ำที่เส้นใยสามารถอุ้มไว้ขึ้นกับ แหล่งของเส้นใย วิธีการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ (Roberson และ Eastwood, 1981) และวิธีเตรียมเส้นใย (Rasper, 1982) ถ้าวิธีการเตรียมไปดัดแปรโครงสร้างของเส้นใยความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ภายในmatrix ก็จะถูกกระทบไปด้วย

จากผลการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมในการล้างกากส้ม จึงพิจารณาเลือกจำนวนครั้งในการล้าง 5 ครั้ง และ 4 ครั้งสำหรับการผลิตใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์ ตามลำดับ

5.2.1.3 อุณหภูมิที่เลือกในการทำแห้งกากส้มด้วยตู้อบลมร้อน

การทำแห้งจัดเป็นขั้นตอนหลักและมีต้นทุนการผลิตสูงสุดในการผลิตใยอาหารผง การทำแห้งช่วยปรับปรุงอายุการเก็บของใยอาหารได้โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารกันเสีย ช่วยการลดขนาดของบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนในการขนส่ง โดยก่อนการทำแห้งจำเป็นต้องมีการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ออกไปก่อนเพื่อลดเวลาในการทำแห้ง

ในการทดลองเลือกใช้การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกากส้ม ทำการทดลองโดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้งเป็น 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจาก ปริมาณความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่าL, a, b ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.7 - 4.8 เลือกอุณหภูมิในการทำแห้งที่ให้ผงกากส้มคุณภาพดีที่สุด

จากผลการทดลอง พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อค่าความชื้นของผงกากส้มทั้งสองพันธุ์ ค่าสี (L, a, b) ของผงกากส้มเขียวหวาน และค่าความสว่าง (L) ของผงกากส้มฟรีมองต์($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าสีเขียวและเหลือง (a, b) ของผงกากส้มเขียวหวานมีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงรงควัตถุในกากส้มถูกทำลายมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Braddock, 1980) พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มฟรีมองต์($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิสูงในการทำแห้งทำให้โครงสร้างของเส้นใยหดตัวมากจึงมีการคืนตัวได้ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Larrauri (1997) ซึ่งพบว่าเส้นใยที่มีอัตราการทำแห้งสูงกว่าจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่า โดยทั่วไปความร้อนจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหายและสารที่อยู่ในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมา มีผลต่อเสถียรภาพของโพลิแซคคาไรด์ เช่น เพคติน (Larrauri, 1999) ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของผงกากส้มเขียวหวาน ($p > 0.05$) แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้นเช่นเดียวกัน อุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อส้มสองพันธุ์แตกต่างกัน เนื่องจากใยอาหารจากพืชต่างชนิดกันมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลให้สมบัติโดยรวมของใยอาหารแตกต่างกัน (ประภาศรี ภูวเสถียร, 2532) นอกจากองค์ประกอบทางเคมีแล้วสมบัติทางกายภาพบางอย่าง เช่น โครงสร้าง ขนาดอนุภาค ความพรุน และความหนาแน่นก็มีผลต่อการอุ้มน้ำเช่นกัน (Roberson และ Eastwood, 1981 และ Auffrect และคณะ, 1994)

จากผลการทดลองเลือกอุณหภูมิในการทำแห้ง 50 องศาเซลเซียสเนื่องจากให้ผงกากส้มที่มีคุณภาพดีที่สุด

5.2.2 การศึกษาภาวะที่ดีในการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้ม

เนื่องจากการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณใยอาหารสูง มีสีและกลิ่นส้มด้วยดังนั้นขั้นตอนการทดลองจึงแตกต่างจากการผลิตใยอาหารผงจากกากส้ม

5.2.2.1 ระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการลวกเปลือกส้มด้วยไอน้ำ

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลวก นอกจากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่มีอยู่ในเปลือกเช่นเดียวกันกับในกากส้มแล้ว ยังมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงสีของผงเปลือกส้มด้วย

ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับในกากส้ม พบว่าการลวกเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์เป็นเวลามากกว่า 2 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ จึงเลือกเวลา 2 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่สั้นที่สุดเพื่อทำการทดลองต่อไป โดยศึกษาผลของการลวกต่อสีของใยอาหารผงจากเปลือกส้มเปรียบเทียบกับที่ไม่ลวก ประเมินผลจากความชื้น และสีวัดเป็นค่า L, a, b

จากผลการทดลองพบอิทธิพลของการลวกต่อความชื้น และค่าสีเหลืองของผงเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์ และค่าสีเขียวของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าผงเปลือกส้มที่ผ่านการลวกมีสีเหลืองมากกว่าผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการลวก เนื่องจากแคโรทีนอยด์ถูกทำลายได้โดยเอนไซม์ (Gross, 1977) การลวกจึงทำให้แคโรทีนอยด์ไม่ถูกทำลายโดยเอนไซม์ และการแช่น้ำเพื่อทำให้เย็นหลังการลวกก็ทำให้ความเป็นกรดลดลง ทำให้เฟลโวนอยด์มีสีเหลืองมากขึ้น (Horowitz, 1961)

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการลวกเปลือกส้มเป็นเวลา 2 นาทีเพื่อทำการทดลองต่อไป

5.2.2.2 ภาวะที่ดีในการทำแห้งเปลือกส้ม

การทำแห้งเปลือกส้มมีหลักการและเหตุผลเช่นเดียวกับกากส้ม แต่ในการผลิตใยอาหารผงต้องการรักษาสีของเปลือกส้มด้วย ดังนั้นจึงศึกษาวิธีการทำแห้งแบบลมร้อนเปรียบเทียบกับแบบสุญญากาศ

5.2.2.2.1 อุณหภูมิที่เลือกในการทำแห้งเปลือกส้มด้วยลมร้อน

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งเปลือกส้ม ทำการทดลองโดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้งเป็น 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจาก ปริมาณความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่า L, a, ง ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.12 - 4.13 เลือกอุณหภูมิในการทำแห้งที่ให้ผงกากส้มคุณภาพดีที่สุด

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.2.1 พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มด้วยตู้อบลมร้อนต่อ ค่าสีเขียว(a) และสีเหลือง (b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ค่าความชื้นของผงเปลือกส้มฟรีมองต์ และ ค่าความสว่าง(L)ของผงเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ค่าสีเขียวและสีเหลืองของผงเปลือกส้มเขียวหวานลดลงเนื่องจากคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ถูกทำลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น (Braddock และ Kesterson ,1973) แต่ไม่มีผลต่อผงเปลือกส้มฟรีมองต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเปลือกส้มฟรีมองต์มีคลอโรฟิลล์อยู่น้อย และชนิดแคโรทีนอยด์ที่มีในเปลือกส้มฟรีมองต์มีความทนต่ออุณหภูมิสูงกว่าในส้มเขียวหวาน จากการศึกษาเสถียรภาพของแคโรทีนอยด์ในน้ำส้ม Valencia oranges และ Dancy tangerines โดย Philip (1975) พบว่า การพาสเจอไรส์ทำให้สูญเสียแคโรทีนอยด์ในน้ำส้ม orange 17เปอร์เซ็นต์ แต่ในน้ำส้ม tangerine ไม่มีการสูญเสีย และพบว่า Zeaxanthin มีความเสถียรมากที่สุด และ Cryptoxanthin มีความเสถียรต่ำกว่า β-citraurin ค่าความชื้นของผงเปลือกส้มฟรีมองต์ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มจาก 50 เป็น 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่แตกต่างเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส และไม่มีความแตกต่างในผงเปลือกส้มฟรีมองต์ ที่ได้ผลดังนี้อาจมีสาเหตุมาจากการควบคุมความชื้นสุดท้ายของเปลือกส้มที่ทำแห้งสามารถควบคุมได้โดยประมาณเท่านั้น เนื่องจากอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนที่ใช้ในการทำแห้งมีความแปรปรวนจึงไม่สามารถควบคุมความชื้นสุดท้ายได้ตามต้องการ ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของผงเปลือกส้มทั้งสองพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในช่วงที่ศึกษามีผลต่อโครงสร้างของเส้นใยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ดังนั้น จึงเลือกการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสำหรับทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานและส้มฟรีมองต์

ในการทดลองขั้นต่อไปได้ทำการทดลองเฉพาะเปลือกส้มเขียวหวาน เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับฤดูกาลจึงไม่สามารถหาส้มฟรีมองต์ที่ลักษณะที่กำหนดไว้เบื้องต้นได้

5.2.2.2.2 วิธีที่เลือกในการทำแห้งเปลือกส้ม

ศึกษาผลของวิธีทำแห้งต่อคุณภาพของผงเปลือกส้มเขียวหวาน แปรวิธีการทำแห้งเป็นทำแห้งแบบลมร้อนและแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจาก ความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสีวัดเป็นค่า L, a, b ด้วยเครื่องวัดสี

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.2.2 พบอิทธิพลของวิธีทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) โดยการทำแห้งแบบสุญญากาศมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าแบบลมร้อน อาจเนื่องมาจากการทำแห้งแบบลมร้อนทำให้โครงสร้างของเส้นใยเกิดการหดตัวระหว่างที่มีการระเหยน้ำออก มากกว่าการทำแห้งแบบสุญญากาศ ทำให้โครงสร้างของเส้นใยเกิดการเสียหายมากกว่าจึงอุ้มน้ำได้น้อยกว่า ค่าความสว่าง (L) ค่าสีเขียว (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน อาจเป็นผลจากการทำแห้งแบบสุญญากาศ ภาวะภายในตู้อบเป็นสุญญากาศบางส่วน(Fellows, 1990) จึงมีออกซิเจนอยู่น้อยกว่าทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุต่างๆ เกิดได้น้อยกว่า ทำให้การทำแห้งแบบสุญญากาศมีสีที่ดีกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน

ดังนั้นจึงเลือกทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานด้วยตู้อบสุญญากาศ เนื่องจากให้สีที่ดีกว่าและความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า

5.2.2.3 ภาวะที่เลือกในการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

เนื่องจากผงเปลือกส้มที่ได้จากผลการทดลองในข้อที่ 3.2.2.2 มีข้อเสียคือ มีรสขมมากไม่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงศึกษาการลดความขมในผงเปลือกส้มเขียวหวาน โดยเตรียมผงเปลือกส้มเขียวหวานตามขั้นตอน 3.2.2.3 เพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

วิธีการลดความขมในผงเปลือกส้มที่จะศึกษาต่อไปเลือกใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเพราะตัวอย่างเป็นของแข็ง โดยเลือกใช้น้ำและเอธานอลเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากสารที่ให้รสขมในเปลือกส้มส่วนใหญ่เป็นพวกเฟลโวนอยด์ซึ่งให้รสขมทันที สามารถละลายน้ำได้ (Horowitz, 1961) นาริจินละลายน้ำได้เล็กน้อย ละลายได้ในอะซิโตน แอลกอฮอล์ และกรดอะซิติก (Rouseff, 1980) ส่วนลิโมนินละลายน้ำได้เล็กน้อยและจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อน ความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อมีน้ำตาลและเพคติน (Rouseff, 1982) และจากการศึกษาของ Swisher (1958) พบว่า การเปลี่ยนแปลง pH มีผลต่อความขมในน้ำส้ม ดังนั้นจึงศึกษาผลของ pH และผลของอุณหภูมิในการสกัด

โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และศึกษาผลของความเข้มข้นของเอธานอลต่อความขมของผงเปลือกส้มเขียวหวานเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการสกัด

5.2.2.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการลดความขมในผงเปลือกส้มเขียวหวาน แปรอุณหภูมิของตัวอย่างเป็น 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.3.2 พบอิทธิพลของการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมสูงกว่า แต่คะแนนกลิ่นต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด ความขมมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างของคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมระหว่างผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่ที่อุณหภูมิ 30-60 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีการละลายของสารที่มีรสขมมากขึ้น จึงกำจัดสารดังกล่าวออกจากผงเปลือกส้มได้มาก ผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่อุณหภูมิสูงกว่าคะแนนความขมจึงมีแนวโน้มต่ำกว่า แต่การที่มีสารรสขมเหลืออยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการสกัด จึงตรวจไม่พบความแตกต่างระหว่างผงเปลือกส้มที่ผ่านการการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการสกัดเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

5.2.2.3.2 ผลของpH ต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

ศึกษาผลของ pH ในการลดความขมในผงเปลือกส้มเขียวหวาน แปร pH ของตัวอย่างเป็น 7 8 และ 9 เนื่องจาก pH เริ่มต้นของผงเปลือกส้มในน้ำกลั่นที่เตรียมมีpH ประมาณ 5.7 อุณหภูมิของตัวอย่างประมาณ 30 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.3.1 พบอิทธิพลของการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่ pH ต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมสูงกว่า แต่คะแนนสีและกลิ่นต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด คะแนนความขมมีแนวโน้มลดลงเมื่อ pH ในการสกัดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างของคะแนนความขม กลิ่น

และการยอมรับรวมระหว่างผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่pH 7 - 9 อาจเนื่องมาจากในระหว่างสกัดมีการละลายของเฟลโวนอยด์ออกมามาก ลิโมนินถูกไฮโดรไลซ์เปลี่ยนรูปไปเป็นสารที่ไม่ให้รสขมและละลายน้ำได้ (Swisher, 1958) โดยเมื่อ pH เพิ่มขึ้นมีการละลายของสารดังกล่าวมากขึ้นเมื่อกรองสารละลายทิ้งไป จึงคงเหลือสารรสขมอยู่น้อย การที่มีสารรสขมเหลืออยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มที่ไม่ผ่านการสกัดซึ่งมีรสขมมาก จึงตรวจไม่พบความแตกต่างระหว่างผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดที่ pH ต่างๆ

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือก pH 7 ในการสกัดเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจากมี pH เป็นกลาง ใช้สารละลายด่างในการปรับ pH น้อย และไม่จำเป็นต้องปรับ pH อีกครั้งหลังการสกัด

5.2.2.3.3 ผลของความเข้มข้นเอธานอลต่อการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

ศึกษาผลของความเข้มข้นของเอธานอลในการลดความขมในผงเปลือกส้มเขียวหวาน แปรความเข้มข้นของเอธานอลเป็น 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับผงเปลือกส้มก่อนการสกัด

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.3.3 พบอิทธิพลของการสกัดต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยเอธานอลความเข้มข้นต่างๆ มีคะแนนความขม และการยอมรับรวมสูงกว่า แต่คะแนนกลิ่นต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการสกัด ความขมมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของเอธานอลเพิ่มขึ้น ผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนกลิ่น และการยอมรับรวมต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัด เนื่องจากสารให้กลิ่นละลายออกไปได้มากกว่า

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกที่เอธานอลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำที่สุดในการสกัดเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

5.2.2.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดสารรสขมในผงเปลือกส้ม

จากภาวะที่เลือกในการทดลองข้อ 3.2.2.3.1 – 3.2.2.3.3 นำมาทำการทดลองเปรียบเทียบภาวะในการสกัด ประเมินผลการทดลองจากคะแนนทางประสาทสัมผัส เลือกการสกัดที่ให้ผงเปลือกส้มคุณภาพดีที่สุด

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.3.4 พบอิทธิพลของภาวะในการสกัดต่อคะแนนการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดด้วยการปรับ pH เป็น 7 มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำและเอธานอล ไม่มีความแตกต่างของคะแนนความขม และกลิ่นระหว่างการสกัดที่ภาวะต่างๆ แต่คะแนนดังกล่าวของผงเปลือกส้มที่ผ่านการสกัดโดยการปรับ pH มีแนวโน้มสูงกว่าอีก 2 วิธี

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการปรับ pH ในการสกัดเป็น 7 เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

5.2.2.4 ภาวะที่เลือกใช้ในการปรับปรุงสีและกลิ่นของผงเปลือกส้ม

5.2.2.4.1 วิธีที่เลือกในการทำแห้งผงเปลือกส้ม

เนื่องจากผงเปลือกส้มที่ได้จากการทดลองตามขั้นตอนที่ 3.2.2.3 มีสีซีดกว่าและคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการสกัด ซึ่งในการสกัดสารให้สีและกลิ่นส่วนหนึ่งจะละลายออกไป แต่จากการทดลองสังเกตได้ว่าตัวอย่างหลังการสกัดมีสีที่ดีกว่าหลังการทำแห้ง ดังนั้นจึงศึกษาการปรับปรุงสีและกลิ่นของผงเปลือกส้มโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบสุญญากาศ ประเมินผลการทดลองจาก สีวัดเป็นค่า L, a, b และคะแนนทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.4 พบอิทธิพลของวิธีทำแห้งต่อค่าสี และคะแนนกลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) โดยผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความสว่าง(L) ค่าสีเขียว(a) และค่าสีเหลือง(b) สูงกว่าที่ทำแห้งแบบสุญญากาศ รวมทั้งคะแนนกลิ่นและการยอมรับรวมก็สูงกว่าด้วย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีภาวะเป็นสุญญากาศสูง (ความดันต่ำกว่า0.5 hPa) และไม่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง (อุณหภูมิ condensor ต่ำกว่า –40 องศาเซลเซียส) การกำจัดน้ำออกจากตัวอย่างเกิดขึ้นจากการระเหิดของน้ำแข็งกลายเป็นไอ สารประกอบที่ให้กลิ่นไม่ได้อยู่ในส่วนของผลึกน้ำแข็งดังนั้นเมื่อน้ำแข็งระเหิดสารเหล่านี้จึงยังคงอยู่ในตัวอย่าง (Fellows, 1990) ตัวอย่างที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงมีสีและกลิ่นที่ดี ดังนั้นจึงเลือกวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

5.2.2.4.2 ชนิดของสารละลายด่างที่เลือกในการปรับ pH

ศึกษาผลของชนิดด่างต่อสีของผงเปลือกส้ม แปรชนิดของด่างที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต ประเมินผลการทดลองจากสีวัดเป็นค่า L, a, b และคะแนนทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2.4.2 พบอิทธิพลชนิดด่างต่อค่าสี (L, a, b) ของผงเปลือกส้มเขียวหวาน($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาจากค่าสีเหลือง(b)ผงเปลือกส้มที่ปรับpH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าผงเปลือกส้มที่ปรับ pH ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่พบอิทธิพลของชนิดด่างต่อคะแนนความขม กลิ่น และการยอมรับรวมของผงเปลือกส้ม ($p > 0.05$)

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกการปรับ pH ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เนื่องจากให้สีที่ดี และจากการทดลองการปรับ pH ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ทำได้ง่ายกว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งใช้เวลานานในการปรับ pH ให้เป็น 7

จากการประเมินร้อยละของผลผลิตในกระบวนการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกและกากส้มในข้อ 3.2 พบว่า การผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน มีร้อยละของผลผลิตสูงกว่าการผลิตใยอาหารผงจากกากส้มต์ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน การผลิตใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์มีร้อยละของผลผลิตต่ำกว่ากากส้มเขียวหวานเนื่องจากมีปริมาณใยอาหารเริ่มต้นต่ำกว่า

5.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

5.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง ได้ผลดังข้อ 3.3.1 พบว่ากระบวนการผลิตที่ศึกษาได้จากข้อ 3.2 ให้ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงที่มีปริมาณใยอาหารสูงโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มซึ่งมีใยอาหารประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้งหมด มีปริมาณไขมันต่ำมาก ส่วนผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มมีปริมาณใยอาหารต่ำกว่า คือมีประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้งหมด เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีส่วนของรงควัตถุอยู่ด้วย ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มมีปริมาณใยอาหารที่ละลายได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้ม

5.3.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

จากผลการทดลองข้อ 3.2 พบว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มมีสีอ่อน ไม่มีกลิ่น และไม่มีรสขม ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิดโดยไม่กระทบต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ ส่วนผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มมีสีเหลือง ให้กลิ่นส้ม แต่มีความขมเล็กน้อย จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการสีและกลิ่นส้ม

จากการตรวจสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง พบว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มมี pH ประมาณ 5 ซึ่งต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้ม ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มมีขั้นตอนการปรับ pH เป็น 7 ในระหว่างการสกัด ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีค่าต่ำ ประมาณ0.4 ค่า bulk density ของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มต่ำมากคือ0.16 กรัมต่อมิลลิลิตร น่าจะเป็นผลมาจากโครงสร้างของเปลือกส้มมีความพรุนมากกว่ากากส้ม และในระหว่างขั้นตอนการสกัดสารรสขมเส้นใยที่อยู่ในสารละลายเกิดการพองตัว และเมื่อนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งไม่เกิดการหดตัวของเส้นใยหรือเกิดน้อยมาก ดังนั้นจึงมี bulk density ต่ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน และผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์มีค่าสูงที่สุด และผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีค่าต่ำที่สุด น่าจะเป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์ทั้งสามมีลักษณะโครงสร้าง ชนิด องค์ประกอบ และปริมาณใยอาหารแตกต่างกัน การที่ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากมีใยอาหารที่ละลายน้ำอยู่มาก Lopez (1996) พบว่าเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันมากกว่าส่วนที่ละลายน้ำ เนื่องจากมีร้อยละของอนุภาคขนาดใหญ่อยู่มากกว่า ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า dried citrus pulp sacs, apple cellular fiber และ wheat fiber ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใยอาหารทางการค้า มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 10-11, 12 และ 4 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ(Andres, 1981) ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันใกล้เคียงกับเซลลูโลสจากกากกระเจี๊ยบ และสูงกว่าเซลลูโลสจากกากถั่วเหลือง (วิภา และคณะ, 2541) ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เท่ากับ 2.05 และ 1.29 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

5.3.3 ผลของขนาดอนุภาคต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากการศึกษาผลของขนาดอนุภาคต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม พบว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงชนิดหยาบมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าชนิดละเอียด โดยเมื่อพิจารณาประกอบกับผลการตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวด้วยเทคนิค SEM อธิบายได้ว่า ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงชนิดหยาบมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า มีความพรุนมากกว่าจึงดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากกว่า

5.3.4 ลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผง

จากผลการตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากและเปลือกส้ม พบว่ามีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน กากส้มประกอบด้วยส่วนของผนังกลีบส้มและท่อลำเลียงซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เปลือกส้มมีความหนาและเป็นรูพรุนมากกว่า ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มจึงมีลักษณะเป็นแผ่น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงจากกากส้มจึงมีลักษณะเป็นก้อน ลักษณะอนุภาคของใยอาหารผงชนิดหยาบและชนิดละเอียดไม่ค่อยแตกต่างกัน แต่ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงชนิดละเอียดมีการกระจายของอนุภาคที่มีขนาดแตกต่างกันค่อนข้างมาก

5.4 ผลการใช้ผลิตภัณฑ์ใยอาหารผงกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมอบ

ทำการทดลองเสริมใยอาหารผงจากกากส้มฟรีมองต์ และเปลือกส้มเขียวหวานในผลิตภัณฑ์เค้กถ้วย แปรปริมาณใยอาหารในสูตรเป็น0 2 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของแป้งในสูตร ประเมินคะแนนทางประสาท ได้ผลตามข้อ 3.4

จากผลการทดลอง พบว่าสามารถเสริมใยอาหารผงจากกากส้ม 2 – 6 เปอร์เซ็นต์ของแป้งในสูตรในทำเค้กถ้วยโดยไม่ทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป และการเสริมใยอาหารผงจากเปลือกส้มสามารถเพิ่มสีเหลืองและกลิ่นส้มในเค้กถ้วยได้โดยไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัส แต่มีรสขมเพิ่มขึ้นโดยยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้