บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกากส้มเขียวหวานสดที่จะนำมาผลิตเส้นใยอาหารผง

กากส้มเขียวหวานสดหลังการคั้นน้ำได้ถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของกากส้มเขียวหวานสด

คุณสมบัติทางกายภาพของกากส้มเขียวหวานสดที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าสี (L, a^*, b^*) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ผลการศึกษาที่ได้แสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกากส้มเขียวหวานสด

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่าที่วัดได้
ค่าสี L	61.95 $\pm$ 0.22
ค่าสี a^*	-3.48 $\pm$ 0.15
ค่าสี b^*	53.34 $\pm$ 1.08
ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่าง)	0.96 $\pm$ 0.04
ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง)	1.01 $\pm$ 0.04

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กากส้มเขียวหวานสดมีค่าสี L ซึ่งเป็นค่าความสว่างเท่ากับ 61.95 ซึ่งแสดงว่ากากส้มเขียวหวานสดมีสีค่อนข้างคล้ำ ค่าสี a^* ซึ่งเป็นค่าของสีแดง-เขียว เท่ากับ –3.48 ซึ่งค่าสี a^* มีค่าเป็นลบ แสดงว่ากากส้มเขียวหวานสดมีสีเขียวปนอยู่ ค่าสี b^* ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง-น้ำเงิน เท่ากับ 53.34 ซึ่งค่าสี b^* มีค่าเป็นบวก แสดงว่ากากส้มเขียวหวานสดมีสีเหลืองปนอยู่ด้วย การที่กากส้ม

เขียวหวานสดมีสีเขียวและสีเหลืองปน เนื่องจากในกากส้มเขียวหวานสดมีรงควัตถุสำคัญ 2 ชนิด คือ คลอโรฟิลด์จากส่วนเปลือกของส้มเขียวหวานซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียว และแคโรทีนอยด์จากส่วนเปลือกและเนื้อเยื่อของกากส้มเขียวหวานซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง (Belitz, 1987; Hui, 1992) ดังนั้นในการนำกากส้มเขียวหวานมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผงจึงจำเป็นต้องทำการกำจัดหรือลดสีของกากส้มเขียวหวานลงเพื่อให้ได้เส้นใยอาหารที่มีคุณภาพดี และเหมาะสำหรับนำไปใช้ในอาหาร ไม่มีผลต่อสีของอาหารที่เติมเส้นใยอาหารลงไป เพราะหนึ่งในคุณสมบัติของเส้นใยอาหารที่ดี คือ เส้นใยอาหารต้องไม่มีสี (Pomeranz, 1991)

ส่วนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของกากส้มเขียวหวานสดมีค่าต่ำ คือ 0.96 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง และ 1.01 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ดังนั้นถ้าต้องการใช้ประโยชน์จากกากส้มเขียวหวานจึงจำเป็นต้องหาวิธีที่ทำให้กากส้มเขียวหวานมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูง

4.1.2 คุณสมบัติทางเคมีของกากส้มเขียวหวานสด

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของกากส้มเขียวหวานสดได้ผลดังแสดงในตาราง 4.2 พบว่า ปริมาณเส้นใยอาหารของกากส้มเขียวหวานสดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าร้อยละ 48.70 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Espachs-Barroso *et al.* (2005) ที่วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารในเปลือกส้มที่ได้จากโรงงานคั้นน้ำส้ม และรายงานว่าปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดมีค่าร้อยละ 49.24 โดยน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามปริมาณเส้นใยอาหารที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso (1999a) ซึ่งรายงานว่ากากส้มวาเลนเซียมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 35.4–36.9 โดยน้ำหนักแห้ง จากค่าปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดในกากส้มเขียวหวานที่วิเคราะห์ได้ แสดงให้เห็นว่ากากส้มเขียวหวานเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเส้นใยอาหารผง เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยอาหารค่อนข้างสูง

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่ากากส้มเขียวหวานสดมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากเส้นใยอาหาร ได้แก่ ไขมันและน้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณค่อนข้างสูงในกากส้มเขียวหวานสด ดังนั้นในการที่จะนำกากส้มเขียวหวานมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผงจึงจำเป็นต้องกำจัดหรือลดปริมาณน้ำตาลลงเพื่อจะได้เส้นใยอาหารผงที่บริสุทธิ์ขึ้น เนื่องจากในการผลิตเส้นใยอาหารผงให้มีคุณภาพดีนั้น จะต้องทำการกำจัดเอาส่วนประกอบอื่น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกจากวัตถุดิบให้มากที่สุดและเหลือแต่เฉพาะเส้นใยอาหาร (Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1999a)

ตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากส้มเขียวหวานสด

คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ความชื้น	79.13 $\pm$ 0.23
ค่าความเป็นกรดด่าง	4.56 $\pm$ 0.01
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.979 $\pm$ 0.01
ไขมัน	1.34 $\pm$ 0.01
น้ำตาล	40.28 $\pm$ 0.45
โปรตีน	5.82 $\pm$ 0.03
เส้นใยอาหารทั้งหมด	48.70 $\pm$ 0.03

หมายเหตุ : - ปริมาณไขมัน น้ำตาล โปรตีน และเส้นใยอาหารทั้งหมด คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กากส้มเขียวหวานสดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 79.13 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Ting and Rouseff (1983) ซึ่งรายงานว่าเปลือกและของเหลือทิ้งจากกากส้มวาเลนเซียมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 68.9–85.0 อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง คือ ร้อยละ 5.82 มีปริมาณมากกว่าที่รายงานไว้โดย Ting and Rouseff (1983) ซึ่งรายงานว่าเปลือกและของเหลือทิ้งจากกากส้มวาเลนเซียมีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 3.5–5.6 ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของพันธุ์ส้มในรายงานกับพันธุ์ส้มที่ใช้ในการทดลอง ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตีของกากส้มเขียวหวานมีค่า 0.979 แสดงว่ามีปริมาณน้ำในกากส้มเขียวหวานสดสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน

4.2.1 ผลของขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

ผลการศึกษาขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานที่มีต่อปริมาณน้ำตาล และปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้แสดงดังตาราง 4.3 ซึ่งพบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดของเส้นใยอาหารผงที่ได้จากขนาดการหั่นชิ้น 5 มิลลิเมตร มีค่าต่ำที่สุด ส่วนเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน 10, 15, และ 20 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดการหั่นชิ้นเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารที่ได้จะมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้สูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารน้อยกว่าการใช้ขนาดการหั่นชิ้นเล็กกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Larrauri *et al.* (1996) พบว่าการใช้ขนาดการหั่นชิ้นเปลือกมะม่วงที่ใหญ่ จะทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าการใช้ขนาดการหั่นชิ้นที่เล็กกว่า

ส่วนปริมาณน้ำตาลในเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการทดลอง พบว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานที่เล็กจะมีปริมาณน้ำตาลน้อย และปริมาณน้ำตาลในเส้นใยอาหารผงจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ขนาดการหั่นชิ้นที่ใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากขนาดการหั่นชิ้นวัตถุดิบที่ใหญ่เกินไป จะทำให้ไม่สะดวกในการกำจัดน้ำตาลในขั้นตอนต่อไป คือ การล้าง (Larrauri, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Larrauri *et al.* (1996) ที่พบว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นที่ใหญ่ มีปริมาณน้ำตาลเหลืออยู่สูงกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นที่เล็กกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานกับคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

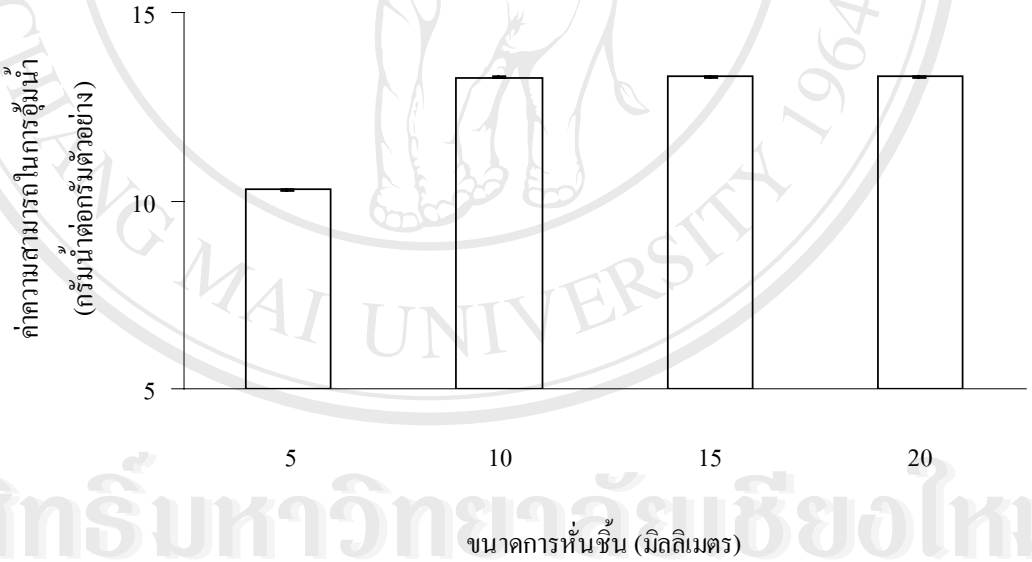
ขนาดการหั่นชิ้น (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำตาล (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (g water/g sample)
5	$11.82^{a} \pm 0.24$	$12.24^{a} \pm 0.10$	$55.08^{a} \pm 0.02$	$67.32^{a} \pm 0.10$	$10.29^{a} \pm 0.02$
10	$11.95^{a} \pm 0.01$	$17.14^{b} \pm 0.01$	$56.12^{b} \pm 0.03$	$73.26^{b} \pm 0.03$	$13.29^{b} \pm 0.03$
15	$13.33^{b} \pm 0.22$	$17.14^{b} \pm 0.01$	$56.14^{b} \pm 0.04$	$73.28^{b} \pm 0.05$	$13.29^{b} \pm 0.02$
20	$14.82^{c} \pm 0.92$	$17.15^{b} \pm 0.01$	$56.15^{b} \pm 0.02$	$73.30^{b} \pm 0.01$	$13.30^{b} \pm 0.01$

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาผลของขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานที่มีต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน 5 มิลลิเมตร มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน 10, 15, และ 20 มิลลิเมตร ที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ดังภาพ 4.1) จะเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผง แต่เนื่องจากขนาดการหั่นชิ้นมีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผง เมื่อขนาดการหั่นชิ้นเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Larrauri *et al.* (1997) ที่พบว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการบดเปียกเปลือกส้มขนาด 5 มิลลิเมตร จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการหั่นชิ้นเปลือกส้มขนาด 15 มิลลิเมตร



ภาพ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

ดังนั้นในการศึกษาหาขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวานที่เหมาะสม จึงเลือกขนาดการหั่นชิ้น 10 มิลลิเมตร เนื่องจากเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้น 10 มิลลิเมตร มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากขนาดการหั่นชิ้น 5 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้น 15 และ 20 มิลลิเมตร นอกจากนั้นเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้น 10 มิลลิเมตร ยังมีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้ขนาดการหั่นชิ้น 15 และ 20 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกด้วย

4.2.2 ผลของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 4 อัตราส่วน คือ 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, และ 5 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) โดยใช้ขนาดการหั่นชิ้น 10 มิลลิเมตร พบว่าเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีค่าสี L และ b^* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แสดงดังตาราง 4.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของวัตถุดิบเริ่มต้น (ตาราง 4.1) จะเห็นว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่าสี L และ a^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b^* ลดลง เนื่องจากการสูญเสียคลอโรฟิลด์และแคโรทีนอยด์ที่มีในวัตถุดิบไปกับน้ำที่ใช้ต้ม

ปริมาณน้ำตาลในเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้จะลดลงตามอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานที่เพิ่มขึ้นแสดงดังตาราง 4.4 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานมากขึ้น อาจทำให้น้ำตาลที่มีในกากส้มเขียวหวานละลายออกมาได้มากขึ้น

ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้จะผันแปรตามอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวาน โดยพบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารในขั้นตอนการล้างมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Larrauri, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานกับคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

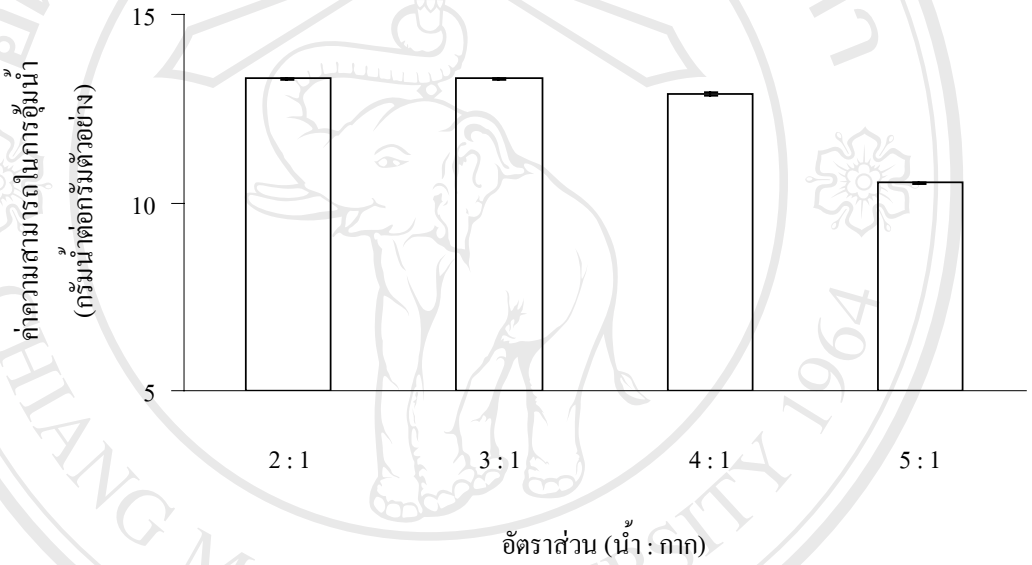
อัตราส่วนน้ำต่อกาก (v/w)	ค่าสี			ปริมาณน้ำตาล (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (g water/g sample)
	L	a^*	b^*					
2 : 1	$70.30^{a} \pm 0.27$	$2.29^{d} \pm 0.02$	$44.68^{a} \pm 0.21$	$11.91^{c} \pm 0.06$	$17.11^{c} \pm 0.01$	$56.13^{b} \pm 0.01$	$73.24^{c} \pm 0.01$	$13.29^{c} \pm 0.04$
3 : 1	$70.64^{a} \pm 0.15$	$1.73^{c} \pm 0.03$	$44.55^{a} \pm 0.02$	$11.27^{b} \pm 0.02$	$17.11^{c} \pm 0.01$	$56.12^{b} \pm 0.01$	$73.23^{c} \pm 0.01$	$13.30^{c} \pm 0.02$
4 : 1	$70.67^{a} \pm 0.23$	$1.53^{b} \pm 0.01$	$44.54^{a} \pm 0.03$	$11.21^{b} \pm 0.07$	$16.11^{b} \pm 0.01$	$56.11^{b} \pm 0.01$	$72.22^{b} \pm 0.01$	$12.89^{b} \pm 0.03$
5 : 1	$70.37^{a} \pm 0.54$	$1.32^{a} \pm 0.01$	$44.48^{a} \pm 0.02$	$10.37^{a} \pm 0.26$	$13.56^{a} \pm 0.01$	$56.09^{a} \pm 0.01$	$69.65^{a} \pm 0.03$	$10.53^{a} \pm 0.02$

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้แสดงดังภาพ 4.2 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออัตราส่วนเป็น 5 : 1 เนื่องจากเส้นใยอาหารทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้มาก (Spiller, 2001) ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้ลดลง จึงส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้ลดลง



ภาพ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

ดังนั้นในการศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวานที่เหมาะสม จึงเลือกอัตราส่วน 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) เนื่องจากเส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 4 : 1 และ 5 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 2 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) แต่มีปริมาณน้ำตาลเหลือต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ผลของจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

การศึกษาผลของจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3, และ 4 ครั้ง โดยใช้ขนาดการหั่นชิ้น 10 มิลลิเมตร อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) พบว่าสีของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีค่าสี L, a^*, และ b^* ลดลงตามจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานที่เพิ่มขึ้น แสดงดังตาราง 4.5 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน เป็นการเพิ่มระยะเวลาที่กากส้มเขียวหวานสัมผัสความร้อน ซึ่งเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ดังนั้นเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้จึงมีค่าความสว่างลดลง นอกจากนั้นเมื่อจำนวนครั้งเพิ่มขึ้น รงควัตถุที่มีอยู่ในกากส้มเขียวหวานมีโอกาสที่จะละลายออกมากับน้ำที่ใช้ต้มล้างได้มากขึ้น

ปริมาณน้ำตาลในเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้จะลดลงเมื่อจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากน้ำตาลที่มีในกากส้มเขียวหวานสามารถละลายออกมากับน้ำได้มากขึ้น โดยปริมาณน้ำตาลในเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดจะลดลง เนื่องจากการสูญเสียเส้นใยอาหารบางส่วนไปในระหว่างขั้นตอนการต้มล้าง เมื่อจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น โอกาสที่เส้นใยอาหารจะถูกชะล้างไปกับน้ำจะมีมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

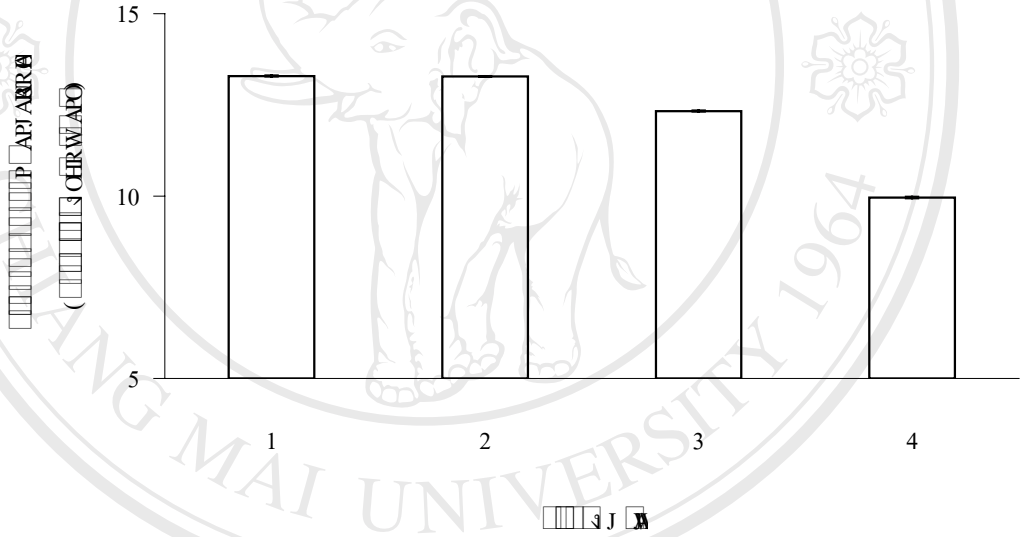
จำนวนครั้งในการต้มล้าง (ครั้ง)	ค่าสี			ปริมาณน้ำตาล (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (g water/g sample)
	L	a^*	b^*					
1	$70.75^{c} \pm 0.27$	$1.74^{c} \pm 0.15$	$44.58^{c} \pm 0.21$	$11.28^{d} \pm 0.03$	$17.11^{c} \pm 0.01$	$56.12^{c} \pm 0.01$	$73.23^{c} \pm 0.01$	$13.29^{a} \pm 0.01$
2	$70.30^{c} \pm 0.15$	$1.70^{c} \pm 0.03$	$44.48^{c} \pm 0.02$	$5.90^{c} \pm 0.04$	$17.07^{c} \pm 0.01$	$56.12^{c} \pm 0.01$	$73.19^{c} \pm 0.01$	$13.28^{a} \pm 0.01$
3	$65.73^{b} \pm 0.23$	$1.51^{b} \pm 0.03$	$37.84^{b} \pm 0.16$	$3.45^{b} \pm 0.06$	$15.26^{b} \pm 0.01$	$55.59^{b} \pm 0.02$	$70.85^{b} \pm 0.02$	$12.33^{b} \pm 0.01$
4	$63.69^{a} \pm 0.54$	$1.38^{a} \pm 0.03$	$35.89^{a} \pm 0.02$	$2.89^{a} \pm 0.04$	$10.94^{a} \pm 0.02$	$54.22^{a} \pm 0.03$	$65.16^{a} \pm 0.05$	$9.96^{c} \pm 0.02$

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากภาพ 4.3 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น และการใช้จำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 1 และ 2 ครั้ง ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นยังพบว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใยอาหาร ทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมด โดยเมื่อจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำจะลดลงตามปริมาณเส้นใยอาหารที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sosulski และ Cadden (1982) ที่พบว่าเส้นใยอาหารผงที่มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสูง จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเส้นใยอาหารผงที่มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำต่ำ



ภาพ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

ดังนั้นจำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวานที่เลือก คือ 2 ครั้ง เนื่องจากทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าการใช้จำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 3 และ 4 ครั้ง ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่ค่าที่สูงที่สุด แต่ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้จำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 1 ครั้ง นอกจากนั้นปริมาณน้ำตาลที่เหลือในเส้นใยอาหารผงที่ได้ยังมีปริมาณต่ำกว่าการใช้จำนวนครั้งในการต้มล้าง 1 ครั้ง ถึงประมาณร้อยละ 5 ถึงแม้จะไม่ใช่ปริมาณต่ำที่สุด แต่เนื่องจากยังมีการศึกษาการใช้อัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนและจำนวนครั้งในการแช่สารละลายเอทานอลในตอนต่อไป ซึ่งคาดว่าน่าจะสามารถลดปริมาณน้ำตาลลงได้อีกบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานความร้อนและเวลาที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น และต้องสูญเสียปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่ม

4.2.4 ผลของอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

ผลของอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานที่มีต่อค่าสีของเส้นใยอาหารผงแสดงดังตาราง 4.6 โดยใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน 10 มิลลิเมตร ใช้อัตราส่วนน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) ใช้จำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 2 ครั้ง พบว่าค่าสีของเส้นใยอาหารผงที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลที่ใช้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี L ของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a^* และ b^* มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสี b^* มีค่าลดลงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนของสารละลายเอทานอลเพิ่มขึ้นทำให้แคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารสีที่มีในกากส้มเขียวหวานละลายออกมามากขึ้น

การทดลองในขั้นตอนนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลเช่นเดียวกับการทดลองในขั้นตอนที่ผ่านมา เนื่องจากต้องการศึกษาปริมาณไขมันที่เหลือในเส้นใยอาหารผงจากการกำจัดไขมันโดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายเอทานอล ดังนั้นจึงวิเคราะห์เฉพาะปริมาณไขมันเท่านั้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้นปริมาณไขมันที่เหลืออยู่ในเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้จะลดลง โดยปริมาณไขมันในเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้อัตราส่วนสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1, 4 : 1, และ 5 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (เอทานอล : กาก) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของสิขรินทร์และปราณี (2546) ที่พบว่าในการผลิตเส้นใยอาหารผงจากกระเทียม เมื่อใช้ปริมาณสารละลายเอทานอลในการสกัดไขมันมากขึ้นปริมาณไขมันที่เหลืออยู่ในกากกระเทียมจะลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานกับคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

อัตราส่วนเอทานอลต่อกาก (v/w)	ค่าสี			ปริมาณไขมัน (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)
	L	a^*	b^*				
2 : 1	$69.91^{a} \pm 0.01$	$1.71^{d} \pm 0.00$	$44.55^{d} \pm 0.10$	$1.30^{b} \pm 0.02$	$17.07^{a} \pm 0.01$	$56.12^{a} \pm 0.01$	$73.19^{a} \pm 0.01$
3 : 1	$70.50^{b} \pm 0.15$	$1.30^{c} \pm 0.03$	$33.85^{c} \pm 0.09$	$1.03^{a} \pm 0.01$	$17.07^{a} \pm 0.01$	$57.17^{b} \pm 0.02$	$74.24^{b} \pm 0.01$
4 : 1	$71.04^{c} \pm 0.14$	$1.17^{b} \pm 0.01$	$33.05^{b} \pm 0.04$	$1.01^{a} \pm 0.01$	$17.08^{a} \pm 0.01$	$57.51^{c} \pm 0.06$	$74.59^{c} \pm 0.06$
5 : 1	$71.41^{d} \pm 0.06$	$1.08^{a} \pm 0.03$	$32.10^{a} \pm 0.06$	$0.98^{a} \pm 0.01$	$17.08^{a} \pm 0.01$	$57.92^{d} \pm 0.05$	$75.00^{d} \pm 0.05$

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน โดยปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานเพิ่มขึ้น

ดังนั้นในการศึกษาหาอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานจึงเลือกอัตราส่วน 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (เอทานอล : กาก) เนื่องจากเป็นอัตราส่วนต่ำที่สุดที่สามารถกำจัดไขมันออกจากกากส้มเขียวหวานให้เหลือน้อย และได้เส้นใยอาหารผงที่มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ต่างจากการใช้อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดสูง ใกล้เคียงกับการใช้อัตราส่วนที่มากขึ้น นอกจากนั้นสีของเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการใช้อัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1 ยังมีค่าสี b^* ลดลงมากเมื่อเทียบกับการใช้อัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 2 : 1 และเมื่อเทียบกับการใช้อัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 4 : 1 และ 5 : 1 ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ก็ตาม แต่ค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก ส่วนค่าสี L และ a^* ถึงแม้แนวโน้มค่าสีจะดีขึ้น แต่ในแต่ละอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน เส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่าสีแตกต่างกันไม่มากนัก และยังมีขั้นตอนต่อไปที่สามารถกำจัดสีได้ ค่าสีจึงยังไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณาเลือกอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน เป็นเพียงปัจจัยเสริมเท่านั้น

4.2.5 ผลของจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

จากการศึกษาผลของจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 4 ระดับ คือ 1, 2, 3, และ 4 ครั้ง โดยใช้ขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน 10 มิลลิเมตร ใช้อัตราส่วนน้ำที่ใช้ต้มล้างต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : กาก) ใช้จำนวนครั้งในการต้มล้างกากส้มเขียวหวาน 2 ครั้ง ใช้อัตราส่วนสารละลายเอทานอลต่อปริมาณกากส้มเขียวหวาน 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (เอทานอล : กาก) พบว่าค่าสี L มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a^* และ b^* มีค่าลดลงเมื่อจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลเพิ่มขึ้น แสดงว่าเส้นใยอาหารผงมีความสว่างเพิ่มขึ้น มีเฉดสีแดงลดลงเล็กน้อย และมีเฉดสีเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลง ซึ่งทั้งค่าสี L, a^* , และ b^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตาราง 4.7

เมื่อใช้จำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันที่เหลือในเส้นใยอาหารผง ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดจะลดลง เนื่องจากไขมันจะถูกสกัดออกมาด้วยสารละลายเอทานอล การเพิ่มจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลจะทำให้สกัดไขมันออกมาได้มากขึ้น แต่จะสูญเสียเส้นใยอาหารมากขึ้นจากการแช่และบีบเอาสารละลายเอทานอลออกในแต่ละครั้ง

ดังนั้นจึงเลือกจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 2 ครั้ง เนื่องจากเส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่าสี L มาก ค่าสี a^* และ b^* น้อย ซึ่งความแตกต่างของค่าสีระหว่างการใช้จำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 1 และ 2 ครั้ง มีค่าแตกต่างกันมาก ส่วนที่จำนวนครั้งในการแช่ 2, 3, และ 4 ครั้ง ค่าสีที่ได้มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก นอกจากนั้นเมื่อใช้จำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 2 ครั้ง ปริมาณไขมันเหลือในเส้นใยอาหารผงน้อยกว่าการใช้จำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 1 ครั้ง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้จำนวนครั้งในการแช่สารละลายเอทานอล 3 ครั้ง และมีค่าแตกต่างน้อยมากกับการใช้จำนวนครั้งในการแช่สารละลายเอทานอล 4 ครั้ง ประกอบกับปริมาณเส้นใยอาหารทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดที่เหลือในเส้นใยอาหารผงที่มากกว่าการใช้จำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 3 และ 4 ครั้ง และถึงแม้ว่าการเพิ่มจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลเป็น 3 และ 4 ครั้งจะทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีค่าสีดีขึ้น ปริมาณไขมันลดลง แต่ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมดก็จะลดลงมาก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณและค่าใช้จ่ายของสารละลายเอทานอลที่ต้องใช้ในการผลิต ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตที่เพิ่มขึ้น และยังต้องคำนึงถึงปริมาณเอทานอลที่อาจตกค้างในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอล 2 ครั้ง จึงน่าจะเหมาะสมและน่าจะคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการแช่กากส้มเขียวหวานในสารละลายเอทานอลต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้

จำนวนครั้งในการแช่ (ครั้ง)	ค่าสี			ปริมาณไขมัน (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)
	L	a^*	b^*				
1	$70.74^{a} \pm 0.03$	$1.32^{d} \pm 0.02$	$33.81^{d} \pm 0.09$	$1.03^{c} \pm 0.01$	$17.08^{c} \pm 0.01$	$57.18^{d} \pm 0.05$	$74.25^{d} \pm 0.06$
2	$82.71^{b} \pm 0.03$	$0.14^{c} \pm 0.01$	$22.92^{c} \pm 0.10$	$0.51^{b} \pm 0.01$	$17.06^{c} \pm 0.01$	$56.26^{c} \pm 0.11$	$73.32^{c} \pm 0.11$
3	$84.55^{c} \pm 0.28$	$0.09^{b} \pm 0.02$	$21.05^{b} \pm 0.03$	$0.50^{b} \pm 0.01$	$16.61^{b} \pm 0.02$	$55.15^{b} \pm 0.04$	$71.77^{b} \pm 0.06$
4	$84.89^{d} \pm 0.10$	$0.04^{a} \pm 0.02$	$19.61^{a} \pm 0.03$	$0.45^{a} \pm 0.01$	$16.36^{a} \pm 0.02$	$54.57^{a} \pm 0.05$	$70.93^{a} \pm 0.06$

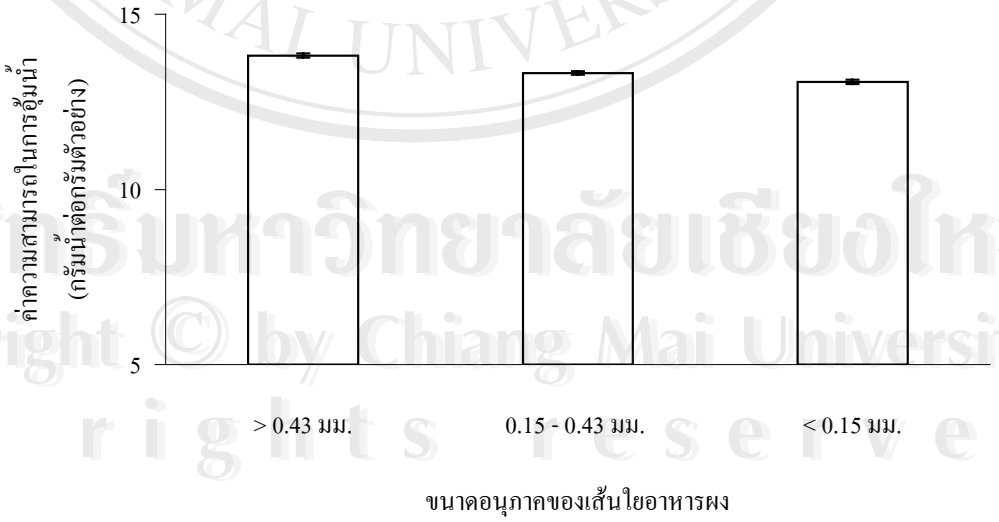
หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.6 ผลของขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผง

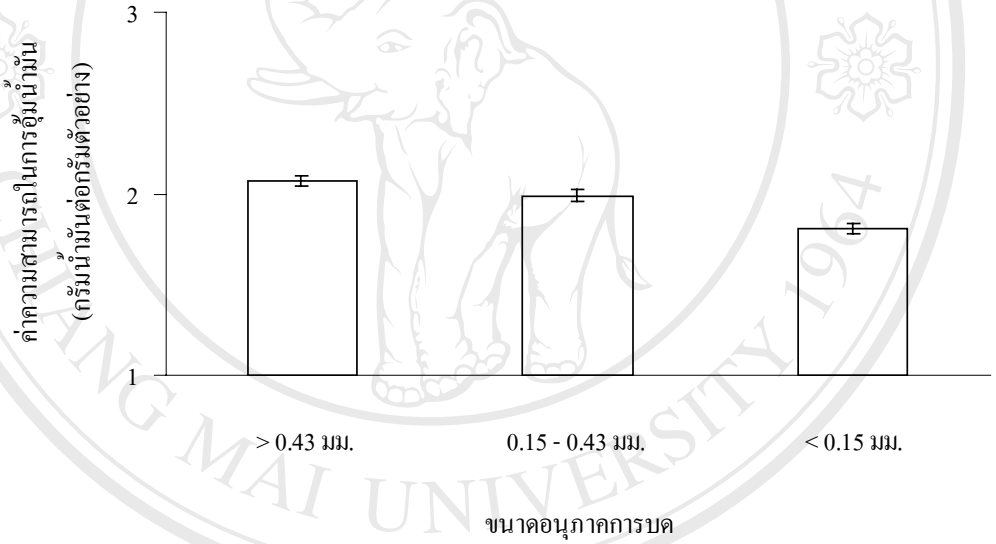
การศึกษาผลของขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน 3 ขนาด คือ อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.43 มิลลิเมตร อนุภาคขนาด 0.15–0.43 มิลลิเมตร อนุภาคขนาดเล็กกว่า 0.15 มิลลิเมตร ต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ แสดงผลดังภาพ 4.4 จะเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการลดขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงอาจเป็นการทำลายโครงสร้างตาข่ายที่เป็นรูพรุนซึ่งสามารถกักน้ำในโครงสร้างได้ของเส้นใยอาหารผง ทำให้เส้นใยอาหารผงดูดซับน้ำได้น้อย จึงส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lario *et al.* (2004) ที่พบว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากของเหลือการผลิตน้ำมะนาวจะมีค่าลดลงเมื่อขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงลดลง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sangnark และ Noomhorm (2003) ที่พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงจากชานอ้อยลดลง จะส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื่องจากเส้นใยอาหารผงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Prakongpan *et al.* (2002) ที่พบว่าทั้งเส้นใยอาหารผงและเซลลูโลสผงที่ผลิตจากแกนสับปะรดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเส้นใยอาหารผงและเซลลูโลสผงที่มีขนาดอนุภาคเล็ก



ภาพ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (ข้อมูลจากตาราง ค-1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาผลของขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน 3 ขนาด คือ อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.43 มิลลิเมตร อนุภาคขนาด 0.15–0.43 มิลลิเมตร อนุภาคขนาดเล็กกว่า 0.15 มิลลิเมตร ต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน แสดงผลดังภาพ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีแนวโน้มลดลงตามขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงที่ลดลงเช่นเดียวกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ในปัจจุบันมีการศึกษาและตีพิมพ์ถึงผลของขนาดอนุภาคต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันค่อนข้างน้อย แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้ก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Prakongpan *et al.* (2002) ที่พบว่าทั้งเส้นใยอาหารผงที่ผลิตจากแกนสับปะรดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงกว่าเส้นใยอาหารผงและเซลลูโลสผงที่มีขนาดอนุภาคเล็ก



ภาพ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (ข้อมูลจากตาราง ค-2)

ถึงแม้ว่าขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ คือ ขนาดใหญ่กว่า 0.43 มิลลิเมตร เพราะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูง แต่ทั้งนี้จากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงที่ทำการศึกษา ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าที่ได้ก็มีค่าใกล้เคียงกันมาก ต่างกันไม่ถึง 1 กรัมน้ำ (น้ำมัน) ต่อกรัมตัวอย่าง และด้วยข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.15–0.43 มิลลิเมตร เป็นส่วนใหญ่ (ตาราง ค-3) ซึ่งเป็นขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิยมผลิตเป็นการค้า (0.15–0.43 มิลลิเมตร) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน 0.15–0.43 มิลลิเมตร

4.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า

เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในตอนที่ 4.2 ได้ถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี เปรียบเทียบกับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า คือ เซลลูโลสผง ยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า คือ เซลลูโลสผง ยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC แสดงในตาราง 4.8

ค่าสีของเส้นใยอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้น (จากตาราง 4.1) จะเห็นได้ว่าสีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีแนวโน้มดีขึ้น เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่า L สูงขึ้นจึงมีความสว่างมากขึ้น มีค่า a^* เพิ่มขึ้นเป็น 0.14 และมีค่า b^* ลดลงเหลือ 22.91 เนื่องจากคลอโรฟิลด์และแคโรทีนอยด์ในวัตถุดิบถูกกำจัดทิ้งไปในขั้นตอนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lario *et al.* (2004) ที่พบว่าเส้นใยอาหารผงจากของเหลือการผลิตน้ำมะนาวมีค่า a^* เพิ่มขึ้นและมีค่า b^* ลดลง เนื่องจากองค์ประกอบที่มีสีเขียวและสีเหลืองซึ่งหลัก ๆ คือ คลอโรฟิลด์และแคโรทีนอยด์ถูกกำจัดไป นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดร่วมด้วยเพราะเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานยังมีองค์ประกอบของโปรตีนและน้ำตาลที่เหลืออยู่ในเส้นใยอาหารผง ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Belitz, 1987) ดังนั้นสีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ได้จึงมีสีเฉดน้ำตาลอ่อน และเมื่อเปรียบเทียบกับ Solka-Floc เกรด 900 FCC ซึ่งมีสีขาว จะเห็นได้ว่าค่าสี L ของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ค่าสี a^* และ b^* สูงกว่า ดังนั้นถ้าสามารถกำจัดหรือลดสีออกจากเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานได้มากกว่าเดิม ก็จะทำให้เส้นใยอาหารจากกากส้มเขียวหวานมีคุณภาพในด้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสีดีขึ้นจนใกล้เคียงกับเส้นใยอาหารผงที่มีขายเชิงพาณิชย์ซึ่งใช้สารเคมีในการฟอกสี และไม่รบกวนสีของอาหารที่จะนำเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานไปใช้

ตาราง 4.8 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า คือ เซลลูโลสผง ยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC

คุณสมบัติทางกายภาพ	เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้	Solka-Floc Grade 900 FCC
- ค่าสี L	82.73 $\pm$ 0.06	98.00 $\pm$ 0.04
- ค่าสี a^*	0.14 $\pm$ 0.05	-0.87 $\pm$ 0.04
- ค่าสี b^*	22.91 $\pm$ 0.04	4.40 $\pm$ 0.07
- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (g water/g sample)	13.36 $\pm$ 0.07	9.55 $\pm$ 0.10
- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (g oil/g sample)	2.01 $\pm$ 0.04	8.43 $\pm$ 0.05
- ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (%)	7.53 $\pm$ 0.19	-
- Bulk density (g/cm^3)	0.50 $\pm$ 0.01	0.18 $\pm$ 0.01
- Packed density (g/cm^3)	0.66 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.01
- Hydrated density (g/cm^3)	0.67 $\pm$ 0.01	0.67 $\pm$ 0.01

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีค่าสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ทั้งนี้เนื่องจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำขึ้นกับโครงสร้างทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอาหารผง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Grigelmo-Miguel & Martin-Belloso, 1999a) และจากตาราง 4.8 จะเห็นได้ว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานจึงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC นอกจากนั้นค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้ยังมีค่ามากกว่าผลการศึกษาของ Prakongpan *et al.* (2002) ที่พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ 12.16 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง และมากกว่าการศึกษาของ Larrauri *et al.* (1996) ที่พบว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ 11.4 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง จากการที่เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จึงเหมาะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชั่นเพื่อลดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์ และเหมาะจะใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถอุ้มความชื้นไว้ได้มากและนานขึ้น

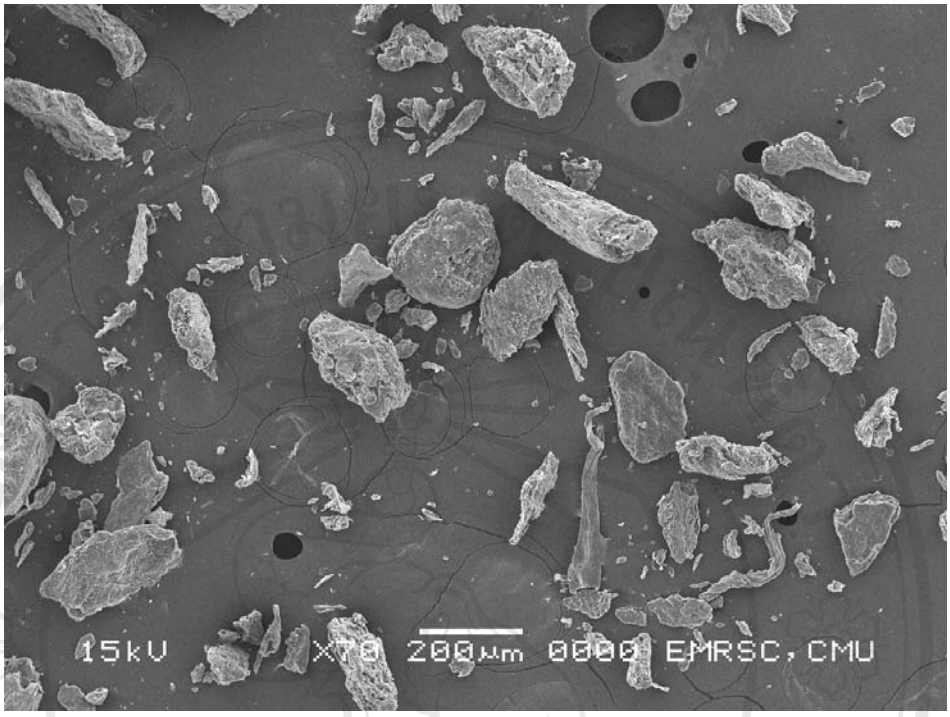
ส่วนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีค่า 2.01 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 8.43 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ถึงแม้จะมีการศึกษาและข้อมูลของค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงที่ได้จากของเหลือจากการเกษตรน้อย แต่ค่าที่ศึกษาก็สูงกว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารจากพืชซึ่งได้จากการศึกษาของ Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) ที่รายงานค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 1.11 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานจึงน่าจะเหมาะนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันสูงและผลิตภัณฑ์อิมัลชั่น (Kuntz, 1994)

เมื่อทำการถ่ายภาพเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานและ Solka-Floc เกรด 900 FCC ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 70 เท่า พบว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อน มีรูปร่างและขนาดหลากหลาย ไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพ 4.6) ในขณะที่ Solka-Floc เกรด 900 FCC มีลักษณะเป็นเส้น รูปร่างและขนาดสม่ำเสมอ (ดังภาพ 4.7) เมื่อทำการขยายขนาดของภาพเป็น 500 เท่า ซึ่งทำให้เห็นโครงสร้างของเส้นใยอาหารชัดเจนขึ้น จะเห็นได้ว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีผิวขรุขระ และมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมาก (ดังภาพ 4.8) ในขณะที่ Solka-Floc เกรด 900 FCC มีผิวเรียบกว่าและโครงสร้างเป็นรูพรุนน้อยกว่า (ดังภาพ 4.9) การที่เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีโครงสร้างที่มีรูพรุนมากกว่าจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เส้นใยอาหารจากกากส้มเขียวหวานมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC

ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานซึ่งคำนวณจากปริมาณของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้ต่อปริมาณกากส้มเขียวหวานสดมีค่าร้อยละ 7.53

ค่า Bulk density และ Packed density ของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีค่าสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC แต่มีค่า Hydrated density ใกล้เคียงกับ Solka-Floc เกรด 900 FCC

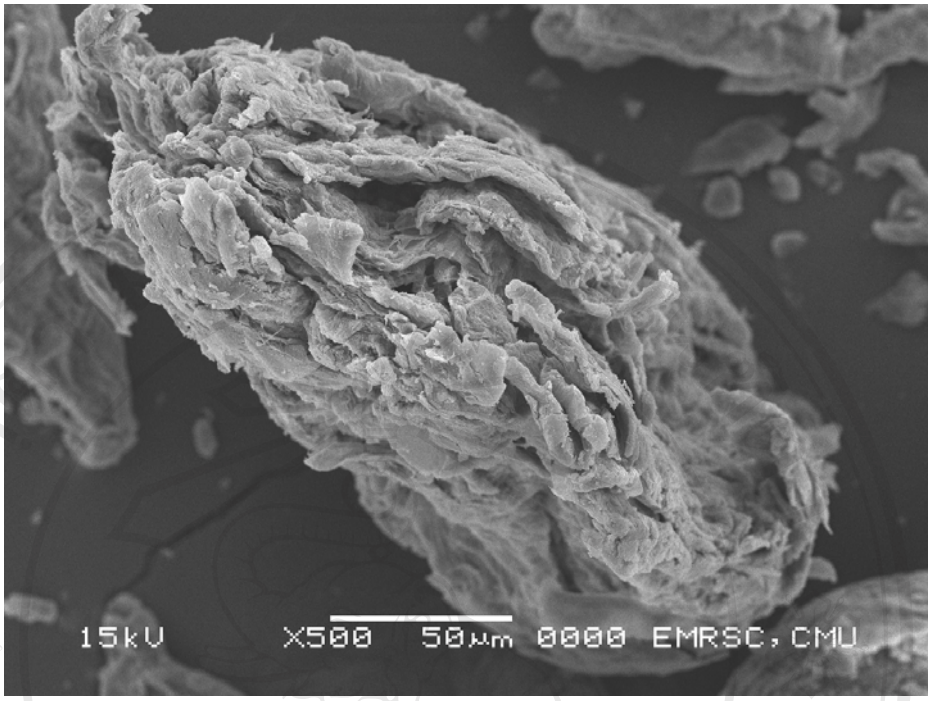
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



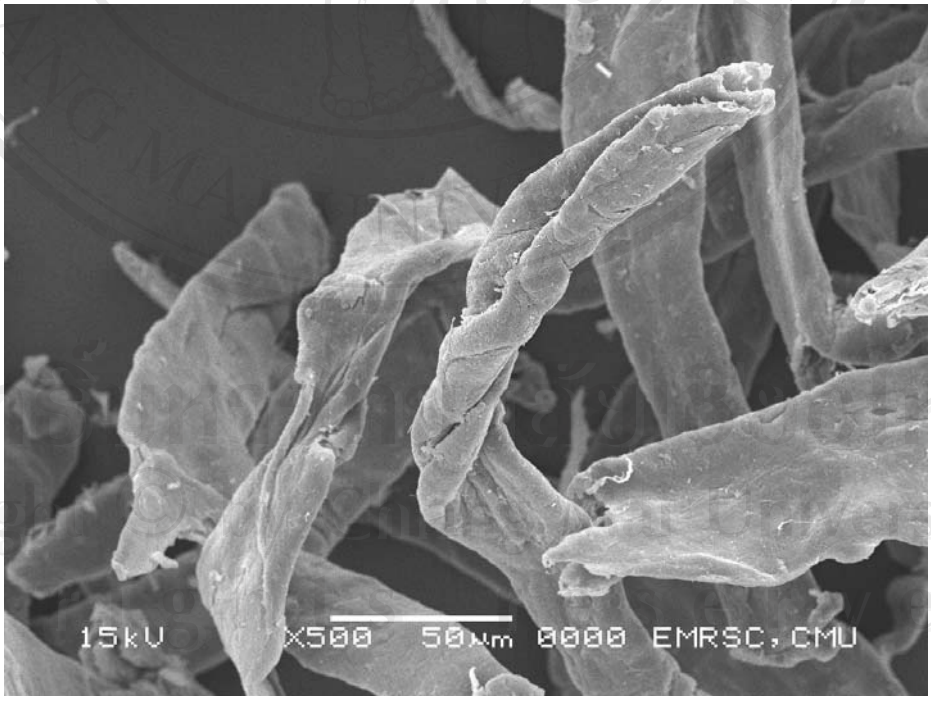
ภาพ 4.6 เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน

ภาพ 4.7 เซลลูโลสผงยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.8 ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน



ภาพ 4.9 ลักษณะของเซลลูโลสผงยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์-
-อิเล็คตรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า คือ เซลลูโลสผง ยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้กับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้า คือ เซลลูโลสผง ยี่ห้อ Solka-Floc เกรด 900 FCC

คุณสมบัติทางเคมี	เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้	Solka-Floc Grade 900 FCC
- ความชื้น (%)	5.20 $\pm$ 0.08	7.19 $\pm$ 0.03
- ค่าความเป็นกรดด่าง	4.85 $\pm$ 0.01	5.47 $\pm$ 0.02
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี	0.202 $\pm$ 0.01	0.589 $\pm$ 0.01
- ไขมัน (%, dry basis)	0.51 $\pm$ 0.01	0
- น้ำตาล (%, dry basis)	2.20 $\pm$ 0.05	0
- โปรตีน (%, dry basis)	5.78 $\pm$ 0.06	0
- เถ้า (%, dry basis)	5.17 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.02
- เส้นใยอาหารทั้งหมด (%, dry basis)	73.34 $\pm$ 0.05	99.78 $\pm$ 0.41
- เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (%, dry basis)	17.06 $\pm$ 0.01	0
- เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (%, dry basis)	56.27 $\pm$ 0.04	99.78 $\pm$ 0.41

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.20 ซึ่งต่ำกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ที่มีปริมาณความชื้นถึงร้อยละ 7.19 โดยทั่วไปเส้นใยอาหารผงที่ผลิตในทางการค้าควรมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 9 (Larrauri, 1999) เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เส้นใยอาหารผงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

ค่าความเป็นกรดด่างของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่าต่ำกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC แสดงว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีความเป็นกรดมากกว่า ดังนั้นในการนำเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงควรพิจารณาถึงคุณสมบัติในข้อนี้เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จที่นำเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานไปใช้

เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.202 ซึ่งต่ำกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.589 การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีให้ต่ำที่สุดเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้นานขึ้น เนื่องจากสามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่ออาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำกว่า 0.6 (Rahman, 1995) ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้จึงน่าจะมีอายุการเก็บรักษานาน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยอาหารผง (Pomeranz, 1991)

Solka-Floc เกรด 900 FCC ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารผงที่ผลิตเป็นการค้ามีปริมาณไขมัน น้ำตาล และโปรตีนเป็นศูนย์ และมีแร่ธาตุหลงเหลืออยู่เล็กน้อย แต่เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้ยังคงมีไขมัน น้ำตาล และโปรตีน รวมทั้งแร่ธาตุเหลืออยู่ แต่ก็มีในปริมาณต่ำมาก ยกเว้นโปรตีน เมื่อเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้ในการผลิต เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ถูกกำจัดออกไปจากขั้นตอนในกระบวนการผลิต

เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC ซึ่งมีแต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมดเนื่องจากเป็นเซลลูโลสผง ถึงแม้ว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานจะมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดน้อยกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC แต่เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้ก็มีข้อดีเหนือกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC เนื่องจากมีเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบ จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า Solka-Floc เกรด 900 FCC นอกจากนั้นปริมาณเส้นใยอาหารของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่ผลิตได้ยังมีค่าสูงกว่าผลการศึกษาปริมาณเส้นใยอาหารในเส้นใยอาหารผงที่ได้จากของเหลือจากการเกษตรอื่น ๆ อีกหลายชนิด ซึ่งแสดงดังตาราง 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำในเส้นใยอาหารผงที่ได้จากของเหลือจากการเกษตรบางชนิด

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตเส้นใยอาหารผง	เส้นใยอาหารทั้งหมด	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	แหล่งอ้างอิง
- กากหลังคั้นน้ำของส้มวาเลนเซีย	36.9	25.5	11.3	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999a
- กากหลังคั้นน้ำของส้มนาเวล	35.4	22.8	12.6	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999a
- กากหลังคั้นน้ำของแอปเปิ้ล	60.1	46.3	13.8	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999b
- กากหลังคั้นน้ำของลูกแพร์	36.1	22.0	14.1	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999b
- กากหลังคั้นน้ำของพีช	35.8	26.1	9.7	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999b
- เปลือกอาร์ติโช๊ก (artichoke)	58.8	44.5	14.3	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999b
- เปลือกหน่อไม้ฝรั่ง	49.0	38.6	10.4	Grigelmo-miguel and Martin-Belloso, 1999b
- เมล็ดเสาวรส	64.8	64.1	0.73	Chau and Huang, 2004
- เปลือกส้ม	49.24	27.4	21.84	Espachs-Barroso *et al.*, 2005
- กากหลังคั้นน้ำของส้มเขียวหวาน	73.34	56.27	17.06	ผลจากการศึกษาในครั้งนี้

หมายเหตุ : - ตัวเลขที่แสดงในตารางคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved