

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. สำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขจัดผิว และผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่มีส่วนผสมของชิลิกาจากแกลบข้าว

1.1 ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขจัดผิว จากการศึกษาด้วยวิธีอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion)

จากผลการอภิปรายกลุ่มกับผู้บริโภคเป้าหมายเพศหญิงที่มีอายุ 20-60 ปี โดยแยกศึกษาเป็น 4 ช่วงกลุ่มอายุคือ 20-30 ปี 30-40 ปี 40-50 ปี และ 50-60 ปี กลุ่มละ 8-10 คนโดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้ผลิตภัณฑ์ขจัดผิว หรือเป็นผู้ที่เคยใช้ผลิตภัณฑ์ขจัดผิวต่อเนื่องอยู่เป็นประจำ ซึ่งผลการศึกษาได้ข้อมูลดังนี้

พฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์ขจัดผิวพบว่า ผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่ผู้บริโภคใช้อยู่มีทั้งรูปแบบที่เป็นเจลและครีมขจัดผิว ซึ่งใช้เม็ดขจัดผิวจากธรรมชาติ เช่น เปลือกเมล็ดอัลมอลด์ เมล็ดวอลนัท และเม็ดขจัดผิวสังเคราะห์ที่เป็นเม็ดวิตามินซึ่งสามารถแตกตัวได้ขณะขัดบนผิวหน้า นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ขจัดผิวในรูปแบบของโฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ เกล็ดญี่ปุ่น สบู่ผสมเม็ดสครับ และผงสมุนไพรขจัดผิว ส่วนวิธีการใช้พบว่า ผู้บริโภคใช้ผลิตภัณฑ์ขจัดผิวขณะการอาบน้ำ โดยมีขั้นตอนการใช้ทั้งก่อนและภายหลังการล้างตัวด้วยสบู่หรือครีมอาบน้ำ หรือใช้ร่วมกับอุปกรณ์ในการอาบน้ำโดยบีบผลิตภัณฑ์ใส่ฟองน้ำหรือใยขจัดผิวแล้วถูบริเวณลำตัวให้เกิดฟอง และสำหรับผงสมุนไพรขจัดผิวจะต้องนำมาผสมน้ำก่อนการใช้ ส่วนความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์ขจัดผิวพบว่า มีทั้ง 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2 ครั้ง/สัปดาห์ เดือนละ 1 ครั้ง และความถี่ที่นานถึง 2-3 เดือน/ครั้ง โดยความถี่ในการใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะผลิตภัณฑ์ ว่าใช้กับบริเวณผิวหน้าหรือผิวกาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขจัดผิวบางประเภทไม่จำเป็นต้องใช้ประจำทุกวัน เพราะวัตถุประสงค์ของการใช้คือเพื่อกำจัดเซลล์ผิวที่เสื่อมสภาพให้หลุดออกไปหลังจากนั้นต้องทิ้งช่วงให้มีการเกิดเซลล์ผิวใหม่ ซึ่งถ้าใช้ติดต่อกันทุกวันอาจทำให้ผิวแห้งได้ ส่วนยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคเคยใช้และที่ใช้อยู่เป็นประจำ มีค่อนข้างหลากหลาย โดยมีทั้งยี่ห้อที่จำหน่ายในตลาดระดับบน ตลาดระดับกลาง และผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่เป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เช่น สบู่ผสมเม็ดสครับจากข้าวกล้อง ส่วนเหตุผลในการใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่า ใช้เพราะมีปัญหาผิวดำคล้ำจึงต้องการขจัดให้ผิวขาวและใสขึ้น หรือเพื่อช่วยกระตุ้นให้มีการผลัดเปลี่ยนเซลล์ผิว และใช้เพราะต้องการลดความหยาบ

กร้านของผิวเพื่อให้ผิวนุ่มเนียนขึ้น ต้องการให้ผิวสะอาดเพราะคิดว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเพียงอย่างเดียวให้ความรู้สึกผิวไม่สะอาดพอ นอกจากนี้ยังใช้เพราะมีปัญหาผิวเสี้ยน สิ่งอุดตันรูขุมขน และผิวน้ำมัน ส่วนสิ่งที่ชอบในผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้อยู่คือ ใช้น้ำแล้วไม่แพ้ มีกลิ่นหอม มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติ ใช้น้ำแล้วรู้สึกผิวสะอาดช่วยให้ผิวดูขาวและผ่องใสขึ้น ส่วนคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ชอบคือ ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ขัดแล้วรู้สึกเจ็บและแสบ มีปริมาณฟองเยอะเกินไปทำให้ล้างออกยาก ความไม่สะดวกในการใช้งาน เช่น รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องนำมาผสมน้ำก่อนการใช้ และขนาดบรรจุของผลิตภัณฑ์ที่ใหญ่เกินไปทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะใช้หมด ส่วนปัญหาในการใช้ผลิตภัณฑ์คือ ผู้บริโภคบางคนเกิดอาการแพ้ที่ผิวหนัง ถ้าขัดแรงเกินไปจะทำให้เกิดการอักเสบ และใช้แล้วผิวแห้ง บางครั้งผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคือมีการแยกชั้นและมีกลิ่นหืน ส่วนปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์พบว่า เป็นปัจจัยทางด้านการตลาดเป็นสำคัญ ไม่ว่าจะเป็น ด้านราคา การโฆษณา การส่งเสริมการขาย มีผู้แนะนำให้ใช้ ภาพลักษณ์ของตราสินค้า และผู้บริโภคบางคนจะใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติ และมีคุณสมบัติเหมาะสมกับสภาพผิว โดยค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ ต่ำกว่า 100 บาท ถึง 1,000 บาท

ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าวพบว่า รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ผู้บริโภคต้องการ มีทั้งรูปแบบของครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ เจลขัดผิว และครีมขัดผิว โดยคุณสมบัติของเม็ดขัดผิวที่ต้องการคือ มีความแข็ง ความหยาบ และความสากน้อย ขนาดของเม็ดขัดผิวไม่ใหญ่จนเกินไป และลักษณะของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีความหนืดเหมาะสม คือไม่เหลวหรือข้นจนเกินไป มีความสามารถในการกระจายตัวบนผิวหนังได้ดีระหว่างการขัด ล้างออกง่าย และสามารถทำความสะอาดผิวหนังได้ดี

ส่วนรูปแบบของซิลิกาที่ใช้เป็นสารขัดผิวจะให้ผู้บริโภคดูตัวอย่างของซิลิกาที่สกัดได้จากแคลบข้าว แล้วคิดว่าควรปรับปรุงรูปแบบหรือไม่ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าซิลิกาซิลิกาที่เหมาะสมแล้วเนื่องจากเป็นสีขาวสะอาด และมีขนาดเล็กละเอียดถ้าใช้ใส่ในผลิตภัณฑ์ควรเพิ่มปริมาณให้มากขึ้น ผู้บริโภคบางส่วนต้องการให้อยู่ในรูปแบบของเม็ดขัดผิวที่สามารถแตกตัวได้ระหว่างการขัดบนผิวหนัง หรือหลังจากขัดแล้วละลายหายไป โดยอาจเคลือบสารเพื่อช่วยให้มีความสามารถในการกระจายตัวที่ดี และอยากได้เม็ดขัดผิวที่มีสีหรือออกแบบให้มีสีแตกต่างจากตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อความสวยงาม ในด้านความเหมาะสมว่าซิลิกาจากแคลบข้าวเมื่อใช้เป็นสารขัดผิวควรที่จะใช้กับส่วนใดของร่างกาย ซึ่งผู้บริโภคได้ให้ความเห็นว่าเหมาะที่จะใช้กับผิวบริเวณลำตัว

มากกว่า เนื่องจากรู้สึกว่าการใช้ชิลิกามีความคม แข็ง และสาก ถ้าปรับปรุงให้เป็นเม็ดขัดผิวที่ให้ความชุ่มชื้นด้วยจะน่าสนใจมากขึ้น และเหมาะที่จะใช้กับผิวบริเวณลำตัวที่หยาบกร้าน เช่น ข้อศอก สันเท้า และหัวเข่า เป็นต้น ส่วนสารเพิ่มเติมที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่จะพัฒนา พบว่ามีทั้ง สารที่ช่วยในการบำรุงผิว เช่น วิตามินอี และวิตามินซี สารที่ให้ความชุ่มชื้น สารช่วยให้ผิวขาว สารที่ช่วยกระชับผิว สารที่ช่วยให้ผิวเนียนนุ่ม ในด้านของกลิ่นนั้นผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลาย กลิ่นสมุนไพร กลิ่นผลไม้ และ กลิ่นดอกไม้

ในด้านความสนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนา พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจเนื่องจากใช้สารขัดผิวที่มาจากธรรมชาติ และคิดว่าคุณสมบัติไม่น่าแตกต่างจากเม็ดขัดผิวจากธรรมชาติชนิดอื่น เช่น เมล็ดอัลมอนด์ และเมล็ดวอลนัท ซึ่งเป็นของต่างประเทศ และมีผู้บริโภคบางส่วนที่ไม่สนใจ โดยให้เหตุผลว่าไม่มั่นใจในคุณภาพ กลัวเกิดการแพ้ เป็นต้น ในด้านทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคบางคนให้ความเห็นว่าเกิดอคติเมื่อรู้ว่าเป็นสารขัดผิวที่ผลิตจากเปลือกข้าว หรือเกิดความไม่มั่นใจในคุณสมบัติของชิลิกา ว่าเมื่อใช้ขัดบริเวณผิวหนังจะทำให้เกิดการแพ้หรือไม่ และรู้สึกว่าไม่ปลอดภัยเพราะไม่ทราบว่าจะผ่านกระบวนการผลิตมาอย่างไรบ้าง ส่วนผู้บริโภคบางคนได้ให้ความเห็นว่า ไม่รังเกียจเมื่อรู้ว่าเป็นสารขัดผิวจากเปลือกข้าว เนื่องจากได้เห็นลักษณะของชิลิกาแล้วว่ามีสีขาวสะอาด และคิดว่าปลอดภัยเพราะเป็นสารขัดผิวที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนา ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่า ควรสร้างจุดเด่นให้ชัดเจนว่ามีส่วนผสมจากธรรมชาติหรือเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวหรือจากส่วนประกอบของข้าว ที่สำคัญคือทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับชิลิกามีคุณสมบัติอย่างไร รวมถึงระบุวิธีใช้ให้ชัดเจน

## 1.2 ผลการสำรวจผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายโดยการออกแบบสอบถาม

จากการนำผลจากการอภิปรายกลุ่มมาเป็นแนวทางในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิว และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของชิลิกาจากเปลือกข้าว โดยการออกแบบสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-60 ปี ในเขตกรุงเทพฯ จำนวน 120 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มอายุ คือ 20-30 ปี 31-40 ปี 41-50 ปี และ 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 25 เท่ากัน ซึ่งข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือร้อยละ 80 รองลงมาคือสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 27 อาชีพส่วนใหญ่คือข้าราชการและรัฐวิสาหกิจคิดเป็น ร้อยละ 44 รองลงมาคือพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 29 และ

นักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 27 รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,001-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมาคือ 20,001- 25,000 บาท ร้อยละ 22 ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์จากการสำรวจผู้บริโภค

n=120		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
1. อายุ		
20-30 ปี	30	25
31-40 ปี	30	25
41-50 ปี	30	25
51-60 ปี	30	25
2. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	1	0.8
มัธยมศึกษาตอนต้น	3	2.5
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.	3	2.5
อนุปริญญา/ปวส.	6	5.0
ปริญญาตรี	80	66.7
สูงกว่าปริญญาตรี	27	22.5
3. อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	27	22.5
ข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ	44	36.7
พนักงานบริษัทเอกชน	29	24.2
ธุรกิจส่วนตัว	8	6.7
แม่บ้าน	4	3.3
อื่นๆ	8	6.7

## ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
n=120		
4. รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	14	11.7
5,001-10,000 บาท	31	25.8
10,001-15,000 บาท	14	11.7
15,001-20,000 บาท	15	12.5
20,001- 25,000 บาท	22	18.3
25,001-30,000 บาท	10	8.3
30,001-35,000 บาท	4	3.3
35,001-40,000 บาท	5	4.2
มากกว่า 40,000	5	4.2

จากข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่อยู่ในรูปแบบของโฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.7 รองลงมาคือ เจล/ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ ร้อยละ 26.7 โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกับบริเวณใบหน้า ร้อยละ 60.8 และวิธีการใช้ส่วนใหญ่คือจะใช้ โฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ ขัดเบาๆเน้นบริเวณที่มีสิวลื่น ร้อยละ 39.2 รองลงมาคือการใช้ ผลิตภัณฑ์ขัดผิวก่อนการใส่สบู่หรือครีมอาบน้ำ ร้อยละ 25.8 ส่วนความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์ ขัดผิวส่วนใหญ่ตอบว่าใช้ทุกวัน คิดเป็นร้อยละ 22.5 รองลงมาคือ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 20.8 ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่านิยมใช้ยี่ห้อ พอนด์ สูงสุดคือ คิดเป็นร้อยละ 22.5 รองลงมาคือ บีโธเร ร้อยละ 20.8 โดยส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ขัดผิวสำหรับใบหน้า ซึ่งเหตุผลใน การใช้ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ตอบว่า ต้องการผลัดเปลี่ยนเซลล์ผิว ร้อยละ 60.8 รองลงมาคือต้องการ ให้ผิวสะอาด ร้อยละ 46.7 ต้องการให้ผิวนุ่มเนียนและนุ่มขึ้น ร้อยละ 43.3 และสิ่งที่ชอบในผลิตภัณฑ์ ขัดผิวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ ช่วยให้ผิวนุ่มเนียนและเกลี้ยงเกลามากขึ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดคือ ร้อยละ 54.2 รองลงมาคือใช้แล้วรู้สึกผิวสะอาด ร้อยละ 50.0 โดยปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในการใช้ ผลิตภัณฑ์ขัดผิวคือ ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ขัดแล้วรู้สึกเจ็บและแสบ ร้อยละ 45.8 รองลงมาคือ ล้างออกยาก ร้อยละ 32.5 ส่วนค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวในแต่ละครั้ง ส่วนใหญ่ตอบว่า 100-300 บาท คิดเป็นร้อยละ 39.2 รองลงมาคือ ไม่เกิน 100 บาท ร้อยละ 25.8

ตารางที่ 16 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวจากการสำรวจผู้บริโภค

n=120

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
1. รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้เป็นประจำในปัจจุบัน <sup>1/</sup>		
โฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ	56	46.7
เจล/ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ	32	26.7
ผงสมุนไพรรักษาขัดผิว	30	25.0
เกลือญี่ปุ่น/เกลือขัดผิว	29	24.2
ครีมขัดผิว	23	19.2
เจลขัดผิว	12	10.0
สบู่ผสมเม็ดสครับ	9	7.5
2. ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกับส่วนใดของร่างกาย <sup>1/</sup>		
ใบหน้า	73	60.8
ลำตัว	67	55.8
3. วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิว <sup>1/</sup>		
ใช้โฟมล้างหน้าผสมสครับ ขัด เบาๆเน้นบริเวณที่มีสิวลี้น	47	39.2
ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย <u>ก่อน</u> การ ใช้สบู่หรือครีมอาบน้ำ	31	25.8
ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวหน้า <u>หลัง</u> การทำความสะอาดใบหน้าแล้ว	20	16.7
ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย <u>หลัง</u> การ ใช้สบู่หรือครีมอาบน้ำ	19	15.8
ใช้ผลิตภัณฑ์ผงสมุนไพรรักษาขัดผิว โดยนำมาผสมน้ำก่อนการใช้	12	10.0
ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายร่วมกับใย ขัดผิวและฟองน้ำ	11	9.2
ใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย <u>แทน</u> การ ใช้สบู่หรือครีมอาบน้ำ	8	6.7

## ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
n=120		
4. ความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิว		
ทุกวัน	27	22.5
1 ครั้ง/สัปดาห์	25	20.8
2 ครั้ง/สัปดาห์	22	18.3
3-4 ครั้ง/สัปดาห์	14	11.7
1 ครั้ง/เดือน	13	10.8
2 สัปดาห์/ครั้ง	7	5.8
มากกว่า 3 เดือน/ครั้ง	7	5.8
2-3 เดือน/ครั้ง	5	4.2
5. ยี่ห้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้ในปัจจุบัน <sup>1/</sup>		
พอนด์	27	22.5
บีโอเร	25	20.8
โซกนูสซี	21	17.5
วัตสัน	19	15.8
บุทช	16	13.3
โอเรียลทอลพรีนเซส	15	12.5
บอดีชอป	14	11.7
ลอรีอัล	14	11.7
อาร์ทิสตรี	12	10.0
คลินิก	6	5.0
อื่นๆ	6	5.0

หมายเหตุ <sup>1/</sup> คำถามที่ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

## ตารางที่ 16 (ต่อ)

n=120		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
6. เหตุผลในการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิว <sup>1/</sup>		
ต้องการผลัดเปลี่ยนเซลล์ผิวโดยกำจัด		
เซลล์ที่ตายแล้วให้หลุดไป	72	60.0
ต้องการให้ผิวสะอาด	56	46.7
ต้องการให้ผิวนุ่มและเนียนขึ้น	52	43.3
มีปัญหาผิวดำคล้ำ	48	40.0
มีปัญหาผิวเสี้ยนและสิ่งอุดตันรูขุมขน	46	38.3
มีปัญหาผิวหน้ามัน	25	20.8
มีปัญหาร่องรอยแผลเป็นของผิว	9	7.5
7. ความชอบในตัวผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้อยู่ <sup>1/</sup>		
ช่วยให้ผิวนุ่มเนียน และเกลี้ยงเกลามากขึ้น	65	54.2
ใช้แล้วรู้สึกผิวสะอาด	60	50.0
ชอบเม็ดขัดผิวที่มีขนาดเล็กไม่ระคายเคือง	53	44.2
ช่วยให้ผิวดูขาวและผ่องใสขึ้น	50	41.7
ชอบเม็ดขัดผิวที่ขัดแล้วไม่เจ็บหรือแสบ	48	40.0
มีส่วนผสมจากธรรมชาติ	43	35.8
ใช้แล้วไม่เกิดอาการแพ้	41	34.2
ชอบกลิ่นหอม	32	26.7
ชอบที่ผลิตภัณฑ์ช่วยแก้ปัญหาผิวให้ลดลง	31	25.8
ชอบคุณสมบัติพิเศษของเม็ดขัดผิว	28	23.3
ชอบเม็ดขัดผิวที่มีขนาดใหญ่เหมาะสม ทำ		
ให้สามารถขัดเซลล์ผิวให้หลุดออกได้ดี	7	5.8

หมายเหตุ <sup>1/</sup> คำถามที่ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

## ตารางที่ 16 (ต่อ)

n=120		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
8. ปัญหาที่พบในการใช้ผลิตภัณฑ์ขัดผิว <sup>1/</sup>		
ลักษณะของเม็ดขัดผิว ที่ขัดแล้วรู้สึกเจ็บ/แสบ	55	45.8
ล้างออกยาก	39	32.5
ผลิตภัณฑ์ มีราคาค่อนข้างแพง	37	30.8
ใช้แล้วเกิดอาการแพ้ โดยมีผื่นและผิวหนังขึ้น	27	22.5
ใช้แล้วผิวแห้ง	26	21.7
ไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์	24	20.0
ไม่พบปัญหาใดในการใช้	15	12.5
รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ยุ่งยากในการใช้งาน	13	10.8
ผลิตภัณฑ์มีเปลี่ยนแปลงในระหว่างเก็บรักษา	11	9.2
9. ค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิว		
ไม่เกิน 100 บาท	31	25.8
100-300 บาท	47	39.2
301-500 บาท	19	15.8
501-700 บาท	12	10.0
701- 900 บาท	2	1.7
มากกว่า 900 บาท	9	7.5

หมายเหตุ <sup>1/</sup> คำถามที่ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ตารางที่ 17 คะแนนความสำคัญเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์  
ขัดผิว จากการสำรวจผู้บริโภค

ปัจจัย	ความถี่ (จำนวนคน)					เฉลี่ย	ความสำคัญ ของปัจจัย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด		
1. ใช้แล้วไม่แพ้	87	20	9	2	2	4.57	มากที่สุด
2. กำจัดสิ่งสกปรกออกได้ดี	69	44	6	1	0	4.51	มากที่สุด
3. ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ใช้ แล้วไม่เจ็บหรือแสบ	64	45	9	1	1	4.42	มากที่สุด
4. มีส่วนผสมของสารที่ช่วย บำรุงผิว	58	52	9	1	0	4.39	มากที่สุด
5. ล้างออกง่าย	42	60	17	1	0	4.19	มาก
6. มีส่วนผสมจากธรรมชาติ	50	42	26	2	0	4.17	มาก
7. ขนาดเม็ดขัดผิวที่เหมาะสม	28	59	30	3	0	3.93	มาก
8. รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งาน ได้สะดวก	22	66	30	2	0	3.90	มาก
9. การกระจายตัวขณะขัดบน ผิวหนัง	22	59	32	7	0	3.80	มาก
10. กลิ่นของผลิตภัณฑ์	24	58	29	7	2	3.79	มาก
11. คุณสมบัติพิเศษของเม็ด ขัดผิว เช่น สามารถแตก ตัวได้	25	35	44	11	5	3.53	มาก
12. ความข้นหนืดของ ผลิตภัณฑ์	9	35	59	14	3	3.28	ปานกลาง
13. สีของผลิตภัณฑ์ขัดผิว	6	23	61	21	9	2.97	ปานกลาง

จากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวดังตารางที่ 17 พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ จะมีค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยอยู่ในช่วง 4.57-2.97 โดยปัจจัยในการตัดสินใจซื้อที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ใช้แล้วไม่แพ้ กำจัดสิ่งสกปรกออกได้ดี ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ใช้แล้วไม่เจ็บหรือแสบ และผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของสารที่ช่วยในการบำรุงผิว ส่วนปัจจัยที่มีสำคัญมาก ได้แก่ ล้างออกง่าย มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติ ขนาดของเม็ดขัดผิวที่เหมาะสม รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้สะดวก การกระจายตัวบนผิวหนังขณะขัด กลิ่นของผลิตภัณฑ์ และ

คุณสมบัติพิเศษของเม็ดขัดผิว สุดท้ายคือปัจจัยที่ผู้บริโภครู้สึกว่ามีความสำคัญปานกลาง ได้แก่ ความขื่นหนืดของผลิตภัณฑ์และสีของผลิตภัณฑ์ขัดผิวตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยรวมของทั้ง 13 คุณลักษณะคือ 3.96 สรุปได้ว่าผู้บริโภครู้สึกว่ามีความสำคัญกับปัจจัยต่างๆในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวอยู่ในระดับที่สำคัญมาก

จากผลการสำรวจผู้บริโภครู้พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ศึกษาในครั้งนี้มีเป็นจำนวนมาก รวมทั้งสิ้น 13 ปัจจัย ดังนั้นจึงทำการลดจำนวนปัจจัยโดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ซึ่งก็คือวิธีการลดจำนวนปัจจัยโดยใช้หลักการรวมปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันมาจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก (กัลยา, 2548) ซึ่งผลจากวิธีดังกล่าว สามารถลดจำนวนปัจจัยจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อทั้งหมด 13 ปัจจัย ให้เหลือเพียง 4 ปัจจัย โดยในการจัดกลุ่มจะพิจารณาจากค่า Factor loading ของแต่ละปัจจัยที่ต้องมากกว่า 0.460 ให้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 18

จากค่า Factor loading ของแต่ละปัจจัย สามารถจัดกลุ่มของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 หมายถึง “คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขัดผิวด้านผิวหน้า” ประกอบด้วย 5 ปัจจัย คือ ใช้น้ำแล้วไม่แพ้ กำจัดสิ่งสกปรกออกจากผิวหน้าได้ดี ล้างออกง่าย มีส่วนผสมของสารที่ช่วยในการบำรุงผิว และ ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ใช้น้ำแล้วไม่เจ็บหรือแสบ

ปัจจัยที่ 2 หมายถึง “คุณภาพของเม็ดขัดผิว” ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ คุณสมบัติพิเศษของเม็ดขัดผิว และ การกระจายตัวบนผิวหน้าขณะขัด

ปัจจัยที่ 3 หมายถึง “คุณภาพที่สัมผัสได้ภายนอกของผลิตภัณฑ์” ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้สะดวก ขนาดของเม็ดขัดผิวที่เหมาะสม และ กลิ่นของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่ 4 หมายถึง “คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์” ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติ สีของผลิตภัณฑ์ และ ความขื่นหนืดของผลิตภัณฑ์

จากปัจจัยทั้ง 4 พบว่า มีค่า % Cumulative หรือความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 60.28 % โดยปัจจัยที่ 1 อธิบายได้ 17.29 % ปัจจัยที่ 2 อธิบายได้ 15.55

% ปัจจัยที่ 3 อธิบายได้ 14.45 % และปัจจัยที่ 4 อธิบายได้ 12.98 % ตามลำดับ ซึ่งในการจัดกลุ่มปัจจัยจะเป็นการรวมค่าความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจซื้อ ที่มีความสัมพันธ์กันมาไว้ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นกลุ่มของปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดในการตัดสินใจซื้อ ซึ่งก็คือปัจจัยที่ 1 เนื่องจากสามารถอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวแปรได้มากที่สุด และเป็นการรวมเอาปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดมาไว้ในกลุ่มเดียวกัน จะนำไปใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 18 ค่า Factor loading ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิว จากวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ขัดผิว	ค่า Factor loading			
	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3	ปัจจัยที่ 4
1. ใช้ไม่แพ้	0.750			
2. กำจัดสิ่งสกปรกออกได้ดี	0.656		0.237	
3. ล้างออกง่าย	0.646	0.372		
4. มีส่วนผสมของสารที่ช่วยบำรุงผิว	0.602		-0.244	0.318
5. ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ใช้แล้วไม่ เจ็บหรือแสบ	0.483	0.305	0.464	-0.246
6. คุณสมบัติพิเศษของเม็ดขัดผิว		0.841		
7. การกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหนึ่ง	0.232	0.786		
8. รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้ สะดวก			0.767	0.263
9. ขนาดเม็ดขัดผิวที่เหมาะสม		0.298	0.708	
10. กลิ่นของผลิตภัณฑ์	0.301	-0.272	0.500	0.353
11. มีส่วนผสมจากธรรมชาติ	0.206			0.721
12. สีของผลิตภัณฑ์		0.221	0.325	0.664
13. ความขุ่นหนืดของผลิตภัณฑ์		0.433		0.549

หมายเหตุ Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกา จากแถบข่าว แสดงในตารางที่ 19 พบว่า หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่ใช้สารขจัดผิวเป็นซิลิกาจากแถบข่าว พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสนใจถึงร้อยละ 94.2 ซึ่งส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า เพราะใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติร้อยละ 88.5 รองลงมาคือเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค ร้อยละ 56.6 ส่วนคุณสมบัติของเม็ดขจัดผิวที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่จะทำการพัฒนา ส่วนใหญ่ตอบว่าต้องการให้มีขนาดเล็กเพื่อไม่ให้เกิดการระคายเคือง ร้อยละ 53.3 รองลงมาคือสามารถกระจายตัวบนผิวหนังได้ดี ร้อยละ 51.7 ส่วนสีของผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่ต้องการมากที่สุดคือสีขาว ร้อยละ 30.8 รองลงมาคือ สีครีม ร้อยละ 28.3 ในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขจัดผิว พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการผลิตภัณฑ์ซึ่งมีกลิ่นที่ช่วยให้ความผ่อนคลาย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดถึงร้อยละ 65.8 รองลงมาคือกลิ่นดอกไม้ ร้อยละ 16.7 โดยสารที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณภาพ คือ สารที่ช่วยให้ผิวเนียนนุ่ม ร้อยละ 59.2 รองลงมา คือสารที่ให้ความชุ่มชื้น ร้อยละ 58.3 โดยรูปแบบของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขจัดผิว ส่วนใหญ่ตอบว่าควรเป็นแบบกระปุกมีฝาปิด ร้อยละ 45.8 รองลงมาคือ แบบขวดมีหัวบีบ ร้อยละ 29.2 และส่วนใหญ่คิดว่าผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่จะทำการพัฒนานี้ มีความปลอดภัยสูงถึงร้อยละ 92.5

ตารางที่ 19 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเปลือกข้าว จากการสำรวจผู้บริโภค

n=120		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
1. ความสนใจในผลิตภัณฑ์ขจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเปลือกข้าว		
สนใจ	113	94.2
ไม่สนใจ	7	5.8
2. เหตุผลที่สนใจผลิตภัณฑ์ <sup>2/</sup>		
เพราะใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติ	100	88.5
เพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค	64	56.6
เพราะช่วยเพิ่มมูลค่าของเปลือกข้าว	38	33.6

หมายเหตุ <sup>2/</sup> คำถามที่ถามเฉพาะผู้ที่สนใจในผลิตภัณฑ์

## ตารางที่ 19 (ต่อ)

	n=120	
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
3. คุณสมบัติของเม็ดขัดผิวที่ต้องการ สำหรับ ผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้กับบริเวณลำตัว <sup>1/</sup>		
มีขนาดเล็ก เพื่อไม่ให้เกิดการระคายเคือง	64	53.3
สามารถกระจายตัวได้ดีบนผิวหนัง	62	51.7
อยู่ในรูปเม็ดขัดผิวที่สามารถแตกตัวได้ ในระหว่างการขัด	43	35.8
มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะสามารถขัดเซลล์ผิว ที่ตายแล้วออกได้ดี	41	34.2
มีเม็ดขัดผิวหลากหลายขนาดในผลิตภัณฑ์	14	11.7
4. สีของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ต้องการ		
สีขาว	37	30.8
สีครีม	34	28.3
สีเหลืองอ่อน	17	14.2
สีเขียวอ่อน	14	11.7
สีฟ้าอ่อน	8	6.7
สีชมพูอ่อน	7	5.8
สีส้มอ่อน	3	2.5
5. กลิ่นของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ต้องการ		
กลิ่นที่ช่วยให้ความผ่อนคลาย	79	65.8
กลิ่นดอกไม้	20	16.7
กลิ่นผลไม้	15	12.5
กลิ่นสมุนไพรธรรมชาติ	4	3.3
กลิ่นที่ให้ความเย็นสดชื่น	2	1.7

## ตารางที่ 19 (ต่อ)

	n=120	
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
6. สารที่ต้องการให้มีเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ขัดผิว เพื่อเพิ่มคุณภาพ <sup>1/</sup>		
สารที่ช่วยให้ผิวเนียนนุ่ม	71	59.2
สารให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว	70	58.3
วิตามินบำรุงผิว	62	51.7
สารที่ช่วยกระชับผิว	48	40.0
สารที่ช่วยให้ผิวขาว	47	39.2
สมุนไพรที่ช่วยบำรุงผิว	45	37.5
7. รูปแบบของภาชนะบรรจุที่เหมาะสม		
แบบกระปุกมีฝาปิด	55	45.8
แบบขวดมีหัวปั๊ม	35	29.2
แบบหลอด	30	25
8. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเปลือกข้าว มีความปลอดภัยหรือไม่		
ปลอดภัย	111	92.5
ไม่ปลอดภัย	9	7.5

หมายเหตุ <sup>1/</sup> คำถามที่ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

### 1.3 การทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ขัดผิว

จากการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ขัดผิว (Product Concept Testing) กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด โดยการให้ผู้บริโภคอ่านแนวความคิดผลิตภัณฑ์ขัดผิว 4 รูปแบบ ได้แก่ ครีมขัดผิว เจลขัดผิว ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ และ เจลอาบน้ำผสมเม็ดสครับ แล้วเรียงลำดับรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ พร้อมทั้งบอกความต้องการซื้อ ซึ่งจากผลการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ในรูปแบบครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ มากที่สุดคือ ร้อยละ 83.2 รองลงมาคือครีมขัดผิว ร้อยละ 72.3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละของจำนวนผู้ตอบที่ต้องการให้มีผลิตภัณฑ์ขัดผิวในรูปแบบของครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ และครีมขัดผิว มากที่สุด คือร้อยละ 30.7 และ 28.7 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ขัดผิวกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย

ผลิตภัณฑ์ขัดผิว	ความต้องการซื้อ (%)		ร้อยละของจำนวนผู้ตอบ			
	ซื้อ	ไม่ซื้อ	ต้องการมากที่สุด	ต้องการมาก	ต้องการปานกลาง	ต้องการน้อยที่สุด
ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ	83.2	16.8	30.7	32.7	23.8	12.9
ครีมขัดผิว	72.3	27.7	28.7	19.8	21.8	29.7
เจลอาบน้ำผสมเม็ดสครับ	66.3	33.7	20.8	25.7	22.8	30.7
เจลขัดผิว	69.3	30.7	19.8	21.8	31.7	26.7

จากการวิเคราะห์ผลการเรียงลำดับรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ผู้บริโภคต้องการ ด้วยวิธี Friedman's Test (เพ็ญขวัญ, 2536) (สูตรและวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก) โดยพิจารณาจากค่าผลรวมของลำดับความต้องการ (Rank sum) โดยให้ ลำดับ 1 = ต้องมากที่สุด 2 = ต้องการมาก 3 = ต้องการปานกลาง และ 4 = ต้องการน้อยที่สุด ตามลำดับ พบว่าผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย มีความต้องการให้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว อยู่ในรูปแบบของครีมอาบน้ำ และ ครีมขัดผิว มากที่สุด เนื่องจากมีค่าผลรวมของลำดับความต้องการน้อยที่สุด และมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 21 ส่วนผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเจลขัดผิวและเจลอาบน้ำผสมเม็ดสครับ ผู้บริโภคมีความต้องการในลำดับรองลงมา โดยผลการเรียงลำดับที่ได้มีความสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ ที่พบว่าครีมอาบน้ำผสม

เม็ดสกรับและครีมขัดผิวมีเปอร์เซ็นต์ความต้องการซื้อสูงสุดที่เป็น 2 อันดับแรก ดังนั้นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ผลถึงความเป็นไปได้เพื่อคัดเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 21 ค่าผลรวมของลำดับความต้องการของผลิตภัณฑ์ขัดผิวในแต่ละรูปแบบ

	ครีมขัดผิว	เจลขัดผิว	ครีมอาบน้ำผสม เม็ดสกรับ	เจลอาบน้ำผสม เม็ดสกรับ
ค่า Rank sum	255 <sup>ab</sup>	268 <sup>a</sup>	221 <sup>b</sup>	266 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษร <sup>a-c</sup> หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของครีมขัดผิวและครีมอาบน้ำผสมเม็ดสกรับ ที่ผู้บริโภคมีความต้องการสูงสุด นำมาทดสอบถึงความเป็นไปได้ของรูปแบบผลิตภัณฑ์ขัดผิวสูตรพื้นฐาน โดยพบว่า สูตรพื้นฐานของครีมอาบน้ำผสมสกรับ (คัดแปลงจากสูตรสบู่เหลวผสมโปรตีนรำข้าวของภาณุ, 2540) จะเกิดจากแยกชั้นของเนื้อครีมอาบน้ำกับสารขัดผิว โดยเกิดการตกตะกอนของซิลิกาเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่น้อยเกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดการแขวนลอยของเม็ดขัดผิวให้คงอยู่ได้ และในสูตรพื้นฐานเองไม่ได้มีการเติมสารที่ช่วยในการแขวนลอย (suspending agent) จึงทำให้เกิดการตกตะกอนของเม็ดขัดผิวในลักษณะดังกล่าว ส่วนสูตรพื้นฐานครีมขัดผิว นั้นพบว่า สารขัดผิวคือซิลิกาสามารถแขวนลอยตัวอยู่ได้โดยไม่เกิดการแยกชั้นหรือตกตะกอน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืดมาก และในตัวสูตรพื้นฐานเองก็มีการใช้สารเพื่อช่วยในการแขวนลอยอยู่แล้ว เช่น Cellulosic thickeners และ Carbopol polymer (Susan *et al.*, 1996) จึงไม่จำเป็นต้องใช้สารแขวนลอยชนิดอื่นเพิ่มลงไปทำให้ง่ายต่อการพัฒนาสูตรพื้นฐาน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในรูปแบบของครีมขัดผิว จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะใช้เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อการพัฒนาต่อไป

## 2. การพัฒนากระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว

### 2.1 การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว

จากการวางแผนทดลองเพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว โดยใช้แผนการทดลองแบบ  $2^{4-1}$  fractional factorial เนื่องจากจุดประสงค์หลักของแผนการทดลองดังกล่าว ก็เพื่อเป็นการประเมินอิทธิพลหลักในการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ประกอบด้วยปัจจัยหลายๆตัว โดยเฉพาะการทดลองที่ทำในระดับเริ่มต้นเพื่อใช้คัดเลือกปัจจัยที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะนำปัจจัยดังกล่าวไปใช้ศึกษาอย่างละเอียดในการทดลองต่อไป ทั้งนี้จากวัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญ ทำให้การศึกษานี้ปฏิบัติวิสาสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัย อาจศึกษาได้ไม่เต็มที่ จึงเน้นศึกษาเฉพาะอิทธิพลของปัจจัยหลักเท่านั้น (Montgomery, 1984)

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว ซึ่งมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ระยะเวลาในการต้มแกลบกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก อุณหภูมิในการเผาแกลบ และระยะเวลาในการเผาแกลบ โดยทำการวัดค่าคุณภาพของซิลิกาที่ได้จากแต่ละสิ่งทดลอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) และ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา โดยผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการเผาที่เพิ่มสูงขึ้น ในช่วงของการทดลองคือ 500-700 °C จะมีผลให้ค่าสีในส่วนของคุณค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า  $a^*$  และ  $b^*$  จะมีแนวโน้มลดลง นั่นคือสีของตัวอย่างซิลิกาที่ได้จะมีความขาวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของซิลิกาที่ได้ จะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการเผา และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา จะเห็นได้ชัดเจนว่าความเข้มข้นของสารละลายกรดที่เพิ่มสูงขึ้นจาก 0.8 M ไปเป็น 1.2 M จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกสิ่งทดลองของปัจจัยที่ทำการศึกษาดังผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าคุณภาพของซีลีกาในแต่ละสิ่งทดลองจาก การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตซีลีกาจากแกลบข้าว

สิ่งทดลอง	ปัจจัย				ค่าคุณภาพของซีลีกา				ความบริสุทธิ์ของซีลีกา (%)
	ความเข้มข้นของสารละลายกรด HCl (M)	เวลาในการต้มแกลบกับสารละลายกรด (นาที)	อุณหภูมิในการเผาแกลบ (°C)	ระยะเวลาในการเผาแกลบ (ชั่วโมง)	ผลผลิตซีลีกา (%)	ค่าสี			
						L*	a*	b*	
1	0.8	45	500	5	12.04 <sup>b</sup>	85.36 <sup>h</sup>	1.24 <sup>ab</sup>	8.62 <sup>c</sup>	99.25 <sup>d</sup>
2	1.2	45	500	7	12.53 <sup>a</sup>	86.51 <sup>e</sup>	1.26 <sup>a</sup>	8.94 <sup>a</sup>	99.49 <sup>b</sup>
3	0.8	75	500	7	12.50 <sup>a</sup>	85.94 <sup>g</sup>	1.15 <sup>c</sup>	8.78 <sup>b</sup>	99.21 <sup>c</sup>
4	1.2	75	500	5	12.52 <sup>a</sup>	86.35 <sup>f</sup>	1.22 <sup>b</sup>	8.54 <sup>d</sup>	99.50 <sup>b</sup>
5	0.8	45	700	7	11.70 <sup>c</sup>	90.19 <sup>c</sup>	0.30 <sup>d</sup>	1.76 <sup>c</sup>	99.34 <sup>c</sup>
6	1.2	45	700	5	11.69 <sup>c</sup>	90.76 <sup>b</sup>	0.26 <sup>c</sup>	1.53 <sup>f</sup>	99.55 <sup>a</sup>
7	0.8	75	700	5	11.99 <sup>c</sup>	89.34 <sup>d</sup>	0.22 <sup>f</sup>	1.46 <sup>g</sup>	99.18 <sup>c</sup>
8	1.2	75	700	7	11.84 <sup>d</sup>	90.85 <sup>a</sup>	0.28 <sup>de</sup>	1.75 <sup>c</sup>	99.55 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษร<sup>a-f</sup> ที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตซัลฟิดจากแกลบข้าว

ปัจจัย	ค่า F-test				ความบริสุทธิ์ ของซัลฟิด (%)
	ผลผลิตซัลฟิด (%)	ค่าสี			
		L*	a*	b*	
1. ความเข้มข้นของ สารละลายกรด HCl (M)	0.448	23.343*	1.124	2.13	61.490*
2. เวลาในการต้มแกลบกับ สารละลายกรด (นาที)	2.894	0.204	3.353	11.13*	1.588
3. อุณหภูมิในการเผาแกลบ (°C)	20.522*	507.964*	1348.245*	87546.13*	1.588
4. ระยะเวลาในการเผาแกลบ (ชั่วโมง)	0.398	4.973	0.232	126.783*	0.706

หมายเหตุ \* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณหาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยแสดงดังตารางที่ 23 โดยพิจารณาจากค่า F-test ของแต่ละปัจจัยที่มีผลให้ค่าคุณภาพที่ทำการวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของซัลฟิด ได้แก่ อุณหภูมิในการเผา ที่มีผลต่อทั้งเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซัลฟิด และ ค่าสี (L\* a\* b\*) ส่วนความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลฟิด และค่าสีในส่วน of ค่าความสว่าง (L\*) ซึ่งสาเหตุที่ปัจจัยทั้งสองต่างมีผลต่อค่าคุณภาพของซัลฟิด เนื่องมาจากปัจจัยของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ากรดชนิดอื่น ในการที่จะกำจัดสารอินทรีย์ในแกลบ และสิ่งเจือปนพวกโลหะออกไซด์ ที่เป็นไอออนบวกออกไป เนื่องจากองค์ประกอบหลักที่พบในแกลบ ได้แก่ สารอินทรีย์ (organic material) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ซึ่งในขณะที่แกลบทำปฏิกิริยาสารละลายกรดนั้น เซลลูโลสซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงและถือเป็นองค์ประกอบหลักและโครงสร้างสำคัญของแกลบ จะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก และถูกกำจัดออกไป พร้อมกันนั้นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ คือเฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน จะเกิดการสูญเสียออกซิเจนภายในโครงสร้างทำให้เกิดลักษณะของแกลบที่มีสีคล้ำขึ้น ในขณะที่ทำปฏิกิริยากับกรดโดยจะเห็นได้ชัดเจนหากใช้สารละลายกรดที่มีความเข้มข้นสูง และใน

ขณะเดียวกัน โครงสร้างของโปรตีนในแกลบจะสลายตัวกลายเป็นกรดอะมิโนขนาดเล็ก รวมทั้งสิ่งเจือปนพวกโลหะต่างๆ (metallic impurity) ซึ่งมีขี้เป็นบวก จะถูกสารละลายกรดที่มีขี้เป็นลบละลายออกไป (Krishanaro and Mahajan, 1995) โดยเฉพาะโพแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบ  $K_2O$  จะถูกกำจัดออกไปคิดเป็นปริมาณสูงที่สุด ซึ่งธาตุดังกล่าวถือเป็นสาเหตุให้เกิดการจับตัวของคาร์บอนกับเถ้าซิลิกาในระหว่างการเผาไหม้ (carbon fixation) ทำให้คาร์บอนไม่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดผงสีดำปนเปื้อนอยู่ในเถ้าแกลบ ซึ่งมีผลต่อความขาวหรือค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของซิลิกา นอกจากนี้  $K_2O$  ยังเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดซิลิกาในรูปผลึกด้วย (Krishnarao *et al.*, 2000) ซึ่งกรดไฮโดรคลอริกนั้นสามารถลดสิ่งเจือปนพวกไอออนบวกที่มีในแกลบลงได้ถึง 40-100 เท่า (Chakraverty *et al.*, 1988) ทำให้ซิลิกาที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น และภายหลังการทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดจะได้โครงสร้างของแกลบที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (porous structure) อันเนื่องมาจากการสูญเสียสารประกอบที่เป็นโครงสร้างสำคัญออกไป อีกทั้งมีปริมาณของสิ่งเจือปนลดต่ำลง ทำให้แนวโน้มของการเกิดซิลิกาในรูปผลึกมีปริมาณที่ลดน้อยลงตามไปด้วย โดยประสิทธิภาพของกรดไฮโดรคลอริกในการกำจัดสารอินทรีย์และสิ่งเจือปนในแกลบออกไปนั้น จะทำให้ได้ซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงและเป็นผงสีขาวภายหลังการเผาไหม้

ส่วนอุณหภูมิในการเผา จะมีผลต่อค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา โดยอุณหภูมิถือเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อขนาดอนุภาค การเกิดรูปผลึกและการเผาเพื่อให้ได้เถ้าสีขาว โดยอุณหภูมิในช่วง 500-700 °C นั้นจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปผลึกและขนาดของอนุภาคซิลิกา (Ibrahim and Echemaly, 1979) แต่จะมีผลโดยตรงต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา โดยเฉพาะในด้านความสว่างหรือความขาวของซิลิกานั้นหากใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 500 °C ในการเผาจะมีผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของซิลิกามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหรือมีความขาวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และเป็นการกำจัดอนุภาคของคาร์บอนออกไปได้ดีกว่า แต่ในขณะเดียวกันการใช้อุณหภูมิสูงจะมีผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกาลดต่ำลง เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเผาไหม้ภายในเตาเผา ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) จะมีค่าเพิ่มสูงสุดที่อุณหภูมิ 500 °C โดยจะมีการสูญเสียน้ำหนักไปทั้งสิ้น 78 % (Liou, 2004) หลังจากนั้นน้ำหนักของตัวอย่างในระหว่างการเผาจะเริ่มคงที่ ซึ่งน้ำหนักที่สูญเสียไปนี้ พบว่าเป็นปริมาณของไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นปริมาณของเถ้าที่ได้ภายหลังการเผาไหม้ จึงเป็นปริมาณของซิลิกาและโลหะเจือปนต่างๆ เล็กน้อย

ส่วนปัจจัยที่ทดลองแล้วพบว่าผลค่อนข้างน้อยต่อคุณภาพของชิลิกาได้แก่ ระยะเวลาในการต้มแกลบและเวลาในการเผาแกลบ ซึ่งมีผลต่อเฉพาะค่าสีในส่วน of ค่า  $b^*$  ที่แสดงถึงความเป็นสีเหลืองน้ำตาลของตัวอย่างชิลิกาเท่านั้น ดังนั้นปัจจัยทั้ง 2 จะถูกกำหนดให้คงที่ในการทดลองครั้งต่อไป โดยเวลาในการต้มแกลบจะกำหนดไว้ที่ 45 นาที ส่วนเวลาในการเผาจะกำหนดไว้ที่ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากทำการทดลองเพิ่มเติมแล้วพบว่าให้ค่าสีของชิลิกาที่มีความสว่างมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E^*ab$ ) เมื่อเทียบกับสีของชิลิกาในทางการค้า น้อยที่สุด

ดังนั้นในการหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตชิลิกาในขั้นต่อไป จึงเป็นการศึกษาผลของปัจจัยที่มีผลต่อค่าคุณภาพของชิลิกา ทั้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และอุณหภูมิในการเผาแกลบ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชิลิกา

## 2.2 สภาวะที่เหมาะสมของการผลิตชิลิกาจากแกลบข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ

ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตชิลิกาจากแกลบข้าวโดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล ( $3 \times 3$  factorial in CRD) ซึ่งมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่ 0.8 M 1.0 M และ 1.2 M และอุณหภูมิในการเผาแกลบ ที่ 550 °C 600 °C และ 650 °C ตามลำดับ โดยเป็นปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดเลือกแล้วว่ามีผลต่อคุณภาพของชิลิกาจากผลการทดลองในข้อ 2.1 และเพิ่มสิ่งทดลองของสภาวะในการเตรียมชิลิกาที่ไม่ได้ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (Untreated) และที่ผ่านการต้มด้วยน้ำเปล่า (Water treated) เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าคุณภาพในด้านต่างๆ โดยจะตรวจสอบคุณภาพของชิลิกาที่ผลิตได้ เทียบกับคุณภาพของชิลิกาในทางการค้า ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตชิลิกา ค่าสี ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) ค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับชิลิกาในทางการค้า ( $\Delta E^*ab$ ) เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของชิลิกา และ เปอร์เซ็นต์ความชื้น พร้อมทั้งศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 24 ดังนี้

ตารางที่ 24 ผลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และอุณหภูมิในการเผาแกลป์ ที่มีต่อคุณภาพของซีลีกาจากการทดลอง เมื่อเทียบกับซีลีกาในทางการค้า

สิ่งทดลอง	ค่าคุณภาพของซีลีกา						
	L*	a*	b*	$\Delta E^*_{ab}$	ผลผลิตซีลีกา (%)	ความบริสุทธิ์ของซีลีกา (%)	ความชื้น (%)
ซีลีกาทางการค้า	95.43 <sup>a</sup>	-0.0093 <sup>f</sup>	1.48 <sup>h</sup>			99.26 <sup>a</sup>	5.63 <sup>a</sup>
HCl 0.8 M / 550°C	88.70 <sup>c</sup>	0.154 <sup>e</sup>	5.66 <sup>bc</sup>	7.92 <sup>c</sup>	13.27 <sup>c</sup>	95.28 <sup>c</sup>	2.21 <sup>b</sup>
HCl 1.0 M / 550°C	89.11 <sup>b</sup>	0.109 <sup>e</sup>	5.14 <sup>d</sup>	7.29 <sup>d</sup>	13.15 <sup>cd</sup>	96.59 <sup>bc</sup>	2.18 <sup>b</sup>
HCl 1.2 M / 550°C	89.25 <sup>b</sup>	0.142 <sup>e</sup>	5.30 <sup>cd</sup>	7.26 <sup>d</sup>	13.00 <sup>def</sup>	97.89 <sup>abc</sup>	2.11 <sup>bc</sup>
HCl 0.8 M / 600°C	89.19 <sup>b</sup>	0.224 <sup>d</sup>	2.35 <sup>e</sup>	6.30 <sup>e</sup>	13.08 <sup>cde</sup>	96.92 <sup>abc</sup>	2.00 <sup>bcd</sup>
HCl 1.0 M / 600°C	88.97 <sup>bc</sup>	0.366 <sup>b</sup>	2.17 <sup>efg</sup>	6.51 <sup>e</sup>	13.09 <sup>cde</sup>	98.48 <sup>ab</sup>	2.08 <sup>bc</sup>
HCl 1.2 M / 600°C	89.15 <sup>b</sup>	0.292 <sup>c</sup>	2.20 <sup>ef</sup>	6.33 <sup>e</sup>	12.86 <sup>f</sup>	98.04 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>bc</sup>
HCl 0.8 M / 650°C	89.16 <sup>b</sup>	0.375 <sup>b</sup>	1.96 <sup>efg</sup>	6.30 <sup>e</sup>	13.11 <sup>cde</sup>	96.97 <sup>abc</sup>	1.39 <sup>e</sup>
HCl 1.0 M / 650°C	89.22 <sup>b</sup>	0.406 <sup>b</sup>	1.74 <sup>gh</sup>	6.23 <sup>e</sup>	12.95 <sup>ef</sup>	97.87 <sup>abc</sup>	1.48 <sup>de</sup>
HCl 1.2 M / 650°C	89.17 <sup>b</sup>	0.371 <sup>b</sup>	1.79 <sup>gh</sup>	6.28 <sup>e</sup>	12.86 <sup>f</sup>	98.07 <sup>ab</sup>	1.59 <sup>cde</sup>
Water treated	78.34 <sup>d</sup>	3.010 <sup>a</sup>	7.14 <sup>a</sup>	18.25 <sup>b</sup>	13.73 <sup>b</sup>	95.41 <sup>c</sup>	2.16 <sup>b</sup>
Untreated	77.42 <sup>e</sup>	2.950 <sup>a</sup>	5.91 <sup>b</sup>	18.78 <sup>a</sup>	17.90 <sup>a</sup>	91.98 <sup>d</sup>	2.32 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษร <sup>a-i</sup> ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากกรรมวิธีการผลิตซิลิกาจากแกลบ โดยนำแกลบไปผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกก่อนแล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง เป็นวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากให้ผลผลิตเป็นซิลิกาที่มีคุณภาพสูง โดยจากผลการทดลองพบว่าซิลิกาที่เตรียมได้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ฟุ้งกระจาย แดกเปราะง่าย ทำให้ง่ายต่อการบดเป็นผงขนาดเล็ก โดยสภาวะของการทดลองสามารถเตรียมซิลิกาที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์อยู่ในช่วง 91-99% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ Yalcin and Sevinc (2000) ที่กล่าวว่าถ้าหาซึ่งได้จากการเผาแกลบจะมีปริมาณซิลิกาอยู่ในช่วง 87-97% และประกอบด้วยปริมาณของโลหะเจือปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งซิลิกาที่ได้จัดเป็นซิลิกาชนิดอสัณฐาน และมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอ เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ

จากผลการวัดค่าคุณภาพของซิลิกาในสิ่งทดลองต่างๆ เทียบกับซิลิกาในทางการค้า แสดงดังตารางที่ 24 พบว่าในสภาวะของการทดลองที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาให้สูงขึ้น จะมีผลให้ค่าสีของซิลิกาให้มีค่าใกล้เคียงกับซิลิกาในทางการค้าหรือมีความขาวเพิ่มมากขึ้น โดยพิจารณาจากค่า  $\Delta E^*_{ab}$  ที่มีค่าลดลง ซึ่งค่า  $\Delta E^*_{ab}$  จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิการเผาในช่วง 600-650 °C โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.28-6.33 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเผาในช่วงดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตเป็นซิลิกาที่มีสีใกล้เคียงกับซิลิกาทางการค้ามากที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดการสลายตัวของสารประกอบชนิดต่างๆ ของแกลบ (thermal decomposition) ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ โดยโครงสร้างบริเวณผิวนอกของแกลบหรือชั้นเอพิเดอร์มิสทั้งด้านนอกและด้านในจะเกิดการแตก เนื่องมาจากการสะสมตัวของซิลิกาที่บริเวณดังกล่าวในปริมาณที่สูง ซึ่งการกระจายตัวของซิลิกาที่ชั้นเอพิเดอร์มิสนี้ จะมีรูปแบบที่แน่นอน (Sharma *et al.*, 1984) และแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างที่แข็งแรงของแกลบ ซึ่งเกิดจากการสร้างพันธะร่วมกันระหว่างน้ำตาลโมเลกุลเดียวกับธาตุซิลิคอน (Si) (Patel *et al.*, 1987) โดยในระหว่างกระบวนการเผาไหม้จะมีผลให้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์ในแกลบ อันได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ให้สลายตัวกลายเป็นสารระเหย จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงคือ 50-150 °C 150-325 °C และ 325-600 °C ตามลำดับ (Liou, 2004) โดยในช่วงแรกคือ 50-150 °C นั้น จะเกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ในแกลบออกเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก พร้อมทั้งกลายสภาพเป็นสารระเหยเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งขั้นตอนของการสลายตัวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเฮมิเซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวก่อน ตามมาด้วยเซลลูโลส ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้ถือเป็นสารอินทรีย์หลักที่จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารระเหย ในขณะที่ลิกนินจะเกิดการสลายตัวเป็นอันดับสุดท้าย ทำให้

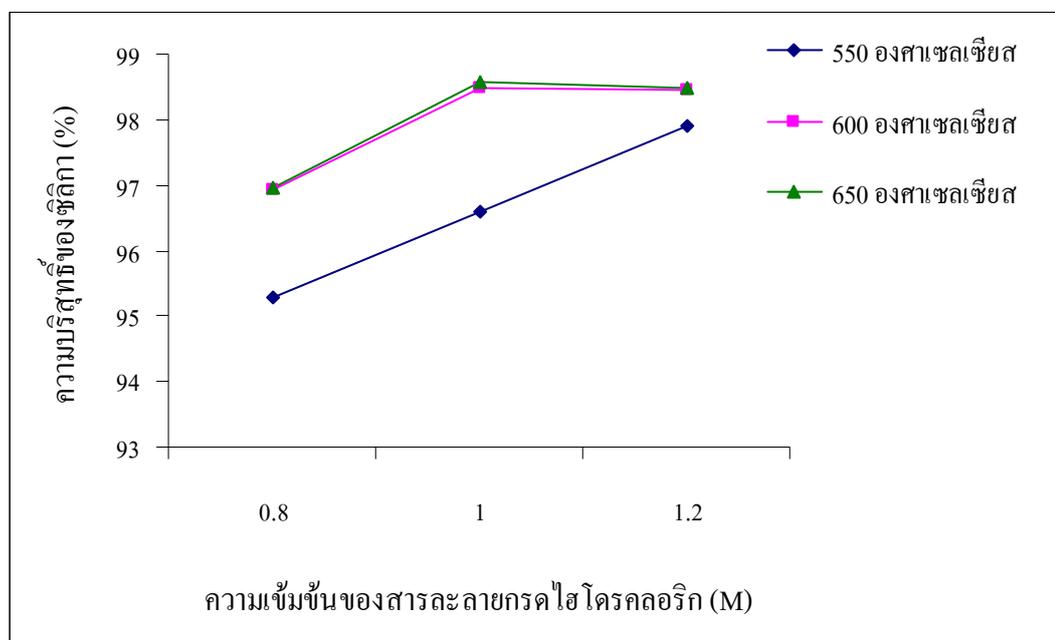
ลิกนินมีผลโดยตรงต่อสัดส่วนของเถ้าที่เกิดขึ้นภายหลังการเผาไหม้ (Mansary and Ghaly, 1998) ส่วนการสูญเสียน้ำหนักในขั้นต่อมา คืออุณหภูมิในช่วง 150-325 °C ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเผาไหม้ และจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมากของการเผาไหม้ในขั้นตอนสุดท้าย (325-600°C) ที่คาร์บอนจะถูกกำจัดออกไปด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงย่อมหมายถึงประสิทธิภาพที่ทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบต่างๆ และทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นไปได้สะดวกขึ้น เนื่องมาจากเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้ได้เถ้าซิลิกาสีขาว และถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกาจะมีค่าลดลงก็ตาม แต่จะส่งผลดีต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของซิลิกา ที่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการเผา

จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการเผาแกลบมีผลต่อ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา โดยหากเพิ่มอุณหภูมิในการเผามีแนวโน้มที่จะทำให้ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้น และมีค่าสูงกว่าแกลบที่ไม่ได้ผ่านการเผาไหม้ เพราะโลหะเจือปนในแกลบสามารถเปลี่ยนสภาพกลายเป็นสารที่ระเหยได้และถูกกำจัดออกไป นอกจากนี้ความหนาแน่น ( $g/cm^3$ ) ของซิลิกาที่ได้จากการเผาจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา ซึ่งการเพิ่มปริมาตรการไหลของก๊าซออกซิเจนและแรงดันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดคาร์บอนออกไปได้ (Yalcin and Sevinc, 2000)

จากปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และ อุณหภูมิ ในการเผาแกลบ พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดและอุณหภูมิในการเผา แสดงดังภาพที่ 13 โดยจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการเผาที่อุณหภูมิ 550 °C นั้น จะได้ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ต่ำที่สุด ส่วนการเผาที่อุณหภูมิ 600 และ 650 °C จะได้ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่ใกล้เคียงกัน และให้ค่าสูงกว่าที่ 550 °C และนอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นในความเข้มข้นของสารละลายกรด จะส่งผลให้ได้ซิลิกาที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากับสารละลายกรด จะช่วยลดการเกิดพันธะร่วมกันระหว่างซิลิกาและคาร์บอน (Si-C) ที่มีในแกลบ จึงมีผลในการช่วยลดปริมาณคาร์บอนที่เหลืออยู่ (residual carbon) ให้น้อยลง ซึ่งจะเป็นผลดีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการกำจัดคาร์บอนออกไปในระหว่างการเผาไหม้ (Krishanaro and Mahajan, 1995) ทำให้ได้ผลผลิตเป็นซิลิกาที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว และมีความบริสุทธิ์สูง นอกจากนี้กรดไฮโดรคลอริกยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในแกลบ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน โดยทำให้เกิดการสลายตัวออกเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก

และละลายสิ่งเจือปนพวกโลหะออกไซด์ซึ่งเป็นขั้วบวก ( $\text{Na}^+$   $\text{Ca}^+$   $\text{K}^+$   $\text{Mg}^+$ ) ให้ถูกกำจัดออกไปเช่นกัน ส่วนการเผาแคลบที่อุณหภูมิสูงนั้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการสลายตัวของสารอินทรีย์ในแคลบให้กลายเป็นสารระเหย พร้อมทั้งทำให้เกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของคาร์บอน โดยทั้งปัจจัยทั้ง 2 ดังกล่าวต่างมีส่วนช่วยเสริมให้ได้ซิลิกาที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้การทำปฏิกิริยาของแคลบกับสารละลายกรดนั้นยังไม่มีผลต่อการทำลายโครงสร้างของซิลิกาตามธรรมชาติ โดยจากผลงานวิจัยของ Krishanaro and Mahajan (1995) ที่ทำการทดลอง พบว่า ซิลิกาที่ได้จากแคลบที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เมื่อนำมาวิเคราะห์รูปผลึกด้วยเครื่อง X-ray diffraction จะได้ลักษณะของรูปกราฟ XRD patterns ที่คล้ายคลึงกัน นั่นคือเป็นลักษณะของซิลิกาชนิดออสเทนฐาน ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับที่พบในแคลบตามธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดนั้นไม่ได้มีผลกระทบต่อลักษณะทางโครงสร้างของซิลิกาแต่อย่างใด โดยยังคงได้โครงสร้างที่มีลักษณะเช่นเดิม และถือว่าเป็นผลดีในแง่ของการลดสิ่งเจือปนให้ได้ความบริสุทธิ์ของซิลิกามากยิ่งขึ้น โดยปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของการทดลอง แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและอุณหภูมิในการเผา ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา

ในด้านเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาและปริมาณสิ่งเจือปนพวกโลหะออกไซด์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ มากกว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการต้มด้วยน้ำเปล่าและสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการต้มด้วยกรด แสดงดังตารางที่ 25 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกรดไฮโดรคลอริก ในการละลายโลหะขี้พวกและช่วยกำจัดสารอินทรีย์ในเกลบออกไป ซึ่งสิ่งเจือปนเหล่านี้จะเป็นตัวการสำคัญให้ได้สีของแก้วเกลบหรือซิลิกาที่เป็นน้ำตาลเทาซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ และเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดซิลิกาในรูปผลึก

จากผลการทดลองโดยวัดเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาและปริมาณสิ่งเจือปนพวกโลหะออกไซด์ ดังตารางที่ 25 พบว่า สิ่งทดลองควบคุมคือเกลบที่ไม่ได้ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (Untreated) จะให้ซิลิกาที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ต่ำที่สุด คือ 91.98 % ส่วนการต้มเกลบด้วยน้ำเปล่า (Water treated) สามารถช่วยลดปริมาณสิ่งเจือปนลงได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาเพิ่มขึ้นเป็น 95.41 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Yalcin and Sevinc (2000) ที่ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาเป็น 95.48 % ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุนการผลิต ในกรณีที่ต้องการผลิตซิลิกาที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามคุณภาพของซิลิกาตามสภาวะดังกล่าว อาจไม่มีความเหมาะสมในแง่ของการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ต่ำเกินไป เพราะประสิทธิภาพของน้ำไม่เพียงพอต่อการกำจัดโลหะเจือปนและสารอินทรีย์ในเกลบออกไปได้ และที่สำคัญคือลักษณะปรากฏด้านสี ที่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ที่ต่ำ และมีค่า  $a^*$  และ  $b^*$  สูง ทำให้ซิลิกาที่ได้มีสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่ยอมรับของผู้บริโภคได้

ส่วนซิลิกาที่ผลิตได้จากเกลบที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะเจือปนที่เหลืออยู่ (metallic impurity) พบว่ามีปริมาณลดน้อยลงอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับเกลบที่ไม่ได้ผ่านการต้มกับกรด และที่ผ่านการต้มด้วยน้ำเปล่า โดยจากผลการทดลอง พบว่าหลังจากผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดแล้ว โลหะเจือปนที่ลดลงมากที่สุด คือ  $K_2O$  รองลงมาคือ  $Al_2O_3$  และ  $P_2O_5$  ซึ่งมีปริมาณลดลงคิดเป็น 26.8 7.4 และ 6.9 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการต้มด้วยกรด ส่วนการต้มเกลบด้วยน้ำเปล่าจะมีผลให้โลหะเจือปนบางชนิด คือ  $SO_3$ ,  $CaO$  และ  $MnO_2$  ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม แต่เมื่อผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดแล้ว จะพบว่าโลหะเจือปนดังกล่าวมีปริมาณที่

ลดลงมาก โดย  $MnO_2$  มีปริมาณลดลงมากที่สุด คือ 41.4 เท่า รองมาคือ  $CaO$  และ  $SO_3$  ที่มีปริมาณลดลงคิดเป็น 5.6 และ 2.7 เท่า ตามลำดับ ส่วนโลหะเจือปนที่ถึงแม้ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดแล้วก็มีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ได้แก่  $Na_2O$   $MgO$   $TiO_2$   $Fe_2O_3$  และ  $ZnO$  ตามลำดับ โดยจากผลการทดลองพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liou (2004) ที่พบว่าภายหลังจากผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดแล้ว มีผลให้ปริมาณโลหะเจือปนรวมทั้งหมดในแกลบมีปริมาณลดลงจากเดิม 6 เท่า โดยเฉพาะโพแทสเซียมมีปริมาณลดลงสูงที่สุดถึง 200 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณที่พบในแกลบที่ไม่ได้ผ่านการต้มด้วยสารละลายกรด ในขณะที่โลหะเจือปนชนิดอื่น เช่น แคลเซียม (Ca) จะมีปริมาณลดลงน้อยที่สุดเพียง 3 เท่าเท่านั้น

นอกจากนี้ อุณหภูมิและความร้อนในขณะการเผาไหม้ก็มีส่วนช่วยในการกำจัดโลหะเจือปนออกไปได้เช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองดังตารางที่ 25 พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาและความเข้มข้นของสารละลายกรด จะส่งผลให้ปริมาณโลหะเจือปนทุกชนิดในแกลบมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสารละลายกรดจะช่วยละลายโลหะเจือปนที่เป็นขี้บวกรให้ถูกกำจัดออกไป ส่วนความร้อนในการเผามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของโลหะเจือปนที่เป็นของแข็งไปสู่สถานะก๊าซ และถูกกำจัดออกไปพร้อมกับสารระเหยชนิดต่างๆ ทำให้ปริมาณโลหะเจือปนภายหลังจากการเผาไหม้มีค่าลดลง และเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอัตราการเผาไหม้ (heating rate) ที่  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  เป็นสถานะที่ทำให้โลหะเจือปนมีค่าลดลงมากที่สุด (Liou, 2004) และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของธาตุไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) จะมีปริมาณลดลงในแกลบที่ผ่านการเผาไหม้ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารประกอบชนิดต่างๆ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิก และ กรดอะซิติก ขณะได้รับความร้อน โดยปริมาณธาตุที่ลดลงดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณของเถ้าภายหลังจากการเผาแกลบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 25 ปริมาณสิ่งเจือปนพวกโลหะออกไซด์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) ในแต่ละสิ่งทดลองจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray analytical microscope

สิ่งทดลอง	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO
Untreated	91.98	2.76	1.10	0.52	0.78	0.29	0.67	1.49	0.02	0.27	0.11	0.01
Water treated	95.41	1.22	0.60	0.05	0.21	0.35	0.07	1.78	0.02	0.19	0.08	0.01
HCl 0.8 M / 550°C	95.28	3.74	0.42	0.01	0.10	0.17	0.02	0.23	0.00	0.01	0.02	0.00
HCl 1.0 M / 550°C	96.59	2.97	0.32	0.04	0.11	0.09	0.01	0.28	0.01	0.00	0.02	0.00
HCl 1.2 M / 550°C	97.89	1.14	0.40	0.06	0.07	0.06	0.03	0.31	0.01	0.01	0.02	0.01
HCl 0.8 M / 600°C	96.91	1.69	0.70	0.13	0.07	0.09	0.02	0.33	0.01	0.00	0.03	0.01
HCl 1.0 M / 600°C	98.48	0.72	0.21	0.03	0.15	0.09	0.02	0.25	0.00	0.01	0.02	0.00
HCl 1.2 M / 600°C	98.04	0.64	0.58	0.06	0.09	0.16	0.00	0.39	0.00	0.01	0.02	0.00
HCl 0.8 M / 650°C	96.97	2.13	0.13	0.14	0.08	0.19	0.03	0.28	0.01	0.00	0.03	0.00
HCl 1.0 M / 650°C	97.87	0.66	0.74	0.12	0.15	0.07	0.03	0.32	0.00	0.00	0.03	0.00
HCl 1.2 M / 650°C	98.07	1.09	0.25	0.06	0.10	0.12	0.02	0.25	0.00	0.01	0.02	0.00
ซิลิกาทางการค้า	99.26	0.03	0.00	0.02	0.00	0.59	0.01	0.02	0.01	0.00	0.06	0.00

ตารางที่ 26 สมการรีเกรสชันที่อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยในการผลิต ที่มีผลต่อค่าคุณภาพของชิลิกาจากการทดลอง

ค่าคุณภาพของชิลิกา	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R <sup>2</sup> )	Model significant
L*	$79.267+8.328X_1+1.652E-02X_2+0.108X_1^2-1.11E-06X_2^2-1.35E-02X_1X_2$	0.306	0.147 <sup>ns</sup>
a*	$-6.940+1.628X_1+1.891E-02X_2-0.849X_1^2-1.38E-05X_2^2+1.909E-04X_1X_2$	0.855	0.000*
b*	$226.638-13.125X_1-0.609X_2+4.805X_1^2+5.416E-04X_2^2+4.904E-03X_1X_2$	0.979	0.000*
$\Delta E^{*ab}$	$97.244-12.806X_1-0.269X_2+1.314X_1^2+2.003E-04X_2^2+1.597E-02X_1X_2$	0.806	0.000*
ผลผลิตชิลิกา (%)	$20.816+0.618X_1-2.43E-02X_2-0.831X_1^2+1.825E-05X_2^2+6.906E-04X_1X_2$	0.779	0.000*
ความบริสุทธิ์ของชิลิกา (%)	$-47.065+49.247X_1+0.385X_2-11.264X_1^2-2.80E-04X_2^2-3.78E-02X_1X_2$	0.776	0.000*
ความชื้น (%)	$-21.707-3.533X_1+9.166E-02X_2-0.389X_1^2-8.82E-05X_2^2-7.417E-03X_1X_2$	0.618	0.001*

หมายเหตุ \* หมายถึง ค่า Model significant ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

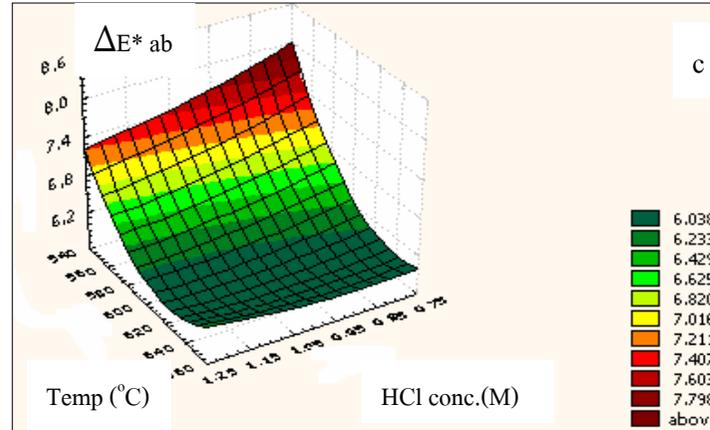
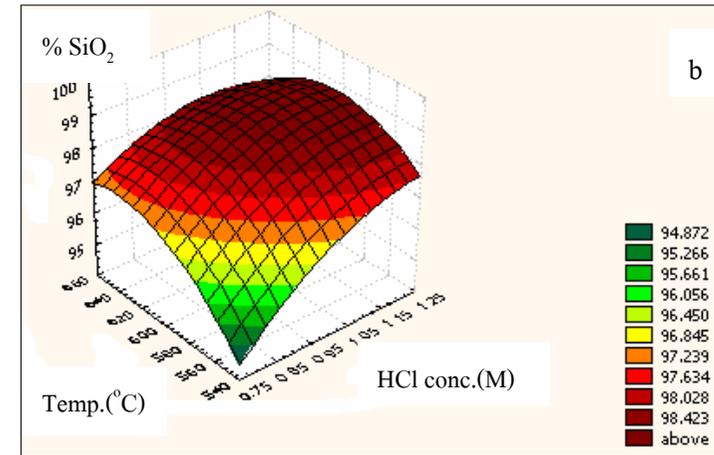
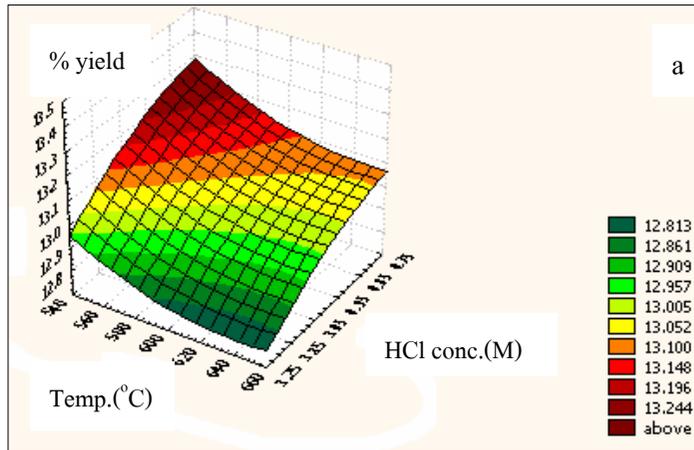
ns หมายถึง ค่า Model significant ที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

X<sub>1</sub> คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (M)

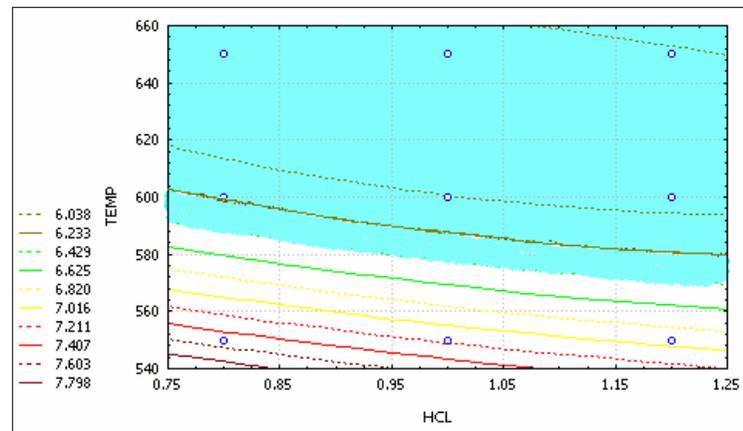
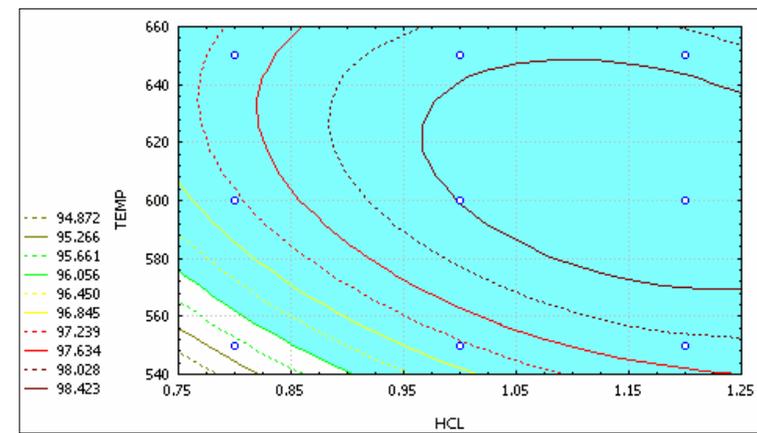
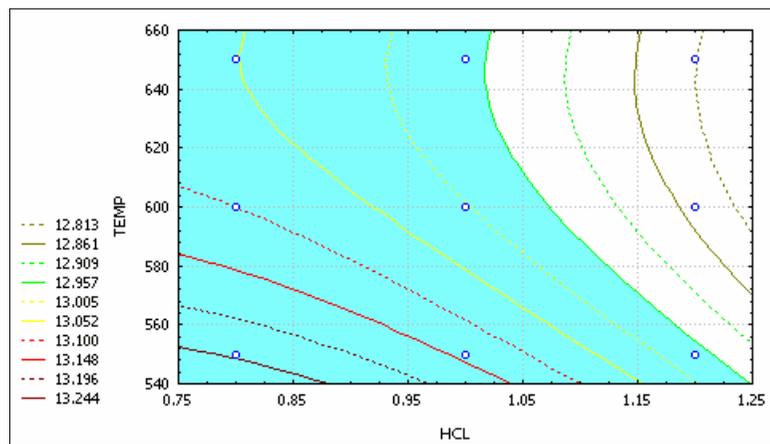
X<sub>2</sub> คือ อุณหภูมิในการเผาแกลบ (°C)

เมื่อนำข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 26 มาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือสมการรีเกรสชันเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการผลิต ได้แก่ ความเข้มข้นของ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และอุณหภูมิในการเผาเกลือ ที่มีผลต่อค่าคุณภาพของซีลิกา จะได้ สมการรีเกรสชันแสดงดังตารางที่ 26 โดยจะทำการคัดเลือกเฉพาะสมการที่มีความเหมาะสม ซึ่ง พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ ( $R^2$ ) ที่ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 (Hu, 1999) และ ระดับนัยสำคัญของสมการ (model significant) ที่ต้องมีระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) เพื่อให้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลและใช้ในการทำนายสภาวะการผลิตที่เหมาะสมได้ ซึ่งพบว่า สมการที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ สมการของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซีลิกา สมการเปอร์เซ็นต์ความ บริสุทธิ์ของซีลิกา และสมการของค่า  $\Delta E^*ab$  หรือค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับซีลิกาในทาง การค้า ส่วนสมการของค่า  $a^*$  และ  $b^*$  ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ มากกว่า 0.75 เช่นกัน จะไม่ถูกคัดเลือกมา เนื่องจากค่าคุณภาพทั้ง 2 ได้ถูกรวมไว้ในค่า  $\Delta E^*ab$  ซึ่งเป็นค่าที่คิดจากความ แตกต่างในภาพรวมของสีในระบบ  $L^* a^* b^*$  อยู่แล้ว และเมื่อนำสมการทั้ง 3 ที่ผ่านการคัดเลือก มาสร้างกราฟ Response Surface จะได้ดังภาพที่ 14

โดยจากกราฟ Response Surface พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการเผาและความเข้มข้น ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซีลิกามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซีลิกาจะมีแนวโน้มลดลงดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และเมื่อพิจารณาค่า  $\Delta E^*ab$  พบว่าจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มระดับในการทดลองของปัจจัยทั้งสอง ทั้งนี้ความเข้มข้นของ สารละลายกรดที่สูงขึ้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสิ่งเจือปนในเกลือ และยังเมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพในการกำจัดคาร์บอนออกไปได้ ดีกว่า ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จนได้เถ้าสีขาว ดังนั้นสีของซีลิกาที่ผลิตได้จึงมีความ ใกล้เคียงกับซีลิกาที่จำหน่ายในทางการค้าหรือมีค่า  $\Delta E^*ab$  ที่ต่ำนั่นเอง โดยจากประสิทธิภาพของการ ผลิตในการทดลองนี้ สามารถผลิตซีลิกาในรูปแบบของเถ้าเกลือสีขาว ที่มีค่าความแตกต่างของสี เมื่อเทียบกับซีลิกาในทางการค้า อยู่ในช่วง 6.2-7.9 โดยลักษณะปรากฏของซีลิกาที่ต้องการควรมีค่า  $\Delta E^*ab$  ต่ำที่สุด ซึ่งจากการทดลองคือมีค่าประมาณ 6 จึงจะได้ซีลิกาที่มีสีขาวสะอาด เหมาะสมที่จะ ใช้ในงานด้านเครื่องสำอาง ซึ่งต้องพิจารณาถึงสภาวะของการผลิตที่ประหยัดพลังงานและต้นทุน ด้วย

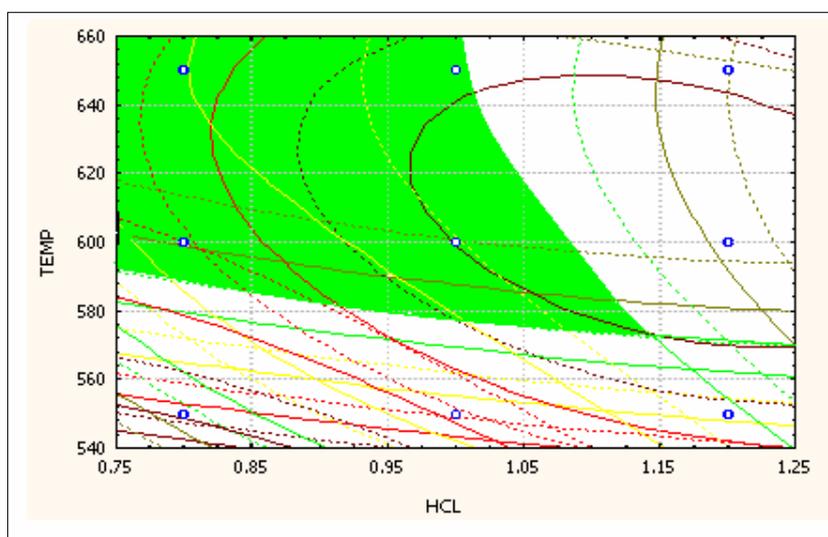


ภาพที่ 14 กราฟ Response Surface แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (M) และอุณหภูมิในการเผาแคลบ (°C) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา (รูป a) เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา (รูป b) และ ค่า  $\Delta E^*_{ab}$  (รูป c)



ภาพที่ 15 กราฟ Contour plot แสดงช่วงค่าคุณภาพที่เหมาะสมในการผลิตซิลิกา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกามากกว่า 13 % (รูป a) ความบริสุทธิ์ของซิลิกามากกว่า 96 % (รูป b) และค่า  $\Delta E^*_{ab}$  ต่ำที่สุดคืออยู่ในช่วง 6.0-6.4 (รูป c)

เมื่อนำสมการที่ผ่านการคัดเลือกไปสร้างกราฟ Contour plot จะได้ดังภาพที่ 15 โดยพื้นที่สีฟ้าในกราฟ Contour plot จะแสดงถึงช่วงค่าคุณภาพตามข้อกำหนดในการผลิต คือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกาต้องมากกว่า 96 % (ตามข้อกำหนดทางการค้า) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกามากกว่า 13 % และค่า  $\Delta E^*_{ab}$  หรือความแตกต่างของค่าสีเมื่อเทียบกับซิลิกาในทางการค้าต้องมีค่าต่ำที่สุด ตามความสามารถที่ผลิตได้ในสถานะของการทดลอง คือมีค่าประมาณ 6 (6.0-6.4) โดยเมื่อนำกราฟ Contour plot ทั้ง 3 มาซ้อนทับกันจะได้พื้นที่สีเขียว แสดงดังภาพที่ 16 ซึ่งเป็นช่วงของสถานะในการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าคุณภาพของซิลิกา ตามข้อกำหนดที่ต้องการ



ภาพที่ 16 กราฟ Contour plot ของค่าคุณภาพซิลิกา เมื่อนำมาซ้อนทับกันจะได้พื้นที่สีเขียว คือสถานะของการผลิตที่เหมาะสม

จากกราฟ Countour Plot ดังภาพที่ 16 จะได้พื้นที่สีเขียวคือสถานะที่เหมาะสมของการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นจะเลือกจุดที่สนใจซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ซ้อนทับกันมาทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมของการผลิต โดยจะพิจารณาจากสถานะที่ประหยัดต้นทุนและพลังงานในการผลิตเป็นหลัก ซึ่งมีด้วยกัน 4 จุดคือ การใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ 0.8 และ 1.0 M และเผาที่อุณหภูมิ 590 และ 600 °C ตามลำดับ จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพได้แก่ ค่า  $\Delta E^*_{ab}$  เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซิลิกา และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตซิลิกา แสดงผลดังตารางที่ 27 ดังนี้

ตารางที่ 27 ค่าจริงและค่าทำนายของค่าคุณภาพของชิลิกาจากสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

สิ่ง ทดลอง	ความเข้มข้น ของสารละลาย กรด HCl (M)	อุณหภูมิใน การเผาแกลบ (°C)	เวลาในการ ต้มแกลบ (นาที)	เวลาในการ เผาแกลบ (ชั่วโมง)	ค่า $\Delta E^*_{ab}$		ผลผลิตชิลิกา (%)		ความบริสุทธิ์ ของชิลิกา (%)	
					ค่าจริง <sup>ns</sup>	ค่าทำนาย	ค่าจริง <sup>ns</sup>	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย
1	0.8	590	45	6	6.21	6.39	13.56	13.12	96.92 <sup>b</sup>	96.96
2	1.0	590	45	6	5.77	6.19	13.48	13.03	98.34 <sup>a</sup>	98.30
3	0.8	600	45	6	5.52	6.21	13.25	13.10	97.08 <sup>b</sup>	97.18
4	1.0	600	45	6	5.70	6.04	13.17	13.01	98.53 <sup>a</sup>	98.44
t-test					ns		ns		ns	

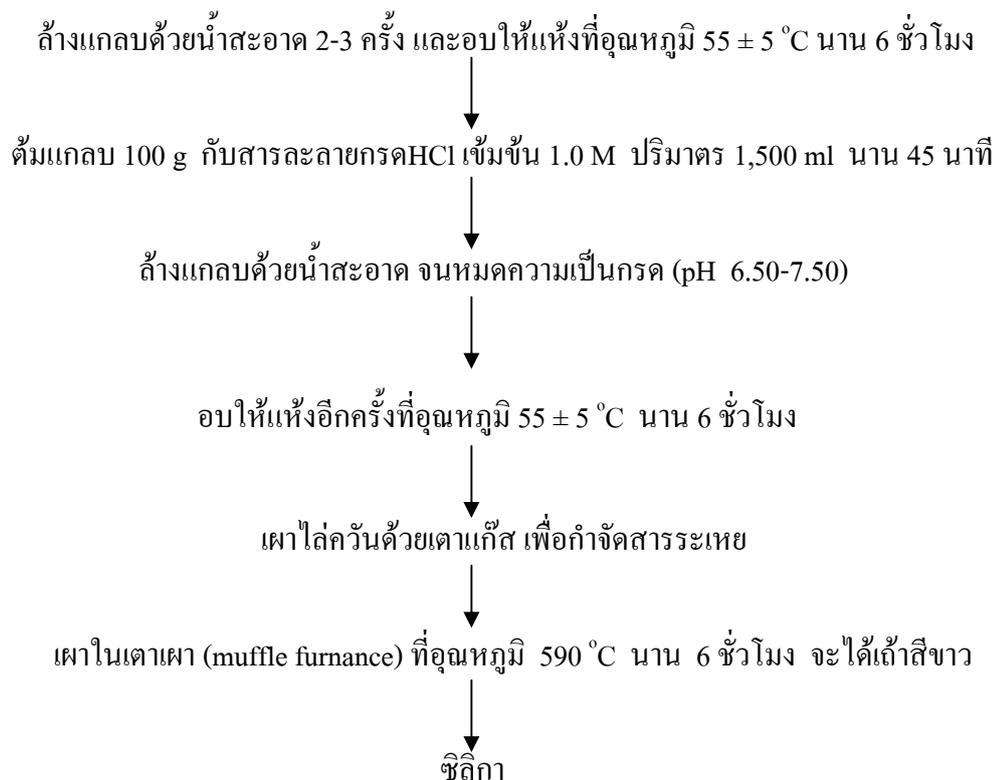
หมายเหตุ ตัวอักษร<sup>a-b</sup> ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าค่าคุณภาพที่ใช้ในการทำนายสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ คือ ค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับชิลิกาทางการค้า ( $\Delta E^*_{ab}$ ) ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชิลิกา และ ค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของชิลิกา ที่วัดได้จากค่าจริงมีค่าใกล้เคียงกับค่าทำนาย และเมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี t-test (Independent sample t-test) พบว่าค่าจริงและค่าทำนายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p>0.05$ ) ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 สมการนี้สามารถนำไปใช้ทำนายสภาวะที่เหมาะสมได้

ในการพิจารณาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้ผลการทดลองจากตารางทั้ง 3 ข้างต้น พบว่าการทดลองทั้ง 4 สภาวะ จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชิลิกา และค่า  $\Delta E^*_{ab}$  ที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของชิลิกา พบว่า การใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ 1.0 M ที่อุณหภูมิของการเผาทั้ง 590 °C และ 600 °C จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์มากกว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ 0.8 M อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาร่วมกับผลของการเผาที่อุณหภูมิ 590 °C ซึ่งให้ค่าคุณภาพในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชิลิกา และค่า  $\Delta E^*_{ab}$  ที่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับการเผาที่อุณหภูมิ 600 °C ดังนั้นสภาวะของการผลิตที่เหมาะสมที่ให้ความบริสุทธิ์ของชิลิกาสูง และเป็นการช่วยประหยัดพลังงานของการผลิต คือ การใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ 1.0 M และเผาที่อุณหภูมิ 590 °C ตามลำดับ

จากผลการทดลองสามารถสรุปกระบวนการผลิตชิลิกาจากแกลบข้าวตามสภาวะที่เหมาะสมในระดับห้องปฏิบัติการ ได้ดังนี้



ภาพที่ 17 วิธีการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว ตามสภาวะที่เหมาะสมในระดับห้องปฏิบัติการ

### 2.3 การผลิตซิลิกาจากแกลบข้าวในระดับขยายสเกล

ทำการผลิตซิลิกาตามสภาวะในข้อ 2.2 ในระดับขยายสเกล โดยเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 30 เท่า (ใช้แกลบ 3 kg) พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพของซิลิกา ได้แก่ ค่าสี ( $L^* a^* b^*$  และ  $\Delta E^*ab$ ) ผลผลิตซิลิกา (%) ความบริสุทธิ์ของซิลิกา (%) ความชื้น (%) และค่าความเป็นกรดต่าง เทียบกับคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการ และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี t-test (Independent sample t-test) พบว่าค่าคุณภาพที่สำคัญ ซึ่งผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการและในระดับขยายสเกล ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางที่ 28 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตในระดับขยายสเกลดังกล่าวมีความเหมาะสม และมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งค่าคุณภาพที่ผลิตได้ในระดับขยายสเกล แสดงดังตารางที่ 29 โดยซิลิกาที่ผลิตได้นั้น จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตครีมขัดผิวต่อไป โดยจะใช้เป็นสารขัดผิวในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของทางการค้า ซึ่งอ้างอิงคุณภาพจากซิลิกาที่ใช้เป็นสารขัดฟัน (บริษัทสยามซิลิกา จำกัด) ได้แก่ ความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่มีมากกว่า 96 % ปริมาณของ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ที่มีค่าไม่เกิน

0.2 % ค่าความชื้นที่มีไม่เกิน 9 % และความเป็นกรดเป็นด่างที่มีค่าอยู่ในช่วง 6.5-7.5 นอกจากนี้ ซิลิกาที่ผลิตได้ยังมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำที่สภาวะความเป็นกรดต่าง ในช่วง pH 4-12 โดยก่อนการนำไปใช้ในครีมขัดผิว ซิลิกาที่ผลิตได้จะต้องผ่านการร่อนเพื่อคัดแยกขนาดให้ได้เฉพาะอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 150 ไมครอน ซึ่งอ้างอิงจากข้อกำหนดของเม็ดขัดผิวที่ใช้กับบริเวณลำตัวที่มีจำหน่ายในทางการค้า

ตารางที่ 28 ค่าคุณภาพของซิลิกาที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเทียบกับในระดับขยายสเกล

ค่าคุณภาพ	ค่าคุณภาพซิลิกา ในระดับห้องปฏิบัติการ	ค่าคุณภาพซิลิกาใน ระดับขยายสเกล	t-test
ค่าสี L*	89.73	90.68	2.686 <sup>ns</sup>
a*	0.17	-0.30	-5.923*
b*	2.71	5.66	11.799*
$\Delta E^*_{ab}$	5.84	6.35	1.477 <sup>ns</sup>
ความบริสุทธิ์ของซิลิกา (%)	98.16	98.57	0.747 <sup>ns</sup>
ความชื้น (%)	2.18	2.04	0.676 <sup>ns</sup>
ค่าความเป็นกรดต่าง	7.20	7.15	0.546 <sup>ns</sup>
ผลผลิตซิลิกา (%)	13.48	14.62	3.685*

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

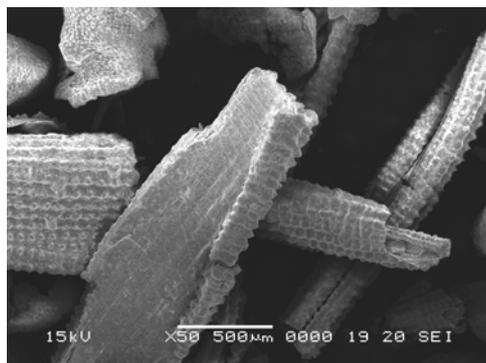
( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

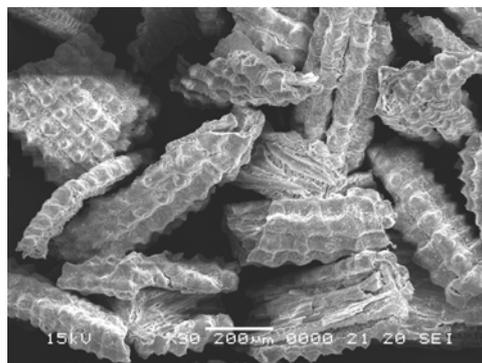
ตารางที่ 29 ค่าคุณภาพของซิลิกาที่ทำการผลิตได้ในระดับขยายสเกล

ปัจจัยคุณภาพ	ค่าที่ได้
ผลผลิตซิลิกา (%)	14.62 %
ความบริสุทธิ์ของซิลิกา (%)	98.56%
ปริมาณ Al ( $Al_2O_3$ )	0.03%
ค่าสี L* a* b*	90.17 0.109 1.98
ความชื้น (%)	2.04 %
ค่าความเป็นกรดต่าง	7.15
ขนาดอนุภาค ใหญ่กว่า 425 ไมครอน	13.80
250-425 ไมครอน	19.39
180-250 ไมครอน	19.80
150-180 ไมครอน	9.81
เล็กกว่า 150 ไมครอน	37.20
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	< 10 cfu /g
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	< 10 cfu /g

ผลจากการศึกษาลักษณะรูปร่างของซิลิกาด้วยภาพถ่ายกำลังขยาย 50 เท่า เมื่อถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) แสดงดังภาพที่ 18 พบว่าโดยรวมแล้วซิลิกาจะมีลักษณะรูปร่างเป็นแท่ง (rod) ที่คล้ายกับเกลบเริ่มต้น และมีลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอ (homogenous particle size distribution) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yalcin and Sevinc (2000) ที่พบว่าซิลิกาซึ่งผลิตได้จากสถานะที่นำเกลบมาผ่านการต้มด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง จะได้รูปร่างของซิลิกามีลักษณะเป็นแท่ง คล้ายเกลบเริ่มต้น



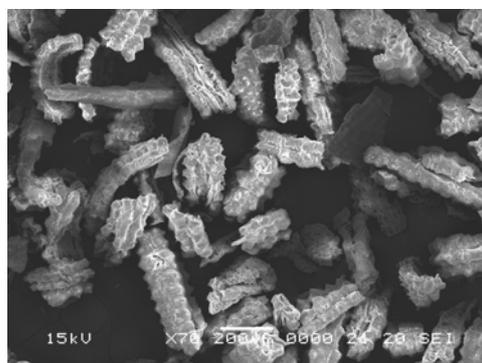
ขนาดใหญ่มากกว่า 425 ไมครอน



ขนาด 250-425 ไมครอน



ขนาด 180-250 ไมครอน



ขนาด 150-180 ไมครอน

ภาพที่ 18 รูปร่างของซิติกาขนาดต่างๆ เมื่อถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50 เท่า

#### 2.4 ต้นทุนการผลิตซิติกาในระดับขยายสเกล

ทำการคำนวณต้นทุนการผลิตซิติกาในระดับขยายสเกล โดยคิดเป็นต้นทุนทั้งหมดต่อการผลิตซิติกา 1 กิโลกรัม หรือ 1,000 กรัม โดยมีต้นทุนในด้านปัจจัยการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ และสารเคมี พบว่า การผลิตซิติกา 1 กิโลกรัม ต้องใช้แกลบ 6.84 กิโลกรัม (ราคา กิโลกรัมละ 3 บาท) และต้องใช้กรดไฮโดรคลอริกในการต้ม 9.82 ลิตร หรือคิดเป็น 11.7 กิโลกรัม (ราคา กิโลกรัมละ 13 บาท) ดังนั้นต้นทุนของการผลิตซิติกา 1 กิโลกรัม จึงมีราคาประมาณ 173 บาท ซึ่งต้นทุนที่คำนวณได้เป็นการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางของการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

### 3. การพัฒนาสูตรครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิติกาจากกล้วยข้าว

#### 3.1 ค่าคุณภาพของครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานเทียบกับคุณภาพของครีมขัดผิวในท้องตลาด

นำครีมขัดผิวจากสูตรพื้นฐานมาทดสอบความคงตัวด้วยวิธี Freeze-Thaw Cycle ( $-4^{\circ}\text{C}$  /24 ชั่วโมง และ  $45^{\circ}\text{C}$  /24 ชั่วโมง) เป็นจำนวน 5 รอบ (พิมพร, 2544) แสดงดังตารางที่ 30 พบว่า ตัวอย่างครีมขัดผิวในทุกรอบการทดลอง (รอบที่1-รอบที่5) มีความคงตัว โดยไม่เกิดการแยกชั้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมเริ่มต้น (control) แสดงถึงความคงตัวของอิมัลชันของสูตรพื้นฐานที่ดี ส่วนค่าคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ คือค่าความหนืดและค่าความเป็นกรดต่าง พบว่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อตัวอย่างผ่านจำนวนรอบทดลองที่มากขึ้น โดยตัวอย่างในรอบการทดลองที่ 2 เป็นต้นไปมีค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมเริ่มต้นและตัวอย่างในรอบที่ 1 ส่วนค่าความเป็นกรดต่างพบว่าตัวอย่างในทุกรอบของการทดลองมีค่าความเป็นกรดต่างที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงความคงตัวของสูตรพื้นฐาน ดังนั้นครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรต่อไป

จากผลการตรวจสอบคุณภาพครีมขัดผิวสำหรับลำตัวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 3 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ A ยี่ห้อ B และ ยี่ห้อ C เทียบกับครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน ในคุณภาพทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ดังแสดงผลตามตารางที่ 31 พบว่า สูตรพื้นฐานมีค่าความเป็นกรดต่างสูง และมีค่าความหนืดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐาน พบว่าคุณลักษณะในด้านการกระจายตัวของเม็ดขัดจะมีค่าคะแนนความชุ่มชื้นที่มากกว่า ส่วนความแหลมคมของเม็ดขัดจะมีค่าคะแนนความชุ่มชื้นที่น้อยกว่า เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เนื่องจากสารขัดผิวหรือซิติกาที่ใช้มีขนาดเล็กละเอียด จึงมีความแหลมคมน้อยและกระจายตัวได้ดี ส่วนคุณภาพในด้านความชุ่มชื้นผิว ความรู้สึกสะอาด ความแห้งผิว และ การเกิดผื่นแดง ของสูตรพื้นฐาน มีค่าคะแนนความชุ่มชื้นไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบผลิตภัณฑ์ของท้องตลาดในทุกยี่ห้อที่นำมาศึกษา ยกเว้นคุณภาพในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีม และความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิวนั้น ที่สูตรพื้นฐานมีค่าคะแนนความชุ่มชื้นน้อยกว่ายี่ห้อ C อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นค่าคุณภาพทั้งหมดของสูตรพื้นฐานที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดอันได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความหนืด กระจายตัวของเนื้อครีม และ ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว ภายหลังการใช้ จะถูกนำมาปรับปรุงต่อไป ด้วยการใส่สารที่ช่วยเพิ่มคุณภาพทั้งในเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 30 คุณภาพทางกายภาพของครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานจากการทดสอบความคงตัวด้วยวิธี Freeze-Thaw Cycle

จำนวนรอบทดลอง	ค่าคุณภาพ		
	ค่าความหนืด (cP)	ค่าความเป็นกรดต่าง	ความคงตัว
ตัวอย่างเริ่มต้น	7429.25 <sup>c</sup>	7.56 <sup>abc</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น
รอบที่ 1	7477.66 <sup>bc</sup>	7.56 <sup>bc</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น
รอบที่ 2	7621.01 <sup>a</sup>	7.59 <sup>a</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น
รอบที่ 3	7558.51 <sup>abc</sup>	7.53 <sup>c</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น
รอบที่ 4	7642.17 <sup>a</sup>	7.58 <sup>ab</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น
รอบที่ 5	7564.66 <sup>ab</sup>	7.57 <sup>ab</sup>	คงตัว ไม่แยกชั้น

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ผลการศึกษาค่าคุณภาพทางด้านคลินิกในด้านความยืดหยุ่นของผิวหนังจากการวัดค่าด้วยเครื่อง Cutometer MPA 580 โดยการทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 13 คน ซึ่งวัดค่าและแสดงผลด้วยกราฟการสูญเสียรูปร่างของผิวหนัง (skin deformation curve) พบว่า มีปัจจัยสำคัญที่ใช้ประเมินลักษณะของความยืดหยุ่นของผิว ได้แก่  $U_a/U_f$  หรือ ความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนัง (gross elasticity)  $U_r/U_e$  หรือ ความยืดหยุ่นสุทธิ (net elasticity)  $U_v/U_e$  หรือ สัดส่วนของปริมาณน้ำที่มีในผิวหนังเทียบกับความยืดหยุ่นของผิวหนัง (visco elasticity) และ  $U_r/U_f$  หรือ สัดส่วนของความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนังเทียบกับการสูญเสียรูปร่างทั้งหมด ซึ่งปัจจัยทั้ง 4 นี้จะถูกใช้ในการประเมินคุณภาพของครีมขัดผิวสูตรต่างๆ ในด้านที่ช่วยให้ผิวมีความยืดหยุ่นและเรียบเนียนมากขึ้น และเมื่อทำการวัดค่าภายหลังการใช้ พบว่าทั้งสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าของปัจจัยในด้านความยืดหยุ่นสุทธิ ( $U_r/U_e$ ) และ ค่าสัดส่วนของปริมาณน้ำในผิวเทียบกับความยืดหยุ่นของผิวหนัง ( $U_v/U_e$ ) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนปัจจัยในด้านของความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนัง คือ  $U_r/U_f$  และ  $U_a/U_f$  นั้นพบว่า ค่า  $U_a/U_f$  ของสูตรพื้นฐานให้ค่าที่มากกว่าเมื่อเทียบกับยี่ห้อ C เพียงยี่ห้อเดียว ส่วนค่า

Ur/Uf ของสูตรพื้นฐานจะมีค่ามากกว่าทั้งยี่ห้อ B และ C อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่าที่มากกว่าในปัจจุบันทั้งสองดังกล่าวแสดงถึงสภาพของผิวหนังที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า โดยมีความสามารถเพิ่มขึ้นในการกลับคืนสู่สภาพปกติ ภายหลังจากถูกกระทำด้วยแรงกด ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ว่า ครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานมีประสิทธิภาพช่วยให้ผิวมีความยืดหยุ่นขึ้น โดยให้ค่าอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด แสดงผลดังตารางที่ 33

ผลจากการศึกษาค่าคุณภาพทางด้านคลินิก ในด้านปริมาณน้ำหรือความชุ่มชื้นของผิวหนังจากการวัดค่าด้วยเครื่อง Skin Diagnostic SD 27 ของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดเทียบกับสูตรพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 19 โดยทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 13 คน และได้ทำการแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบออกตามค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นที่วัดได้ โดยวัตถุประสงค์หลักของการจัดกลุ่มผู้ทดสอบ คือ ต้องการลดความแปรปรวนของค่าความชุ่มชื้นผิวที่วัดได้ เนื่องผู้ทดสอบแต่ละคนจะมีสภาพผิวที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. กลุ่มที่สองมีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-10.5 a.u. และสุดท้ายคือกลุ่มผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นมากกว่า 10.5 a.u. และจากผลการทดลอง พบว่า ภายหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด และครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน มีผลให้ค่าปริมาณน้ำบนผิวหนังหรือค่าความชุ่มชื้นผิวมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบระหว่างก่อนและภายหลังจากการใช้ (ข้อมูลดิบแสดงในภาคผนวก ง) โดยกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิว (%) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 กลุ่มที่เหลือ ในทุกตัวอย่างครีมขัดผิวที่นำมาศึกษา ซึ่งครีมขัดผิวยี่ห้อ A จะให้ค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากใช้สูงที่สุด รองลงมา คือ ยี่ห้อ C และ B ตามลำดับ ส่วนครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานจะให้ค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด ส่วนกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วง 5.5-10.5 a.u. จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิว อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเกิน 100 % ส่วนผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นมากกว่า 10.5 a.u. จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิวต่ำที่สุด คือ ไม่เกิน 100 % และมีค่าใกล้เคียงกันในทุกตัวอย่างที่ศึกษา ซึ่งจากผลการทดสอบทำให้ทราบว่าครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิวหนัง ได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังนั้นจึงควรทำการพัฒนาสูตรโดยใช้สารที่ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นต่อไป

ตารางที่ 31 ค่าคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาดจำนวน 3 ยี่ห้อ เทียบครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน

ผลิตภัณฑ์ ครีมขัดผิว	ค่าความ เป็นกรด ต่าง	ค่าความหนืด (cP)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนความเข้ม)							
			การกระจาย ตัวของเม็ดขัด	ความแหลมคม ของเม็ดขัด	การกระจายตัว ของเนื้อครีม	ความชุ่มชื้น ผิว	ความเนียนนุ่ม/ เรียบเนียนผิว	ความรู้สึกลึก สะอาด <sup>ns</sup>	การเกิดผื่น แดง <sup>ns</sup>	ความแห้งผิว <sup>ns</sup>
สูตรพื้นฐาน	7.54 <sup>a</sup>	29,900.00 <sup>c</sup>	3.80±1.47 <sup>b</sup>	3.47±1.29 <sup>b</sup>	9.99±1.95 <sup>b</sup>	7.08±1.30 <sup>ab</sup>	6.73±1.21 <sup>b</sup>	7.64±0.35	0.28±0.48	3.23±3.63
ยี่ห้อ A	6.87 <sup>b</sup>	81,374.07 <sup>a</sup>	4.64±0.85 <sup>a</sup>	4.02±0.82 <sup>ab</sup>	7.95±0.88 <sup>c</sup>	6.99±0.65 <sup>ab</sup>	7.24±0.90 <sup>ab</sup>	7.65±0.80	0.30±0.50	2.90±3.14
ยี่ห้อ B	5.91 <sup>c</sup>	37,010.53 <sup>b</sup>	3.90±0.49 <sup>ab</sup>	4.37±0.75 <sup>a</sup>	10.74±0.94 <sup>ab</sup>	7.49±0.84 <sup>b</sup>	7.26±0.86 <sup>ab</sup>	8.78±3.59	0.31±0.51	3.07±3.51
ยี่ห้อ C	6.87 <sup>b</sup>	-	2.83±0.78 <sup>c</sup>	3.38±0.66 <sup>b</sup>	11.23±0.86 <sup>a</sup>	7.80±0.71 <sup>a</sup>	7.63±0.74 <sup>a</sup>	7.78±0.76	0.26±0.47	3.57±4.00

หมายเหตุ <sup>a-d</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

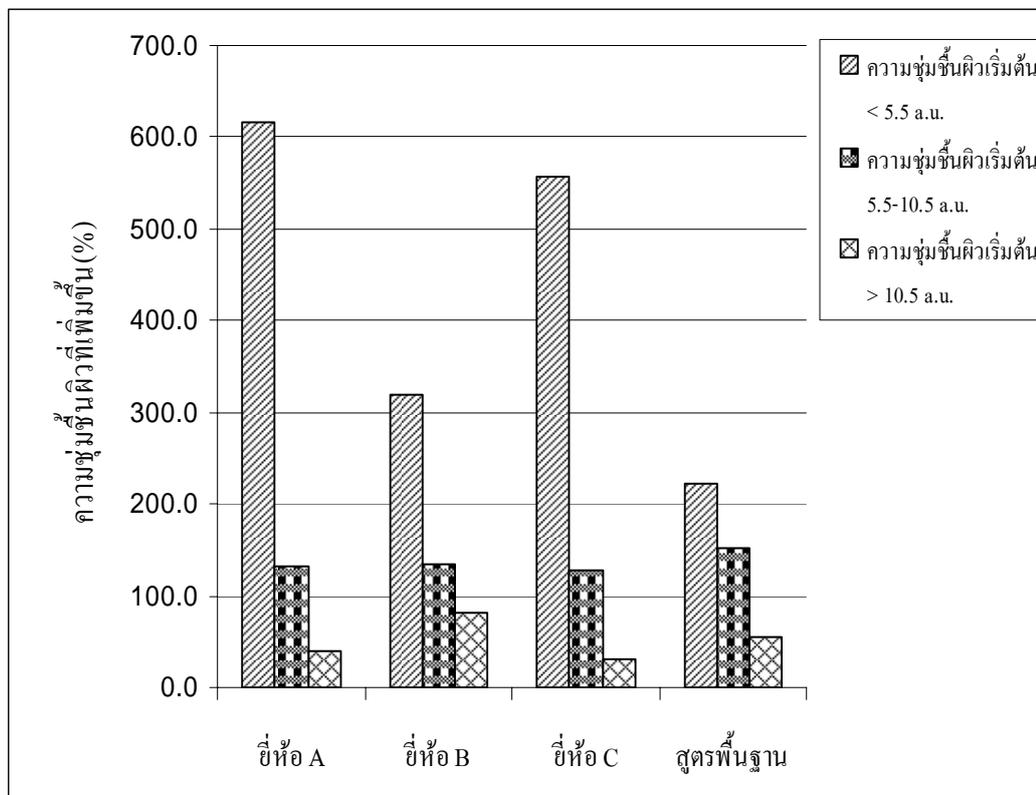
<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 32 ผลค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังจากการวัดด้วยเครื่อง Cutometer MPA 580 ภายหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด และครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน

ปัจจัยที่ใช้ประเมิน ความยืดหยุ่นผิว	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิว											
	สูตรพื้นฐาน			ยี่ห้อ A			ยี่ห้อ B			ยี่ห้อ C		
Ua/Uf	0.922	±	4.0E-02 <sup>a</sup>	0.928	±	3.5E-02 <sup>a</sup>	0.918	±	3.6E-02 <sup>ab</sup>	0.899	±	3.6E-02 <sup>b</sup>
Ur/Ue <sup>ns</sup>	0.986	±	1.6E-01	1.069	±	2.4E-01	0.973	±	1.2E-01	0.962	±	1.9E-01
Uv/Ue <sup>ns</sup>	0.563	±	1.7E-01	0.682	±	3.2E-01	0.685	±	1.8E-01	0.656	±	2.9E-01
Ur/Uf	0.631	±	7.3E-02 <sup>a</sup>	0.636	±	6.2E-02 <sup>a</sup>	0.577	±	2.9E-02 <sup>b</sup>	0.581	±	5.6E-02 <sup>b</sup>

หมายเหตุ <sup>a-b</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )



ภาพที่ 19 ค่าความเข้มข้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ภายหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด และครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 33 สรุปช่วงค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดเทียบกับครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน

ปัจจัยคุณภาพ	ช่วงค่าคุณภาพ	
	ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	สูตรพื้นฐาน
<b>1. ค่าคุณภาพทางด้านคลินิก</b>		
1.1 ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง		
ปัจจัยที่แสดงค่าความยืดหยุ่นของผิว		
Ua/Uf	0.918-0.928	0.922
Ur/Ue	0.962-1.069	0.986
Uv/Ue	0.563-0.656	0.563
Ur/Uf	0.581-0.636	0.631

## ตารางที่ 33 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	ช่วงค่าคุณภาพ	
	ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	สูตรพื้นฐาน
1.2 ความชุ่มชื้นผิวหนังที่เพิ่มขึ้น (%)		
ผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้น < 5.5 a.u.	318.2-615.9	221.2
ผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้น 5.5 – 10.5 a.u.	127.3-133.5	151.7
ผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้น < 10.5 a.u.	30.5-80.8	55.5
<b>2. ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพ</b>		
2.1 ค่าความเป็นกรดต่าง	5.91-6.87	7.54
2.2 ค่าความหนืด (cP)	37,011-81,374	29,900
<b>3. ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส</b>		
<b>(คะแนนความชุ่ม)</b>		
3.1 การกระจายตัวของเม็ดขัด	3.90-4.64	3.80
3.2 ความแหลมคมของเม็ดขัด	3.38-4.02	3.47
3.3 การกระจายตัวของเนื้อครีม	10.74-11.23	9.99
3.4 ความชุ่มชื้นผิว	7.49-7.80	7.08
3.5 ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียน	7.24-7.63	6.73
3.6 ความรู้สึกสะอาด	7.65-8.78	7.64
3.7 การเกิดผื่นแดง	0.26-0.31	0.28
3.8 ความแห้งผิว	2.90-3.57	3.23

เมื่อสรุปช่วงค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดเทียบกับครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน พบว่ามีเพียงคุณภาพทางด้านคลินิกของสูตรพื้นฐานเท่านั้นที่อยู่ในช่วงเดียวกับของท้องตลาด คือค่าความยืดหยุ่น และค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ส่วนคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพของสูตรพื้นฐานไม่จัดอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าความหนืด ที่มีค่าสูงและต่ำกว่าช่วงของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานในคุณลักษณะของ การกระจายตัวของเนื้อครีม ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว และความชุ่มชื้นผิว มีค่าคุณภาพที่ไม่อยู่ในช่วงของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดเช่นกัน ดังนั้น คุณลักษณะที่ต่ำกว่าช่วงของ

ห้องตลาดเหล่านี้จะถูกนำมาปรับปรุงต่อไป โดยการใส่สารที่ช่วยเพิ่มคุณภาพให้กับคุณลักษณะที่ต้องการปรับปรุง

### 3.2 การพัฒนาครีมขัดผิวสูตรพื้นฐาน

#### 3.2.1 การพัฒนาคุณภาพของครีมขัดผิวทางด้านเคมีและกายภาพ

จากสูตรพื้นฐานที่ผ่านการทดสอบความคงตัวแล้วนำมาปรับสูตรเพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสม เนื่องจากสูตรพื้นฐานที่ได้ยังมีค่าคุณภาพทางกายภาพในด้านความหนืดและค่าความเป็นกรดต่าง ต่ำกว่าค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในห้องตลาด ดังนั้นจึงทำการเพิ่มระดับของสารให้ความหนืด ลงในผลิตภัณฑ์ นั่นคือ Carbopol polymer ซึ่งเป็นสารโพลีเมอร์ ชนิด Acrylic acid based thickeners ที่ช่วยเพิ่มความหนืดและเป็นสารก่อเจลที่อยู่ในเฟสของน้ำ ดังนั้นจึงช่วยในด้านเนื้อสัมผัสของครีมให้มีลักษณะเป็นครีมเจล และจากคุณสมบัติที่มีความเป็นกรดสูงเมื่อละลายในน้ำ ดังนั้นการนำมาใช้ในสูตรจึงต้องปรับให้เป็นกลางด้วยด่างซึ่งในสูตรใช้ Triethanolamine ซึ่งผลจากปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดการเคลือบที่มีผลต่ออนุภาคของประจุไฟฟ้าในโครงสร้างของโพลีเมอร์ จึงทำให้เกิดการคูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างอย่างรวดเร็วและเกิดเจลซึ่งส่งผลต่อความหนืดที่เพิ่มขึ้น อีกทั้ง Carbopol polymer เมื่อกระจายตัวในน้ำจะแสดงฤทธิ์เป็นกรด ทั้งนี้เพราะโมเลกุลมีหมู่คาร์บอกซี (-COOH) อยู่มาก (Tesluk and Wong, 2001) ดังนั้นการเติมสารชนิดนี้จึงช่วยเพิ่มคุณสมบัติในด้านความหนืดให้มีค่าเพิ่มขึ้น และปรับค่าความเป็นกรดต่างของครีมขัดผิวให้ลดลงด้วย เพื่อให้ได้สูตรที่มีค่าคุณภาพอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในห้องตลาด โดยจากปัจจัยที่ศึกษา คือ Carbopol polymer จะเติมในสูตรครีมขัดผิวที่ร้อยละ 0.3 0.4 และ 0.5 ตามลำดับ ทำการวัดค่าคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าความเป็นกรดต่าง และวัดค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic scale พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของ Carbopol polymer จะมีผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นกรดต่างลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความหนืดจะมีผลต่อคะแนนความชอบในด้านกระจายตัวของเนื้อครีม โดยในสูตรครีมที่มีความหนืดสูงสุด คือสูตรที่ใช้ Carbopol polymer ร้อยละ 0.5 จะมีคะแนนความชอบในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีมต่ำกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนความชอบในคุณลักษณะของ ปริมาณเม็ดสครับ ความหนืด และความชอบรวม มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังแสดงผลตามตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ค่าคุณภาพของครีมขัดผิวสูตรพื้นฐานที่ได้จากการเติม Carbopol polymer ที่ร้อยละต่างๆ

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ Carbopol polymer		
	ร้อยละ 0.3	ร้อยละ 0.4	ร้อยละ 0.5
1. คุณภาพด้านกายภาพและเคมี			
ค่าความหนืด (cP)	64,086.87 <sup>b</sup>	92,264.42 <sup>a</sup>	93,425.23 <sup>a</sup>
ค่าความเป็นกรดต่าง	6.13 <sup>a</sup>	5.84 <sup>b</sup>	5.38 <sup>c</sup>
2. คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนความชอบ)			
ความหนืด <sup>ns</sup>	6.5	5.9	5.9
การกระจายตัวของเนื้อครีม	6.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>b</sup>
ปริมาณเม็ดสครับ <sup>ns</sup>	6.0	5.9	5.8
ความชอบรวม <sup>ns</sup>	6.4	5.9	5.9

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

จากผลการให้คะแนนความรู้สึกของผู้ทดสอบ ในแต่ละคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Just About Right พบว่า ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อลักษณะของสูตรครีมขัดผิวที่ใช้ Carbopol polymer ร้อยละ 0.3 สูงที่สุด โดยผู้ทดสอบได้ประเมินคุณลักษณะในด้านความหนืด การกระจายตัวของเนื้อครีม และปริมาณเม็ดสครับ ในระดับพอดีสูงที่สุดถึงร้อยละ 60 63.3 และ ร้อยละ 40 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ Carbopol polymer ที่ร้อยละ 0.5 พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความรู้สึกถึงความหนืดของเนื้อครีมค่อนข้างมากเกินไป คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดคือร้อยละ 63.3 ส่งผลให้การกระจายตัวของเนื้อครีมไม่ดี จึงทำให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะด้านการกระจายตัวของเนื้อครีมว่าค่อนข้างน้อยเกินไป คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือร้อยละ 46.7 แสดงผลดังตารางที่ 35 ดังนั้นการใช้ Carbopol polymer ที่ร้อยละ 0.3 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีมสูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมี

นัยสำคัญ อีกทั้งได้คะแนนความรู้สึกของ Just About Right อยู่ในระดับที่พอดีสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 35 ความรู้สึกของผู้ทดสอบ ที่มีต่อครีมขัดผิวที่เติม Carbopol polymer ที่ร้อยละต่างๆ จากการทดสอบด้วยวิธี Just About Right

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	ปริมาณ Carbopol polymer	ร้อยละ				
		น้อย เกินไป มาก	ค่อนข้าง น้อยเกินไป	พอดี	ค่อนข้าง มากเกินไป	มาก เกินไป
ความหนืด	ร้อยละ 0.3	0.0	20.0	60.0	16.7	3.3
	ร้อยละ 0.4	0.0	16.7	40	33.3	10.0
	ร้อยละ 0.5	0.0	0.0	36.7	63.3	0.0
การกระจายตัวของ เนื้อครีม	ร้อยละ 0.3	0.0	16.7	63.6	20.0	0.0
	ร้อยละ 0.4	3.3	20.0	50.0	26.7	0.0
	ร้อยละ 0.5	0.0	46.7	40.0	13.3	0.0
ปริมาณเม็ดสครับ	ร้อยละ 0.3	13.3	30.0	40.0	13.3	3.3
	ร้อยละ 0.4	3.3	43.3	30.0	23.3	0.0
	ร้อยละ 0.5	6.7	30.0	30.0	30.0	3.3

### 3.2.2 การพัฒนาคุณภาพของครีมขัดผิวทางด้านประสาทสัมผัส

จากระดับของ Carbopol polymer ที่ร้อยละ 0.3 ซึ่งเป็นระดับเหมาะสมแล้ว จะทำการพัฒนาสูตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เนื่องจากสูตรพื้นฐานยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีม ความชุ่มชื้นผิว และความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว ต่ำกว่าค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยสารที่คัดเลือกมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ alkyl phosphates and fatty alcohols ซึ่งเป็นตัวช่วยทำอิมัลชันประสิทธิภาพสูง ที่ช่วยให้อิมัลชันมีคุณสมบัติในด้านการกระจายตัวที่ดี ให้ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว และเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันไม่ให้เกิดการแยกชั้น ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ส่วนอีกชนิดคือ Cyclomethicone and Dimethiconol ซึ่งเป็นโพลิเมอร์สังเคราะห์ชนิดที่มีกัมเป็นส่วนประกอบ (Silicone Gum Blends) และนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากมีส่วนช่วยในด้านการ

กระจายตัวของเนื้อครีม ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นผิวที่จะส่งผลในการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง กำพำร้ำชั้นบนสุด (stratum corneum) และเพิ่มความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิวภายหลังการใช้ (Glombitza and Goymann, 2000) โดยทำการศึกษาปัจจัยของ alkyl phosphates and fatty alcohols ที่ร้อยละ 1 และ 3 และ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละ 1 และ 5 ตามลำดับ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งผลจากการวัดค่าคุณภาพของสิ่งทดลอง ทั้งทางด้านเคมีกายภาพ ประสาทสัมผัส และคุณภาพทางด้านคลินิก แสดงผลในตารางที่ 36-38

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา พบว่า ครีมขัดผิวทุกสูตร เมื่อผ่านการเติมสารที่ช่วยเพิ่มคุณภาพ ทั้ง 2 ชนิด ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว จะส่งผลให้มีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะ อยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด แสดงผลดังตารางที่ 36 โดยที่คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ของครีมขัดผิว ทั้ง 6 สูตร มีค่าที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ยกเว้นคุณลักษณะในด้านของการกระจายตัวของเนื้อครีม และความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว เท่านั้นที่มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยสูตรที่มีปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol อยู่ในระดับสูง จะมีผลให้ค่าคุณภาพ ในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีม และความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิวสูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสารดังกล่าวมีผลให้ความหนืดของครีมขัดผิวลดลง ซึ่งเป็นผลดีที่ช่วยให้ด้านการกระจายตัวของเนื้อครีมให้ดีขึ้น และช่วยลดลักษณะปรากฏที่เป็นมันเยิ้ม (reduced greasiness) ของสารประกอบอื่นในสูตร และเมื่อทาบนผิวจะช่วยเป็นตัวหล่อลื่นให้เนื้อครีมเคลือบและกระจายตัวได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ไม่ถูกชะล้างออกด้วยน้ำ (wash off resistance) ดังนั้นจึงเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบางๆบนผิวหนัง ทำให้ผิวมีความเรียบเนียนและยังเป็นการช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นไว้ แม้ว่าจะถูกชะล้างออกด้วยน้ำก็ตาม ทำให้ผิวมีความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนังกำพำร้ำชั้นบนสุด หรือชั้น stratum corneum ส่วนคุณภาพที่สัมผัสได้ภายหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของผิว ให้ผิวมีความอ่อนนุ่ม (soft) เรียบเนียน (smooth) และไม่แตกแห้งเป็นเกล็ด (nonflaking) (Glombitza and Goymann, 2000)

ตารางที่ 36 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขัดผิว 6 สูตร เทียบกับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด จากการทดสอบด้วยวิธี QDA

สูตรครีม ขัดผิว	ระดับของปัจจัยที่ศึกษา (%)			คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนความเข้ม)						
	alkyl phosphates and fatty alcohols	Cyclomethicone and Dimethiconol	การกระจายตัว ของเม็ดขัด <sup>ns</sup>	ความแหลม คมของเม็ด ขัด <sup>ns</sup>	การกระจาย ตัวของเนื้อ ครีม	ความชุ่มชื้น ผิว <sup>ns</sup>	ความเนียน นุ่ม/เรียบ เนียนผิว	ความรู้สึก สะอาด <sup>ns</sup>	ความแห้งผิว <sup>ns</sup>	การเกิด ผื่นแดง <sup>ns</sup>
	1	1	1	3.91± 0.77	2.97±0.45	10.00±1.01 <sup>ab</sup>	7.35± 0.61	7.33±0.88 <sup>c</sup>	8.15±1.03	3.08±1.63
2	1	5	3.62±0.79	2.95±0.55	10.63±0.61 <sup>a</sup>	7.68±0.69	8.00±0.56 <sup>ab</sup>	8.15±0.99	3.29±2.07	0.23±0.24
3	3	1	3.77±1.38	2.99±1.08	8.97±1.33 <sup>c</sup>	7.48±0.90	7.40±0.63 <sup>c</sup>	8.51±0.75	3.13±1.50	0.19±0.16
4	3	5	3.93±0.74	3.20±0.42	9.78±0.63 <sup>b</sup>	7.49±0.63	7.55±0.77 <sup>bc</sup>	8.42±0.68	2.96±0.85	0.17±0.20
5 (cp)	2	3	4.09±0.88	2.96±0.44	9.89±0.92 <sup>ab</sup>	7.84±0.46	8.09±0.45 <sup>a</sup>	8.36±0.76	3.05±1.01	0.17±0.20
6 (cp)	2	3	3.98±1.12	3.11±0.62	9.67±0.96 <sup>bc</sup>	7.52±1.09	8.07±0.48 <sup>a</sup>	8.76±0.53	2.90±0.92	0.17±0.20
ยี่ห้อ A	-	-	4.64± 0.85	4.02± 3.38	7.95± 0.88	7.80 ±0.71	7.63 ± 0.74	7.78 ±0.76	2.90 ± 3.1	0.30±0.50
ยี่ห้อ B	-	-	3.90 ± 0.49	4.37± 0.75	10.74 ±0.94	7.49 ± 0.84	7.26 ± 0.86	8.78 ±3.59	3.07 ± 3.5	0.31±0.51
ยี่ห้อ C	-	-	2.83±0.78	3.38±0.66	11.23±0.86	7.80±0.71	7.63±0.74	7.78±0.76	0.26±0.47	3.57±4.00

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

( $p \leq 0.05$ )

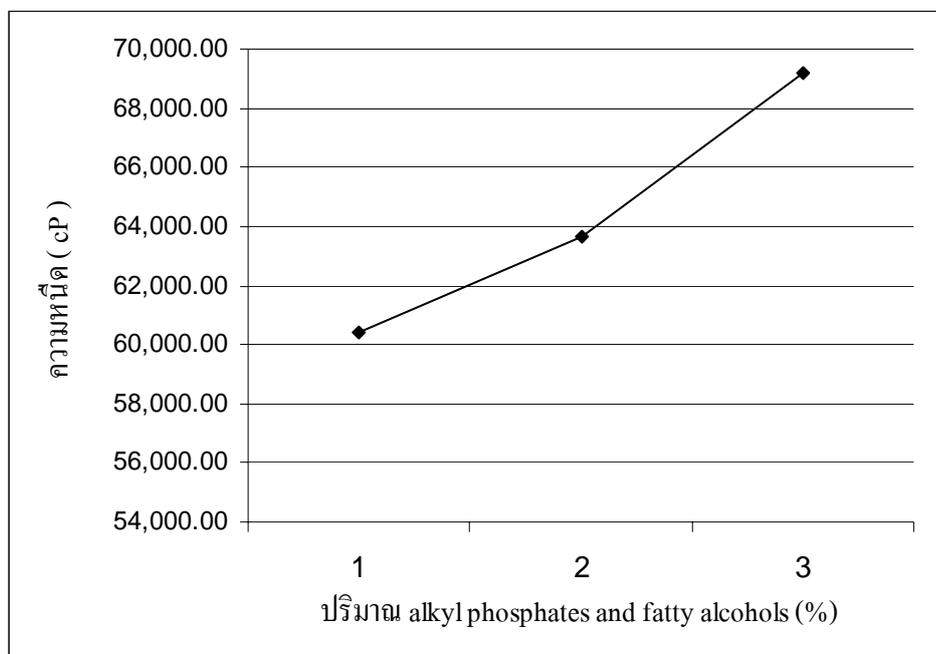
<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 37 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของครีมขัดผิว 6 สูตร เทียบกับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด

สูตรครีมขัดผิว	ระดับของปัจจัยที่ศึกษา (%)		คุณภาพทางเคมีและกายภาพ				
	alkyl phosphates and fatty alcohols	Cyclomethicone and Dimethiconol	ค่าความเป็น	ค่าความหนืด	ค่าสี		
			กรดต่าง	(cP)	L*	a*	b*
1	1	1	6.87 <sup>a</sup>	63,851.96 <sup>c</sup>	62.10 <sup>b</sup>	26.83 <sup>b</sup>	7.26 <sup>a</sup>
2	1	5	6.63 <sup>b</sup>	56,852.38 <sup>c</sup>	61.23 <sup>f</sup>	27.02 <sup>a</sup>	6.96 <sup>b</sup>
3	3	1	6.30 <sup>c</sup>	74,846.40 <sup>a</sup>	63.12 <sup>a</sup>	25.65 <sup>e</sup>	6.25 <sup>d</sup>
4	3	5	5.20 <sup>f</sup>	63,473.74 <sup>c</sup>	61.56 <sup>c</sup>	27.04 <sup>a</sup>	7.18 <sup>a</sup>
5 (cp)	2	3	6.24 <sup>d</sup>	62,200.25 <sup>d</sup>	61.97 <sup>c</sup>	26.19 <sup>d</sup>	6.90 <sup>b</sup>
6 (cp)	2	3	6.06 <sup>e</sup>	65,055.37 <sup>b</sup>	61.80 <sup>d</sup>	26.47 <sup>c</sup>	6.76 <sup>c</sup>
ยี่ห้อ A	-	-	6.52 ± 0.16	81,374.07 ± 50.67	-	-	-
ยี่ห้อ B	-	-	5.91 ± 0.04	37,010.53 ± 48.66	-	-	-
ยี่ห้อ C	-	-	6.87 ± 0.15	-	-	-	-

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p>0.05)

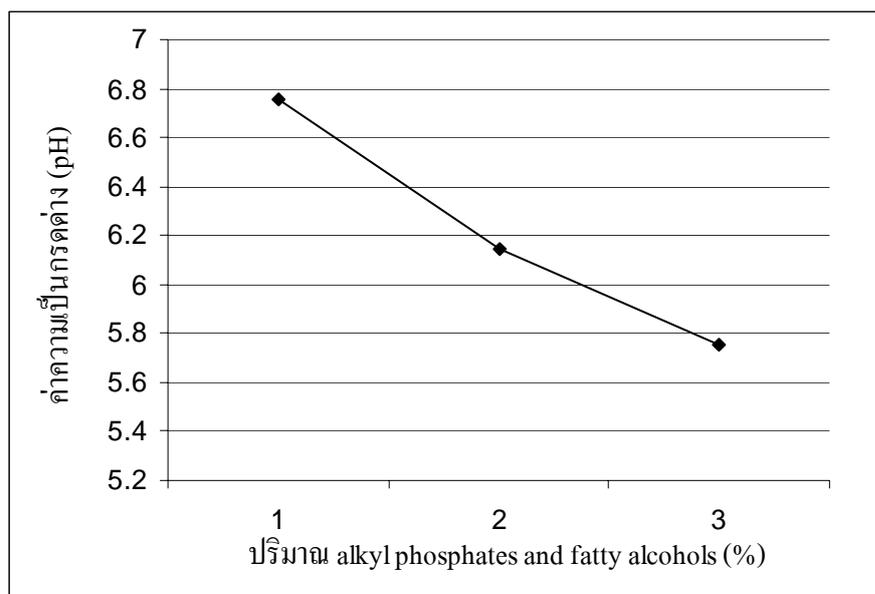
จากผลการวัดค่าคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร ดังตารางที่ 38 โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งสารที่ใช้เป็นปัจจัยของการทดลอง คือ alkyl phosphates and fatty alcohols และ Cyclomethicone and Dimethiconol พบว่าทุกสูตร เมื่อผ่านการเติมสารที่ช่วยเพิ่มคุณภาพ ทั้ง 2 ชนิด ดังกล่าว จะมีผลช่วยทำให้ค่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยปัจจัยทั้งสอง พบว่าไม่มีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างกันในค่าคุณภาพของครีมขัดผิว ซึ่งจะพบเฉพาะอิทธิพลของปัจจัยหลัก (main effect) เท่านั้น โดยพบว่าการเพิ่มระดับของ alkyl phosphates and fatty alcohols จะมีผลให้ค่าความเป็นกรดต่ำลง และความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของสารชนิดนี้ ที่มีต่อค่าคุณภาพของครีมขัดผิว แสดงดังภาพที่ 20 และ 21 ดังนี้



ภาพที่ 20 ปริมาณของ alkyl phosphates and fatty alcohols ที่ร้อยละต่างๆ ต่อค่าความหนืดของครีมขัดผิว

จากผลการทดลอง พบว่า ความหนืดของอิมัลชันของครีมขัดผิวจะเพิ่มขึ้น เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับของ alkyl phosphates and fatty alcohols ยิ่งหากมีการใช้ร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดอื่นที่มีในสูตร ก็จะส่งผลให้ความหนืดของอิมัลชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารชนิดนี้เป็นตัวทำอิมัลชันที่มีความสามารถในการละลายได้ในเฟสของน้ำและเฟสของน้ำมัน ในสัดส่วนที่เท่ากัน (balanced emulsifying system) โดยโครงสร้างจะประกอบด้วย alkyl phosphates และ fatty

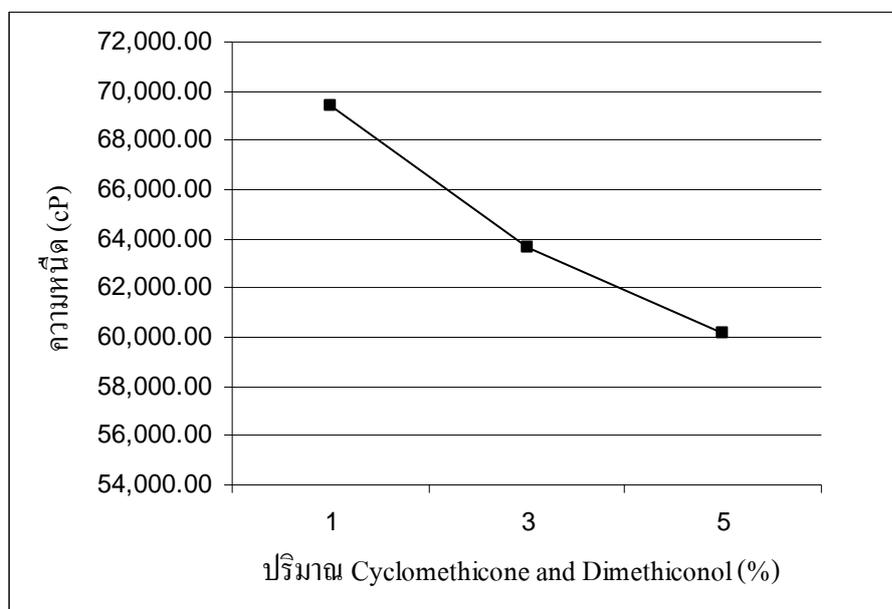
alcohols ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ alkyl phosphates and fatty alcohols จะทำให้ชั้นโครงสร้างของตัวทำอิมัลชันชนิดนี้ที่เป็นแผ่นฟิล์มซึ่งอยู่ระหว่างรอยต่อของเฟสน้ำและน้ำมันมีความแข็งแรงมากขึ้น มีผลให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของชั้นโครงสร้าง (lamellar) ที่ละลายได้ในเฟสของน้ำ



ภาพที่ 21 ปริมาณของ alkyl phosphates and fatty alcohols ที่ร้อยละต่างๆ ต่อค่าความเป็นกรดต่างของครีมขัดผิว

จากภาพที่ 21 พบว่า การเพิ่มระดับของ alkyl phosphates and fatty alcohols ในสูตรจะมีผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง เนื่องจากสารชนิดนี้เป็นตัวทำอิมัลชันประจุลบ (anionic emulsifier) จึงมีค่าความเป็นกรด (acid value) สูง คือ 80-100 และมีค่าความเป็นกรดต่าง 2-4 ในสารละลาย 5% ดังนั้นเมื่อเติมลงในสูตรผลิตภัณฑ์จึงมีผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างนั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความหนืด โดยเมื่อค่าความเป็นกรดต่างของระบบเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ความหนืดลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของสาร โดยพบว่า ส่วนที่เป็น fatty alcohol จะสร้างชั้น (lamellar phases) ในเฟสของน้ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าความหนืดของอิมัลชันที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่ออยู่ในสถานะที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดต่าง จะส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้าง ให้ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดประจุไฟฟ้าที่ส่วนของ alkyl phosphate ดังนั้น fatty alcohol จึงปรับสภาพตัวเองด้วยการเพิ่มการละลายได้ในเฟสของน้ำมัน ทำให้ชั้นโครงสร้างที่อยู่ในเฟสของน้ำดังกล่าวมีความแข็งแรงลดลง ทำให้ความหนืดของระบบมีค่าลดลงตามไปด้วย

ส่วนในด้านปัจจัยของ Cyclomethicone and Dimethiconol พบว่า การเพิ่มระดับของสารชนิดดังกล่าวในสูตร จะมีผลให้ค่าความหนืดลดลง เนื่องจากสารที่ใช้เป็นซิลิโคนชนิดที่มีกัมเป็นส่วนประกอบ (Silicone Gum Blends) จะมีที่มาจากหรือนำซิลิโคนกัม ซึ่งเป็นของแข็งที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มาละลายในตัวทำละลายเพื่อให้ได้เป็นน้ำมันเหลวที่มีความหนืดต่างๆ กัน ซึ่งขึ้นกับปริมาณ (%) ของซิลิโคนกัมที่ใช้ โดยชนิดที่ใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์ เป็น Cyclomethicone and Dimethiconol ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ Dimethiconol ซึ่งเป็นซิลิโคนกัม ที่มีโครงสร้างเป็นโพลีเมอร์สายตรงซึ่งมีหมู่ -OH อยู่ในโครงสร้าง ละลายในตัวทำละลายคือ Cyclomethicone ทำให้ได้ซิลิโคนที่เป็นของเหลว มีความหนืด 6,300 cP ดังนั้นเมื่อผสมของสูตรครีมขัดผิวที่มีเป็นอิมัลชันจึงมีผลให้ค่าความหนืดของครีมขัดผิวลดลง แสดงดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละต่างๆต่อค่าความหนืดของครีมขัดผิว

ตารางที่ 38 ผลค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังจากการวัดค่าด้วยเครื่อง Cutometer MPA 580 ภายหลังจากการใช้ครีมขัดผิว 6 สูตร

สูตรครีมขัดผิว	ระดับของปัจจัยที่ศึกษา (%)		Physical parameter			
	alkyl phosphates and fatty alcohols	Cyclomethicone and Dimethiconol	Ua/Uf <sup>ns</sup>	Ur/Ue <sup>ns</sup>	Uv/Ue <sup>ns</sup>	Ur/Uf
1	1	1	0.91±0.04	1.00±0.19	0.57±0.11	0.56±0.04 <sup>b</sup>
2	1	5	0.92±0.04	1.04±0.18	0.55±0.13	0.63±0.06 <sup>a</sup>
3	3	1	0.91±0.03	0.99±0.13	0.59±0.14	0.56±0.06 <sup>b</sup>
4	3	5	0.91±0.04	1.02±0.19	0.60±0.10	0.55±0.05 <sup>b</sup>
5 (cp)	2	3	0.93±0.03	1.05±0.20	0.53±0.11	0.63±0.06 <sup>a</sup>
6 (cp)	2	3	0.91±0.04	0.96±0.15	0.59±0.18	0.57±0.05 <sup>b</sup>

หมายเหตุ <sup>a-b</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

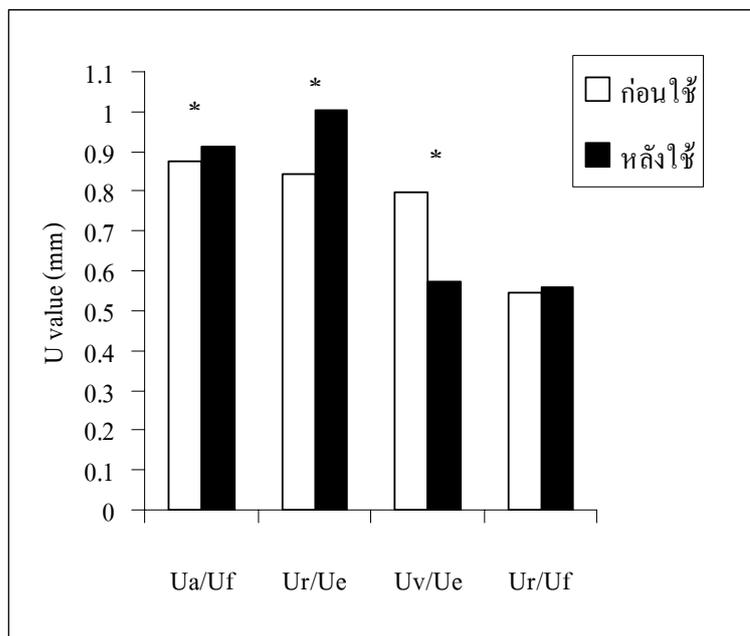
<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

ผลจากการวัดค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังภายหลังการใช้ครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร แสดงดังตารางที่ 38 โดยมีปัจจัยที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการประเมินค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังได้แก่  $Ua/Uf$  หรือ ความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนัง (gross elasticity) ซึ่งค่าที่ดีควรเข้าใกล้ 1  $Ur/Ue$  หรือ ความยืดหยุ่นสุทธิ (net elasticity) ซึ่งคิดเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟซึ่งแสดงถึงความเป็น elastic ของผิวหนัง และค่าที่ดีควรเข้าใกล้ 1 เช่นกัน  $Uv/Ue$  หรือ สัดส่วนของปริมาณน้ำที่มีในผิวหนังเทียบกับความยืดหยุ่นของผิวหนัง แสดงถึงความเป็น visco-elastic ของผิว ซึ่งหากค่าสัดส่วนที่ได้มีค่าต่ำ แสดงถึงค่าความยืดหยุ่นของผิวที่สูง และสุดท้าย คือ  $Ur/Uf$  หรือ สัดส่วนของความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนังเทียบกับการสูญเสียรูปร่างทั้งหมด ซึ่งค่าที่ดีควรเข้าใกล้ 1 แสดงถึงประสิทธิภาพของผิวหนังในการกลับสู่สภาพเดิมและมีความยืดหยุ่นสูง (Khazaka, 2005) โดยปัจจัยทั้ง 4 นี้จะถูกใช้ในการประเมินคุณภาพของครีมขัดผิวสูตรต่างๆ ในด้านที่ช่วยให้ผิวมีความยืดหยุ่นและเรียบเนียนมากขึ้น ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ภายหลังการใช้ครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร จะให้ค่าปัจจัยที่แสดงถึงความยืดหยุ่นของผิวหนัง ได้แก่  $Ua/Uf$   $Ur/Ue$  และ  $Uv/Ue$  ที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยจะมีเฉพาะปัจจัยที่แสดงถึงความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนัง ( $Ur/Uf$ ) เท่านั้น ที่มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ โดยพบว่า สูตรที่ 2 และ สูตรที่ 5 มีค่าปัจจัย  $Ur/Uf$  สูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงประสิทธิภาพของสูตรทั้ง 2 ดังกล่าว ในการเพิ่มสภาพความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง

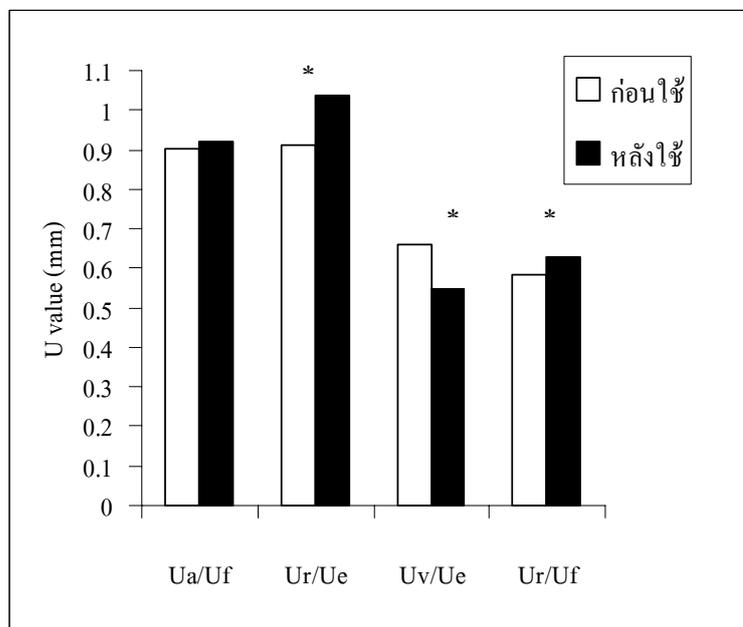
และเพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของครีมขัดผิวได้ชัดเจนขึ้น จึงทำการวัดค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง เปรียบเทียบระหว่างก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรต่างๆ ทั้ง 6 สูตร และวิเคราะห์ผลด้วยวิธี Paired-sample t-test (ผลข้อมูลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ง) ได้ผลแสดงดังภาพที่ 23-28 และจากผลการทดลอง พบว่า ครีมขัดผิวในแต่ละสูตรจะมีเพียงเฉพาะบางปัจจัยเท่านั้นที่ให้ค่าแตกต่างกันในทางสถิติ โดยส่วนใหญ่จะมีอย่างน้อย 3 ปัจจัย ที่ให้ค่าต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบระหว่างก่อนและภายหลังการใช้ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวที่แตกต่างกันในแต่ละสูตร โดยครีมขัดผิวทุกสูตรจะให้ค่า  $Uv/Ue$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการใช้ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติในด้านความเป็น visco elastic ของผิว เนื่องมาจากผิวหนังจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อและเส้นใยใต้ผิว ดังนั้นเมื่อถูกกระทำด้วยแรงกดขณะทำการวัดค่า หากผิวหนังมีความยืดหยุ่นสูง จะหมายถึง ค่าในส่วนของ  $Ue$  (elastic) ที่มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับส่วนของ  $Uv$  (viscous) ที่จะมีค่าน้อย ดังนั้นค่าสัดส่วนของ  $Uv/Ue$  ที่ได้จึงมีค่าลดลง

จากผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพของครีมขัดผิวในการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง จะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้นภายหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งผลต่อการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนังกำพร้าชั้นบนสุด หรือชั้น stratum corneum โดยเมื่อพิจารณาประกอบกับภาพที่ 29 ที่แสดงถึงปริมาณน้ำบนผิวหรือค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ภายหลังการใช้ครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร พบว่าสูตรที่ 2 5 และ 6 ซึ่งมีปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol ในระดับสูง คือร้อยละ 3 และ 5 จะมีผลให้กลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิวภายหลังการใช้สูงกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องมาจากประสิทธิภาพของสารดังกล่าวในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิว และมีส่วนช่วยให้ผิวมีความอ่อนนุ่มและเรียบเนียน ดังนั้นเมื่อทำการวัดค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังภายหลังการใช้ จึงพบว่าครีมขัดผิวทั้ง 3 สูตรดังกล่าว มีส่วนช่วยให้ค่า  $U_r/U_f$  หรือความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนังหลังจากถูกกระทำด้วยแรงกด มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการใช้ หรือหมายถึงสภาพผิวหนังที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dobrev (2000) ที่กล่าวว่า การสะสมของน้ำในชั้นผิวจะช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างเส้นใยได้ผิว และช่วยให้ของเหลวระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อสามารถเคลื่อนตัวได้สะดวกขึ้น ส่งผลต่อผิวชั้นหนังกำพร้าในส่วนของ stratum corneum ให้มีความชุ่มชื้น และมีความยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ความชุ่มชื้นผิวจะมีผลให้ปัจจัยบางตัวมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ค่าความยืดหยุ่นสุทธิต (Ur/Ue) ที่แสดงให้เห็นว่าผิวหนัง มีความยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

ผลการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้ในอธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ทั้งก่อนและ ภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรทั้ง 6 สูตร โดยวิธี Paired sample t-test เพื่อดูประสิทธิภาพของครีมขัดผิวแต่ละสูตรในการปรับปรุงคุณสมบัติของผิวหนังให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น โดยจะใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด ได้ผลแสดงดังภาพที่ 23-28

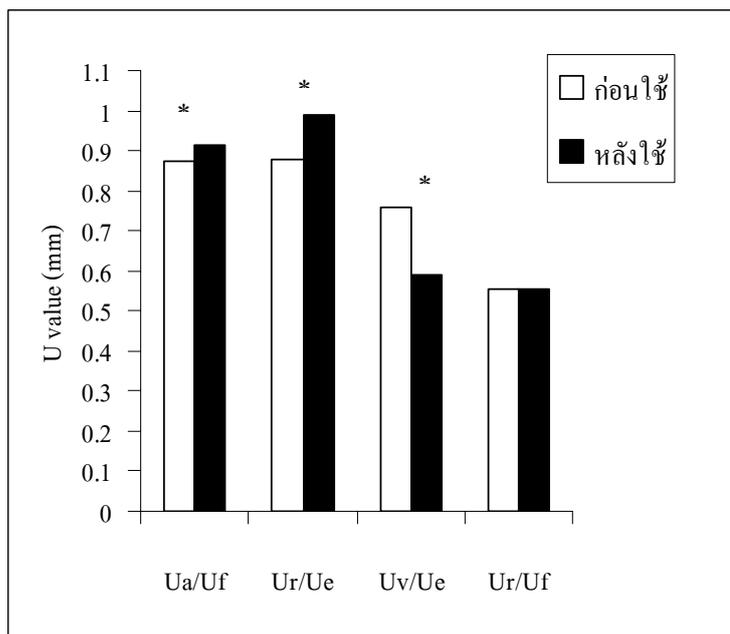


ภาพที่ 23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 1

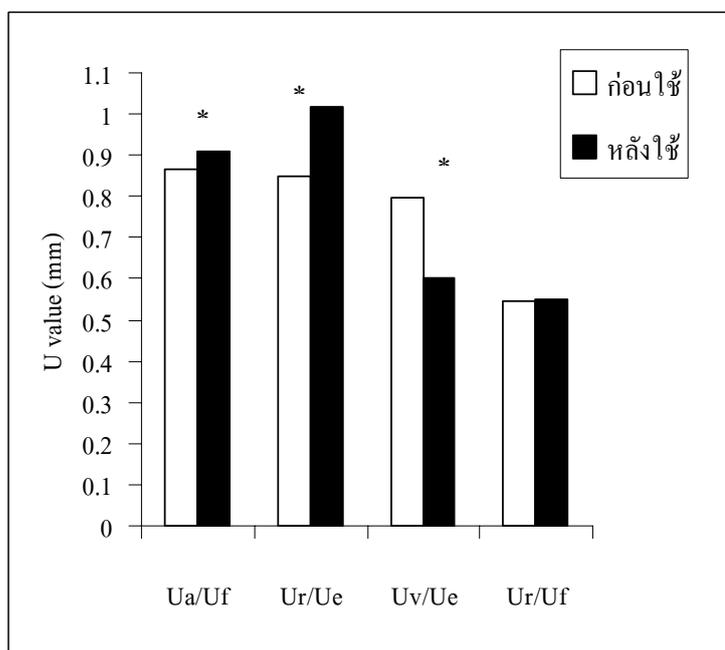


ภาพที่ 24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 2

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

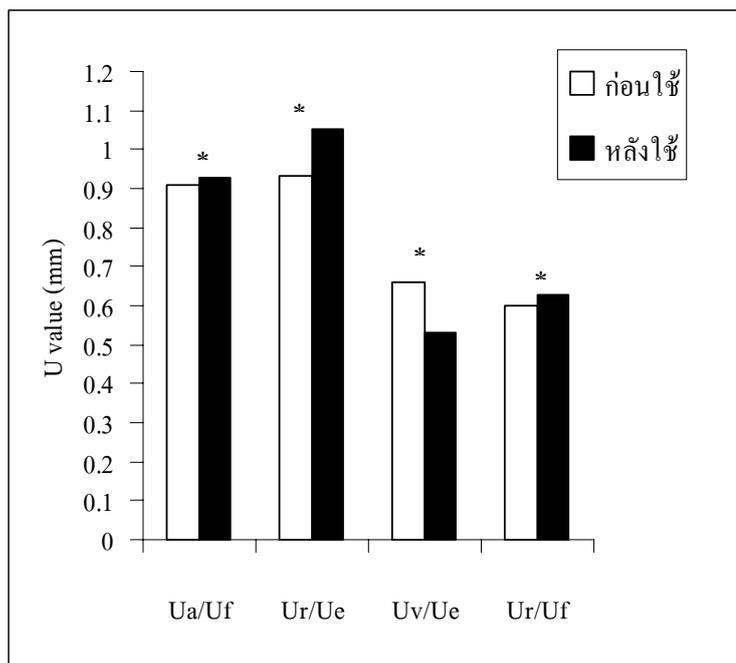


ภาพที่ 25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 3

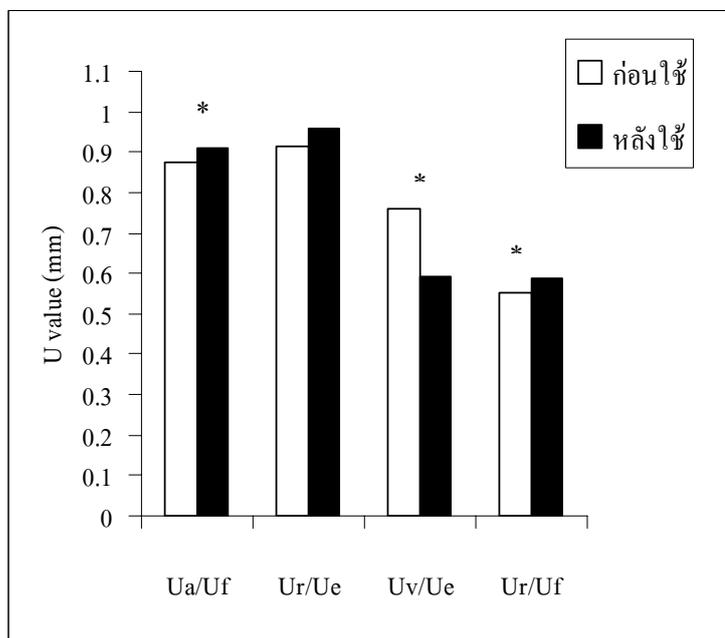


ภาพที่ 26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 4

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

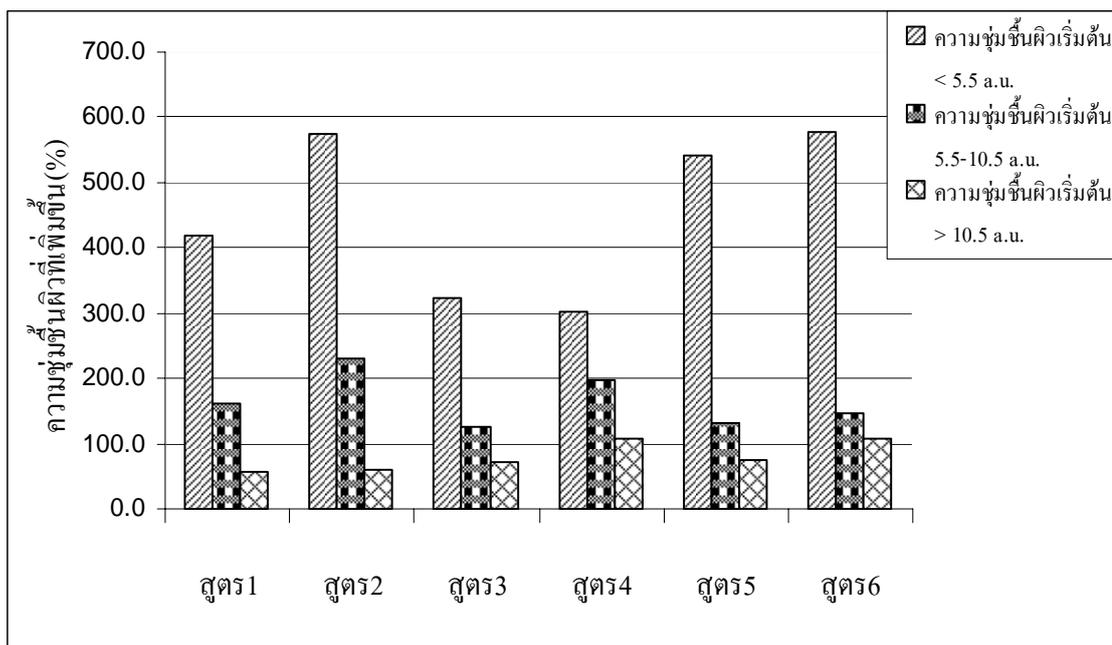


ภาพที่ 27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 5



ภาพที่ 28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนและภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่ 6

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 29 ค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ภายหลังจากใช้ครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร

เมื่อทำการวัดค่าความชุ่มชื้นของผิวหนัง ด้วยเครื่อง Skin Diagnostic SD27 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากใช้ของครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร แสดงดังภาพที่ 29 โดยแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบออกตามค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นที่วัดได้ คือ กลุ่มแรกเป็นผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. กลุ่มที่สองมีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-10.5 a.u. และสุดท้ายคือกลุ่มผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นมากกว่า 10.5 a.u. จากผลการทดสอบ พบว่า ครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร มีผลให้ค่าความชุ่มชื้นของผิวหนังภายหลังจากใช้ มีค่าเพิ่มขึ้นในปริมาณที่แตกต่างกัน (ข้อมูลดิบแสดงในภาคผนวก ง) โดยกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิวสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผู้ทดสอบอีก 2 กลุ่มที่เหลือ สำหรับครีมขัดผิวทุกสูตรที่ศึกษา โดยสูตรที่ 2 5 และ 6 ซึ่งมีปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol ในระดับสูง คือร้อยละ 3 และ 5 จะมีผลให้กลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. มีค่าความชุ่มชื้นผิวเพิ่มขึ้นภายหลังจากใช้สูงกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องมาจากประสิทธิภาพของสารดังกล่าวที่สามารถเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิว และมีส่วนช่วยให้ผิวมีความอ่อนนุ่มและเรียบเนียนเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ไม่ถูกชะล้างด้วยน้ำ ดังนั้นจึงสามารถเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ บนผิวหนัง และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผิวได้ ส่วนกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วง 5.5-10.5 a.u. จะมีค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือมีค่าเกิน 100 % ยกเว้นสูตรที่ 2 และ 4 ซึ่งให้ค่าการเพิ่มขึ้นของความชุ่ม

ชั้นผิวสูงกว่าสูตรอื่นๆ คือประมาณ 200 % เนื่องจากสูตรทั้งสองเป็นสูตรที่มีปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol ในระดับสูง คือร้อยละ 5 ส่วนผู้ที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นมากกว่า 10.5 a.u. จะมีการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิวต่ำที่สุด คือ ไม่เกิน 100 % โดยมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตรที่ศึกษา ยกเว้นสูตรที่ 4 และ 6 ที่มีค่าเกิน 100 % โดยจากผลการทดสอบ ทำให้ทราบว่าสูตรครีมขัดผิว ที่มีปริมาณของ Cyclomethicone and Dimethiconol ในระดับสูง คือ ร้อยละ 3 และ 5 จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิวหนังได้ดีกว่าสูตรที่มีปริมาณของ สารดังกล่าวในระดับต่ำ คือที่ร้อยละ 1 และจะให้แนวโน้มที่เหมือนกันในผู้ทดสอบทั้ง 3 กลุ่มที่มี ค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ ซึ่ง ภายหลังจากการเติมสารเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพ พบว่าสามารถเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวได้มากกว่า สูตรพื้นฐานในตอนแรก

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของค่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และค่าคุณภาพ ทางด้านคลินิก ของครีมขัดผิวทั้ง 6 สูตร พบว่า สูตรที่ 2 ซึ่งใช้ alkyl phosphates and fatty alcohols และ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละ 1 และ 5 และ สูตรที่ 5 หรือ 6 ซึ่ง ใช้ alkyl phosphates and fatty alcohols และ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละ 2 และ 3 ตามลำดับ จะให้ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีม และ ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว สูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งมีประสิทธิภาพที่ช่วยให้ผู้ ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. มีค่าความชุ่มชื้นผิวเพิ่มขึ้นภายหลังการใช้สูง กว่าสูตรอื่นๆ นอกจากนี้สูตรครีมขัดผิวทั้ง 3 ยังมีส่วนช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง โดยให้ ค่าของปัจจัย Ur/Uf ที่เพิ่มสูงขึ้นภายหลังการใช้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถที่ เพิ่มขึ้นในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนังหลังจากถูกกระทำด้วยแรงกด โดยที่สูตรอื่นๆ ไม่ สามารถให้ค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญได้ในปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นครีมขัดผิวทั้ง 3 สูตร จึงถูก คัดเลือก และนำมาประเมินผลอีกครั้ง โดยการทดสอบคะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic scale เพื่อคัดเลือกหาสูตรที่ดีที่สุด ดังผลในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการทดสอบคะแนนความชอบของครีมขัดผิวที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว

คุณลักษณะ	สูตรที่ผ่านการคัดเลือก		t-test	
	สูตรที่ 2	สูตรที่ 5 (6)	t	sig (2-tailed)
สี	3.8	5.1	-2.928	0.005*
ความเนียนของเนื้อครีม	6.3	6.5	-0.434	0.666 <sup>ns</sup>
ความมันวาวของเนื้อครีม	6.4	6.6	-0.759	0.451 <sup>ns</sup>
ปริมาณเม็ดสครับ	6.1	6.1	0.000	1.000 <sup>ns</sup>
ความชอบรวม	6.2	6.6	-1.706	0.093 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ \* หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

จากผลการทดลองพบว่าครีมขัดผิวที่ผ่านคัดเลือกทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างในคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความเนียนของเนื้อครีม ความมันวาวของเนื้อครีม ปริมาณเม็ดสครับ และ ความชอบรวม จากการทดสอบความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวอย่างด้วยวิธี Independent sample t-test ยกเว้นความชอบด้านสีเท่านั้นที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่ 5 ซึ่งใช้ปริมาณของ alkyl phosphates and fatty alcohols และ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละ 2 และ 3 ตามลำดับ จะได้รับคะแนนความชอบด้านสีที่สูงกว่าสูตรที่ 2 เนื่องจากมีปริมาณของ alkyl phosphates and fatty alcohols ในระดับที่สูงกว่า โดยสารดังกล่าวจะช่วยปรับลักษณะปรากฏด้านสีของเนื้อครีมให้มีความขาว หรือมีค่าความสว่าง (L\*) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 37 ที่พบว่าสูตรที่มีปริมาณของสารดังกล่าวในระดับสูงคือที่ร้อยละ 3 จะให้ลักษณะปรากฏของเนื้อครีมที่มีค่าความสว่าง (L\*) สูงที่สุด โดยเมื่อพิจารณา ร่วมกันกับการให้คะแนนความรู้สึกในแต่ละคุณลักษณะด้วยวิธี Just About Right พบว่าสูตรที่ 5 มีจำนวนร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนในคุณลักษณะของความเนียนของเนื้อครีม และความมันวาวของเนื้อครีม ในระดับที่พอดี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือ ร้อยละ 66.7 และ 53.3 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรที่ 2 ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกสูตรที่ 5 มาทำการพัฒนาในขั้นต่อไป

โดยจะปรับปรุงในด้านปริมาณของเม็ดสกรับ เนื่องจากสูตรที่คัดเลือกได้ มีร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนในคุณลักษณะของปริมาณเม็ดสกรับ ในระดับที่ค่อนข้างน้อยเกินไป สูงถึงร้อยละ 73.3 แสดงดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ความรู้สึกของผู้ทดสอบ จากการทดสอบด้วยวิธี Just About Right ต่อสูตรครีมขัดผิว ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว

คุณลักษณะ	สูตรที่ผ่านการคัดเลือก	ร้อยละ				
		น้อยเกินไป	ค่อนข้างน้อยเกินไป	พอดี	ค่อนข้างมาก	มาก
ความเนียนของเนื้อครีม	สูตรที่ 2	0.0	30.0	63.3	6.7	0.0
	สูตรที่ 5 (6)	0.0	30.0	66.7	3.3	0.0
ความมันวาวของเนื้อครีม	สูตรที่ 2	3.3	36.7	40.0	20.0	0.0
	สูตรที่ 5 (6)	0.0	33.3	53.3	10.0	3.3
ปริมาณเม็ดสกรับ	สูตรที่ 2	0.0	50.0	43.3	6.7	0.0
	สูตรที่ 5 (6)	0.0	73.3	16.7	10.0	0.0

### 3.3 ปริมาณของซิลิกาหรือสารขัดผิวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์

นำสูตรที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว คือ สูตรที่ 5 ซึ่งใช้ปริมาณของ alkyl phosphates and fatty alcohols และ Cyclomethicone and Dimethiconol ที่ร้อยละ 2 และ 3 ตามลำดับ มาศึกษาปริมาณของสารขัดผิวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ โดยทดลองเติมซิลิกาจากแคลบข้าว ลงในสูตร ที่ร้อยละ 4.5 5.5 และ 6.5 ตามลำดับ โดยผลการวัดค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ และ เคมี ในแต่ละสูตร แสดงผลดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ค่าคุณภาพครีมซัดผิว ซึ่งใช้ซิลิกาจากแกลบข้าวเป็นสารซัดผิวที่ระดับต่างๆ

ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ปริมาณซิลิกา (%)		
	4.5	5.5	6.5
ค่าสี L*	54.54 <sup>a</sup>	54.21 <sup>c</sup>	54.42 <sup>b</sup>
a*	21.02 <sup>b</sup>	21.25 <sup>a</sup>	21.06 <sup>b</sup>
b*	9.33 <sup>c</sup>	9.42 <sup>b</sup>	9.47 <sup>a</sup>
ค่าความเป็นกรดต่าง	5.64 <sup>c</sup>	6.17 <sup>a</sup>	6.09 <sup>b</sup>
ค่าความหนืด (cP)	48,389.30 <sup>c</sup>	53,962.50 <sup>b</sup>	70,901.67 <sup>a</sup>

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอน ที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณของซิลิกาจากแกลบข้าว หรือสารซัดผิวลงในสูตร มีผลให้สีของเนื้อครีมเปลี่ยนแปลง โดยค่าความสว่าง (L\*) มีแนวโน้มลดลง และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากค่าสีของซิลิกาเริ่มต้น (L\* a\* b\* : 91.00 -0.41 5.93) จะมีโทนสีขาวเทา ทำให้เมื่อเติมซิลิกาลงในสูตรจะมีผลให้สีของครีมซัดผิวเปลี่ยนแปลง และจากลักษณะของซิลิกาซึ่งเป็นผงที่มีน้ำหนักเบา และฟุ้งกระจายได้ง่าย มีผลให้ขณะทำการผลิตโดยเติมซิลิกาและผสมให้เข้ากันด้วยการโฮโมจีไนซ์ จะทำให้ซิลิการวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับครีมโดยมีสภาพความเป็นผงขจัดอยู่ โดยครีมซัดผิวที่ได้จะให้เนื้อสัมผัสที่หยาบและสากคล้ายครีมเนื้อทราย และซิลิกาจะมีสีกลมกลืนไปกับเนื้อครีม ในขณะเดียวกันการเติมซิลิกาก็มีผลให้ความหนืดของครีมของครีมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งประสิทธิภาพในการเพิ่มความหนืดของซิลิกาจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้น ด้วยโครงสร้างของซิลิกาที่เป็นตาข่ายสามมิติ จึงช่วยเพิ่มความหนืดได้ดี โดยในทางอุตสาหกรรมเครื่องสำอางนิยมใช้ซิลิกาเป็นสารเพิ่มความหนืดเพื่อให้เกิดพฤติกรรมการไหลแบบ Thixotropic จึงเป็นที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เจลและยาสีฟัน และนอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความคงตัวด้านความหนืด (viscosity stability) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วย โดยข้อดีของการใช้ซิลิกาเป็นสารซัดผิวในผลิตภัณฑ์ คือ ซิลิกาจะไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในส่วนประกอบ มีความคงตัวดีเมื่อใช้ที่อุณหภูมิสูง และในช่วงค่าความเป็นกรดต่างที่กว้าง (pH 1-9) และด้วยโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจึงทำให้สามารถดูดซับสิ่งสกปรกไว้ในโครงสร้างที่เป็นรูพรุนได้ดี (Baines and Stanier, 2001)

ตารางที่ 42 ค่าคะแนนความชอบของครีมขัดผิวที่ใช้ซิลิกาจากแกลบข้าวเป็นสารขัดผิวที่ระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	ซิลิกา ร้อยละ	ซิลิกา ร้อยละ 5.5	ซิลิกา ร้อยละ
	4.5		6.5
สีของเนื้อครีม	5.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.6 <sup>b</sup>
ความเรียบเนียนของเนื้อครีม	6.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>
ปริมาณเม็ดสครับ (ขณะขัดบนผิว)	5.7 <sup>c</sup>	7.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b</sup>
ความหนืดของเนื้อครีม	6.5 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>b</sup>
ความชอบรวม	6.3 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอน ที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 42 พบว่าผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบด้านสีของเนื้อครีมลดลงตามปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอย่างมีนัยสำคัญ โดยให้เหตุผลว่าสีดูไม่สวยงามและไม่น่าใช้เพราะเนื้อครีมมีสีขาวเทาดูไม่สะอาดตา นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของซิลิกายังมีผลให้ความเรียบเนียนของเนื้อครีมลดลง เนื่องจากทำให้เนื้อครีมดูหยาบ จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบให้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งการเติมซิลิกาในปริมาณร้อยละ 6.5 จะมีผลให้คะแนนความชอบด้านความเรียบเนียนของเนื้อครีมต่ำที่สุด ส่วนด้านความหนืดของเนื้อครีม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรในครีมขัดผิวที่มีปริมาณซิลิกา ร้อยละ 5.5 มากที่สุด โดยให้เหตุผลว่าความหนืดขณะขัดบนผิวที่เปียกให้ความรู้สึกที่หนืดพอดี ซึ่งต่างจาก 2 สูตรที่เหลือที่ใช้ปริมาณซิลิกา ร้อยละ 4.5 และ 6.5 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่ามีลักษณะของเนื้อครีมที่เหลวและข้นเกินไปทำให้รู้เหนอะหนะในระหว่างการใช้ ส่วนในคุณลักษณะของปริมาณของเม็ดสครับ พบว่า ผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าสูตรที่มีปริมาณซิลิกาที่ร้อยละ 4.5 มีปริมาณเม็ดขัดที่น้อยเกินไป ทำให้ได้คะแนนความชอบต่ำที่สุด ส่วนที่ร้อยละ 6.5 ผู้ทดสอบส่วนใหญ่บอกว่าชอบ แต่ด้วยลักษณะของครีมที่มีความข้นหนืดมากเกินไป ส่งผลให้บางส่วนมีความรู้สึกว่ามีปริมาณเม็ดขัดน้อย และมีการกระจายตัวของเนื้อครีมไม่ดี โดยภาพรวมแล้วผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่มีอาการแพ้

หรือผลข้างเคียงใดๆภายหลังการทดสอบ เพราะด้วยลักษณะของเม็ดขัดที่มีขนาดเล็กจึงไม่มีผู้ทดสอบคนใดที่รู้สึกเจ็บหรือแสบขณะการใช้ และเมื่อพิจารณาจากความชอบโดยรวม พบว่าสูตรครีมขัดผิวที่ใช้ซิลิกาในปริมาณร้อยละ 5.5 จะได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรดังกล่าว มาทำการพัฒนาด้านสีและกลิ่นต่อไป

### 3.4 การพัฒนาสีและกลิ่นของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว

#### 3.4.1 การพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์

จากการสอบถามด้านสีของครีมขัดผิวที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด 4 อันดับแรก คือสีชมพู สีม่วง สีเขียว และสีครีม ตามลำดับ นำมาทดสอบเพื่อหาสีที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด ด้วยวิธีการเรียงลำดับความชอบ (preference ranking) โดยกำหนดให้ 1=ชอบมากที่สุด 2=ชอบมาก 3=ชอบปานกลาง และ 4=ชอบน้อยที่สุด ซึ่งทำการวิเคราะห์และการแปลผลการทดสอบด้วยวิธี Friedman's test (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 43 ค่าผลรวมของลำดับความชอบด้านสี ของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว

	สีชมพูอ่อน	สีม่วงอ่อน	สีเขียวอ่อน	สีเหลืองครีม
ค่าผลรวมของลำดับความชอบ (Rank sum)	68 <sup>c</sup>	102 <sup>b</sup>	103 <sup>b</sup>	127 <sup>a</sup>

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางสามารถสรุปค่าผลรวมของลำดับความชอบ พร้อมทั้งความแตกต่างในแต่ละตัวอย่างสี ได้แสดงดังตารางที่ 43 พบว่า สีชมพู มีค่าผลรวมของลำดับความชอบน้อยที่สุด และน้อยกว่าสีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ จะให้ลำดับความชอบของสีชมพูในลำดับต้นๆ ซึ่งหมายถึงมีความชอบในครีมสีชมพูมากที่สุดเมื่อเทียบกับสีอื่นๆ ส่วนสีที่ได้ลำดับความชอบรองลงมาคือ สีม่วง และ สีเขียวอ่อน ตามลำดับ ส่วนสีครีม จะได้ลำดับ

ความชอบน้อยที่สุด ดังนั้นครีมสีชมพู (ใช้สารละลายสีแดง 0.1% w/v) จึงถูกเลือกเพื่อนำมาพัฒนาในด้านกลิ่นต่อไป

### 3.4.2 การพัฒนากลิ่นของผลิตภัณฑ์

นำสูตรครีมที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจากข้อ 3.4.2 มาทดลองเพื่อหากลิ่นที่เหมาะสม โดยใช้กลิ่น 3 ชนิด ได้แก่ กลิ่น Floral fruit (กลิ่นดอกไม้) กลิ่น Spring time (กลิ่นที่ช่วยให้ผ่อนคลาย) และกลิ่น Fruity (กลิ่นผลไม้) ตามลำดับ ซึ่งเป็นชนิดของกลิ่นที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด 3 อันดับแรกจากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค โดยทดลองเติมกลิ่นลงในสูตรครีมที่ร้อยละ 0.5 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในคุณลักษณะของกลิ่นก่อนการใช้ (ดมก่อนการใช้) กลิ่นระหว่างการใช้ (ดมกลิ่นเมื่อใช้ซัดบนผิวหนัง) และกลิ่นภายหลังการใช้ (ดมกลิ่นเมื่อล้างครีมออกจากผิวหนังแล้ว) ร่วมกับการค่าคะแนนทางด้านความรู้สึกจากผลการทดสอบด้วยวิธี Just About Right พบว่าคุณลักษณะของกลิ่นทั้ง 3 เมื่อดมก่อนการใช้และภายหลังการใช้ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนคุณลักษณะของกลิ่นเมื่อดมขณะใช้ และคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า กลิ่น Floral fruit และกลิ่น Spring time จะได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ในขณะที่กลิ่น Fruity จะได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุด แสดงผลดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 คะแนนความชอบกลิ่นชนิดต่างๆ ของครีมซัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเกลบข้าว

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	กลิ่น Spring time	กลิ่น Floral fruit	กลิ่น Fruity
กลิ่นก่อนการใช้ <sup>ns</sup>	6.0	6.2	5.2
กลิ่นระหว่างการใช้	5.8 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>c</sup>
กลิ่นภายหลังการใช้ <sup>ns</sup>	6.3	6.5	5.7
ความชอบรวม	6.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

เมื่อทำการทดสอบความรู้สึกด้านกลิ่น ด้วยวิธี Just About Right ดังตารางที่ 45 พบว่า ผู้ทดสอบมีความรู้สึกต่อความเข้มของกลิ่นก่อนการใช้ และกลิ่นภายหลังการใช้ ของกลิ่น Spring time ในระดับที่พอดี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือ ร้อยละ 46.7 และ 40.0 ตามลำดับ ส่วนความรู้สึกที่มีต่อกลิ่นระหว่างการไว้ พบว่า ผู้ทดสอบมีความรู้สึกถึงความเข้มของกลิ่น อยู่ในระดับที่แรงเล็กน้อย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด ถึงร้อยละ 50 ส่วนผลของกลิ่น Floral fruit พบว่า ผู้ทดสอบมีความรู้สึกต่อความเข้มของกลิ่นก่อนการใช้ในระดับที่แรงเล็กน้อย สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 46.7 ส่วนกลิ่นระหว่างการไว้ และกลิ่นภายหลังการใช้ พบว่า ผู้ทดสอบมีความรู้สึกถึงความเข้มกลิ่นอยู่ในระดับที่พอดี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดคือ ร้อยละ 56.7 และ 66.7 ตามลำดับ โดยมีค่าที่สูงกว่ากลิ่น Spring time ส่วนกลิ่น Fruity เป็นกลิ่นที่ได้คะแนนความชอบต่ำที่สุดในทุกคุณลักษณะ อีกทั้งยังมีความเข้มของกลิ่นก่อนการใช้และกลิ่นระหว่างการไว้ อยู่ในระดับที่แรงเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละสูงสุด ดังนั้นกลิ่นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จึงคือกลิ่น Floral fruit เนื่องจากผู้ทดสอบมีความรู้สึกถึงความเข้มกลิ่นอยู่ในระดับที่พอดีคิดเป็นร้อยละสูงสุดเมื่อเทียบกับกลิ่นชนิดอื่น ทั้งในคุณลักษณะก่อนและภายหลังการใช้ นอกจากนี้กลิ่นดังกล่าวยังได้รับคะแนนความชอบในคุณลักษณะของกลิ่นระหว่างการไว้ และความชอบรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 45 ความรู้สึกของผู้ทดสอบในคุณลักษณะด้านสีและกลิ่น โดยวิธี Just About Right

ชนิดของกลิ่น	คุณลักษณะ	ร้อยละ				
		กลิ่นอ่อนมาก	กลิ่นอ่อนเล็กน้อย	พอดี	กลิ่นแรงเล็กน้อย	กลิ่นแรงมาก
กลิ่น Spring time	สี	0.0	16.7	40.0	43.3	0.0
	กลิ่นก่อนการใช้	0.0	3.3	46.7	36.7	13.3
	กลิ่นระหว่างการไว้	0.0	3.3	36.7	50.0	10.0
	กลิ่นภายหลังการใช้	0.0	13.3	40.0	36.7	10.0
กลิ่น Floral fruit	สี	0.0	16.7	33.3	50.0	0.0
	กลิ่นก่อนการใช้	0.0	3.3	40.0	46.7	10.0
	กลิ่นระหว่างการไว้	3.3	0.0	56.7	26.7	13.3
	กลิ่นภายหลังการใช้	0.0	6.7	66.7	20.0	6.7
กลิ่น Fruity	สี	0.0	16.7	33.3	46.7	3.3
	กลิ่นก่อนการใช้	0.0	6.7	16.7	43.3	33.3
	กลิ่นระหว่างการไว้	0.0	6.7	20.0	40.0	33.3
	กลิ่นภายหลังการใช้	0.0	10.0	30.0	30.0	30.0

เมื่อได้กลิ่นที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิว ได้แก่กลิ่น Floral fruit ที่ร้อยละ 0.5 แล้ว จะต้องทำการปรับปรุงในคุณลักษณะด้านสี เนื่องจากความเข้มสีของครีมขัดผิว ซึ่งใช้สารละลายสีแดง (0.1% w/v) ที่ปริมาณ ร้อยละ 0.3 เมื่อนำมาทดสอบด้านความรู้สึก ด้วยวิธี Just About Right แล้ว ดังตารางที่ 52 พบว่า มีจำนวนของผู้ทดสอบที่มีความรู้สึกถึงความเข้มของสี อยู่ในระดับที่แรงเล็กน้อย สูงถึงร้อยละ 50 หรือกล่าวได้ว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสีของครีมขัดผิวมีความเข้มมากเกินไป จึงทำการปรับปรุงด้านความเข้มสี โดยทดลองใช้สารละลายสีแดง (0.1% w/v) ในปริมาณ ร้อยละ 0.2 และ 0.3 ตามลำดับ และนำมาทดสอบโดยการให้คะแนนความชอบ ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale เพื่อหาปริมาณของสี ซึ่งให้ระดับความเข้มสีที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยผลการทดสอบความชอบด้านความเข้มสี แสดงผลดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 คะแนนความชอบด้านความเข้มสีของครีมขัดผิวซึ่งใช้สารละลายสีแดง (0.1% w/v) ที่ ร้อยละ 0.2 และ 0.3

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		t	sig
	ปริมาณสี ร้อยละ 0.2	ปริมาณสี ร้อยละ 0.3		
สี	7.10	7.77	-3.472	0.001*
ความชอบรวม	7.10	7.10	0.000	1.000 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

ผลจากการทดลอง พบว่า ความเข้มสีชมพูของครีมขัดผิว ที่ใช้สารละลายสีแดง (0.1% w/v) ในปริมาณ ร้อยละ 0.3 จะได้รับคะแนนความชอบที่สูงกว่าสูตรที่ใช้สารละลายสีแดง ในปริมาณ ร้อยละ 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้นการใช้สารละลายสีแดง ที่ร้อยละ 0.3 จึงให้ความเข้มของสีชมพู ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยผลการพัฒนาสูตรครีมขัดผิว สามารถสรุปส่วนประกอบของครีมขัดผิวที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ได้ดังตารางที่ 47 ดังนี้

ตารางที่ 47 ส่วนประกอบของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเปลือกข้าวที่ผ่านการพัฒนา

ส่วน	ส่วนประกอบ	ร้อยละ
A	Water	72.81
	Carbopol polymer	0.27
	Heteropolysaccharide	0.27
	Cellulosic thickeners	0.27
B	Fatty alcohols	0.90
	Fatty acid esters	0.09
	Sorbitan esters	0.90
	alkyl phosphates and fatty alcohols	1.81
	Polysorbates	1.36
	Glycerin	4.52
	Lanolin + Mineral oil	0.90
	Cyclomethicone and Dimethiconol	2.71
	Vegetable triglyceride	0.90
	Synthetic Purcellin oil	0.90
C	Water	4.52
	Neutralizer	0.45
D	Silica (exfoliating agent)	4.98
E	Perservative 1	0.27
	Perservative 2	0.36
F	red color (0.1% w/v)	0.27
G	Floral fruit scent	0.45
	Fixative	0.05



ภาพที่ 30 ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

### 3.5 การตรวจสอบคุณภาพของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ผลจากการพัฒนาสูตรครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว จากการทดลองในข้อ 3.2-3.4 เมื่อนำสูตรครีมที่ผ่านการพัฒนาแล้ว มาทำการตรวจสอบคุณภาพ ทางด้านเคมี กายภาพ ทางประสาทสัมผัส ทางจุลินทรีย์ และค่าคุณภาพทางคลินิก ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 48 ผลการตรวจสอบคุณภาพของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

คุณภาพ	ผลการวัดค่า
1. คุณภาพทางด้านกายภาพ	
สี (L* a* b*)	61.41 27.79 8.04
ความหนืด (cP)	34,453.33
ความคงตัว ( Freeze Thaw cycle )	คงตัวไม่แยกชั้น
2. คุณภาพทางเคมี	
ค่าความเป็นกรดต่าง	6.01

ตารางที่ 48 (ต่อ)

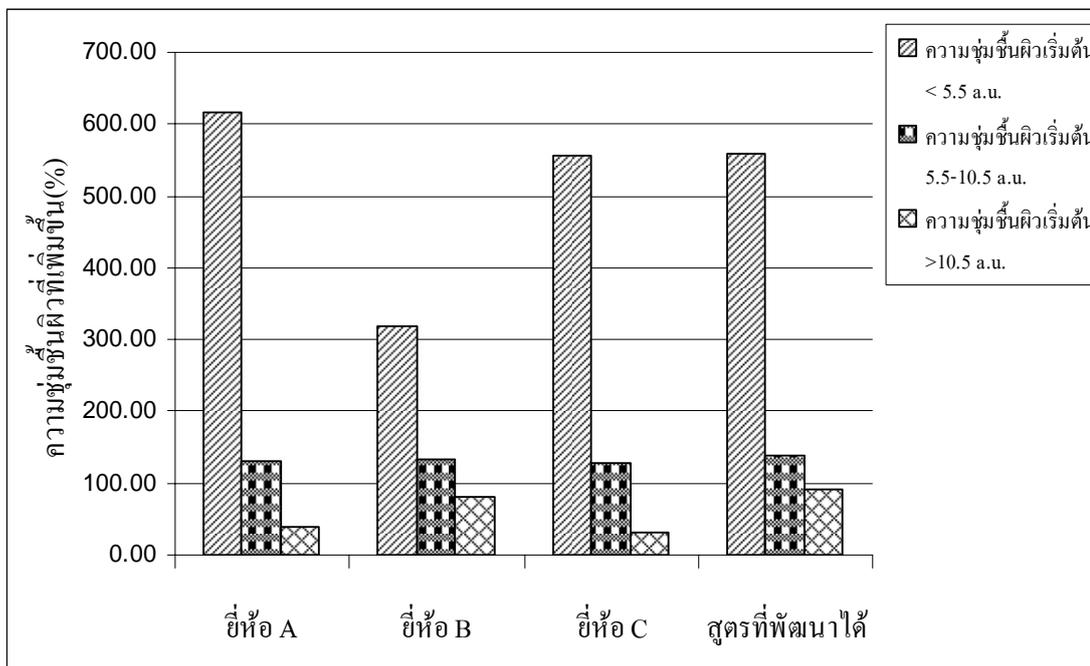
คุณภาพ	ผลการวัดค่า
3. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	
<i>Clostridium</i> spp.	ไม่พบ
<i>Escherichia coli</i>	ไม่พบ
Coliform bacteria	น้อยกว่า 10 colony/g
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ไม่พบ
<i>Staphylococcus. aureus</i>	ไม่พบ
<i>Streptococcus</i> spp.	ไม่พบ
ยีสต์ และ รา	น้อยกว่า 10 colony/g
Salmonella	ไม่พบ

ตารางที่ 49 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว  
ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความเข้ม
1. คุณลักษณะระหว่างการใส่	
การกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหนัง	4.09±0.88
ความเหนียวของเม็ดขัด	2.96±0.44
การกระจายตัวของเนื้อครีม	10.11 ±0.94
2. คุณลักษณะภายหลังการใช้	
ความชุ่มชื้นผิว	7.98 ± 0.84
ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว	8.09±0.45
ความรู้สึกสะอาด	8.36±0.76
ความแห้งผิว	3.05±1.01
การเกิดผื่นแดง	0.17±0.20

ผลจากการตรวจสอบคุณภาพทางทางด้านเคมี กายภาพ ทางประสาทสัมผัส และทางจุลินทรีย์ ของสูตรครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ พบว่าค่าคุณภาพในด้านต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยเฉพาะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะ ที่เมื่อผ่านการพัฒนาสูตรแล้วจะได้คุณภาพอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังแสดงผลในตารางที่ 49

จากผลการวัดค่าคุณภาพทางคลินิกในด้านความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ของสูตรครีมขัดผิวที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด พบว่า ในกลุ่มผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชุ่มชื้นผิวสูงสุด เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วง 5.5-10.5 a.u. และ มากกว่า 10.5 a.u. ตามลำดับ โดยครีมขัดผิวที่พัฒนาได้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวหนังภายหลังการใช้ ได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด คือยี่ห้อ C สำหรับกลุ่มผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. โดยให้ค่าความชุ่มชื้นผิวเพิ่มขึ้นประมาณ 560 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่ายี่ห้อ B ที่ให้ค่าที่เพิ่มขึ้นเพียง 318 % ในขณะที่ยี่ห้อ A จะให้ค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 616 % ส่วนในกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้น ในช่วง 5.5-10.5 a.u. พบว่าครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ สามารถให้ค่าความชุ่มชื้นที่เพิ่มขึ้นภายหลังการใช้ได้ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์ทุกยี่ห้อในท้องตลาด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 127-139 % และสำหรับกลุ่มผู้ทดสอบที่มีค่าชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นมากกว่า 10.5 a.u. พบว่า ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ ให้ค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น มากกว่า ยี่ห้อ A และ C และให้ค่าที่ใกล้เคียงกับยี่ห้อ B ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ว่าประสิทธิภาพของครีมขัดผิวที่ผ่านการพัฒนาแล้ว มีความสามารถในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวภายหลังการใช้ ได้ใกล้เคียงและอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ในผู้ทดสอบทุกกลุ่มที่มีค่าความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นที่แตกต่างกัน โดยผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 ค่าความชุ่มชื้นผิวที่เพิ่มขึ้น (%) ภายหลังจากใช้ครีมขัดผิวในท้องตลาด เทียบกับครีมขัดผิวสูตรที่พัฒนาได้

ผลจากการวัดค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังทั้งก่อนและภายหลังจากใช้ ครีมขัดผิวสูตรที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยพิจารณาจากค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ดังตารางที่ 50 พบว่าครีมขัดผิวทุกตัวอย่างที่นำมาศึกษา มีประสิทธิภาพในการเพิ่มสภาพความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง โดยจะให้ค่า  $U_r/U_f$  ที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากใช้ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการกลับคืนสภาพเดิมของผิวภายหลังจากถูกกระทำด้วยแรงกด และนอกจากนี้ ทุกตัวอย่างภายหลังจากใช้ ยังให้ค่า  $U_v/U_e$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติในด้านความเป็น visco elastic ของผิว โดยหากผิวหนังมีความยืดหยุ่นสูง จะหมายถึงค่าในสัดส่วนดังกล่าวที่จะมีค่าลดน้อยลง ซึ่งจากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ถือเป็นจุดเด่นของสูตรครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ นั่นคือ  $U_a/U_f$  หรือ ค่า gross-elasticity ที่มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังจากใช้ อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดทั้ง 3 ยี่ห้อ ไม่สามารถให้ค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญได้ภายหลังจากใช้ โดยปัจจัยดังกล่าวจะบอถึงความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนังและยิ่งหากมีค่าสูง จะหมายถึงสภาพผิวหนังที่มีความยืดหยุ่นสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบค่าปัจจัยที่ใช้อธิบายความยืดหยุ่นของผิวหนัง ก่อนการใช้และภายหลังการใช้ครีมขัดผิวสูตรที่พัฒนาได้ และผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาด

สูตรครีมขัดผิว	ปัจจัยแสดงความยืดหยุ่นของผิวหนัง	ก่อนการใช้	ภายหลังการใช้	Paired sample t-test	
				t	Sig (2-tailed)
สูตรที่พัฒนาได้	R2=Ua/Uf	0.9084	0.9286	-2.105	0.045*
	R5=Ur/Ue	0.9163	0.9605	-1.353	0.188
	R6=Uv/Ue	0.6594	0.5285	3.096	0.005*
	R7=Ur/Uf	0.5977	0.6292	-2.291	0.031*
ยี่ห้อ A	R2=Ua/Uf	0.9184	0.9324	-2.009	.056
	R5=Ur/Ue	0.8641	0.9531	-2.096	.047*
	R6=Uv/Ue	0.6991	0.4999	9.271	.000*
	R7=Ur/Uf	0.634	0.7555	-5.025	.000*
ยี่ห้อ B	R2=Ua/Uf	0.8972	0.9208	-1.820	.082
	R5=Ur/Ue	0.8675	0.9427	-3.925	.001*
	R6=Uv/Ue	0.6691	0.661	0.203	.841
	R7=Ur/Uf	0.5495	0.577	-2.662	.014*
ยี่ห้อ C	R2=Ua/Uf	0.8948	0.9156	-1.999	0.058
	R5=Ur/Ue	0.8816	0.9158	-1.528	0.140
	R6=Uv/Ue	0.6521	0.5196	4.635	0.000*
	R7=Ur/Uf	0.5579	0.7177	-7.543	0.000*

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

### 3.6 คำนวณต้นทุนในการผลิตครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว

ตารางที่ 51 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว จำนวน 1000 กรัม

วัตถุดิบที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ (กรัม/1000 กรัม)	ราคาต่อหน่วย (บาท/กก.)	ต้นทุน (บาท)
Water (Reverse Osmosis)	770.30	50	38.52
Carbopol polymer	2.71	1000	2.71
Heteropolysaccharide	2.71	1100	2.99
Cellulosic thickeners	2.71	1000	2.71
Fatty alcohols	9.05	120	1.09
Fatty acid esters	0.90	180	0.16
Sorbitan esters	9.05	250	2.26
alkyl phosphates and fatty alcohols	18.10	1200	21.72
Polysorbates	13.57	140	1.90
Glycerin	45.25	75	3.39
Lanolin + Mineral oil	9.05	540	4.89
Cyclomethicone and Dimethiconol	27.15	350	9.50
Vegetable triglyceride	9.05	1000	9.05
Synthetic Purcellin oil	9.05	500	4.52
Neutralizer	4.52	75	0.34
Silica (exfoliating agent)	49.77	173	8.61
Perservative 1	2.71	500	1.36
Perservative 2	3.62	1100	3.98
red color (0.1% w/v)	2.71	1000	2.71
Floral fruit scent	4.52	1000	4.52
Fixative	0.45	1800	0.81
รวม	1000 กรัม	-	127.74

หมายเหตุ การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการผลิต (weight loss:%) เท่ากับ 10 %

จากผลการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจาก แกลบข้าวจำนวน 1,000 กรัม แสดงดังตารางที่ 51 พบว่า มีราคาประมาณ 127.74 บาท แต่เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการผลิตเท่ากับ 10 % ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบของครีมขัดผิวจำนวน 1,000 กรัม จึงมีราคาประมาณ 142 บาท และเมื่อคิดเป็นราคาต้นทุนทั้งหมดต่อ 1 หน่วยการผลิต หรือครีม 1 กระปุก ซึ่งมีขนาดบรรจุ 50 กรัม โดยรวมค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ตามสูตรการคำนวณต้นทุนการผลิตของ จิรพรรณ และคณะ (2525) พบว่าต้นทุนทั้งหมดต่อการผลิตครีมขัดผิว 1 กระปุก มีราคาประมาณ 33 บาท (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ) โดยราคาวัตถุดิบต่อหน่วยเป็นราคาที่ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งทำการวิเคราะห์ต้นทุนอยู่ในช่วงเดือน ตุลาคม 2548

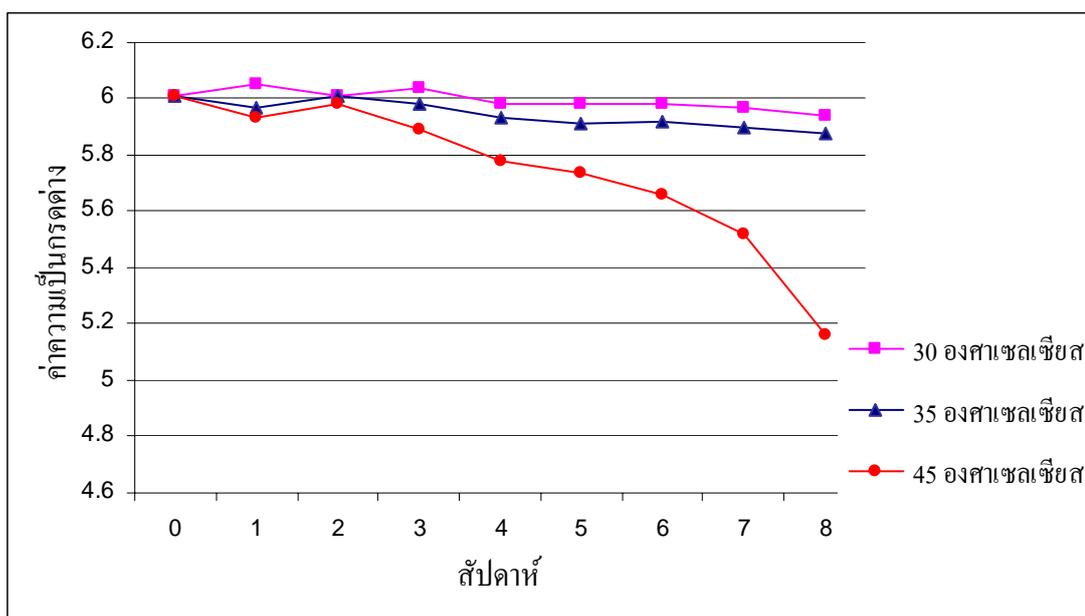
#### 4. การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างการเก็บรักษา

นำครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่พัฒนาได้ บรรจุในกระปุกแก้วขนาด 50 กรัม มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) และในสภาวะเร่งที่ 35 °C และ 45 °C โดยสุ่มตัวอย่างมาวัดค่าคุณภาพทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

##### 4.1 คุณภาพทางเคมี

ค่าความเป็นกรดต่างของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่เก็บในสภาวะเร่ง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าลดลงนับจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยครีมขัดผิวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) ซึ่งเป็นสภาวะควบคุม จะมีค่าความเป็นกรดต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป เช่นเดียวกับครีมขัดผิวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C ส่วนการเก็บในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 °C มีผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 เป็นต้นไปอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเก็บรักษาอิมัลชันในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิสูง มีส่วนเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วขึ้น โดยค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายในช่วงเวลาการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ของทั้ง 3 สภาวะ พบว่ามีค่าลดลงไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยสาเหตุที่ค่าความเป็นกรดต่างลดลง เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่อยู่ในเฟสน้ำมัน ซึ่งมีองค์ประกอบของสายโซ่ที่

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (oxidized chain) เช่น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxides) เป็นต้น ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งคือการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ของไตรกลีเซอไรด์ ของน้ำมัน เช่น น้ำมันรำข้าว เป็นต้น ทำให้เกิดกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (free fatty acid) จึงเป็นผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง (Masmoudi *et al.*, 2004) เนื่องจากน้ำมันจากพืชและสัตว์ จะเกิดการหืนง่ายและเมื่ออยู่ในสภาวะที่ได้รับความร้อนมากเกินไปจะเป็นการเร่งให้เกิดการสลายตัว (พิมพร, 2544) โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ของครีมขจัดผิวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ แสดงดังภาพที่ 32



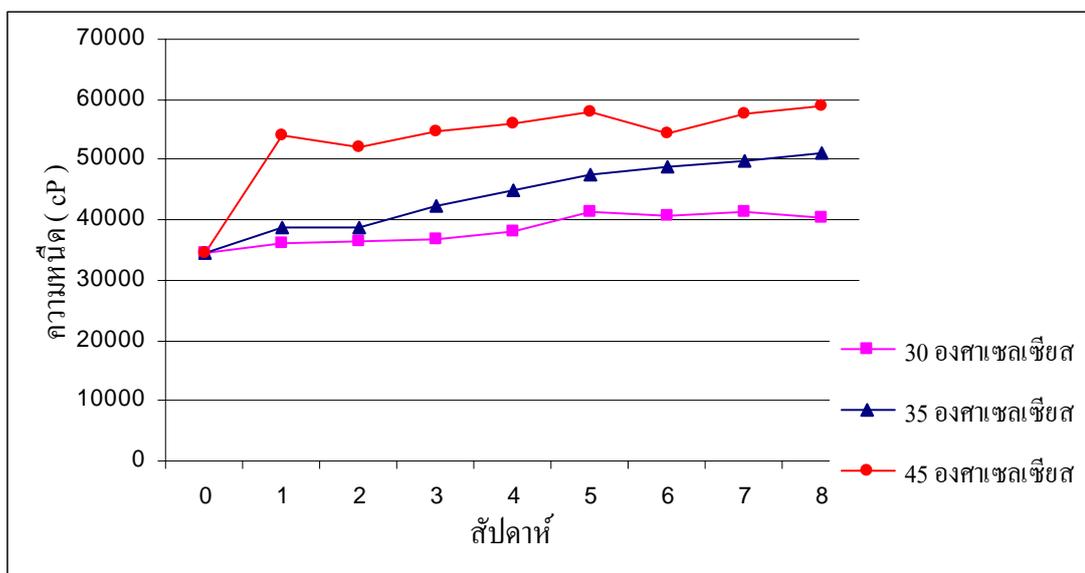
ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ของครีมขจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์

## 4.2 คุณภาพทางกายภาพ

### 4.2.1 ค่าความหนืด

ค่าความหนืดของครีมขจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว เมื่อเก็บรักษาในสภาวะเร่ง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดไปจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเก็บในสภาวะควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) และสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C มีผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นับตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 เป็นต้นไป จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งค่าความหนืดสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) และสภาวะเร่ง

ที่อุณหภูมิ 35 °C จะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่การเก็บในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 45 °C จะมีผลให้ค่าความหนืดสุดท้ายเปลี่ยนแปลงและเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากครีมจัดผิวที่พัฒนาได้ จัดเป็นอิมัลชันชนิด O/W ถ้าเก็บรักษาในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงเกินไป จะมีผลให้น้ำในสูตรซึ่งเป็นเฟสภายนอกกระเหยออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งง่าย (พิมพร, 2544) ดังนั้นการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิสูง (45 °C) จึงมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอิมัลชัน โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และ ที่อุณหภูมิ 35 °C ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราการระเหยของน้ำในสูตรออกไปจากเนื้อครีมสูงมากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังภาพที่ 33



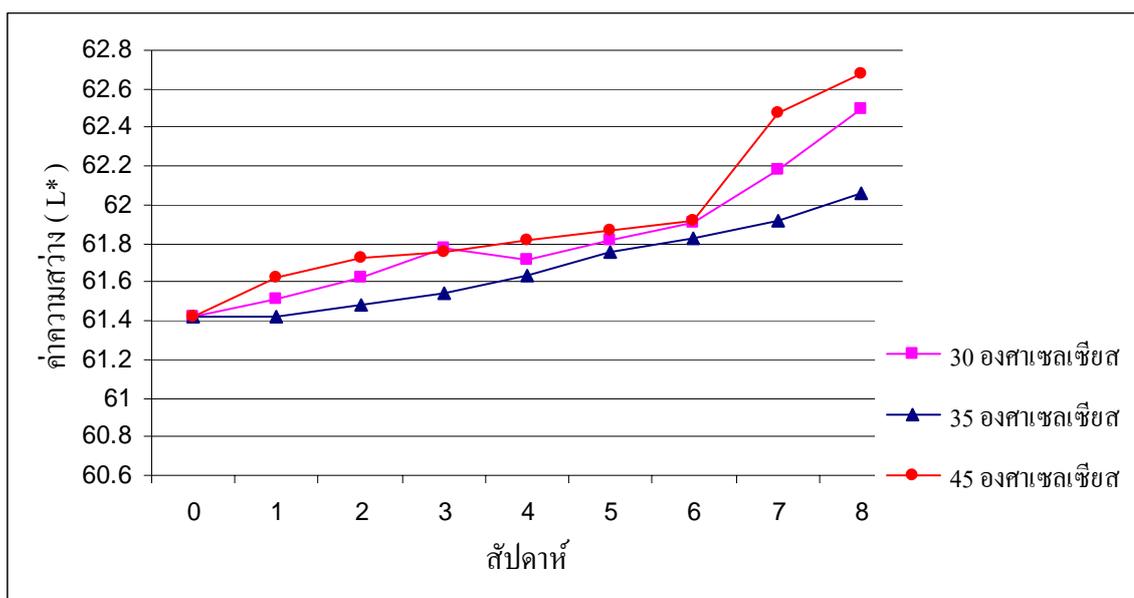
ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด ของครีมจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์

#### 4.2.2 ค่าสี (L\* a\* b\*)

##### 4.2.2.1 ค่า L\*

ในด้านค่าสีของครีมจัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแคลบข้าว โดยวัด

ค่าในระบบ CIE  $L^* a^* b^*$  ซึ่งครีมขั้วผิวที่พัฒนาได้จะมีสีชมพูอ่อน โดยเมื่อพิจารณาที่ ค่า  $L^*$  หรือค่าความสว่างของครีมขั้วผิว พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) และสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ จะมีแนวโน้มของค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หรือสีของผลิตภัณฑ์จะซีดหรืออ่อนลงนั่นเอง ซึ่งที่อุณหภูมิ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  จะมีผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นสูงสุด หรือมีสีซีดลงมากที่สุด โดยค่าความสว่างสุดท้ายของสีครีมขั้วผิวเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ทั้งใน 3 สภาวะ จะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของการเก็บรักษา ทั้งนี้การพิจารณาความเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างเพียงอย่างเดียว อาจจะอธิบายผลได้ไม่ชัดเจน ซึ่งควรจะพิจารณาที่ค่า  $a^*$  หรือค่าที่บอกความเป็นสีแดงและสีเขียวของผลิตภัณฑ์จะเห็นผลที่ชัดเจนกว่า เนื่องจากครีมขั้วผิวมีสีชมพูอ่อน โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง แสดงดังภาพที่ 34

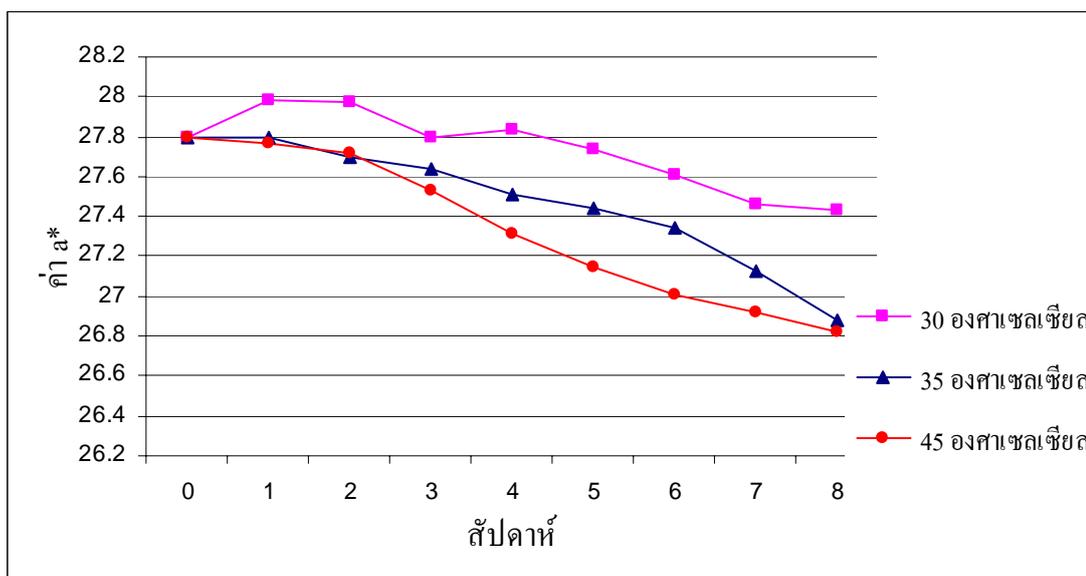


ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของสีครีมขั้วผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

#### 4.2.2.2 ค่า $a^*$

เมื่อพิจารณา ค่า  $a^*$  หรือค่าที่บอกความเป็นสีแดงและสีเขียวของ

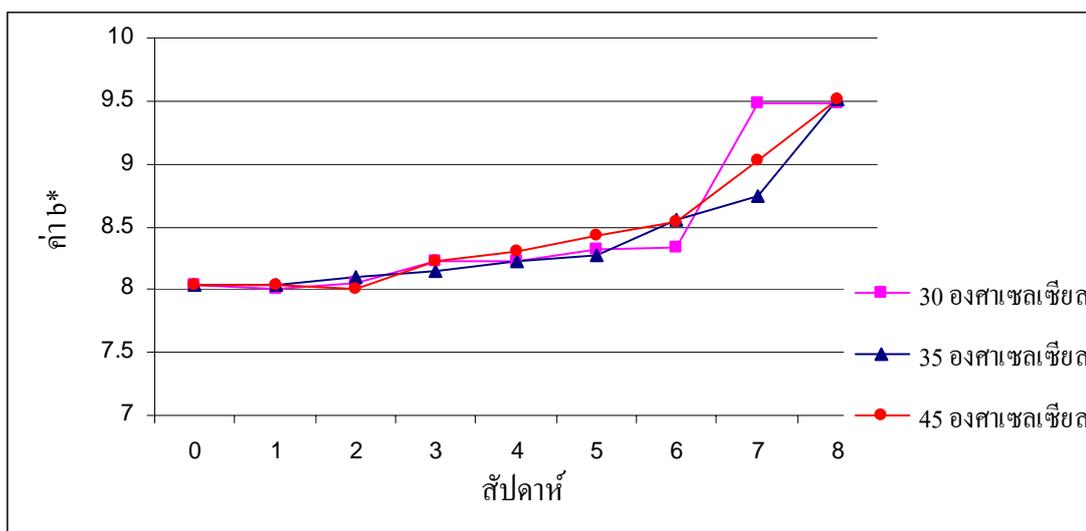
ตัวอย่าง โดยถ้าค่า  $a^*$  มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นสีแดง ถ้าค่า  $a^*$  มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นสีเขียว ซึ่งจากค่าที่วัดได้ พบว่า สีของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวเป็นสีชมพูอ่อน ดังนั้นค่า  $a^*$  จึงมีค่าเป็นบวก โดยในช่วงระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่า ค่า  $a^*$  ของครีมขัดผิวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป หรือผลิตภัณฑ์มีสีชมพูที่ซีดหรืออ่อนลงนั่นเอง โดยที่อุณหภูมิ 45 °C จะมีผลให้ค่า  $a^*$  ลดลงมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่สูงเกินไปในการเก็บรักษา จะมีผลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏในด้านสีของผลิตภัณฑ์ให้มีความเข้มสีที่อ่อนลง ส่วนการเก็บรักษาในสภาวะควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (30°C) นาน 8 สัปดาห์ พบว่าค่า  $a^*$  จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่า  $a^*$  สุดท้ายเมื่อผ่านการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ จะมีค่าลดลงไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น โดยการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ในส่วนของค่า  $a^*$  ของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจาก แกลบข้าว ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

4.2.2.2 ค่า  $b^*$ 

เมื่อพิจารณาค่า  $b^*$  หรือค่าที่บอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินของ ตัวอย่างโดยถ้ำค่า  $b^*$  เป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง และถ้ำค่า  $b^*$  เป็นลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์ มีสีน้ำเงิน ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ จะมีแนวโน้มของค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ ผลิตภัณฑ์มีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น ทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) และในสภาวะเร่งที่ อุณหภูมิ  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยค่า  $b^*$  จะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของ การเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสี  $b^*$  ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ในส่วนของค่า  $b^*$  ของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจาก แกลบข้าว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าคุณภาพโดยส่วนใหญ่ ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) และในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของการเก็บรักษา ยกเว้นค่าความหนืดของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 50 โดย

มีค่าเท่ากับร้อยละ 71 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความคงตัวพอที่จะนำออกสู่ตลาดได้หรือไม่จะพิจารณาที่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติใดๆ ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 62 ของค่าเริ่มต้น ถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีความคงตัวและไม่ควรนำออกสู่ตลาด (พินิตา, 2545) ดังนั้นค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ จึงถือว่ามีเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงที่น้อยกว่าร้อยละ 62 แสดงให้เห็นถึงความคงตัวของสูตรดังกล่าวในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการเก็บรักษา ส่วนสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C ที่มีผลให้ค่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 62 ของค่าเริ่มต้น จึงถือเป็นข้อควรระวังของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้ ว่าไม่ควรเก็บที่อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

#### 4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการทดสอบด้วยวิธี Quantitative Descriptive Analysis ของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) และ ที่สภาวะเร่งคือ 35 °C และ 45 °C โดยทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกๆ 4 สัปดาห์ เทียบกับค่าคุณภาพเริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่า ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยส่วนใหญ่ทั้งในคุณลักษณะระหว่างการใช้และภายหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าคุณภาพในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยครีมขัดผิวที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้งคุณลักษณะระหว่างการใช้และภายหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีค่าคะแนนความชุ่มชื้นที่ไม่แตกต่างจากค่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังตารางที่ 52

ส่วนการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C พบว่าค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของคุณลักษณะระหว่างการใช้ ได้แก่ การกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหน้า และการกระจายตัวของเนื้อครีม มีค่าคะแนนความชุ่มชื้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผ่านการเก็บรักษาตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป โดยการกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหน้า จะมีค่าคะแนนความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้นหรือ เม็ดขัดผิวสามารถกระจายตัวบนผิวหน้าได้น้อยลง ส่วนการกระจายตัวของเนื้อครีม พบว่ามีค่าคะแนนความชุ่มชื้นที่ลดลง หรือหมายถึงความสามารถในการกระจายตัวของเนื้อครีมที่ลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในด้านความหนืด ที่เกิดจากการ

ระเหยของน้ำในสูตรออกไปในระหว่างการเก็บรักษา มีผลให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อความสามารถในด้านการกระจายตัวของเนื้อครีม และการกระจายตัวของเม็ดขี้ดบนผิวหนัง ให้มีค่าลดลง โดยค่าคะแนนความชุ่มชื้นในคุณลักษณะด้านการกระจายตัวของเม็ดขี้ดบนผิวหนัง และการกระจายตัวของเนื้อครีม ของสูตรครีมขี้ดผิวที่พัฒนาได้จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 62 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น ในช่วงระหว่างการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านอื่นๆที่เหลือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขี้ดผิวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 60 และ 61

ตารางที่ 52 ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขี้ดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชุ่มชื้นเฉลี่ยสัปดาห์		
	0	4	8
<b>1. คุณลักษณะระหว่างการใช้</b>			
การกระจายตัวของเม็ดขี้ดบนผิวหนัง <sup>ns</sup>	4.09±0.88	4.12±0.56	4.18±0.78
ความแหลมคมของเม็ดขี้ด <sup>ns</sup>	2.96±0.44	3.00±0.34	3.05 ± 0.45
การกระจายตัวของเนื้อครีม <sup>ns</sup>	10.11 ±0.94	9.95 ± 0.89	9.88 ± 0.91
<b>2. คุณลักษณะภายหลังการใช้</b>			
ความชุ่มชื้นผิว <sup>ns</sup>	7.98 ± 0.84	8.05 ± 0.89	8.10 ± 0.91
ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว <sup>ns</sup>	8.09±0.45	8.15 ± 0.55	7.98 ± 0.67
ความรู้สึกสะอาด <sup>ns</sup>	8.36±0.76	8.45 ± 0.77	8.30 ± 0.85
ความแห้งผิว <sup>ns</sup>	3.05±1.01	2.99 ± 0.89	3.04 ± 0.76
การเกิดผื่นแดง <sup>ns</sup>	0.17±0.20	0.16 ± 0.21	0.17 ± 0.24

หมายเหตุ<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 53 ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบ  
ข้าว ในระหว่างรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความเข้มข้นสัปดาห์		
	0	4	8
1. คุณลักษณะระหว่างการใช้			
การกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหนัง	4.09 ± 0.88 <sup>b</sup>	5.92 ± 0.65 <sup>a</sup>	6.17 ± 0.89 <sup>a</sup>
ความแหลมคมของเม็ดขัด <sup>ns</sup>	2.96 ± 0.44	3.15 ± 0.34	2.98 ± 0.55
การกระจายตัวของเนื้อครีม	10.11 ± 0.94 <sup>a</sup>	8.89 ± 0.86 <sup>b</sup>	8.75 ± 0.98 <sup>b</sup>
2. คุณลักษณะภายหลังการใช้			
ความชุ่มชื้นผิว <sup>ns</sup>	7.98 ± 0.84	7.99 ± 0.79	7.90 ± 0.95
ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว <sup>ns</sup>	8.09 ± 0.45	7.95 ± 0.65	7.98 ± 0.68
ความรู้สึกสะอาด <sup>ns</sup>	8.36 ± 0.76	8.30 ± 0.57	8.40 ± 0.65
ความแห้งผิว <sup>ns</sup>	3.05 ± 1.01	3.01 ± 0.69	3.07 ± 0.86
การเกิดผื่นแดง <sup>ns</sup>	0.17 ± 0.20	0.17 ± 0.22	0.18 ± 0.27

หมายเหตุ<sup>a-b</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 54** ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความเข้มข้นสัปดาห์		
	0	4	8
<b>1. คุณลักษณะระหว่างการใช้</b>			
การกระจายตัวของเม็ดขัดบนผิวหนัง	4.09 ± 0.88 <sup>b</sup>	6.25 ± 0.78 <sup>a</sup>	6.30 ± 0.89 <sup>a</sup>
ความแหลมคมของเม็ดขัด <sup>ns</sup>	2.96 ± 0.44	3.13 ± 0.39	3.08 ± 0.45
การกระจายตัวของเนื้อครีม	10.11 ± 0.94 <sup>a</sup>	8.55 ± 0.86 <sup>b</sup>	8.45 ± 0.98 <sup>b</sup>
<b>2. คุณลักษณะภายหลังการใช้</b>			
ความชุ่มชื้นผิว <sup>ns</sup>	7.98 ± 0.84	7.95 ± 0.69	7.90 ± 0.85
ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว <sup>ns</sup>	8.09 ± 0.45	7.90 ± 0.63	7.99 ± 0.78
ความรู้สึกระคายเคือง <sup>ns</sup>	8.36 ± 0.76	8.29 ± 0.47	8.25 ± 0.55
ความแห้งผิว <sup>ns</sup>	3.05 ± 1.01	3.09 ± 0.78	3.10 ± 0.89
การเกิดผื่นแดง <sup>ns</sup>	0.17 ± 0.20	0.13 ± 0.25	0.14 ± 0.32

**หมายเหตุ** <sup>a-b</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ )

#### **5. การยอมรับของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว**

ทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Home Use Test กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคเพศหญิง อายุ 20-60 ปี จำนวน 100 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-probability sampling) โดยการแจกแบบสอบถามและตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้ทดสอบเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

### 5.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีอายุระหว่าง 41-50 ปี ร้อยละ 29 รองลงมาคือ 31-40 ปี ร้อยละ 28 20-30 ปี ร้อยละ 27 และ 51-60 ปี ร้อยละ 21 การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ ส่วนใหญ่จบปริญญาตรี ร้อยละ 64 รองลงมาคือสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 25 อาชีพของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คือ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 43 รองลงมาคือ พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 27 รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ คือ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 20 รองลงมาคือ 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 19 โดยเมื่อถามถึงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้บ่อยที่สุดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเป็นโฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ สูงที่สุด คือ ร้อยละ 37 รองลงมาคือ ครีมนวดผิว และ เจล/ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากัน คือร้อยละ 19 ซึ่งข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงดังตารางที่ 55

ตารางที่ 55 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

n=105		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
1. อายุ		
20-30 ปี	27	25.7
31-40 ปี	28	26.7
41-50 ปี	29	27.6
51-60 ปี	21	20.0
2. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	1	1.0
มัธยมศึกษาตอนต้น	1	1.0
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.	8	7.6
อนุปริญญา/ปวส.	6	5.7
ปริญญาตรี	64	61.0
สูงกว่าปริญญาตรี	25	23.8

## ตารางที่ 55 (ต่อ)

n=105

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
3. อาชีพ		
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	43	41.0
พนักงานบริษัทเอกชน	27	25.7
นักเรียน/นักศึกษา	20	19.0
ลูกจ้าง	7	6.7
ธุรกิจส่วนตัว	4	3.8
แม่บ้าน	4	3.8
4. รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	12	11.4
5,001-10,000 บาท	19	18.1
10,001-15,000 บาท	20	19.0
15,001-20,000 บาท	13	12.4
20,001- 25,000 บาท	4	3.8
25,001-30,000 บาท	11	10.5
30,001-35,000 บาท	10	9.5
35,001-40,000 บาท	3	2.9
มากกว่า 40,000	13	12.4
5. รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้บ่อยที่สุด		
โฟมล้างหน้าผสมเม็ดสครับ	37	35.2
ครีมขัดผิว	19	18.1
เจล/ครีมอาบน้ำผสมเม็ดสครับ	19	18.1
ผงสมุนไพรสำหรับขัดผิว	12	11.4
เกลือญี่ปุ่น/เกลือขัดผิว	7	6.7
เจลขัดผิว	7	6.7
สบู่อผสมเม็ดสครับ	3	2.9
มะขามเปียก/ดินสอพอง/ น้ำผึ้ง	1	1.0

## 5.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว

จากการทดสอบการยอมรับ โดยให้กลุ่มตัวอย่างใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ในขณะที่การอาบน้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และถามความคิดเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้บ่อยที่สุด ในข้อ 5 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่ให้ทดลองใช้ มีขนาดของเม็ดขัดผิวเล็กเกินไป ทำให้รู้สึกว่าการขัดผิวมีประสิทธิภาพในการขัดมีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยต้องการให้เม็ดขัดผิวมีขนาดใหญ่และหยาบกว่านี้เล็กน้อย พร้อมทั้งต้องการให้เพิ่มปริมาณของเม็ดขัดผิวให้มากขึ้น เนื่องจากส่วนใหญ่มีความรู้สึกว่าการขัดผิวมีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่ใช้อยู่มาก ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหมือนครีมทาผิวมากกว่าสครับขัดผิว เนื่องจากเนื้อครีมมีความลื่นและมันมากกว่าเมื่อขัดบนผิวที่เปียก ทำให้เนื้อครีมเหลวเกินไปเวลาขัดบนผิว โดยให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น เพื่อให้ติดผิวเวลาขัดมากกว่านี้ แต่ส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าเนื้อครีมมีความเนียนละเอียดดี ซึ่งภายหลังการใช้จะเห็นผลชัดเจนว่าผิวนุ่มและเนียนขึ้น รู้สึกว่าผิวมีชุ่มชื้นดี แต่ไม่ค่อยมีกลิ่นติดผิวหลังจากล้างผลิตภัณฑ์ออกแล้ว เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดที่มีกลิ่นหอมและติดทนนานมากกว่า

จากผลการทดสอบผลิตภัณฑ์โดยถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีคุณภาพดีเท่ากับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ถึงร้อยละ 59 รองลงมา มีความเห็นว่ามีความดีจากร้อยละ 26 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 86.7 ส่วนเหตุผลที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้มีขนาดของเม็ดขัดผิวที่เล็ก และมีปริมาณเม็ดขัดผิวที่น้อยเกินไป คิดเป็นร้อยละ 57.7 เท่ากัน ทั้งสองเหตุผล รองลงมาให้เหตุผลว่ามีลักษณะเม็ดขัดผิวที่ใช้แล้วรู้สึกเจ็บและแสบร้อยละ 21.4 โดยผู้ทดสอบกลุ่มนี้อาจเป็นผู้ที่มีสภาพผิวบอบบางและแพ้ง่าย เนื่องจากซิลิกาที่ใช้เป็นเม็ดขัดผิวในผลิตภัณฑ์ มีขนาดเล็ก ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ได้ทดลองใช้จะไม่เกิดความรู้สึกเจ็บหรือแสบในขณะที่การใช้ขัดบนผิวหน้า โดยข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 56

ตารางที่ 56 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว

n=105		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
6. ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นี้		
เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด		
ดีกว่า	26	24.8
ดีเท่ากัน	59	56.2
ด้อยกว่า	20	19.0
7. การยอมรับผลิตภัณฑ์		
ยอมรับ (ข้ามไปตอบข้อ 9)	91	86.7
ไม่ยอมรับ (ตอบข้อ 8 ต่อ)	14	13.3
8. เหตุผลที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ <sup>1</sup>		
ปริมาณเม็ดขัดผิวที่น้อยเกินไป	8	57.1
ขนาดเม็ดขัดผิวที่เล็กเกินไป	8	57.1
ลักษณะเม็ดขัดผิวที่ทำให้รู้สึก		
เจ็บและแสบ	3	21.4
ล้างออกยาก	1	7.1
สีและกลิ่นที่ไม่น่าใช้	1	7.1

หมายเหตุ<sup>1</sup> หมายถึง คำถามที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบได้มากกว่า 1 ข้อ และถามเฉพาะผู้ที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 57** ข้อมูลคะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว จากการทดสอบการยอมรับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย	ระดับความชอบ
1. สีของครีม	7.05	ชอบปานกลาง
2. กลิ่นของครีม	6.90	ชอบปานกลาง
3. ความข้นหนืด	6.50	ชอบปานกลาง
4. การกระจายตัวของครีมขัดบนผิวหน้า	6.68	ชอบปานกลาง
5. ความชุ่มชื้นผิวภายหลังการใช้	7.03	ชอบปานกลาง
6. ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว ภายหลังการใช้	7.03	ชอบปานกลาง
7. ความรู้สึกสะอาด	6.95	ชอบปานกลาง
8. ความชอบโดยรวม	7.10	ชอบปานกลาง

**ตารางที่ 58** ข้อมูลด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว จากการทดสอบการยอมรับ

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. สี	3.68	พึงพอใจมาก
2. กลิ่น	3.56	พึงพอใจมาก
3. ลักษณะของเม็ดขัดผิว (ใช้แล้วไม่รู้สึกเจ็บหรือแสบ)	3.56	พึงพอใจมาก
4. การล้างออก	3.60	พึงพอใจมาก
5. ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว หลังการใช้	3.58	พึงพอใจมาก
6. ไม่เกิดอาการแพ้หรือระคายเคือง	3.99	พึงพอใจมาก
7. ความปลอดภัยเนื่องจากเป็น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ	4.09	พึงพอใจมาก
8. ความสามารถในการขัดเซลล์ผิว ที่ตายแล้วออก	3.19	พึงพอใจปานกลาง

จากผลคะแนนด้านความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของ ซิลิกาจากแกลบข้าว แสดงดังตารางที่ 57 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ชอบปานกลาง ในทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ รวมถึงความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วย ส่วนข้อมูลในด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับที่พึงพอใจมากในเกือบทุกคุณสมบัติ โดยมีเพียงคุณสมบัติเดียวเท่านั้น คือ ความสามารถในการขัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วออก ที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผลข้อมูลด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 58

### 5.1 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

ข้อมูลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ภายหลังจากทดลองใช้ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 84.8 มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ไม่ซื้อ โดยให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเม็ดขัดที่น้อยเกินไป คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือร้อยละ 37.5 รองลงมาคือ รูปแบบไม่สะดวกในการใช้งาน ร้อยละ 18.8 และที่เหลือ ให้เหตุผลว่า ล้างออกยาก ผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ขัดแล้วรู้สึกเจ็บหรือแสบ และ ใช้น้ำแล้วผิวแห้ง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากัน คือร้อยละ 12.5 เท่ากันทั้งสามเหตุผล ในด้านราคาที่เหมาะสมในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ต่อ 250 กรัม ส่วนใหญ่ตอบว่าควรมีราคาประมาณ 120- 130 บาท ร้อยละ 63.8 ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด รองลงมาคือ 141 – 150 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.1 ซึ่งข้อมูลในด้านของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 59

ตารางที่ 59 ข้อมูลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว

จากการทดสอบการยอมรับ

n=105

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
11. หากผลิตภัณฑ์มีวางจำหน่ายในท้องตลาด จะซื้อหรือไม่		
ซื้อ (ข้ามไปตอบข้อ 13)	89	84.8
ไม่ซื้อ (ตอบข้อ 12 ต่อ)	16	15.2

## ตารางที่ 59 (ต่อ)

n=105		
ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
12. เหตุผลที่ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ <sup>2</sup>		
มีปริมาณเม็ดขัดน้อยเกินไป	6	37.5
รูปแบบที่ไม่สะดวกในการใช้งาน	3	18.8
ล้างออกยาก	2	12.5
ลักษณะของเม็ดขัดผิวที่ขัด		
แล้วรู้สึกเจ็บหรือแสบ	2	12.5
ใช้แล้วผิวแห้ง	2	12.5
ใช้แล้วเกิดอาการแพ้	1	6.3
มีผลิตภัณฑ์อื่นที่คุณภาพดีกว่า	1	6.3
13. ราคาที่เหมาะสมในการจัดจำหน่าย		
ผลิตภัณฑ์ต่อ 250 กรัม		
120- 130 บาท	67	63.8
131 – 140 บาท	15	14.3
141 – 150 บาท	19	18.1
มากกว่า 150 บาท	4	3.8

หมายเหตุ<sup>2</sup> หมายถึง คำถามที่ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ และถามเฉพาะผู้ที่ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กับความชอบและความพึงพอใจในแต่ละคุณลักษณะ

จากผลการทดสอบความสัมพันธ์ โดยใช้วิธี  $\chi^2$ -test พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างข้อมูลของการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กับปัจจัยต่างๆแสดงดังตารางที่ 60 โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในด้านความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการใช้กับการยอมรับผลิตภัณฑ์ แสดงผลดังตารางที่ 61 และความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อกับความเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการใช้ แสดงดังตารางที่ 62 ตามลำดับ ส่วนข้อมูลในด้านปัจจัยส่วนบุคคลของผู้บริโภค ได้แก่ อายุ การศึกษา รายได้ และอาชีพ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับการ

ยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ โดยผลการทดสอบพบว่า ผู้บริโภคที่มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่ได้ทดลองใช้ มีคุณภาพดีกว่าและดีเท่ากับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด จะให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง คือ ร้อยละ 96.2 และ 91.5 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคที่มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้มีคุณภาพดีกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด จะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ 100 % ส่วนที่มีความเห็นว่ามีความดีเท่ากับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดจะตกลงใจซื้อ ร้อยละ 91.5 ในขณะที่บางส่วนที่มีความเห็นว่าคุณภาพดีน้อยกว่า จะมีเปอร์เซ็นต์ของการตัดสินใจซื้อเพียงร้อยละ 45 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผู้ที่ไม่ซื้อคือร้อยละ 55 ตามลำดับ

ตารางที่ 60 ความสัมพันธ์ ( $\chi^2$ -test) ระหว่างการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กับปัจจัย  
ด้านต่างๆ

ข้อมูลการสำรวจ	$\chi^2$ -test
การยอมรับ * ความคิดเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	0.000*
การตัดสินใจซื้อ * ความคิดเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	0.000*
การตัดสินใจซื้อ * การยอมรับ	0.000*

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 61 ความสัมพันธ์ ( $\chi^2$ -test) ของการยอมรับผลิตภัณฑ์กับความคิดเห็นที่มีต่อครีมขัดผิว  
ที่พัฒนาได้ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

คิดเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับ ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	ความถี่รวม	ความถี่ (คน)		ร้อยละ <sup>1</sup>	
		ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
ดีกว่า	26	25	1	96.2	3.8
ดีเท่ากัน	59	54	5	91.5	8.5
ด้น้อยกว่า	20	12	8	60.0	40.0
รวม	105	91	14		

หมายเหตุ <sup>1</sup> หมายถึง ร้อยละจากความถี่รวมของข้อมูล

**ตารางที่ 62** ความสัมพันธ์ ( $\chi^2$ -test) ของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กับความคิดเห็นที่มีต่อ  
ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

คิดเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับ ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	ความถี่รวม	ความถี่ (คน)		ร้อยละ <sup>1</sup>	
		ซื้อ	ไม่ซื้อ	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ดีกว่า	26	26	0	100.0	0.0
ดีเท่ากัน	59	54	5	91.5	8.5
ด้อยกว่า	20	9	11	45.0	55.0
รวม	105	89	16		

หมายเหตุ <sup>1</sup> หมายถึง ร้อยละจากความถี่รวมของข้อมูล

**ตารางที่ 63** ความสัมพันธ์ ( $\chi^2$ -test) ของการตัดสินใจซื้อกับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัด  
ผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเปลือกข้าว

การตัดสินใจซื้อ	ความถี่รวม	ความถี่ (คน)		ร้อยละ <sup>1</sup>	
		ซื้อ	ไม่ซื้อ	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ยอมรับ	91	83	8	91.2	8.8
ไม่ยอมรับ	14	6	8	42.9	57.1
รวม	105	89	16		

หมายเหตุ <sup>1</sup> หมายถึง ร้อยละจากความถี่รวมของข้อมูล

จากตารางที่ 63 พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อกับการยอมรับที่มีต่อ  
ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ โดยผู้บริโภคที่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ จะมีเปอร์เซ็นต์ของการ  
ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ในอัตราที่สูง ถึงร้อยละ 91.2 เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของผู้ที่ไม่ซื้อ ในขณะที่  
ผู้ที่ไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ จะมีเปอร์เซ็นต์ในการตัดสินใจซื้อที่น้อยกว่า คือร้อยละ 42.9 เมื่อ  
เทียบกับผู้ที่ไม่ซื้อ ซึ่งมีมากกว่า คือร้อยละ 57.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 64 ข้อมูลคะแนนความชอบและระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของชิลิกาจากแกลบข้าว แจกแจงตามการตัดสินใจซื้อ

คุณลักษณะด้าน ความชอบ	การตัดสินใจซื้อ		เฉลี่ย	$\chi^2$ -test
	ซื้อ	ไม่ซื้อ		
1. สีของครีม	7.12	6.62	7.05	13.19*
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
2. กลิ่นของครีม	6.93	6.75	6.90	9.27 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
3. ความข้นหนืด	6.57	5.88	6.50	10.46 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
4. การกระจายตัวของ ครีมขัดบนผิวหนัง	6.85	5.69	6.68	17.44*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
5. ความชุ่มชื้นผิวภายหลัง การใช้	7.18	6.19	7.03	16.18*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
6. ความเนียนนุ่ม/เรียบ เนียนผิวภายหลังการใช้	7.20	6.06	7.03	12.61*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
7. ความรู้สึกสะอาด	7.18	5.69	6.95	30.92*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
8. ความชอบโดยรวม	7.27	6.12	7.10	18.42*
	ชอบมาก	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	

หมายเหตุ <sup>ns</sup> หมายถึง ข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาข้อมูลคะแนนความชอบและระดับความชอบภายหลังการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้แจกแจงตามการตัดสินใจซื้อ แสดงดังตารางที่ 64 พบว่าคุณลักษณะด้านความชอบที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ สีของครีมขัดผิว การกระจายตัวของครีมขัดบนผิวหนัง ความชุ่มชื้นผิวภายหลังการใช้ ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิวภายหลังการใช้ ความรู้สึกสะอาด และ ความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยทุกคุณลักษณะดังกล่าว ผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อจะให้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับที่ชอบปานกลาง ยกเว้นความชอบรวมซึ่งอยู่ในระดับที่ชอบมาก ส่วนผู้บริโภคที่ไม่ซื้อจะให้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ใน

ระดับที่ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยคุณลักษณะที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจะเป็นผลมาจากการพัฒนาและปรับปรุงสูตรทั้งในด้านลักษณะปรากฏ คือ สีของครีมขัดผิว และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ให้เกิดการยอมรับ และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 65 ข้อมูลด้านระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของชิลิกาจาก แกลบข้าว แจกแจงตามการตัดสินใจซื้อ

คุณลักษณะด้านความพึงพอใจ	การตัดสินใจซื้อ		เฉลี่ย	$\chi^2$ -test
	ซื้อ	ไม่ซื้อ		
1. สี	3.71	3.50	3.68	3.55 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
2. กลิ่น	3.57	3.50	3.56	3.58 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
3. ลักษณะของเม็ดขัดผิว (ใช้แล้วไม่รู้สึกเจ็บหรือแสบ)	3.65	3.06	3.56	11.04*
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
4. ความสามารถในการขัด เซลล์ผิวที่ตายแล้วออก	3.26	2.81	3.19	9.46*
	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจปานกลาง	
5. การล้างออก	3.66	3.25	3.60	5.75 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
6. ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว หลังการใช้	3.64	3.25	3.58	7.65 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
7. ไม่เกิดการแพ้หรือระคาย เคือง	3.98	4.06	3.99	0.44 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
8. ความปลอดภัยเนื่องจากเป็น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ	4.10	4.00	4.09	1.46 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	

หมายเหตุ <sup>ns</sup> หมายถึง ข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนในด้านความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ แจกแจงตามการตัดสินใจซื้อ แสดงดังตารางที่ 65 พบว่ามีเพียงความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของเม็ดขัดผิว และความสามารถในการขัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วออก เท่านั้น ที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อ โดยมี

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับที่พึงพอใจมาก และพึงพอใจปานกลาง ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะอื่นๆในด้านความพึงพอใจ ที่ไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ เนื่องมาจากผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อ และไม่ซื้อ จะมีค่าเฉลี่ยในระดับความพึงพอใจ ที่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 66 ข้อมูลคะแนนความชอบและระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของชิลิกาจากแกลบข้าว แจกแจงตามการยอมรับ

คุณลักษณะด้าน ความชอบ	การยอมรับผลิตภัณฑ์		เฉลี่ย	$\chi^2$ -test
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ		
1. สีของครีม	7.04	7.07	7.05	2.68 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
2. กลิ่นของครีม	6.98	6.43	6.90	13.47 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
3. ความชื้นเหน็ด	6.58	6.00	6.50	5.43 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
4. การกระจายตัวของ ครีมขัดบนผิวหนัง	6.86	5.50	6.68	20.53*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
5. ความชุ่มชื้นผิวภายหลังการใช้	7.10	6.57	7.03	11.80 <sup>ns</sup>
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
6. ความเนียนนุ่ม/เรียบ เนียนผิวภายหลังการใช้	7.13	6.36	7.03	15.94*
	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง	
7. ความรู้สึกสะอาด	7.14	5.71	6.95	30.34*
	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	
8. ความชอบโดยรวม	7.24	6.14	7.10	25.07*
	ชอบมาก	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	

หมายเหตุ <sup>ns</sup> หมายถึง ข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 66 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลคะแนนความชอบและระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้ที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดย พบว่า คุณลักษณะด้านความชอบของครีมขัดผิวที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การกระจายตัวของ

ครีมขัดบนผิวหนัง ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิวภายหลังการใช้ ความรู้สึกสะอาด และ ความชอบโดยรวม โดยผู้ที่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์จะให้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ส่วนผู้ที่ไม่ยอมรับจะให้คะแนนโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ตามลำดับ

ตารางที่ 67 ข้อมูลด้านระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจาก แกลบข้าว แจกแจงตามการยอมรับ

คุณลักษณะด้านความพึงพอใจ	การยอมรับผลิตภัณฑ์		เฉลี่ย	$\chi^2$ -test
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ		
1. สี	3.67	3.71	3.68	9.34 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
2. กลิ่น	3.59	3.36	3.56	12.50*
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
3. ลักษณะของเม็ดขัดผิว (ใช้แล้วไม่รู้สึกเจ็บหรือแสบ)	3.65	3.00	3.56	15.54*
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
4. ความสามารถในการขัด เซลล์ผิวที่ตายแล้วออก	3.28	2.57	3.19	20.56*
	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจน้อย	พึงพอใจปานกลาง	
5. การล้างออก	3.66	3.21	3.60	5.53 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
6. ความเนียนนุ่ม/เรียบเนียนผิว หลังการใช้	3.63	3.28	3.58	16.44*
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจปานกลาง	พึงพอใจมาก	
7. ไม่เกิดอาการแพ้หรือระคาย เคือง	3.97	4.14	3.99	6.07 <sup>ns</sup>
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	
8. ความปลอดภัยเนื่องจากเป็น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ	4.08	4.14	4.09	7.91*
	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	พึงพอใจมาก	

หมายเหตุ <sup>ns</sup> หมายถึง ข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

\* หมายถึง ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 67 พบว่า คุณลักษณะในด้านความพึงพอใจที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กลิ่น ลักษณะของเม็ดขัดผิว ความสามารถในการขัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วออก ความเนียนนุ่ม/

เรียบเรียงผิวหลังการใช้ และ ความปลอดภัยเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ โดยผู้ที่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์จะให้คะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่พึงพอใจปานกลาง ถึงพอใจมาก ส่วนผู้ที่ไม่ยอมรับจะให้คะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่พึงพอใจน้อยถึงพึงพอใจมาก โดยคุณลักษณะในด้านความพึงพอใจที่ไม่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องมาจากผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างกัน

## สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว เริ่มจากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ การพัฒนากระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่พัฒนาได้ในระหว่างการเก็บรักษา และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ จากการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ร้อยละ 94.2 โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าเพราะใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 88.5 รองลงคือเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค คิดเป็นร้อยละ 56.6 โดยต้องการให้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่ทำการพัฒนา มีคุณสมบัติของเม็ดขัดผิวที่มีขนาดเล็กเพื่อไม่ให้เกิดการระคายเคือง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด คือร้อยละ 53.3 รองลงมาคือสามารถกระจายตัวบนผิวหนังได้ดี คิดเป็นร้อยละ 51.7 ตามลำดับ ซึ่งผู้บริโภคมีความคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยสูงถึง ร้อยละ 92.5 โดยผลจากการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์ขัดผิวอยู่ในรูปแบบของครีมขัดผิวมากที่สุด และรูปแบบดังกล่าวถือว่ามีความเป็นไปได้สูงที่สุดในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว

2. จากผลการพัฒนากระบวนการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคุณภาพของซิลิกาในกระบวนการผลิต คือ อุณหภูมิในการเผาแกลบ และความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก โดยสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตซิลิกาในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิคพื้นผิวดูดซับสอง คือ การต้มแกลบด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1.0 M นาน 45 นาที และเผาที่อุณหภูมิ 590 °C นาน 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อผลิตตามสภาวะดังกล่าวในระดับขยายสเกล จะได้ผลผลิตซิลิกา 14.62 % และมีความบริสุทธิ์ 98.57 % มีค่าสีในระบบ L\* a\* b\* เท่ากับ 90.68 -0.30 และ 5.66 ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับซิลิกาในทางการค้า ( $\Delta E^*_{ab}$ ) จะมีค่าเป็น 6.35 ตามลำดับ โดยต้นทุนของการผลิตซิลิกา 1 กิโลกรัม ราคาประมาณ 173 บาท

3. สูตรครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าวที่พัฒนาได้ มีส่วนประกอบสำคัญ คือ Carbopol polymer ร้อยละ 0.27, alkyl phosphates and fatty alcohols ร้อยละ 1.81, Cyclomethicone and Dimethiconol ร้อยละ 2.71, ซิลิกา ร้อยละ 4.98, กลิ่น Floral fruit ร้อยละ 0.45 และ สารละลายสีแดง (0.1% w/v) ร้อยละ 0.27 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่พัฒนาได้มีความหนืด 34,453.33 cP ค่าความเป็นกรดต่าง 6.01 มีสีชมพูอ่อน ในระบบ  $L^* a^* b^*$  เท่ากับ 61.41 27.79 และ 8.04 ตามลำดับ มีความคงตัวดีไม่แยกชั้น จำนวนแบคทีเรีย ยีสต์ และ ราทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคลโลนีต่อกรัม และมีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการทดสอบด้วยวิธีเชิงพรรณนา อยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวในท้องตลาดที่นำมาศึกษา โดยผลการทดสอบคุณภาพทางคลินิก พบว่า ครีมขัดผิวสูตรที่ผ่านการพัฒนาแล้ว สามารถเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวได้ 559.8 % ในกลุ่มผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นน้อยกว่า 5.5 a.u. และให้ค่าความชุ่มชื้นผิวเพิ่มขึ้น คิดเป็น 139.2 % และ 91.7 % ในกลุ่มผู้ทดสอบที่มีความชุ่มชื้นผิวเริ่มต้นอยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-10.5 a.u. และมากกว่า 10.5 a.u. ตามลำดับ โดยค่าดังกล่าว จัดอยู่ที่อยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ส่วนผลการวัดค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง พบว่า ครีมขัดผิวที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ช่วยให้ค่าความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมของผิวหนัง ( $U_a/U_f$ ) หรือ ค่า gross-elasticity มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังการใช้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดไม่สามารถทำให้ค่าปัจจัยดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญได้ โดยต้นทุนทั้งหมดของการผลิตครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว ต่อ 1 หน่วย (50 กรัม / 1 กระปุก) ราคาประมาณ 33 บาท

4. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าคุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) และในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 °C พบว่า ค่าคุณภาพโดยส่วนใหญ่จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงที่น้อยกว่าร้อยละ 62 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นถึงความคงตัวที่ดีของสูตรที่พัฒนาได้ ส่วนการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 °C พบว่า มีผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 62 ของค่าเริ่มต้น จึงถือเป็นข้อควรระวังของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้ในระหว่างการใช้งาน ว่าไม่ควรเก็บในที่ที่อุณหภูมิสูงเกินไป ทั้งนี้เพื่อยืดระยะเวลาการใช้ผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น

5. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีคุณภาพดีเท่ากับ

ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด คิดเป็นร้อยละ 56.2 และให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 86.7 ซึ่งผู้ที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเม็ดขัดผิวที่น้อยเกินไปและเม็ดขัดผิวมีขนาดเล็กเกินไป คิดเป็นร้อยละ 57.1 เท่ากันทั้ง 2 เหตุผล โดยผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้มีคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง และความพึงพอใจที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่พึงพอใจมาก โดยผู้บริโภคให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 84.8

## ข้อเสนอแนะ

1. เตาเผาที่ใช้ในการเผาเคลบในการทดลองนี้ อาจไม่มีความเหมาะสมเพียงพอ เนื่องจากไม่ได้ถูกออกแบบมาให้มีประสิทธิภาพในการเผาอย่างสมบูรณ์เพื่อให้ได้เถ้าเคลบสีขาว ดังนั้น ภายหลังจากการเผาใหม่ จึงเห็นว่ามีสิ่งปนเปื้อนที่มีลักษณะเป็นผงสีดำขนาดเล็กเจือปนอยู่ร่วมกับเถ้าเคลบขาวหรือซิลิกาที่ผลิตได้ จึงเป็นการข้อเสนอแนะของการวิจัยในขั้นต่อไป ว่าควรหาวิธีในการเผาเพื่อให้ได้เถ้าเคลบสีขาว 100 % หรือหาวิธีที่เหมาะสมในการแยกเอาผงสีดำที่เป็นสิ่งเจือปนออกมา เพื่อให้ได้ซิลิกาที่มีลักษณะปรากฏที่ดี

2. เนื่องจากซิลิกาที่นำมาใช้เป็นสารขัดผิว จะคัดเลือกเฉพาะขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 150 ไมครอน เท่านั้น ส่วนอนุภาคที่เล็กกว่าขนาดที่กำหนดไม่สามารถนำมาใช้เป็นเม็ดขัดผิวได้ ซึ่งคิดเป็นปริมาณสูงถึง 37 % เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป ไม่เหมาะสำหรับการใช้เป็นสารขัดผิวในผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิว โดยหากต้องการใช้จริงต้องใช้ในปริมาณที่สูงซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของครีมขัดผิวในด้านความหนืด และมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรศึกษาและวิจัยเพิ่มเติม ถึงการนำซิลิกขนาดดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อื่น เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีสารประกอบของสารเพิ่มความหนืด ผลิตภัณฑ์สำหรับขัดล้างพื้นห้องน้ำและสุขภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์สำหรับขัดอุปกรณ์เครื่องครัว เป็นต้น

3. การทดสอบผลิตภัณฑ์ขัดผิวทางด้านคลินิก เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของการทดสอบที่ต้องควบคุมสภาวะในห้องทดลองและต้องใช้เครื่องมือเฉพาะด้าน ทำให้ใช้เวลาในการทดสอบที่ค่อนข้างนาน และบางครั้งเกิดความไม่สะดวกของอาสาสมัครที่มาทำการทดสอบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้จำนวนผู้ทดสอบเพียง 13 คน เท่านั้น โดยหากต้องการให้ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ควรทำการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบ และใช้ช่วงอายุที่กว้างขึ้น (20-60 ปี) เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมาย

4. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากเคลบขาวในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า วิธีที่คัดเลือกมาเพื่อใช้ในการทดสอบความคงตัวอาจไม่มีความเหมาะสมมากนัก เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการทดสอบที่ค่อนข้างสูงเกินไป (45 °C) ซึ่งในสภาวะดังกล่าวเป็นการเร่งให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะความหนืดที่มีค่าเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 62 จึงถือเป็นข้อเสนอแนะของการทดลองในครั้งต่อไปว่า

อาจเลือกใช้วิธีอื่นที่มีความเหมาะสมมากขึ้น ในการศึกษาความคงตัวในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา เช่น วิธี Freeze - thaw cycle และวิธี Heating - cooling cycle เป็นต้น

5. จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว พบว่า เหตุผลส่วนใหญ่ที่ผู้บริโภคบางคนไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเม็ดขัดผิวที่น้อยเกินไปและเม็ดขัดผิวมีขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นจึงควรทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงสูตรโดยการเพิ่มปริมาณของซิลิกาหรือเม็ดขัดผิวที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น โดยยังคงคุณภาพทางด้านอื่นๆไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลง

6. เนื่องจากผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิวที่พัฒนาได้เป็นผลิตภัณฑ์ทางด้านเครื่องสำอาง ดังนั้นในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จึงควรเพิ่มช่วงระยะเวลาของการทดสอบให้ยาวนานขึ้นเพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ชัดเจนของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1-2 เดือน ซึ่งอาจลดจำนวนกลุ่มผู้ทดสอบให้น้อยลงได้ แต่ต้องทำการทดสอบกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้ที่ใช้ผลิตภัณฑ์นี้อยู่จริง โดยในระหว่างการทดสอบควรมีการวัดค่าคุณภาพทางคลินิกของผิวหนังควบคู่ไปด้วย เช่น ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง และค่าความชุ่มชื้นผิว เป็นต้น ซึ่งความถี่ของการวัดค่าอาจเป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทั้งนี้เพื่อเป็นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพผิวหนังในระหว่างการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อดูถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ว่าใช้แล้วได้ผลจริงหรือไม่









