

การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยซี่ฟันที่พัฒนาขึ้นเอง



นางสาว กิตติมา ประภัสร์รังษี

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Evaluation of chewing ability using developed wax cubes



Ms. Kittima Prapatrungsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยชิ้นซี่ผึ้งที่
พัฒนาขึ้นเอง

โดย

นางสาว กิตติมา ประภัสร์รังษี

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. อรพินท์ แก้วปลั่ง

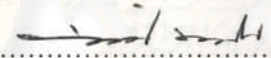
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

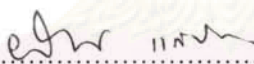
รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม


คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

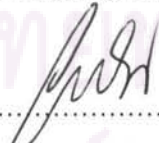

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรภรณ์ ทักษิณทร์)

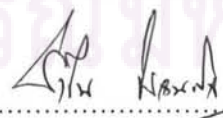
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพชัย นามะโน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. อรพินท์ แก้วปลั่ง)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.อาทิพันธุ์ ทิมพ์ชาวซ่า)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง รำไพ โรจนกิจ)

กิตติมา ประภัสร์รังษี : การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยชิ้นขี้ผึ้ง
 ที่พัฒนาขึ้นเอง (Evaluation of chewing ability using developed wax cubes)
 อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ทญ.ดร. อรพินท์ แก้วปลั่ง, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 ร่วม: รศ. ดร. อมร เพชรสม 117 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชิ้นขี้ผึ้งเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการ
 บดเคี้ยวให้มีคุณสมบัติทางกายภาพตามที่กำหนด โดยกระบวนการผลิต และการแปรผล
 สามารถทำได้เองในประเทศ จากนั้นใช้ชิ้นขี้ผึ้งที่พัฒนาขึ้นมาประเมินความสามารถในการบด
 เคี้ยวในผู้เข้าร่วมวิจัยต่างกลุ่มอายุ ดำเนินการโดย นำขี้ผึ้ง 4 ชนิด ได้แก่ ขี้ผึ้ง
 พาราฟิน และ ขี้ผึ้งไมโครคริสตอล มาผสมกันจนได้ขี้ผึ้งที่มีคุณสมบัติทางกายภาพตามต้องการ
 เพื่อทำชิ้นขี้ผึ้งขนาด 10X10X10 มิลลิเมตร แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการสบฟันปกติ จำนวน 45 คน
 (ชาย 21 คน หญิง 24 คน) ออกเป็น 3 กลุ่ม (กลุ่มที่ 1 อายุ 20-29 ปี กลุ่มที่ 2 อายุ 30-39 ปี กลุ่ม
 ที่ 3 อายุ 40-49 ปี) นำชิ้นขี้ผึ้งไปทำให้ปราศจากเชื้อ เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (37 องศาเซลเซียส)
 24 ชม. จากนั้นนำมาแช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ 10 นาทีก่อนเริ่มเคี้ยว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยว
 ชิ้นขี้ผึ้งคนละ 4 ก้อน ก้อนละ 10 ครั้ง ในตำแหน่งที่ถนัด นำชิ้นขี้ผึ้งที่ผ่านการเคี้ยวแล้วไปถ่ายภาพ
 และ ประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยโปรแกรมอิมเมจ เจ โดยคำนวณร้อยละของสีที่
 ผสมกันได้ดี จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการบดเคี้ยวใน กลุ่มที่ 1 เท่ากับ
 25.31 ± 4.43 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 23.60 ± 5.65 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 16.46 ± 5.52 จากสถิติการวิเคราะห์
 ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง กลุ่มที่ 1 กับ
 กลุ่มที่ 3 และ กลุ่มที่ 2 กับ กลุ่มที่ 3 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศในแต่ละ
 กลุ่มอายุ โดยสรุป ชิ้นขี้ผึ้งที่พัฒนาขึ้นสามารถแยกความแตกต่างของความสามารถในการบด
 เคี้ยวระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มได้ โดยใช้กระบวนการผลิต และ การแปรผลที่ไม่ซับซ้อน และ
 พบว่าความสามารถในการบดเคี้ยวมีแนวโน้มลดลงเมื่อกลุ่มตัวอย่างอายุเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
 สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
 ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนิสิต กิตติมา ประภัสร์รังษี
 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อ.อรพินท์ แก้วปลั่ง
 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.อมร เพชรสม

5076101732 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS: CHEWING ABILITY/ COLOR HISTOGRAM / WAX CUBE

KITTIMA PRAPATRUNGSRI: EVALUATION OF CHEWING ABILITY USING DEVELOPED WAX CUBES. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. ORAPIN KAEWPLUNG, THESIS CO-ADVISOR ASSOC. PROF. AMORN PETSOM, 117 pp.

The purpose of this study is to develop the wax cubes that have desired physical properties, for evaluating the chewing ability. The manufacturing and evaluating process can be done domestically. The developed wax cubes can be used to evaluate the chewing ability in variant ages of subjects. Four types of wax; Bee wax, Carnauba wax, Paraffin wax and Microcrystalline wax were blended until achieved the desired physical properties to create 10x10x10 mm. wax cubes. Forty-five subjects (21 males and 24 females) with normal occlusion were classified into 3 groups (Group1: 20-29 years old, Group2: 30-39 years old, Group3: 40-49 years old). The wax cubes were disinfected and stored in the incubator (37°C) for 24 hours then soaked in water bath (37°C) for 10 minutes prior testing. Each subject was assigned to chew four pieces of wax cubes for ten strokes at habitual position. The chewed wax was captured and analyzed by Image J program (NIH) then calculated percent of well mixed color. The results showed that the average percentage of chewing ability in Group 1, 2 and 3 are 25.31 ± 4.43 , 23.60 ± 5.65 , 16.46 ± 5.52 respectively. One-way ANOVA showed the differences between Group 1 and 3, Group 2 and 3 are statistically significant. However, no statistically significant was obtained between genders in each group. As the result, the developed wax cubes can be used to identify chewing ability among 3 groups with uncomplicated manufacturing and evaluating process. Also, this study indicates that chewing ability and age of subjects are negatively correlated.

Department: Prosthodontics
Field of Study: Prosthodontics
Academic Year: 2009

Student's Signature: Kittima Prapatrungsri
Advisor's Signature:
Co-Advisor's Signature:

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เลย หากปราศจากการดูแลเอาใจใส่ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจาก ผศ.ทพญ.ดร. อรพินท์ แก้วปลั่ง ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. อมร เพชรสม ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาอันมีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย และทำให้ขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินงานมีความราบรื่น และมีประสิทธิภาพ

ขอขอบพระคุณโครงการศูนย์ความเป็นเลิศทางการฟื้นฟูบูรณะช่องปากและใบหน้า ที่กรุณาให้การสนับสนุนเงินทุน ในการจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ได้ให้ความรู้ และคำปรึกษาทางด้านสถิติในการวิจัย ขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคน และ ผู้มีพระคุณทั้งหมดที่ไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญตลอดเวลาทำให้ผู้เขียนสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

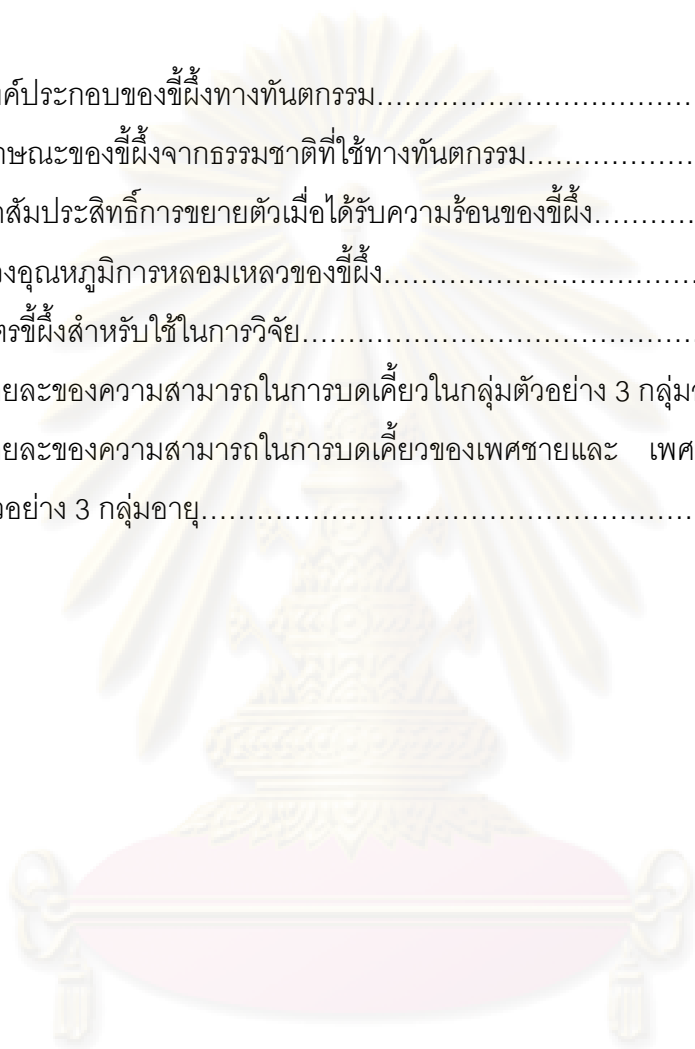
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. คำถามการวิจัย.....	4
1.3. วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
1.4. สมมุติฐานการวิจัย.....	4
1.5. ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.6. คำสำคัญ.....	4
1.7. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.8. รูปแบบการวิจัย.....	5
1.9. ประโยชน์ของการวิจัย.....	5
1.10. รายละเอียดงบประมาณการวิจัย.....	5
1.11. การบริหารงานวิจัย และ ตารางการปฏิบัติงาน.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1. ขี้นี้่งทางพันตกรรม.....	7
2.2. การทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยว.....	22
2.3. กล้องดิจิตัล.....	26
2.4. โปรแกรมอิมเมจ เจ.....	28
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	30
3.1. ประชากรเป้าหมาย.....	30
3.2. กลุ่มตัวอย่างวิจัย.....	30

3.3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	30
3.4. วิธีการวิจัย.....	35
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	50
4.1. การพัฒนาขึ้นชี้แจงเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว.....	50
4.2. การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว.....	50
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	55
5.1. การอภิปรายวิธีการทดลอง.....	55
5.2. อภิปรายผลการวิจัย.....	57
5.3. สรุปผลการวิจัย.....	57
5.4. ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....	58
รายการอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก ตารางผลสถิติ.....	65
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูลดิบ.....	70
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญัตินำ

ตารางที่		หน้า
1.	องค์ประกอบของซึ้งทางทันตกรรม.....	8-9
2.	ลักษณะของซึ้งจากธรรมชาติที่ใช้ทางทันตกรรม.....	10-12
3.	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของซึ้ง.....	19
4.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซึ้ง.....	38
5.	สูตรซึ้งสำหรับการวิจัย.....	39
6.	ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ.....	51
7.	ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวของเพศชายและ เพศหญิง ในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ.....	52



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	สูตรโครงสร้างของซีฟิ่งทางทันตกรรม.....	7
2.	สูตรโครงสร้างพื้นฐานของซีฟิ่งที่สกัดจากแร่ธาตุ.....	9
3.	สูตรโครงสร้างของไมริคริล ปาล์มมิเตท.....	10
4.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน คานูบา และ ซีฟิ่งผสมระหว่าง พาราฟินกับคานูบา.....	17
5.	ผลของอัตราส่วนระหว่างคานูบาที่ผสมในพาราฟิน ที่มีผลต่อช่วงอุณหภูมิการ หลอมเหลวของซีฟิ่งผสม.....	17
6.	ค่าการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของซีฟิ่ง 4 ชนิด.....	18
7.	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของซีฟิ่งที่อุณหภูมิระหว่าง 23 ถึง 40 องศาเซลเซียส.....	20
8.	อัตราการไหลแผ่ของซีฟิ่ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระยะเวลา 10 นาที...	21
9.	ซีฟิ่ง 4 ชนิด ได้แก่ ไซฟิ่ง ซีฟิ่งไมโครคริสตอล ซีฟิ่งคานูบา ซีฟิ่งพาราฟิน.....	31
10.	สื่อไปคาโรทีนอล.....	31
11.	ซิลิโคนทำแบบสีเหลือง.....	32
12.	เครื่องดีฟเฟอร์เรนเซียล สแกนนิ่ง แคลอริมิเตอร์.....	32
13.	เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัล ความละเอียด 0.001 กรัม.....	33
14.	แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 0.5 x 0.5 x 5 เซนติเมตร.....	33
15.	เครื่องวัดความส่องสว่างของแสง.....	34
16.	เครื่องวัดความแข็งผิว.....	34
17.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีฟิ่งไมโครคริสตอล.....	35
18.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของไซฟิ่ง.....	36
19.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีฟิ่งพาราฟิน.....	36
20.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีฟิ่งคานูบา.....	37
21.	เปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีฟิ่ง 5 ชนิด.....	37
22.	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีฟิ่งที่ใช้ในการวิจัย.....	39

23.	การสร้างชิ้นขึ้นตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรง.....	40
24.	การเปรียบเทียบความแข็งแรงของชิ้นขึ้นตัวอย่างโดยเครื่องวัดความแข็งแรง.....	40
25.	กรอบอลูมิเนียมและแม่แบบอลูมิเนียม.....	41
26.	แม่พิมพ์ซิลิโคน.....	41
27.	ขั้นตอนการผลิตแท่งขึ้นตัวอย่างสีขาและสีแดง.....	42
28.	แท่งขึ้นตัวอย่าง สีขา และ สีแดง.....	42
29.	การผลิตชิ้นขึ้นตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	43
30.	ชิ้นขึ้นตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ขนาด10x10x10 มิลลิเมตร.....	43
31.	เครื่องมือถ่ายภาพชิ้นขึ้นตัวอย่าง.....	45
32.	จำนวนภาพของชิ้นขึ้นตัวอย่างหลังเคียวสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน.....	45
33.	โปรแกรมอิมเมจ เจ.....	46
34.	การหาค่าสีอ้างอิงเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการบดเคี้ยว.....	47
35.	การหาพื้นที่ชิ้นขึ้นตัวอย่างหลังเคียว.....	48
36.	ฮิสโตแกรมและตารางแสดงค่าสีของชิ้นขึ้นตัวอย่างหลังเคียว.....	48
37.	แผนภูมิแสดงร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ.....	51
38.	แผนภูมิแสดงร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวเพศชายและ เพศหญิงในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ.....	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัตถุประสงค์ในการให้การรักษาทันตกรรมคือการบูรณะฟันธรรมชาติ และอวัยวะในช่องปากที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะสาเหตุนั้นจะมาจากการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ ภาวะของโรค หรืออุบัติเหตุ ให้กลับมาสู่สภาวะปกติ สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ รวมไปถึงการคงไว้ซึ่งความสวยงามของใบหน้า⁽¹⁾

การประเมินความสำเร็จของการให้การรักษาทันตกรรมในปัจจุบันสามารถประเมินได้ในหลายแง่มุมทั้งในด้านความสวยงาม ความพอใจของผู้ป่วย และการทำหน้าที่ในระบบบดเคี้ยว (masticatory function) ซึ่งได้แก่ การเคี้ยวอาหาร การพูด การกลืน

ระบบบดเคี้ยวเป็นการทำงานร่วมกันของอวัยวะหลายส่วน ได้แก่ ฟัน อวัยวะรองรับฟัน ขากรรไกร ข้อต่อขากรรไกร กล้ามเนื้อบดเคี้ยว กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการเคลื่อนขากรรไกร รวมทั้งระบบโลหิต และระบบประสาทที่มาเลี้ยงอวัยวะเหล่านั้น การรบกวนการทำงานที่ขององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งในระบบบดเคี้ยว จะส่งผลต่อการทำงานทั้งระบบ ทำให้ความสามารถในการบดเคี้ยว (masticatory ability) ลดลง⁽²⁾ มีรายงานการวิจัยพบว่าการสูญเสียความสามารถในการบดเคี้ยวมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจ⁽³⁻⁸⁾ ทันตแพทย์จึงควรมีความรู้ที่ดีเกี่ยวกับระบบบดเคี้ยว และสามารถฟื้นฟูระบบบดเคี้ยวให้แก่ผู้ป่วยได้ ดังนั้นการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ทันตแพทย์ สามารถ ประเมินได้ว่าการให้การรักษาทันตกรรมนั้น บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่⁽⁹⁾

ในปัจจุบันมีวิธีในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวมากมาย สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การประเมินโดยวิธีการตรวจพินิจแบบจิตวิสัย (subjective evaluation) เป็นการประเมินโดย ให้ผู้ป่วยประเมินความสามารถการบดเคี้ยวด้วยตนเอง อาจใช้แบบสอบถาม(questionnaire) หรือการสัมภาษณ์ผู้ป่วย (patient interview) ซึ่งพบว่าผลที่ได้ขึ้นกับอารมณ์ ความรู้สึกของผู้ป่วยแต่ละคน ขาดข้อมูลในการประเมินความเที่ยงตรง (validity) และ ความแม่นยำ (reliability) ผลที่ได้มีความผันแปรไปในผู้ป่วยแต่ละคน ไม่มีเกณฑ์ในการประเมินที่แน่ชัด และข้อมูลที่ได้ไม่สามารถ นำมาใช้เปรียบเทียบกันระหว่างผู้ป่วยแต่ละคน⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ ดังนั้นวิธีการทดสอบความสามารถการบดเคี้ยวที่เหมาะสมจึงควรเป็นวิธีที่สามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าตัวเลข เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบได้ นั่นคือ วิธีการทดสอบโดยการตรวจพินิจแบบวัตถุวิสัย (objective evaluation)^(15, 16)

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน มีผู้พัฒนาวิธีการทดสอบโดยการตรวจพินิจแบบวัตถุวิสัยขึ้นมากมาย อาทิ เช่น ทดสอบด้วยการทำให้อาหารมีชิ้นเล็กลง (comminution test) โดยใช้อาหารตัวอย่าง (test food) เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง อัลมอนต์ แครอท ไข่ต้ม มันเทศต้ม หรือ มะพร้าว แล้วให้ผู้ป่วยเคี้ยวตามระยะเวลา หรือ จำนวนครั้งที่กำหนด จากนั้นนำเอาอาหารตัวอย่างที่เคี้ยวแล้ว มาผ่านการกรอง ด้วยตะแกรงขนาดต่าง ๆ กัน ซึ่งวิธีนี้ เรียกว่า วิธีซีฟ (sieve method)^(9, 17-19) ข้อเสียของวิธีนี้คือ อาหารตัวอย่างแต่ละชิ้น หรือ แต่ละชนิด มีคุณสมบัติแตกต่างกัน และอาหารบางชนิดสามารถละลายได้ในน้ำ หรือน้ำลาย นอกจากนี้ขณะเคี้ยวผู้ป่วยอาจกลืนอาหารตัวอย่างไปบางส่วนขณะเคี้ยว ทำให้ไม่สามารถนำอาหารตัวอย่างที่เคี้ยวแล้วทั้งหมดมาวิเคราะห์ได้ กลิ่นและรสของอาหารตัวอย่างแต่ละชนิดก็อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วย และอาจมีปัญหาในการวิเคราะห์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและปริมาตรของอาหารตัวอย่างก่อนและหลังเคี้ยว^(20, 21) F. Al-Ali และคณะ ได้พยายามแก้ปัญหา น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการกลืนอาหารตัวอย่าง และการถูกย่อยจากน้ำย่อยในน้ำลาย โดยนำอาหารตัวอย่างที่จะให้ผู้ป่วยเคี้ยวมาใส่ในถุงก่อนให้ผู้ป่วยเคี้ยว เพื่อไม่ให้สัมผัสกับน้ำลาย น้ำหนักก่อนและหลังเคี้ยวของอาหารตัวอย่างจึงคงที่⁽²²⁾

ต่อมามีการพัฒนาอาหารตัวอย่างจากอาหารที่ได้มาจากธรรมชาติ มาเป็นอาหารที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อให้อาหารตัวอย่างแต่ละชิ้นมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน โดยใช้เจลาติน (gelatin) ที่ทำให้แข็งด้วยโดยฟอร์มาลิน (formalin) มาใช้ในการทดสอบ^(23, 24) แต่พบว่ามีข้อเสีย คือ กว่ำร้อยละ 90 ของอาหารตัวอย่างเป็นน้ำ ทำให้น้ำอาจจะเหวี่ยงออกไปหากไม่เก็บไว้ในที่เก็บที่ควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น นอกจากนี้เมื่อนำมาประเมินผลอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักของน้ำที่ระเหยออกเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งอีกด้วย⁽²¹⁾ เพื่อแก้ปัญหา น้ำหนักที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการระเหยของน้ำ จึงมีการนำอาหารตัวอย่าง เช่น ถั่วลิสงไปอบเพื่อกำจัดน้ำก่อนนำมาทดสอบ⁽²⁵⁾ แต่ยังไม่สามารถกำจัดข้อเสียอื่น เช่น รสชาติ หรือ การละลายในน้ำ และ น้ำลายได้ จึงมีการพัฒนาโดยใช้วัสดุพิมพ์ปากชนิดซิลิโคน (Optosil®, Bryer, Germany)^(20, 26) และ วัสดุพิมพ์ปากชนิดไฮโดรคอลลอยมาเป็นอาหารตัวอย่าง ซึ่งพบว่าสามารถแก้ปัญหา ดังกล่าวข้างต้นได้⁽²⁷⁾

การทดสอบความสามารถการบดเคี้ยวด้วยวิธีการกรองมีข้อเสีย คือ กระบวนการวิเคราะห์ยุ่งยาก ใช้เวลานาน เนื่องจากก่อนนำเอาอาหารตัวอย่างมาวิเคราะห์ต้องผ่านการทำให้แห้ง การกรอง การชั่งน้ำหนัก การคำนวณน้ำหนักที่หายไป จึงจะสามารถนำอาหารตัวอย่างที่เคี้ยวแล้วมาวิเคราะห์ผลได้ เพื่อลดความยุ่งยากในขั้นตอนดังกล่าว Gunne และคณะ จึงได้คิดวิธีการวิเคราะห์อาหารตัวอย่าง ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ เจลาติน โดยใช้เครื่องโฟโตมิเตอร์ วัดปริมาณสีเข้มที่เหลืออยู่ หลังแช่เจลาตินที่ผู้ป่วยเคี้ยวแล้ว ลงในสารละลาย ซึ่งเจลาตินจะดูดสีจากสารละลายขึ้นมา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาความสามารถในการบดเคี้ยว⁽²⁴⁾

Nakasima และคณะ ได้คิดวิธีการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้แกรนูลอนขนาดเล็กที่มีส่วนผสมของสี (pigment-coated granule) มาบรรจุในแคปซูล ให้ผู้ป่วยเคี้ยว แล้ววัดปริมาณสีที่ซึมออกมาจากแกรนูลอนหลังเคี้ยว⁽²¹⁾ Escudeiro Santos และคณะ ใช้วิธีการคล้ายคลึงกันโดยใช้แกรนูลอนที่มีส่วนผสมของสีฟุสซิน (fuchsin) ใส่ในแคปซูล ให้ผู้ป่วยเคี้ยว แล้ววัดค่าสีที่ได้โดยคัลเลอร์มิเตอร์ (colorimeter) วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร⁽²⁸⁾ แต่ทั้ง 2 วิธี มีข้อด้อยคือสามารถวัดได้เพียงแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวเท่านั้น

ต่อมา Shi Chong-Shan และคณะ ได้คิดวิธีการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินขนาดของถั่วเหลืองที่ผ่านการเคี้ยวแล้ว โดยผู้วิจัยได้สรุปว่า วิธีดังกล่าวสามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวได้แม่นยำและสะดวกสบายกว่า การวิเคราะห์โดยวิธีการกรอง⁽²⁹⁾

Hada M. และคณะ คิดวิธีการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้หมากฝรั่งเป็นอาหารตัวอย่าง แล้วประเมินผลโดยใช้วิธีวัดปริมาณของน้ำตาลที่ออกมาจากชิ้นหมากฝรั่งหลังให้ผู้ป่วยเคี้ยว⁽³⁰⁾ Matsui Y. และคณะ ใช้หมากฝรั่ง 2 สี ให้ผู้ป่วยเคี้ยวแล้วประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวจากสีที่ผสมกัน และรูปร่างของชิ้นหมากฝรั่งหลังเคี้ยว⁽³¹⁻³³⁾ ต่อมามีการพัฒนาหมากฝรั่งให้สามารถเปลี่ยนสีได้หลังให้ผู้ป่วยเคี้ยว จากนั้นวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ^(34, 35) แต่การใช้อาหารตัวอย่างเป็นหมากฝรั่งนั้นมีข้อเสีย คือ เหนียวติดฟัน อีกทั้งหมากฝรั่งนี้มากกว่าอาหารทั่วไปที่ผู้ป่วยรับประทาน และการประเมินผลจากการวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ นั้น ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนในการวัด อีกทั้งไม่สามารถวัดค่าสีของชิ้นหมากฝรั่งหลังเคี้ยวทั้งชิ้นได้ Schimmel และคณะ จึงได้พัฒนาวิธีการวัดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Adobe Photoshop Element[®] ในการคำนวณสีหมากฝรั่งหลังเคี้ยว โดยหาอัตราส่วนของสีที่ไม่ผสมกันต่อพื้นที่ผิวทั้งหมด⁽³⁶⁾

Sato H., Fueki K. และคณะ ได้ทำการพัฒนาชิ้นซีฟิ่งพาราฟิน เพื่อนำมาทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวขึ้น โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยวชิ้นซีฟิ่งตามจำนวนครั้งที่กำหนด และนำเอาชิ้นซีฟิ่งหลังจากที่เคี้ยวแล้ว มาอ่านผลเพื่อหาค่าความสามารถในการบดเคี้ยวโดยการถ่ายภาพและ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย สะดวกกว่าการใช้วิธีการกรองและ เป็นที่นิยมใช้เพื่อการศึกษาวิจัยในประเทศญี่ปุ่น⁽³⁷⁻⁴³⁾

แต่เนื่องจากการนำชิ้นซีฟิ่งมาใช้ในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวในประเทศไทยนั้นมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ เพราะชิ้นซีฟิ่งมีราคาสูง อีกทั้งการวิเคราะห์ผลไม่สามารถทำได้เองในประเทศ ทำให้กระบวนการวิเคราะห์ไม่เสร็จสมบูรณ์ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชิ้นซีฟิ่งที่ใช้ทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยว ด้วยวัสดุ กระบวนการผลิต และการแปลผลที่สามารถทำได้ในประเทศไทย

1.2. คำถามการวิจัย

ชิ้นซีฟิ่งที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ประเมินและแยกความแตกต่างของความสามารถในการบดเคี้ยวในผู้เข้าร่วมวิจัยต่างกลุ่มอายุได้หรือไม่

1.3. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาชิ้นซีฟิ่งเพื่อใช้ในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวให้มีคุณสมบัติทางกายภาพตามที่กำหนดโดยกระบวนการผลิตที่สามารถทำได้เองในประเทศ
2. สามารถแปรผลและแยกความแตกต่างของความสามารถในการบดเคี้ยวในผู้เข้าร่วมวิจัยจากชิ้นซีฟิ่งที่พัฒนาขึ้นได้
3. สามารถนำไปใช้ได้จริงในคลินิกทันตกรรม

1.4. สมมุติฐานการวิจัย

Ho: ชิ้นซีฟิ่งที่พัฒนาขึ้นใช้ประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละกลุ่มอายุได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Ha: ชิ้นซีฟิ่งที่พัฒนาขึ้นใช้ประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละกลุ่มอายุได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.5. ข้อตกลงเบื้องต้น

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถบอกได้เฉพาะความสามารถในการบดเคี้ยวโดยคำนวณออกมาเป็นร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของฟัน กล้ามเนื้อของริมฝีปาก แก้ม และลิ้น แต่ไม่สามารถบอกถึงแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวได้

1.6. คำสำคัญ

“Wax cube”	ชิ้นซีฟิ่ง
“Chewing ability”	การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว
“Color histogram”	แผนภูมิสี

1.7. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความสามารถในการบดเคี้ยว หมายถึง ความสามารถในการผสมสีขาและสีแดงในชิ้นซีฟิ่ง เข้าด้วยกันขณะเคี้ยว ตามจำนวนรอบของการเคี้ยวที่กำหนด อันเกิดจากการทำงานที่ประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ฟัน และอวัยวะปริทันต์

ผู้เข้าร่วมการวิจัย หมายถึง ผู้ที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด และ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

1.8 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research) และ
การวิจัยทางคลินิก (Clinical research)

1.9 ประโยชน์ของการวิจัย

1. สามารถนำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวได้
2. ลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ
3. ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถนำนวัตกรรมที่ผลิตขึ้นมาใช้งานได้ทันที
ข้างแกวี่ เมื่อต้องการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วย
4. ผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้อาจใช้เป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ศึกษางานวิจัยขั้น
ต่อไป ในอนาคต

1.10 รายละเอียดงบประมาณการวิจัย

หมวดค่าใช้สอย

1. ค่าจัดทำรูปเล่มรายงานวิจัย	เป็นเงิน	5,000	บาท
2. ค่าถ่ายเอกสาร	เป็นเงิน	3,000	บาท
3. ค่าธรรมเนียมในการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง DSC	เป็นเงิน	6,000	บาท
4. ค่าธรรมเนียมในการสร้างแม่แบบอลูมิเนียม	เป็นเงิน	2,000	บาท
5. ค่าธรรมเนียมในการสร้างแม่พิมพ์ซิลิโคน	เป็นเงิน	1,000	บาท

หมวดค่าวัสดุ

1. วัสดุที่ใช้ในการศึกษา	เป็นเงิน	10,000	บาท
2. ซิลิโคนทำแม่พิมพ์	เป็นเงิน	2,000	บาท
3. อุปกรณ์ถ่ายภาพเพื่อการวิเคราะห์	เป็นเงิน	30,000	บาท
4. เครื่องวัดความส่องสว่างของแสง	เป็นเงิน	5,000	บาท
5. บีกเกอร์ทนไฟ แท่งแก้วคน และ ถาดแก้ว	เป็นเงิน	1,000	บาท
6. อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด	เป็นเงิน	3,000	บาท

รวมงบประมาณทั้งสิ้น เป็นเงิน 68,000 บาท

1.11 การบริหารงานวิจัย และตารางการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการวิจัย	ปี 2551												ปี 2552											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ต.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ต.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	■	■	■	■																				
2. วางแผนออกแบบการวิจัย					■	■	■	■	■															
3. ศึกษาวิจัยนำร่อง										■	■	■												
4. จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์													■	■										
5. เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์															■									
6. ดำเนินการวิจัยและ เก็บรวบรวมข้อมูล																■	■	■	■	■	■	■		
7. วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล																						■	■	
8. จัดทำรายงานการวิจัย																						■	■	
9. นำเสนอผลงานวิจัย																								■

บทที่ 2

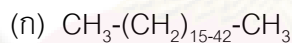
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขี้ผึ้งทางทันตกรรม

ขี้ผึ้งมีการนำมาใช้ในทางทันตกรรมครั้งแรกในศตวรรษที่ 18 โดยใช้เป็นวัสดุพิมพ์ปากเพื่อทำฟันปลอมทั้งปาก แม้ว่าในปัจจุบันจะถูกแทนที่ด้วยวัสดุพิมพ์ปากชนิดอื่น แต่ก็ยังมีการใช้ขี้ผึ้งอย่างแพร่หลายทั้งในทางคลินิก และในห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการเป็นแบบขี้ผึ้งก่อนนำไปเหียงโลหะ⁽⁴⁴⁾

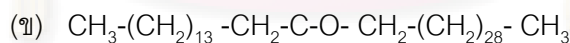
ขี้ผึ้งทางทันตกรรมเป็นวัสดุเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic material) อยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง หลอมเหลวเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิโดยไม่มีการสลายตัว และมีคุณสมบัติทางกล (Mechanical properties) ต่ำ⁽⁴⁵⁾ มักประกอบด้วยสารหลายชนิดผสมกันเพื่อให้มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะกับการใช้งานแต่ละประเภท ซึ่งองค์ประกอบเหล่านั้นอาจเป็นขี้ผึ้งจากธรรมชาติ (Natural wax) เช่น ขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุ (mineral wax) ขี้ผึ้งที่สกัดจากพืช (plant wax) ขี้ผึ้งที่สกัดจากสัตว์ (animal wax) หรือ เป็นขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic wax) นอกจากนี้ อาจมีการเติมสารบางอย่าง เช่น ยาง (gum) ไขมัน (fats) กรดไขมัน (fatty acid) น้ำมัน (oils) เรซิน (resins) และ สี (pigment) เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน⁽⁴⁶⁻⁵⁰⁾

องค์ประกอบของขี้ผึ้งทางทันตกรรมเป็นสารอินทรีย์ (organic molecules) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีสูตรโครงสร้าง ดังรูปที่ 1



O

||



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างของขี้ผึ้งทางทันตกรรม

(ก) สูตรโครงสร้างของพาราฟินิกไฮโดรคาร์บอน (paraffinic hydrocarbon)

(ข) สูตรโครงสร้างของเอสเตอ์ (ester) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

โมเลกุลของสารอินทรีย์ในขี้ผึ้งเป็นโมเลกุลสายยาวที่ประกอบด้วย อนุกรมคาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน สูตรโครงสร้างด้านบนเป็นสูตรโครงสร้างของพาราฟินิกไฮโดรคาร์บอน (paraffinic

hydrocarbon) ส่วนด้านล่างเป็นของเอสเตอร์ (ester) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ตัวเลขในวงเล็บแสดงถึงจำนวนที่ซ้ำกันของคาร์บอนและไฮโดรเจนในสูตรโครงสร้าง

ความยาวของสายโซ่โมเลกุลที่ต่างกัน ทำให้ขี้ผึ้งมีสถานะแตกต่างกัน อาจเป็นของแข็ง ของเหลว มีลักษณะเหนียว หรือ สามารถยืดหยุ่นได้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนคุณสมบัติอื่น เช่น

ความแข็ง (hardness) ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว (melting range) และ การไหลแผ่ (flow) ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของขี้ผึ้งที่เป็นส่วนผสม และ ลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลของสารอินทรีย์ในขี้ผึ้งนั้น ๆ⁽⁴⁶⁾

2.1.1 องค์ประกอบของขี้ผึ้งทางทันตกรรม

ขี้ผึ้งทางทันตกรรมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ (natural waxes) ขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic waxes) และ สารเติมแต่ง (additives) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของขี้ผึ้งทางทันตกรรม

ขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ (natural waxes)	ขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic waxes)	สารเติมแต่ง (additives)
ขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุ (mineral wax)	แอคราแวกซ์ (acrawax)	กรดสเตอริก (stearic acid)
-พาราฟิน (paraffin)	ขี้ผึ้งแอโรซอล (aerosol wax)	กลีเซอริล ไตรสเตอเรท (glyceryl tristearate)
-ไมโครคริสตอล (microcrystal)	แคสทอร์แวกซ์ (castorwax)	น้ำมัน (oils)
-บานส์ดาฮาล (barndahl)	เฟรกโซแวกซ์ ซี (flexo-wax C)	เทอร์เพนทีน (turpentine)
-โอโซเคไรต์ (ozokerite)	อีโพลีน เอ็น-10 (epolene N-10)	สี (colorants)
-เซเรซิน (ceresin)	อัลบาเซอร์ (albacer)	เรซินธรรมชาติ (natural resins)
-มอนแทน (montan)	ดูราแวกซ์ 1032 (durawax 1032)	โรซิน (rosins)
ขี้ผึ้งที่สกัดจากพืช (plant wax)		-โคปอล (copal)
-คานูบา (carnauba)		-แดมมาร์ (dammar)
-ออริคูรี (ouricury)		-แซนดาแรก (sandarac)
-แคนเดลิลลา (candelilla)		-แมกติก (mastic)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของขี้ผึ้งทางทันตกรรม

ขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ (natural waxes)	ขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic waxes)	สารเติมแต่ง (additives)
-ขี้ผึ้งเจแปน (japan wax)		-เซลแลค (shellac)
-โคโคบัตเตอร์ (cocoa butter)		-คูรี (kauri)
ขี้ผึ้งที่สกัดจากแมลง (insect wax)		เรซินสังเคราะห์ (synthetic resins)
-ไขผึ้ง (beeswax)		-เอลแวก (elvax)
ขี้ผึ้งที่สกัดจากสัตว์ (animal wax)		-โพลีเอทิลีน (polyethylene)
-สเปอิร์มาเซติ (spermaceti)		-โพลีสไตรีน (polystyrene)

2.1.1.1 ขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ

ในอดีตมีการจำแนกชนิดของขี้ผึ้งตามแหล่งกำเนิด ซึ่งแบ่งได้เป็น ขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุ ขี้ผึ้งที่สกัดจากพืช ขี้ผึ้งที่สกัดจากแมลง และ ขี้ผึ้งที่สกัดจากสัตว์ แต่วิธีการจำแนกที่ดีกว่า คือ การจำแนกตามองค์ประกอบทางเคมี โดยองค์ประกอบหลักที่พบในขี้ผึ้ง ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน และ เอสเทอร์ นอกจากนี้ในขี้ผึ้งบางชนิดมีแอลกอฮอล์ และ กรด เป็นส่วนประกอบด้วย

ส่วนประกอบหลักของขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคาร์บอน ที่มีจำนวนของคาร์บอนตั้งแต่ 17 ถึง 44 อะตอมขึ้นไป โดยจำนวนคาร์บอนในสายโซ่โมเลกุลจะเป็นเลขคี่หรือเลขคู่ก็ได้ มีสูตรโครงสร้างพื้นฐาน ดังรูปที่ 2



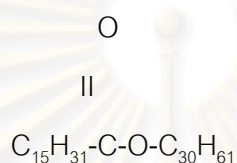
15 ถึง 42 คาร์บอนอะตอม

รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างพื้นฐานของขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุ

ไฮโดรคาร์บอนในขี้ผึ้งที่สกัดจากพืชเป็นอัลเคนอิ่มตัว (saturated alkanes) มีจำนวน

คาร์บอนตั้งแต่ 19 ถึง 31 อะตอม โดยจำนวนคาร์บอนในสายโซ่โมเลกุลเป็นเลขคี่เท่านั้น จากการที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน ทำให้ขี้ผึ้งแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว และ คุณสมบัติการไหลแผ่ที่แตกต่างกัน

ขี้ผึ้งที่สกัดจากพืชและสัตว์มีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น คานูบา มีอัลคิลเอสเทอร์ (alkyl ester) เป็นองค์ประกอบถึง 85 เปอร์เซ็นต์ หรือในขี้ผึ้ง (beewax) มีเอสเทอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ไมริคริล ปาล์มมิเตท (myricyl palmitate) เป็นผลที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างไมริคริล แอลกอฮอล์ (myricyl alcohol) และ กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) ซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สูตรโครงสร้างของ ไมริคริล ปาล์มมิเตท

นอกจากนี้ขี้ผึ้งที่สกัดจากพืชและสัตว์ยังประกอบไปด้วย กรด แอลกอฮอล์ไฮโดรคาร์บอน และ เรซิน

ลักษณะของขี้ผึ้งจากธรรมชาติที่ใช้ทางทันตกรรม

ขี้ผึ้งจากธรรมชาติที่นำมาใช้ทางทันตกรรมมีลักษณะการจัดเรียงโมเลกุล ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว และ ลักษณะเมื่อนำมาผสมกับขี้ผึ้งพาราฟิน แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะของขี้ผึ้งจากธรรมชาติที่ใช้ทางทันตกรรม

ขี้ผึ้ง	ชนิด	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเมื่อผสมกับขี้ผึ้งพาราฟิน
พาราฟิน	ไฮโดรคาร์บอนแบบสายโซ่ตรง มีคาร์บอน 26-39 อะตอม	40-71	-
ไมโคร	ไฮโดรคาร์บอนแบบสายโซ่กิ่ง	60-91	การเปลี่ยนแปลงปริมาตร
คริสตอล	มีคาร์บอน 41-50 อะตอม		น้อยลงขณะเปลี่ยนสภาพ เป็นของแข็ง

ตารางที่ 2 ลักษณะของซีฟี่งจากธรรมชาติที่ใช้ทางทันตกรรม

ซีฟี่ง	ชนิด	ช่วงอุณหภูมิการ หลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเมื่อผสมกับซีฟี่ง พาราฟิน
บานส์ดาฮาล	ซีฟี่งไมโครคริสตอล	70-74	เพิ่มช่วงอุณหภูมิการ หลอมเหลว และ ความ แข็ง, ลดการไหลแผ่
โอโซคิไรด์	ซีฟี่งไมโครคริสตอล ไฮโดรคาร์บอน แบบสายโซ่ตรง สายโซ่กิ่ง และ สายโซ่แบบปิด	65	-
เซเรซิน	แบบสายโซ่ตรง และ แบบสาย โซ่กิ่ง พาราฟิน	-	เพิ่มน้ำหนักโมเลกุล, ความ แข็ง และ ช่วงอุณหภูมิการ หลอมเหลว
มอนแทน	เอสเทอร์สายยาวมีคาร์บอน 40-58 อะตอม, แอลกอฮอล์, กรด, เวจิน	72-92	เพิ่มความแข็ง และ ช่วง อุณหภูมิการหลอมเหลว
คานูบา	เอสเทอร์, แอลกอฮอล์, กรด , ไฮโดรคาร์บอน	84-91	เพิ่มความแข็ง และ ช่วง อุณหภูมิการหลอมเหลว
อริคูรี	เอสเทอร์, แอลกอฮอล์, กรด , ไฮโดรคาร์บอน	79-84	เพิ่มความแข็ง และ ช่วง อุณหภูมิการหลอมเหลว
แคนเดลิลลา	ไฮโดรคาร์บอนมีคาร์บอน 29- 33 อะตอม, แอลกอฮอล์, กรด, เอสเทอร์, แล็กโตน (Lactones)	68-75	เพิ่มความแข็ง
ซีฟี่งเจแปน	ไขมัน-กลีเซอไรด์ของกรด ปาล์มมิติก (Palmitic acids) และ กรดสเตอริก (Stearic acids)	51	เพิ่มความเหนียว และ ความสามารถในการเป็น ตัวประสาน (Emulsifying ability)

ตารางที่ 2 ลักษณะของขี้ผึ้งจากธรรมชาติที่ใช้ทางทันตกรรม

ขี้ผึ้ง	ชนิด	ช่วงอุณหภูมิการ หลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเมื่อผสมกับขี้ผึ้ง พาราฟิน
โคโคบัตเตอร์	ไขมัน-กลีเซอไรด์ของกรดปาล์ม มิติก (Palmitic acids), กรด สเตอริก (Stearic acids), กรดโอเลอิก (Oleic acids), กรดลอริก (Lauric acids)	-	เพิ่มความเหนียว และ ความสามารถในการเป็น ตัวประสาน (Emulsifying ability)
ไขผึ้ง	เอสเทอร์-ไมริคริล ปาล์มมิเตท, ไฮโดรคาร์บอน, กรดอินทรีย์ (Organic acid)	63-70	เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ ของพาราฟิน

2.1.1.1.1 ขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุ

2.1.1.1.1.1 พาราฟิน (paraffin)

เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่ได้มาจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมที่อุณหภูมิสูง ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟินเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ผลิตจากกระบวนการกลั่น แล้วทำให้ตกผลึกในรูปแผ่น (plate) รูปเข็ม (needle) หรือ ลักษณะไม่เป็นผลึก (malcrystals)

ขี้ผึ้งไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างผลึกจากรูปเข็มไปเป็นรูปแผ่นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 5 ถึง 8 องศาเซลเซียส และขณะที่เริ่มแข็งตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ร้อยละ 11 ถึง 15 แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ได้เป็นสัดส่วนที่เท่ากันในแต่ละอุณหภูมิที่ลดลง เนื่องจากขี้ผึ้งประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด

พาราฟินมีคุณสมบัติทางกายภาพค่อนข้างเปราะ

2.1.1.1.1.2 ไมโครคริสตัล (microcrystal)

คุณสมบัติคล้ายพาราฟินแต่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าเนื่องจากมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบมากกว่า มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูงกว่าพาราฟิน มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรขณะเย็นตัวลงน้อยกว่าพาราฟิน

2.1.1.1.1.3 บานส์ดาฮาล (barndahl)

เป็นขี้ผึ้งไมโครไมโครคริสตอลชนิดหนึ่ง ใช้สำหรับเพิ่มช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว เพิ่มความแข็งแรง และลดการไหลแผ่ของพาราฟิน

2.1.1.1.1.4 โอโซคีไรต์ (ozokerite)

เป็นขี้ผึ้งจากธรรมชาติที่พบมากบริเวณยุโรปตอนกลาง และ อเมริกาใต้ คล้ายขี้ผึ้งไมโครคริสตอลเนื่องจากมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอน แบบสายโซ่ตรง และสายโซ่กิ่ง แต่พบโครงสร้างแบบสายโซ่แบบปิดร่วมด้วย มักนำมาใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพให้กับพาราฟิน

2.1.1.1.1.5 เซเรซิน (ceresin)

ได้มาจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม และ แร่ลิกไนต์ คล้ายพาราฟินเนื่องจากมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอน แบบสายโซ่ตรง และสายโซ่กิ่ง แต่มีน้ำหนักโมเลกุล และ ความแข็งแรงมากกว่าขี้ผึ้งพาราฟิน นำมาใช้ในการเพิ่มความแข็งแรง และ เพิ่มช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวให้กับพาราฟิน

2.1.1.1.1.6 มอนแทน (montan)

สกัดได้จากแร่ลิกไนต์ มีองค์ประกอบและคุณสมบัติใกล้เคียงกับขี้ผึ้งที่สกัดจากพีช คือ แข็ง เปราะ ผิวน้ำมันวาว สามารถผสมเข้ากับขี้ผึ้งชนิดอื่นได้ง่าย นำมาใช้แทนขี้ผึ้งที่สกัดจากพีชเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และ ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวให้กับพาราฟิน

2.1.1.1.2 ขี้ผึ้งที่สกัดจากพีช

2.1.1.1.2.1 คานูบา (carnauba) และ ออริคูรี (ouricury)

โครงสร้างประกอบไปด้วยเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ กรด ไฮโดรคาร์บอน มีลักษณะเป็นผงละเอียด สกัดมาจากใบไม้ของพีชเขตร้อน คุณสมบัติทางกายภาพแข็งแรงมาก แต่ เปราะ ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวสูง ใช้ในการเพิ่มความแข็งแรง และ เพิ่มช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวให้กับพาราฟิน เช่น เติมคานูบาลงในพาราฟินร้อยละ 10 จะเพิ่มอุณหภูมิการหลอมเหลวจาก 20 องศาเซลเซียส เป็น 46 องศาเซลเซียส ส่วนการเติมออริคูรีลงในพาราฟินจะให้ผลคล้ายคลึงกัน แต่จะเห็นผลไม่ชัดเจนเท่าคานูบา

2.1.1.1.2.2 แคนเดลลิลลา (candellila)

โครงสร้างประกอบไปด้วย ไฮโดรคาร์บอนมีคาร์บอนตั้งแต่ 29 ถึง 33 อะตอม แอลกอฮอล์ กรด แล็กโทน และ เอสเทอร์ นำมาใช้ในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับพาราฟิน

2.1.1.1.2.3 ขี้ผึ้งเจแปน (Japan wax)

ไม่ใช่ขี้ผึ้งที่แท้จริง เนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไขมัน คือ กลีเซอรไรด์ ของกรดปาล์มมิติก และ กรดสเตอริก มีความเหนียว อ่อนนุ่ม สามารถไหลแผ่ได้ หลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 51 องศาเซลเซียส นำมาใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติการยึดติด และ การเป็นตัวประสาน (emulsifying) ให้กับขี้ผึ้งพาราฟิน

2.1.1.1.2.4 โคโคบัตเตอร์ (Cocoa butter)

เป็นไขมันที่ประกอบด้วยกลีเซอรไรด์ของ กรดปาล์มมิติก กรดสเตอริก กรดโอเลอิก กรดลอริก และ กรดไขมัน มีคุณสมบัติเปราะ นำมาใช้ในการป้องกันการเสียน้ำ (dehydration) ของเนื้อเยื่ออ่อน และใช้ป้องกันความชื้นในขณะแข็งตัวของ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement) หรือ ป้องกันการสูญเสียน้ำจากวัสดุหลังแข็งตัว

2.1.1.1.3 ขี้ผึ้งที่สกัดจากแมลง

2.1.1.1.3.1 ขี้ผึ้ง(Beeswax)

มีองค์ประกอบเป็นเอสเทอร์ ไฮโดรคาร์บอนทั้งที่อิ่มตัว และไม่อิ่มตัว รวมถึง กรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เพราะที่อุณหภูมิห้อง แต่มีคุณสมบัติเป็นพลาสติกที่อุณหภูมิร่างกาย นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของขี้ผึ้งพาราฟิน และ ใช้เป็นส่วนผสมหลักของสติ๊กแวกซ์ (sticky wax)

2.1.1.1.4 ขี้ผึ้งที่สกัดจากสัตว์

2.1.1.1.4.1 สเปิร์มาเซติ (spermaceti)

ได้มาจากปลาวาฬเบเรม มีองค์ประกอบหลักเป็นเอสเทอร์ นำมาใช้ในการเคลือบไหมขัดฟัน

2.1.1.1 ขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic wax)

ขี้ผึ้งที่ได้จากการสังเคราะห์เป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่มีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลาย ซึ่งแม้ว่าองค์ประกอบเหล่านั้นจะแตกต่างจากขี้ผึ้งตามธรรมชาติ แต่คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว หรือ ความแข็ง ยังคงใกล้เคียงกัน

ขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติมักมีองค์ประกอบไม่แน่นอน ทำให้คุณสมบัติของขี้ผึ้งไม่คงที่ จึงมีการสังเคราะห์ขี้ผึ้งขึ้นภายใต้การควบคุมที่มีมาตรฐาน ซึ่งมีการเจือปนน้อยมาก เมื่อเทียบกับขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ

2.1.1.2.1 ขี้ผึ้งโพลีเอทิลีน (polyethylene waxes)

น้ำหนักโมเลกุล 2000 ถึง 4000 หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติคล้ายขี้ผึ้งพาราฟินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

2.1.1.2.2 ขี้ผึ้งโพลีออกซีเอทิลีนไกลคอล (polyoxyethylene glycol wax)

เป็นโพลีเมอร์ของเอทิลีนไกลคอล หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 37 ถึง 63 องศาเซลเซียส ขี้ผึ้งชนิดนี้ผสมเข้ากับขี้ผึ้งชนิดอื่นได้ยาก แต่มีคุณสมบัติเป็นพลาสติก และมีความเหนียวสูง

2.1.1.2.3 ขี้ผึ้งฮาโลจีเนต ไฮโดรคาร์บอน (halogenated hydrocarbon waxes)

เตรียมจากคลอรีนซึ่งได้จากปฏิกิริยาของขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ

2.1.1.2.4 ขี้ผึ้งไฮโดรจีเนต (hydrogenated waxes)

เตรียมจากไฮโดรเจนซึ่งได้จากปฏิกิริยาของขี้ผึ้งที่มาจากธรรมชาติ

2.1.1.2.5 ขี้ผึ้งเอสเทอร์ ซึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่าง แฟตตีแอลกอฮอล์ (fatty alcohol)

และกรด

2.1.1.3. สารเติมแต่ง (wax Additives)

2.1.1.3.1 น้ำยาง (gums)

ขี้ผึ้งที่ได้จากพืชและสัตว์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และมีลักษณะคล้ายยาง เป็นน้ำลักษณะข้นเหนียวที่ไหลออกมาจากต้นยาง ซึ่งจะแข็งเมื่อสัมผัสกับอากาศ เป็นสารประกอบที่มีความซับซ้อนประกอบด้วยสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นหลัก

2.1.1.3.2 ไขมัน (fats)

ขี้ผึ้งจะแข็งและมีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวสูงกว่าไขมัน แต่บางครั้งขี้ผึ้งก็มีลักษณะใกล้เคียงกับไขมัน คือ เป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และมีความมันเงา

ไขมันเป็นเอสเทอร์ที่ประกอบด้วยกรดไขมัน และ กลีเซอรอล ซึ่งก็คือกลีเซอไรด์ ในไขมันสัตว์จะพบกลีเซอไรด์ของกรดสเตอริก หรือ ไตรสเตอเรตท์ ในขณะที่จะพบกลีเซอไรด์ของกรดโอเลอิก ปาล์มมิติก และ บิวไทริก ในเนย

กลีเซอรอล ไตรสเตอเรตท์ (glyceryl tristerate) เป็นองค์ประกอบหลักของไขมันวัว ซึ่งมีอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ 43 องศาเซลเซียส ฟีนผิวเป็นมันเงา เมื่อผสมกับขี้ผึ้งจะทำให้พื้นผิวเป็นมันเงา นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว และ ความแข็งให้กับขี้ผึ้ง

2.1.1.3.3 น้ำมัน (oils)

ช่วยลดอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน น้ำมันที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะช่วยจะช่วยให้ขี้ผึ้งอ่อนตัวลง ส่วนน้ำมันซิลิโคนช่วยให้ขี้ผึ้งสามารถขัดได้ง่าย

2.1.1.3.4 เรซิน (resins)

เป็นสารที่ได้มาจากพืช ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลว เป็นวัสดุออสฐานที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเฉพาะ สามารถนำมาผสมกับขี้ผึ้งเพื่อพัฒนาคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งานทางทันตกรรม

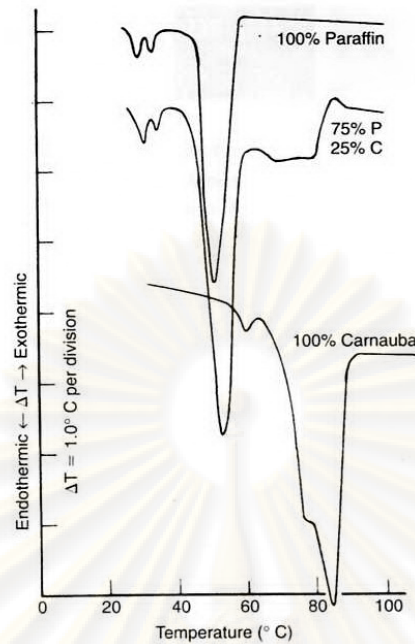
เรซินจากธรรมชาติ เช่น แดมเมอร์ (dammer) และ คอรี (kauri) นำมาผสมกับขี้ผึ้งเพื่อเพิ่มความแข็ง เรซินที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น โพลีเอทิลีน และ ไวนิล เมื่อนำมาผสมกับพาราฟิน จะเพิ่มความเหนียว และ ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน อีกทั้งทำให้พาราฟินสามารถแผ่เป็นแผ่นบางได้⁽⁴⁵⁻⁴⁸⁾

2.1.2 คุณสมบัติของขี้ผึ้งทางทันตกรรม

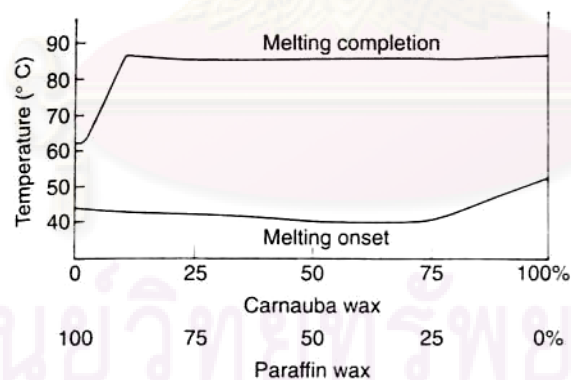
ขี้ผึ้งมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน ซึ่งขี้ผึ้งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน คุณสมบัติที่สำคัญของขี้ผึ้ง ได้แก่

2.1.2.1 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว (melting range)

เนื่องจากขี้ผึ้งประกอบด้วยโมเลกุลของสารหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลจำเพาะ ทำให้ขี้ผึ้งมีอุณหภูมิการหลอมเหลวเป็นช่วง และหากมีการผสมกันของขี้ผึ้งมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปจะทำให้ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวเปลี่ยน ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของขี้ผึ้งที่นำมาผสมกัน



รูปที่ 4 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน คานูบา และ ขี้ผึ้งผสมระหว่างพาราฟินกับคานูบา
 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน คือ 44 ถึง 62 องศาเซลเซียส ส่วน คานูบา คือ 50 ถึง 90 องศาเซลเซียส
 เมื่อผสมพาราฟินและ คานูบาในอัตราส่วน พาราฟินร้อยละ 75 คานูบาร้อยละ 25 จะทำให้ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของขี้ผึ้งผสมสูงขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวพาราฟิน



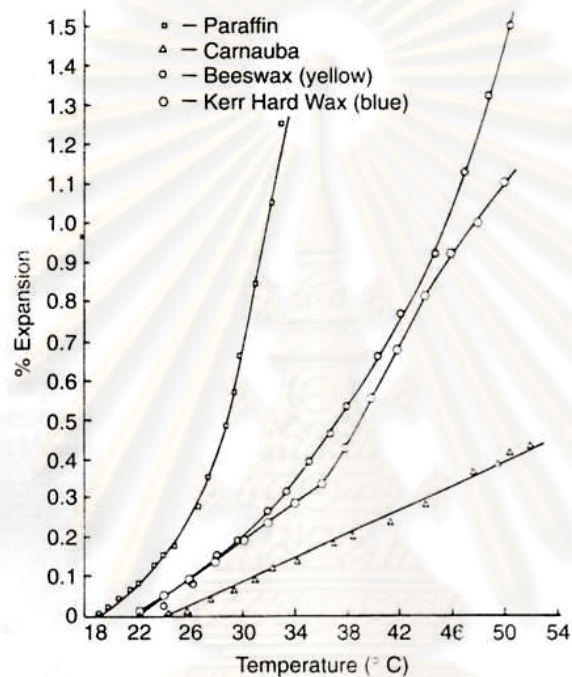
รูปที่ 5 ผลของอัตราส่วนระหว่างคานูบาที่ผสมในพาราฟิน ที่มีผลต่อช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของขี้ผึ้งผสม

จากรูปพบว่าเมื่อมีการเติมคานูบาลงในขี้ผึ้ง ร้อยละ 2.5 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพาราฟิน แต่ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อมีการผสมคานูบาร้อยละ 10 และแม้ว่าการเพิ่มปริมาณคานูบาให้มากขึ้นกว่าร้อยละ 10 จะมี

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวน้อยมากก็ตาม แต่จะมีผลต่อการควบคุมการไหล
แผ่ และ คุณสมบัติทางกลอื่นๆ ของซีฟิ่งผสม

2.1.2.2 การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (thermal expansion)

ซีฟิ่งจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน หดตัวเมื่อได้รับความเย็น คุณสมบัตินี้อาจเปลี่ยนแปลงได้
เล็กน้อยเมื่อมีการผสมกันของซีฟิ่งมากกว่า 1 ชนิด



รูปที่ 6 ค่าการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของซีฟิ่ง 4 ชนิด

ซีฟิ่งแต่ละชนิดจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของซีเมนต์

ซีเมนต์	ช่วงอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การขยายตัว ($\times 10^{-6}$ /องศาเซลเซียส)
ซีเมนต์ที่สกัดจากแร่ธาตุ		
พาราฟิน	20.0-27.8	307
	27.8-34.0	1631
ลิติน	22.0-47.5	205
	47.5-52.0	590
บานส์ดาฮาล	22.0-40.4	185
	40.4-52.0	243
เซเวซิน	22.0-27.4	307
	27.4-34.7	849
	34.7-42.2	471
	42.2-50.0	1434
มอนแทน	22.0-42.5	188
	41.4-52.0	294
ซีเมนต์ที่สกัดจากพืช		
คานูบา	22.0-52.0	156
แคนเดลลิลา	22.0-40.2	182
	40.2-50.2	365
ออร์คิวดี	22.0-43.0	186
	43.0-52.0	307
ซีเมนต์เจแปน	22.0-38.6	304
	38.6-45.0	755
ซีเมนต์ที่สกัดจากแมลง		
ไซเมนต์(สีเหลือง)	22.0-41.2	344
	41.2-50.0	1048
ไซเมนต์(สีบลู)	22.0-38.6	271
	38.6-45.0	606

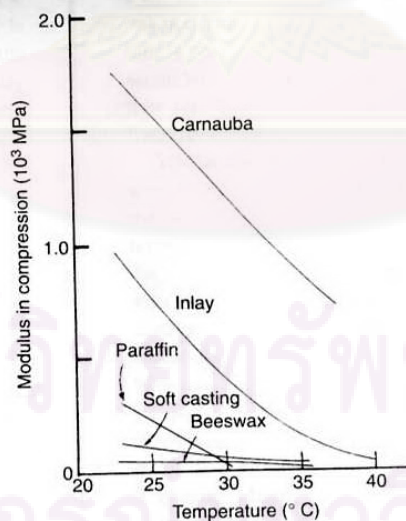
โดยปกติขี้ผึ้งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (coefficient of thermal expansion) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุทางทันตกรรมชนิดอื่น

การที่ขี้ผึ้งมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสามารถอธิบายได้โดยค่าแรงยึดระหว่างโมเลกุล เนื่องจากขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุมีแรงยึดระหว่างโมเลกุลต่ำกว่าขี้ผึ้งที่สกัดจากพืช ดังนั้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิจะเกิดการทำลายพันธะได้ง่าย โมเลกุลเกิดการขยับเคลื่อนไ้มากกว่า ทำให้ขี้ผึ้งที่สกัดจากแร่ธาตุมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่าขี้ผึ้งที่สกัดจากพืช

ขี้ผึ้งหลายชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนมากกว่า 1 ค่า ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 22 ถึง 52 องศาเซลเซียส การขยายตัวของขี้ผึ้งจะเกิดขึ้นที่จุดทรานซิชัน (transition point) เนื่องจากมีการเปลี่ยนโครงสร้างภายในของขี้ผึ้งให้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่ในขี้ผึ้งบางชนิดมีองค์ประกอบของขี้ผึ้งมากกว่า 1 ทำให้มีจุดทรานซิชัน หลายจุดส่งผลให้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนหลายค่าด้วย

2.1.2.3 คุณสมบัติทางกล (mechanical properties)

ขี้ผึ้งมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (elastic modulus), ขีดจำกัดการแปรผันตรง(proportional limit) และค่าความทนแรงอัด (compressive strength) ต่ำ เมื่อเทียบกับวัสดุที่ใช้ทางทันตกรรมชนิดอื่น อุณหภูมิมีผลอย่างยิ่งต่อคุณสมบัติเหล่านี้



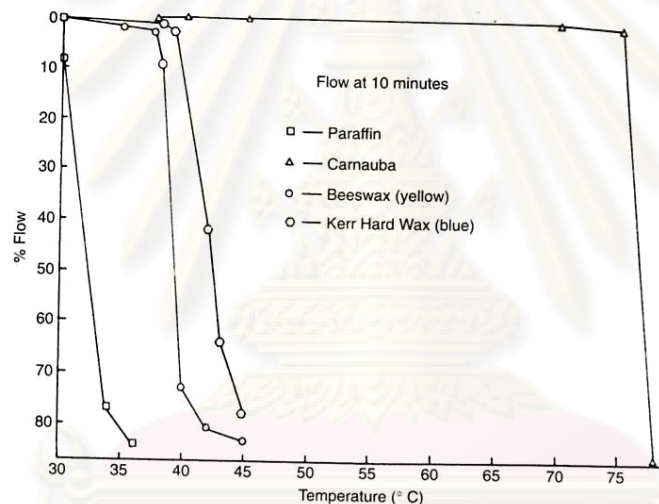
รูปที่ 7 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของขี้ผึ้งที่อุณหภูมิระหว่าง 23 ถึง 40 องศาเซลเซียส

จากรูปพบว่าคานูบามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุดในขณะที่ไขผึ้งมีค่าต่ำที่สุด โดยที่ อินทรีย์ แวกซ์ ซึ่งประกอบด้วยพาราฟินร้อยละ 75 และ คานูบาร้อยละ 25 มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงอย่างรวดเร็วจาก 760 เป็น 48 เมกะปาสคาล ค่าขีดจำกัดการแปรผันตรงลดลงจาก 4.8 เป็น 0.2 เมกะปาสคาล ค่าความทนแรงอัดลดลงจาก 83 เป็น 0.5 เมกะปาสคาล เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 23 เป็น 40 องศาเซลเซียส

2.1.2.4 การไหลแผ่ (flow)

คุณสมบัติการไหลแผ่ของขี้ผึ้งเป็นผลมาจากการลื่นไหลระหว่างโมเลกุล การวัดอัตราการไหลแผ่ของขี้ผึ้งอาจวัดโดยการวัดความหนืด (viscosity) ของขี้ผึ้งแทนได้

การวัดค่าการไหลแผ่ เป็นการวัดระดับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของขี้ผึ้งในอุณหภูมิที่กำหนด ดังนั้นอัตราการไหลแผ่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของขี้ผึ้ง แรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และระยะเวลาที่มีแรงมากกระทำ



รูปที่ 8 อัตราการไหลแผ่ของขี้ผึ้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระยะเวลา 10 นาที

จากรูปพบว่าอัตราการไหลแผ่จะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อให้ความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลวของ ขี้ผึ้ง

2.1.2.5 ความเค้นตกค้าง (Residual stress)

อาจเป็นความเค้นแรงอัด (compressive stress) หรือ ความเค้นแรงดึง (tensile stress) ก็ได้ เกิดจากเมื่อมีการให้ความร้อนขี้ผึ้งจะหลอมเหลว และเมื่ออุณหภูมิลดลงจะมีการเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน ของอะตอม เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง โมเลกุลจะถูกจำกัดการเคลื่อนที่ที่เกิดเป็นความเค้น

ตกค้างอยู่ในชั้นซี่ผึ้ง หากมีการเพิ่มอุณหภูมิอีกครั้ง ความเค้นตกค้างจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชั้นซี่ผึ้งมากกว่าปกติ

2.1.2.6 ความเหนียว (ductility)

เช่นเดียวกับการไหลแผ่ ซี่ผึ้งสามารถยืดออกได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซี่ผึ้งที่มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำจะมีความเหนียวมากกว่าซี่ผึ้งที่มีอุณหภูมิการหลอมเหลวสูง

ความเหนียวของซี่ผึ้งผสมขึ้นกับช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซี่ผึ้งที่เป็นองค์ประกอบ หากซี่ผึ้งที่เป็นองค์ประกอบมีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวกว้าง ซี่ผึ้งผสมนั้นจะมีความเหนียวมากกว่าซี่ผึ้งที่มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวแคบ เนื่องจากซี่ผึ้งผสมจะเริ่มอ่อนตัวเมื่ออุณหภูมิถึงจุดอ่อนตัวของซี่ผึ้งที่มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำที่สุด และจะค่อยๆอ่อนตัวลงจนสิ้นสุดที่จุดอ่อนตัวของซี่ผึ้งที่มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวสูงที่สุด⁽⁴⁴⁻⁴⁸⁾

2.2 การทดสอบความสามารถในการบัดเคี้ยว

วิธีการทดสอบความสามารถในการบัดเคี้ยว สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1 การประเมินโดยวิธีการตรวจพินิจแบบจิตวิสัย (subjective evaluation)

เป็นการประเมินโดยให้ผู้ป่วยประเมินความสามารถในการบัดเคี้ยวด้วยตนเองโดยใช้เครื่องมือในการประเมิน คือ

2.2.1.1 แบบสอบถาม (questionnaire)^(10, 11, 13, 14)

2.2.1.2 การสัมภาษณ์ผู้ป่วย (patient interview)⁽¹²⁾

ผลการทดสอบความสามารถในการบัดเคี้ยวทั้ง 2 วิธีพบว่า ผลที่ได้ขึ้นกับอารมณ์ ความรู้สึกของผู้ป่วยแต่ละคน ขาดข้อมูลในการประเมินความเที่ยงตรง และ ความแม่นยำ อีกทั้งผลที่ได้มีความผันแปรไปในผู้ป่วยแต่ละคน ไม่มีเกณฑ์ในการประเมินที่แน่ชัด และ ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกันระหว่างผู้ป่วยแต่ละคนได้⁽⁵¹⁾ นอกจากนี้ยังพบว่าผลที่ได้การทดสอบโดยวิธีนี้ ไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบโดยวิธีการตรวจพินิจแบบวัตถุวิสัย (objective evaluation)^(15, 16)

2.2.2 การประเมินโดยวิธีการตรวจพินิจแบบวัตถุวิสัย

เป็นการประเมินโดยมีการทดสอบ การวัด และวิธีการประเมินผลที่เป็นรูปธรรม ซึ่งมีข้อได้เปรียบคือ มีข้อมูลทางสถิติที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

Manly และ Louise เป็นผู้ริเริ่มวิธีการทดสอบดังกล่าว โดยใช้อาหารตัวอย่างจากธรรมชาติ ได้แก่ ถั่วลิสง แครอท มะพร้าว และลูกเกด ให้ผู้ป่วยเคี้ยวตามระยะเวลา และ จำนวนครั้งที่กำหนด จากนั้นนำเอาอาหารตัวอย่างที่เคี้ยวแล้ว มาล้าง ผ่านการกรอง ด้วยตะแกรงขนาดต่าง ๆ กัน การนำอาหารตัวอย่างที่ผ่านการเคี้ยวแล้วมากรองเพื่อดูปริมาณอาหารที่ผ่านตะแกรง เรียกว่า วิธีซีฟ หรือ วิธีการกรอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบการสูญหายไปของน้ำหนักหลังเคี้ยวพบว่า ถั่วลิสงมีน้ำหนักที่สูญหายไปหลังเคี้ยวน้อยที่สุดในอาหารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด^(9, 17)

Krishan และ Sham ทำการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยว และ ประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว ในผู้ป่วยที่ใส่ฟันปลอม โดยได้ให้คำนิยามของคำว่า ความสามารถในการบดเคี้ยว หมายถึง ร้อยละของอาหารตัวอย่างที่แตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ภายหลังจากการเคี้ยวในจำนวนรอบที่กำหนด ส่วนประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว หมายถึง จำนวนรอบของการเคี้ยวที่เกินจากปกติในผู้ป่วยที่ใส่ฟันปลอม ในการที่จะทำให้อาหารแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้เท่าคนที่ไม่มีฟันปกติ การศึกษานี้ใช้ถั่วลิสง และ แครอท เป็นอาหารตัวอย่าง และวิเคราะห์ผลโดยวิธีการกรอง⁽¹⁸⁾

การใช้อาหารตัวอย่างจากธรรมชาติในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยว ไม่ว่าจะเป็น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง อัลมอนต์ แครอท ไข่ต้ม มันเทศต้ม หรือ มะพร้าว นั้นมีข้อจำกัด คือ อาหารตัวอย่างแต่ละชิ้น หรือ แต่ละชนิด มีคุณสมบัติแตกต่างกัน และ อาหารบางชนิดสามารถละลายได้ในน้ำ หรือ น้ำลาย นอกจากนี้ขณะเคี้ยวผู้ป่วยอาจกลืนอาหารตัวอย่างไปบางส่วนจึงไม่สามารถนำอาหารตัวอย่างที่เคี้ยวแล้วทั้งหมดมาวิเคราะห์ได้ กลิ่นและรสของอาหารตัวอย่างแต่ละชนิดก็อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วย และ อาจมีปัญหาในการวิเคราะห์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและปริมาตรของอาหารตัวอย่างก่อนและหลังเคี้ยว จากการล้าง และกระบวนการทำให้แห้ง^(20, 21)

Jiffry และคณะ เห็นความสำคัญการสูญเสียน้ำหนักของอาหารตัวอย่างจากการผ่านกระบวนการทำให้แห้งก่อนนำมากรอง จึงนำอาหารตัวอย่าง คือ ถั่วลิสงไปอบเพื่อกำจัดน้ำก่อนนำมาทดสอบ ซึ่งช่วยลดปัญหาการสูญเสียน้ำหนักได้⁽²⁵⁾

F. Al-Ali และคณะ พบว่านอกจากการสูญเสียน้ำหนักของอาหารตัวอย่างจากการผ่านกระบวนการทำให้แห้งแล้ว ยังมีการสูญเสียปริมาตร และ ขนาดของอาหารตัวอย่างหลังการเคี้ยว เนื่องจากการกลืนอาหารตัวอย่าง การถูกย่อยจากน้ำลาย และ การกระบวนการล้างก่อนนำมาวิเคราะห์ จึงแก้ปัญหา โดยนำอาหารตัวอย่างคือ ถั่วอัลมอนต์มาอบด้วยไมโครเวฟเพื่อกำจัดน้ำ และน้ำมัน แล้วนำมาใส่ในถุง ก่อนให้ผู้ป่วยเคี้ยว เพื่อป้องกันการสัมผัสกับน้ำลาย ทำให้น้ำหนักก่อนและหลังเคี้ยวของอาหารตัวอย่างค่อนข้างคงที่ อีกทั้งช่วยลดขั้นตอนในการล้าง และทำอาหารตัวอย่างให้แห้งก่อนนำมาผ่านการกรอง⁽²²⁾

ต่อมามีการพัฒนาอาหารตัวอย่างจากอาหารที่ได้จากธรรมชาติ เป็นอาหารที่สังเคราะห์ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อาหารตัวอย่างแต่ละชิ้นมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน Gunne และคณะ ได้คิดค้นอาหารตัวอย่าง จากเจลาตินผสมสีฟลูออเรสเซนต์ ผ่านการทำให้แข็งด้วยฟอร์มอลิน เกล็ดแบบเพื่อให้ได้ชิ้นอาหารตัวอย่างขนาด กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร เท่า ๆ กัน มาใช้ในการทดสอบ แต่พบว่ามีข้อเสียคือกว่า ร้อยละ 90 ของอาหารตัวอย่างเป็นน้ำ ทำให้น้ำอาจระเหยออกไปหากไม่เก็บไว้ในที่เก็บที่

ควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น ผู้ทดลองจึงต้องใช้น้ำหนักแห้งในการวิเคราะห์ โดยนำเจลาตินที่ผ่านการเคี้ยวแล้วมาอบที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน 20 ชม. จึงนำมาผ่านการกรองได้^(23, 24) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถกำจัดข้อเสียอื่น เช่น รสชาติ หรือ การละลายในน้ำ และ น้ำลายได้ จึงมีการพัฒนาโดยใช้วัสดุพิมพ์ปากชนิดซิลิโคน (Optosil[®], Bayer, Germany)^(20, 26) และ วัสดุพิมพ์ปากชนิดไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) มาเป็นอาหารตัวอย่าง ซึ่งพบว่าสามารถแก้ปัญหา ดังกล่าวข้างต้นได้ โดยผลที่ได้จากการใช้วัสดุพิมพ์ปากชนิดไฮโดรคอลลอยด์เป็นอาหารตัวอย่าง ไม่แตกต่างจากการใช้ถั่วลิสงเป็นอาหารตัวอย่าง⁽²⁷⁾

การทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยวิธีซีฟ มีข้อเสีย คือ กระบวนการวิเคราะห์ยุ่งยาก ใช้เวลานาน เนื่องจากก่อนนำเอาอาหารตัวอย่างมาวิเคราะห์ต้องผ่านการทำให้แห้ง การกรอง การชั่งน้ำหนัก การคำนวณน้ำหนักที่หายไป จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลได้ นอกจากนี้ผลที่ได้ยังขึ้นอยู่กับจำนวน และ ขนาดของตะแกรงที่ใช้กรอง Gunne และคณะ จึงได้คิดวิธีการวิเคราะห์อาหารตัวอย่าง โดยใช้เครื่องโฟโตมิเตอร์ วัดปริมาณสีที่ย้อมที่เหลืออยู่ในสารละลายหลังแช่เจลาตินที่ผู้ป่วยเคี้ยวแล้ว ลงในสารละลาย ซึ่งเจลาตินจะดูดสีขึ้นมา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาความสามารถในการบดเคี้ยวพบว่าช่วยลดขั้นตอนในการทดสอบ ทำให้ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ และสามารถนำมาใช้ในคลินิกได้⁽²⁴⁾

Nakasima และคณะ คิดวิธีการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้แกรนูลอนขนาดเล็กที่มีส่วนผสมของสีอิโรโทรซินบรจุในแคปซูลยาง ให้ผู้ป่วยเคี้ยว แล้ววัดความเข้มข้นสีที่ซึมออกมาจากแกรนูลอนล้างให้เคี้ยว โดยใช้เครื่องโฟโตมิเตอร์⁽²¹⁾ Escudeiro Santos และคณะ ใช้วิธีการคล้ายคลึงกันโดยใช้แกรนูลอนที่มีส่วนผสมของสีฟลูสซิน ใสในแคปซูล ให้ผู้ป่วยเคี้ยว แล้ววัดค่าสีที่ได้โดยคัลเลอร์มิเตอร์ (colorimeter) วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร⁽²⁸⁾ แต่ทั้ง 2 วิธี มีข้อด้อยคือ สามารถวัดได้เพียงพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวเป็นจูล หรือ แคลอรี เท่านั้น

Shi Chong-Shan และคณะ ได้คิดวิธีการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมกราฟฟิก ดิจิไทเซอร์ (graphic digitizer) และ คอมพิวเตอร์ วัดขนาด และ วิเคราะห์ความถี่ในการกระจายของขนาดถั่วเหลืองที่ผ่านการเคี้ยวแล้ว ในจำนวนครั้งของการเคี้ยวที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้สรุปว่า วิธีดังกล่าวสามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวได้แม่นยำและสะดวกสบายกว่า การวิเคราะห์โดยวิธีการกรองและการใช้สีย้อมผสมในอาหารตัวอย่าง⁽²⁹⁾

นอกจากนี้อาหารตัวอย่างอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวได้แก่ หมากฝรั่ง เนื่องจากคุณสมบัติที่นิ่ม เคี้ยวง่ายแม้ในผู้ป่วยที่สูญเสียฟันธรรมชาติ สามารถผลิตให้มีขนาด และ รูปร่างที่เป็นมาตรฐานเดียวกันได้ โดย Hada M. และคณะ เป็นผู้เริ่มทดสอบ

ความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้หมากฝรั่งเป็นอาหารตัวอย่าง แล้วประเมินผลโดยใช้วิธีวัดปริมาณของน้ำตาลที่ออกมาจากชิ้นหมากฝรั่งขณะให้ผู้ป่วยเคี้ยว⁽³⁰⁾

Matsui Y. และคณะ พัฒนาหมากฝรั่งเพื่อใช้ในการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยว โดยใช้แลคโตน-ฟลูซีน (lactone-phloxine) และ โซเดียมไบคาร์บอเนต มาผสมในหมากฝรั่งชนิดแผ่น 2 ชั้น ให้ผู้ป่วยเคี้ยว เมื่อสารทั้ง 2 ผสมกันจะเกิดเป็นสีแดง จากนั้นประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวจากสีที่ผสมกันด้วย ระบบสี CIE $L^*a^*b^*$ โดยใช้เครื่องโครมามิเตอร์ ซีอาร์-200 ในการวัดสี⁽³⁵⁾

Hayakawa และคณะ พัฒนาหมากฝรั่งเปลี่ยนสีได้ขึ้น โดยออกแบบชิ้นหมากฝรั่งเป็นก้อนสี่เหลี่ยมที่มี 2 ชั้น ขนาดกว้าง 18 มิลลิเมตร ยาว 18 มิลลิเมตร สูง 12 มิลลิเมตร เมื่อให้ผู้ป่วยเคี้ยว หมากฝรั่งทั้ง 2 ชั้นจะผสมเข้าด้วยกัน และเปลี่ยนสีเป็นสีแดง นำหมากฝรั่งมากดให้แบนราบโดยใช้แผ่นแก้ว จากนั้นวัดค่าของสีแดงที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซีเอ็ม-2002 (มินอลตา) จำนวน 5 ตำแหน่ง ประเมินค่าสีโดยใช้ระบบสี CIE $L^*a^*b^*$ ⁽³⁴⁾ แต่เนื่องจากการประเมินผลจากการวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ นั้น ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนในการวัดหมากฝรั่งแต่ละชิ้น อีกทั้งไม่สามารถวัดค่าสีของชิ้นหมากฝรั่งทั้งชิ้นได้ J.F. Prinz จึงออกแบบชิ้นหมากฝรั่ง และ วิธีการประเมินผลแบบใหม่ เพื่อศึกษาผลของขนาดอาหารตัวอย่าง และ จำนวนครั้งในการเคี้ยวที่มีผลต่อ การผสมกันของสีหมากฝรั่ง 2 สี โดยใช้หมากฝรั่งสีเหลืองเป็นแกนกลางนำมาหุ้มด้วยหมากฝรั่งสีเขียว นำมาให้ผู้ป่วยเคี้ยว จากนั้นกดหมากฝรั่งให้แบนราบ ถ่ายภาพหมากฝรั่งภายใต้แสงไฟมาตรฐาน แล้วประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิก อันไบแอส เมเชอเมน ซิสเต็ม (graphic unbiased measurement system) ซึ่งสามารถนำค่าสี ขนาด และ รูปร่างที่เปลี่ยนไปของชิ้นหมากฝรั่งมาใช้ในการคำนวณได้ ต่อมา Schimmel และคณะ พัฒนารูปการวัดค่าสีของหมากฝรั่ง 2 สี โดยหลังให้ผู้ป่วยเคี้ยว นำมากดให้แบนราบ ใช้เครื่องสแกนเนอร์ สแกนพื้นผิวหมากฝรั่งทั้ง 2 ด้าน จากนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Adobe Photoshop Element[®] ในการคำนวณหาอัตราส่วนของสีหมากฝรั่งที่ไม่ผสมกันต่อพื้นที่ผิวทั้งหมด⁽³⁶⁾

แต่การใช้อาหารตัวอย่างเป็นหมากฝรั่งนั้นมีข้อเสีย คือ เหนียวติดฟัน หมากฝรั่งนี้มากกว่าอาหารทั่วไปที่ผู้ป่วยรับประทาน H. Sato, K. Fueki และคณะ จึงทำการพัฒนาชิ้นขี้ผึ้งพาราฟินเพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวขึ้น ชิ้นขี้ผึ้งประกอบไปด้วยขี้ผึ้งสีแดง และ สีเขียว มาถักรวมกันเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดกว้าง 12 มิลลิเมตร ยาว 12 มิลลิเมตร สูง 12 มิลลิเมตร ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยวชิ้นขี้ผึ้งตามจำนวนครั้งที่กำหนด และนำเอาชิ้นขี้ผึ้งหลังจากที่เคี้ยวแล้ว มาอ่านผลเพื่อหาค่าความสามารถในการบดเคี้ยวโดยการถ่ายภาพชิ้นขี้ผึ้งที่ผ่านการเคี้ยวแล้วทั้ง 2 ด้าน ด้วยกล้องดิจิตอล (XC-003[®]) ภายใต้แสงไฟมาตรฐาน และใช้โปรแกรมอิมเมจ อนุไลเซอร์ (Luzer-FS[®]) ช่วยในการประเมินผล ออกมาเป็นค่ามิกซิงอับิลิตี้ อินเดกซ์ (mixing ability index) ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย สะดวก และเป็นที่ยอมรับใช้เพื่อการศึกษาวิจัยในประเทศญี่ปุ่น⁽³⁷⁻⁴³⁾

2.3 กล้องดิจิทัล

กล้องดิจิทัลเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการบันทึกภาพ มีส่วนประกอบและหลักการทำงานคล้ายกับกล้องแบบใช้ฟิล์ม แต่บันทึกในรูปแบบไฟล์ข้อมูลแทนการบันทึกลงบนฟิล์ม โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า ตัวรับภาพ (Image sensor) ในการบันทึกภาพโดยแปลงข้อมูลของแสงมาเป็นรูปแบบไฟล์ดิจิทัล แล้วบันทึกเก็บไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูล และสามารถชมภาพที่บันทึกได้ทันทีจากหน้าจอกล้อง ทำให้เห็นภาพที่ถ่ายในทันทีโดยไม่ต้องผ่านขบวนการล้างอัด อีกทั้งสามารถถ่ายภาพได้จำนวนหลายร้อยรูป ขึ้นอยู่กับขนาดหน่วยความจำ และสามารถโอนข้อมูลลงเก็บเป็นไฟล์ภาพในคอมพิวเตอร์ และนำมาแก้ไขตกแต่งภาพ ได้ในภายหลัง เก็บไว้ได้นานโดยที่สีของภาพไม่ซีดหรือเสื่อมคุณภาพ⁽⁵²⁾

2.3.1 การทำงานของกล้อง

เมื่อทำการถ่ายภาพ ภาพที่ถ่ายจะไปตกบน ตัวรับภาพแล้วแปลงสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณภาพดิจิทัล ตัวรับภาพที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ CCD (Charge Coupled Device) เป็นอุปกรณ์รับภาพที่ประกอบด้วยเซลล์ไวแสงจำนวนมาก และเซลล์เหล่านี้จะทำหน้าที่แปลงภาพซึ่งเป็นสัญญาณ Analog ไปเป็นสัญญาณ Digital โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ATD (Analog to digital converter) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบความคมชัดของภาพและทำการบีบอัดเพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บภาพก่อนจะส่งไปเก็บที่หน่วยความจำของกล้อง

CCD ประกอบไปด้วยโฟโตไดโอดจำนวนมากมาเป็นล้านวงเรียงกันอย่างเป็นระเบียบบนชิพ ทำหน้าที่รับแสง ซึ่งโฟโตไดโอดแต่ละตัวก็คือ แต่ละพิกเซล ยิ่งจำนวนพิกเซลมากเท่าไรก็จะยิ่งถ่ายทอดรายละเอียดของภาพได้มากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากโฟโตไดโอดบน CCD นั้นมีคุณสมบัติในการรับรู้ระดับความสว่าง ความเข้มของแสงเท่านั้น จึงเก็บบันทึกรายละเอียดของแสงในลักษณะโทนขาว-ดำ การที่จะได้รายละเอียดของแสงออกมาเป็นสีได้นั้น จึงต้องมีการนำฟิลเตอร์สีมาวางบนตัวรับภาพ เพื่อให้ได้แสงสีตามที่ต้องการ ลักษณะของฟิลเตอร์สีที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ ฟิลเตอร์ RGB ประกอบด้วยสีหลัก 3 สี คือ แดง เขียว น้ำเงิน เรียงตัวสลับกันเป็นตาราง โดยเซลล์รับแสง 1 เซลล์ จะมีฟิลเตอร์บังได้เพียงหนึ่งสีเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลสีจะแสดงผลออกมาเป็นเช่นไอนั้น ขึ้นอยู่กับสีหลักบนฟิลเตอร์ และภาพที่ได้เกิดจากการนำข้อมูลสีในแต่ละสีมาผสมกันโดยการทำงานของซอฟต์แวร์ในกล้องก่อให้เกิดภาพสีบนหน้าจอ ชนิดและลำดับจัดเรียงของสีของฟิลเตอร์สีมีผลต่อคุณภาพด้านความคมชัด และความถูกต้องของสี กล้องส่วนใหญ่จะจัดเรียงฟิลเตอร์แบบ RGB

ความละเอียดของภาพ (image resolution) ขึ้นอยู่กับจำนวนพิกเซลที่ประกอบกันขึ้นจนเป็นภาพ ยิ่งจำนวนพิกเซลของภาพมีมากเท่าไร ภาพยิ่งมีความละเอียดมากขึ้นเท่านั้น ค่าความละเอียดจะแสดงใน

ลักษณะจำนวนพิกเซลด้านยาวคูณจำนวนพิกเซลด้านกว้าง เช่น 1280x960 พิกเซล เมื่อคูณกันได้ค่าความละเอียด 1,228,800 พิกเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.2288 เมกะพิกเซล นั่นเองตามที่กล่าวไว้ข้างต้นพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพ ได้แก่ ความละเอียดของตัวรับภาพ การจัดเรียงตัวของโฟโตไดโอด ชนิด และการจัดเรียงของฟิลเตอร์

2.3.2 ประเภทของไฟล์ภาพที่ใช้ในกล้องดิจิทัล

ไฟล์ในการบันทึกภาพในกล้องดิจิทัล แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ไฟล์สกุล TIFF (Tagged Image File) ได้รับการพัฒนามาจากบริษัท Microsoft และ Aldus เป็นไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในการจัดเก็บไฟล์ภาพทั้ง 3 ประเภท เนื่องจากเป็นไฟล์ที่บีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล โดยการประมวลผลของโปรแกรมภายในตัวกล้องดิจิทัล สามารถแสดงผลได้ในทุกระดับความละเอียด ตั้งแต่ภาพขาวดำไปจนถึงภาพสี สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย นำไปเปิดกับโปรแกรมที่ใช้ในการตกแต่งรูปภาพ หรือโปรแกรมจัดการภาพถ่ายทั่วไป มีข้อจำกัดคือเป็นไฟล์ที่มีขนาดใหญ่มาก นิยมนำไปใช้ในงานที่ต้องการนำเสนอภาพที่ไม่สูญเสียรายละเอียดของภาพให้ได้ภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด

2. ไฟล์สกุล JPEG (Joint Photographic Experts Group) ภาพที่จัดเก็บในสกุลนี้ใช้เทคโนโลยีการบีบอัดภาพให้ออกมาเป็นบล็อกของพิกเซล จากนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนเพื่อให้เกิดการบีบอัดในอัตราส่วน 10:1 ไปจนถึง 100:1 ยิ่งภาพมีการบีบอัดมากขึ้นเท่าใด ความละเอียดและความคมชัดจะน้อยลงไปด้วย จึงเป็นที่นิยมใช้กับกล้องดิจิทัล เนื่องจากเป็นไฟล์ที่มีขนาดเล็ก สามารถจัดเก็บภาพลงในหน่วยความจำได้จำนวนมากและสามารถเลือกรูปแบบความละเอียดในการบันทึกได้ เช่น หากต้องการความละเอียดมาก ก็จะใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมาก ต้องการความละเอียดน้อยก็ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บน้อย การจัดเก็บไฟล์ภาพแบบ JPEG เป็นการลดคุณภาพของภาพถ่าย โดยการตัดสีที่ไม่จำเป็นออกไป เช่น สีที่สายตาไม่สามารถมองเห็นได้แล้วอาศัยการคำนวณเพื่อจัดเรียงลำดับของสีใหม่ สำหรับไฟล์ภาพประเภทนี้ นิยมใช้สำหรับ การถ่ายภาพทั่วไป ที่ไม่ต้องอาศัยความละเอียดของภาพสูง เช่น ภาพที่นำไปใช้สำหรับการเขียนโฮมเพจ

3. ไฟล์สกุล RAW เป็นไฟล์ที่มีการจัดเก็บในกล้องที่มีค่าความละเอียดมาก ๆ การบันทึกภาพแต่ละครั้งจะบันทึกลงในกล้องโดยไม่ผ่านการปรับแต่งค่าใด ๆ ถือเป็นกรบันทึกแบบข้อมูลดิบ การแสดงผลภาพถ่ายจากโปรแกรมที่มากับตัวกล้อง โปรแกรมอื่น ๆ ไม่สามารถใช้งานได้ ไฟล์ชนิดนี้มักจะอยู่ในกล้อง SLR ระดับสูง

2.3.3 แสงกับการถ่ายภาพ

การถ่ายภาพ เป็นขบวนการเปิดรับแสงให้เข้ามาสู่ฟิล์ม หรือ ตัวรับภาพ โดยผ่านกลไกต่างๆเพื่อควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามา ซึ่งระบบการถ่ายภาพนั้น นักถ่ายภาพสามารถควบคุมปริมาณแสงให้ผ่านเข้ามาในกล้องได้สองทาง คือโดยการปรับช่องรับแสง (aperture) และความไวชัตเตอร์ (shutter) ถ้าขนาดของช่องรับแสงกว้างแสงจะผ่านเข้ามาในกล้องได้มาก แต่ถ้ารูรับแสงแคบ แสงจะผ่านเข้ามาในกล้อง ได้น้อย ส่วนความไวชัตเตอร์เป็นตัวบ่งบอกระยะเวลาเปิดรับแสงของกล้องว่าจะเปิดให้แสงผ่านเข้ามาภายในระยะเวลาเท่าใด การเลือกขนาดของช่องรับแสง และความไวชัตเตอร์ที่เหมาะสมกับสภาพแสงที่กำลังจะถ่ายภาพก็คือ “ การวัดแสง” นั่นเอง โดยเครื่องมือในการวัดแสงที่ติดตั้งอยู่ภายในกล้องจะทำให้ผู้ถ่ายภาพทราบว่าค่าแสงของภาพที่กำลังจะบันทึกมีค่าเท่าใด เพื่อนำไปปรับจนได้ค่าแสงที่พอดีกับภาพที่ต้องการถ่าย⁽⁵³⁾

2.4 โปรแกรมอิมเมจ เจ (Image J)

โปรแกรมอิมเมจ เจ เป็นโปรแกรมเกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาพถ่าย พัฒนาขึ้นโดย National Institutes of Mental Health (NIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา เปิดให้ผู้คนทั่วไปสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผ่านทาง <http://rsb.info.nih.gov/ij/>

โปรแกรมอิมเมจ เจสามารถอ่านไฟล์ภาพได้หลายสกุล ได้แก่ สกุล JPEG TIFF GIFF BMP และ RAW สามารถใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ภาพ คำนวณหาจำนวนพิกเซลจากขอบเขตที่กำหนด วัดระยะและมุมของภาพ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลสีจากภาพถ่ายออกมาในรูปฮิสโตแกรม (histogram) สามารถแปลงข้อมูลจากฮิสโตแกรมเป็นตารางค่าสีของภาพถ่ายนั้น ๆ แล้วนำค่าจากตารางมาคำนวณโดยใช้เครื่องมือการคำนวณสถิติพื้นฐานที่มีอยู่ในโปรแกรม หรือ คำนวณผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft excel)

นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมในการตกแต่งภาพ เช่น การปรับความมืด ความสว่างของภาพ การทำภาพให้คมชัด (sharping) การทำขอบเขตภาพให้สม่ำเสมอ (smoothing) การหาขอบเขตภาพ อัตโนมัติน (edge detection) การเปลี่ยนภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ ใส่ตัวอักษรลงในภาพ ย่อและขยายภาพ เป็นต้น

จากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น โปรแกรมอิมเมจ เจ จึงใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์หาพื้นที่ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ เช่น การตรวจหาความผิดปกติของเซลล์ตับ โดยหาพื้นที่บริเวณที่ติดสีชมพูของชิ้นเนื้อเยื่อตับ ใช้ในการวิเคราะห์ Dot blot analysis ในงานทางชีวเคมี โดยวัดความเข้มของค่าสีที่เกิดขึ้น ใช้ในการวัดความยาวของสาย DNA จากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น⁽⁵⁴⁾

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำโปรแกรมอิมเมจ เจ มาใช้เพื่อคำนวณหาพื้นที่ของชั้นสีผึ้ง และ ค่าสี (color value) ที่เกิดจากการผสมกันของสีขาว และ สีแดง เพื่อมาวิเคราะห์หาความสามารถในการบดเคี้ยว



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 ประชากรเป้าหมาย

ประชากรไทยอายุระหว่าง 20-49 ปี ที่มีการสบฟันปกติ

3.2 กลุ่มตัวอย่างวิจัย

กลุ่มตัวอย่างวิจัย ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ประชากรไทยอายุระหว่าง 20-49 ปี ที่มีฟันกรามน้อย และ ฟันกรามใหญ่ อย่างน้อย ๑ จุดภาค (quadrant) ละ 2 ที่
- สามารถสบฟันได้ทั้ง 2 ข้าง โดยมีจุดสบอย่างน้อย 2 จุด ต่อฟันหลังที่สบกัน 1 คู่ เมื่อให้กัดฟัน แล้วตรวจด้วยกระดาษกัดสบสีแดงนำเงิน
- ไม่มีความผิดปกติของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
- ไม่มีสภาวะความผิดปกติทางจิต
- ไม่ป่วยเป็นโรค ไวรัสตับอักเสบบี (Hepatitis B) เริม (Herpes simplex) ภูมิคุ้มกันบกพร่อง (Human immunodeficiency syndrome) ซิฟิลิส (Syphilis) ทั้งก่อนหรือระหว่างเข้าร่วมวิจัย
- พร้อมให้ความร่วมมือ และ ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยมีการอธิบายขั้นตอนการวิจัย ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และสามารถยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 45 คน เป็นชาย 21 คน เป็นหญิง 24 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มตามช่วงอายุ ได้แก่

กลุ่มที่ 1 มีอายุ 20 – 29 ปี จำนวน 15 คน

กลุ่มที่ 2 มีอายุ 30 – 39 ปี จำนวน 15 คน

กลุ่มที่ 3 มีอายุ 40 – 49 ปี จำนวน 15 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. ไชผึ้ง (bees wax 8104), (Hong huat Co., Ltd., Lot No.10035602 ,Thailand)
2. ขี้ผึ้งไมโครคริสตอล(multiwax W-445), (Hong huat Co.,Ltd., Lot No.10016102 ,Thailand)

3. ขี้ผึ้งคานูบา (carnauba wax 2442 flakes) (Hong huat Co., Ltd., Lot No.1003002 ,Thailand)
4. ขี้ผึ้งพาราฟิน (paraffin wax135) (Hong huat Co.,Ltd., Lot No.1003002 ,Thailand)



รูปที่ 9 ขี้ผึ้ง 4 ชนิด

- ก. ไช้ผึ้ง
 - ข. ขี้ผึ้งไมโครคริสตอล
 - ค. ขี้ผึ้งคานูบา
 - ง. ขี้ผึ้งพาราฟิน
5. สีอโปคาโรทีนอล (Apocarotenal 20% S) (DMS Nutritional product Ltd.,France)



รูปที่ 10 สีอโปคาโรทีนอล

6. ซิลิโคนทำแบบสีเหลือง (yellow molding silicone) (Tet jewelry supplied co., Ltd , Thailand)



รูปที่ 11 ซิลิโคนทำแบบสีเหลือง

7. กระดาษกัดสบสีแดงน้ำเงิน (Blue red articulating paper) (Radar, Nordin co., Ltd, Switzerland)
8. แอลกอฮอล์สำหรับจุดไฟ
9. แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 สำหรับฆ่าเชื้อโรค
10. บีโตรเลียมเจล

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องดิฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่ง แคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimetry) (DSC 204 F1 Phoenix, Netzsch, Co., Ltd, Germany)



รูปที่ 12 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่ง แคลอริมิเตอร์

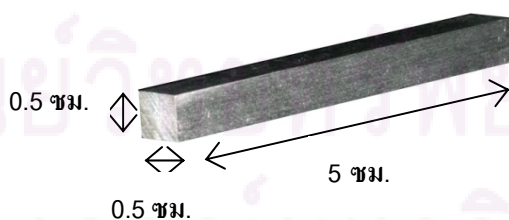
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (Contherm160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) 8 ถึง 100 องศาเซลเซียส
3. ตู้แช่ 5 องศาเซลเซียส (SDC-100AY, Sandenintercool public Co.Ltd., Thailand)
4. เครื่องอบแก๊สเอทิลีน ออกไซด์ (Steri-Vac4XL, 3M, United States)

5. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัล (Digital balance) (FA-200, A&D, Japan)
ความละเอียด 0.001 กรัม



รูปที่ 13 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัล ความละเอียด 0.001 กรัม

6. บีกเกอร์ทนไฟขนาด 50 มิลลิลิตร
7. บีกเกอร์ทนไฟขนาด 100 มิลลิลิตร
8. แท่งแก้วคน
9. เครื่องอุ่นซีฟิ่ง
10. หลอดชนิด ขนาด 10 มิลลิลิตร
11. ตะเกียงแอลกอฮอล์
12. ขาดั้งบังลมและตะแกรง สำหรับตะเกียงแอลกอฮอล์
13. แท่งอะลูมิเนียมขนาด 0.5x 0.5x 5 เซนติเมตร



รูปที่ 14 แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 0.5x 0.5x 5 เซนติเมตร

14. ไม้บรรทัดเหล็ก
15. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิทัล (digital caliper, Micrometer) (Mitutoyo, Japan)
16. เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ (water bath) (Isotemp 202, Fisher Scientific Co., Ltd,

Japan)

17. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (digital camera) (Canon EOS 400D)
18. เลนส์มาโคร (macro lens) (Canon EF100 mm. F 2.8 Macro USM)
19. ชุดขาตั้งถ่ายภาพ และ ชุดไฟมาตรฐาน (Copy stand CS-920, Copy light CL-150, China)
20. หลอดไฟลูออเรสเซนต์ (Philip® Cool Daylight) 125วัตต์ อุณหภูมิสี 6,500 องศาเควิน จำนวน 2 หลอด
21. เครื่องวัดความส่องสว่างของแสง (Digital Lux Meter) (Digicon LX-70, Protonics Intertrade.Co.Ltd., China)



รูปที่ 15 เครื่องวัดความส่องสว่างของแสง

22. เครื่องวัดความชื้นผิว (Soiltest INC.)



รูปที่ 16 เครื่องวัดความชื้นผิว

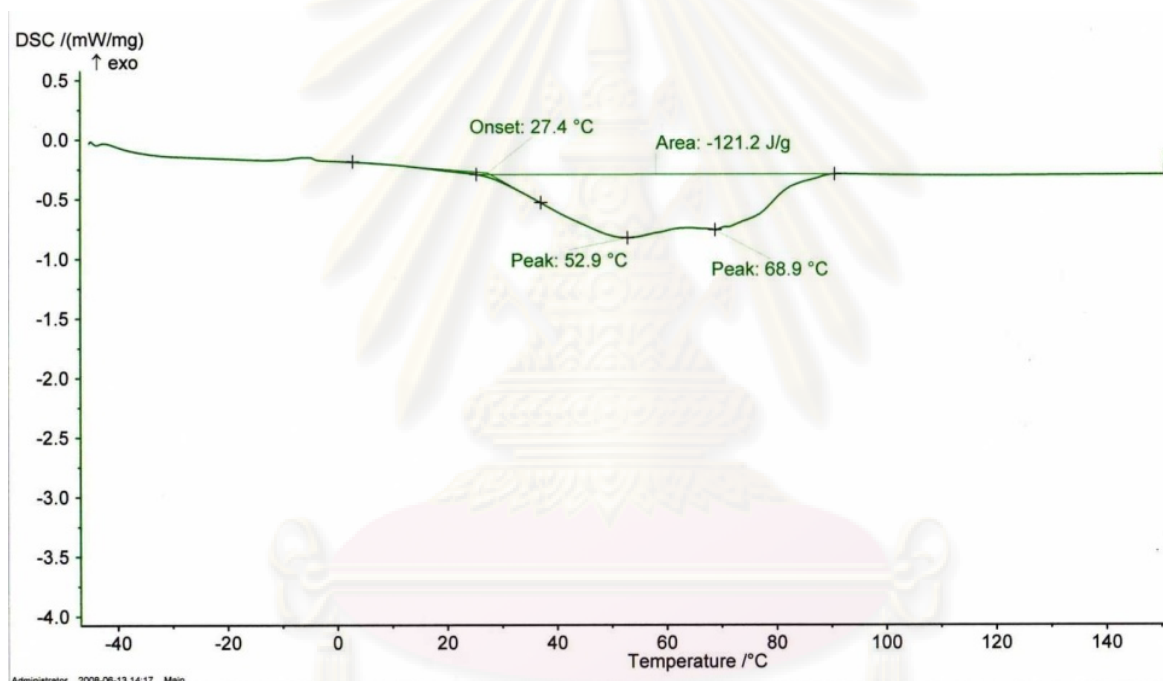
23. คอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปอิมเมจ เจ รุ่น 1.42d (Image J version 1.42d)
24. ชุดตรวจ
25. กล่องเก็บชิ้น

3.4 วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ แบ่งวิธีการวิจัยเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพัฒนาขึ้นซีผึ้ง และการประเมินความสามารถในการบัดเคี้ยว

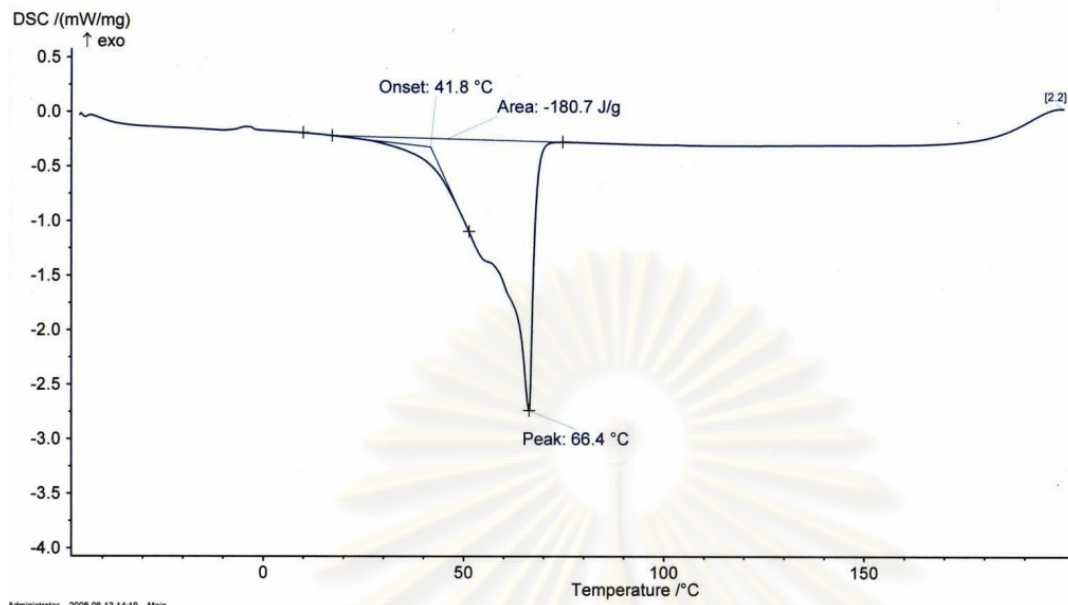
3.4.1 การพัฒนาขึ้นซีผึ้ง

1. นำซีผึ้งจากประเทศญี่ปุ่น (H. Sato, K. Fueki)⁽³⁸⁾ และ ซีผึ้ง 4 ชนิดที่หาซื้อได้ในประเทศไทย ได้แก่ ไซผึ้ง ซีผึ้งคานูบา ซีผึ้งพาราฟิน และ ซีผึ้งไมโครคริสตอล มาหาช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC) ได้ค่าดังรูปที่ 16 ถึง 20

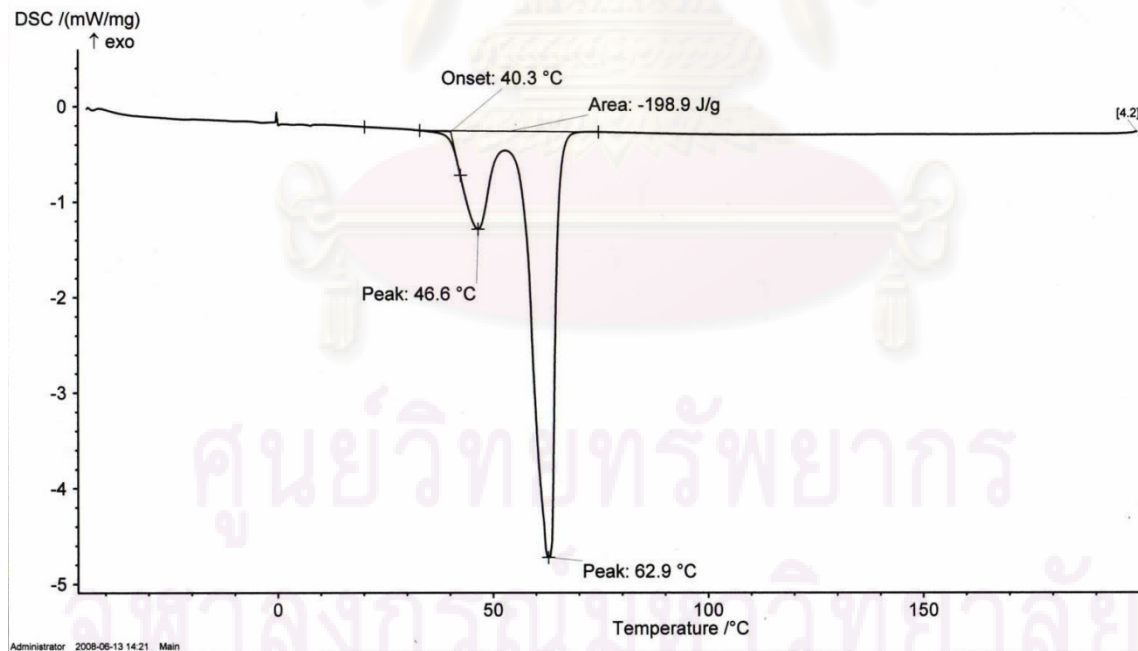


รูปที่ 17 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซีผึ้งไมโครคริสตอล

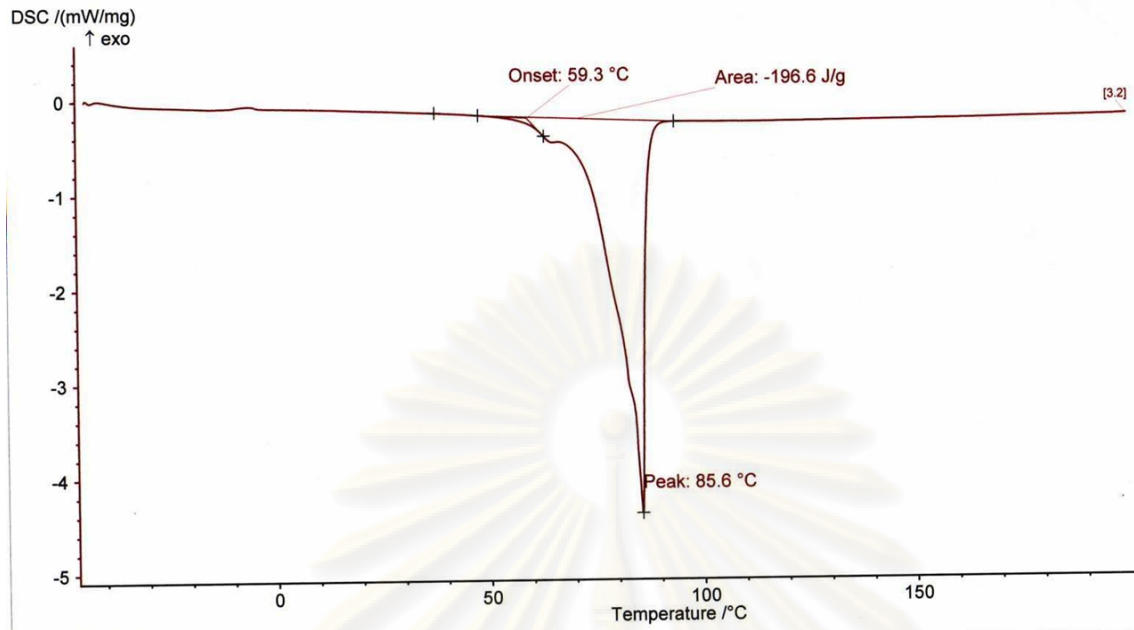
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



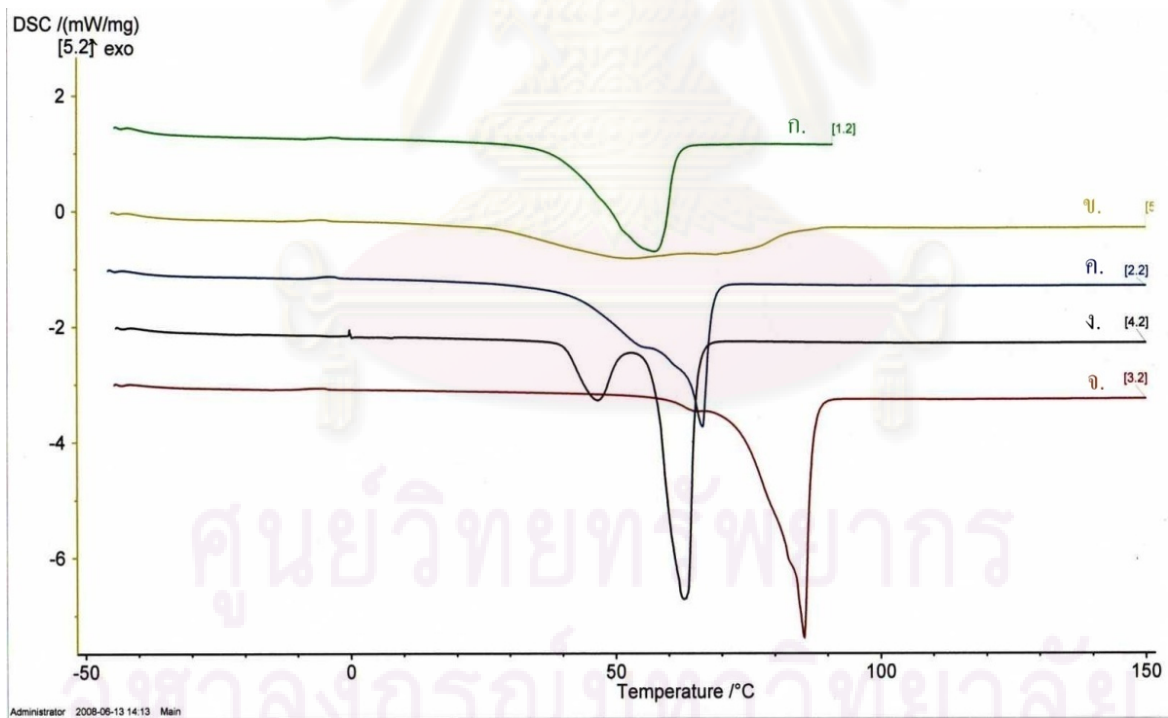
รูปที่ 18 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของโพลิเอทิลีน



รูปที่ 19 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของโพลิโพรพิลีน



รูปที่ 20 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซี่ผึ้งคานูบา



รูปที่ 21 เปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของซี่ผึ้ง 5 ชนิด

ก. ซี่ผึ้งจากประเทศญี่ปุ่น

ข. ซี่ผึ้งไมโครคริสตอล

- ค. ไช้ฝั้ง
ง. ชี้ฝั้งพาราฟิน
จ. ชี้ฝั้งคานูบา

จากรูปที่ 16-20 พบว่าช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของชี้ฝั้งแต่ละชนิด มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของชี้ฝั้ง

ชนิดชี้ฝั้ง	ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว
ชี้ฝั้งจากประเทศญี่ปุ่น	45.0 ถึง 58.4 องศาเซลเซียส
ชี้ฝั้งไมโครคริสตอล	27.4 ถึง 68.9 องศาเซลเซียส
ไช้ฝั้ง	41.8 ถึง 66.4 องศาเซลเซียส
ชี้ฝั้งพาราฟิน	40.3 ถึง 62.9 องศาเซลเซียส
ชี้ฝั้งคานูบา	59.3 ถึง 85.6 องศาเซลเซียส

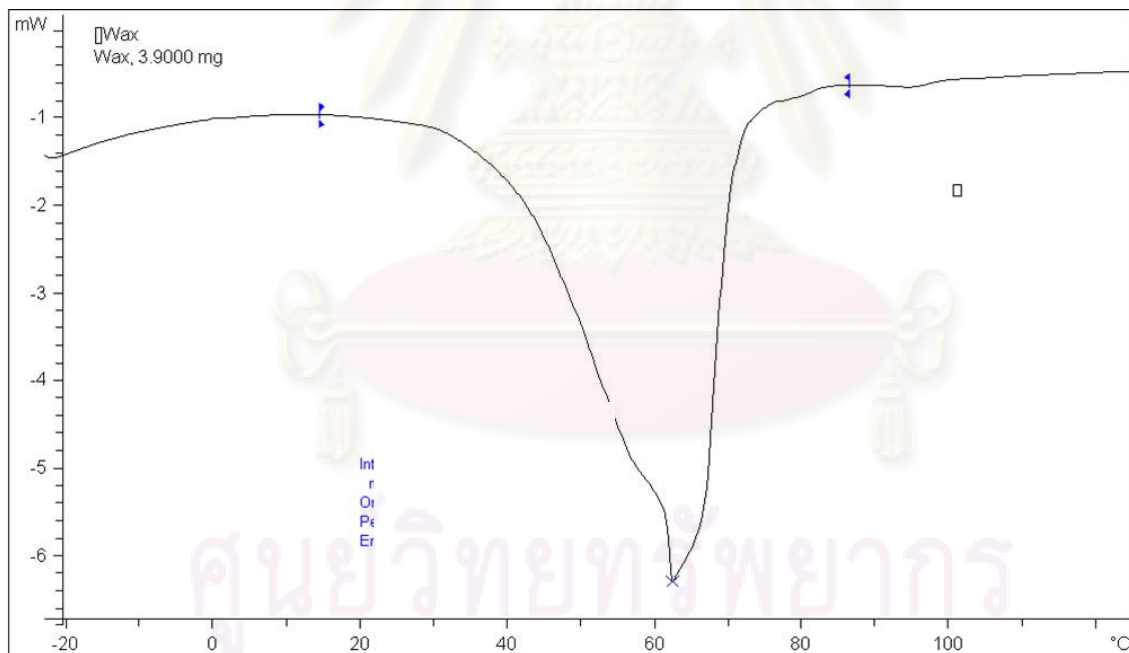
2. ผสมชี้ฝั้งด้วยอัตราส่วนแตกต่างกันโดยน้ำหนัก ชั่งชี้ฝั้งด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัลด้วยความละเอียด 0.001 กรัม นำชี้ฝั้งมาผสมในบีกเกอร์ทนไฟ อุณหภูมิร้อนด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ และ เครื่องอุ่นชี้ฝั้งจนชี้ฝั้งหลอมหมด คนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ร่อนชี้ฝั้งแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาหาช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry จนได้ชี้ฝั้งที่มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลว ใกล้เคียงกับชี้ฝั้งจากประเทศญี่ปุ่น (41.0 ถึง 57.4 องศาเซลเซียส)
3. นำชี้ฝั้งที่ได้มาปรับอัตราส่วนจนมีคุณสมบัติทางกายภาพตามต้องการ ดังนี้
 - 3.1 มีสถานะเป็นของแข็งรูปร่าง ณ.อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)
 - 3.2 อ่อนนุ่ม และสามารถเคี้ยวได้โดยไม่แตกออกจากกัน ณ.อุณหภูมิร่างกาย (37 องศาเซลเซียส)
 - 3.3 ไม่ติดฟันธรรมชาติ ฟันปลอม ทั้งที่เป็นโลหะ พลาสติก และ พอร์ซเลน
 - 3.4 ไม่มีรสชาติ
 - 3.5 ไม่มีกลิ่น
 - 3.6 ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย
 - 3.7 สามารถผ่านการฆ่าเชื้อโรคได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ของชิ้นชี้ฝั้ง

3.8 มีสีต่างกัน 2 สี ใน 1 ชั้น เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์

ได้สูตรสีผงสำหรับการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 5
ตารางที่ 5 สูตรสีผงสำหรับการวิจัย

ชนิดสีผง	ปริมาณ
ไขผง	ร้อยละ 70 (โดยน้ำหนัก)
สีผงไมโครคริสตอล	ร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก)
สีโปคาโรทีนอล	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ สีผง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

นำสีผงที่ผสมแล้วมาหาช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry ได้กราฟ ดังรูปที่ 22

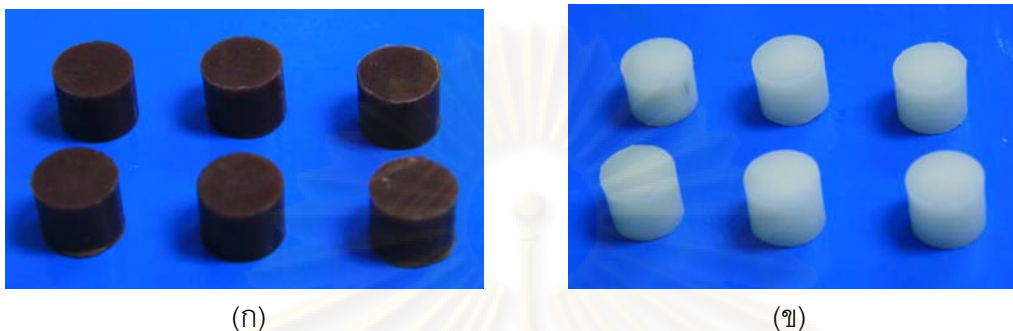


รูปที่ 22 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของสีผงที่ใช้ในการวิจัย

จากรูปที่ 22 ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของสีผงที่ใช้ในการวิจัยเท่ากับ 41.5 ถึง 62 องศาเซลเซียส

4. นำซีผึ้งซีผึ้งจากประเทศญี่ปุ่น และ ซีผึ้งที่ใช้ในการวิจัย มาเปรียบเทียบความแข็ง โดยใช้เครื่องวัดความแข็งผิว ดังนี้

4.1 นำซีผึ้งทั้ง 2 ชนิดมาหลอม และเทลงแบบพิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นซีผึ้งตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 23

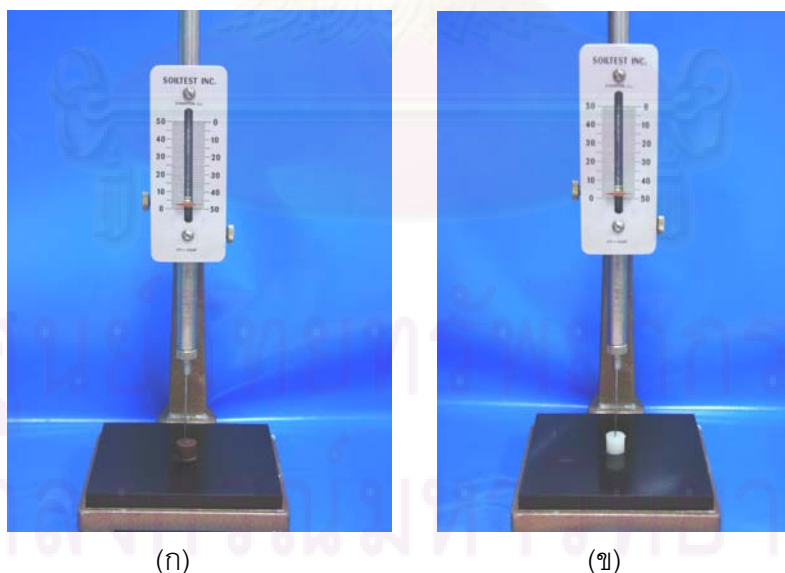


รูปที่ 23 การสร้างชิ้นซีผึ้งตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบความแข็งผิว

(ก) ชิ้นซีผึ้งตัวอย่างของซีผึ้งจากประเทศญี่ปุ่น

(ข) ชิ้นซีผึ้งตัวอย่างของซีผึ้งที่ใช้ในการวิจัย

4.2 นำมาวัดความแข็งผิวด้วยเครื่องวัดความแข็งผิว วางชิ้นซีผึ้งตัวอย่างในตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นตั้งเครื่องวัดขึ้นให้ขีดสีแดงของเครื่องอยู่ที่ตัวเลข 50 ปลดอยเครื่องวัดลงมา ให้เข็มของเครื่องวัดตกลงบนชิ้นซีผึ้งตัวอย่าง อ่านค่าจากตัวเลขบนเครื่องวัด เพื่อบันทึกเวลาที่เข็มตกลงบนซีผึ้ง ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 การเปรียบเทียบความแข็งของซีผึ้งโดยเครื่องวัดความแข็งผิว

(ก) การวัดความแข็งผิวของซีผึ้งจากประเทศญี่ปุ่น

(ข) การวัดความแข็งผิวของซีผึ้งที่ใช้ในการวิจัย

4.3 วัดค่าความแข็งแรงผิวกลุ่มละ 10 ชิ้น นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติแบบ แพร่-ที เทส (pair t-test) ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความแข็งแรงของซี่ผึ้งจากประเทศ ญี่ปุ่น และซี่ผึ้งที่ใช้ในการวิจัย

5. สร้างแม่พิมพ์ซิลิโคนเพื่อใช้ในการขึ้นรูปซี่ผึ้ง โดยนำแม่แบบโลหะอลูมิเนียมขนาด $0.5 \times 0.5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น มาวางในกรอบอลูมิเนียม



รูปที่ 25 กรอบอลูมิเนียมและแม่แบบอลูมิเนียม

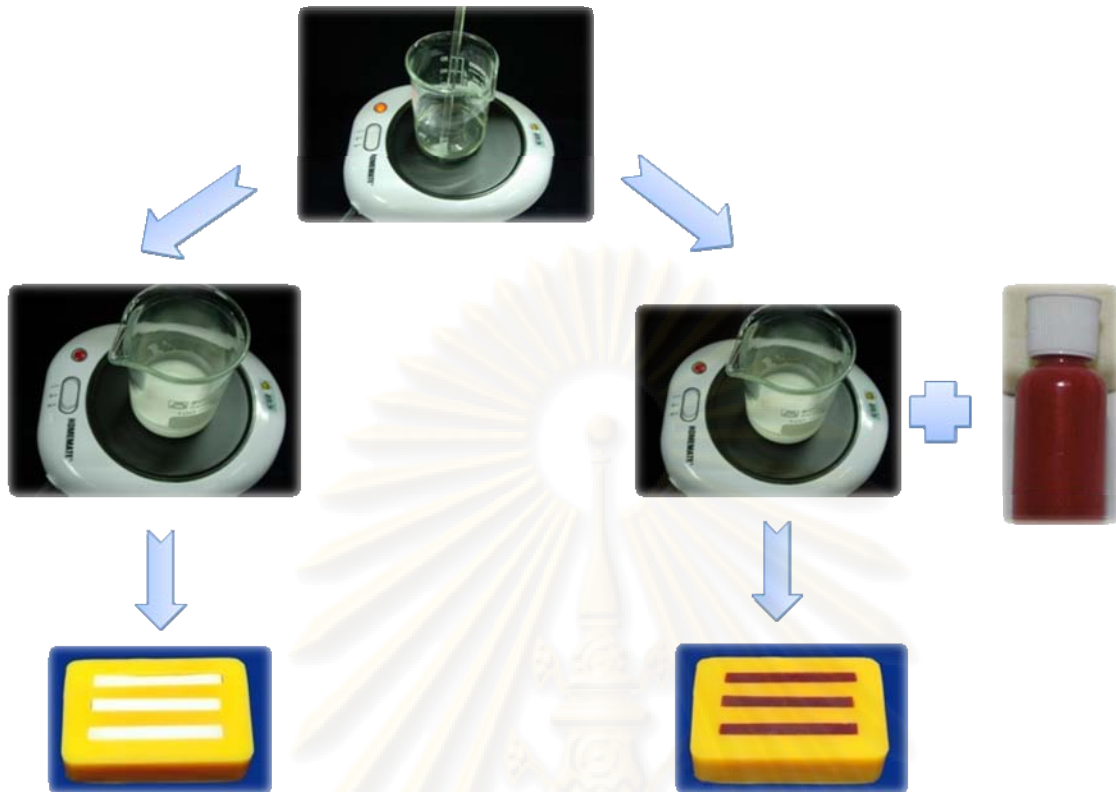
ใช้ซิลิโคนชนิดอัดร้อนอัดเข้าแม่แบบ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นตัวลงที่ อุณหภูมิห้อง 45 นาที แกะแบบซิลิโคนออกจากแม่แบบ จะได้แม่พิมพ์ซิลิโคน ดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 แม่พิมพ์ซิลิโคน

6. นำซี่ผึ้งมาผสมตามสูตรแล้วเทลงในแม่พิมพ์ โดยซี่ผึ้งที่ใช้มี 2 สี ได้แก่ สีขาว และ สีแดง ซึ่งได้จากการเติมสีอโปคาโรทีนอล ซึ่งเป็นสีผสมอาหารที่สามารถละลายได้ในไขมัน ในปริมาตร 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ต่อซี่ผึ้ง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วรอจนซี่ผึ้งแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



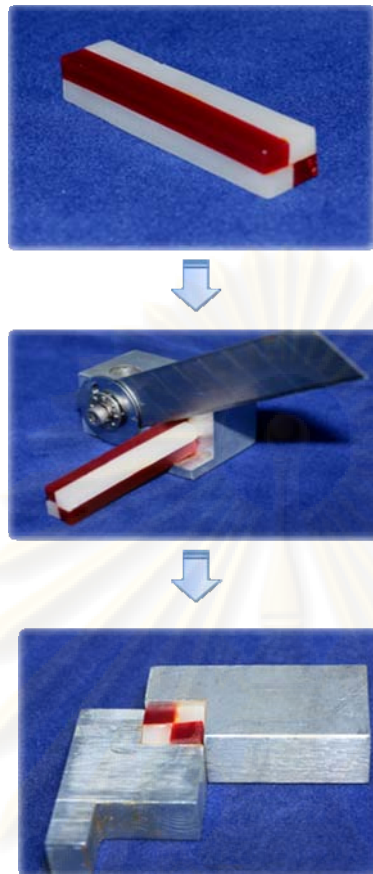
รูปที่ 27 การผลิตแท่งขี้ผึ้งสีขาวและสีแดง

7. แกะแท่งขี้ผึ้งออกจากแม่พิมพ์ซิลิโคนจะได้แท่งขี้ผึ้งสีขาวและ สีแดง ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 แท่งขี้ผึ้งสีขาว และ สีแดง

8. นำขี้ผึ้งมาเรียงสลับสีกันแล้ว ใช้เครื่องตัดขี้ผึ้งตัด จากนั้นนำขี้ผึ้งมาวางสับหว่างกัน และกดเข้าด้วยกันให้แนบสนิทโดยใช้แท่นกด ดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 การผลิตชิ้นซี้ผึ้งที่ใช้ในการวิจัย

9. นำชิ้นซี้ผึ้งออกจากแท่นกด จะได้ชิ้นซี้ผึ้งที่ใช้ในการวิจัย ขนาด 10x10x10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 30



รูปที่ 30 ชิ้นซี้ผึ้งที่ใช้ในการวิจัย ขนาด 10x10x10 มิลลิเมตร

3.4.2 การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว

3.4.2.1 วิธีการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว

นำขึ้นซี่ผึ้งไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีการทางเคมี โดยการอบแก๊ส เอทิลีนออกไซด์ ความเข้มข้น 350 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ในเครื่องอบแก๊ส 24 ชั่วโมง เพื่อให้แก๊สระเหยหมด จากนั้นนำมาเก็บในตู้แช่อุณหภูมิ (5°C)

ก่อนการทดสอบนำขึ้นซี่ผึ้งเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อให้ขึ้นซี่ผึ้งอ่อนตัว ได้ความนุ่มตามที่ต้องการ จากนั้นนำขึ้นซี่ผึ้งออกมาแช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ น้ำ ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเก้าอี้ทำฟัน โดยนั่งตัวตรง ศีรษะไม่พิงพนัก
2. ทาวาสลินที่ริมฝีปาก รวมทั้งด้านบดเคี้ยวบริเวณฟันหลังบนและล่าง
3. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวางขึ้นซี่ผึ้งในปากบริเวณฟันหลังด้านขวา ในตำแหน่งที่ถนัด
4. เคี้ยวขึ้นซี่ผึ้งจำนวน 10 ครั้ง แล้วหยุด
5. ใช้ปากคีบ คีบเอาขึ้นซี่ผึ้งที่เคี้ยวแล้วออกจากปากคนไข้ โดยระวังไม่ให้เกิดการบิดเบี้ยวของขึ้นซี่ผึ้ง
6. นำขึ้นซี่ผึ้งมาล้างด้วยน้ำสะอาดโดยให้น้ำไหลผ่าน เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นนำมาแช่ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรค นำขึ้นซี่ผึ้งให้แห้ง แล้วเก็บในภาชนะที่สะอาด ระบุชื่อผู้ป่วย วันที่ทำการทดสอบ และ ด้านที่เคี้ยว
7. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยวขึ้นซี่ผึ้งในด้านและตำแหน่งเดิม ซ้ำ 1 ขึ้น
8. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยวขึ้นซี่ผึ้งในตำแหน่งที่ถนัดด้านซ้าย ครั้งละ 1 ขึ้น 2 ครั้ง

ผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน จะเคี้ยวขึ้นซี่ผึ้งจำนวน 4 ขึ้น ด้านซ้าย 2 ขึ้น ด้านขวา 2 ขึ้น ในตำแหน่งที่ถนัด

3.4.2.2 วิธีการแปรผลความสามารถในการบดเคี้ยว

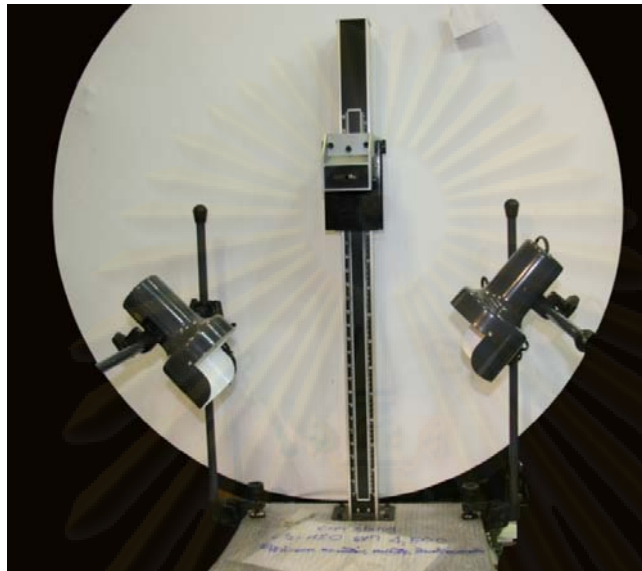
3.4.2.2.1 ขั้นตอนการถ่ายภาพขึ้นซี่ผึ้ง

ในการวิจัยนี้ชุดขาตั้งถ่ายภาพ และ ชุดไฟมาตรฐาน (Copy stand CS-920, Copy light CL-150) ฟลูออเรสเซนต์ยี่ห้อ Vita – Lite[®] ซึ่งมีอุณหภูมิสี 5,500 เคลวิน จำนวน 2 หลอด ดังแสดงใน รูปที่ 28

นำขึ้นซี่ผึ้งที่ผ่านการเคี้ยวแล้วมาวางบนฉาก ณ.จุดที่กำหนด ถ่ายภาพโดยใช้กล้องดิจิทัลเลนส์มาโคร ปรับไฟให้ส่องท่ามุม 45 องศากับขึ้นซี่ผึ้ง จากทางซ้ายและขวา เพื่อไม่ให้เกิดเงาที่ขึ้นซี่ผึ้ง ทำการถ่ายภาพโดยปรับให้ค่าต่างๆ มีค่าคงที่ทุกครั้งที่ทำการถ่ายภาพ ดังนี้

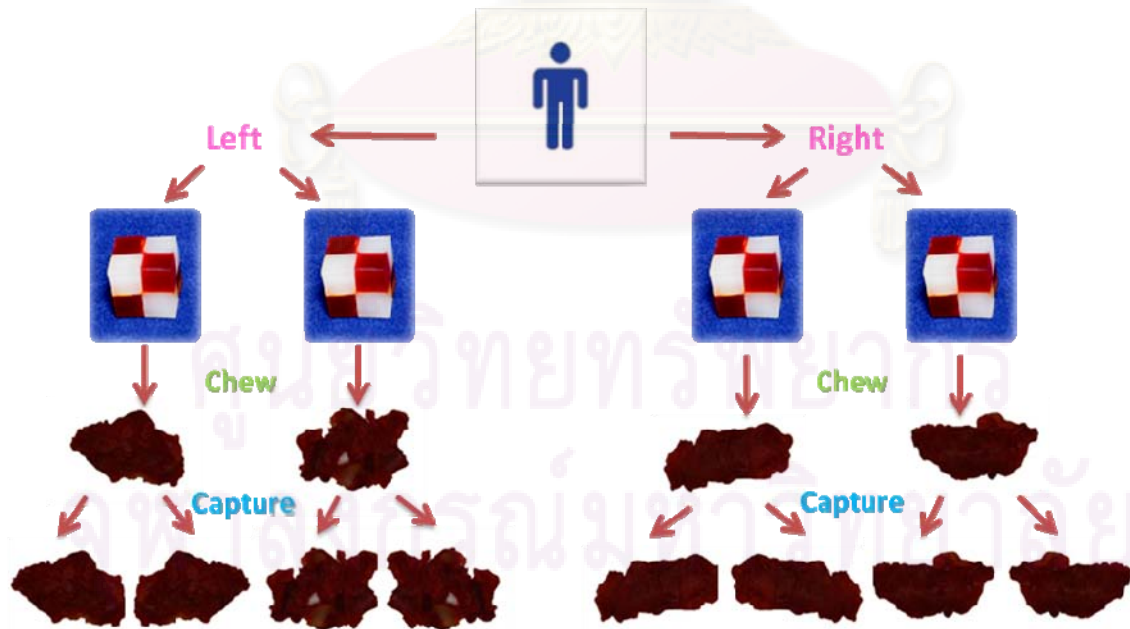
1. ระยะจากขึ้นซี่ผึ้งถึงหน้าเลนส์ เท่ากับ 50 เซนติเมตร
2. ความละเอียดของภาพ 10 ล้านจุดภาพ (pixels)
3. โปรแกรมถ่ายภาพปรับเอง (manual)
4. รูปแบบภาพถ่ายมาตรฐาน (standard)
5. ความเร็วชัตเตอร์ (shutter speed) 1/200 วินาที

6. รูรับแสง (F-stop) เอฟ 8
7. ค่าสมดุลแสงขาวแบบปรับเอง (custom white balance)
8. ความเข้มแสงที่ขึ้นซี่ฟัน 250 ลักซ์ วัดโดยใช้เครื่องลักซ์ มิเตอร์



รูปที่ 31 เครื่องมือถ่ายภาพขึ้นซี่ฟัน

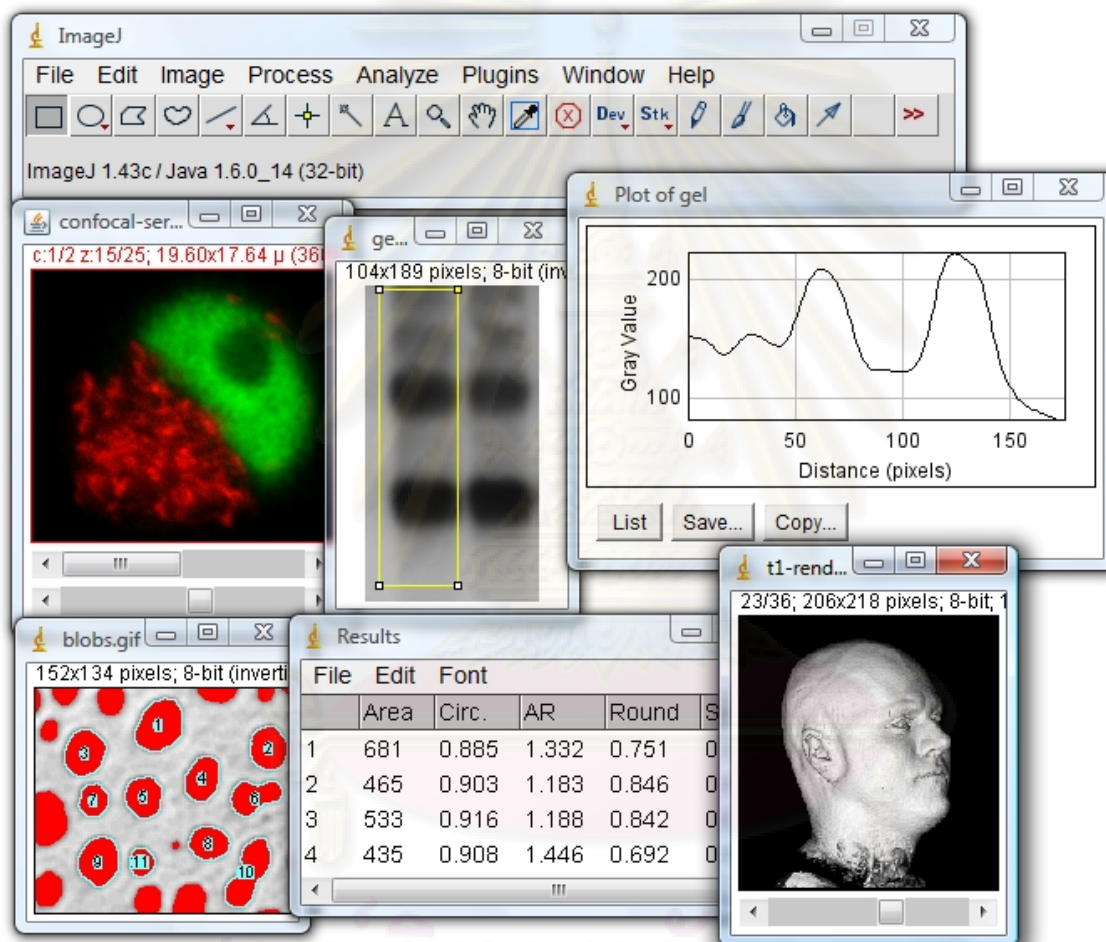
ขึ้นซี่ฟันหลังเคี้ยว 1 ซี่น จะได้รับการถ่ายภาพ ทั้ง 2 ด้าน ดังนั้นผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน จะมีภาพของขึ้นซี่ฟันหลังเคี้ยว 8 ภาพ เป็นภาพของขึ้นซี่ฟันด้านขวา และ ด้านซ้าย ด้านละ 4 ภาพ ดังแสดงในรูปที่ 29



รูปที่ 32 จำนวนภาพของขึ้นซี่ฟันหลังเคี้ยวสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน

3.4.2.2.2 ขั้นตอนการถ่ายโอนข้อมูลภาพถ่าย และการแปรผล

ถ่ายโอนข้อมูลภาพถ่ายไฟล์สกุล JPEG เข้าโปรแกรมอิมเมจ เจ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้รับ การพัฒนาขึ้นโดย The National Institute of Health (NIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 30) สามารถ ดาวน์โหลดโปรแกรมมาใช้ได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยในงานวิจัยนี้ นำโปรแกรมอิมเมจ เจ มาใช้ เพื่อ คำนวณหาพื้นที่และ ค่าสีของชิ้นชิ้น



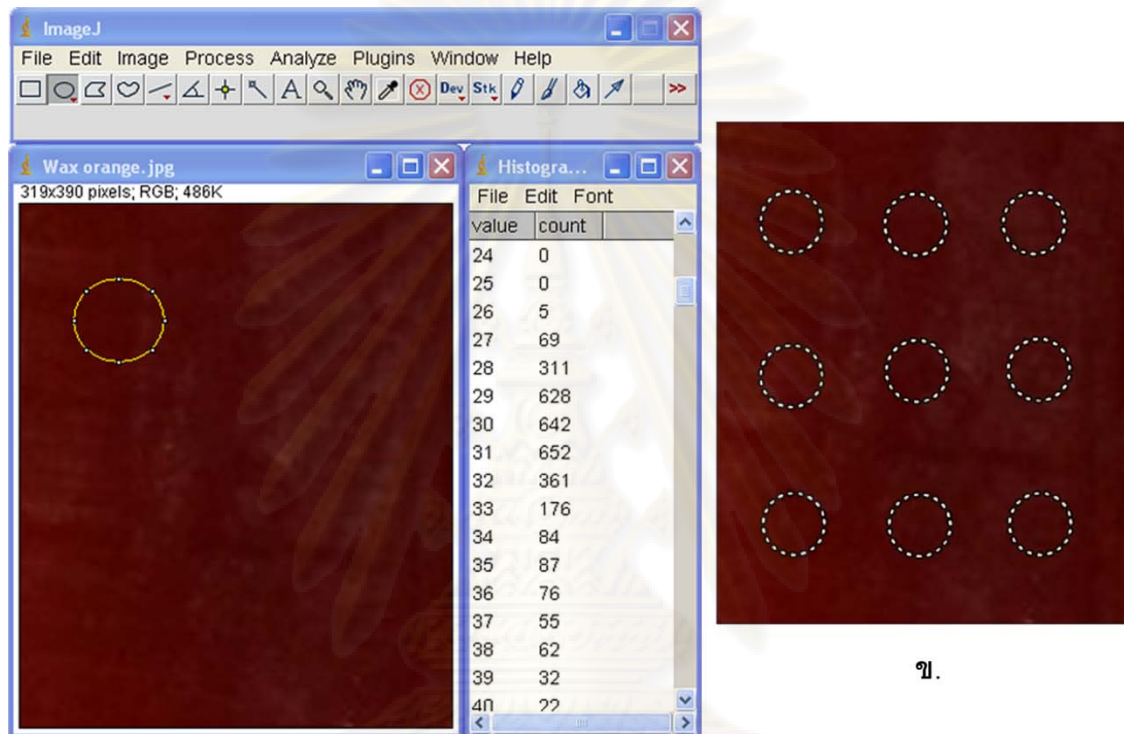
รูปที่ 33 โปรแกรมอิมเมจ เจ

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. หาค่าสีที่เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณหาความสามารถในการบดเคี้ยว

โดยหาค่าสีของชิ้นสีส้ม ซึ่งเกิดจากการผสมกันของชิ้นสีแดง และ สีขาว ในปริมาณเท่า ๆ กัน (โดย น้ำหนัก) ถ่ายภาพชิ้นสีส้มภายใต้สภาวะที่กำหนด จากนั้นนำภาพมาเข้าโปรแกรมอิมเมจ เจ เลือก

พื้นที่ในภาพซีฟิ่งโดยการสุ่ม จำนวน 9 จุด ใช้ฮิสโตแกรม (histogram) ในการคำนวณหาค่าสีของซีฟิ่งสีส้มทั้ง 9 จุด ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 20-40 ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ จะใช้เป็นค่ามาตรฐานในการคำนวณหาความสามารถในการบดเคี้ยว เนื่องจากเป็นค่าสีที่เกิดจากการผสมกันได้ดีที่สุดของซีฟิ่งสีขาว และสีแดง หากชั้นซีฟิ่งหลังเคี้ยวมีพื้นที่ที่มีค่าสีตกอยู่ในช่วงสีส้มมาก เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด ก็สามารถแปรผลได้ว่าผู้เข้าร่วมวิจัย สามารถเคี้ยวชั้นซีฟิ่งจนสีแดงและสีขาวผสมกันได้ดี ซึ่งแสดงถึงการมีความสามารถในการบดเคี้ยวที่ดี



ก.

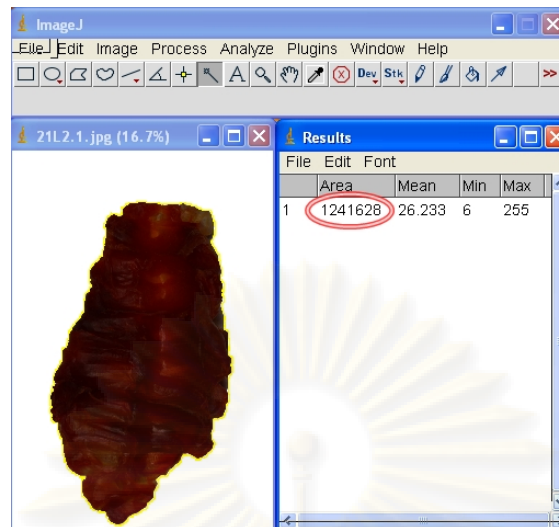
ข.

รูปที่ 34 การหาค่าสีที่เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณหาความสามารถในการบดเคี้ยว

ก. ค่าสีของซีฟิ่งสีส้ม

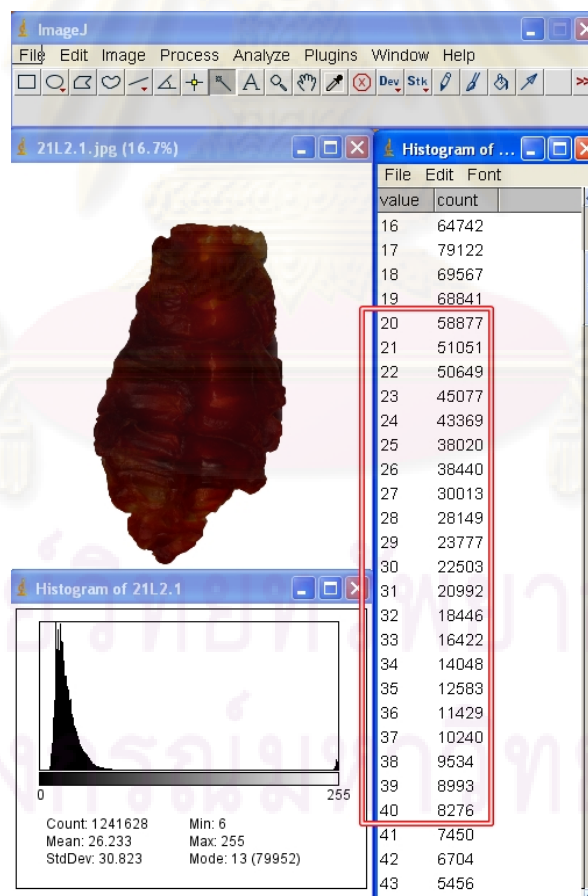
ข. การคำนวณหาค่าสีโดยการสุ่มเลือกพื้นที่ 9 จุด

2. หาพื้นที่ของชั้นซีฟิ่งหลังเคี้ยว โดยใช้ภาพถ่ายของซีฟิ่งหลังเคี้ยวทั้ง 2 ด้าน มาจำกัดขอบเขตโดยรอบชั้นซีฟิ่ง ด้วยคำสั่ง wand tool แล้ววิเคราะห์หาพื้นที่โดยใช้คำสั่ง measure ซึ่งโปรแกรมสามารถคำนวณพื้นที่ ออกมาได้ในหน่วยพิกเซล ดังแสดงในรูปที่ 35



รูปที่ 35 การหาพื้นที่ชิ้นซีฟั้งหลังเคี้ยว

3. วิเคราะห์หาค่าสีของชิ้นซีฟั้งหลังเคี้ยวจากฮิสโตแกรม และ ตารางแสดงค่าสี ซึ่งโปรแกรมสามารถคำนวณได้ว่า ในชิ้นซีฟั้งหลังเคี้ยวมีค่าสีใด เป็นจำนวนกี่พิกเซล ดังแสดงในรูปที่ 36



รูปที่ 36 ฮิสโตแกรมและตารางแสดงค่าสีของชิ้นซีฟั้งหลังเคี้ยว

4. นำจำนวนพิกลของค่าสีที่ 20-40 ซึ่งแสดงถึงการผสมกันได้ดีของสีฟ้าและสีแดง ดังแสดงในกรอบสีแดง (รูปที่ 33) มารวมเข้าด้วยกัน

5. คำนวณหาร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว} = \frac{\text{จำนวนพิกลของค่าสีที่มีค่า 20-40}}{\text{จำนวนพิกลของสีทั้งหมดทั้งหมด}} \times 100$$

6. ผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน จะมีค่าร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว 8 ค่า เนื่องจากมีภาพสีทั้งหมด 8 ภาพ นำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้เข้าร่วมวิจัยคนนั้น

3.4.2.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวจากผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสิ้น 45 คน แบ่งตามกลุ่มอายุออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยใช้การป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบทางสถิติต่อไป

3.4.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม เอสพีเอสเอส รุ่นที่ 16.0 (Statistic Package for the Social Science version 16.0) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) และ บอนเฟอร์โรนี มัลติเพิลคอมพาริซัน (Bonferroni multiple comparison) ในการเปรียบเทียบร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

2. อินดีเพนเดน แซมเปิล ทีเทส (Independense sample T-test) ในการเปรียบเทียบร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว ระหว่างเพศหญิง และเพศชาย ในกลุ่มอายุเดียวกัน

สีฟ้าและสีที่ใช้ผสมลงในสีฟ้า มีความปลอดภัย กระบวนการผลิต และ กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งกระบวนการทั้งหมดในงานวิจัยนี้ได้ผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2551

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ของการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

4.1 การพัฒนาขึ้นชี้ฝั่งเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการบิดเคี้ยว

-พบว่าชี้ฝั่งที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติทางกายภาพตามที่กำหนด ดังนี้

1. มีสถานะเป็นของแข็งคงรูปร่าง ณ.อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)
2. อ่อนนุ่ม และสามารถเคี้ยวได้โดยไม่แตกออกจากกัน ณ.อุณหภูมิร่างกาย (37 องศาเซลเซียส)
3. ไม่ติดฟันธรรมชาติ ฟันปลอม ทั้งที่เป็นโลหะ พลาสติก และ พอร์ซเลน
4. ไม่มีรสชาด
5. ไม่มีกลิ่น
6. ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย
7. สามารถผ่านการฆ่าเชื้อโรคได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ของขึ้นชี้ฝั่ง
8. มีสีต่างกัน 2 สี ใน 1 ชิ้น เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์

-ชี้ฝั่งที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประเมินความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุแตกต่างกันได้

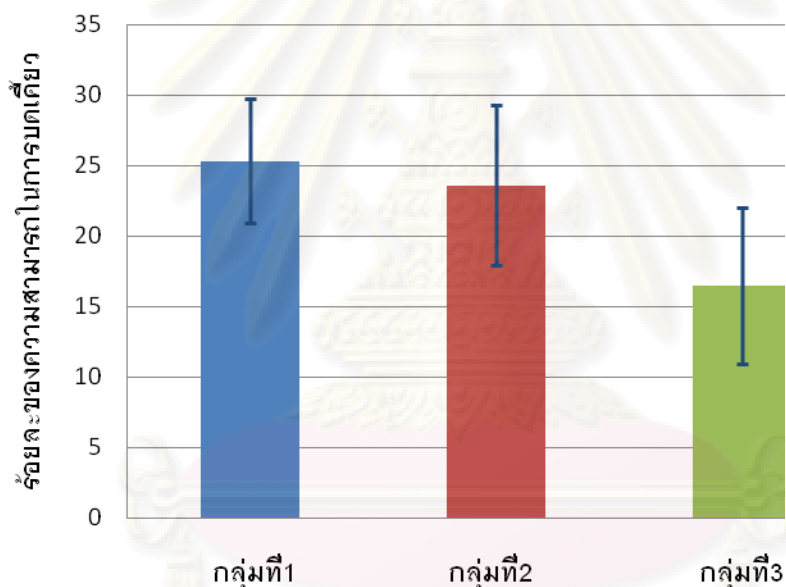
4.2 การประเมินความสามารถในการบิดเคี้ยว

4.2.1 เมื่อพิจารณาร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ พบว่า ค่าเฉลี่ย และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มอายุ มีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงใน ตารางที่ 6 และ รูปที่ 37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

กลุ่ม ที่	จำนวน (คน)	อายุ	ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยว			ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1	15	20-29	22.86	27.77	25.31	4.43
2	15	30-39	20.47	26.72	23.60	5.65
3	15	40-49	13.40	19.51	16.46	5.52



รูปที่ 37 แผนภูมิแสดงร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

กลุ่มที่ 1

- ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 22.86 ค่าสูงสุด เท่ากับ 27.77 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.31 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.43

กลุ่มที่ 2

- ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 20.47 ค่าสูงสุด เท่ากับ 26.72 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 23.60 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.65

กลุ่มที่ 3

- ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 13.40 ค่าสูงสุด เท่ากับ 19.51 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 16.46 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.52

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและ บอนเฟอร์โรนี มัลติเพิล คอมแพริซัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวใน กลุ่มที่ 1 กับ กลุ่มที่ 3 และ กลุ่มที่ 2 กับ กลุ่มที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

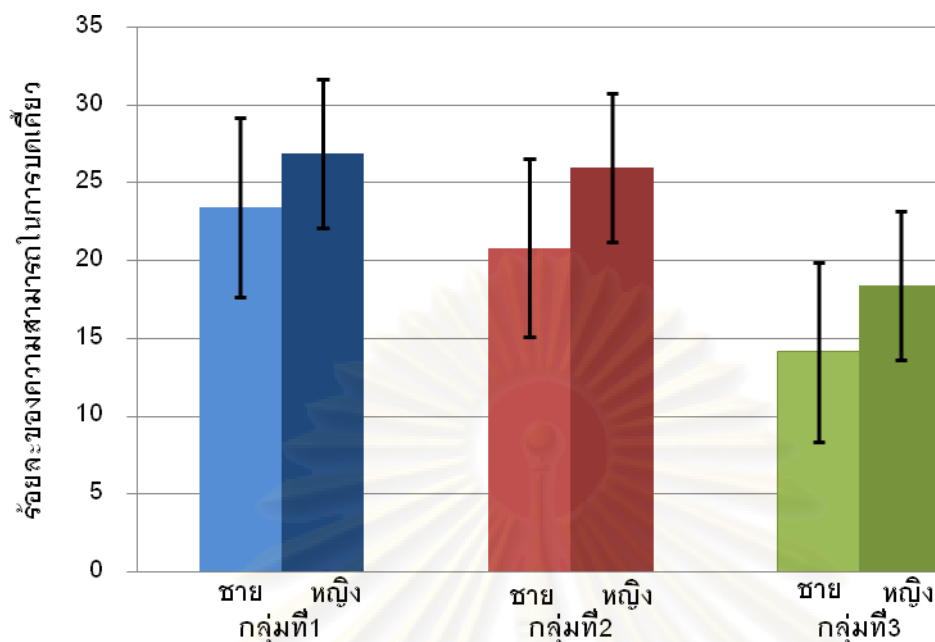
ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มอายุมีค่าแตกต่างกัน โดยร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง ตามอายุที่เพิ่มขึ้น

4.2.2 เมื่อพิจารณาระหว่างเพศชาย และเพศหญิงในกลุ่มอายุเดียวกัน

พบว่า เพศชาย และ เพศหญิง มีค่าความสามารถในการบิดเคี้ยวแตกต่างกัน โดยเพศหญิงมีค่าความสามารถในการบิดเคี้ยวเฉลี่ยสูงกว่าเพศชายในทุกกลุ่มอายุ ดังแสดงในตารางที่ 7 และ รูปที่ 38

ตารางที่ 7 ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยวของเพศชายและ เพศหญิง ในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

กลุ่มที่	เพศ	ร้อยละของความสามารถในการบิดเคี้ยว			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1	ชาย	15.32	28.27	23.47	4.16
	หญิง	21.96	31.48	26.92	4.24
2	ชาย	12.80	26.08	20.86	4.50
	หญิง	16.66	30.32	25.99	5.69
3	ชาย	6.23	23.25	14.17	5.75
	หญิง	13.36	27.83	18.46	4.77



รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวเพศชายและ เพศหญิงในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

กลุ่มที่ 1

- เพศชาย ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 15.32
ค่าสูงสุด เท่ากับ 28.27 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 23.47 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.16
- เพศหญิง ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 21.96
ค่าสูงสุด เท่ากับ 31.48 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 26.92 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.24

กลุ่มที่ 2

- เพศชาย ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 12.80
ค่าสูงสุด เท่ากับ 26.08 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 20.86 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.50
- เพศหญิง ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 16.66
ค่าสูงสุด เท่ากับ 30.32 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.99 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.69

กลุ่มที่ 3

- เพศชาย ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 6.23
ค่าสูงสุด เท่ากับ 23.25 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.17 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.75
- เพศหญิง ร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 13.36
ค่าสูงสุด เท่ากับ 27.83 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18.46 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.77

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ อินดีเพนเดน แซมเปิล ทีเทส (Independence sample T-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยว ระหว่างเพศหญิง และเพศชาย ในกลุ่มอายุเดียวกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีผู้พัฒนาวิธีการทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวไว้มากมาย ทั้งการประเมินโดยวิธีการตรวจฟันิจแบบจิตวิสัย⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ และ การการตรวจฟันิจแบบวัตถุวิสัย^(16, 22, 23, 32, 35, 41, 55) โดยแต่ละวิธีมีการใช้อาหารตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ รวมถึงการแปรผลความสามารถในการบดเคี้ยวที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีการรายงานการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มากมายในต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเพื่อผลิตอาหารตัวอย่าง และวิธีการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวที่สามารถทำได้ในประเทศไทย เพื่อประหยัดเวลา และงบประมาณ ในการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ ซึ่งการศึกษานี้ได้พัฒนาอาหารตัวอย่างชนิดใหม่ และ วิธีการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวขึ้น เพื่อปรับปรุงและแก้ไขข้อจำกัดของวิธีที่ผ่านมา

5.1 การอภิปรายวิธีการทดลอง

ชนิดของซี่ฟันที่เลือกมาใช้เป็นองค์ประกอบ ของซี่ฟันซี่ที่ใช้ในการวิจัย เป็นซี่ฟันที่สามารถหาซื้อได้ในประเทศ และมีราคาไม่แพง ซี่ฟันซี่ที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบไม่ซับซ้อน ทำให้ผลิตได้ง่าย อีกทั้ง ในกระบวนการผลิตสามารถควบคุมขนาดและรูปร่างของซี่ฟันซี่ให้เหมือนกันได้ทุกซี่ ทำให้เมื่อการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวทุกครั้ง เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ซี่ฟันซี่ที่ใช้ในการวิจัย มีสถานะเป็นของแข็งคงรูปที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถอ่อนตัวและนิ่มพอที่จะเคี้ยวได้ เมื่ออยู่ในอุณหภูมิร่างกาย มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำและน้ำลาย จึงไม่มีการสูญเสียอาหารตัวอย่างไปขณะเคี้ยว ไม่มีการดูดน้ำเข้าไปในซี่ฟัน ดังนั้นปริมาตรของซี่ฟันซี่ก่อน และหลังเคี้ยว จึงเท่าเดิม ไม่แตกออกจากกันเมื่อเคี้ยว ไม่เหนียวติดฟัน จึงสามารถจำลองวงจรการบดเคี้ยวตามธรรมชาติได้ ซี่ฟันซี่ไม่มีกลิ่นและ ไม่มีรส เพื่อลดปัญหาการปฏิเสธการเคี้ยวหากผู้เข้าร่วมวิจัย ไม่ชอบในกลิ่นและรสของอาหารตัวอย่าง ซี่ฟันซี่และซี่ที่ใช้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนสามารถเคี้ยวซี่ฟันซี่ได้ โดยไม่มีความรู้สึกไม่สบายในขณะเคี้ยว ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวมานี้ สอดคล้องกับคุณสมบัติของอาหารตัวอย่างที่ดีในการศึกษาของ Edlund และ Lamm⁽²⁰⁾ นอกจากนี้การออกแบบซี่ฟันซี่ให้เป็นรูปลูกบาศก์ที่มีลักษณะสมมาตรกัน ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างกันในการผสมของสี ไม่ว่าจะผู้ป่วยจะวางซี่ฟันซี่ในตำแหน่งใด หรือ เริ่มเคี้ยวซี่ฟันซี่ด้านไหนก่อนก็ตาม

ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอิมเมจ เจ ในการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยอาศัยหลักการของการหาค่าสี และการหาพื้นที่ของภาพซี่ฟันซี่หลังเคี้ยว เทียบกับค่าสี

มาตรฐาน ซึ่งได้จากการผสมสีของซีฟิ่งสีแดง และ สีขาวในปริมาณที่เท่ากัน (โดยน้ำหนัก) โดยสีทุกสีจะมีค่าสีเฉพาะเจาะจง ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ขึ้นอยู่กับสี ความเข้มของสี และความมืดความสว่างของสี ซึ่งหลักการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยดูจากสีที่ผสมกันของอาหารตัวอย่างหลังเคี้ยวนี้ สอดคล้องกับหลักการการศึกษาที่ผ่านมา แต่มีความแตกต่างกับการศึกษาอื่นในแง่ของ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าสี ซึ่งโปรแกรมอิมเมจ เจ สามารถวัดค่าสีของอาหารตัวอย่างหลังเคี้ยวได้ทั้งขึ้น ในขณะที่การวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE L*a*b* นั้นจะอาศัยการสุ่มวัดค่าสีเพียงบางจุดจากอาหารตัวอย่างหลังเคี้ยวทั้งขึ้น ทำให้ค่าที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง^(34, 35)

โปรแกรมอิมเมจ เจ เป็นโปรแกรมที่สามารถคำนวณหาค่าสีและจำนวนพิกเซล ของภาพในบริเวณที่กำหนดได้ ด้วยวิธีการที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ในเวลาที่รวดเร็ว อีกทั้งสามารถ ดาวด์โหลด โปรแกรมมาใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย จึงสะดวก และสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวข้างแก้อ้อทำฟันได้⁽⁵⁴⁾

งานวิจัยนี้เลือกใช้การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยวิธีการมิกซิง (mixing ability test) แทนวิธีดั้งเดิม คือ วิธีคอมมินูชัน (comminution test) เนื่องจากมีการศึกษาพบว่าการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้วิธีการมิกซิง สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของความสามารถในการบดเคี้ยวได้ดีกว่าการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้วิธีคอมมินูชัน ทั้งในกลุ่มตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวปกติ และ ในกลุ่มตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวต่ำ อีกทั้งขั้นตอนในการทดสอบจนถึงการแปรผล ง่ายกว่า และใช้เวลาน้อยกว่า⁽⁵⁶⁾ ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ นิยามของความสามารถในการบดเคี้ยว จึงหมายถึง ความสามารถในการผสมสีขาวและสีแดงในซีฟิ่งเข้าด้วยกัน ขณะเคี้ยว ตามจำนวนรอบของการเคี้ยวที่กำหนด อันเกิดจากการทำงานที่ประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ฟัน และอวัยวะปริทันต์ ดังนั้นในขั้นตอนการประเมิน จึงต้องกำหนดค่าสีที่ สีแดง และ สีขาวผสมกันได้ดีที่สุดขึ้นมาเป็นค่ามาตรฐาน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของความสามารถในการบดเคี้ยวที่ดีที่สุด หากถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยเคี้ยวซีฟิ่งแล้วพบว่าซีฟิ่งหลังเคี้ยว มีพื้นที่ของบริเวณที่สีขาวและสีแดงผสมเข้ากันได้ดี เป็นบริเวณกว้าง เมื่อเทียบกับพื้นที่ของซีฟิ่งทั้งหมด ก็จะสามารถแปรผลได้ว่าผู้เข้าร่วมวิจัยคนนั้นมี ความสามารถในการบดเคี้ยวที่ดี

โดยการวิจัยครั้งนี้ คำนวณค่าความสามารถในการบดเคี้ยวออกมาเป็นร้อยละ เพื่อให้สามารถนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกันระหว่างผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนและ เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ใช้วิธีการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวแบบเดียวกันได้

เนื่องจากค่าร้อยละของความสามารถในการบดเคี้ยวที่ได้มานั้น เป็นค่าที่มาจากการประเมินความสามารถในการผสมสีขาวและสีแดงในซีฟิ่งเข้าด้วยกัน จึงสามารถใช้ประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวได้ แต่ไม่สามารถประเมินค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวได้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า ร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มอายุมีค่าแตกต่างกัน โดยร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง เมื่อกลุ่มตัวอย่าง มีอายุเพิ่มมากขึ้น อาจเกิดจากการเสื่อมของอวัยวะในช่องปาก และกล้ามเนื้อบดเคี้ยว จากการใช้งานมาเป็นเวลานาน และอาจเป็นผลจากการที่กลุ่มตัวอย่างมีอายุเพิ่มขึ้น ทำให้มีความเสี่ยงต่อการมีโรคทางระบบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่ออวัยวะในช่องปาก และอวัยวะที่ใช้ในการบดเคี้ยว ผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับการทำวิจัยของ Locker และ คณะ และ เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลการศึกษาที่มีมาในอดีต^(3, 57-59)

เมื่อพิจารณาร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวในแต่ละกลุ่มอายุ พบว่าเพศหญิงมีร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวสูงกว่าเพศชาย ซึ่งน่าจะเกิดจากที่เพศหญิงมีความตั้งใจและให้ความร่วมมือในการทดสอบมากกว่าเพศชาย

5.3 สรุปผลการวิจัย

ชิ้นซีฟิ่งที่พัฒนาขึ้นและ กระบวนการแปรรูปผล สามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวได้ อีกทั้งสามารถใช้แยกความแตกต่างของความสามารถในการบดเคี้ยวของกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุแตกต่างกันได้ และจากผลการวิจัย พบว่าร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มอายุมีค่าแตกต่างกัน โดยร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยว มีแนวโน้มลดลง เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีอายุเพิ่มมากขึ้น และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวในแง่ของเพศในแต่ละกลุ่มอายุ พบว่าเพศหญิงมีร้อยละความสามารถในการบดเคี้ยวสูงกว่าเพศชายในทุกกลุ่มอายุ นอกจากนี้การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวโดยใช้ชิ้นซีฟิ่ง และ กระบวนการแปรรูปผลที่พัฒนาขึ้นนี้ มีข้อได้เปรียบกว่าการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยวิธีดั้งเดิมหลายประการ เนื่องจาก กระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การผลิตชิ้นซีฟิ่ง จนถึงขั้นตอนการแปรรูปผลความสามารถในการบดเคี้ยว สามารถทำได้เองในประเทศ โดยวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน โดยใช้ระยะเวลา และ งบประมาณที่น้อยกว่า การประเมินความสามารถในการบดเคี้ยววิธีนี้จึงเป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในคลินิก ในการประเมินผลสำเร็จของการให้การรักษาทางทันตกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาขึ้นชี้แจงเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว โดยทำการออกแบบรูปร่างของขึ้นชี้แจง และ วิธีการประเมินผล ขึ้นใหม่ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการประเมินประสิทธิภาพในการบดเคี้ยววิธีนี้กับ วิธีการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยววิธีอื่น รวมถึงทดสอบความเที่ยงตรง และ ความแม่นยำ ของวิธีการวัด

ในขั้นตอนการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยว แม้จะสามารถลดระยะเวลาได้สั้นลงกว่าการประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวด้วยวิธีดั้งเดิมแล้วก็ตาม แต่หากต้องการใช้อย่างแพร่หลาย ควรจะมีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวได้รวดเร็วขึ้น

นอกจากนี้ขึ้นชี้แจงที่พัฒนาขึ้น มีความแข็งเพียงค่าเดียว ดังนั้น ในงานวิจัยต่อไป จึงควรพัฒนาขึ้นชี้แจงให้มีความแข็ง ความนิ่มที่แตกต่างกันหลายค่า เพื่อแทนอาหารตัวอย่างจากธรรมชาติได้หลายชนิด และสามารถนำมาใช้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งปกติได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- (1) Misch CE. Dental implant prosthetics. In: Rudolph P, Pendill J, McKinley J, editors. Rationale for Dental Implants. Missouri: Mosby, 2005. p. 1-17.
- (2) Ash MM RS. Occlusion. 4 ed. W.B. Saunders Company, 1995.
- (3) Locker D, Matear D, Stephens M, Jokovic A. Oral health-related quality of life of a population of medically compromised elderly people. Community Dent Health. 19 (Jun 2002): 90-7.
- (4) Hashimoto M, Yamanaka K, Shimosato T, Ozawa A, Takigawa T, Hidaka S, et al. Oral condition and health status of elderly 8020 achievers in Aichi Prefecture. Bull Tokyo Dent Coll. 47 (May 2006): 37-43.
- (5) Takata Y, Ansai T, Awano S, Hamasaki T, Yoshitake Y, Kimura Y, et al. Relationship of physical fitness to chewing in an 80-year-old population. Oral Dis. 10 (Jan 2004): 44-9.
- (6) Takata Y, Ansai T, Awano S, Fukuhara M, Sonoki K, Wakisaka M, et al. Chewing ability and quality of life in an 80-year-old population. J Oral Rehabil. 33 (May 2006): 330-4.
- (7) Suzuki K, Nomura T, Sakurai M, Sugihara N, Yamanaka S, Matsukubo T. Relationship between number of present teeth and nutritional intake in institutionalized elderly. Bull Tokyo Dent Coll. 46 (Nov 2005): 135-43.
- (8) Hugo FN, Hilgert JB, de Sousa Mda L, Cury JA. Oral status and its association with general quality of life in older independent-living south-Brazilians. Community Dent Oral Epidemiol. 37 (Jun 2009): 231-40.
- (9) Manly RS, Braley LC. Masticatory performance and efficiency. J Dent Res. 29 (Aug 1950): 448-62.
- (10) Andersson K, Gustafsson A, Buhlin K. Self-perceived oral function in elderly residents in a suburban area of Stockholm, Sweden. Oral Health Prev Dent. 2 (2004): 195-201.
- (11) Agerberg G, Carlson GE. Chewing ability in relation to dental and general health: Analyses of data obtained from a questionnaire. Acta Odontologica Scandinavica. 39 (1981): 147-53.
- (12) Oesterberg T. SB. Relationship between dental state and dietary intake in 70 year-old males and females in Goteborg, Sweden: a population study . Journal of oral Rehabilitation. 9(1982): 509.

- (13) Tsuga K, Carlsson GE, Osterberg T, Karlsson S. Self-assessed masticatory ability in relation to maximal bite force and dental state in 80-year-old subjects. J Oral Rehabil. 25 (Feb 1998): 117-24.
- (14) Bradbury J, Thomason JM, Jepson NJ, Walls AW, Mulvaney CE, Allen PF, et al. Perceived chewing ability and intake of fruit and vegetables. J Dent Res. 87 (Aug 2008): 720-5.
- (15) Slagter AP, Olthoff LW, Bosman F, Steen WH. Masticatory ability, denture quality, and oral conditions in edentulous subjects. J Prosthet Dent. 68 (Aug 1992): 299-307.
- (16) Van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. Chewing performance before and after rehabilitation of post-canine teeth in man. J Dent Res. 73 (Nov 1994): 1677-83.
- (17) Manly RS. Factors affecting masticatory performance and efficiency among young adults. J Dent Res. 30 (Dec 1951): 874-82.
- (18) Kapur KK, Soman SD. Masticatory performance and efficiency in denture wearers. 1964. J Prosthet Dent. 95 (Jun 2006): 407-11.
- (19) Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. Acta Odontol Scand. 35 (1977): 297-303.
- (20) Edlund J, Lamm CJ. Masticatory efficiency. J Oral Rehabil. 7 (Mar 1980): 123-30.
- (21) Nakasima A, Higashi K, Ichinose M. A new, simple and accurate method for evaluating masticatory ability. J Oral Rehabil. 16 (Jul 1989): 373-80.
- (22) Al-Ali F, Heath MR, Wright PS. Simplified method of estimating masticatory performance. J Oral Rehabil. 26 (Aug 1999): 678-83.
- (23) Gunne HS, Bergman B, Enbom L, Hogstrom J. Masticatory efficiency of complete denture patients. A clinical examination of potential changes at the transition from old to new denture. Acta Odontol Scand. 40 (1982): 289-97.
- (24) Gunne HS. Masticatory efficiency. A new method for determination of the breakdown of masticated test material. Acta Odontol Scand. 41 (Oct 1983): 271-6.
- (25) Jiffry MT. Analysis of particles produced at the end of mastication in subjects with normal dentition. J Oral Rehabil. 8 (Mar 1981): 113-9.
- (26) Olthoff LW, van der Bilt A, Bosman F, Kleizen HH. Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication. Arch Oral Biol. 29 (1984): 899-903.

- (27) Ohara A, Tsukiyama Y, Ogawa T, Koyano K. A simplified sieve method for determining masticatory performance using hydrocolloid material. J Oral Rehabil. 30 (Sep 2003): 927-35.
- (28) Escudeiro Santos C, de Freitas O, Spadaro AC, Mestriner-Junior W. Development of a colorimetric system for evaluation of the masticatory efficiency. Braz Dent J. 17 (2006): 95-9.
- (29) Shi CS, Guan QY, Guo TW. Masticatory efficiency determined with direct measurement of food particles masticated by subjects with natural dentitions. J Prosthet Dent. 64 (Dec 1990): 723-6.
- (30) Hada M, Tabe T, Tsuka H, Yamauchi K, Muneoka Y. [The properties of chewing-gum as a test food for measurement of masticatory performance (author's transl)]. Hiroshima Daigaku Shigaku Zasshi. 9 (1977): 232-5.
- (31) Liedberg B, Ekberg O, Owall B. Chewing and the dimension of the pharyngoesophageal segment. Dysphagia. 6 (1991): 214-8.
- (32) Liedberg B, Owall B. Oral bolus kneading and shaping measured with chewing gum. Dysphagia. 10 (Spring 1995): 101-6.
- (33) Prinz JF. Quantitative evaluation of the effect of bolus size and number of chewing strokes on the intra-oral mixing of a two-colour chewing gum. J Oral Rehabil. 26 (Mar 1999): 243-7.
- (34) Hayakawa I, Watanabe I, Hirano S, Nagao M, Seki T. A simple method for evaluating masticatory performance using a color-changeable chewing gum. Int J Prosthodont. 11 (Mar-Apr 1998): 173-6.
- (35) Matsui Y, Ohno K, Michi K, Hata H, Yamagata K, Ohtsuka S. The evaluation of masticatory function with low adhesive colour-developing chewing gum. J Oral Rehabil. 23 (Apr 1996): 251-6.
- (36) Schimmel M, Christou P, Herrmann F, Muller F. A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: development of different assessment methods. J Oral Rehabil. 34 (Sep 2007): 671-8.

- (37) Asakawa A, Fueki K, Ohyama T. Detection of improvement in the masticatory function from old to new removable partial dentures using mixing ability test. J Oral Rehabil. 32 (Sep 2005): 629-34.
- (38) Sato H, Fueki K, Sueda S, Sato S, Shiozaki T, Kato M, et al. A new and simple method for evaluating masticatory function using newly developed artificial test food. J Oral Rehabil. 30 (Jan 2003): 68-73.
- (39) Sato S, Fueki K, Sato H, Sueda S, Shiozaki T, Kato M, et al. Validity and reliability of a newly developed method for evaluating masticatory function using discriminant analysis. J Oral Rehabil. 30 (Feb 2003): 146-51.
- (40) Kadota C, Sumita YI, Wang Y, Otomaru T, Mukohyama H, Fueki K, et al. Comparison of food mixing ability among mandibulectomy patients. J Oral Rehabil. 35 (Jun 2008): 408-14.
- (41) Otomaru T, Sumita YI, Chang Q, Fueki K, Igarashi Y, Taniguchi H. Investigation of predictors affecting food mixing ability in mandibulectomy and/or glossectomy patients. J Prosthodont Res. 53 (Jul 2009): 111-5.
- (42) Yoshida E, Fueki K, Igarashi Y. Association between food mixing ability and mandibular movements during chewing of a wax cube. J Oral Rehabil. 34 (Nov 2007): 791-9.
- (43) Yoshimura M, Fueki K, Garrett N, Ohyama T. Influence of food platform width of mandibular removable partial denture on food mixing ability. J Oral Rehabil. 33 (May 2006): 335-40.
- (44) Combe EC. Notes on dental materials. 6 ed. Singapore: Longman Singapore Publishers Pte Ltd, 1992.
- (45) McCabe JF. Anderson's Applied Dental Material. 6 ed. Hong Kong: Blackwell Scientific Publications, 1985.
- (46) G.Craig R, Powers JM, Wataha JC. Dental materials: properties and manipulation. 7 ed. Missouri: Mosby, 2000.
- (47) O'Brien WJ. Dental materials: Properties and selection. St. Louis: Quintessence 1989.
- (48) Powers JM. Craig's Restorative dental materials. 12 ed.: Mosby Elsevier, 2006.
- (49) L.Ferracane J. Materials in dentistry: Principles and applications. Philadelphia: J.B.Lippincott 1995.

- (50) Powers JM. Biocompatibility of dental materials. Williams DF, Smith DC, Williams DF, editors. Florida: CRC Prss, 2000.
- (51) Boretti G, Bickel M, Geering AH. A review of masticatory ability and efficiency. J Prosthet Dent. 74 (Oct 1995): 400-3.
- (52) จันเสรีกร ป. เทคนิคการถ่ายภาพแบบสมบูรณ์ Creative Photography. 1 ed.: อิมเมจโฟกัส, 2539.
- (53) วงศ์สินพลัง ส. เทคนิคการวัดแสง. 4 ed.: Photo&Life, 2545.
- (54) Reinking L. Image J, Image processing and analysis in Java. [cited]; Available from: <http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>.
- (55) Slagter AP, van der Glas HW, Bosman F, Olthoff LW. Force-deformation properties of artificial and natural foods for testing chewing efficiency. J Prosthet Dent. 68 (Nov 1992): 790-9.
- (56) Speksnijder CM, Abbink JH, van der Glas HW, Janssen NG, van der Bilt A. Mixing ability test compared with a comminution test in persons with normal and compromised masticatory performance. Eur J Oral Sci. 117 (Oct 2009): 580-6.
- (57) Peyron MA, Blanc O, Lund JP, Woda A. Influence of age on adaptability of human mastication. J Neurophysiol. 92 (Aug 2004): 773-9.
- (58) Johansson A, Unell L, Johansson AK, Carlsson GE. A 10-year longitudinal study of self-assessed chewing ability and dental status in 50-year-old subjects. Int J Prosthodont. 20 (Nov-Dec 2007): 643-5.
- (59) Galo R, Vitti M, Santos CM, Hallak JE, Regalo SC. The effect of age on the function of the masticatory system--an electromyographical analysis. Gerodontology. 23 (Sep 2006): 177-8



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
ตารางผลสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 การทดสอบการกระจายแบบปกติระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มอายุ

Tests of Normality

Group	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PERCENT 1	.146	15	.200*	.942	15	.412
2	.121	15	.200*	.989	15	.999
3	.197	15	.120	.939	15	.373

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

ตารางที่ ก.2 การทดสอบความเท่ากันของแวนเรียน

Test of Homogeneity of Variances

PERCENT

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.234	2	42	.792

ตารางที่ ก.3 การทดสอบทางสถิติแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

PERCENT	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	661.947	2	330.973	12.121	.000
Within Groups	1146.889	42	27.307		
Total	1808.836	44			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 การทดสอบทางสถิติแบบมัลติเพิลคอมแพริซัน

Multiple Comparisons

PERCENT

Bonferroni

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.7206887	1.9081189	1.000	-3.037525	6.478903
	3	8.8587269*	1.9081189	.000	4.100513	13.616941
2	1	-1.7206887	1.9081189	1.000	-6.478903	3.037525
	3	7.1380381*	1.9081189	.002	2.379824	11.896252
3	1	-8.8587269*	1.9081189	.000	-13.616941	-4.100513
	2	-7.1380381*	1.9081189	.002	-11.896252	-2.379824

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ก.5 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างเพศ ในกลุ่มอายุเดียวกัน

Group Statistics

Group	gen	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1	PERCENT Male	7	23.467675	4.1597510	1.5722381
	Female	8	26.929826	4.2398151	1.4990010
2	PERCENT Male	7	20.857077	4.4971223	1.6997525
	Female	8	25.987808	5.6889269	2.0113394
3	PERCENT Male	7	14.165493	5.7497615	2.1732056
	Female	8	18.459123	4.7679432	1.6857225

ตารางที่ ก.6 การทดสอบทางสถิติแบบอินดีเพนเดนที-เทส

Independent Samples Test

Group			Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
			F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
										Lower	Upper
1	PERCENT	Equal variances assumed	.633	.441	-1.592	13	.135	-3.4621501	2.1752861	-8.1615700	1.2372697
		Equal variances not assumed			-1.594	12.800	.135	-3.4621501	2.1723114	-8.1626035	1.2383032
2	PERCENT	Equal variances assumed	.228	.641	-1.916	13	.078	-5.1307306	2.6773311	-10.9147529	.6532917
		Equal variances not assumed			-1.948	12.895	.073	-5.1307306	2.6333714	-10.8244808	.5630196
3	PERCENT	Equal variances assumed	.202	.660	-1.582	13	.138	-4.2936303	2.7140186	-10.1569109	1.5696504
		Equal variances not assumed			-1.561	11.747	.145	-4.2936303	2.7503605	-10.3004875	1.7132270

ตารางที่ ก.7 การทดสอบความแข็งแรงของซี่ฟันโดยใช้สถิติแบบแพร์ ที-เทส

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		T	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Japan – Study	.17500	.33437	.10574	-.06420	.41420	1.655	9	.132

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข
ตารางข้อมูลดิบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลความสามารถในการบดเคี้ยวในผู้เข้าร่วมวิจัย กลุ่มที่ 1

คนที่ 1	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	959010	961784	973842	1022205	995199	995454	973842	976172	
20	35066	30876	32768	35333	35114	37543	29420	28407	
21	31269	27014	29187	30733	31202	31849	26108	24955	
22	26703	23384	26251	26695	27368	27409	22824	21603	
23	22704	20066	22974	22897	23803	24521	19627	18747	
24	19945	18267	20421	19721	20729	22770	17179	16661	
25	17398	16157	18564	16389	18202	20687	14861	14958	
26	14969	14062	16797	13815	16230	18960	12673	13506	
27	13191	12715	15075	11598	14415	17069	10951	11638	
28	11004	11414	13888	9850	13145	15002	9629	10169	
29	9657	10636	12696	8401	12106	13151	8444	8777	
30	8636	9878	11257	6757	11116	11824	7238	7548	
31	7746	8843	10138	5899	10222	10707	6166	6402	
32	6984	7959	9246	4905	9212	9593	5261	5475	
33	6461	6606	7976	4318	7997	8359	4601	4445	
34	6121	5827	7010	3658	6897	7610	4009	3939	
35	5513	5375	6038	3216	5749	6509	3457	3278	
36	4577	5046	4939	2638	5062	5657	2895	2719	
37	4191	4871	4275	2302	4197	4638	2511	2357	
38	3796	4305	3645	1927	3470	3989	2221	1939	
39	3269	3822	3017	1675	3000	3436	1750	1630	
40	3056	3452	2745	1459	2420	2949	1505	1429	
รวม	262256	250575	278907	234186	281656	304232	213330	210582	
ร้อยละ	27.346534	26.053147	28.639861	22.909886	28.301475	30.562135	21.906018	21.572223	25.91141

คนที่ 2	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	853581	844026	1009596	1011176	1020987	1025283	1047228	1055840	
20	29771	37690	40531	41600	37036	42372	40106	45574	
21	25637	36746	35820	37684	32854	37832	35664	39743	
22	22114	35084	30757	34437	28947	33461	30877	34173	
23	18472	33405	26847	30927	25918	29250	26648	29479	
24	16127	30730	24547	27535	23225	26089	23139	26160	
25	13766	27184	20978	24142	19865	22326	19502	22842	
26	11671	24095	18130	21711	17093	19692	16627	19686	
27	9697	20763	15982	19431	14460	16947	14174	16453	
28	8209	17414	13887	17221	12448	14712	11961	13749	
29	6857	14768	12184	14918	10596	12788	10346	11461	
30	5446	12245	10922	13139	8885	10906	8648	9610	
31	4526	10288	9300	11637	7550	9315	7529	7979	
32	3590	8611	8611	10235	6495	8004	6484	6803	
33	3027	7109	7632	9066	5405	6775	5678	5689	
34	2423	5900	6845	8063	4533	5968	5206	5091	
35	2112	5013	6062	7251	3844	5076	4546	4282	
36	1683	4407	5332	6442	3187	4265	3903	3654	
37	1410	3581	4700	5952	2796	3637	3280	3135	
38	1196	3160	4123	5290	2417	3167	2756	2681	
39	944	2655	3988	4598	2051	2883	2262	2255	
40	800	2236	3752	4073	1815	2636	1821	1979	
รวม	189478	343084	310930	355352	271420	318101	281157	312478	
ร้อยละ	22.19801	40.648511	30.797468	35.142448	26.58408	31.025678	26.847735	29.595204	30.354892

คนที่3	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1135561	1150371	1196738	1191070	1277729	1279331	1344018	1345830	
20	30199	37137	34098	34018	47763	44852	40341	40341	
21	27029	32627	31562	30133	44647	40871	35853	35853	
22	24836	29739	30777	28735	42005	39033	32358	32358	
23	22188	26069	27612	25710	37081	35401	28424	28424	
24	20858	23583	25196	23807	33654	33425	25476	25476	
25	18705	21342	23048	22719	31476	31791	22555	22555	
26	17138	18755	20223	21338	29230	29186	19689	19689	
27	15742	16839	19078	20244	27560	27493	18352	18352	
28	14126	15111	17462	18868	24390	24471	15940	15940	
29	12396	13889	16065	17718	21921	21300	14323	14323	
30	10990	12367	14777	16484	20562	19030	12396	12396	
31	9810	10916	13149	15674	19153	17057	10994	10994	
32	8640	9644	11969	14484	18284	16047	9391	9391	
33	7856	8347	10708	12916	16811	15248	8370	8370	
34	6570	7402	9231	11449	15511	14295	7545	7545	
35	5883	6465	8585	10869	14345	12879	6875	6875	
36	5080	5547	7582	9703	12946	11809	5848	5848	
37	4513	5065	6761	8585	12352	10582	5230	5230	
38	4087	4746	6238	8030	11443	9127	4736	4736	
39	3569	4167	5603	6917	10885	7766	4374	4374	
40	3129	3919	5132	6259	9479	6690	3985	3985	
รวม	273344	313676	344856	364660	501498	468353	333055	333055	
ร้อยละ	24.071274	27.267377	28.816332	30.616169	39.249168	36.609212	24.780546	24.747182	29.519658

คนที่4	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1157015	1170593	1104037	1097118	1422976	1419618	1317365	1329106	
20	40248	43919	34705	31246	53252	51209	35182	40924	
21	36327	38817	31368	28031	51099	49309	31693	36578	
22	32653	35678	28876	25746	49301	47411	29336	33348	
23	28271	31078	25842	23445	46165	42032	25888	29130	
24	25493	27176	23716	22701	44140	38489	23756	26065	
25	23231	23647	21564	22075	40617	34772	21420	23329	
26	20531	21105	19365	20013	36672	30887	19114	20982	
27	18574	18934	18469	18032	34385	28433	17633	20178	
28	16252	16376	16444	15932	30407	26679	15661	18425	
29	14213	13943	14644	13543	27613	24904	13968	17473	
30	12906	12034	12704	11913	25223	22886	12910	15862	
31	11220	10262	10917	10474	22581	20885	11462	14372	
32	9774	9202	10255	9539	21099	19210	11399	13252	
33	8923	8045	9132	8652	19542	17539	10807	12256	
34	7872	6823	8645	7173	17904	15246	10178	11495	
35	7052	6260	7979	6475	16980	14011	10459	10657	
36	6295	5473	6881	5803	15826	12736	9763	9660	
37	5509	4874	6129	5389	14716	11946	10033	9362	
38	4796	4342	5111	4755	12686	11802	9673	8368	
39	4261	3916	4562	4679	10980	11450	9047	7534	
40	3790	3533	4127	4277	9933	11345	8357	7248	
รวม	338191	345437	321435	299893	601121	543181	347739	386498	
ร้อยละ	29.229612	29.509573	29.114513	27.334617	42.243931	38.262476	26.396557	29.079547	31.396353

คนที่5	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	870002	873621	1205791	1221431	1096404	1068122	1188769	1177009	
20	22736	24626	23755	26645	34700	28554	29821	25318	
21	20903	22686	21558	23173	31812	26061	26798	22829	
22	19341	21002	19705	20481	29059	24575	24088	20832	
23	17760	18575	17652	17595	25598	22322	20664	18381	
24	16293	17043	17050	15007	23444	20623	18592	16506	
25	14967	15476	15601	12749	20818	18531	16468	14927	
26	13592	14406	13773	11056	18283	16743	14226	13568	
27	12619	13330	12610	9884	16168	14933	12993	12675	
28	11368	11745	11176	8726	14380	13397	11560	11481	
29	10081	9840	10059	7727	12740	12214	10266	10723	
30	9021	8310	9246	6950	11277	11530	9065	9939	
31	7757	7051	8193	6260	10285	10438	7956	9030	
32	6761	5948	7318	5550	9464	9780	7018	8457	
33	6085	5063	6807	4826	8338	8831	6256	7808	
34	5194	4348	6197	4198	7436	8271	5523	7232	
35	4857	3810	5815	3975	6797	7658	5150	6716	
36	4233	3246	5368	3362	5865	7235	4716	6121	
37	3781	2918	5086	2970	5378	6472	4472	5760	
38	3138	2544	4656	2525	4757	6068	4121	5232	
39	2729	2440	4485	2212	4358	5542	3884	4740	
40	2500	2118	4064	1891	4027	5429	3531	4369	
รวม	215716	216525	230174	197762	304984	285207	247168	242644	
ร้อยละ	24.794886	24.784775	19.089046	16.191009	27.816754	26.701725	20.791928	20.615305	22.598179

คนที่6	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1221477	1195115	1088858	1072650	876518	875427	1156795	1147867	
20	27828	25162	30741	29783	19957	19541	20096	17480	
21	24739	23767	27157	26793	18384	18923	17920	15301	
22	23090	22452	23532	25819	16676	18377	15935	13729	
23	20791	20191	20520	22930	15286	17729	14366	12156	
24	19073	18431	18291	21758	14446	18103	12941	10990	
25	17389	16679	16019	20008	13550	17632	11305	9511	
26	15713	14688	14636	17937	12430	16536	9833	8195	
27	13922	13558	13442	16672	11674	15666	8614	7036	
28	12257	12535	11866	15342	10642	14328	7698	6098	
29	11045	11695	10906	14127	10343	13489	6875	5382	
30	10268	10764	9723	12925	10651	12303	5976	4718	
31	9361	10163	8661	12188	10593	11651	5220	4202	
32	9281	9859	8480	11537	9818	10940	4610	3745	
33	8799	8996	7510	10629	8449	9699	3909	3274	
34	8550	8124	6590	9713	7328	9135	3425	2742	
35	8106	7689	5619	8812	6415	8120	2932	2581	
36	7655	7016	4685	7809	5952	7432	2661	2299	
37	6970	6754	4224	7469	5488	6407	2378	1948	
38	6319	6283	3743	6604	5148	5491	2142	1799	
39	5821	6022	3139	6048	4772	4749	1821	1527	
40	5844	5871	2676	5672	4277	3901	1680	1385	
รวม	272821	266699	252160	310575	222279	260152	162337	136098	
ร้อยละ	22.335337	22.31576	23.158208	28.953992	25.359319	29.717155	14.033342	11.8566	22.216214

คนที่7	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	982536	991224	1055438	1046332	1082187	1082187	1218593	1206295	
20	38567	41487	32217	28972	34116	34116	42533	36236	
21	34403	40206	29411	26398	31171	31171	37999	32902	
22	31671	38501	27966	24426	28470	28470	34322	30382	
23	27880	33610	26134	21958	25208	25208	30849	27094	
24	25461	28233	24389	20404	22696	22696	28515	23877	
25	23346	24889	23283	19019	20799	20799	26851	21854	
26	21389	21757	21358	17447	18931	18931	25169	20187	
27	19642	20109	20275	15951	17463	17463	22282	18725	
28	17700	18092	18558	14004	15700	15700	19631	17408	
29	15977	16216	16825	12819	14214	14214	17586	15719	
30	14418	14362	15031	11338	12543	12543	15064	14451	
31	13225	12395	12917	10003	11071	11071	12942	13253	
32	11636	10680	12073	9450	10042	10042	11690	12242	
33	10578	9511	10606	8730	8791	8791	10413	10873	
34	9745	8576	9354	7861	7782	7782	9238	10007	
35	9080	7682	8543	7402	6843	6843	8434	9465	
36	8290	6543	7588	6895	5944	5944	7631	8893	
37	7600	5695	7396	6311	5369	5369	6821	8028	
38	6659	5119	7128	6015	4506	4506	6013	7298	
39	5888	4547	6755	5653	3998	3998	5437	6707	
40	5306	3937	6694	5223	3641	3641	4757	5927	
รวม	358461	372147	344501	286279	309298	309298	384177	351528	
ร้อยละ	36.483243	37.544188	32.640572	27.360245	28.580828	28.580828	31.526277	29.14113	31.482164

คนที่8	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1150299	1136144	980612	986054	904585	903805	821526	819106	
20	27110	24225	18196	17798	22426	27235	21026	20839	
21	24998	22721	15384	16346	20192	25226	18927	18264	
22	23678	22378	13613	15316	17975	25005	17814	16647	
23	20941	20563	11371	13813	15589	22804	16810	14387	
24	19052	18742	10237	12697	14936	21284	15533	13096	
25	18643	16800	9285	11511	14243	18896	14114	11438	
26	17501	15325	8090	10626	13180	16946	12593	10550	
27	16836	14875	7232	10167	12076	15835	11040	10336	
28	15058	14035	6308	9149	10970	14601	9546	9497	
29	14484	13288	6267	8857	10201	13322	8383	8867	
30	13952	12151	5846	8465	9439	11632	7188	8420	
31	12831	10867	5803	8131	8828	10156	6291	7424	
32	11819	10359	6187	7848	8035	8981	5626	6766	
33	11291	9182	6488	7826	7167	7978	5140	5860	
34	10221	8303	6968	8165	6467	7170	4473	5203	
35	9537	7761	7695	8947	6211	6628	4047	5158	
36	8799	7048	7679	9244	5319	5440	3554	4613	
37	8376	6959	8042	9692	4901	4681	3332	4510	
38	7835	6638	8246	10298	4236	4065	3223	4402	
39	6897	6253	8678	11071	3732	3481	2958	4066	
40	6724	6140	10035	12981	3280	3022	3070	3840	
รวม	306583	274613	187650	228948	219403	274388	194688	194183	
ร้อยละ	26.652462	24.170616	19.136009	23.218607	24.254548	30.359204	23.698337	23.7067	24.39956

คนที่9	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1205028	1199094	1192641	1190204	1213136	1216839	1307839	1306938	
20	30472	26582	37112	40615	35250	34355	38067	34975	
21	27760	24162	33782	35385	32057	31183	34589	31006	
22	25597	22420	31059	32885	30074	28495	31328	28072	
23	22370	20078	27389	30066	27560	25549	27784	25227	
24	19154	18423	24327	27871	25309	23898	24870	23271	
25	16527	17777	21393	25037	22744	22546	22161	21087	
26	14202	16196	19239	22554	19855	20701	19769	18948	
27	12928	14968	17289	20609	18038	18690	17720	16274	
28	11449	13592	15072	18131	15835	16724	15478	14253	
29	10360	12325	13181	16013	14199	14405	13702	12809	
30	9133	11311	11917	13884	12336	12479	12157	11196	
31	8142	10373	11062	12336	10579	10959	10471	9865	
32	7665	10234	10252	10903	9392	9826	9012	9112	
33	7091	9647	8435	9595	7974	8569	7999	8116	
34	6468	8785	6738	8296	6872	7274	6712	7146	
35	5579	8037	5558	7328	6185	6291	6116	6557	
36	4653	7024	4638	6319	5385	5440	5522	5817	
37	4056	6356	3888	5430	4657	4847	5194	5441	
38	3404	5863	3485	4760	4204	4520	4875	4908	
39	2883	5154	2878	4093	3742	4054	4676	4467	
40	2461	4600	2402	3474	3535	3742	4351	4040	
รวม	252354	273907	311096	355584	315782	314547	322553	302587	
ร้อยละ	20.941754	22.84283	26.084631	29.875887	26.030222	25.849517	24.663051	23.152361	24.930032

คนที่10	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	932101	925626	1199337	1217857	937285	933630	943666	937440	
20	38705	21261	43707	53617	35265	30421	27971	30400	
21	34250	17872	41510	51301	31359	26660	24354	26413	
22	30032	16113	38577	50935	28148	23973	21769	22473	
23	25425	14201	34449	46428	24941	19945	18596	18954	
24	21733	12331	31658	42296	22470	17260	16164	15923	
25	18766	10933	30187	38870	20412	14136	14046	14077	
26	16118	9556	27611	34629	18485	11079	12325	12391	
27	13984	8434	26416	31874	16369	9285	10855	10889	
28	11920	7249	25243	28303	14571	7660	9378	9777	
29	10031	6007	23630	24866	12639	6417	8201	8743	
30	8432	4993	21435	21970	11153	5805	6818	7837	
31	7061	3946	19670	19215	9540	5132	5854	6804	
32	6128	3355	17322	16511	8195	4313	4929	6403	
33	5044	2702	16048	14264	7128	3825	4102	5821	
34	4148	2313	13991	12537	6230	3248	3711	5216	
35	3386	2040	12525	10899	5884	2725	3348	5089	
36	2656	1707	11318	9142	5315	2260	2889	4886	
37	2176	1541	10028	7955	4584	1956	2673	4576	
38	1657	1316	9381	6728	3995	1892	2260	3965	
39	1411	1152	8281	5549	3382	1654	1957	3591	
40	1171	850	7569	4722	2760	1612	1765	3107	
รวม	264234	149872	470556	532611	292825	201258	203965	227335	
ร้อยละ	28.348215	16.191421	39.234677	43.73346	31.241831	21.556505	21.614109	24.250619	28.271355

คนที่11	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	953024	951727	1600375	1596676	1275584	1274978	1390857	1385016	
20	16819	15351	53622	41622	52119	43689	27272	28674	
21	14554	13177	51447	42155	48862	40260	23684	25021	
22	13031	11012	51730	44300	46717	39753	21145	22093	
23	11031	9341	48239	42047	42385	36139	19285	19127	
24	9642	7966	44828	40617	39202	33690	17512	16951	
25	8235	6921	41136	40210	36314	30420	16323	14577	
26	7188	5921	37674	37689	32080	27306	15027	13071	
27	6251	4948	34620	35884	29369	25147	14010	11508	
28	5495	4292	30704	33845	26412	22681	12467	10693	
29	4989	3624	28183	31511	23732	20426	11126	9658	
30	4493	3231	26133	29540	22366	18336	9677	8881	
31	3799	2914	23698	27617	19356	15955	8774	8254	
32	3339	2630	21605	25217	17652	14002	8503	7801	
33	2946	2361	19945	23424	15402	12634	7855	7179	
34	2606	2024	17444	21216	13223	10999	7419	6592	
35	2356	1856	15970	19970	11418	10004	6828	6449	
36	2012	1677	14043	18598	9845	8872	6313	5958	
37	1743	1533	12716	16864	8623	7967	5991	5531	
38	1362	1423	11278	15446	7585	7065	5452	5366	
39	1158	1326	9738	14418	6540	6547	5114	4833	
40	1058	1205	9555	13504	5960	6196	5091	4867	
รวม	124107	104733	604308	615694	515162	438088	254868	243084	
ร้อยละ	13.022442	11.004521	37.7604	38.560985	40.386364	34.360436	18.324529	17.550989	26.371333

คนที่12	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1075850	1068422	1037156	1030288	913103	908113	1089581	1089560	
20	20404	20419	31624	30391	18787	26585	18335	24162	
21	17712	18932	27797	28360	17648	24909	16386	21423	
22	15554	17687	25952	27437	16793	23467	14572	18662	
23	13670	17088	22846	25301	15283	20575	12404	16114	
24	12663	16425	21194	23347	14051	18831	10629	14169	
25	11589	15227	19143	21232	12181	16820	8948	11841	
26	11422	13857	17506	19032	10570	15318	7504	10217	
27	10998	12316	16322	16893	9593	14323	6383	9192	
28	10111	10829	14629	14745	8494	12576	5084	8422	
29	9301	10160	13410	13361	7573	11075	4283	7697	
30	8648	9067	12211	11547	6980	9655	3564	6549	
31	8380	8447	11064	10500	6533	8038	3019	5563	
32	8072	8327	9836	9682	6090	7214	2756	4972	
33	7695	7950	8490	8778	5676	6250	2519	4084	
34	7751	7146	7283	8160	5105	5933	2389	3468	
35	7545	6696	6167	7882	4794	5462	2310	2936	
36	7460	5794	5378	7401	4168	4808	1925	2550	
37	7791	5191	4674	6872	3777	4390	1863	2272	
38	7905	4514	4209	6353	3530	3871	1531	2034	
39	7220	3817	3666	5466	3133	3293	1364	1789	
40	6688	3335	3467	4915	3088	2832	1265	1625	
รวม	218579	223224	286868	307655	183847	246225	129033	179741	
ร้อยละ	20.316866	20.892868	27.659099	29.861068	20.134311	27.113916	11.842442	16.496659	21.789654

คนที่13	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	850312	854908	900659	903002	853568	850000	901190	902495	
20	29182	27952	12955	13569	27762	29370	13047	13867	
21	24642	23138	11403	11398	23289	24775	11437	11431	
22	21057	19326	9771	9784	19361	20894	9769	9736	
23	17802	16150	8277	8184	16120	17975	8326	8261	
24	14968	13738	7225	7247	13651	15190	7227	7191	
25	12659	11683	6327	5974	11797	12626	6466	5961	
26	10680	9786	5446	5065	9683	10643	5425	4985	
27	9287	8469	4673	4014	8562	9280	4696	4064	
28	8241	7035	3972	3066	6950	8067	3896	3283	
29	7094	5965	3321	2489	5969	7091	3322	2389	
30	6318	4887	2803	1986	4954	6296	2837	2005	
31	5529	4168	2464	1559	4077	5550	2493	1568	
32	4910	3734	2053	1205	3788	4904	2103	1269	
33	4094	3104	1704	1025	3068	4108	1725	984	
34	3549	2565	1358	810	2570	3511	1433	843	
35	2828	2228	1252	725	2278	2858	1116	705	
36	2324	1799	1017	646	1838	2357	1002	620	
37	1793	1586	897	511	1572	1795	928	499	
38	1539	1352	772	411	1307	1547	764	445	
39	1313	1073	649	415	1065	1277	659	388	
40	1159	913	591	324	932	1117	618	319	
รวม	190968	170651	88930	80407	170593	191231	89289	80813	
ร้อยละ	22.45858	19.961329	9.8738812	8.90441	19.985871	22.497765	9.9078996	8.9543986	15.318017

คนที่14	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1193744	1193512	1155314	1156744	1163144	1167188	1155314	1239764	
20	35174	33638	33200	32545	27641	31180	32342	37002	
21	30010	28658	28920	29323	23606	26835	28759	34373	
22	25873	25177	25572	26725	20260	23181	26047	31587	
23	21718	22549	20743	23996	17432	19725	23456	28038	
24	18196	20323	17399	21614	15622	17266	21338	25180	
25	15586	18249	13866	19244	14185	15435	18671	22139	
26	13557	15899	11584	16831	12399	13949	16559	19676	
27	11705	13972	10164	14846	11454	12877	15020	16983	
28	10522	11942	8423	13281	10400	11830	13257	15007	
29	9371	9751	7201	11495	9629	10984	12034	13325	
30	8070	8103	6026	10145	8761	10572	10836	12194	
31	6925	7082	5085	8883	7965	10059	9953	11404	
32	6107	5970	4416	7647	7168	9424	9201	10762	
33	5389	5256	3676	6441	6120	8644	8324	9906	
34	4633	4303	3123	5608	5255	7872	7893	9165	
35	3815	3801	2539	4953	4446	7179	7441	8312	
36	3475	3302	2187	4259	3720	6139	6943	7320	
37	2976	2723	1928	3721	3063	5613	6476	6632	
38	2759	2398	1622	3094	2442	5206	5878	5971	
39	2470	2022	1477	2704	2156	4781	5323	5528	
40	2206	1903	1302	2579	1877	4426	4903	4695	
รวม	240537	247021	210453	269934	215601	263177	290654	335199	
ร้อยละ	20.149798	20.696985	18.216087	23.335673	18.536054	22.547953	25.158009	27.037323	21.959735

คนที่15	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	820347	836639	878456	882281	994698	1031779	1107885	1115476	
20	26886	28736	18767	18646	28791	32746	38235	41070	
21	20826	25685	17212	16897	25548	28299	32022	35384	
22	17548	23564	16392	15382	23616	24960	27119	31305	
23	14859	20498	14874	13240	21255	21920	23007	27387	
24	12517	18703	13722	11717	20473	19928	19061	23548	
25	10888	16176	12236	10571	18356	17743	16157	19862	
26	9647	13814	10998	9334	16125	15192	13660	16908	
27	8687	11693	9759	8404	14650	13092	11533	14426	
28	7224	10070	8590	7532	13208	11451	9906	12245	
29	6445	9111	7667	7016	11895	9858	8199	10603	
30	5379	7968	6729	6145	10463	8766	6851	8868	
31	4867	6982	5831	5434	8890	7905	5625	7620	
32	4281	6227	5345	4936	8195	7004	4708	6728	
33	3784	5431	4712	4501	7239	6111	3989	5697	
34	3313	4883	4175	4205	6906	5478	3455	4974	
35	2859	4291	4058	4067	6420	5064	3047	4190	
36	2466	3671	3760	3766	5754	4589	2544	3610	
37	2259	3336	3914	3700	5092	4202	2246	3030	
38	1915	2811	3834	3561	4820	3902	1888	2634	
39	1629	2641	3533	3407	4528	3598	1648	2339	
40	1354	2179	3099	3247	4399	3532	1426	2004	
รวม	169633	228470	179207	165708	266623	255340	236326	284432	
ร้อยละ	20.678201	27.308074	20.400225	18.781771	26.804417	24.747548	21.331275	25.498711	23.193778

ตารางที่ ข.2 แสดงข้อมูลความสามารถในการปรับตัวในผู้เข้าร่วมวิจัย กลุ่มที่ 2

คนที่ 1	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1520258	1542946	1253170	1249970	1501744	1550104	1223662	1210197	
20	57136	57398	30194	31280	36877	42428	29874	35953	
21	50798	51382	27677	28514	32541	36729	26296	31156	
22	49108	49704	25557	26617	28985	33398	23653	27385	
23	42821	44548	22616	23187	25031	29587	21170	23815	
24	38847	41070	21182	21237	22183	26750	19258	20926	
25	35145	38502	19256	19150	19478	23657	16713	18350	
26	31713	35502	18567	17281	16798	21241	14587	15823	
27	30177	33116	17977	15560	15321	19437	12865	13561	
28	28126	30368	17129	13583	13939	17484	11362	11684	
29	26575	27950	15291	11870	12749	15843	10399	10349	
30	24561	25019	13390	10221	11389	14612	9543	8964	
31	21500	22277	11382	9044	10697	13090	8818	7722	
32	18995	20098	10059	8217	10521	12261	8225	6770	
33	17012	18222	8610	7496	9835	11142	7474	6211	
34	15666	16388	7389	6897	9347	10016	6715	5445	
35	14141	15660	6570	6534	8674	9310	6083	4784	
36	12673	14265	5802	5947	7643	8272	5524	4219	
37	12204	13818	5428	5639	7204	7575	4947	3721	
38	11439	13250	5020	5191	6492	6899	4414	3413	
39	10867	12550	4931	4904	5820	6568	4069	3044	
40	10040	12354	4716	4680	5352	6264	3779	2783	
รวม	559544	593441	298743	283049	316876	372563	255768	266078	
ร้อยละ	36.805858	38.461553	23.838984	22.644463	21.100534	24.03471	20.90185	21.986338	26.221786

คนที่ 2	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1596910	1605697	1331460	1328372	958010	958765	1206155	1203749	
20	37692	38065	30775	32996	33218	25539	35670	35074	
21	36751	36583	30280	30384	30279	23880	31647	32254	
22	36620	35815	30416	28383	28319	23061	28763	30805	
23	34033	33552	28897	25186	25077	22027	26000	27492	
24	32690	31953	29009	24588	22573	21414	23848	24911	
25	31098	30389	26974	23113	20686	19721	21688	23646	
26	29671	29077	25094	21406	18371	17974	19747	21336	
27	28961	28443	22640	20335	17512	16802	18570	20038	
28	27945	27494	20312	18873	15552	14089	17179	17935	
29	27056	27519	18208	17243	14103	12197	16006	15680	
30	26858	26940	16463	15836	12472	10647	14148	14024	
31	25501	25876	14461	14342	11137	9496	12651	12536	
32	24374	24839	13536	13002	9995	8837	11289	11523	
33	23521	23869	12817	11829	8731	8226	9960	10288	
34	21658	22528	11837	10762	7678	7467	9203	9165	
35	20423	21787	11157	9863	6893	6667	8351	8300	
36	19078	20404	10269	8874	6094	5494	8005	7519	
37	18661	18945	9536	8509	5429	4842	7067	7002	
38	18033	17951	9280	8054	4923	4061	6728	6496	
39	17012	16774	8797	7289	4446	3632	6066	6027	
40	16522	16307	8364	6903	4177	3153	5787	5493	
รวม	554158	555110	389122	357770	307665	269226	338373	347544	
ร้อยละ	34.701893	34.57128	29.225211	26.932968	32.115009	28.080499	28.053857	28.8718	30.319065

คนที่ 3	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1307204	1297579	1283965	1298368	1443411	1454733	1486804	1512744	
20	38486	41689	43833	47920	42814	41918	45047	60441	
21	35352	37821	40065	42866	39682	38563	40526	54286	
22	33258	34637	36672	38513	37774	37248	37129	50187	
23	30238	30085	32746	34013	35121	33532	33099	44749	
24	27618	26469	29048	30874	33519	30702	30258	40466	
25	24877	22798	26257	27687	31483	28330	27090	35841	
26	22157	19012	23452	24630	28996	25940	24941	30688	
27	20228	16596	21487	22478	27304	24385	23084	26592	
28	17307	14183	18659	19620	25695	22497	21141	22826	
29	15077	12255	16404	17799	23945	20998	18996	19916	
30	12777	10424	15006	16369	21823	20285	16848	17098	
31	10834	8937	13402	14909	19468	19102	15904	14688	
32	9523	7945	12259	13928	17656	17647	14634	12651	
33	8298	6787	11135	13061	17023	15684	13943	11235	
34	7307	5680	10156	11831	15252	13867	12983	9795	
35	6529	4985	9386	10830	14449	12390	11569	8405	
36	5212	4427	8769	9677	13976	11054	10694	7244	
37	4589	3674	8031	8675	12863	9812	9420	6466	
38	3717	3308	7549	7778	12420	8987	8377	5604	
39	3256	2917	6684	7013	11542	7854	7784	4854	
40	2779	2690	6424	6335	10515	7490	6949	4186	
รวม	339419	317319	397424	426806	493320	448285	430416	488218	
ร้อยละ	25.965266	24.454696	30.952869	32.872498	34.177376	30.81562	28.949075	32.27367	30.057634

คนที่ 4	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	931838	928619	978259	984187	1050789	1127281	1127281	1117193	
20	13913	15234	25965	26294	28340	25987	25987	28839	
21	13299	14210	22405	23981	24254	23066	23066	25495	
22	13128	14150	20552	21858	20765	21753	21753	23214	
23	11984	14050	18732	19752	17849	19321	19321	21039	
24	11979	14209	16873	18185	15195	18102	18102	19276	
25	12235	13814	14826	16692	13000	15747	15747	17687	
26	12276	13432	13265	15325	11229	13725	13725	15801	
27	13135	12776	12051	14047	10111	12242	12242	14180	
28	13335	11388	11256	13109	8901	10792	10792	12617	
29	13569	10439	10628	12574	7868	9600	9600	10930	
30	12864	9868	10518	11521	6892	8623	8623	9618	
31	11906	9630	9852	10918	6218	7486	7486	8625	
32	11001	9715	9022	10207	5721	6501	6501	7569	
33	10663	9606	8163	9739	4918	5635	5635	6708	
34	10044	9418	7356	9184	4330	4903	4903	5929	
35	9831	9933	6664	8590	3903	4494	4494	5426	
36	8800	9586	6109	7971	3426	3887	3887	4869	
37	8319	9440	5485	7569	3195	3861	3861	4406	
38	7388	8698	4933	7188	2894	3355	3355	4002	
39	7088	8315	4561	6704	2891	2912	2912	3555	
40	7026	7967	4330	6351	2844	2691	2691	3087	
รวม	233783	235878	243546	277759	204744	224683	224683	252872	
ร้อยละ	25.088374	25.400945	24.895861	28.222177	19.484787	19.93141	19.93141	22.634585	23.198694

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 5	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1459587	1443024	1572784	1568267	1279586	1287630	1453053	1464443	
20	66161	53933	51554	55084	43019	47491	39240	36891	
21	63003	50233	49459	50953	38761	42737	34064	33285	
22	60953	46774	49257	48240	37217	40767	30605	30284	
23	56700	41338	44800	44549	33532	37890	26808	27229	
24	52283	37947	41785	40665	31481	34838	23789	25480	
25	49220	34973	40728	38081	29599	32821	21199	23279	
26	44377	30709	38668	34281	27475	29540	19341	22033	
27	40285	27547	37654	32322	25443	27594	18054	20513	
28	35975	24069	35180	29951	23232	24755	16361	18679	
29	31842	21309	32720	26961	21550	22246	15005	16796	
30	28714	18733	31168	25035	19964	20133	13576	15308	
31	24749	16261	27709	22688	18970	17768	11963	13445	
32	21789	14200	23580	20791	17834	15159	10827	12314	
33	19017	12482	20255	18881	16618	13191	9380	10847	
34	16552	10462	17489	17374	15134	11539	8307	9614	
35	14625	9021	15941	16362	13593	10478	7538	8918	
36	12788	7655	13752	14436	12055	9455	6892	7876	
37	10987	6796	12474	13245	10505	8605	6099	7369	
38	9684	5949	11341	12027	9433	7610	5544	6725	
39	8376	5315	10108	10684	8385	6397	4928	6011	
40	7504	4993	9257	9668	7749	5905	4578	5463	
รวม	675584	480699	614879	582278	461549	466919	334098	358359	
ร้อยละ	46.28597	33.31192	39.094942	37.128754	36.070182	36.261892	22.99283	24.470669	34.452145

คนที่ 6	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1051231	1045838	931164	910878	937576	934583	783549	788797	
20	31323	27984	24517	24416	38017	33394	18786	18376	
21	27387	24466	22076	21660	32609	28887	16532	16329	
22	24296	21887	19885	19129	27974	25327	14074	14771	
23	20903	18740	16760	15949	23094	20681	11933	12466	
24	18803	16479	15198	13651	19170	17010	10513	10888	
25	16254	14911	13106	11774	15812	14095	9034	9049	
26	14104	12914	11508	10075	13263	11648	7826	7597	
27	12744	11653	9961	8585	11548	9975	7053	6625	
28	11351	10308	8075	7300	9419	8383	6201	5710	
29	10276	9105	6973	6230	8107	7213	5727	5000	
30	9129	8372	5706	5113	7144	6356	5310	4540	
31	8124	7375	4726	4348	6007	5402	4861	3991	
32	7335	6473	4182	3661	5211	4849	4584	3748	
33	6457	5538	3585	2908	4389	4141	4246	3458	
34	5577	4758	3059	2356	3692	3750	4158	3283	
35	5007	4205	2709	2092	3003	3327	3900	3042	
36	4240	3656	2386	1765	2637	2883	3485	2889	
37	3737	3252	2098	1691	2250	2829	3295	2710	
38	3185	2998	1833	1528	1962	2501	3263	2444	
39	2991	2802	1597	1399	1791	2172	3091	2321	
40	2602	2777	1477	1301	1641	1853	3106	2109	
รวม	245825	220653	181417	166931	238740	216676	150978	141346	
ร้อยละ	23.384489	21.098201	19.482819	18.326384	25.463536	23.184244	19.268482	17.919186	21.015918

คนที่ 7	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1038317	1041556	840336	837252	876652	874116	888621	900854	
20	20787	27481	35387	31215	19905	20101	14349	14676	
21	17617	23768	32233	27636	17184	17994	12236	12614	
22	14932	20751	28895	24096	14714	15755	11081	10827	
23	12836	17960	25855	21250	12914	14100	9866	9468	
24	10887	15825	22442	18794	11566	12534	8742	8422	
25	9138	13627	19643	16488	9905	11362	7643	7779	
26	7627	11166	17278	14397	8743	9995	6833	6632	
27	6390	9517	15168	12448	7792	8973	5953	6268	
28	5463	8212	13046	10606	6588	7413	5156	5577	
29	4528	7268	11636	9360	5418	6491	4834	5201	
30	4008	6256	9954	8317	4668	5194	4438	4651	
31	3350	5541	8432	7379	3934	4273	3723	4062	
32	2880	4975	7339	7053	3555	3741	3452	3546	
33	2548	4304	6145	6173	2969	3121	3080	3207	
34	2195	3816	5167	5634	2581	2702	2714	2763	
35	1979	3660	4218	5037	2544	2282	2257	2635	
36	1732	3166	3358	4350	2072	1924	2099	2195	
37	1535	2782	2925	3807	1829	1700	1894	1912	
38	1320	2447	2445	3371	1591	1444	1819	1772	
39	1134	2222	2051	2735	1238	1229	1782	1620	
40	923	2058	1739	2461	1191	996	1724	1441	
รวม	133809	196802	275356	242607	142901	153324	115675	117268	
ร้อยละ	12.887105	18.894999	32.767369	28.976581	16.300767	17.540464	13.017361	13.017426	19.175259

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 8	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1135412	1140772	1018789	1022017	941733	946963	1451956	1463176	
20	31900	34039	27122	31853	33765	26935	40857	38640	
21	29379	31444	24210	28304	29931	24967	37088	34990	
22	27765	30364	21503	25147	26916	22402	34333	32936	
23	25260	27606	18454	21713	24027	19100	31348	29274	
24	23622	25494	16470	18995	22126	16512	28856	26779	
25	22688	24442	14856	16518	19445	13896	26552	23997	
26	21396	22284	12717	14224	17125	11885	23833	22141	
27	20676	20903	11097	12442	15013	10200	22284	20875	
28	19568	18106	9611	10728	13602	8643	19819	18978	
29	17789	15763	8236	9291	12186	7599	18151	17547	
30	16422	13958	6869	8202	10795	6873	16782	16515	
31	13884	11992	5901	7600	9546	6259	15278	15255	
32	11750	10155	4890	6920	8368	5565	14344	14030	
33	9946	8434	4254	5861	7069	4824	13016	12715	
34	8847	6908	3644	4986	5943	4174	11799	11352	
35	7729	6141	3256	4021	5091	3617	11258	10882	
36	6739	5419	2734	3159	4025	3158	10493	9851	
37	5948	5167	2346	2550	3524	2919	9389	8988	
38	5238	4990	2073	2121	2964	2603	8648	8272	
39	4504	4493	1707	1797	2607	2383	7810	7659	
40	4157	4294	1653	1531	2140	2245	7082	6973	
รวม	335207	332396	203603	237963	276208	206759	409020	388649	
ร้อยละ	29.52294	29.137812	19.984805	23.283664	29.329757	21.833905	28.170275	26.562013	25.978146

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 9	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1202512	1219920	1222941	1231971	1054772	1057179	883038	888926	
20	39657	37396	41893	39376	26404	31154	22670	26206	
21	37955	35109	38325	35598	23611	27499	18376	22617	
22	35422	32096	34712	32255	21524	24070	14820	19436	
23	31227	27431	30606	27697	19037	20046	12006	16750	
24	27326	23824	27202	24446	17240	16998	9862	14476	
25	24272	20591	23967	20929	15843	14824	8133	12375	
26	21702	17270	21374	17717	14343	13013	7024	10594	
27	20054	15464	19689	15404	13801	11938	5786	8840	
28	18333	13326	17157	13554	12950	10770	4966	7365	
29	16908	11903	14987	12305	11388	10276	4313	6139	
30	15727	10490	13261	11364	10103	9770	3459	4892	
31	14522	9247	11479	10387	9077	9080	3040	4167	
32	13306	7920	10377	9524	8400	8399	2547	3399	
33	11870	7148	9602	9031	7808	7296	2055	2792	
34	10432	6535	8890	8418	6998	6591	1775	2478	
35	9519	6461	8363	8032	6444	5959	1495	2242	
36	8238	6036	8008	7306	5754	5085	1296	1941	
37	7640	5701	7367	6631	5497	4612	1217	1776	
38	7153	5518	6950	6403	4813	4163	958	1610	
39	6401	5364	6321	5572	4128	3743	872	1458	
40	5867	4948	5713	5201	3800	3631	841	1265	
รวม	383531	309778	366243	327150	248963	248917	127511	172818	
ร้อยละ	31.894152	25.393304	29.947724	26.555008	23.60349	23.545398	14.440035	19.441213	24.352541

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 10	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1395946	1394813	1344825	1338959	1076687	1067893	1854160	1846493	
20	24096	24242	25703	20902	10071	7574	34541	41489	
21	23665	23019	23063	19048	8384	5938	33320	40005	
22	22989	21653	20690	17188	6750	4786	31098	36857	
23	22264	21118	19083	16455	5797	4065	30244	34015	
24	20376	20197	17105	15290	4808	3221	28144	30565	
25	19393	20000	16020	14737	3876	2684	26828	28438	
26	19062	19766	14219	14049	3135	2362	26073	26922	
27	18937	19305	13103	13199	2397	1952	24811	24452	
28	18446	19386	11983	12275	2068	1627	24700	22842	
29	16862	18435	11019	10800	1632	1431	23351	21271	
30	16618	17874	9998	9683	1318	1222	22111	19439	
31	15936	16946	8912	8859	1154	1095	21277	18439	
32	15339	15851	7788	8108	935	919	19244	16315	
33	15478	14842	6915	7563	789	886	17764	15217	
34	14917	13726	6495	6889	659	749	16051	14161	
35	14834	13214	5794	6494	641	685	14663	12866	
36	15516	13093	5123	6207	618	598	14231	12827	
37	13887	12838	4347	5651	583	582	12785	11753	
38	12446	12991	3731	5223	510	491	12165	11109	
39	10627	13011	3247	4666	471	492	11269	10949	
40	10280	13107	2905	4291	471	444	10245	10359	
รวม	361968	364614	237243	227577	57067	43803	454915	460290	
ร้อยละ	25.929943	26.140708	17.641118	16.996562	5.3002405	4.1018154	24.53483	24.927796	18.196634

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 11	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1373129	1377170	1286983	1295225	1250417	1247600	1198239	1195285	
20	25920	29706	53435	46605	34648	39297	36402	35726	
21	23684	26906	47559	40663	28570	33854	32482	31552	
22	22179	24207	42554	35894	23588	28999	28315	27519	
23	20227	22636	36323	31807	19357	24846	24416	23216	
24	18722	21397	30802	27653	16034	20920	21046	19441	
25	18355	19852	26429	23959	13148	17481	17607	15966	
26	17183	17960	22306	20572	10821	14581	14603	13138	
27	16493	16703	19406	17469	9005	12420	12215	10963	
28	16008	15902	16392	15163	7622	10280	10183	9392	
29	14552	15374	13694	12606	6505	8654	8446	7905	
30	13613	15399	11710	10425	5581	7288	6990	7110	
31	13201	14989	9876	8443	4844	5827	5870	6027	
32	12136	14221	8289	7096	4265	4969	4846	5218	
33	12853	13556	7132	5832	3493	4163	3933	4701	
34	13318	12635	6035	4904	2948	3687	3232	3914	
35	13534	12439	5165	4015	2471	3061	2682	3481	
36	13286	12098	4447	3398	2248	2873	2240	3011	
37	12805	11850	3802	2964	1916	2474	1928	2617	
38	12690	11051	3329	2569	1698	2084	1547	2268	
39	12095	10167	2835	2290	1512	1847	1366	2109	
40	11135	9517	2506	2119	1329	1566	1176	1949	
รวม	333989	348565	374026	326446	201603	251171	241525	237223	
ร้อยละ	24.323206	25.310238	29.062233	25.203806	16.122861	20.132334	20.156663	19.846564	22.519738

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 12	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	911874	909316	1027163	1004412	794032	800393	859993	864913	
20	19101	15952	25140	30723	14944	18902	32241	27555	
21	16377	12775	21813	26886	12811	15906	26446	22768	
22	14116	10535	18632	23913	11357	13693	22021	19236	
23	11853	8455	16328	21441	10004	11447	17989	15534	
24	10300	7073	14430	18805	8785	9859	14535	12967	
25	8707	5774	12908	16727	7905	8678	11663	10710	
26	7315	4818	11869	14465	6902	7258	9176	8941	
27	6350	4108	10688	12108	5987	6185	7260	7400	
28	5264	3383	9748	10587	5002	5715	5465	6207	
29	4500	2968	8547	8810	4039	4847	4228	4971	
30	4022	2716	7767	7542	3292	4189	3505	4142	
31	3249	2343	6727	6793	2791	3656	2653	3364	
32	3077	2066	5835	5781	2354	2989	2051	2678	
33	2598	1807	5344	5097	1970	2698	1572	2077	
34	2165	1508	4810	4280	1827	2322	1302	1653	
35	1944	1488	4362	3772	1606	2051	1036	1278	
36	1548	1254	4218	3186	1369	1757	779	995	
37	1319	1275	3822	2754	1214	1475	663	803	
38	1122	1126	3382	2373	1184	1315	539	710	
39	921	894	2833	2030	965	1160	432	553	
40	767	829	2557	1833	892	1038	411	517	
รวม	126615	93147	201760	229906	107200	127140	165967	155059	
ร้อยละ	13.885142	10.243634	19.642452	22.889611	13.500715	15.884697	19.298645	17.927699	16.659074

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 13	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	969525	969735	1155567	1149814	886610	885684	916712	921906	
20	15646	13448	28847	30764	15815	14034	12189	17031	
21	13483	11163	25765	27446	14246	11757	10402	14139	
22	11678	9262	23025	24128	12766	9996	8879	11737	
23	9775	7659	20107	20505	11438	8292	7766	9673	
24	8280	6204	17340	17263	10343	6873	6831	7946	
25	7175	5151	15310	15105	8877	5914	5897	6277	
26	6251	4323	12725	12849	7640	4817	5048	4994	
27	5250	3377	11053	11095	6461	4112	4218	4009	
28	4443	2866	9823	9651	5400	3495	3692	3019	
29	3848	2395	8688	8581	4727	3103	3131	2514	
30	3403	2146	8013	7470	4043	2694	2742	1958	
31	2932	1714	7212	6703	3525	2571	2411	1715	
32	2561	1537	6317	6011	3118	2263	2118	1420	
33	2231	1243	5869	5301	2681	1846	1999	1201	
34	2016	1151	5211	4592	2178	1767	1832	1161	
35	1922	1059	4843	4392	1762	1539	1675	921	
36	1642	998	4183	4101	1396	1337	1580	962	
37	1385	804	3733	3791	1244	1065	1384	849	
38	1294	696	3532	3489	1110	922	1232	758	
39	1104	699	3197	3274	1082	778	1218	774	
40	906	642	2997	3128	1182	646	1175	726	
รวม	107225	78537	227790	229639	121034	89821	87419	93784	
ร้อยละ	11.059539	8.0988105	19.712401	19.971839	13.651324	10.141427	9.5361466	10.172838	12.793041

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 14	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1184494	1179938	1058576	1066764	1124571	1138411	1574450	1616283	
20	22122	19460	19936	18902	27268	23813	40799	37420	
21	20858	17973	18273	17100	23639	21997	37678	34284	
22	19523	16574	17075	15953	22294	20290	36423	33021	
23	17832	15131	15748	14468	20544	18277	34806	33404	
24	16419	14693	14017	13162	19069	16271	32206	32281	
25	15316	13899	12678	12479	17385	14975	30102	31652	
26	13942	12786	11324	11490	15517	13334	27714	29420	
27	12982	11715	10556	10362	13899	12425	26719	26956	
28	11797	10657	9475	9300	11890	12390	25446	25515	
29	11337	10133	8558	8511	10446	11478	23972	24094	
30	10711	9531	7424	7846	9373	10711	22912	23327	
31	9962	9270	6559	7099	8348	10314	21406	22293	
32	9214	9252	5631	6673	7738	9466	20540	21245	
33	8506	9292	5012	6279	7224	8799	19277	20721	
34	7723	8812	4374	6048	6161	7765	17612	19005	
35	7298	8482	3818	5969	5663	7113	16910	18551	
36	6969	7813	3370	5686	4984	6326	15129	17230	
37	6711	7588	2967	5012	4644	5542	14271	15468	
38	6565	7251	2611	4506	4328	5330	13010	13785	
39	6038	7063	2328	4136	4074	4915	11978	12456	
40	5708	7183	2036	3635	3746	4615	11001	11725	
รวม	247533	234558	183770	194616	248234	246146	499911	503853	
ร้อยละ	20.897784	19.878841	17.360114	18.243585	22.073662	21.621892	31.751469	31.173563	22.875114

คนที่ 15	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1160242	1173783	1175551	1189609	922635	921670	907481	901925	
20	39187	47807	41685	62156	14420	14431	26766	33497	
21	34238	42002	37339	54809	12779	12656	23141	29952	
22	30477	37964	34480	48396	11486	11001	20476	26423	
23	26686	33053	30239	41167	10647	9359	17230	22927	
24	22752	29781	27784	35734	9604	8317	15158	19967	
25	20085	26970	25557	32874	9035	7435	12484	17067	
26	17673	23829	23209	29195	7846	6170	10601	14819	
27	15743	21339	20950	26239	6762	5497	9164	13187	
28	14021	18854	18717	23227	6032	4585	7851	11511	
29	12214	16810	16893	20459	5263	3991	6892	10337	
30	10770	14911	15846	18393	4565	3815	6153	9091	
31	9796	12978	14664	16428	3984	3174	5268	8079	
32	8975	11434	13573	14270	3754	2811	4771	7118	
33	8251	9824	11922	12536	3296	2504	3808	6399	
34	7495	8489	10566	10944	2997	2317	3315	5818	
35	6655	7212	9524	9680	2781	2082	3159	5369	
36	5727	6075	7984	8347	2706	1874	2895	4809	
37	5189	5362	7041	7490	2616	1632	2779	4752	
38	4585	4741	5977	6392	2411	1430	2463	4446	
39	3925	4208	5174	5417	2100	1379	2211	4057	
40	3641	3454	4410	4689	1887	1160	1985	4000	
รวม	308085	387097	383534	488842	126971	107620	188570	263625	
ร้อยละ	26.553512	32.978583	32.625892	41.092662	13.76178	11.67663	20.779498	29.229149	26.087213

ตารางที่ ข.3 แสดงข้อมูลความสามารถในการบดเคี้ยวในผู้เข้าร่วมวิจัย กลุ่มที่ 3

คนที่ 1	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	950204	954895	859352	857985	1137214	1119042	1373320	1361186	
20	16937	16588	25278	26130	65654	60117	59642	45100	
21	15448	14134	21616	22623	54702	54243	54335	40529	
22	13637	12184	18471	19088	46940	50851	50558	36338	
23	12210	10168	16041	15950	40165	44290	43419	31825	
24	11336	9183	14101	14186	35041	39824	37512	27410	
25	9941	8296	12131	12267	30793	36474	32572	23206	
26	9021	7929	10548	10400	26620	32578	27221	19037	
27	7627	8036	9438	8859	23413	28674	24623	16339	
28	6443	7523	8650	7606	20250	25504	21541	13744	
29	5748	7332	8276	6298	17338	22013	19059	11493	
30	4954	6727	7863	5215	15028	19739	17478	9554	
31	4308	6242	7565	4415	13043	17719	15953	8426	
32	4032	6051	7100	3800	11752	15966	14315	7108	
33	3529	5701	6820	3186	10430	14171	12505	6050	
34	3259	5502	6284	2770	9387	12111	11139	5159	
35	3072	5508	5945	2393	8080	10750	9298	4629	
36	2984	5231	5371	2107	7115	9526	7712	4136	
37	3333	5589	4951	1961	6460	8586	6327	3719	
38	3630	5377	4110	1723	5560	7503	5310	3214	
39	3825	5286	3944	1478	4770	6481	4456	2787	
40	3376	5008	3864	1409	4147	5459	3616	2572	
รวม	148650	163595	208367	173864	456688	522579	478591	322375	
ร้อยละ	15.644009	17.13225	24.246991	20.264224	40.158493	46.698783	34.849198	23.683391	27.834667

คนที่ 2	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1236125	1239960	1097728	1091664	889824	892526	902081	899219	
20	37552	35669	33020	31142	24866	30792	27915	45070	
21	32814	31571	29648	27207	20878	25897	23759	38143	
22	29100	28298	26886	24468	17541	22150	20999	32558	
23	25157	23991	23321	20809	15052	19103	17600	26730	
24	21804	20808	20550	17702	12965	16780	15077	22475	
25	19152	17784	17700	15162	11098	14923	12880	18231	
26	16949	14914	15639	13030	9240	13138	11178	15107	
27	15173	13328	14185	11421	8105	11662	9697	12399	
28	13219	11370	12388	9744	7091	10120	8267	10216	
29	11533	9812	11302	8457	5963	9041	7027	8505	
30	10267	8329	10052	7483	5279	7772	6200	7192	
31	8814	7117	9032	6491	4526	6701	5430	6072	
32	7739	6274	8260	6030	4088	6070	4767	5181	
33	6700	5511	7210	5269	3608	5229	4081	4209	
34	5789	4845	6482	4698	3303	4523	3851	3587	
35	5138	4613	5698	4242	3044	3879	3598	3212	
36	4663	4097	4814	3636	2655	3489	3364	2611	
37	4375	3751	4302	3380	2485	3232	3494	2542	
38	4088	3535	3905	3184	2455	3009	3280	2210	
39	3811	3073	3476	2778	2611	2667	3182	2128	
40	3513	2642	3072	2569	2593	2600	2680	1946	
รวม	287350	261332	270942	228902	169446	222777	198326	270324	
ร้อยละ	23.246031	21.075841	24.682071	20.968173	19.042642	24.960281	21.985387	30.062087	23.252814

คนที่ 3	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1444306	1416861	1192708	1198642	1087319	1090751	1275295	1271849	
20	29145	30124	26999	26541	7582	6876	16960	14073	
21	26627	28079	24381	26462	6473	5886	14586	11906	
22	23738	25526	22151	26001	5506	5032	13231	9904	
23	21354	23648	20868	25869	4818	4348	11841	8260	
24	19455	21150	19069	25246	4137	3769	10507	6906	
25	18725	19610	18453	24028	3546	3289	9605	5967	
26	17365	17243	17934	22680	3096	2696	8772	5077	
27	16376	15179	16693	20302	2656	2430	7827	4239	
28	15320	13210	15750	19128	2117	2165	6909	3547	
29	14257	11068	14548	17681	1934	1753	6070	3178	
30	13817	9972	13432	15583	1551	1476	6020	2778	
31	13763	8661	12126	14430	1367	1286	5697	2550	
32	12387	7634	10653	12608	1143	1156	5622	2195	
33	11516	6973	9480	11372	979	998	5462	1863	
34	10693	6232	8290	10848	822	922	5010	1585	
35	9601	5548	7301	9419	731	812	4616	1328	
36	9042	5104	6378	8881	632	705	3791	1154	
37	8258	4588	5549	8131	576	609	3203	931	
38	7656	4351	5020	7482	503	521	2648	853	
39	6948	4000	4242	7024	494	451	2109	794	
40	6321	3661	3942	6816	456	376	1661	691	
รวม	312364	271561	283259	346532	51119	47556	152147	89779	
ร้อยละ	21.627273	19.166383	23.749233	28.910384	4.7013802	4.3599318	11.930338	7.0589355	15.187982

คนที่ 4	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1275101	1279788	1306607	1280273	1295927	1281107	979278	1234296	
20	20698	26364	27299	34655	34006	36311	13069	14628	
21	18366	23525	24325	29315	31438	31329	10896	12367	
22	15934	21186	21510	25704	28343	27361	9478	11064	
23	14525	18872	19848	22626	26221	24241	8207	9727	
24	12962	16582	17787	20258	23171	20423	7246	8797	
25	11461	14590	16244	17807	19859	16943	6213	7378	
26	9733	12606	14000	15661	16924	15028	5376	6357	
27	8295	10799	12561	13739	14853	12818	4580	5632	
28	6976	9826	11575	12155	13006	11173	4018	4910	
29	5730	8624	10665	10371	11652	9865	3330	4168	
30	4855	7752	9743	9056	10410	8406	2874	3682	
31	4283	6787	8443	7814	9396	7222	2325	3090	
32	3639	6162	7759	6961	8505	6323	2026	2568	
33	3072	5433	6831	6032	7578	5636	1736	2273	
34	2621	4433	6197	5371	6946	4792	1495	1996	
35	2229	3875	5499	4774	6413	4392	1388	1769	
36	1897	3345	4951	4051	5472	3901	1262	1661	
37	1607	2906	4504	3582	4736	3446	1083	1398	
38	1302	2389	4221	3072	4103	3130	1038	1254	
39	1174	2063	3808	2589	3670	2911	899	1129	
40	1006	1842	3322	2252	3199	2641	856	1065	
รวม	152365	209961	241092	257845	289901	258292	89395	106913	
ร้อยละ	11.94925	16.40592	18.451761	20.139845	22.370164	20.161626	9.1286642	8.6618607	15.908636

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 5	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	837296	909338	828863	880412	854671	841545	599495	601648	
20	13049	15544	16260	16183	18307	13894	6618	8270	
21	11532	15177	14904	15371	16521	11818	5627	7208	
22	10814	15765	14534	14029	14920	9908	4746	6401	
23	10180	15532	13635	12768	13469	8246	4003	5564	
24	9634	14086	12569	11467	12089	6784	3465	4660	
25	9490	12961	12023	10502	10890	5453	3016	3943	
26	9540	11983	11286	10417	9309	4553	2559	3526	
27	9604	11213	11796	10220	8170	3623	2304	3148	
28	8989	9865	11299	10106	7028	3124	2062	2843	
29	8047	8818	10885	9383	5997	2625	1779	2516	
30	6966	7655	10025	9049	5065	2280	1491	2144	
31	6113	6770	8929	8531	4325	1787	1275	1831	
32	5316	5891	8101	7801	3636	1538	1051	1609	
33	4925	5269	7366	7569	3002	1226	865	1351	
34	4344	4676	6472	6926	2613	999	704	1099	
35	4088	4099	6447	6275	2202	847	659	906	
36	3680	3511	5620	5631	1773	700	530	813	
37	3530	3375	5150	4881	1595	653	498	733	
38	3267	3111	4582	4403	1327	548	408	578	
39	2902	2965	4446	3865	1107	481	399	528	
40	2726	2665	4158	3655	1011	418	321	477	
รวม	148736	180931	200487	189032	144356	81505	44380	60148	
ร้อยละ	17.763849	19.897002	24.188195	21.470857	16.890242	9.6851624	7.4028974	9.9972077	15.911927

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 6	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	701126	708768	614433	608447	730956	701382	524860	531075	
20	7150	6611	3916	5073	7657	7535	8060	6633	
21	5990	5466	3337	4074	6163	6339	6728	5693	
22	4932	4735	2635	3254	5154	5355	5477	4814	
23	4042	4028	2082	2721	4157	4105	4602	3971	
24	3614	3378	1509	2337	3495	3484	3635	3384	
25	3144	3045	1308	1747	3039	2738	3019	2684	
26	2771	2563	1007	1386	2577	2295	2402	2218	
27	2438	2306	807	1182	2086	1944	1923	2033	
28	2146	2162	664	969	1765	1581	1623	1710	
29	1773	1784	561	867	1470	1299	1302	1448	
30	1580	1751	477	627	1261	1040	1115	1241	
31	1367	1702	357	571	1045	925	830	976	
32	1220	1485	297	492	951	726	744	850	
33	1149	1461	261	425	789	623	614	761	
34	1070	1193	212	392	700	511	484	557	
35	964	1074	184	307	556	471	441	481	
36	916	915	161	265	537	415	401	429	
37	842	844	157	279	409	323	341	403	
38	814	779	135	239	434	317	324	355	
39	703	906	124	192	341	251	275	305	
40	630	759	119	157	301	233	258	246	
รวม	49255	48947	20310	27556	44887	42510	44598	41192	
ร้อยละ	7.0251282	6.9059269	3.3054865	4.5289072	6.1408621	6.0608912	8.497123	7.7563433	6.2775836

คนที่ 7	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	825404	757021	822071	820985	961010	964748	1015831	1026175	
20	9975	10330	6100	8154	8408	7205	10799	8118	
21	8400	8633	5039	6939	7228	6488	9484	7179	
22	7536	7558	4309	6038	6680	5855	8360	6420	
23	6874	6432	3617	5277	5784	4989	7304	5382	
24	6053	5421	3172	4503	4992	4501	6534	4788	
25	5414	4733	2674	4001	4385	3769	5713	4557	
26	4766	4033	2246	3506	3901	3387	5189	4063	
27	4309	3641	1813	3172	3633	2903	4801	3754	
28	3749	3349	1646	2659	3327	2793	4252	3321	
29	3266	2952	1373	2369	3029	2512	3888	2980	
30	2885	2845	1277	2259	2669	2391	3450	2591	
31	2519	2645	1220	2109	2362	2268	2839	2292	
32	2410	2334	1116	1826	2270	2051	2335	2284	
33	2058	2145	1074	1715	2067	1842	1939	2296	
34	2039	1927	993	1450	1909	1694	1773	2185	
35	1829	1739	1014	1276	1812	1633	1599	2207	
36	1616	1488	1011	1185	1721	1588	1437	1898	
37	1571	1346	1037	1162	1626	1586	1336	1659	
38	1452	1229	1112	1101	1478	1574	1311	1617	
39	1375	1177	1139	1052	1381	1359	1257	1505	
40	1333	1210	1425	1046	1396	1293	1269	1413	
รวม	81429	77167	44407	62799	72058	63681	86869	72509	
ร้อยละ	9.8653508	10.193509	5.4018449	7.6492262	7.498153	6.6007911	8.5515209	7.0659488	7.853293

คนที่ 8	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1395704	1378352	783384	759766	1131480	1161967	1044870	1036481	
20	31841	33663	12269	13897	16795	19958	16848	19541	
21	27938	31345	10482	12345	15012	17996	15369	18241	
22	25181	29213	9507	10687	14399	16183	14011	16593	
23	22235	27987	8422	9085	13410	13894	12778	15072	
24	20231	25599	7243	7548	12434	12584	11721	13715	
25	18086	23356	6390	6394	11605	11526	10706	12819	
26	15971	20923	5742	5269	10870	10583	9926	11842	
27	13958	18972	5190	4595	10096	10015	9310	11063	
28	12599	18225	4553	3835	9388	9268	8964	10442	
29	10977	16795	4199	3256	8351	8632	8706	10153	
30	9763	15763	3801	2900	8019	7859	8645	9717	
31	8343	14343	3296	2386	7847	7259	7978	8729	
32	7490	12339	3129	2150	7285	6994	7672	8196	
33	6685	11198	3023	1966	7056	6631	7073	7845	
34	5969	9888	2652	1809	6730	6266	6458	7256	
35	5365	9007	2460	1562	6703	6081	6014	7119	
36	4632	8238	2178	1414	6568	5937	5426	6554	
37	4309	7726	1922	1201	6030	5714	4900	6396	
38	4045	7040	1779	1014	5704	5614	4902	5874	
39	3520	6482	1604	891	5167	5338	4631	5394	
40	3351	6122	1394	790	4984	5146	4383	5042	
รวม	262489	354224	101235	94994	194453	199478	186421	217603	
ร้อยละ	18.806925	25.699096	12.922781	12.50306	17.185721	17.167269	17.84155	20.994403	17.890101

คนที่ 9	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	917846	917248	890794	892039	760597	794462	1037159	1018530	
20	9162	11730	13178	13982	9027	10532	18191	14886	
21	8285	11017	11947	12374	8834	9898	16138	13127	
22	7787	10372	10946	10873	8439	9506	15433	12247	
23	7065	9481	10253	9891	8295	9348	14499	12031	
24	6393	9154	9733	9375	7800	8789	13803	11617	
25	5813	8848	9580	9086	7112	8011	12590	11611	
26	5424	8463	9191	8853	6415	7288	11132	10838	
27	5401	8460	9128	8651	5848	6829	10277	10517	
28	5129	7826	8606	8276	5062	6489	8800	9869	
29	4827	7240	8445	7113	4526	6123	7981	9031	
30	4814	6793	8182	6217	4201	6251	7934	8554	
31	4435	6685	7886	5410	3779	6245	8113	7739	
32	4503	6770	7970	5454	3359	6040	8225	7632	
33	4837	6512	7280	5274	3309	5731	8514	7036	
34	4810	6158	6548	4946	3230	5688	8534	6215	
35	5210	5926	6526	4640	3115	5560	9014	5946	
36	5012	5527	6238	4144	2927	5106	8579	5476	
37	4928	5653	5676	3943	2711	4982	8438	5027	
38	4905	5315	4743	3777	2524	4605	7970	4255	
39	4807	4912	3980	3460	2392	4472	7324	3885	
40	5054	4651	3603	3250	2321	4623	6715	3510	
รวม	118601	157493	169639	148989	105226	142116	218204	181049	
ร้อยละ	12.921667	17.170166	19.043572	16.702072	13.834659	17.888332	21.038626	17.77552	17.046827

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 10	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1243376	1231995	859919	930948	1228879	1207395	1040466	1048418	
20	20105	18148	12053	13684	22186	29816	17399	17439	
21	17939	15090	10793	11227	18409	25982	15931	15114	
22	16222	13582	10137	9752	16604	22562	14267	13269	
23	13734	12300	8772	8218	13746	19295	12905	11846	
24	11734	10896	7473	6901	12111	17165	11830	10345	
25	9932	9613	6419	5846	10744	14877	10430	9191	
26	8425	8090	5388	5215	9390	12991	9258	7807	
27	7453	7150	4786	4674	8441	11462	8276	7109	
28	6804	6188	4195	4086	7418	10473	7390	6639	
29	6026	5609	3771	3428	6710	9211	6512	6117	
30	5743	4793	3482	2997	6075	8088	5789	5812	
31	5300	4276	3282	2702	5244	7107	5148	5124	
32	4889	3658	3092	2491	4909	6328	4490	4672	
33	4289	3266	2902	2171	4511	5582	3834	4382	
34	3898	2883	2623	1868	4223	4978	3449	4032	
35	3650	2638	2549	1541	4038	4671	3051	3639	
36	3162	2511	2108	1346	3649	4056	2603	3162	
37	2953	2194	1863	1104	3613	3688	2286	2798	
38	2832	2083	1698	985	3259	3428	2153	2647	
39	2454	1898	1501	783	3044	3138	1991	2256	
40	2243	1731	1193	761	2937	2937	1818	2134	
รวม	159787	138597	100080	91780	171261	227835	150810	145534	
ร้อยละ	12.85106	11.249802	11.638305	9.8587676	13.93636	18.869964	14.494467	13.881295	13.347503

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 11	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1198095	1187374	1288598	1280310	1128644	1126197	1309315	1307817	
20	19256	11181	32443	32911	25192	21661	27743	23895	
21	16757	9198	29036	33014	21955	19192	23942	20807	
22	14313	7543	26166	31324	20855	17314	21353	18907	
23	12339	6321	24556	28622	19314	15422	18994	16650	
24	10717	5408	23122	26807	18074	14291	16931	14826	
25	9373	4732	21444	24585	16442	13367	15834	13340	
26	8056	3924	19553	22115	14646	11666	14107	11432	
27	6741	3404	17693	19958	12919	9750	12597	10059	
28	5785	2988	16770	18735	11910	8865	11344	9088	
29	4981	2426	15326	17111	10379	7579	10090	8090	
30	4133	2142	13551	16109	9331	6838	9037	7345	
31	3531	1869	11367	14881	8504	6151	7781	6531	
32	2861	1644	9132	13942	8047	5473	6771	6014	
33	2452	1373	7164	12421	7316	5213	5918	5471	
34	2134	1165	5995	10620	6596	4655	5133	5084	
35	1818	999	5053	9366	5743	4387	4463	4589	
36	1552	887	4220	8256	4972	3975	4143	4242	
37	1162	742	3566	7110	4491	3866	3584	3614	
38	985	718	3118	6405	4062	3471	3152	3277	
39	787	557	2689	5845	3691	3062	2824	2941	
40	661	478	2327	5404	3432	2828	2474	2792	
รวม	130394	69699	294291	365541	237871	189026	228215	198994	
ร้อยละ	10.883444	5.8700123	22.838077	28.550976	21.075822	16.784452	17.430107	15.215737	17.331078

คนที่ 12	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	982759	1005215	739603	1042268	765896	782252	1336602	1331775	
20	13598	11835	19752	16926	15012	10622	38469	38354	
21	12554	10964	17590	14938	12723	9663	33721	34520	
22	11571	10594	15292	13513	11133	8764	29831	30110	
23	10247	10095	13213	11500	9550	7809	26963	26180	
24	8696	9258	11356	9641	8458	6935	23815	22816	
25	7716	8567	10081	8053	7720	6026	21597	20019	
26	7190	7850	8737	6794	6963	5557	19433	17018	
27	6547	7489	7856	5980	6358	5394	16602	14938	
28	6162	7193	6994	4977	5732	5096	14209	13115	
29	5805	6918	6013	4430	5244	4880	12133	11048	
30	5655	6410	5392	4104	4783	4919	9841	9776	
31	5257	5928	4829	3713	4530	4518	8469	8370	
32	5008	5435	4103	3449	4344	4205	7047	7346	
33	4679	5166	3784	3178	4080	3891	5909	6362	
34	4303	4723	3395	2871	3836	3617	5143	5557	
35	3985	4452	2950	2601	3602	3343	4146	4634	
36	3808	4030	2622	2517	3428	3138	3451	4134	
37	3656	3669	2454	2322	3354	3127	3008	3457	
38	3296	3251	2255	2106	3331	2940	2497	3050	
39	2866	2799	2085	1949	3143	2687	1980	2703	
40	2537	2383	1866	1662	2754	2485	1692	2317	
รวม	135136	139009	152619	127224	130078	109616	289956	285824	
ร้อยละ	13.750675	13.828783	20.63526	12.206457	16.983768	14.012876	21.693518	21.461884	16.821653

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 13	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1153628	1148902	1042654	1041590	1160083	1202437	1042144	1045206	
20	26746	22442	22761	25774	30006	35501	28716	30681	
21	24048	20468	19992	23241	27859	31256	25227	27643	
22	22022	19626	17637	20844	26587	28601	23198	24969	
23	20693	18259	15647	17885	24550	25849	21391	21922	
24	19545	17367	13479	15312	22117	23419	19837	18965	
25	18533	17654	12126	13173	20037	20954	18287	16667	
26	17863	17327	10365	11411	18142	18835	16083	14245	
27	16200	17425	9015	9769	16821	17254	14446	12784	
28	15213	17700	8137	8558	15561	15194	12762	11386	
29	13890	16450	7388	7523	13778	13424	11023	9994	
30	13171	15766	6491	6313	12462	11778	9428	8532	
31	12188	14316	5800	5315	11045	9957	8288	7293	
32	11119	12836	5192	4586	9872	8798	7460	6353	
33	10593	11380	4626	3942	9190	7716	6684	5529	
34	10130	9779	4167	3545	8301	6986	6114	4700	
35	9461	9595	3533	2930	7944	6203	5331	3878	
36	8611	9261	3218	2650	7541	5432	4663	3275	
37	7694	9156	2951	2306	6901	5208	4064	2856	
38	7396	8857	2667	2037	6119	4716	3742	2735	
39	7158	8252	2466	1835	5754	4150	3402	2445	
40	6898	7512	2358	1642	5538	3876	3098	2328	
รวม	299172	301428	180016	190591	306125	305107	253244	239180	
ร้อยละ	25.933143	26.23618	17.265171	18.298083	26.388198	25.374053	24.300289	22.883527	23.334831

คนที่ 14	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1031509	996044	944268	1119369	1136182	1132071	944268	920794	
20	20317	22395	13119	27768	34630	37596	13119	11869	
21	17827	18296	11311	24956	31063	32801	11311	10040	
22	15104	15212	9922	22621	28472	28962	9922	8798	
23	12965	12868	8253	20678	25088	25329	8253	7709	
24	10908	10772	6905	18045	21756	22916	6905	6690	
25	9224	9149	5728	15790	19208	20309	5728	5589	
26	7768	7777	4980	13893	16574	18202	4980	4745	
27	6717	6740	4273	12174	14414	16185	4273	4116	
28	5571	5787	3840	10667	12418	14326	3840	3575	
29	4706	4780	3266	9233	10400	12548	3266	2983	
30	4216	4117	2773	7983	8584	11120	2773	2702	
31	3384	3644	2408	6869	6851	9595	2408	2257	
32	2801	3207	2146	6183	5627	8630	2146	2011	
33	2415	2836	1795	5473	4845	7672	1795	1656	
34	1920	2636	1440	4635	4256	6861	1440	1385	
35	1635	2363	1229	3977	3849	5918	1229	1198	
36	1383	2089	1051	3527	3366	5220	1051	1008	
37	1210	1902	834	3278	2857	4609	834	830	
38	1080	1666	727	2909	2637	3767	727	766	
39	863	1454	581	2498	2358	3144	581	650	
40	694	1255	556	2268	2072	2598	556	572	
รวม	132708	140945	87137	225425	261325	298308	87137	81149	
ร้อยละ	12.865423	14.150479	9.2279946	20.138578	23.000276	26.350644	9.2279946	8.8129375	15.471791

ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คนที่ 15	ด้านขวา 1	ด้านขวา 2	ด้านขวา 3	ด้านขวา 4	ด้านซ้าย 1	ด้านซ้าย 2	ด้านซ้าย 3	ด้านซ้าย 4	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ทั้งหมด	1042570	1025202	982694	1004399	861736	863305	1035901	1036230	
20	16591	16700	13504	11762	8720	10546	15425	12279	
21	14957	15252	12585	11171	7463	8908	14215	11020	
22	13845	13654	11648	10535	6829	8027	12904	10235	
23	11460	11783	10147	10024	6164	7124	12196	9602	
24	9681	10177	8814	9209	5309	6299	11132	9039	
25	8134	8609	7782	8630	4645	5388	10973	8684	
26	6683	7467	7284	7772	4261	4812	10734	8187	
27	5892	6365	6599	7483	3951	4300	10916	8220	
28	5107	5724	6086	7316	3650	3855	11027	7857	
29	4370	5258	5733	6920	3510	3492	11398	7390	
30	4115	5045	5621	6326	3255	3113	11275	6967	
31	3725	4653	5372	5988	3191	2875	10412	6422	
32	3485	4465	4976	5348	3041	2819	9793	6074	
33	3127	4079	4684	5100	2941	2531	8646	5582	
34	2980	3704	4226	4713	2949	2282	7581	4843	
35	2671	3355	4083	4592	2704	2082	6801	4206	
36	2494	3170	3779	3975	2616	1934	6098	3947	
37	2239	3018	3652	3629	2562	1821	5730	3778	
38	2073	2799	3264	3328	2460	1641	5587	3402	
39	1958	2481	2925	2772	2580	1579	5205	2999	
40	1730	2348	2572	2392	2731	1374	4688	2756	
รวม	127317	140106	135336	138985	85532	86802	202736	143489	
ร้อยละ	12.211842	13.666185	13.771937	13.837628	9.9255456	10.054616	19.570982	13.847215	13.360744

ตารางที่ ข.4 แสดงข้อมูลระยะทางที่เข็มของเครื่องวัดความแข็งผิวทะลุผ่านชั้นซีเมนต์ลงไปได้

ชั้นตัวอย่าง ที่	ระยะทางที่เข็มทะลุผ่านชั้นซีเมนต์ (มิลลิเมตร)	
	ซีเมนต์จากประเทศญี่ปุ่น	ซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัย
1	4.5	4
2	4	4
3	4.25	4.5
4	4.5	4
5	4.5	4
6	4	4.25
7	4.25	4
8	4.5	4
9	4	4.25
10	4.25	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว กิตติมา ประภัสร์รังษี เกิดที่ กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2525 สัญชาติ ไทย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต พ.ศ. 2548 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันทำงานที่ โรงพยาบาลบ้านแพ้ว (องค์การมหาชน) จังหวัด สมุทรสาคร ตั้งแต่ ปี พ.ศ 2549 และได้ลาราชการเพื่อมาศึกษาต่อในหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย