WORD

How to create senior project with Microsoft Word

Chatchawan Narkpan
CLM, System Analyst

Table of content

1. แนะนำส่วนประกอบของ senior project
2. ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน
3. การแบ่งบท หัวข้อและการเรียงลำดับ
4. ขอบกระดาษ ระยะห่าง ย่อหน้า
5. การพิมพ์ตาราง และภาพประกอบ
6. การแทรกเลขหน้า (แนวตั้ง แนวนอน)
7. สารบัญอัตโนมัติ

1

แนะนำส่วนประกอบของ senior project

1

แนะนำส่วนประกอบของ senior project

ส่วนนำ

- ปกนอก (Front cover)
- ใบรองปก (Blank page)
- ปกใน (Title page)
- หน้าอนุมัติ (Approval page)
- บทคัดย่อย (Abstract)
- กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)
- สารบัญ (Table of contents)
- สารบัญตาราง (List of tables)
- สารบัญภาพ (List of figures)

ส่วนเนื้อหา

- บทที่ 1 บทนำ (Introduction)
- บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review)
- บทที่ 3 วิธีการวิจัย (Materials and methods)
- บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย (Results and discussion)
- บทที่ 5 สรุป (Conclusions)

ส่วนประกอบท้ายเรื่อง

- รายการอ้างอิง (References) หรือ บรรณานุกรม (Bibliography)
- ภาคผนวก (Appendix หรือ Appendixes)
- ประวัติผู้เขียน (Curriculum vitae)

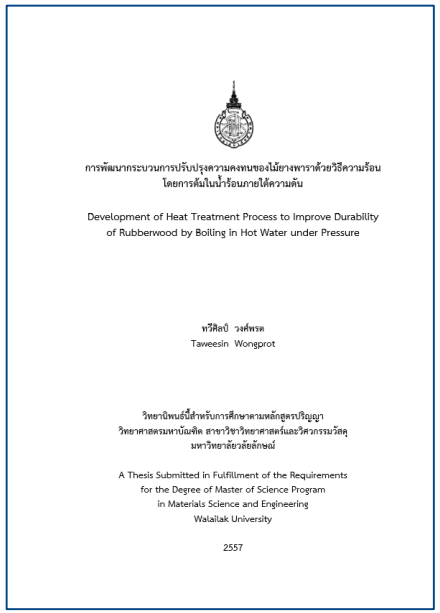
ส่วนนำ

1

แนะนำส่วนประกอบของ senior project

ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1.ส่วนนำ
2.ส่วนเนื้อหา
3.ส่วนอ้างอิง



การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน

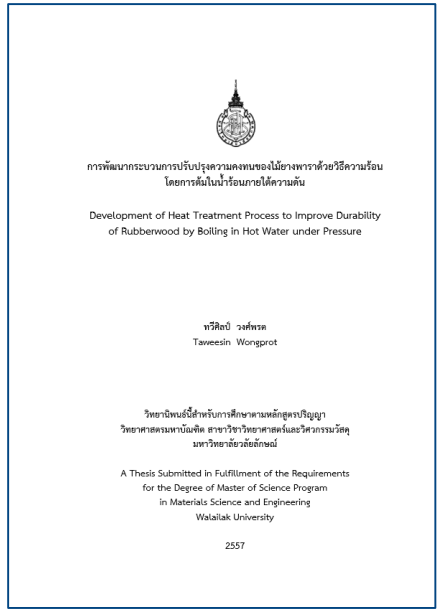
Development of Heat Treatment Process to Improve Durability of Rubberwood by Boiling in Hot Water under Pressure

ทวีศิลป์ วงศ์พรต
Taweesin Wongprot

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program
in Materials Science and Engineering
Walailak University

2557



การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน

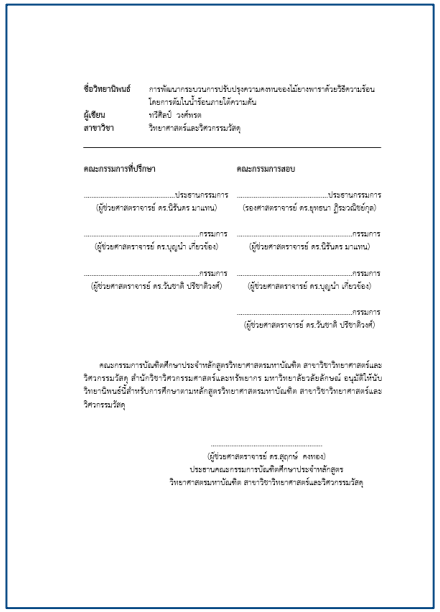
Development of Heat Treatment Process to Improve Durability of Rubberwood by Boiling in Hot Water under Pressure

ทวีศิลป์ วงศ์พรต
Taweesin Wongprot

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program
in Materials Science and Engineering
Walailak University

2557



ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน
ผู้เขียน ทวีศิลป์ วงศ์พรต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มานแทน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกียรจ้อย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปริชาติวงศ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชนก ภู่ระงับยัง)

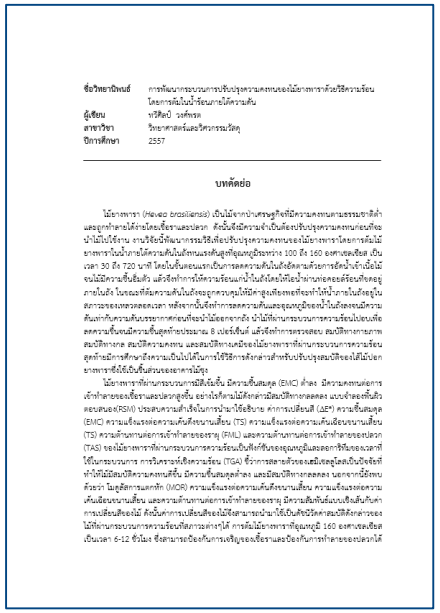
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มานแทน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกียรจ้อย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปริชาติวงศ์)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ คงยศ)
ประธานคณะกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

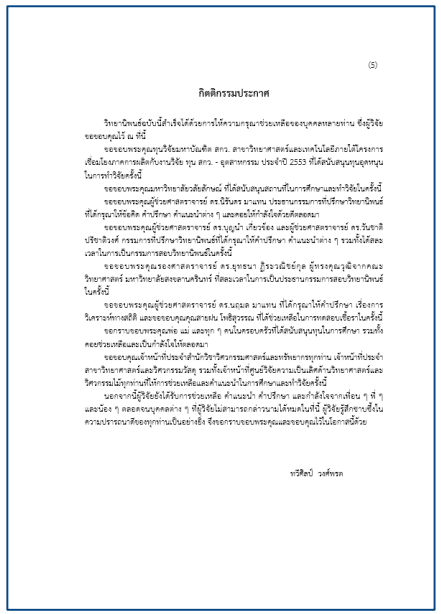


ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน
ผู้เขียน ทวีศิลป์ วงศ์พรต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นไม้จากป่าเศรษฐกิจที่มีความคงทนตามธรรมชาติต่ำและถูกทำลายได้ง่ายโดยเชื้อราและปลวก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงความคงทนก่อนที่จะนำไปใช้งาน งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการใช้ความร้อนปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราโดยการต้มไม้ยางพาราในน้ำภายใต้ความดันในถังหมุนแรงดันสูงที่อุณหภูมิช่วงระหว่าง 100 ถึง 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ถึง 720 นาที โดยในขั้นตอนแรกเป็นการลดความดันในถังอัดตามด้วยการอัดน้ำร้อนเข้าไปจนไม้มีความชื้นอิ่มตัว แล้วจึงทำการให้ความร้อนแก่น้ำในถังโดยให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดอยู่ภายในถัง ในขณะที่ต้มความดันในถังจะถูกควบคุมให้มีค่าสูงเพื่อยอมให้น้ำภายในถังอยู่ในสภาวะของเหลวตลอดเวลา หลังจากนั้นจึงทำการลดความดันและอุณหภูมิของน้ำในถังลงจนมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศก่อนที่จะนำไม้ออกจากถัง นำไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนไปประเมินเพื่อลดความชื้นจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงทำการตรวจสอบ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติความคงทน และสมบัติทางเคมีของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนสูตรที่จะมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้วิธีการดังกล่าวสำหรับปรับปรุงสมบัติของไม้ไปอีกยางพาราซึ่งไม่เป็นที่นิยมของอย่างมาก

ไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการมีสีเข้มขึ้น มีความชื้นสมดุล (EMC) ต่ำลง มีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวกสูงขึ้น อย่างไรก็ตามไม่พึงคาดว่ามีสมบัติทางกลลดลง แบบดำเนินการตรวจสอบ(RSI) ประสิทธิภาพสำหรับในการนำมาใช้งานจริง ค่าการเปลี่ยนสี (ΔE*) ความชื้นสมดุล (EMC) ความแข็งแรงต่อความดันตั้งขนานเสี้ยน (TS) ความแข็งแรงของความดันเสี้ยนขนานเสี้ยน (TS) ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของรอยรุ (FML) และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวก (TAS) ของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนเป็นที่ทราบถึงของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ การวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ชี้ว่าการสลายตัวของสมิเซลลูโลสเป็นปัจจัยที่ทำให้ไม้มีสมบัติความคงทนดีขึ้น มีความชื้นสมดุลต่ำลง และมีสมบัติทางกลลดลง นอกจากนี้ยังพบด้วยว่า โมดูลัสการแตกหัก (MOR) ความแข็งแรงต่อความดันตั้งขนานเสี้ยน ความแข็งแรงต่อความดันเฉือนขนานเสี้ยน และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของรอยรุ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าการเปลี่ยนสีของไม้ ดังนั้นค่าการเปลี่ยนสีของไม้จึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความสมบัติดังกล่าวของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนที่สภาวะต่างๆได้ การต้มไม้ยางพาราที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง ซึ่งสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราและป้องกันการทำลายของปลวกได้



(5)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการให้ความกรุณาช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยของขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ของขอบพระคุณมูลนิธิโอมกาน้อมพิศ สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการไฟโรการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. - อุตสาหกรรม ประจำปี 2553 ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ของขอบพระคุณมากวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้

ของขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มานแทน ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจตลอดมา

ของขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกียรจ้อย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปริชาติวงศ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งได้สละเวลาในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ของขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชูชนก ภู่ระงับยัง ผู้ทรงคุณวุฒิจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สละเวลาในการเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

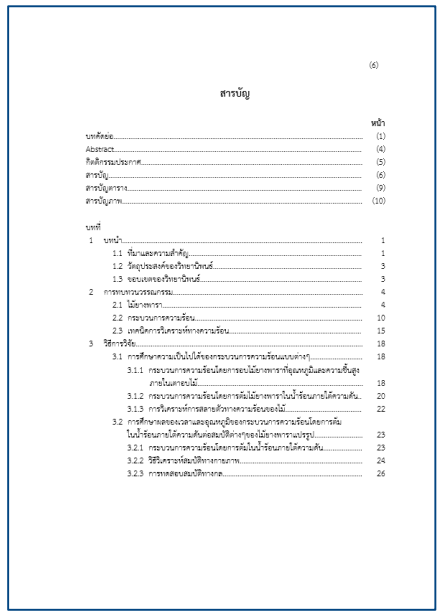
ของขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต มานแทน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา เรื่องการวิเคราะห์ทางสถิติ และของขอบคุณคุณสายสม ใสสีสุวรรณ ที่ได้ช่วยเหลือในการทดสอบเสี้ยวในครั้งนี้

ของขอบพระคุณพ่อ แม่ และทุก ๆ คนในครอบครัวที่ได้ดูแลทุนในการศึกษา รวมทั้งคอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ของขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่าน เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและคำแนะนำในการศึกษาและทำวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา และกำลังใจจากเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้ทุกท่านที่ ผู้วิจัยขอรู้สึกขอบใจในความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งอยากจะขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้ด้วย

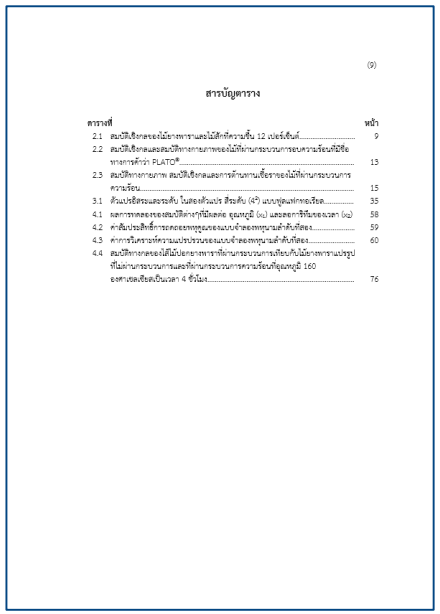
ทวีศิลป์ วงศ์พรต



(6)

สารบัญ

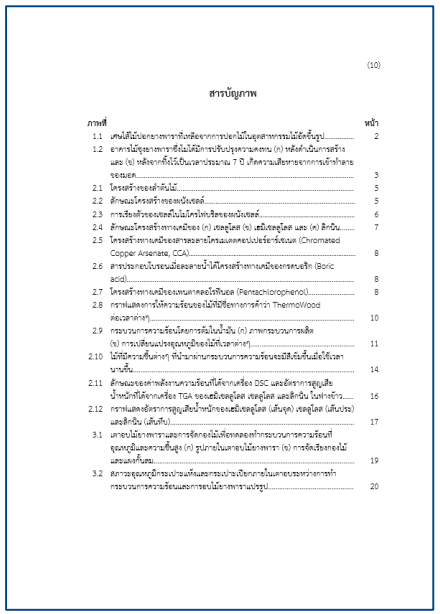
	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	3
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
2 การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ไม้ยางพารา	4
2.2 กระบวนการความร้อน	10
2.3 เทคนิคการวิเคราะห์การความร้อน	15
3 วิธีการวิจัย	18
3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ	18
3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในตายไม้	18
3.1.2 กระบวนการความร้อนโดยการต้มไม้ยางพาราในน้ำร้อนภายใต้ความดัน	20
3.1.3 การวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อนของไม้	22
3.2 การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพาราแปรรูป	23
3.2.1 กระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน	23
3.2.2 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	24
3.2.3 การทดสอบสมบัติทางกล	26



(9)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราและไม้สักที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์	9
2.2 สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของไม้ที่ผ่านกระบวนการอบความร้อนที่มีชื่อทางการค้าว่า PLATO®	13
2.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและการต้านทานเชื้อรของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อน	15
3.1 ตัวแปรอิสระและระดับ ในของทั้งแปร สีระดับ (4*) แบบปฏิสนท์กลอเรียล	35
4.1 สถาราทดลองของสมบัติต่างๆที่มีผลต่อ อุณหภูมิ (ω) และออกาธิที่ขนของเวลา (ω)	58
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุของแบบจำลองพหุนามลำดับที่สอง	59
4.3 ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองพหุนามลำดับที่สอง	60
4.4 สมบัติทางกลของไม้ไม้ปลายางพาราที่ผ่านกระบวนการเทียบกับไม้ยางพาราแปรรูปที่ไม่ผ่านกระบวนการและที่ผ่านกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง	76



(10)

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 เศษไม้ไม่ปลายางพาราทิ้งเหลือจากการปลูกไม้ในอุตสาหกรรมไม้มีหลีขึ้นรูป	2
1.2 อาคารไม้ยุยางพาราที่ใช้ไม้ที่ผ่านการปรับปรุงความคงทน (ก) หลังคำเป็นการหลังและ (ข) หลังจากที่ใช้เป็นเวลาประมาณ 7 ปี เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลง	3
2.1 โครงสร้างของลำต้นไม้	5
2.2 ลักษณะโครงสร้างของหน้าแปรรูป	5
2.3 การเรียงตัวของเซลล์ในไมโครไฟบริลของหน้าแปรรูป	6
2.4 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของ (ก) เซลลูโลส (ข) เฮมิเซลลูโลส และ (ค) ลิกนิน	7
2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารละลายโครมแลคคอปเปอร์อาร์เซนเนต (Chromated Copper Arsenate, CCA)	8
2.6 สารประกอบโบรอนมีละลายน้ำได้โครงสร้างทางเคมีของกรดบอริก (Boric acid)	8
2.7 โครงสร้างทางเคมีของเพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	8
2.8 กราฟแสดงการให้ความร้อนของไม้ที่ใช้วิธีทางการค้าว่า ThermoWood ของเยอรมัน	10
2.9 กระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำมัน (ก) ภาพกระบวนการเผา (ข) การเปลี่ยนแปรอุณหภูมิของไม้ที่ระดับต่างๆ	11
2.10 ไม้ที่มีความชื้นต่างๆ ที่นำมาผ่านกระบวนการความร้อนจนมีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้เวลานานขึ้น	14
2.11 ลักษณะของค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเครื่อง DSC และอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่ได้จากเครื่อง TGA ของเซลลิเซลลูโลส และลิกนิน ในน้ำร้อน	16
2.12 กราฟแสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของเซลลิเซลลูโลส (เส้นทึบ) เซลลูโลส (เส้นประ) และลิกนิน (เส้นทึบ)	17
3.1 เตาอบไม้ยางพาราและการจัดกองไม้ที่ใช้ทดลองทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูง (ก) รูปภายในเตาอบไม้ยางพารา (ข) การจัดเรียงกองไม้และแผงกั้นลม	19
3.2 สภาวะอุณหภูมิกระป๋องแท้งและกระป๋องเปียกภายในเตาอบระหว่างการทำกระบวนการความร้อนและการอบไม้ยางพาราแปรรูป	20

ปกนอก

การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อน
โดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน

Development of Heat Treatment Process to Improve Durability
of Rubberwood by Boiling in Hot Water under Pressure

ทวีศิลป์ วงศ์พรต
Taweesin Wongprot

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program
in Materials Science and Engineering
Walailak University

2557

ปกใน

การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อน
โดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน

Development of Heat Treatment Process to Improve Durability
of Rubberwood by Boiling in Hot Water under Pressure

ทวีศิลป์ วงศ์พรต
Taweesin Wongprot

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program
in Materials Science and Engineering
Walailak University

2557

หน้าอนุมัติ

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน
ผู้เขียน ทวีศิลป์ วงศ์พรต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มาแทน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกี่ยวข้อง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปริชาติวงศ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มาแทน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกี่ยวข้อง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปริชาติวงศ์)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุฤกษ์ ดงทอง)
ประธานคณะกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากระบวนการปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราด้วยวิธีความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน
ผู้เขียน ทวีศิลป์ วงศ์พรต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นไม้จากป่าเศรษฐกิจที่มีความคงทนตามธรรมชาติต่ำและถูกทำลายได้ง่ายโดยเชื้อราและปลวก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงความคงทนก่อนที่จะนำไม้ไปใช้งาน งานวิจัยนี้พัฒนากรรมวิธีเพื่อปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราโดยการต้มไม้ยางพาราในน้ำภายใต้ความดันในถังทนแรงดันสูงที่อุณหภูมิระหว่าง 100 ถึง 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ถึง 720 นาที โดยในขั้นตอนแรกเป็นการลดความดันในถังอัดตามด้วยการอัดน้ำเข้าเนื้อไม้จนไม้มีความชื้นอิ่มตัว แล้วจึงทำการให้ความร้อนแก่น้ำในถังโดยให้ไอน้ำผ่านท่อคอยล์ร้อนที่จุ่มอยู่ภายในถัง ในขณะที่ต้มความดันในถังจะถูกควบคุมให้มีค่าสูงเพียงพอที่จะทำให้น้ำภายในถังอยู่ในสภาวะของเหลวตลอดเวลา หลังจากนั้นจึงทำการลดความดันและอุณหภูมิของน้ำในถังลงจนมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศก่อนที่จะนำไม้ออกจากถัง นำไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนไปอบเพื่อลดความชื้นจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงทำการตรวจสอบ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติความคงทน และสมบัติทางเคมีของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนสุดท้ายมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้วิธีการดังกล่าวสำหรับปรับปรุงสมบัติของไส้ไม้ปอกยางพาราซึ่งใช้เป็นชิ้นส่วนของอาคารไม้ขุง

ไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการมีสีเข้มขึ้น มีความชื้นสมดุล (EMC) ต่ำลง มีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวกสูงขึ้น อย่างไรก็ตามไม้ดังกล่าวมีสมบัติทางกลลดลง แบบจำลองพื้นผิวตอบสนอง(RSM) ประสบความสำเร็จในการนำมาใช้อธิบาย ค่าการเปลี่ยนสี (ΔE^*) ความชื้นสมดุล (EMC) ความแข็งแรงต่อความเค้นดึงขนานเสี้ยน (TS) ความแข็งแรงต่อความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (TS) ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของราผุ (FML) และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวก (TAS) ของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและลอการิทึมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการ การวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ชี้ว่าการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสเป็นปัจจัยที่ทำให้ไม้มีสมบัติความคงทนดีขึ้น มีความชื้นสมดุลต่ำลง และมีสมบัติทางกลลดลง นอกจากนี้ยังพบด้วยว่า โมดูลัสการแตกหัก (MOR) ความแข็งแรงต่อความเค้นดึงขนานเสี้ยน ความแข็งแรงต่อความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของราผุ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าการเปลี่ยนสีของไม้ ดังนั้นค่าการเปลี่ยนสีของไม้จึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดค่าสมบัติดังกล่าวของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนที่สภาวะต่างๆได้ การต้มไม้ยางพาราที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง ซึ่งสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราและป้องกันการทำลายของปลวกได้

กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการให้ความกรุณาช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. - อุตสาหกรรม ประจำปี 2553 ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มาแทน ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญนำ เกี่ยวข้อง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชาติ ปรีชาติวงศ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งได้สละเวลาในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล ผู้ทรงคุณวุฒิจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สละเวลาในการเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล มาแทน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา เรื่องการวิเคราะห์ทางสถิติ และขอขอบคุณคุณสายฝน โพธิสุวรรณ ที่ได้ช่วยเหลือในการทดสอบเชื้อราในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และทุก ๆ คนในครอบครัวที่ได้สนับสนุนทุนในการศึกษา รวมทั้งคอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากรทุกท่าน เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและคำแนะนำในการศึกษาและทำวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา และกำลังใจจากเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้ด้วย

ทวีศิลป์ วงศ์พรต

สารบัญ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(1)
Abstract		(4)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(6)
สารบัญตาราง		(9)
สารบัญภาพ		(10)
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	3
	1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
2	การทบทวนวรรณกรรม	4
	2.1 ไม้ยางพารา	4
	2.2 กระบวนการความร้อน	10
	2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ทางความร้อน	15
3	วิธีการวิจัย	18
	3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ	18
	3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้	18
	3.1.2 กระบวนการความร้อนโดยการต้มไม้ยางพาราในน้ำร้อนภายใต้ความดัน	20
	3.1.3 การวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อนของไม้	22
	3.2 การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพาราแปรรูป	23
	3.2.1 กระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดัน	23
	3.2.2 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	24
	3.2.3 การทดสอบสมบัติทางกล	26

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราและไม้สักที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์	9
2.2	สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของไม้ที่ผ่านกระบวนการอบความร้อนที่มีชื่อทางการค้าว่า PLATO®	13
2.3	สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและการต้านทานเชื้อราของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อน	15
3.1	ตัวแปรอิสระและระดับ ในสองตัวแปร สีระดับ (4^2) แบบฟูลแฟกทอเรียล	35
4.1	ผลการทดลองของสมบัติต่างๆที่มีผลต่อ อุณหภูมิ (x_1) และลอการิทึมของเวลา (x_2)	58
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณของแบบจำลองพหุนามลำดับที่สอง	59
4.3	ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองพหุนามลำดับที่สอง	60
4.4	สมบัติทางกลของไส้ไม้ปอกยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทียบกับไม้ยางพาราแปรรูปที่ไม่ผ่านกระบวนการและที่ผ่านกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง	76

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	เศษไส้ไม้ปอกยางพาราที่เหลือจากการปอกไม้ในอุตสาหกรรมไม้อัดชิ้นรูป	2
1.2	อาคารไม้ชุยางพาราซึ่งไม่ได้มีการปรับปรุงความคงทน (ก) หลังดำเนินการสร้างและ (ข) หลังจากทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 7 ปี เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของมอด	3
2.1	โครงสร้างของลำต้นไม้	5
2.2	ลักษณะโครงสร้างของผนังเซลล์	5
2.3	การเรียงตัวของเซลล์ในไมโครไฟบริลของผนังเซลล์	6
2.4	ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของ (ก) เซลลูโลส (ข) เฮมิเซลลูโลส และ (ค) ลิกนิน	7
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสารละลายโครเมเตดคอปเปอร์อาร์เซเนต (Chromated Copper Arsenate, CCA)	8
2.6	สารประกอบโบรอนเมื่อละลายน้ำได้โครงสร้างทางเคมีของกรดบอริก (Boric acid)	8
2.7	โครงสร้างทางเคมีของเพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	8
2.8	กราฟแสดงการให้ความร้อนของไม้ที่มีชื่อทางการค้าว่า ThermoWood ต่อเวลาต่างๆ	10
2.9	กระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำมัน (ก) ภาพกระบวนการผลิต (ข) การเปลี่ยนแปรงอุณหภูมิของไม้ที่เวลาต่างๆ	11
2.10	ไม้ที่มีความชื้นต่างๆ ที่นำมาผ่านกระบวนการความร้อนจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้เวลานานขึ้น	14
2.11	ลักษณะของค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเครื่อง DSC และอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่ได้จากเครื่อง TGA ของเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ในฟางข้าว	16
2.12	กราฟแสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของเฮมิเซลลูโลส (เส้นจุด) เซลลูโลส (เส้นประ) และลิกนิน (เส้นทึบ)	17
3.1	เตาอบไม้ยางพาราและการจัดกองไม้เพื่อทดลองทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูง (ก) รูปภายในเตาอบไม้ยางพารา (ข) การจัดเรียงกองไม้และแผงกั้นลม	19
3.2	สภาวะอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกภายในเตาอบระหว่างการทำกระบวนการความร้อนและการอบไม้ยางพาราแปรรูป	20

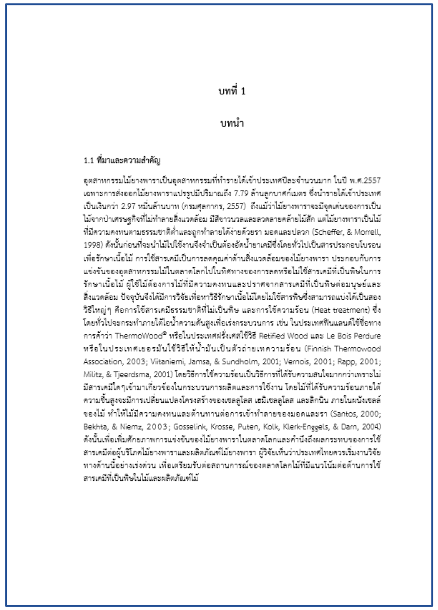
1

แนะนำ
ส่วนประกอบ
ของคู่มือ

ประกอบด้วย
3 ส่วน คือ

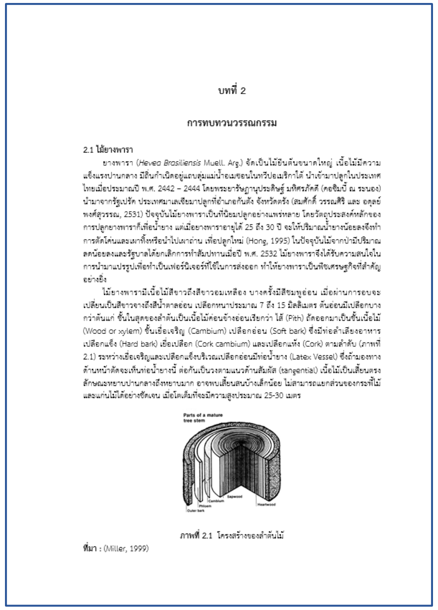
1.ส่วนนำ
2.ส่วนเนื้อหา
3.ส่วนอ้างอิง

ส่วนเนื้อหา


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

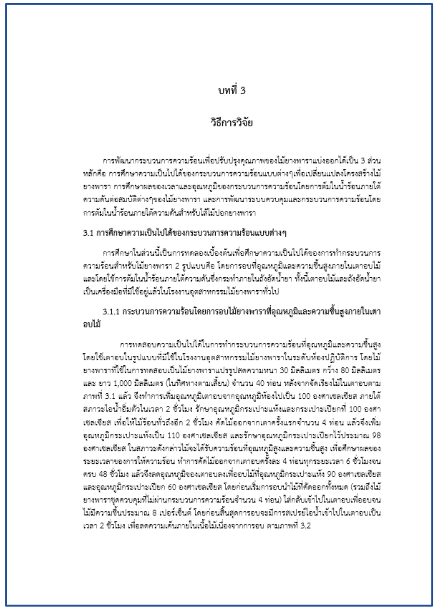

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ไม้ยางพารา

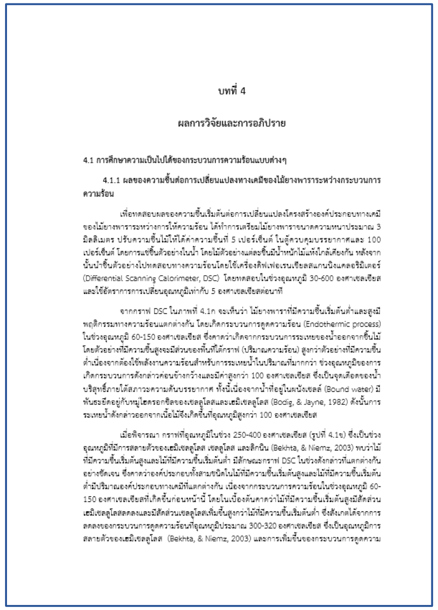
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของลำต้นไม้

ที่มา : (Miller, 1999)

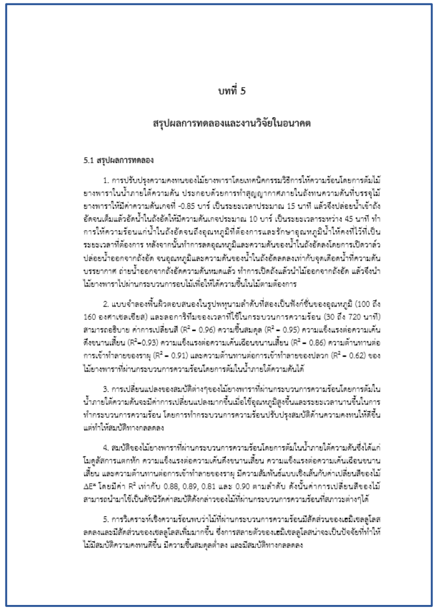

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ


บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย


บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและงานวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 1

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละจำนวนมาก ในปี พ.ศ.2557 เฉพาะการส่งออกไม้ยางพาราแปรรูปมีปริมาณถึง 7.79 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งนำรายได้เข้าประเทศเป็นเงินกว่า 2.97 หมื่นล้านบาท (กรมศุลกากร, 2557) ถึงแม้ว่าไม้ยางพาราจะมีจุดเด่นของการเป็นไม้จากป่าเศรษฐกิจที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม มีสีขาวนวลและลวดลายคล้ายไม้สัก แต่ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความคงทนตามธรรมชาติต่ำและถูกทำลายได้ง่ายด้วยรา มอดและปลวก (Scheffer, & Morrell, 1998) ดังนั้นก่อนที่จะนำไม้ไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอัดน้ำยาเคมีซึ่งโดยทั่วไปเป็นสารประกอบโบรอนเพื่อรักษาเนื้อไม้ การใช้สารเคมีเป็นการลดคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมของไม้ยางพารา ประกอบกับการแข่งขันของอุตสาหกรรมไม้ในตลาดโลกไปในทิศทางของการลดหรือไม่ใช้สารเคมีที่เป็นพิษในการรักษาเนื้อไม้ ผู้ใช้ไม้ต้องการไม้ที่มีความคงทนและปราศจากสารเคมีที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันจึงได้มีการวิจัยเพื่อหาวิธีรักษาเนื้อไม้โดยไม่ใช้สารพิษซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองวิธีใหญ่ๆ คือการใช้สารเคมีธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษ และการใช้ความร้อน (Heat treatment) ซึ่งโดยทั่วไปจะกระทำภายใต้ไอน้ำความดันสูงเพื่อเร่งกระบวนการ เช่น ในประเทศฟินแลนด์ใช้ชื่อทางการค้าว่า ThermoWood® หรือในประเทศฝรั่งเศสใช้วิธี Retified Wood และ Le Bois Perdure หรือในประเทศเยอรมันใช้วิธีให้น้ำมันเป็นตัวถ่ายเทความร้อน (Finnish Thermowood Association, 2003; Viitaniemi, Jamsa, & Sundholm, 2001; Vernois, 2001; Rapp, 2001; Militz, & Tjeerdsma, 2001) โดยวิธีการใช้ความร้อนเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจมากกว่าเพราะไม่มีสารเคมีใดๆเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตและการใช้งาน โดยไม้ที่ได้รับความร้อนภายใต้ความชื้นสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ภายในผนังเซลล์ของไม้ ทำให้ไม้มีความคงทนและต้านทานต่อการเข้าทำลายของมอดและรา (Santos, 2000; Bekhta, & Niemz, 2003; Gosselink, Krosse, Puten, Kolk, Klerk-Enggels, & Dam, 2004) ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของไม้ยางพาราในตลาดโลกและคำนึงถึงผลกระทบของการใช้สารเคมีต่อผู้บริโภคไม้ยางพาราและผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา ผู้วิจัยเห็นว่าประเทศไทยควรเริ่มงานวิจัยทางด้านนี้อย่างเร่งด่วน เพื่อเตรียมรับต่อสถานการณ์ของตลาดโลกไม้ที่มีแนวโน้มต่อด้านการใช้สารเคมีที่เป็นพิษในไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

บทที่ 2

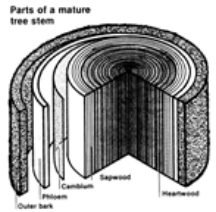
บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ไม้ยางพารา

ยางพารา (*Hevea Brasiliensis* Muell. Arg.) จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เนื้อไม้มีความแข็งแรงปานกลาง มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบลุ่มแม่น้ำอเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2442 – 2444 โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) นำมาจากรัฐเปรัค ประเทศมาเลเซียมาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง (สมศักดิ์ วรรณศิริ และ อดุลย์ พงศ์สุวรรณ, 2531) ปัจจุบันไม้ยางพาราเป็นที่นิยมปลูกอย่างแพร่หลาย โดยวัตถุประสงค์หลักของการปลูกยางพาราก็เพื่อน้ำยาง แต่เมื่อยางพาราอายุได้ 25 ถึง 30 ปี จะให้ปริมาณน้ำยางน้อยลงจึงทำการตัดโค่นและเผาทิ้งหรือนำไปเผาถ่าน เพื่อปลูกใหม่ (Hong, 1995) ในปัจจุบันไม้จากป่ามีปริมาณลดน้อยลงและรัฐบาลได้ยกเลิกการทำสัมปทานเมื่อปี พ.ศ. 2532 ไม้ยางพาราจึงได้รับความสนใจในการนำมาแปรรูปเพื่อทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในการส่งออก ทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่ง

ไม้ยางพารามีเนื้อไม้สีขาวถึงสีขาวอมเหลือง บางครั้งมีสีชมพูอ่อน เมื่อผ่านการอบจะเปลี่ยนเป็นสีขาวจางถึงสีน้ำตาลอ่อน เปลือกหนาประมาณ 7 ถึง 15 มิลลิเมตร ต้นอ่อนมีเปลือกบางกว่าต้นแก่ ชั้นในสุดของลำต้นเป็นเนื้อไม้ค่อนข้างอ่อนเรียกว่า ไส้ (Pith) ถัดออกมาเป็นชั้นเนื้อไม้ (Wood or xylem) ชั้นเยื่อเจริญ (Cambium) เปลือกอ่อน (Soft bark) ซึ่งมีท่อลำเลียงอาหาร เปลือกแข็ง (Hard bark) เยื่อเปลือก (Cork cambium) และเปลือกแห้ง (Cork) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1) ระหว่างเยื่อเจริญและเปลือกแข็งบริเวณเปลือกอ่อนมีท่อน้ำยาง (Latex Vessel) ซึ่งถ้ามองทางด้านหน้าตัดจะเห็นท่อน้ำยางนี้ ต่อกันเป็นวงตามแนวด้านสัมผัส (tangential) เนื้อไม้เป็นเสี้ยนตรง ลักษณะหยาบปานกลางถึงหยาบมาก อาจพบเสี้ยนสนบ้างเล็กน้อย ไม่สามารถแยกส่วนของกระพี้ไม้และแก่นไม้ได้อย่างชัดเจน เมื่อโตเต็มที่จะมีความสูงประมาณ 25-30 เมตร



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของลำต้นไม้

ที่มา : (Miller, 1999)

บทที่ 3

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการความร้อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้ยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม้ยางพารา การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพารา และการพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันสำหรับไส้ไม้ปอกยางพารา

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำกระบวนการความร้อนสำหรับไม้ยางพารา 2 รูปแบบคือ โดยการอบที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้และโดยใช้การต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันซึ่งกระทำภายในถังอัดน้ำยา ทั้งนี้เตาอบไม้และถังอัดน้ำยาเป็นเครื่องมือที่มีใช้อยู่แล้วในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราทั่วไป

3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้

การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูงโดยใช้เตาอบในรูปแบบที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในระดับห้องปฏิบัติการ โดยไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดสอบเป็นไม้ยางพาราแปรรูปสดความหนา 30 มิลลิเมตร กว้าง 80 มิลลิเมตร และ ยาว 1,000 มิลลิเมตร (ในทิศทางตามเสี้ยน) จำนวน 40 ท่อน หลังจากจัดเรียงไม้ในเตาอบตามภาพที่ 3.1 แล้ว จึงทำการเพิ่มอุณหภูมิเตาอบจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไอน้ำอิ่มตัวในเวลา 2 ชั่วโมง รักษาอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไม้ร้อนทั่วถึงอีก 2 ชั่วโมง คัดไม้ออกจากเตาครั้งแรกจำนวน 4 ท่อน แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็น 110 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิกระเปาะเปียกไว้ประมาณ 98 องศาเซลเซียส ในสภาวะดังกล่าวไม้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสูง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการให้ความร้อน ทำการคัดไม้ออกจากเตาอบครั้งละ 4 ท่อนทุกระยะเวลา 6 ชั่วโมงจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงลดอุณหภูมิของเตาอบลงเพื่ออบไม้ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 องศาเซลเซียส โดยก่อนเริ่มการอบนำไม้ที่คัดออกทั้งหมด (รวมถึงไม้ยางพาราชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความร้อนจำนวน 4 ท่อน) ใส่กลับเข้าไปในเตาอบเพื่ออบจนไม้มีความชื้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนสิ้นสุดการอบจะมีการสเปรย์ไอน้ำเข้าไปในเตาอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความเค้นภายในเนื้อไม้เนื่องจากการอบ ตามภาพที่ 3.2

บทที่ 4

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ

4.1.1 ผลของความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไม้ยางพาราระหว่างกระบวนการความร้อน

เพื่อทดสอบผลของความชื้นเริ่มต้นต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยางพาราระหว่างการให้ความร้อน ได้ทำการเตรียมไม้ยางพาราขนาดความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ปรับความชื้นไม้ให้ได้ค่าความชื้นที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ในตู้ควบคุมบรรยากาศและ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการแช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำ โดยไม้ตัวอย่างแต่ละชิ้นมีน้ำหนักไม้แห้งใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบทางความร้อนโดยใช้เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิ 30-600 องศาเซลเซียส และใช้อัตราการการเปลี่ยนอุณหภูมิเท่ากับ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที

จากกราฟ DSC ในภาพที่ 4.1ก จะเห็นว่า ไม้ยางพาราที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำและสูงมีพฤติกรรมทางความร้อนแตกต่างกัน โดยเกิดกระบวนการดูดความร้อน (Endothermic process) ในช่วงอุณหภูมิ 60-150 องศาเซลเซียส ซึ่งคาดว่าเกิดจากกระบวนการระเหยของน้ำออกจากชิ้นไม้ โดยตัวอย่างที่มีความชื้นสูงจะมีส่วนของพื้นที่ใต้กราฟ (ปริมาณความร้อน) สูงกว่าตัวอย่างที่มีความชื้นต่ำเนื่องจากต้องใช้พลังงานความร้อนสำหรับการระเหยน้ำในปริมาณที่มากกว่า ช่วงอุณหภูมิของการเกิดกระบวนการดังกล่าวค่อนข้างกว้างและมีค่าสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ (Bound water) มีพันธะยึดอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส (Bodig, & Jayne, 1982) ดังนั้นการระเหยน้ำดังกล่าวออกจากเนื้อไม้จึงเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณา กราฟที่อุณหภูมิในช่วง 250-400 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.1ข) ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่มีการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน (Bekhta, & Niemz, 2003) พบว่าไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงและไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ มีลักษณะกราฟ DSC ในช่วงดังกล่าวที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งคาดว่าองค์ประกอบทั้งสามชนิดในไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงและไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 60-150 องศาเซลเซียสที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ โดยในเบื้องต้นคาดว่าไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงมีสัดส่วนเฮมิเซลลูโลสลดลงและมีสัดส่วนเซลลูโลสเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม้ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ซึ่งสังเกตได้จากการลดลงของกระบวนการดูดความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 300-320 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส (Bekhta, & Niemz, 2003) และการเพิ่มขึ้นของกระบวนการดูดความ

บทที่ 5

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและงานวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การปรับปรุงความคงทนของไม้ยางพาราโดยเทคนิคกรรมวิธีการให้ความร้อนโดยการต้มไม้ยางพาราในน้ำภายใต้ความดัน ประกอบด้วยการทำสุญญากาศภายในถังทนความดันที่บรรจุไม้ยางพาราให้มีค่าความดันเกจที่ -0.85 บาร์ เป็นระยะเวลาประมาณ 15 นาที แล้วจึงปล่อยน้ำเข้าถังอัดจนเต็มแล้วอัดน้ำในถังอัดให้มีความดันเกจประมาณ 10 บาร์ เป็นระยะเวลาระหว่าง 45 นาที ทำการให้ความร้อนแก่น้ำในถังอัดจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการและรักษาอุณหภูมิน้ำให้คงที่ไว้ที่เป็นระยะเวลาที่ต้องการ หลังจากนั้นทำการลดอุณหภูมิและความดันของน้ำในถังอัดลงโดยการเปิดวาล์วปล่อยน้ำออกจากถังอัด จนอุณหภูมิและความดันของน้ำในถังอัดลดลงเท่ากับจุดเดือดน้ำที่ความดันบรรยากาศ ถ่ายน้ำออกจากถังอัดความดันหมดแล้ว ทำการเปิดถังแล้วนำไม้ออกจากถังอัด แล้วจึงนำไม้ยางพาราไปผ่านกระบวนการอบไม้เพื่อให้ได้ความชื้นในไม้ตามต้องการ

2. แบบจำลองพื้นผิวตอบสนองในรูปพหุนามลำดับที่สองเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (100 ถึง 160 องศาเซลเซียส) และลอการิทึมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการความร้อน (30 ถึง 720 นาที) สามารถอธิบาย ค่าการเปลี่ยนสี (R^2 = 0.96) ความชื้นสมดุล (R^2 = 0.95) ความแข็งแรงต่อความเค้นดึงขนานเสี้ยน (R^2=0.93) ความแข็งแรงต่อความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (R^2 = 0.86) ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของราผุ (R^2 = 0.91) และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวก (R^2 = 0.62) ของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำภายใต้ความดันได้

3. การเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำภายใต้ความดันจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้นในการทำกระบวนการความร้อน โดยการทำกระบวนการความร้อนปรับปรุงสมบัติด้านความคงทนให้ดีขึ้น แต่ทำให้สมบัติทางกลลดลง

4. สมบัติของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำภายใต้ความดันซึ่งได้แก่ โมดูลัสการแตกหัก ความแข็งแรงต่อความเค้นดึงขนานเสี้ยน ความแข็งแรงต่อความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความต้านทานต่อการเข้าทำลายของราผุ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าเปลี่ยนสีของไม้ ΔE^* โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.88, 0.89, 0.81 และ 0.90 ตามลำดับ ดังนั้นค่าการเปลี่ยนสีของไม้สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดค่าสมบัติดังกล่าวของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนที่สภาวะต่างๆได้

5. การวิเคราะห์เชิงความร้อนพบว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อนมีสัดส่วนของเฮมิเซลลูโลสลดลงและมีสัดส่วนของเซลลูโลสเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ไม้มีสมบัติความคงทนดีขึ้น มีความชื้นสมดุลต่ำลง และมีสมบัติทางกลลดลง

ส่วนอ้างอิง

บรรณานุกรม

กรมศุลกากร. (2557). HS-Code 44079990002. Import - Export Statistics, (JAN - DEC 2014). สืบค้นจาก http://internet1.customs.go.th/ext/Statistic/StatisticResult2550.jsp

ณรงค์ เพ็งปรีชา. (2530). *การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา.* (น.123-128). ในการประชุมการป่าไม้ ปี 2530 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วรรณศิริ และ อดุลย์ พงศ์สุวรรณ. (2531). *ยางพารา.* กรุงเทพฯ: ฐานเกษตรกรรม.

อรุณ ชมชาญ และ สุธี วิสุทธิเทพกุล. (2521). *ไม้ยางพารา ลักษณะคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์สำหรับการทำเครื่องเรือน.* กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

บุญนำ เกี่ยวข้อง และ อุดม พงษ์สวัสดิ์. (2550). *การออกแบบและสร้างอาคารไม้ชุงยางพารา.* นครศรีธรรมราช: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

Alen, R., Kotilainen, R., & Zaman, A. (2002). Thermochemical behavior of Norway spruce at 180-225C. *Wood Science and Technology*, 36, 163-171.

American Society for Testing and Material. (1998). Standard test method for fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method). *ASTM D4445-91*, Vol. 11.01, *West Conshohocken*, pp. 497–500.

American Society for Testing and Material. (2006). Standard test method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites, *ASTM D3345-74*, *West Conshohocken*, PA, vol. 04.10, pp. 445-447.

Bekhta, P., & Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change of color, dimensional stability and mechanical properties of Spruce wood. *Holzforschung*, 57, 539-546.

Bodig, J., & Jayne, B. A. (1982). *Mechanics of wood and wood composites.* New York: Van Nostrand Reinhold.

Boonstra, M. J., & Tjeerdsma, B. F. (2006). Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 204-211.

Boonstra, M. J., Acker, J. V., Tjeerdsma, B. F., & Kegel E. V. (2007a). Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science*, 64, 679-690.

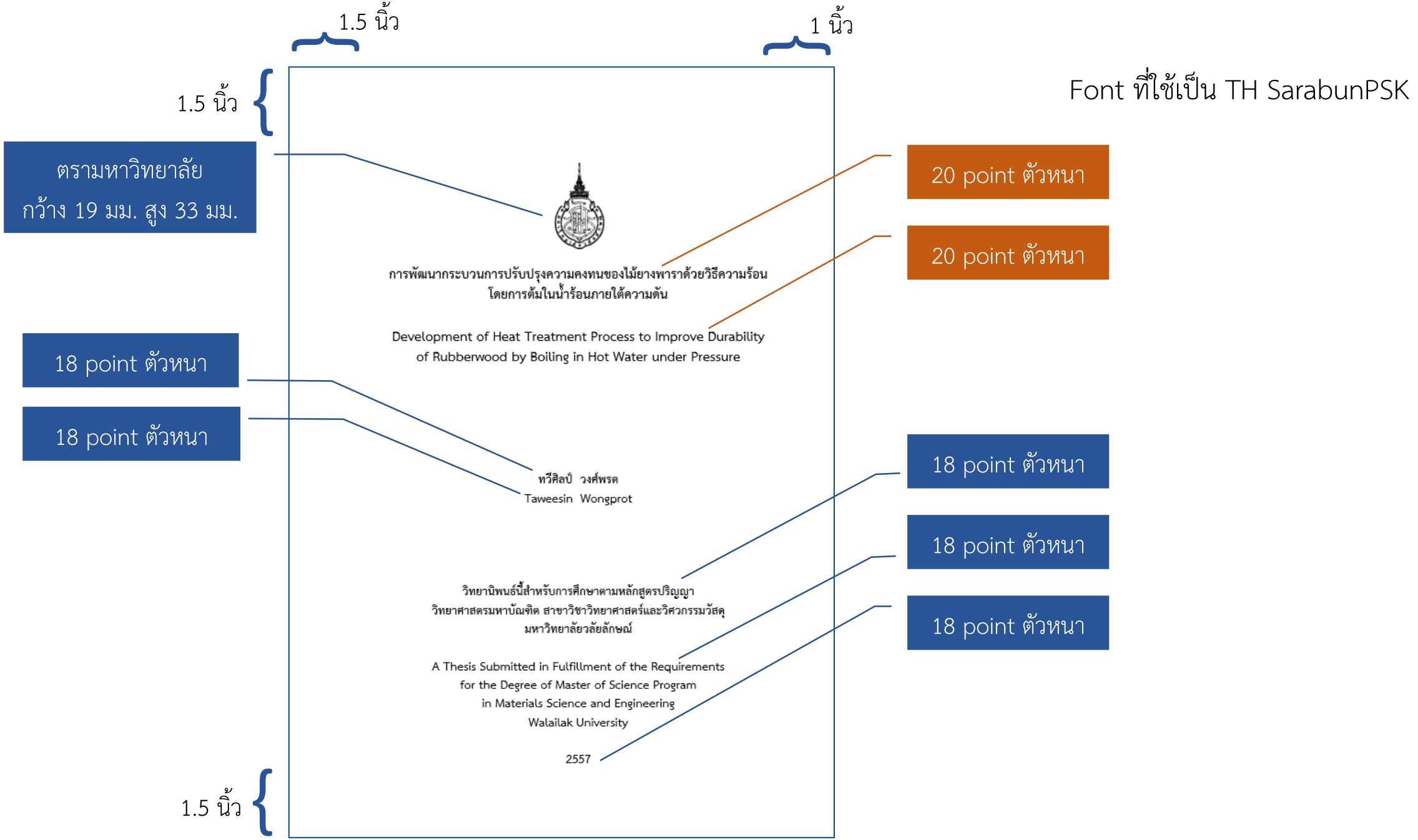
Boonstra, M. J., Acker, J. V., Kegel E. V., & Stevens, M. (2007b). Optimisation of a two-stage heat treatment process: Durability. *Wood Science and Technology*, 41, 31-57.

2

ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน

2

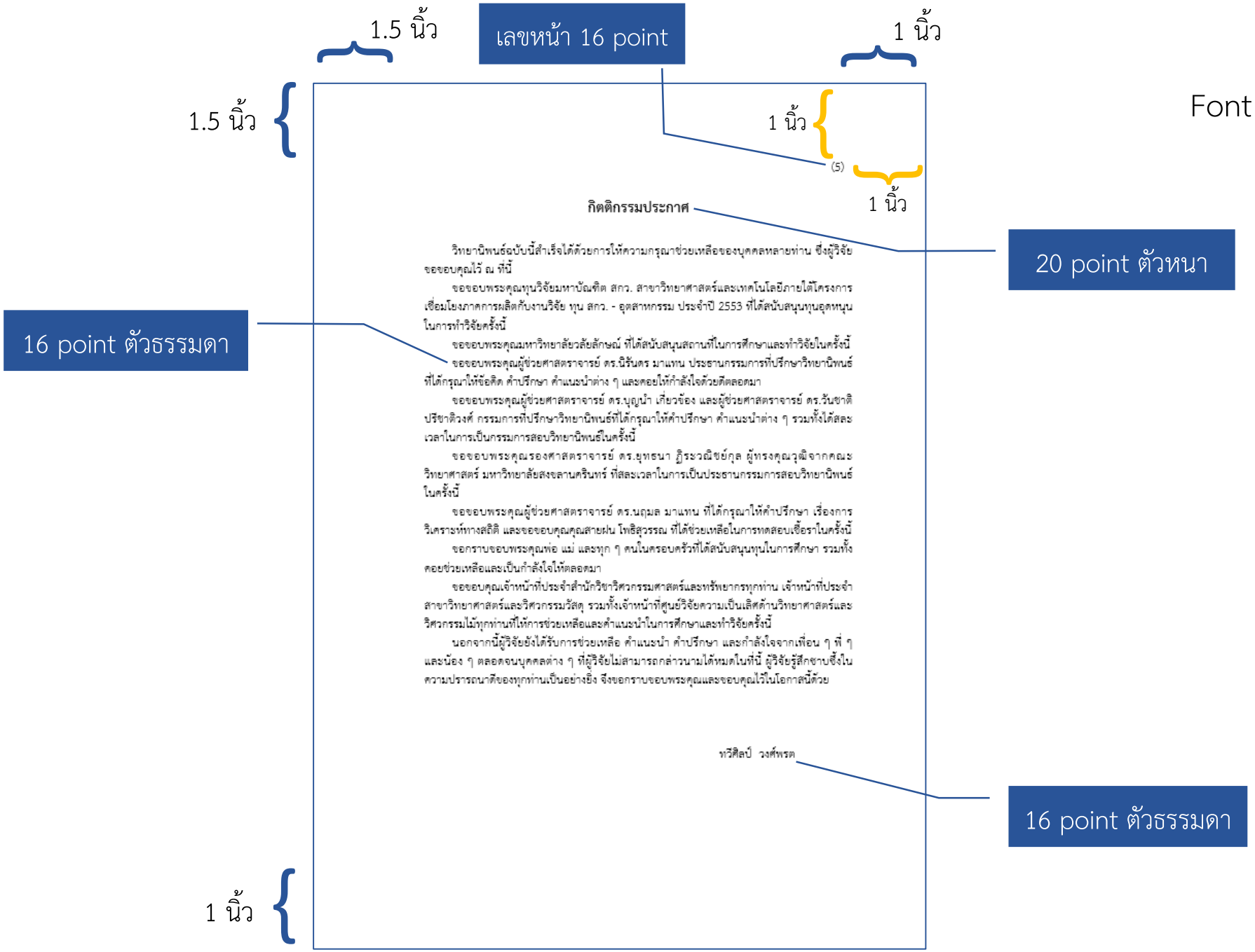
ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน



Font ที่ใช้เป็น TH SarabunPSK

2

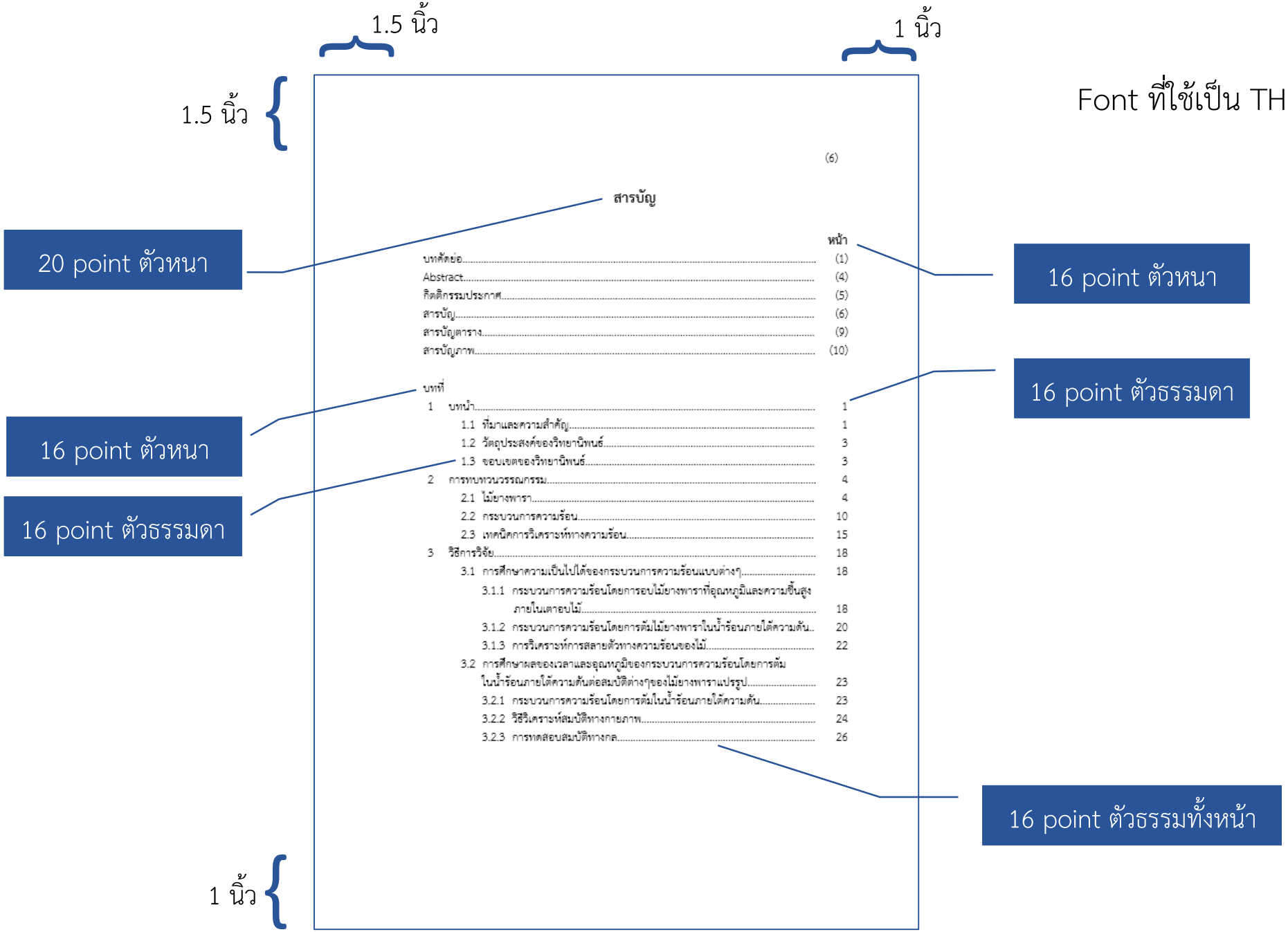
ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน



Font ที่ใช้เป็น TH SarabunPSK

2

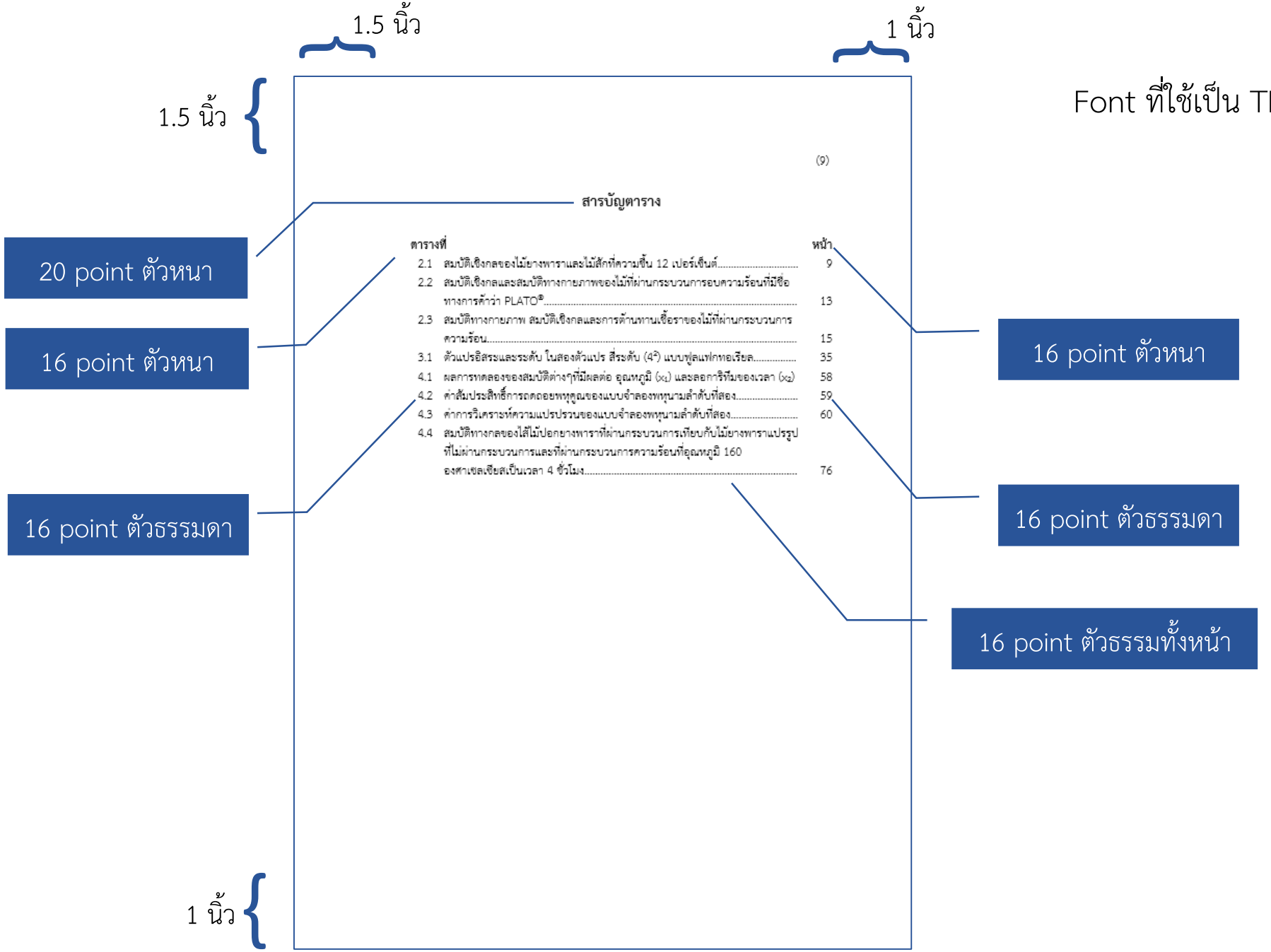
ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน



Font ที่ใช้เป็น TH SarabunPSK

2

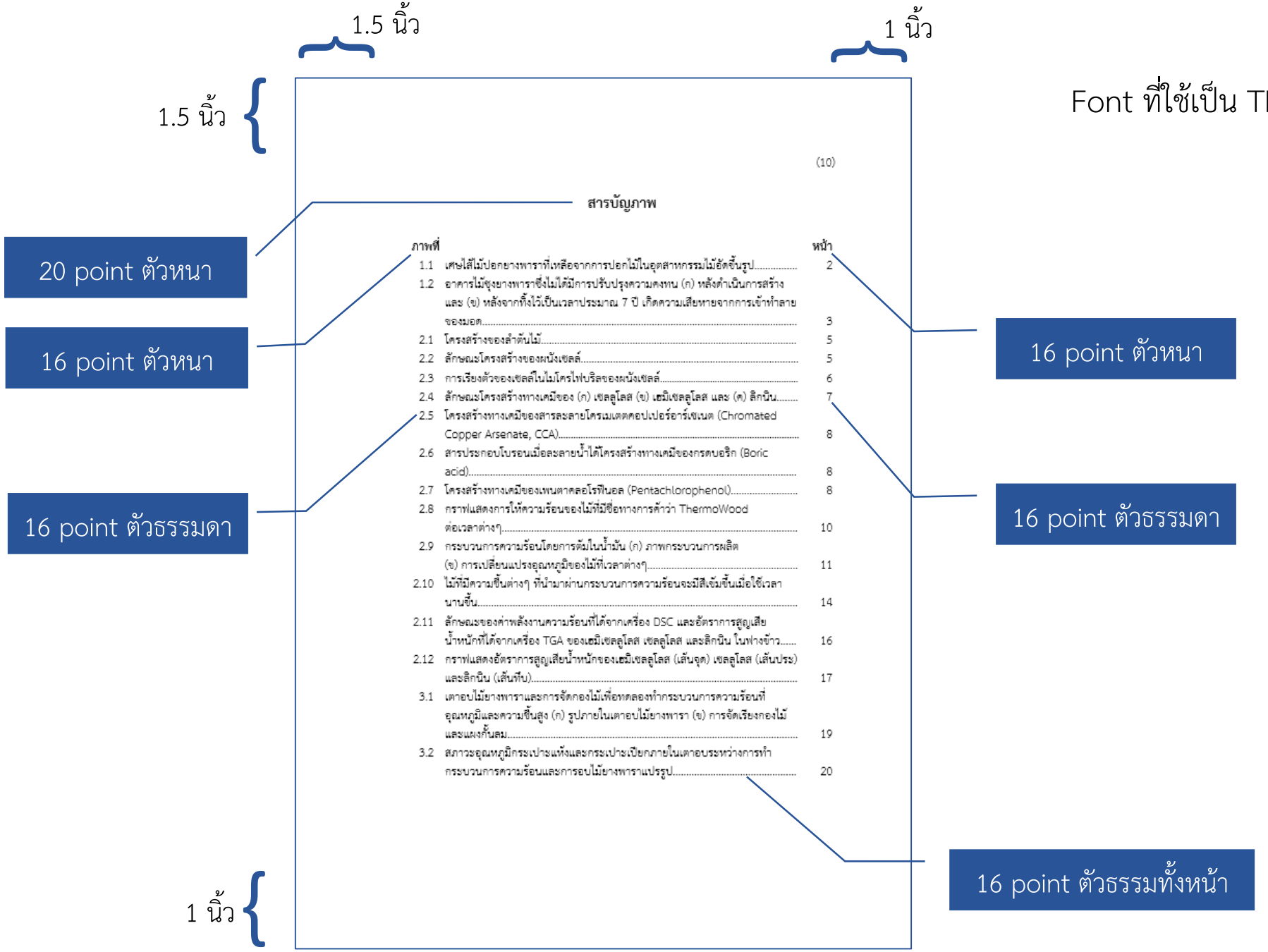
ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน



Font ที่ใช้เป็น TH SarabunPSK

2

ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน



Font ที่ใช้เป็น TH SarabunPSK

2

ขนาดอักษรของเนื้อหาแต่ละส่วน

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการความร้อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้ยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม้ยางพารา การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพารา และการพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันสำหรับไส้ไม้ปอกยางพารา

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำกระบวนการความร้อนสำหรับไม้ยางพารา 2 รูปแบบคือ โดยการอบที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้ และโดยใช้การต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันซึ่งกระทำภายในถังอัดน้ำยา ทั้งนี้เตาอบไม้และถังอัดน้ำยาเป็นเครื่องมือที่มีใช้อยู่แล้วในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราทั่วไป

3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้

การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูงโดยใช้เตาอบในรูปแบบที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในระดับห้องปฏิบัติการ โดยไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดสอบเป็นไม้ยางพาราแปรรูปสดความหนา 30 มิลลิเมตร กว้าง 80 มิลลิเมตร และ ยาว 1,000 มิลลิเมตร (ในทิศทางตามเสี้ยน) จำนวน 40 ท่อน หลังจากจัดเรียงไม้ในเตาอบตามภาพที่ 3.1 แล้ว จึงทำการเพิ่มอุณหภูมิเตาอบจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไอน้ำอิ่มตัวในเวลา 2 ชั่วโมง รักษาอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไม้ร้อนทั่วถึงอีก 2 ชั่วโมง คัดไม้ออกจากเตาครั้งแรกจำนวน 4 ท่อน แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็น 110 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิกระเปาะเปียกไว้ประมาณ 98 องศาเซลเซียส ในสภาวะดังกล่าวไม้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสูง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการให้ความร้อน ทำการคัดไม้ออกจากเตาอบครั้งละ 4 ท่อนทุกระยะเวลา 6 ชั่วโมงจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงลดอุณหภูมิของเตาอบลงเพื่ออบไม้ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 องศาเซลเซียส โดยก่อนเริ่มการอบนำไม้ที่คัดออกทั้งหมด (รวมถึงไม้ยางพาราชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความร้อนจำนวน 4 ท่อน) ใส่กลับเข้าไปในเตาอบเพื่ออบจนไม้มีความชื้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนสิ้นสุดการอบจะมีการสเปรย์ไอน้ำเข้าไปในเตาอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความเค้นภายในเนื้อไม้เนื่องจากการอบ ตามภาพที่ 3.2

1 นิ้ว

20 point ตัวหนา

16 point ตัวหนา

1 Tab

1 Tab

16 point ธรรมดา

1.5 นิ้ว

เลขหน้า 16 point

1 นิ้ว

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

34

1 นิ้ว

เมื่อ Y คือค่าการตอบสนองที่คาดการณ์ และ β_0 คือจุดตัดแกน β_i, β_{ii} และ β_{ij} คือค่าคงที่ที่ได้จากการฟิตข้อมูล โดยคุณภาพของการฟิตได้รับการตรวจสอบกับค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด R^2 และนัยสำคัญทางสถิติที่ถูกกำหนดโดย F-test

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรอิสระและระดับ ในสองตัวแปร สี่ระดับ (4^2) แบบฟูลแฟกทอเรียล

ตัวแปร		ระดับ			
อุณหภูมิ (°C)	x_1	100	120	140	160
เวลา (นาที)		30	120	360	720
ln (เวลา, นาที)	x_2	3.40	4.79	5.89	6.58

3.3 การพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันเพื่อประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพารา

จากการศึกษากระบวนการความร้อนในเชิงลึกทั้งกระบวนการและผลการวิเคราะห์คุณภาพผู้วิจัยได้นำเอาสภาวะที่เหมาะสมที่ส่งผลทำให้ไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านกระบวนการความร้อนแล้วมีสมบัติที่ดีและมีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก มาทำการประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพาราให้มีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก แต่ยังคงสมบัติทางกลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ ดังวิธีการต่อไปนี้

3.3.1 ระบบควบคุมการทำกระบวนการความร้อน

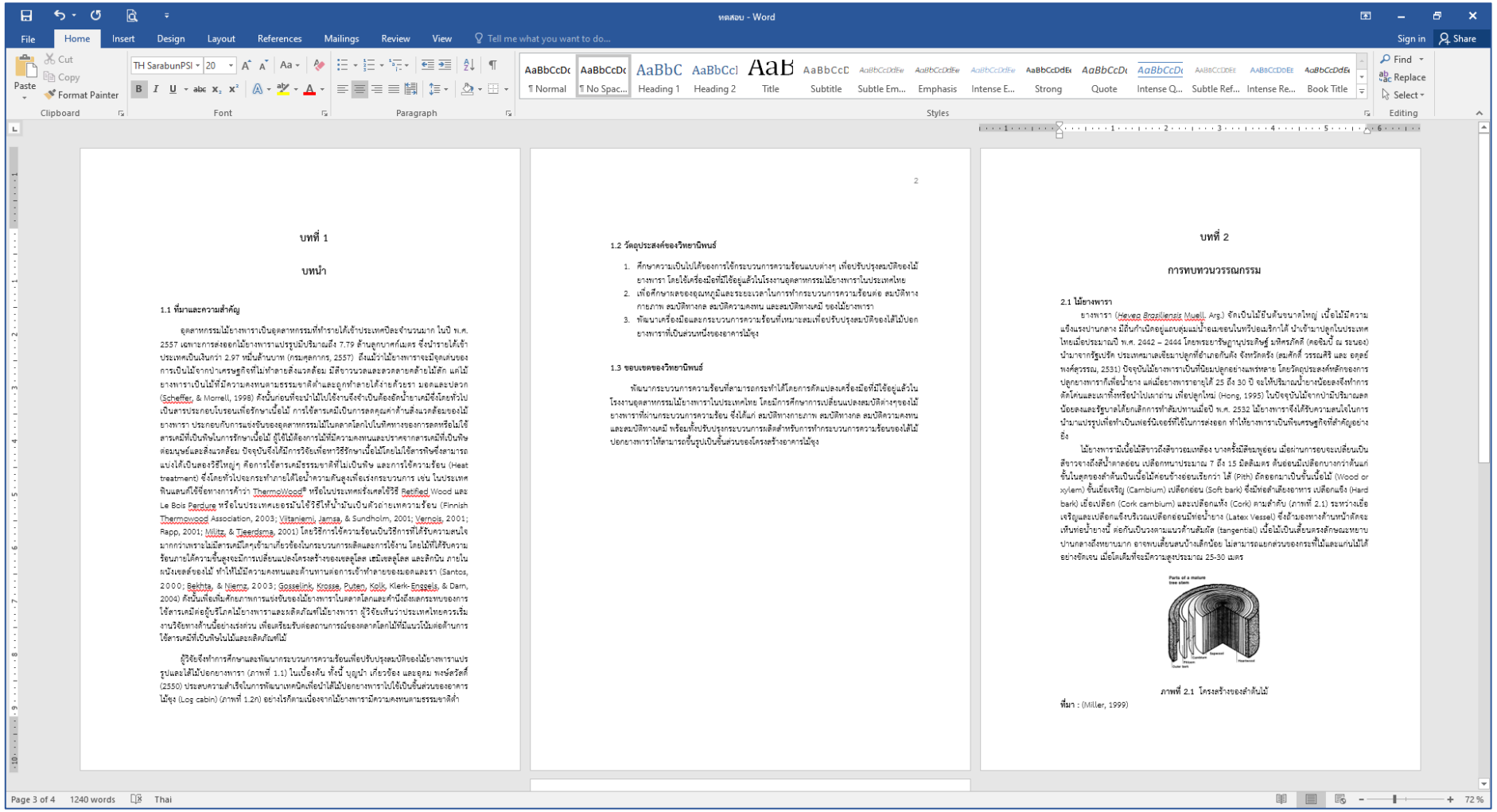
ระบบควบคุมกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันกึ่งอัตโนมัติเป็นระบบที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิและความดันภายในถังอัด โดยจะควบคุมทั้งการทำสุญญากาศและการเพิ่มความดันของน้ำ ระบบจะแยกการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิจะมีหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) วัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำภายในถังอัดซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อใช้ในการตัดต่อโซลินอยด์วาล่ว (Solenoid valve) ในการควบคุมปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำภายในถังอัด ในส่วนของการควบคุมความดันจะมีหัววัดความดัน (Pressure sensor) วัดการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำภายในถังอัด ซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มแรกในขั้นตอนของการทำสุญญากาศจะทำการสั่งให้ปั๊มสุญญากาศทำงาน เมื่อได้สภาวะสุญญากาศภายในระยะเวลาที่ต้องการแล้วก็จะหยุดการทำงาน และสั่งให้ปั๊มน้ำความดันสูงทำงานต่อจนความดันน้ำในถังอัดมีค่าตามที่ต้องการ โดยหากความดันน้ำมีค่าเกินค่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โซลินอยด์วาล์เปิดเพื่อลดความดันส่วนเกินออกจากถังอัด

1 นิ้ว

3

การแบ่งบท หัวข้อและการเรียงลำดับ

การแบ่งบท หรือการจัดการ layout ในส่วนของ Page Setup โดยการเรียกใช้งาน Breaks → Next Page มีขั้นตอนและวิธีการตั้งค่าดังนี้



3

การแบ่งบท หัวข้อและการเรียงลำดับ

การแบ่งบท

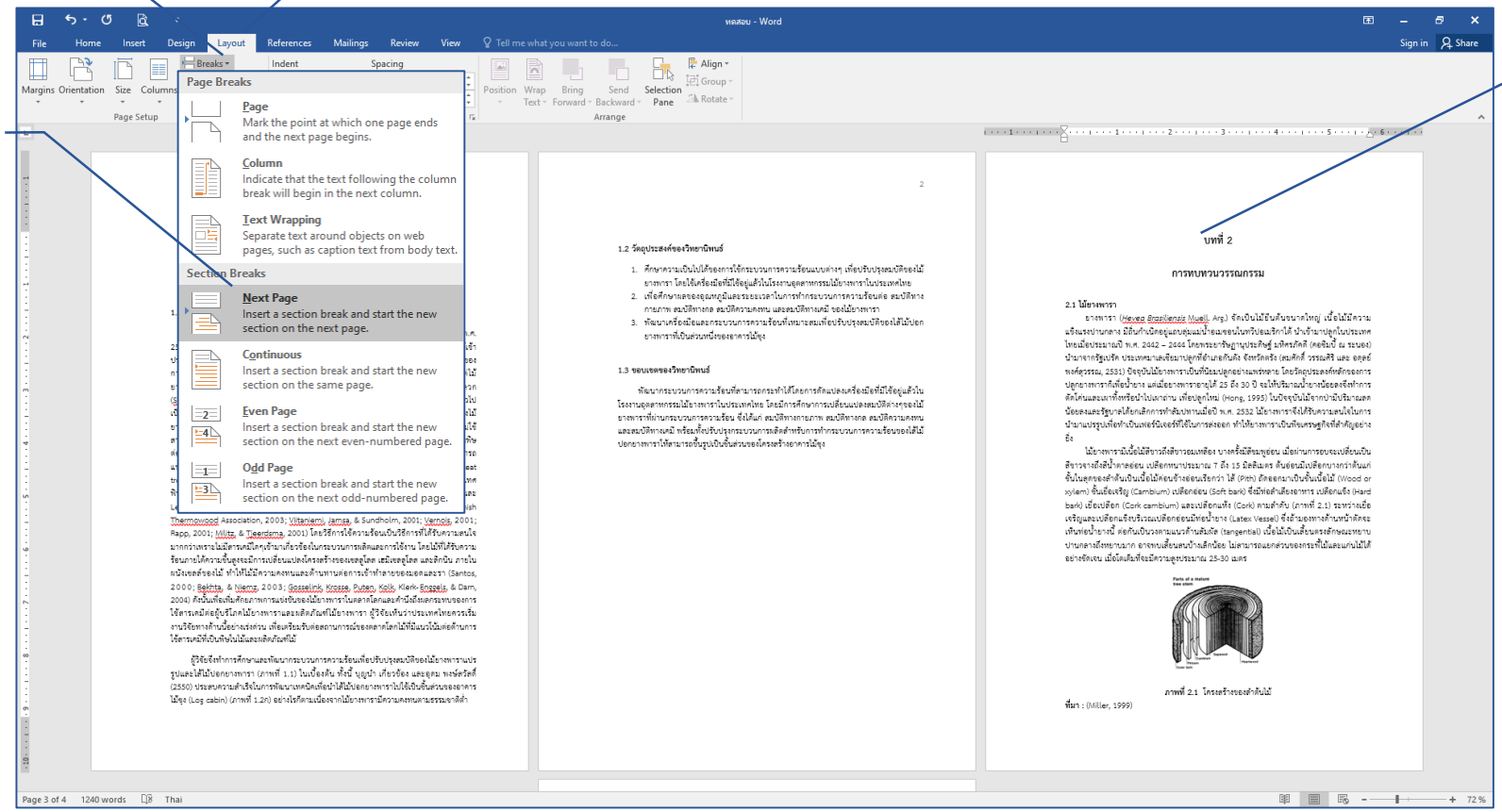
Senior project กำหนดเนื้อหาออกเป็น 5 บท โดยในแต่ละบทเราจำเป็นต้องแบ่งส่วนออกจากกัน (แต่ยังอยู่ในไฟล์เดียวกัน) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถจัดการเนื้อหาแต่ละบทได้อย่างเป็นอิสระจากกัน

1. นำเคอร์เซอร์วางไว้หน้าบทที่ 2

2. เลือก Layout

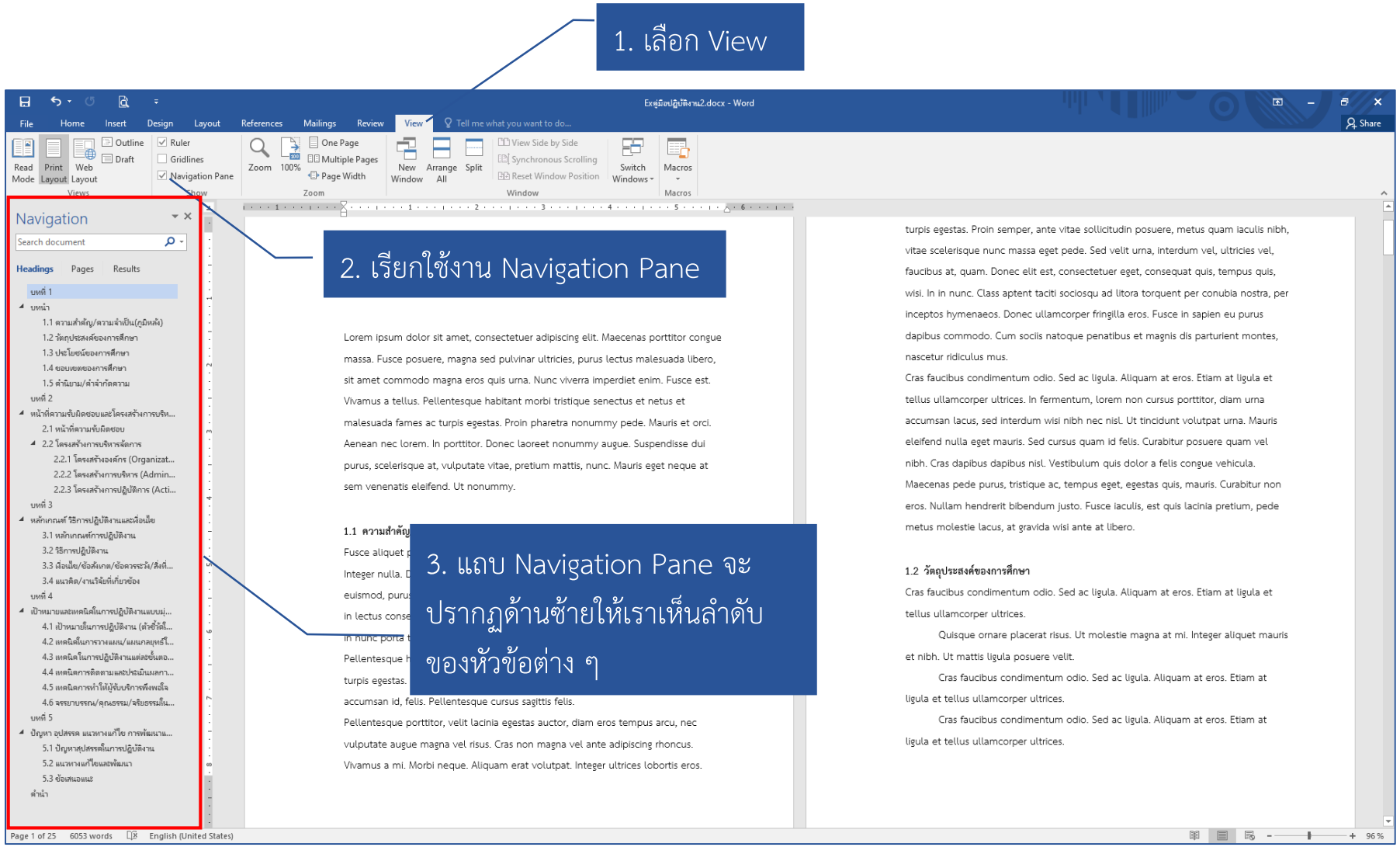
3. เลือก Breaks

4. เลือก Next Page



Note! ทำการ Breaks → Next Page เพื่อตัดเนื้อหาออกเป็นส่วน ๆ ในทุก ๆ บท

การเรียกใช้งาน Navigation Pane เพื่อช่วยในการจัดการลำดับเลข



4

ขอบกระดาษ ระยะห่าง ย่อหน้า

4

ขอบกระดาษ ระยะห่าง ย่อหน้า

การตั้งค่าขอบกระดาษ

การเว้นระยะใช้หน่วยเป็นนิ้ว ตลอดทั้งเล่ม

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

20 point ตัวหนา

การพัฒนากระบวนการความร้อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้ยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม้ยางพารา การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพารา และการพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันสำหรับไส้ไม้ปอกยางพารา

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำกระบวนการความร้อนสำหรับไม้ยางพารา 2 รูปแบบคือ โดยการอบที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้และโดยใช้การต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันซึ่งกระทำภายในถังอัดน้ำยา ทั้งนี้เตาอบไม้และถังอัดน้ำยาเป็นเครื่องมือที่มีใช้อยู่แล้วในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราทั่วไป

16 point ตัวหนา

3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้

1 Tab

การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูงโดยใช้เตาอบในรูปแบบที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในระดับห้องปฏิบัติการ โดยไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดสอบเป็นไม้ยางพาราแปรรูปสดความหนา 30 มิลลิเมตร กว้าง 80 มิลลิเมตร และ ยาว 1,000 มิลลิเมตร (ในทิศทางตามเสี้ยน) จำนวน 40 ท่อน หลังจากจัดเรียงไม้ในเตาอบตามภาพที่ 3.1 แล้ว จึงทำการเพิ่มอุณหภูมิเตาอบจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไอน้ำอิ่มตัวในเวลา 2 ชั่วโมง รักษาอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไม้ร้อนทั่วถึงอีก 2 ชั่วโมง คัดไม้ออกจากเตาครั้งแรกจำนวน 4 ท่อน แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็น 110 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิกระเปาะเปียกไว้ประมาณ 98 องศาเซลเซียส ในสภาวะดังกล่าวไม้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสูง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการให้ความร้อน ทำการคัดไม้ออกจากเตาอบครั้งละ 4 ท่อนทุกระยะเวลา 6 ชั่วโมงจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงลดอุณหภูมิของเตาอบลงเพื่ออบไม้ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 องศาเซลเซียส โดยก่อนเริ่มการอบนำไม้ที่คัดออกทั้งหมด (รวมถึงไม้ยางพาราชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความร้อนจำนวน 4 ท่อน) ใส่กลับเข้าไปในเตาอบเพื่ออบจนไม้มีความชื้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนสิ้นสุดการอบจะมีการสเปรย์ไอน้ำเข้าไปในเตาอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความเค้นภายในเนื้อไม้เนื่องจากการอบ ตามภาพที่ 3.2

1 Tab

16 point ธรรมดา

1 นิ้ว

1.5 นิ้ว

1 นิ้ว

เลขหน้า 16 point

1 นิ้ว

34

1 นิ้ว

เมื่อ Y คือค่าการตอบสนองที่คาดการณ์ และ β_0 คือจุดตัดแกน β_1, β_{11} และ β_{ij} คือค่าคงที่ที่ได้จากการฟิตข้อมูล โดยคุณภาพของการฟิตได้รับการตรวจสอบกับค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด R^2 และนัยสำคัญทางสถิติที่ถูกกำหนดโดย F-test

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรอิสระและระดับ ในสองตัวแปร สี่ระดับ (4^2) แบบฟูลแฟกทอเรียล

ตัวแปร		ระดับ			
อุณหภูมิ (°C)	x_1	100	120	140	160
เวลา (นาที)		30	120	360	720
ln (เวลา, นาที)	x_2	3.40	4.79	5.89	6.58

3.3 การพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันเพื่อประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพารา

จากการศึกษากระบวนการความร้อนในเชิงลึกทั้งกระบวนการและผลการวิเคราะห์คุณภาพผู้วิจัยได้นำเอาสภาวะที่เหมาะสมที่ส่งผลทำให้ไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านกระบวนการความร้อนแล้วมีสมบัติที่ดีและมีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก มาทำการประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพาราให้มีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก แต่ยังคงสมบัติทางกลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ ดังวิธีการต่อไปนี้

3.3.1 ระบบควบคุมการทำกระบวนการความร้อน

ระบบควบคุมกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันกึ่งอัตโนมัติเป็นระบบที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิและความดันภายในถังอัด โดยจะควบคุมทั้งการทำสุญญากาศและการเพิ่มความดันของน้ำ ระบบจะแยกการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิจะมีหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) วัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำภายในถังอัดซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อใช้ในการตัดต่อโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ในการควบคุมปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำภายในถังอัด ในส่วนของการควบคุมความดันจะมีหัววัดความดัน (Pressure sensor) วัดการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำภายในถังอัด ซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มแรกในขั้นตอนของการทำสุญญากาศจะทำการสั่งให้ปั๊มสุญญากาศทำงาน เมื่อได้สภาวะสุญญากาศภายในตามระยะเวลาที่ต้องการแล้วก็จะหยุดการทำงาน และสั่งให้ปั๊มน้ำความดันสูงทำงานต่อจนความดันน้ำในถังอัดมีค่าตามที่ต้องการ โดยหากความดันน้ำมีค่าเกินค่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โซลินอยด์วาล์เปิดเพื่อลดความดันส่วนเกินออกจากถังอัด

1 นิ้ว

4

ขอบกระดาษ ระยะห่าง ย่อหน้า

การตั้งค่า ระยะห่าง ย่อหน้า

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการความร้อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้ยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม้ยางพารา การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิของกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันต่อสมบัติต่างๆของไม้ยางพารา และการพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันสำหรับไส้ไม้ปอกยางพารา

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการความร้อนแบบต่างๆ

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำกระบวนการความร้อนสำหรับไม้ยางพารา 2 รูปแบบคือ โดยการอบที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้และโดยใช้การต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันซึ่งกระทำภายในถังอัดน้ำยา ทั้งนี้เตาอบไม้และถังอัดน้ำยาเป็นเครื่องมือที่มีใช้อยู่แล้วในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราทั่วไป

3.1.1 กระบวนการความร้อนโดยการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิและความชื้นสูงภายในเตาอบไม้

การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำกระบวนการความร้อนที่อุณหภูมิและความชื้นสูงโดยใช้เตาอบในรูปแบบที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในระดับห้องปฏิบัติการ โดยไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดสอบเป็นไม้ยางพาราแปรรูปสดความหนา 30 มิลลิเมตร กว้าง 80 มิลลิเมตร และ ยาว 1,000 มิลลิเมตร (ในทิศทางตามเสี้ยน) จำนวน 40 ท่อน หลังจากจัดเรียงไม้ในเตาอบตามภาพที่ 3.1 แล้ว จึงทำการเพิ่มอุณหภูมิเตาอบจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไอน้ำอิ่มตัวในเวลา 2 ชั่วโมง รักษาอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไม้ร้อนทั่วถึงอีก 2 ชั่วโมง คัดไม้ออกจากเตาครั้งแรกจำนวน 4 ท่อน แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็น 110 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิกระเปาะเปียกไว้ประมาณ 98 องศาเซลเซียส ในสภาวะดังกล่าวไม้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสูง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการให้ความร้อน ทำการคัดไม้ออกจากเตาอบครั้งละ 4 ท่อนทุกระยะเวลา 6 ชั่วโมงจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงลดอุณหภูมิของเตาอบลงเพื่ออบไม้ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 องศาเซลเซียส โดยก่อนเริ่มการอบนำไม้ที่คัดออกทั้งหมด (รวมถึงไม้ยางพาราชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความร้อนจำนวน 4 ท่อน) ใส่กลับเข้าไปในเตาอบเพื่ออบจนไม้มีความชื้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนสิ้นสุดการอบจะมีการสเปรย์ไอน้ำเข้าไปในเตาอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความเค้นภายในเนื้อไม้เนื่องจากการอบ ตามภาพที่ 3.2

20 point ตัวหนา

16 point ตัวหนา

Tab (0.5”)

16 point ธรรมดา

Tab (0.75”)

เมื่อ Y คือค่าการตอบสนองที่คาดการณ์ และ β_0 คือจุดตัดแกน β_i, β_{ii} และ β_{ij} คือค่าคงที่ที่ได้จากการฟิตข้อมูล โดยคุณภาพของการฟิตได้รับการตรวจสอบกับค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด R^2 และนัยสำคัญทางสถิติที่ถูกกำหนดโดย F-test

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรอิสระและระดับ ในสองตัวแปร สี่ระดับ (4^2) แบบฟูลแฟกทอเรียล

ตัวแปร		ระดับ			
อุณหภูมิ (°C)	x_1	100	120	140	160
เวลา (นาที)		30	120	360	720
ln (เวลา, นาที)	x_2	3.40	4.79	5.89	6.58

3.3 การพัฒนาระบบควบคุมและกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันเพื่อประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพารา

จากการศึกษากระบวนการความร้อนในเชิงลึกทั้งกระบวนการและผลการวิเคราะห์คุณภาพผู้วิจัยได้นำเอาสภาวะที่เหมาะสมที่ส่งผลทำให้ไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านกระบวนการความร้อนแล้วมีสมบัติที่ดีและมีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก มาทำการประยุกต์ใช้กับไส้ไม้ปอกยางพาราให้มีความคงทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและปลวก แต่ยังคงสมบัติทางกลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ ดังวิธีการต่อไปนี้

3.3.1 ระบบควบคุมการทำกระบวนการความร้อน

ระบบควบคุมกระบวนการความร้อนโดยการต้มในน้ำร้อนภายใต้ความดันกึ่งอัตโนมัติเป็นระบบที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิและความดันภายในถังอัด โดยจะควบคุมทั้งการทำสุญญากาศและการเพิ่มความดันของน้ำ ระบบจะแยกการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิจะมีหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) วัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำภายในถังอัดซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อใช้ในการตัดต่อโซลินอยด์วาล่ว (Solenoid valve) ในการควบคุมปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำภายในถังอัด ในส่วนของการควบคุมความดันจะมีหัววัดความดัน (Pressure sensor) วัดการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำภายในถังอัด ซึ่งต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มแรกในขั้นตอนของการทำสุญญากาศจะทำการสั่งให้ปั๊มสุญญากาศทำงาน เมื่อได้สภาวะสุญญากาศภายในตามระยะเวลาที่ต้องการแล้วก็จะหยุดการทำงาน และสั่งให้ปั๊มน้ำความดันสูงทำงานต่อจนความดันน้ำในถังอัดมีค่าตามที่ต้องการ โดยหากความดันน้ำมีค่าเกินค่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โซลินอยด์วาล์เปิดเพื่อลดความดันส่วนเกินออกจากถังอัด

4

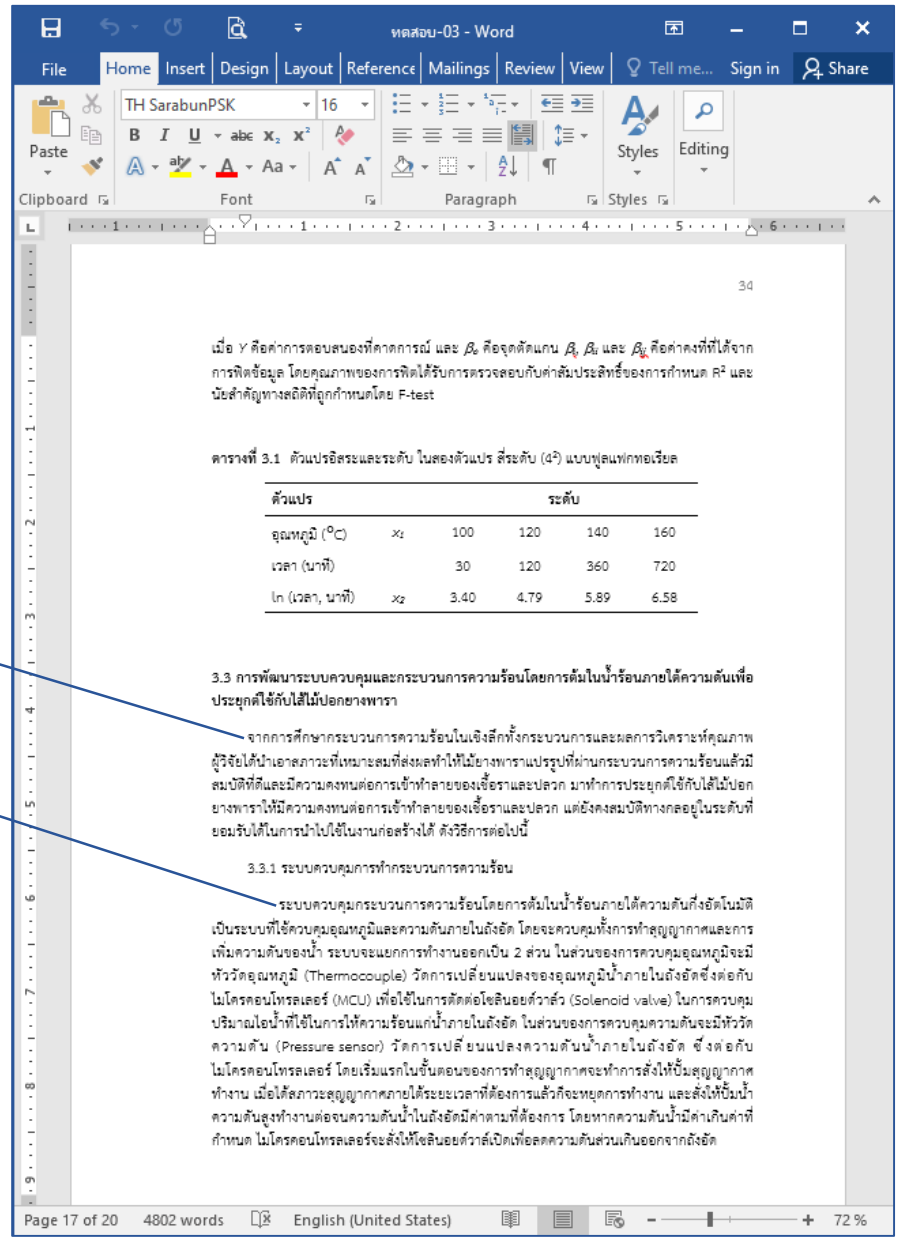
ขอบกระดาษ ระยะห่าง ย่อหน้า

การตั้งค่า ระยะห่าง ย่อหน้า

การตั้งค่าระยะห่าง ย่อหน้า

ระยะห่าง 0.5 นิ้ว

ระยะห่าง 0.75 นิ้ว



5

การพิมพ์ตาราง และภาพประกอบ

ทดสอบ - Word

File Home Insert Design Layout References Mailings Review View Tell me what you want to do... Sign in Share

Paste Cut Copy Format Painter Clipboard | TH SarabunPSI 16 Font | Paragraph | Styles | Find Replace Select Editing

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและการต้านทานเชื้อราของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อน

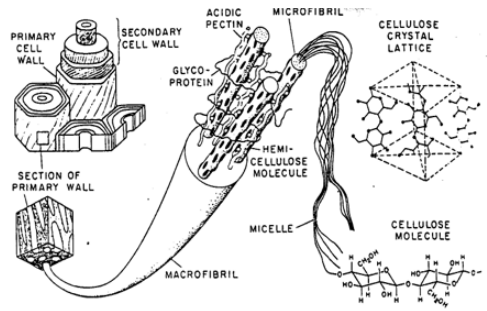
	Volumetric swelling (%)	Modulus rupture (MPa)	Weight loss* (%)
Maritime pine			
Non-treated	13.22	99.7	17.13
Thermal-treated**	9.90	92.1	9.76
Treatment efficiency (%)	25	-8	43
Beech	22.89	113.7	22.92
Non-treated	14.56	106.8	5.94
Thermal-treated**	36	-6.1	74
Treatment efficiency (%)			

* After a 16 week fungal attack

** standard industrial treatment

ที่มา : (Weiland, & Guyonnet, 2003)

จากการสืบค้นเอกสารพบว่าโดยทั่วไปในกระบวนการให้ความร้อนจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงในช่วงตั้งแต่ประมาณ 160 องศาเซลเซียสขึ้นไป เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ไม้ ในทางปฏิบัติกระบวนการให้ความร้อนจะกระทำพร้อมๆกับกระบวนการอบไม้เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพื่อประหยัดพลังงาน ดังนั้นเตาอบไม้ที่สามารถทำกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวได้จึงต้องได้รับการออกแบบพิเศษ เช่นเป็นระบบปิดไม่ให้อากาศเข้าได้ ต้องอัดด้วยก๊าซไนโตรเจนเพื่อป้องกันการเผาไหม้ของไม้ หรือเป็นเตาที่สามารถรับแรงดันอากาศได้มากกว่าค่าความ



ภาพที่ 2.3 การเรียงตัวของเซลล์ในไมโครไฟบริลของผนังเซลล์

ที่มา : (Bowyer et al., 2003)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยมีรากทำหน้าที่ดูดซับน้ำและแร่ธาตุส่งผ่านทางท่อลำเลียง ในขณะที่ใบดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และแสงอาทิตย์ เพื่อสังเคราะห์น้ำตาลซึ่งถูกส่งผ่านท่ออาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของต้นไม้และบางส่วนถูกนำมาเพื่อสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เซลลูโลส (ภาพที่ 2.4ก) คือองค์ประกอบที่สำคัญทางเคมีของผนังเซลล์ มีลักษณะโครงสร้างเป็นสายโซ่โพลิเมอร์ประเภทโฮโมโพลิแซคคาไรด์ ประกอบด้วยหน่วยโมโนเมอร์ ดี-แอนไฮโดรกลูโคไพราโนส จำนวนโมโนเมอร์ที่มาต่อกันอยู่ระหว่าง 5,000 ถึง 10,000 โมโนเมอร์ จัดเรียงตัวขนานกันตลอดความยาวเป็นโครงสร้างแบบผลึก และมีบางส่วนจัดเรียงตัวกันแบบไม่เป็นระเบียบเป็นโครงสร้างแบบอสัณฐาน เฮมิเซลลูโลส (ภาพที่ 2.4ข) เป็นสารพวกโพลิแซคคาไรด์โมเลกุลต่ำ โครงสร้างเป็นแบบกิ่ง (สองมิติ) เกิดจากการรวมตัวของน้ำตาลคาร์บอนหกอะตอม กับน้ำตาลคาร์บอนห้าอะตอม และมีการจัดเรียงตัวแบบอสัณฐาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพองตัวของผนังเซลล์ ส่วนลิกนิน (ภาพที่ 2.4ค)มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบสามมิติ ประกอบด้วยเพนนิลโปรเพนเป็นหน่วยพื้นฐาน จัดเรียงแบบอสัณฐานอย่างสมบูรณ์ ปกคลุมรอบไมโครไฟบริล มีสมบัติไม่ชอบน้ำ และต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและแมลงได้ดี (Bowyer et al., 2003)

Page 7 of 12 2345 words Thai 92 %

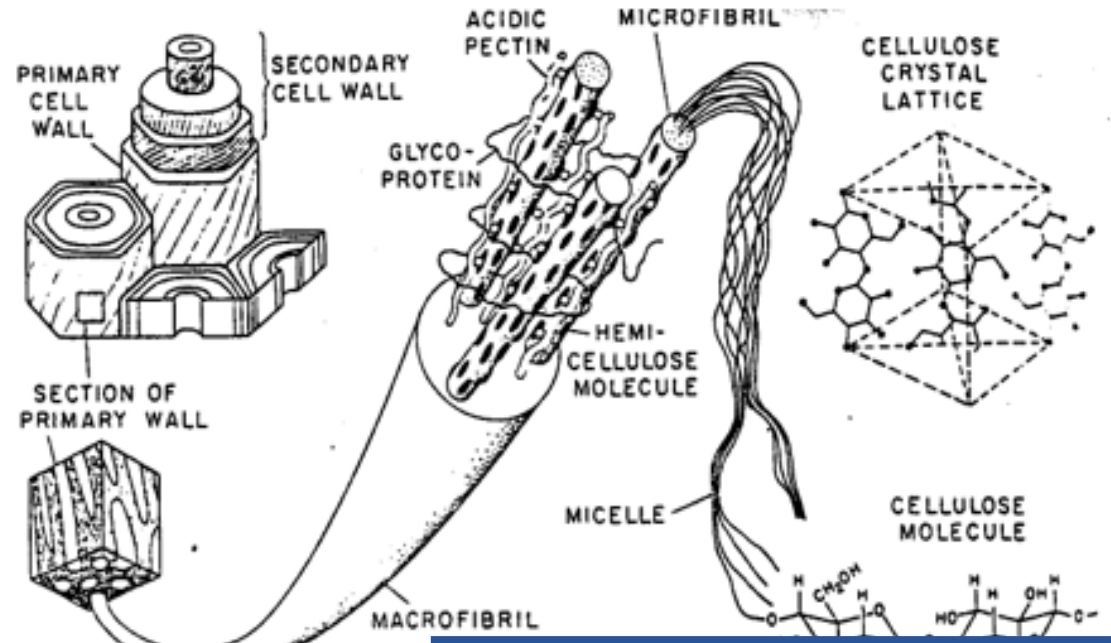
จัดชิดซ้าย ตัวหนา ขนาด 16 point

ตำแหน่งแรกเป็นลำดับบทที่ ขั้นด้วยจุด และ
หลังจุดเป็นตารางที่เท่าไหร่ในบทนั้น ๆ

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและการต้านทานเชื้อราของไม้ที่ผ่านกระบวนการความร้อน

	Volumetric swelling (%)	Modulus rupture (MPa)	Weight loss* (%)
Maritime pine			

กรณีชื่อตารางยาวมากกว่าบรรทัดเดียว
บรรทัดถัดมาจะต้องเยื้องเท่าบรรทัดแรก



ภาพที่ 2.3 การเรียงตัวของเซลล์ในไมโครไฟบริลของผนังเซลล์

ตำแหน่งแรกเป็นลำดับบทที่ ขั้นด้วยจุด และหลังจุดเป็นตารางที่เท่าไหร่ในบทนั้น ๆ

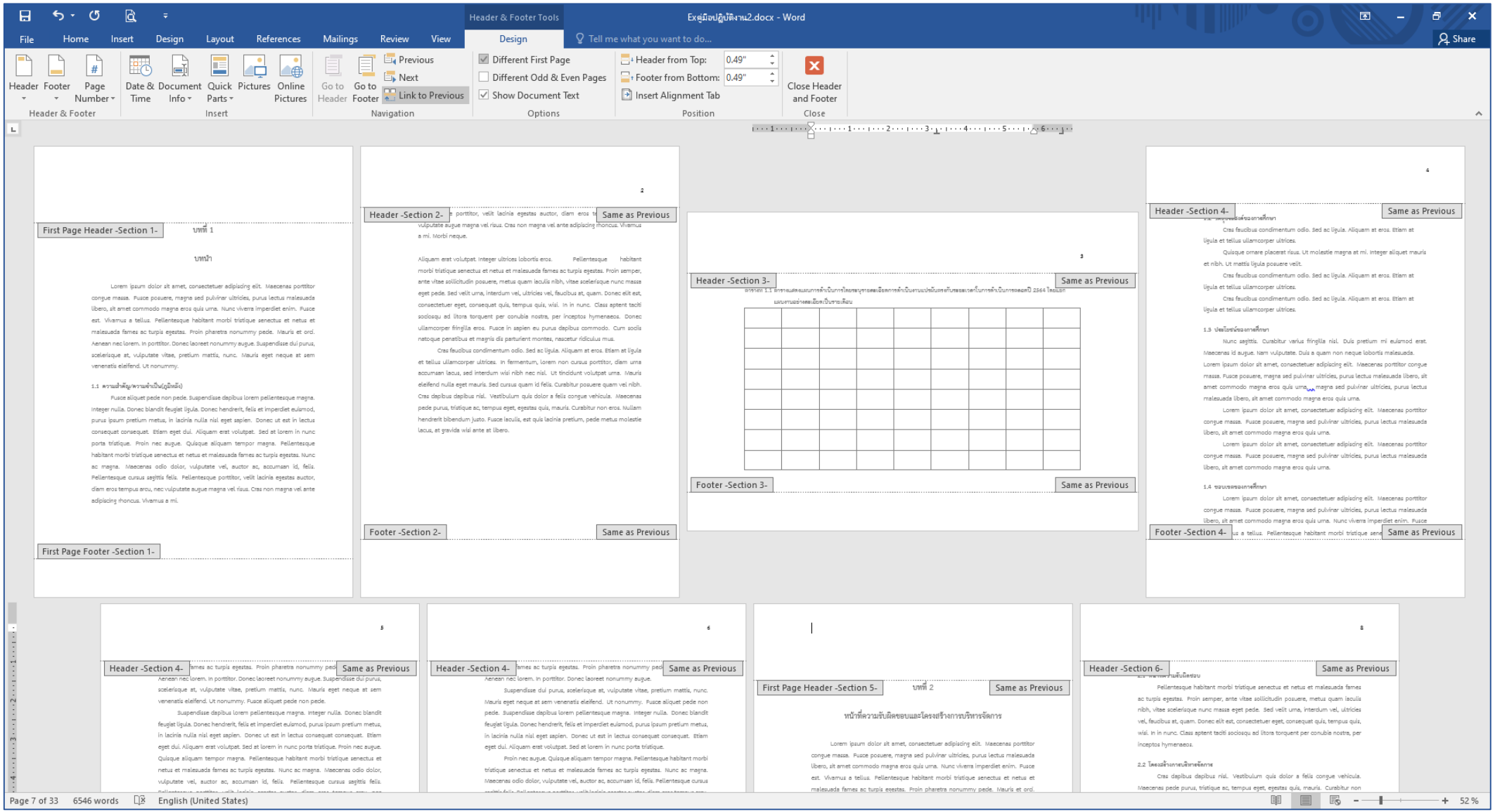
จัดกึ่งกลางภาพ ตัวหนา ขนาด 16 point

6

การแทรกเลขหน้า (แนวตั้ง แนวนอน)

6

การแทรกเลขหน้า (แนวตั้ง แนวนอน)



Note!

ส่วนของหน้าอื่น ๆ ค่อย ๆ ทำไปตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยหน้าบทที่ ไม่แสดงเลขหน้า (แต่ยังนับเลขหน้าอยู่) และหน้ารองจากหน้าบทสามารถดำเนินการแสดงเลขหน้า และตั้งค่าระยะห่างตามปกติ

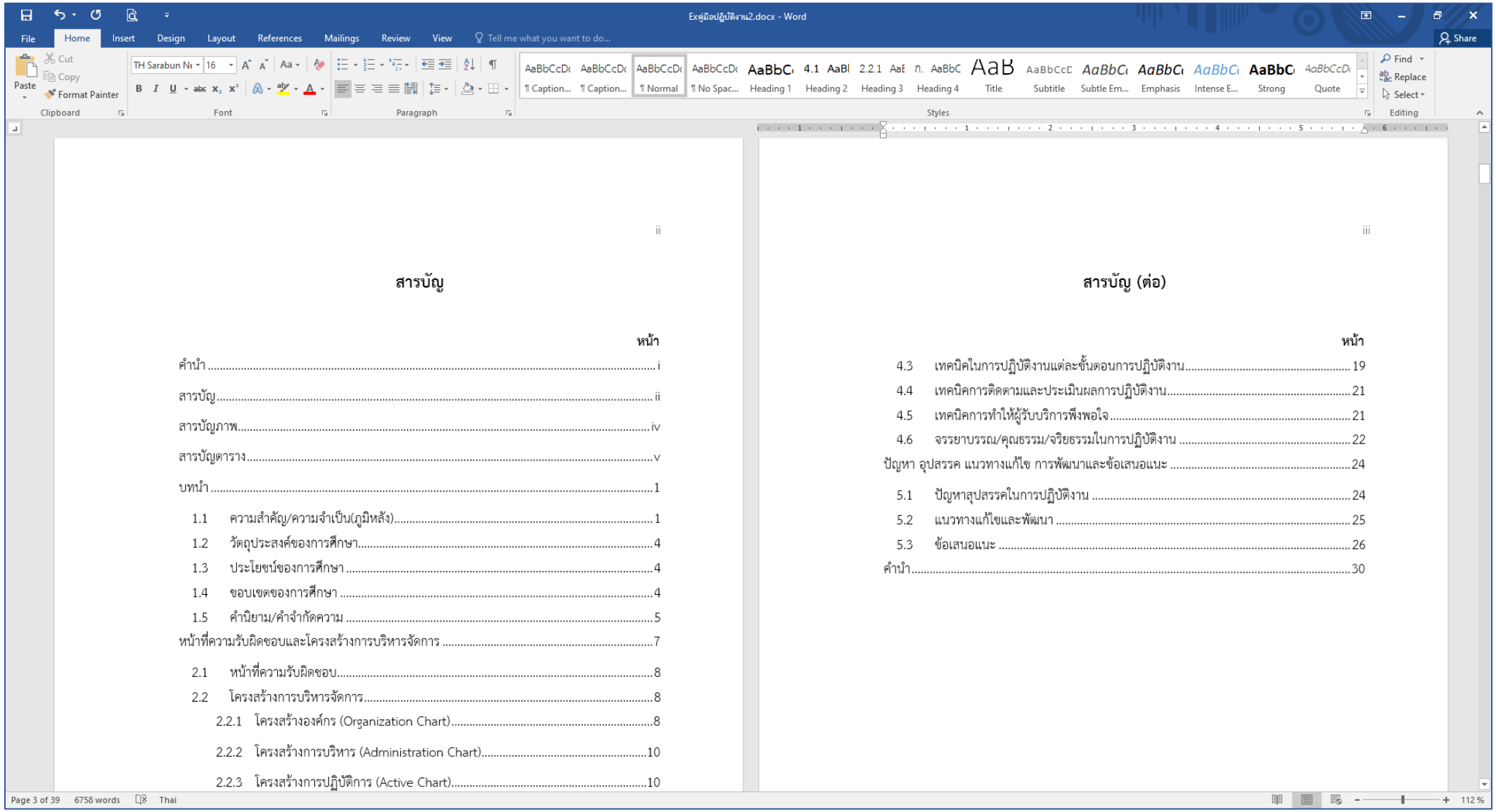
7

สารบัญอัตโนมัติ

7

สารบัญ
อัตโนมัติ

สารบัญ
อัตโนมัติ



ii

สารบัญ

หน้า

คำนำ i
สารบัญ ii
สารบัญภาพ iv
สารบัญตาราง v
บทนำ 1
1.1 ความสำคัญ/ความจำเป็น(ภูมิหลัง) 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 4
1.3 ประโยชน์ของการศึกษา 4
1.4 ขอบเขตของการศึกษา 4
1.5 คำนิยาม/คำจำกัดความ 5
หน้าที่ความรับผิดชอบและโครงสร้างการบริหารจัดการ 7
2.1 หน้าที่ความรับผิดชอบ 8
2.2 โครงสร้างการบริหารจัดการ 8
2.2.1 โครงสร้างองค์กร (Organization Chart) 8
2.2.2 โครงสร้างการบริหาร (Administration Chart) 10
2.2.3 โครงสร้างการปฏิบัติการ (Active Chart) 10

iii

สารบัญ (ต่อ)

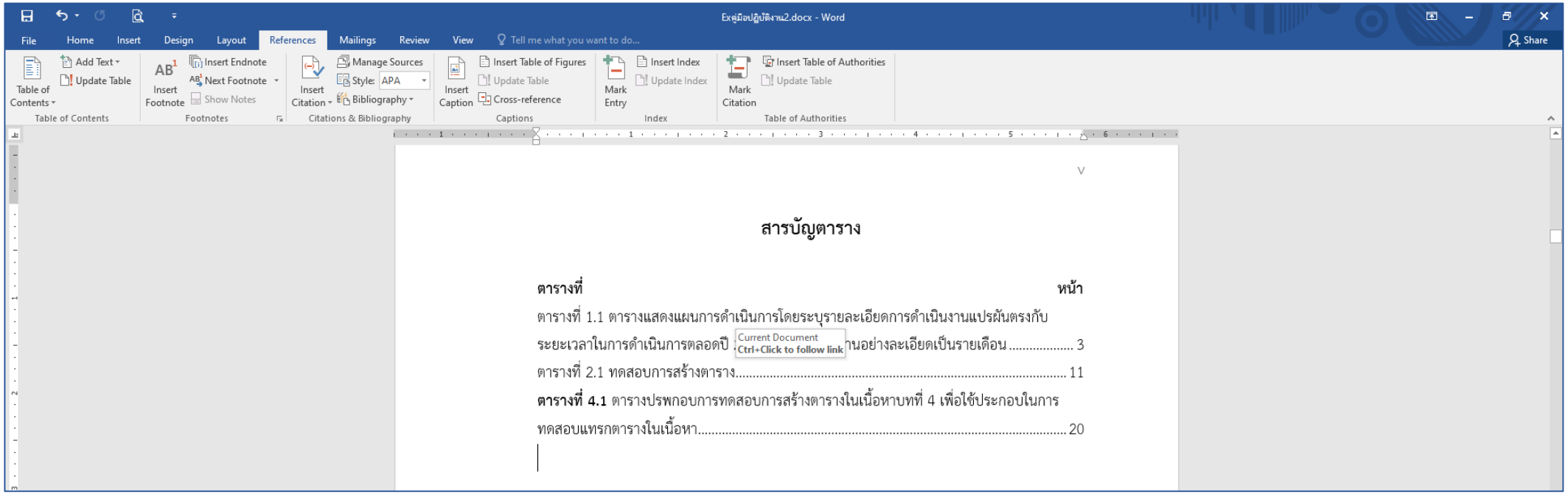
หน้า

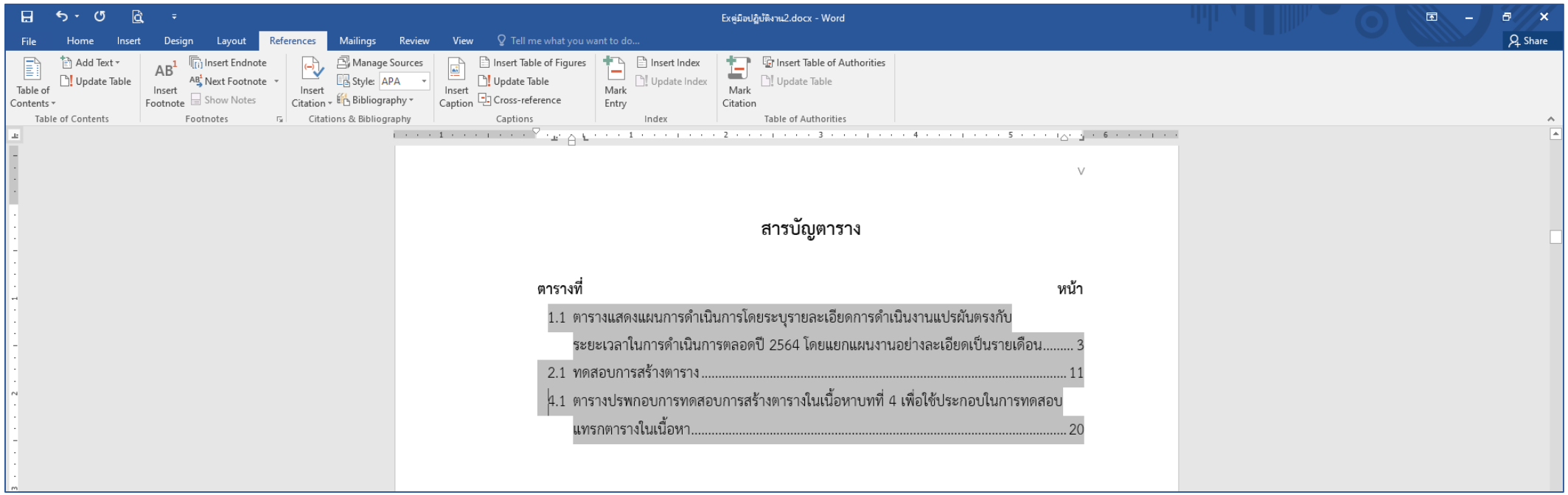
4.3 เทคนิคในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงาน 19
4.4 เทคนิคการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน 21
4.5 เทคนิคการทำให้ผู้รับบริการพึงพอใจ 21
4.6 จรรยาบรรณ/คุณธรรม/จริยธรรมในการปฏิบัติงาน 22
ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข การพัฒนาและข้อเสนอแนะ 24
5.1 ปัญหาสุปสรรคในการปฏิบัติงาน 24
5.2 แนวทางแก้ไขและพัฒนา 25
5.3 ข้อเสนอแนะ 26
คำนำ 30

7

สารบัญ
อัตโนมัติ

สารบัญ
ตาราง





7

สารบัญอัตโนมัติ

สารบัญภาพ