บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาและออกแบบถ้วยน้ำดื่มกระดาษที่ผลิตจากเยื่อกระดาษชานอ้อย เพื่อผลิตกระดาษจากเยื่อชานอ้อยที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นถ้วยน้ำดื่มสำหรับใช้แล้วทิ้ง และมีสมบัติใกล้เคียงกับถ้วยน้ำดื่มกระดาษทรงกรวยตามท้องตลาด ซึ่งมีการขึ้นรูปด้วยการพับและสามารถลดพื้นที่ในการจัดเก็บเพื่อการขนส่ง โดยผลิตกระดาษน้ำหนัก 70 แกรม มีอัตราส่วนผสมของแป้งประจุบวกร้อยละ 1 สารเติมแต่งชนิด Lodyne® ร้อยละ 0.2, 0.5, 0.8, 1.1 ตามลำดับ และสารอัลคิลคีทีนไดเมอร์ร้อยละ 0.1, 0.3 ตามลำดับ จากนั้นจึงนำไปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ คือ ด้านน้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight),ความหนา (Thickness), ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength), ความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tearing Strength), การดูดซึมน้ำ (Cobb test) แล้วจึงนำไปขึ้นรูปด้วยการพับทั้งหมด 4 แบบ เพื่อหาปริมาตรน้ำที่บรรจุ, การรั่วซึม, พื้นที่ในการจัดเก็บรักษา แล้วจึงนำผลการออกแบบไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลสรุปมาแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ถ้วยน้ำดื่มกระดาษชานอ้อยที่ดีที่สุด 1 แบบ จากนั้นจึงหาความพึงพอใจจากการใช้งานถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยโดยผู้บริโภค และสรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทำการศึกษาและทดสอบ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 การผลิตกระดาษชานอ้อยเพื่อใช้ผลิตถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อย

การทดลองขึ้นแผ่นกระดาษจากเยื่อชานอ้อยน้ำหนัก 70 แกรม โดยใส่สารเติมแต่งชนิด Lodyne® ปริมาณร้อยละ 0.2 , 0.5 , 0.8 , 1.1 ต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง และผ่านการปรับปรุงสมบัติผิวหน้ากระดาษด้วยวิธีขัดผิว พบว่าไม่ได้ทำให้สมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเยื่อชานอ้อยเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่น น้ำหนักมาตรฐาน และความหนา แต่ปริมาณสารเติมแต่งสามารถช่วยเพิ่มสมบัติทางกลศาสตร์ให้ดีขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของสารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่น ความต้านทานแรงฉีกขาด, ความต้านทานแรงดึง และช่วยลดปริมาณการดูดซับน้ำ ฉะนั้นกระดาษที่ใส่สารเติมแต่งชนิด Lodyne® ปริมาณร้อยละ 0.2 ต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง จึงมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นกระดาษถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยมากที่สุด เนื่องจากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสารเติมแต่งชนิด Lodyne® ในถ้วยน้ำดื่มแบบที่1 (ดังตารางที่5.1) จะเห็นว่า สารเติมแต่งชนิด Lodyne® ร้อยละ 0.2 กับร้อยละ 0.5 พบว่าสาร Lodyne® ส่งผลให้เวลาใน

การบรรจุน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สารเติมแต่งชนิด Lodyne® ที่ร้อยละ 0.5 กับร้อยละ 0.8 และร้อยละ 0.8 กับร้อยละ 1.1 นั้น พบว่า ปริมาณสาร Lodyne® ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อเวลาในการบรรจุน้ำในถ้วยน้ำดื่มกระดาษอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ปริมาณสารที่ใส่จะเพิ่มขึ้นก็ตาม และประกอบกับผลพิจารณาการรั่วซึมหรือระยะเวลาที่สามารถบรรจุน้ำดื่มได้ โดยการพับเป็นถ้วยกระดาษ(ในถ้วยน้ำดื่มแบบที่1) สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้ 90 วินาที ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นใช้สารเติมแต่งชนิด Lodyne® สูงกว่าร้อยละ 0.2

ตารางที่ 5.1 ผลวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบสารเติมแต่งชนิดLODYNE® ของถ้วยแบบที่1

(I) Lodyne	(J) Lodyne	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.2%	0.5%	-26.10*	3.482	.000	-33.17	-19.03
	0.8%	-32.60*	3.482	.000	-39.67	-25.53
	1.1%	-36.10*	3.482	.000	-43.17	-29.03
0.5%	0.2%	26.10*	3.482	.000	19.03	33.17
	0.8%	-6.50	3.482	.070	-13.57	.57
	1.1%	-10.00*	3.482	.007	-17.07	-2.93
0.8%	0.2%	32.60*	3.482	.000	25.53	39.67
	0.5%	6.50	3.482	.070	-.57	13.57
	1.1%	-3.50	3.482	.322	-10.57	3.57
1.1%	0.2%	36.10*	3.482	.000	29.03	43.17
	0.5%	10.00*	3.482	.007	2.93	17.07
	0.8%	3.50	3.482	.322	-3.57	10.57

* หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.1.2 ผลจากการทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ใช้ในการผลิตถ้วยน้ำดื่มกระดาษชานอ้อย

เป็นผลจากการศึกษาในขั้นตอนการนำแผ่นกระดาษไปทำการทดสอบหาลักษณะต่างๆเพื่อให้มีสมบัติที่ใกล้เคียงกับถ้วยน้ำดื่มกระดาษทรงกรวยตามท้องตลาด ซึ่งได้วิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้สารเติมแต่งทีเหมาะสมที่สุด โดยแต่ละชุดการทดลองจะต่างกันในเรื่องอัตราส่วนของสาร

หลังจากนั้นเมื่อน้ำกระดาษไปทดสอบสมบัติต่างๆจึงพบว่า ในแต่ละสมบัติมีค่าที่แตกต่างกันตามลักษณะดังนี้

5.1.2.1 สมบัติทางกายภาพของกระดาษ

จากการทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน(Basis Weight) และความหนา (Thickness) พบว่าสมบัติของสารเคลือบLodyne® สารอัลคิลคีทีนไดเมอร์และแป้งประจุบวกไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ต่อน้ำหนักมาตรฐานและความหนาเพราะปริมาณสารที่เติมลงไปในกระดาษนั้นมีน้อยมากไม่เพียงพอต่อการเพิ่มน้ำหนักและความหนาของกระดาษ

5.1.2.2 สมบัติทางด้านเชิงกลของกระดาษ

จากการทดสอบการต้านทานแรงฉีกขาด (Tearing Strength), ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength), การดูดซับน้ำ(Cobb Test) พบว่าสมบัติของสารเคลือบLodyne® สารอัลคิลคีทีนไดเมอร์และแป้งประจุบวกมีผลต่อสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ในด้านการประสานตัว การยึดเกาะ การไปอุดช่องว่างระหว่างเส้นใย เพราะแป้งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มการยึดจับ เพิ่มความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวกันของเส้นใย เพิ่มความแข็งแรงภายในของเยื่อและเพิ่มความเหนียวให้กระดาษ[20] สารต้านการซึมน้ำ(Sizing Agent) ทำหน้าที่ช่วยลดพื้นที่ผิวของการดึงดูดระหว่างเส้นใยและโมเลกุลของน้ำ ทำให้ลดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่เนื้อกระดาษและต้านทานการเปียกน้ำได้ดีขึ้น[53] และสารเติมแต่งชนิด Lodyne® มีสมบัติต้านทานการซึมน้ำและน้ำมันให้กับกระดาษ[28] จึงไปอุดช่องว่างระหว่างเยื่อทำให้การดูดซึมของน้ำลดลง ประกอบกับกระดาษได้ผ่านการปรับปรุงสมบัติผิวหน้าด้วยวิธีการขัดผิวหน้ากระดาษเพื่อให้เกิดความเรียบและแข็งแรงขึ้นเนื่องจากแรงกดอัดระหว่างลูกกลิ้งจะส่งผลให้เส้นใยเซลลูโลสอัดตัวกันได้มากขึ้น [54] ผลนี้เกิดในทำนองเดียวกับผลการทดลองของ เลอพงศ์ จารุพันธ์ และตนพรรษ หรรษอุดม ที่ทำการปรับปรุงสมบัติผิวหน้ากระดาษโดยการเติมแป้งประจุบวกร่วมกับสารอัลคิลคีทีนไดเมอร์พบว่า ผิวหน้ากระดาษจะมีความเรียบเพิ่มมากขึ้น ช่องว่างระหว่างเส้นใยจะลดลงตามปริมาณของแป้งประจุบวกและสารอัลคิลคีทีนไดเมอร์ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าสมบัติเชิงกลและความต้านทานการซึมน้ำของเยื่อกระดาษสูงขึ้น เนื่องจากผิวหน้ากระดาษที่มีความเรียบมากขึ้นและช่องว่างระหว่างเส้นใยลดลงทำให้การซึมผ่านของน้ำลดลง รวมถึงสมบัติอัลคิลคีทีนไดเมอร์มีสมบัติชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ โดยฟังก์ชันหมู่ที่ไม่ชอบน้ำจะยึดเกาะกับเส้นใยเซลลูโลส ส่วนฟังก์ชันหมู่ที่ชอบน้ำจะยึดเกาะกับน้ำและป้องกันการซึมผ่านของน้ำสู่กระดาษ [16]

5.1.2.3 การรั่วซึมหรือระยะเวลาที่สามารถบรรจุน้ำดื่มได้

พบว่าสมบัติของสารอัลคิลคีทีนไดเมอร์และสารเติมแต่งชนิด Lodyne® มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซับน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารอัลคิลคีทีนไดเมอร์และสารเติมแต่งชนิด Lodyne® มีคุณสมบัติต้านทานการซึมน้ำ[28]การเติมสารต้านการซึมน้ำลงไปเพื่อความต้านทานการซึมน้ำของกระดาษ เนื่องจากโมเลกุลของสารต้านการซึมน้ำมีพลังงานพื้นที่ผิวต่ำ เมื่อไปเกาะบนผิวเส้นใยจะทำให้เส้นใยตรงส่วนที่สารต้านการซึมน้ำเกาะอยู่มีพลังงานที่พื้นที่ผิวต่ำด้วย เป็นผลทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำและเส้นใยลดลง ส่งผลให้น้ำไม่สามารถซึมทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษได้[24] ประกอบกับกระดาษได้ผ่านการปรับปรุงสมบัติผิวหน้าด้วยวิธีการขัดผิวหน้ากระดาษเพื่อให้เกิดความเรียบและแข็งแรงขึ้นจึงทำให้การดูดซึมของน้ำลดลง แต่การดูดซับน้ำของกระดาษในด้านตะแกรงลดลงและมีค่าร้อยละของการลดลงมากกว่าด้านสักหลาด อาจจะเป็นผลจากการที่สารเติมแต่งชนิด Lodyne® สารอัลคิลคีทีนไดเมอร์และแป้งประจุบวก ตกตะกอนลงไปกองอยู่ด้านล่างหรือด้านตะแกรงในขณะที่ทำการขึ้นแผ่น เนื่องจากแป้งมีสมบัติเป็นสารจับตะกอน[20] ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้มีการตกตะกอนได้เร็วกว่า เนื่องจากตัวโครงสร้างหรือมวลโมเลกุลค่อนข้างสูงส่งผลให้แป้งอาจจะมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนได้ง่ายขึ้น เพราะฉะนั้นจึงส่งผลให้การดูดซับน้ำของกระดาษในด้านตะแกรงดีกว่าด้านสักหลาด

จากการทดสอบการรั่วซึมหรือระยะเวลาที่สามารถบรรจุน้ำดื่มได้ตามวิธีทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1141-2536 มาตรฐานได้กำหนดเวลาไว้ที่ 1 นาที [21] ในการออกแบบถ้วยน้ำดื่มจากเยื่อชานอ้อยทั้ง 4 แบบ สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำเป็นระยะเวลาเกิน 1 นาทีในทุกแบบ แต่เนื่องจากผลการสรุปแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจมากในแบบที่1 จึงได้ถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยที่มีระยะเวลาที่สามารถบรรจุน้ำดื่มได้อยู่ในช่วง 90 วินาที หรือ 1 นาทีครึ่ง

5.1.3 ผลจากการออกแบบถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อย

จากการทดลองการเปรียบเทียบถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยแบบที่1 ปริมาณที่บรรจุได้ต่อแถว คือ 220 ใบ ซึ่งมีจำนวนบรรจุที่มากกว่าถ้วยทรงกรวย จำนวนแถวที่สามารถบรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง คือ 25 แถว ซึ่งได้จำนวนที่เท่ากันกับถ้วยน้ำดื่มทรงกรวย และปริมาณที่บรรจุได้ทั้งหมดในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง คือ 5,500 ใบ ซึ่งมีจำนวนมากกว่าถ้วยน้ำดื่มทรงกรวยตามท้องตลาด เพราะการขึ้นรูปด้วยการพับรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูของถ้วยน้ำดื่มจากเยื่อชานอ้อยให้มีความแบนราบทำให้มีปริมาตรน้อยกว่าทรงกรวย และน่าจะมีส่วนสำคัญในการลดต้นทุนการขนส่ง เพราะมีการบรรจุได้มากขึ้นในขณะ

กล่องขนส่งขนาดเท่ากันทำให้ประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง และน่าจะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายต่ำลงจึงน่าจะส่งผลให้ต้นทุนสินค้าต่อหน่วยสามารถลดลงได้

5.1.4 ผลจากการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีต่อถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยที่ผลิตได้

ผลสรุปจากแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจำนวน 40 คน ประเมินด้านการใช้งานและด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย อายุระหว่าง 21-30 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อย (รูปแบบใหม่) อยู่ในระดับมาก และมีความพึงพอใจต่อถ้วยน้ำดื่มกระดาษทรงกรวยที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป (รูปแบบเก่า) อยู่ในระดับปานกลาง สรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความพึงพอใจในถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อย (รูปแบบใหม่) ทั้ง2ปัจจัยคือทางด้านการใช้งานและปัจจัยด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มากกว่าถ้วยน้ำดื่มกระดาษทรงกรวยที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความพึงพอใจด้านการใช้งาน ความสะดวกในการหยิบจับ เนื่องจากถ้วยน้ำดื่มที่ผลิตจากเยื่อชานอ้อยได้นำหลักทฤษฎีการวัดสัดส่วนของมือและการวัดขนาดการหยิบจับของมือมาใช้ในการออกแบบ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Claudio Javier de la Fuente ที่ทำการพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ยาสำหรับการป้องกันเด็กเปิดเองได้ [46] โดยใช้วิธีการวัดมือของกลุ่มตัวด้วยการวัดช่วงกว้างของมือเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบถ้วยน้ำดื่ม มีความพึงพอใจในด้านต่างๆเช่น รูปทรงของถ้วยน้ำดื่มใช้หลักการออกแบบขึ้นรูปถ้วยน้ำดื่มด้วยการพับทำให้สามารถลดพื้นที่ในถังขยะ, ดึงถ้วยน้ำดื่มออกมาใช้งานแต่ละครั้งโดยไม่ติดกันทีละหลายใบ ถ้วยน้ำดื่มมีความเหมาะสมของปริมาณน้ำ ต่อ 1 ครั้ง ในการบรรจุ และกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากถ้วยน้ำดื่มผลิตจากเยื่อกระดาษชานอ้อยซึ่งชานอ้อยนั้นเป็นของเสียที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและอาจจะช่วยลดอัตราการตัดต้นไม้เพื่อมาผลิตเยื่อกระดาษได้ ทางกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจึงมีความเห็นว่าการผลิตถ้วยน้ำดื่มจากเยื่อกระดาษชานอ้อยสามารถเป็นส่วนช่วยในการรักษาสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำการศึกษาและทดสอบ มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

งานวิจัยในครั้งนี้มีการศึกษาในเรื่องต่างๆซึ่งสามารถนำไปใช้ดังนี้

1. ผลจากการศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติของสารเคลือบที่มีผลต่อการทดสอบในเรื่องต่างๆ ซึ่งให้ค่าการทดสอบออกมาว่าในแต่ละด้านมีค่าการทดสอบหรือมีจุดเด่นตรงไหนบ้าง และมีค่าทดสอบตรงไหนที่มีค่าต่ำ สามารถนำผลการทดสอบเหล่านี้นำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการผลิตกระดาษจากเยื่อชานอ้อย หรืออาจจะนำไปเป็นอัตราส่วนในการผลิตกระดาษจากเยื่อทดแทนชนิดอื่นเพื่อเป็นกระดาษที่เหมาะกับการใช้งานในด้านอื่นต่อไปก็ได้

2. ผลจากการพัฒนาและออกแบบถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับถ้วยน้ำดื่มกระดาษทรงกรวยตามท้องตลาด พบว่าถ้วยน้ำดื่มกระดาษจากเยื่อชานอ้อยมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปวิเคราะห์และตัดสินใจในการผลิตเป็นถ้วยน้ำดื่มสำหรับใช้แล้วทิ้งในระบบอุตสาหกรรมได้จริง เนื่องจากถ้วยน้ำดื่มกระดาษชานอ้อยได้คำนึงถึงความเหมาะสมของถ้วยน้ำดื่มกระดาษชานอ้อยดังต่อไปนี้ ด้านการใช้งาน ด้านโครงสร้าง ด้านการบรรจุหีบห่อและการขนส่ง

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ข้อจำกัดในด้านเครื่องมือในการผลิตกระดาษ ข้อจำกัดในด้านอุปกรณ์การทดสอบ โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการปรับปรุงในด้านของรูปทรงเพื่อการใช้งานที่ง่ายและสะดวกต่อผู้บริโภคมากขึ้น เช่น สามารถออกแบบให้ถ้วยน้ำดื่มมีรูปทรงที่วางตั้งได้ในขณะหลังจากใส่น้ำแล้ว

2. ควรมีการผลิตกระดาษที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ ซึ่งขนาดที่ใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงต้นแบบเท่านั้น หากมีการผลิตจริงในระบบอุตสาหกรรมควรปรับปรุงให้มีขนาดที่เหมาะสม และดูว่ากระดาษที่ได้จะเกิดปัญหาในด้านใดตามมา

3. ควรมีการนำเยื่อประเภทอื่นมาทำการทดสอบและผลิตเพิ่มเติม