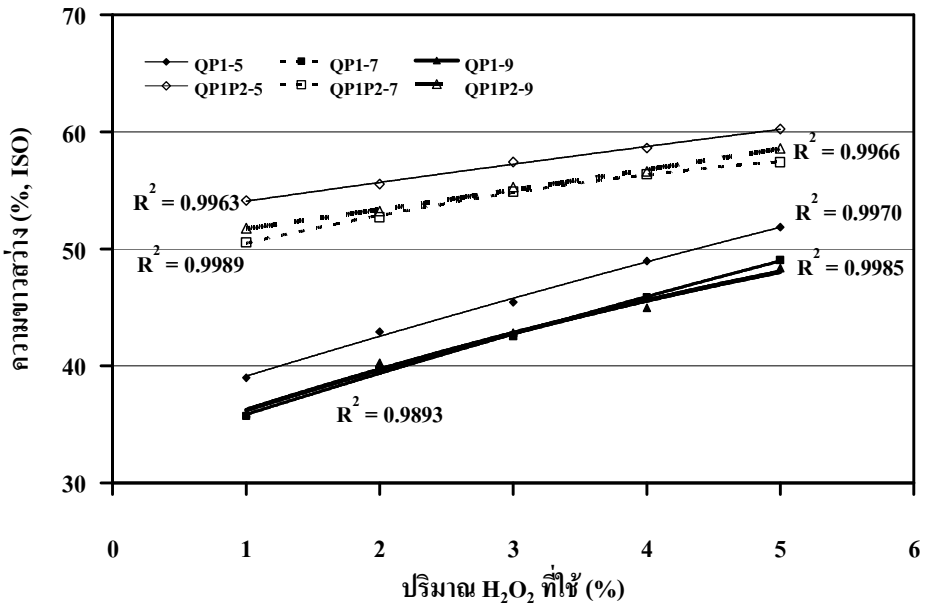
ตารางที่ 8 ปริมาณผลผลิตเยื่อและค่าความขาวสว่างของเยื่อ CTMP ฟอกของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

Conditions	Q-stage DTPA (%)	P_1-stage ($\%$ as H_2O_2)	Yield after P_1-stage (%)	QP_1 Brightness (% ISO)	P_2 -stage ($\%$ as H_2O_2)	Yield after P_2-stage (%)	QP_1P_2 Brightness (%ISO)
AS20-5 ปี	0.1	1	99.49	38.98	1	99.10	54.12
		2	98.92	42.92	2	98.57	55.52
		3	98.40	45.43	3	98.19	57.45
		4	98.22	48.96	4	97.16	58.63
		5	97.29	51.87	5	96.01	60.25
AS20-7 ปี	0.1	1	98.73	35.71	1	97.39	50.54
		2	98.12	39.68	2	97.72	52.71
		3	97.97	42.54	3	96.55	54.88
		4	96.53	45.83	4	94.41	56.39
		5	96.39	49.04	5	94.01	57.42
AS20-9 ปี	0.1	1	98.74	35.92	1	97.50	51.76
		2	98.44	40.27	2	97.19	53.22
		3	97.53	42.83	3	96.60	55.27
		4	96.76	44.95	4	96.00	56.62
		5	96.12	48.36	5	95.46	58.60

หมายเหตุ: P_2 -stage ฟอกจากเยื่อ P_1-stage ที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5%



ภาพที่ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ H_2O_2 ที่ใช้กับค่าความขาวสว่างของเยื่อ CTMP ฟอก ด้วยขั้นตอนการฟอกเยื่อ QP_1 และ QP_1P_2 ของไม้ตีนเป็ด 3 ชั้นอายุ

5. <u>การทดสอบสมบัติของเยื่อ CTMP ฟอก</u>

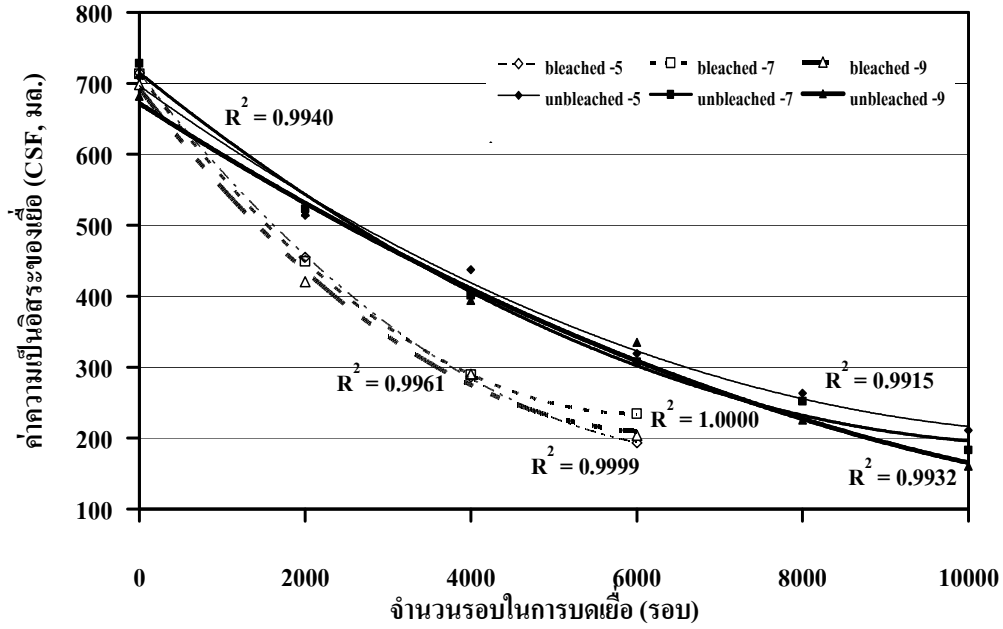
จากสภาวะเยื่อ CTMP ด้วยกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ในไม้ตีนเป็ดชั้นอายุ 5 7 และ 9 ปี และทำการฟอกเยื่อด้วยลำดับการฟอกเยื่อด้วย QP_1P_2 แล้ว เลือกเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ซึ่งมีค่าความขาวสว่างคือ 60.25 57.42 และ 58.60%ISO ตามลำดับชั้นอายุ 5 7 และ 9 ปี มาทำการบดด้วย PFI mill ที่ระดับรอบการบดต่างๆ กัน ดังนี้ 0 2000 4000 และ 6000 รอบ เพื่อนำมาทดสอบค่าความเป็นอิสระของเยื่อและทำแผ่นเยื่อทดสอบ เพื่อประเมินความยากง่ายในการบดเยื่อ ทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรงและด้านทัศนศาสตร์ของแผ่นเยื่อทดสอบ ผลการทดสอบสมบัติของเยื่อฟอก ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมบัติทางฟิสิกส์ของแผ่นเยื่อทดสอบที่สภาวะการผลิตเยื่อ CTMP ฟอก จากการปฏิบัติเบื้องต้นด้วยกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

Conditions	PFI mill (rev.)	Freeness (ml CSF)	Thickness (mm)	Density (g/cm^3)	Tensile index (Nm/g)	Tear index ($mN.m^2/g$)	Brightness (%ISO)	Opacity (%)
AS20-5 ปี	0	715	0.228	0.27	10.61	2.12	57.59	92.07
	2000	455	0.159	0.40	22.90	3.71	59.25	94.52
	4000	286	0.156	0.39	25.03	5.69	57.07	92.01
	6000	193	0.137	0.45	28.02	5.03	58.95	93.30
AS20-7 ปี	0	713	0.293	0.23	6.45	1.20	55.94	93.03
	2000	449	0.167	0.38	19.65	2.87	57.27	93.27
	4000	289	0.164	0.38	20.95	3.20	56.08	92.64
	6000	234	0.176	0.34	20.39	3.06	56.90	92.92
AS20-9 ปี	0	698	0.248	0.26	8.23	1.56	56.11	92.00
	2000	420	0.189	0.32	16.75	2.52	56.50	92.40
	4000	290	0.168	0.37	23.16	3.38	58.38	93.42
	6000	204	0.167	0.36	23.40	3.41	57.03	93.10

5.1 ความยากง่ายในการบดเยื่อและค่าการระบายน้ำของเยื่อ CTMP ฟอก

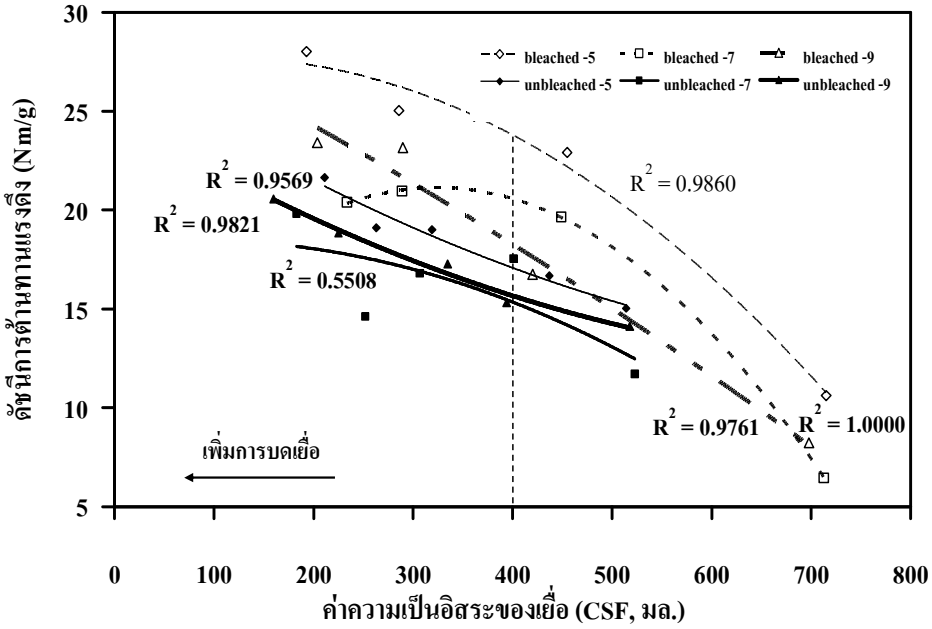
ภาพที่ 54 ชี้ให้เห็นว่า ค่าความเป็นอิสระของเยื่อที่ถูกบดจะลดลง เมื่อรอบของการบดด้วย PFI mill เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อต่อการบดเยื่อ พบว่าที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) เยื่อฟอกทั้ง 3 ชั้นอายุ ต้องการระดับการบดเยื่อใกล้เคียงกัน โดยจำนวนรอบในการบดเยื่อฟอกประมาณ 2000-3000 รอบ และมีความต้องการระดับในการบดเยื่อต่ำกว่าเยื่อไม่ฟอก ซึ่งต้องการจำนวนรอบในการบดเยื่อประมาณ 4000-6000 รอบ



ภาพที่ 54 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นอิสระของเยื่อต่อจำนวนรอบในการบดเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.2 ความแข็งแรงต่อการดึง

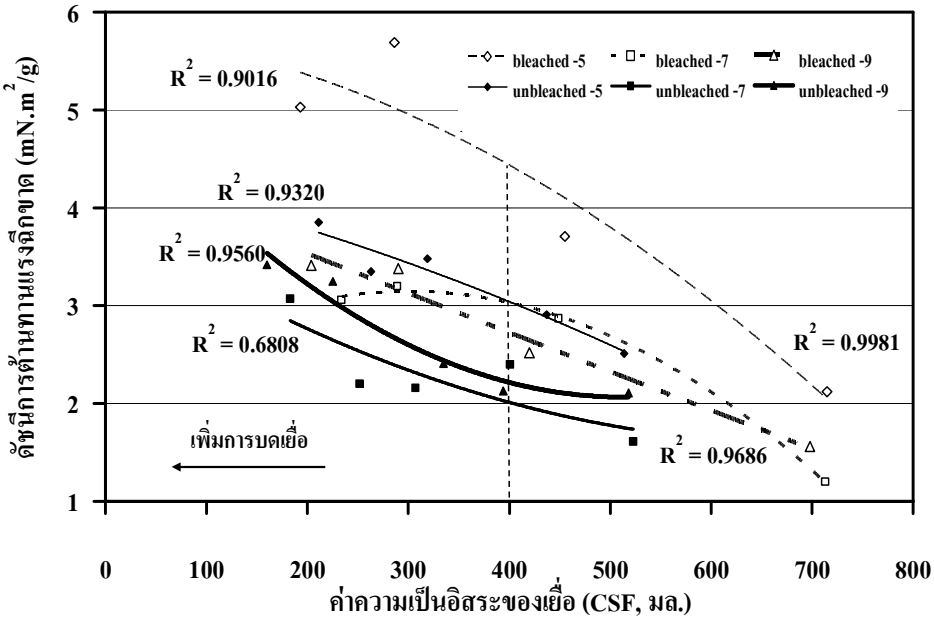
จากตารางที่ 5 6 และ 7 พบว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 11.71-21.65 Nm/g ในขณะที่ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงเยื่อ CTMP ฟอก อยู่ระหว่าง 6.45-28.02 Nm/g (ตารางที่ 9) ภาพที่ 55 ชี้ให้เห็นว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงสูงขึ้น โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 ปี ของเยื่อฟอกให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงสูงที่สุดประมาณ 24 Nm/g รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ตามลำดับ ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงประมาณ 21 และ 18 Nm/g



ภาพที่ 55 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นอิสระของเยื่อต่อดัชนีการต้านทานแรงดึงเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.3 ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

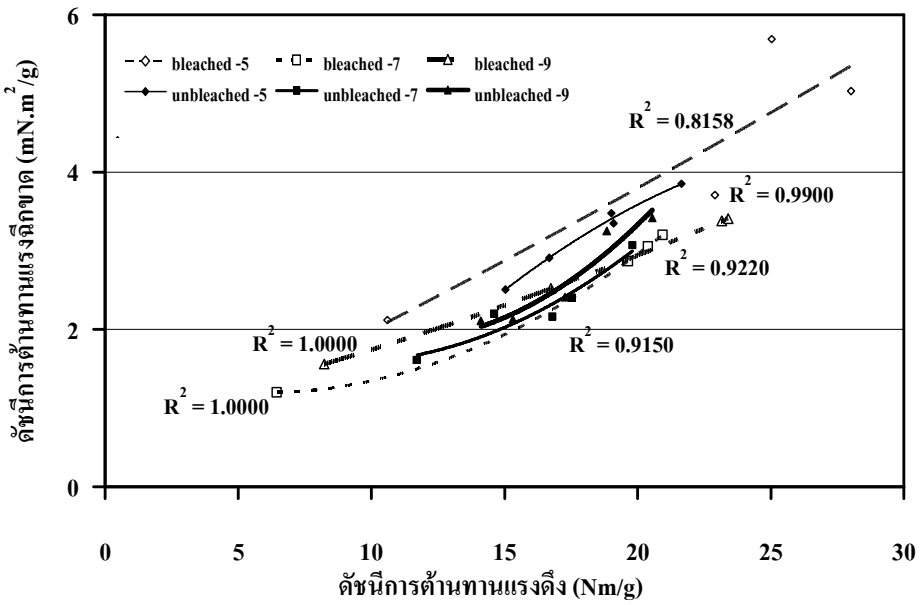
จากตารางที่ 5 6 และ 7 พบว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 1.61-3.85 $mN.m^2/g$ ในขณะที่ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดเยื่อ CTMP ฟอก อยู่ระหว่าง 1.20-5.03 $mN.m^2/g$ (ตารางที่ 9) ภาพที่ 56 ชี้ให้เห็นว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงขึ้น โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 ปี ของเยื่อฟอกให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุดประมาณ 4-5 $mN.m^2/g$ รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ตามลำดับ ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงประมาณ 3 และ 2.3 $mN.m^2/g$



ภาพที่ 56 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นอิสระของเยื่อต่อดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อการดึงและความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ภาพที่ 57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงกับดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาด ซึ่งใช้ในการพิจารณาความแข็งแรงของกระดาษ พบว่าทั้ง 3 ชั้นอายุ เมื่อดัชนีการต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยพบว่าในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 ปีให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงกับดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ตามลำดับ



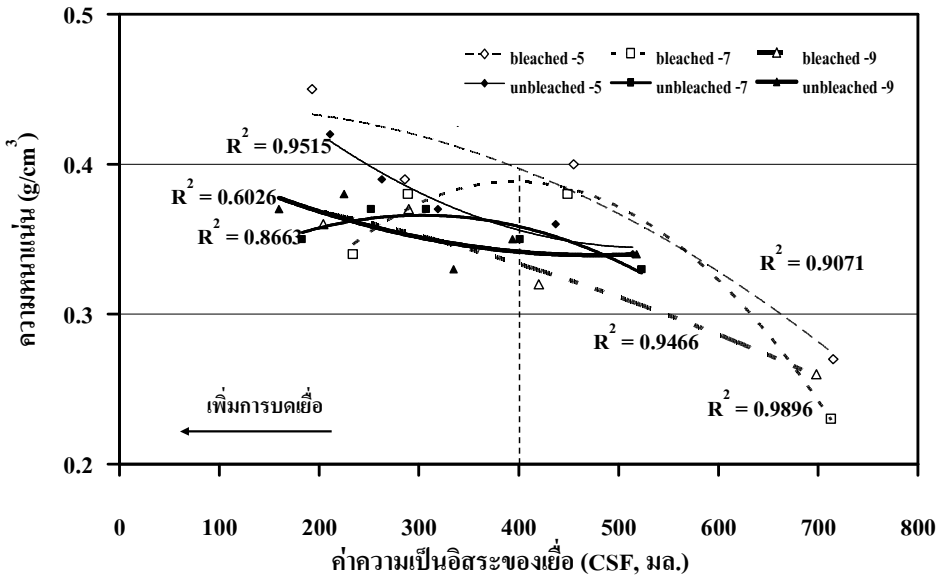
ภาพที่ 57 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดและดัชนีการต้านทานแรงดึงเยื่อ CTMP ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.5 ความหนาแน่นและความหนา

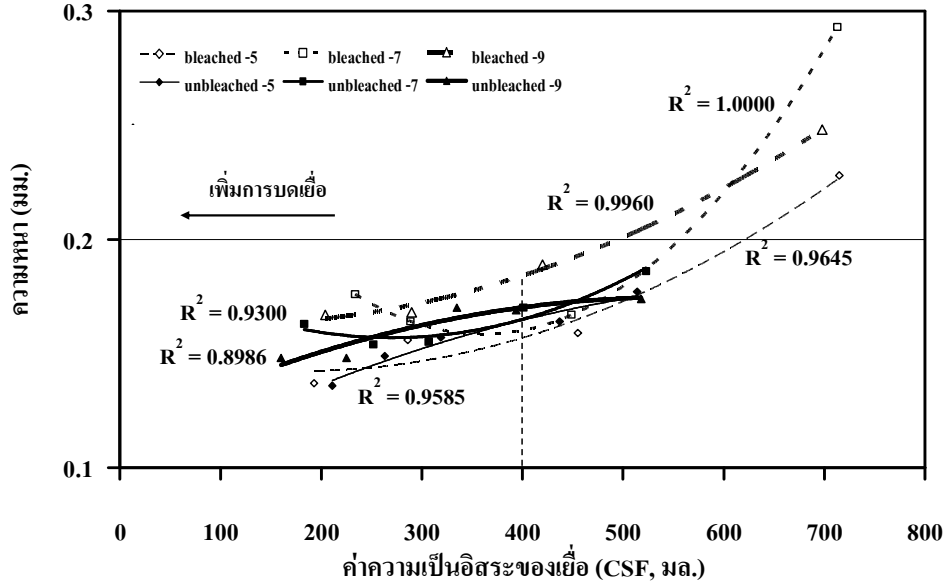
จากตารางที่ 5 6 และ 7 พบว่าค่าความหนาแน่นเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 0.33-0.42 g/cm^3 ในขณะที่ค่าความหนาแน่นเยื่อ CTMP ฟอก อยู่ระหว่าง 0.23-0.45 g/cm^3 (ตารางที่ 9) ภาพที่ 58 ชี้ให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าความหนาแน่นสูงขึ้น โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 และ 7 ปี ของเยื่อฟอกให้ค่าความหนาแน่นสูงใกล้เคียงกันประมาณ 0.4 g/cm^3 รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 9 ปี โดยค่าความหนาแน่นประมาณ 0.33 g/cm^3 ในขณะที่ค่าความหนาเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 0.136-0.186 มิลลิเมตร

ค่าความหนาเยื่อ CTMP ฟอก จากสภาวะเดียวกัน อยู่ระหว่าง 0.137-0.293 มิลลิเมตร (ตารางที่ 9) ภาพที่ 59 ชี้ให้เห็นว่าค่าความหนาลดลง เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าความหนาต่ำลง โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 และ 7 ปี ของ

เยื่อฟอกให้ค่าความหนาสูงใกล้เคียงกันประมาณ 0.15 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 9 ปี โดยค่าความหนาประมาณ 0.14 มิลลิเมตร



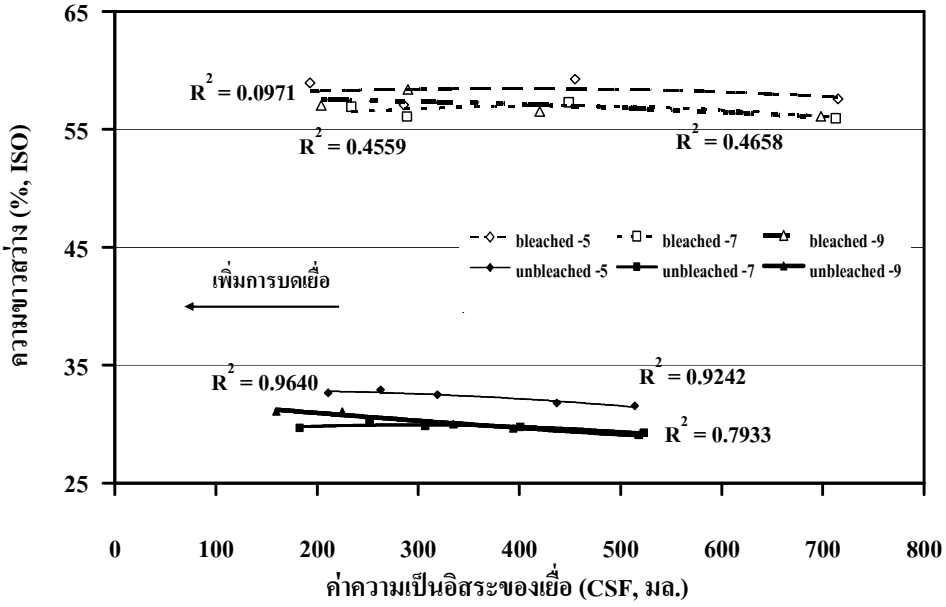
ภาพที่ 58 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นอิสระของเยื่อต่อความหนาแน่นเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี



ภาพที่ 59 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นอิสระของเยื่อต่อความหนาเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.6 ค่าความขาวสว่างของเยื่อ CTMP ฟอก

จากตารางที่ 5 6 และ 7 พบว่าค่าความขาวสว่างเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 29.09-32.64%ISO ในขณะที่ค่าความขาวสว่างเยื่อ CTMP ฟอกอยู่ระหว่าง 55-94-59.25%ISO (ตารางที่ 9) ภาพที่ 60 ชี้ให้เห็นว่าค่าความขาวสว่างใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าความขาวสว่างสูงขึ้น โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 ปี ของเยื่อฟอก ให้ค่าความขาวสว่างสูงกว่าไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ประมาณ 57%ISO โดยไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ให้ค่าความขาวสว่างใกล้เคียงกันประมาณ 56%ISO

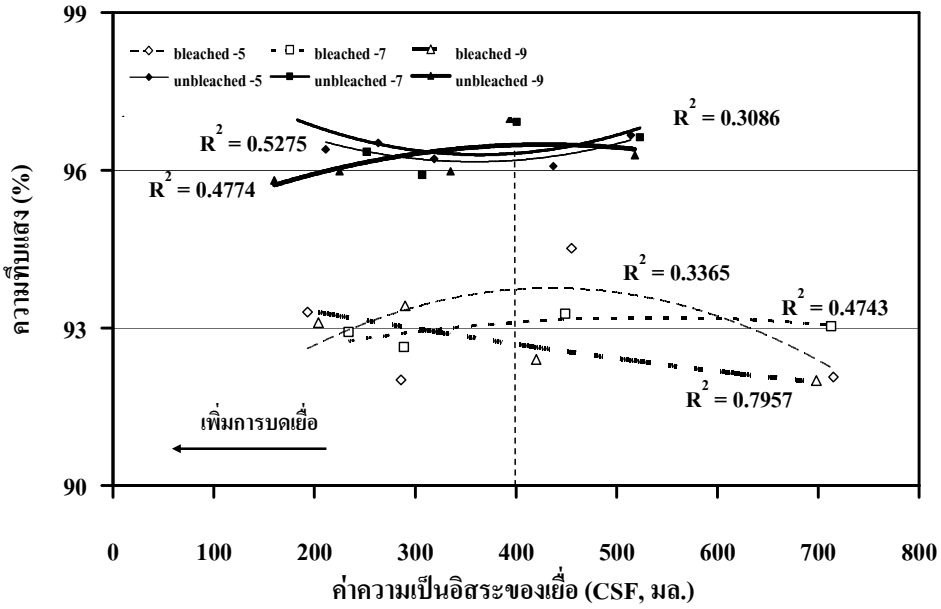


ภาพที่ 60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นอิสระของเยื่อและค่าความขาวสว่างของเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

5.7 ค่าความทึบแสง

จากตารางที่ 5 6 และ 7 พบว่าค่าความทึบแสงเยื่อ CTMP ไม่ฟอก จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% อยู่ระหว่าง 95.81-97.19% ในขณะที่ค่าความทึบแสงเยื่อ CTMP ฟอกอยู่ระหว่าง 92.00-94.52% (ตารางที่ 9) ภาพที่ 61 ชี้ให้เห็นว่าค่าความทึบแสงใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชั้นอายุ เมื่อเพิ่มรอบของการบดด้วย PFI mill เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการฟอกเยื่อที่ระดับค่าความ

เป็นอิสระของเยื่อ 400 มิลลิลิตร (CSF) พบว่าในไม้ตีนเป็ดทั้ง 3 ชั้นอายุ การฟอกเยื่อมีผลให้ค่าความทึบแสงลดลง โดยในไม้ตีนเป็ดอายุ 5 ปี ของเยื่อฟอก ให้ค่าความทึบแสงสูงกว่าไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ประมาณ 94% รองลงมาได้แก่ ไม้ตีนเป็ดอายุ 7 และ 9 ปี ให้ค่าความทึบแสงประมาณ 93 และ 92% ตามลำดับ



ภาพที่ 61 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นอิสระของเยื่อและค่าความทึบแสงเยื่อ CTMP จากกรรมวิธีอัลคาไลซัลไฟต์ ที่ใช้ปริมาณสารเคมี 20% ของไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี

6. ผลทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อ CTMP

จากการทดลองครั้งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเยื่อ CTMP ระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถสรุปเป็นภาพรวมของการปล่อยของเสียลงน้ำและสู่บรรยากาศจากการผลิตเยื่อ CTMP ไม้ตีนเป็ดอายุ 5 7 และ 9 ปี ดังแสดงในภาพที่ 62