

7. ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หก และไผ่หวานอ่างซาง ต่างชั้นอายุกัน คือ 1 ปี 2 ปี 3 ปี 4 ปี และ 5 ปี และระดับปริมาณการที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 6 10 และ 14 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยในช่วง 1022 - 2870 และ 1049 - 3333 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หกชั้นอายุ 1 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 10 และชั้นอายุ 2 ปี 3 ปี และ 4 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 14 และที่ทำจากไผ่หวานอ่างซาง ชั้นอายุ 2 ปี และ 3 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 10 และชั้นอายุ 5 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 14 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย เท่ากับ 2168 2145 2483 2312 2242 2429 และ 2481 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5906 - 1994 ที่กำหนด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 2000 เมกกะพาสคัล แต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 ที่กำหนดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 2500 เมกกะพาสคัล ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หกชั้นอายุ 1 และ 5 ปี ปริมาณการร้อยละ 14 และที่ทำจากไผ่หวานอ่างซางชั้นอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี และ 4 ปี ปริมาณการร้อยละ 14 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย เท่ากับ 2866 2870 3333 3065 3077 และ 2913 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งสองอย่างข้างต้น (ตารางที่ 11 และภาพที่ 7)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดไผ่ ชั้นอายุไผ่ และปริมาณการที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) นอกจากนี้ ยังเกิดอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดไผ่กับชั้นอายุ และชั้นอายุกับปริมาณการที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดไผ่กับปริมาณการที่ใช้มีผลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 6)

จากการที่ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดไผ่ ชั้นอายุไผ่ และปริมาณการที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อนำค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's new multiple range test พบว่า แผ่น ใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หวานอ่างซาง ชั้นอายุ 1 ปี 3 ปี 2 ปี และ 4 ปี ใช้ปริมาณการร้อยละ 14 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด คือ 3333 3077 3065 และ 2931 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 7)

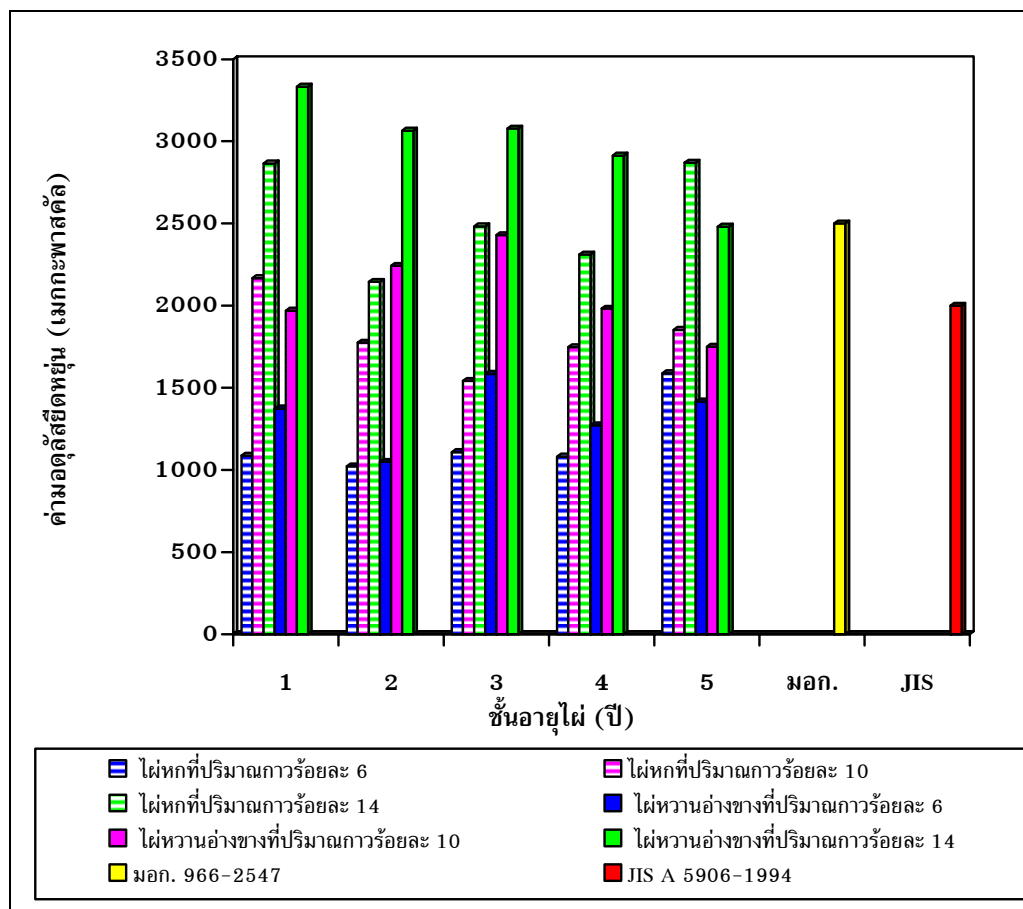
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจาก
ไผ่หก และไผ่หวานอ้างอิงกับมาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994

ชนิดของวัตถุดิบ	ชั้นอายุ (ปี)	ปริมาณกาว (ร้อยละ)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกกะพาสคัล)	หมายเหตุ
มอก.966-2547			≥ 2500	
JIS A 5906-1994			≥ 2000	
ไผ่หก	1	6	1088	
		10	2168	ผ่าน JIS
		14	2866	ผ่าน มอก. และ JIS
	2	6	1022	
		10	1775	
		14	2145	ผ่าน JIS
	3	6	1109	
		10	1542	
		14	2483	ผ่าน JIS
	4	6	1081	
		10	1747	
		14	2312	ผ่าน JIS
	5	6	1589	
		10	1853	
		14	2870	ผ่าน มอก. และ JIS
ไผ่หวานอ้างอิง	1	6	1374	
		10	1970	
		14	3333	ผ่าน มอก. และ JIS
	2	6	1049	
		10	2242	ผ่าน JIS
		14	3065	ผ่าน มอก. และ JIS
	3	6	1585	
		10	2429	ผ่าน JIS
		14	3077	ผ่าน มอก. และ JIS

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ชั้นอายุ (ปี)	ปริมาณกาว (ร้อยละ)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกกะพาสคัล)	หมายเหตุ
ไผ่หวานอ่างช้าง (ต่อ)	4	6	1272	ผ่าน JIS
		10	1982	
		14	2913	
	5	6	1417	ผ่าน JIS
		10	1750	
		14	2481	

หมายเหตุ ผ่าน มอก. และ JIS หมายถึง ค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ
 เกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5906-1994
 ผ่าน JIS หมายถึง ค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5906-1994 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์
 มาตรฐาน มอก. 966-2547



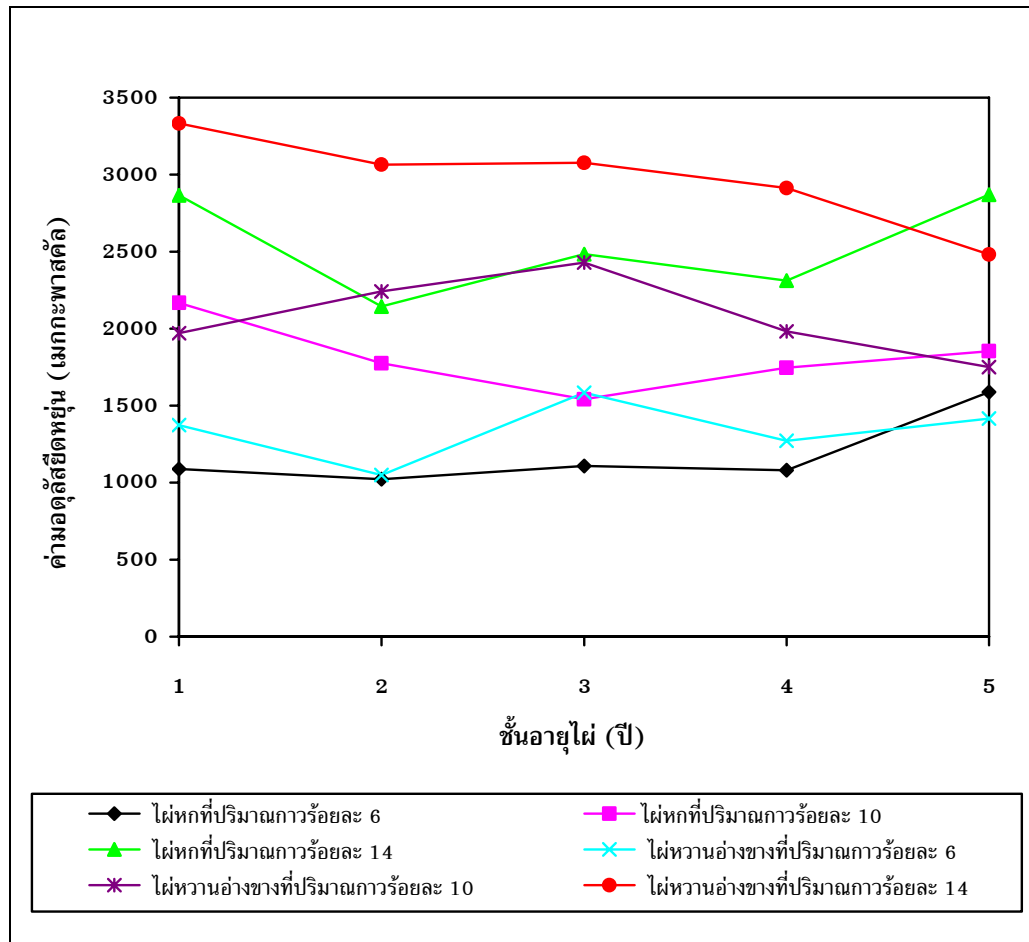
ภาพที่ 7 ความดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไฟท์ก และไฟท์หวานอ่างซางที่ชั้นอายุและปริมาณการที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994

ตารางที่ 12 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หก และ ไผ่หวานอ่างซางที่ชั้นอายุและปริมาณการที่แตกต่างกัน

(หน่วย: ร้อยละ)

ชนิดไผ่	ปริมาณการ (ร้อยละ)	ชั้นอายุไผ่ (ปี)				
		1	2	3	4	5
ไผ่หก	6	1088	1022	1109	1081	1589
		klm	m	klm	klm	hijk
	10	2168	1775	1542	1747	1853
		defg	ghij	hijkl	ghij	fghi
	14	2866	2145	2483	2312	2870
		bc	defg	cd	def	bc
ไผ่หวานอ่างซาง	6	1374	1049	1585	1272	1417
		ijklm	lm	hijk	jklm	ijklm
	10	1970	2242	2429	1982	1750
		efgh	defg	cde	efgh	ghij
	14	3333	3065	3077	2913	2481
		a	ab	ab	abc	cd

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มตัวอักษรร่วมกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของค่ามดูลัสยัตยุ่นเฉลี่ยของแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง จากไม้หก และไม้หวานอ่างช้างที่ชั้นอายุและปริมาณการร้อยละที่แตกต่างกัน

8. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หก และไผ่หวานอ่างช้าง ต่างชั้นอายุ คือ 1 ปี 2 ปี 3 ปี 4 ปี และ 5 ปี และระดับปริมาณการที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 6 10 และ 14 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยในช่วง 0.19 – 1.58 เมกกะพาสคัล และ 0.24 – 1.23 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หกชั้นอายุ 2 ปี และ 4 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 6 และชั้นอายุ 2 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 10 และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หวานอ่างช้างชั้นอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี และ 5 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 6 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 0.24 0.19 0.39 0.36 0.24 0.37 และ 0.39 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966 – 2547 ที่กำหนดค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าไม่น้อยกว่า 0.6 เมกกะพาสคัล และ มาตรฐาน JIS A 5906 – 19944 ที่กำหนดค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าไม่น้อยกว่า 0.4 เมกกะพาสคัล ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หกชั้นอายุ 1 ปี และ 3 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 10 และ 14 ชั้นอายุ 2 ปี และ 4 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 14 และชั้นอายุ 5 ปี ทุกระดับปริมาณการ และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ที่ทำจากไผ่หวานอ่างช้างชั้นอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี 4 ปี และ 5 ปี ระดับปริมาณการร้อยละ 10 และ 14 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งสองอย่างข้างต้น (ตารางที่ 13 และภาพที่ 9)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดไผ่ ชั้นอายุไผ่ และปริมาณการที่ใช้มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เกิดอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดไผ่กับชั้นอายุไผ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างชั้นอายุไผ่กับปริมาณการที่ใช้มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 8) เมื่อนำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ผลสรุปได้ดังนี้

8.1 ปัจจัยร่วม ระหว่างชนิดไผ่กับชั้นอายุไผ่ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 9) พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หก ชั้นอายุ 5 ปี และ 3 ปี มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.05 และ 0.83 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หวานอ่างช้างต่างชั้นอายุกันมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

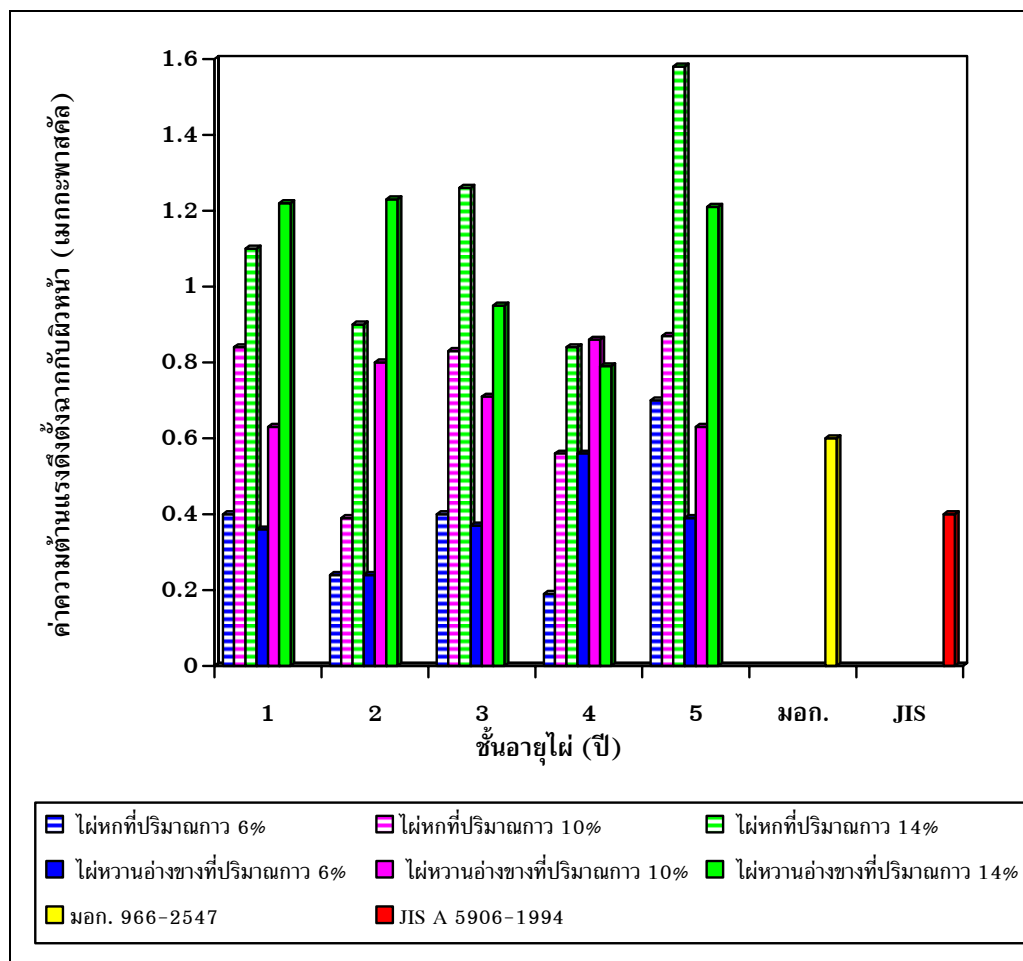
ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หกและไผ่หวานอ้างอิงกับมาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994

ชนิดของวัตถุดิบ	ชั้นอายุ (ปี)	ปริมาณการ (ร้อยละ)	ความต้านแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกกะพาสคัล)	หมายเหตุ
มอก.966-2547			≥ 0.60	
JIS A 5906-1994			≥ 0.40	
ไผ่หก	1	6	0.40	ผ่าน JIS
		10	0.84	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.10	ผ่าน มอก. และ JIS
	2	6	0.24	
		10	0.39	
		14	0.90	ผ่าน มอก. และ JIS
	3	6	0.40	ผ่าน JIS
		10	0.83	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.26	ผ่าน มอก. และ JIS
	4	6	0.19	
		10	0.56	ผ่าน JIS
		14	0.84	ผ่าน มอก. และ JIS
ไผ่หวานอ้างอิง	1	6	0.70	ผ่าน มอก. และ JIS
		10	0.87	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.58	
	2	6	0.36	
		10	0.63	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.22	ผ่าน มอก. และ JIS
	3	6	0.24	
		10	0.80	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.23	ผ่าน มอก. และ JIS
	3	6	0.37	
		10	0.71	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	0.95	ผ่าน มอก. และ JIS

ตารางที่ 13 (ต่อ) เปรียบเทียบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หกและไผ่หวานอ้างอิงกับมาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994

ชนิดของวัตถุดิบ	ชั้นอายุ (ปี)	ปริมาณการ (ร้อยละ)	ความต้านแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกกะพาสคัล)	หมายเหตุ
ไผ่หวานอ้างอิง (ต่อ)	4	6	0.56	ผ่าน มอก. และ JIS
		10	0.86	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	0.79	ผ่าน มอก. และ JIS
	5	6	0.39	
		10	0.63	ผ่าน มอก. และ JIS
		14	1.21	ผ่าน มอก. และ JIS

หมายเหตุ ผ่าน มอก. และ JIS หมายถึง ค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ
เกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5906-1994
ผ่าน JIS หมายถึง ค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5906-1994 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์
มาตรฐาน มอก. 966-2547



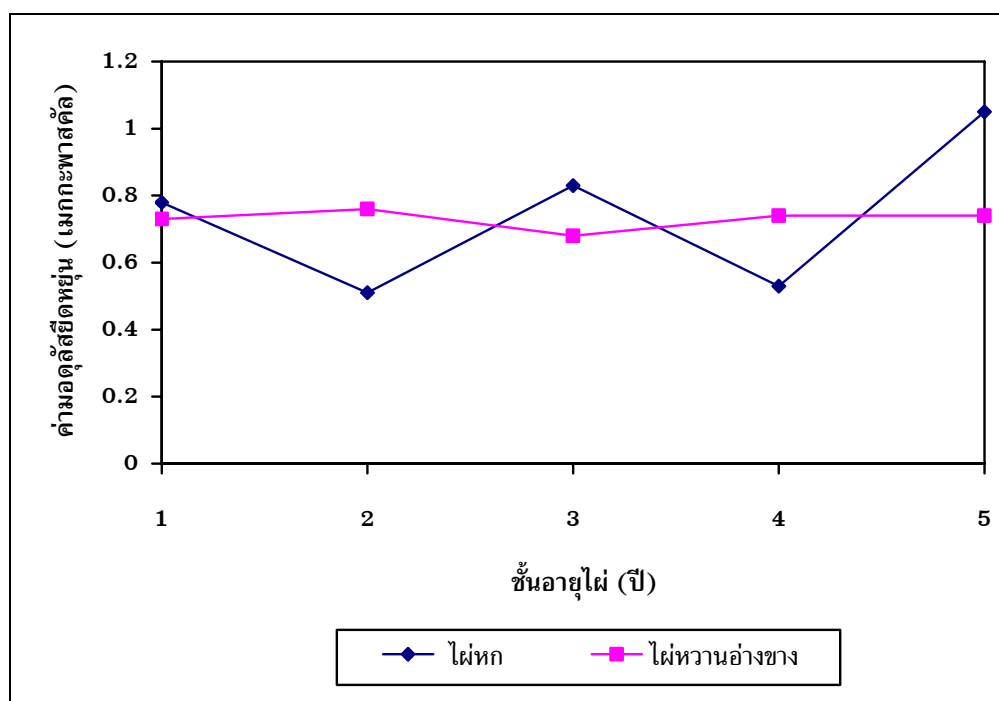
ภาพที่ 9 ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่แห้งและไผ่หวานอ่างซางที่ชั้นอายุและปริมาณการที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หก และไผ่หวานอ่างช้างชั้นอายุที่แตกต่างกัน

(หน่วย: เมกะพาสคัล)

ชนิดไผ่	ชั้นอายุไผ่ (ปี)				
	1	2	3	4	5
ไผ่หก	0.78 bc	0.51 d	0.83 b	0.53 cd	1.05 a
ไผ่หวานอ่างช้าง	0.73 bcd	0.76 bcd	0.68 bcd	0.74 bcd	0.74 bcd

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มตัวอักษรร่วมกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หกและไผ่หวานอ่างช้างที่ชั้นอายุแตกต่างกัน

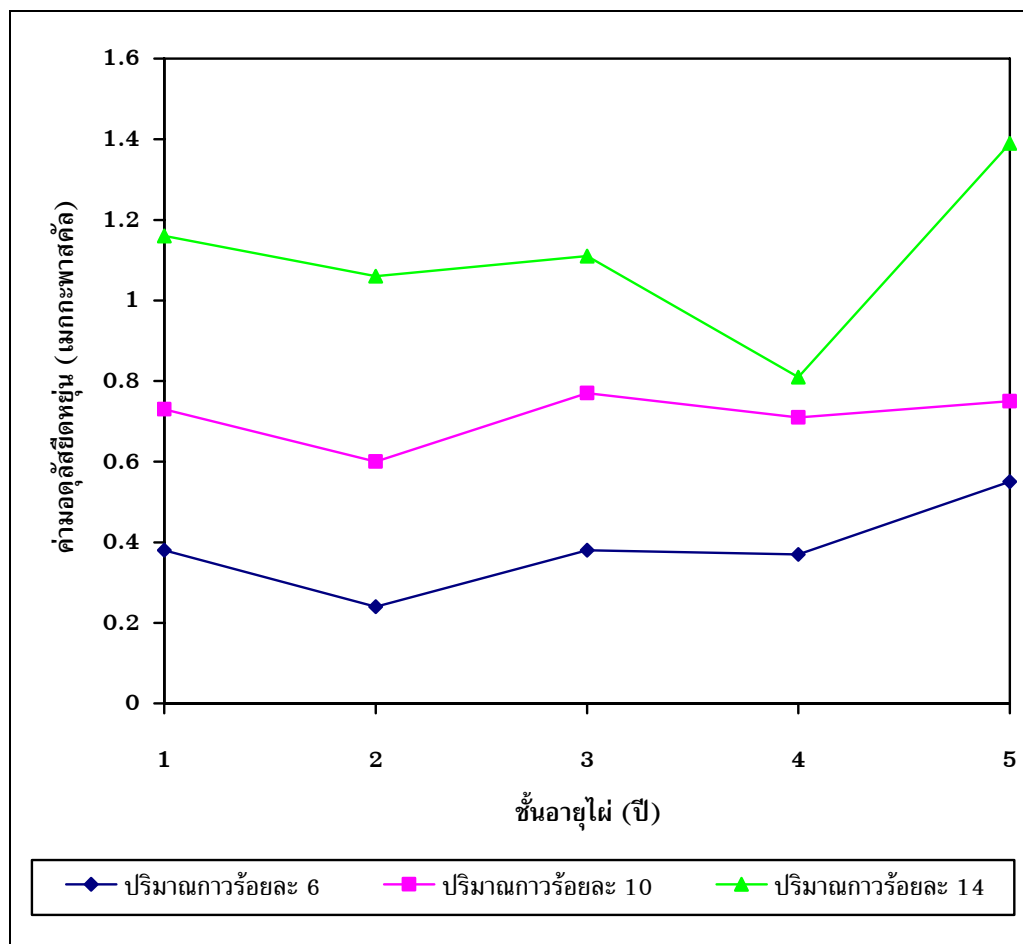
8.2 ปัจจัยร่วม ระหว่างชั้นอายุไฟกับปริมาณกาบที่ใช้ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 11 และ ตารางผนวกที่ 10) พบว่า ที่ระดับปริมาณกาบ 14% เมื่อใช้ไฟชั้นอายุ 5 ปี 1 ปี และ 3 ปี ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจะมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.39 1.16 และ 1.11 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับปริมาณกาบเท่ากันชั้นอายุแตกต่างกันค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไฟต่างชั้นอายุ และปริมาณกาบที่ใช้แตกต่างกัน

(หน่วย: เมกกะพาสคัล)

ชั้นอายุไฟ (ปี)	ปริมาณกาบ (ร้อยละ)		
	6	10	14
1	0.38	0.73	1.16
	ef	d	ab
2	0.24	0.60	1.06
	f	de	bc
3	0.38	0.77	1.11
	ef	cd	ab
4	0.37	0.71	0.81
	ef	d	cd
5	0.55	0.75	1.39
	def	d	a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มตัวอักษรร่วมกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของค่าความต้านแรงดึงตั้งจากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไฟที่ชั้นอายุ และปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน

9. การเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ผลิตได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและงานวิจัยที่มีในอดีต

จากสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทำจากไผ่หก และไผ่หวานอ่างช้างที่กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่า ที่ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หวานอ่างช้าง ชั้นอายุ 5 ปี มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994 กำหนด มีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตที่ใช้ปัจจัยในการผลิตใกล้เคียงกันพบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไผ่หวานอ่างช้างจะมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่สูงกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากไม้มะเกลือ และไม้ *Eucalyptus saligna* เนื่องจากไผ่เป็นพืชที่มีเส้นใยยาว ดังนั้นการยึดเหนี่ยวของเส้นใยจึงดีกว่า ส่วนการที่สมบัติด้านอื่นมีค่าต่ำกว่านั้น ต้องทำการปรับปรุงสภาวะในการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น (ตารางที่ 16)