

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การควบคุมคุณภาพของสมุนไพรมีความสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งเพราะจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการรักษาที่แน่นอนเชื่อถือได้ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสมุนไพรเริ่มตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบสมุนไพร ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การบรรจุและการเก็บรักษา ตลอดจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ และสถานะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สมุนไพร เนื่องจากสมุนไพรจะมีประสิทธิภาพในการรักษาตามต้องการ ต้องมีปริมาณด้วยสำคัญ จึงต้องมีการประเมินคุณภาพ โดยการหาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้ารวม ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแทนนิน ปริมาณซาโปนิน และปริมาณจีเพนโนไซด์

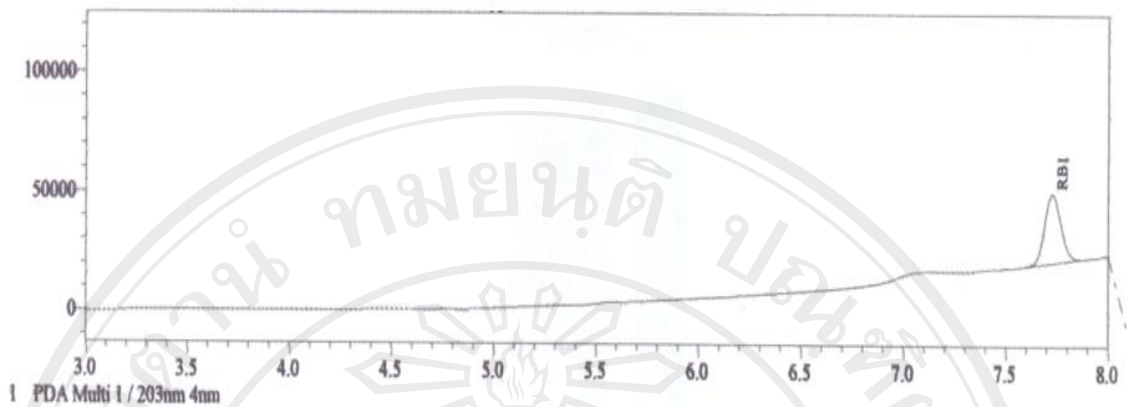
4.1 การตรวจคุณภาพทางเคมีของสมุนไพรเจียวกู่หลาน

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสมุนไพรเจียวกู่หลาน พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.12 ± 0.046 การกำหนดมาตรฐานความชื้นของสมุนไพรเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากหากมีความชื้นมากและมีอุณหภูมิที่เหมาะสม จะทำให้เอนไซม์ในสมุนไพรทำงาน เป็นเหตุให้สมุนไพรเสื่อมคุณภาพ ทำให้เชื้อราขึ้นง่าย โดยทั่วไปได้กำหนดมาตรฐานความชื้นสมุนไพรไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2548; และประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) ซึ่งจากการทดลองสมุนไพรเจียวกู่หลานมีความชื้นที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน การหาปริมาณเถ้าเป็นการหาปริมาณสิ่งปลอมปนโดยการเผาผงสมุนไพรจนเป็นเถ้า มีรายงานว่าสมุนไพรเจียวกู่หลานอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ กว่า 23 ชนิด ปริมาณเถ้าจึงค่อนข้างสูง จากมาตรฐานสมุนไพรกำหนดให้มีปริมาณเถ้ารวม 10.15-14.69% จากการทดลองสมุนไพรเจียวกู่หลานมีปริมาณเถ้าไม่เกินค่ามาตรฐานคือ $12.59 \pm 0.17\%$ โดยเป็นเถ้าที่ละลายน้ำ $1.48 \pm 0.36\%$ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของวิระศักดิ์ เข็มโนชาญและคณะ (2547) พบว่ามีปริมาณเถ้าทั้งหมดถึง 10.71-18.26% มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด $1.73 \pm 0.54\%$ ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ $0.42 \pm 0.12\%$ นอกจากนี้เจียวกู่หลานยังมีปริมาณแทนนิน $2.49 \pm 0.006\%$ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าการศึกษาของพิทยา สรวมศิริ และคณะ (2543) คือ $1.70 \pm 0.06\%$

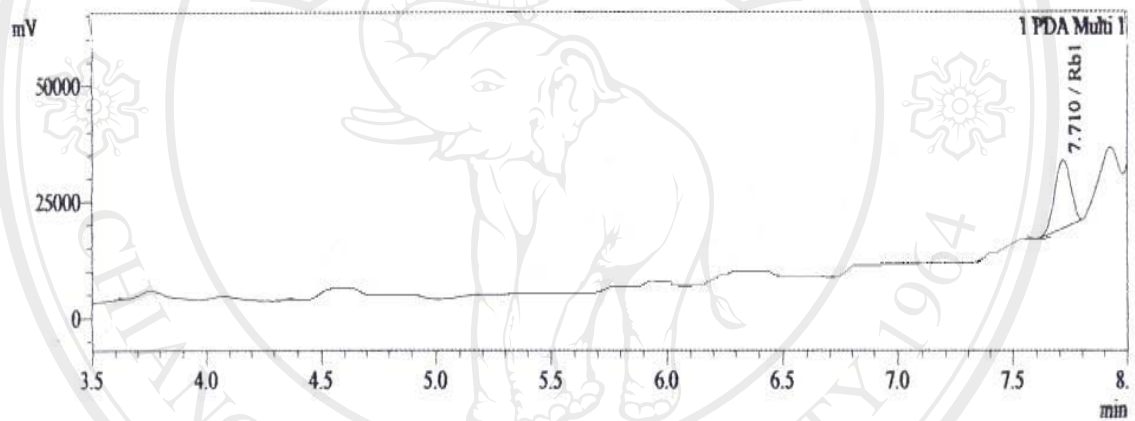
การกำหนดมาตรฐานปริมาณสารออกฤทธิ์ในสมุนไพร ถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการควบคุมคุณภาพ เพื่อประโยชน์ในการควบคุมสารสำคัญในสมุนไพร สถาบันวิจัยสมุนไพรได้กำหนดมาตรฐานของปริมาณซาโปนินและจิงเพนโนไซด์ คือ 3.60-10.58% และ 1.30-6.59% ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีปริมาณซาโปนินทั้งหมด $9.28 \pm 0.52\%$ ปริมาณจิงเพนโนไซด์ทั้งหมด $0.31 \pm 0.09\%$ และจินเซนโนไซด์ Rb1 7.6 ± 1.00 มก./100ก. (ภาพ 4.1 และ 4.2) สาเหตุที่มีปริมาณจิงเพนโนไซด์ต่ำกว่ามาตรฐานอาจเป็นเพราะว่าเถาวัลย์หูลานที่นำมาเป็นวัตถุดิบนั้นยังไม่แก่จัด จึงมีปริมาณสารออกฤทธิ์อยู่น้อย

ตาราง 4.1 การตรวจคุณภาพทางเคมีของสมุนไพรเถาวัลย์หูลาน

คุณสมบัติ	ปริมาณ (g/g db)	%
ความชื้น	0.0412 ± 0.0005	4.12 ± 0.046
เถ้า	0.1259 ± 0.0017	12.59 ± 0.17
เถ้าที่ละลายน้ำ	0.0148 ± 0.0036	1.48 ± 0.36
น้ำตาลทั้งหมด	0.0173 ± 0.0054	1.73 ± 0.54
น้ำตาลรีดิวงซ์	0.0042 ± 0.0012	0.42 ± 0.12
แทนนิน	0.0170 ± 0.0006	1.70 ± 0.06
ซาโปนิน	0.0928 ± 0.0052	9.28 ± 0.52
จิงเพนโนไซด์	0.0031 ± 0.0009	0.31 ± 0.09
จินเซนโนไซด์ Rb1 (มก./100ก.)	7.6 ± 1.00	7.6 ± 1.00



ภาพ 4.1 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานจินเซนโนไซด์ Rb1



ภาพ 4.2 โครมาโตแกรมของจินเซนโนไซด์ Rb1 สกัดจากตัวอย่าง

4.2 การศึกษาการวิเคราะห์ซาโปนินด้วยวิธีดั้งเดิม

ตาราง 4.2 แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยน้ำมีปริมาณผลผลิต จิเพนโนไซด์และ จินเซนโนไซด์ Rb1 คือ $21.99 \pm 0.24\%$, $0.91 \pm 0.17\%$ และ 10.0 ± 12.0 มก./100ก. ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการสกัดด้วยเอทานอล คือ $22.87 \pm 1.32\%$, $0.85 \pm 0.07\%$ และ 20.0 ± 13.0 มก./100ก. ตามลำดับ ส่วนปริมาณซาโปนินการสกัดด้วยน้ำมีปริมาณซาโปนิน คือ $6.77 \pm 1.08\%$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการสกัดด้วยเอทานอล คือ $11.71 \pm 0.49\%$ อย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p \leq 0.05$ เนื่องจากซาโปนินเป็นสารประกอบที่มีขั้วค่อนข้างต่ำ เมื่อนำมาสกัดด้วยน้ำซึ่งมีขั้วสูงการสกัดจึงให้ปริมาณซาโปนินน้อย แตกต่างจากการสกัดด้วยเอทานอล ซึ่งเป็นสารละลายที่มีขั้วต่ำ (Ethanol, 2007) จึงสามารถสกัดซาโปนินออกมาได้มาก

ตาราง 4.2 การศึกษาการสกัดซาโปนินด้วยวิธีดั้งเดิม

คุณสมบัติ	การสกัดด้วยน้ำ		การสกัดด้วยเอทานอล %	
	g/g db	%	g/g db	%
ผลผลิต	0.2199±0.0024	21.99±0.24	0.2287±0.0132	22.87±1.32
ซาโปนิน	0.0677±0.0108	6.77±1.08 ^a	0.1171±0.0049	11.71±0.49 ^b
จีเพนโนไซด์	0.0091±0.0017	0.91±0.17	0.0085±0.0007	0.85±0.07
จินเซนโนไซด์ Rb1	10.0±12.0	10.0±12.0	20.0±13.0	20.0±13.0

หมายเหตุ ^a และ ^b คือ สัญลักษณ์ทางสถิติแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $p \leq 0.05$

4.3 การศึกษาการสกัดซาโปนินโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

4.3.1 การศึกษาการสกัดซาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

การศึกษาการสกัดซาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟวางแผนการทดลองแบบ 3x3+3cp โดยมีความผันแปร 2 ปัจจัยคือ อัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำ 5-25% และเวลาในการสกัด 1-5 นาที ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.3 คือ ในอัตราส่วนเดียวกันเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนินและจีเพนโนไซด์ลดลง ในทำนองเดียวกันเมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากันการเพิ่มอัตราส่วนจะมีผลทำให้ได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนิน และจีเพนโนไซด์ลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายนี้มีปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนิน และจีเพนโนไซด์อยู่ในช่วง 33.15-10.29%, 7.65-2.47% และ 1.25-0.30% โดยที่อัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำ 5% และเวลาในการสกัด 3 นาทีให้ปริมาณผลผลิต, ซาโปนินและจีเพนโนไซด์ มากที่สุด คือ 33.15%, 7.65% และ 1.25% ตามลำดับ และที่อัตราส่วนของเจียวกู่หลานในน้ำ 25% เวลาในการสกัด 5 นาทีให้ปริมาณผลผลิต และปริมาณซาโปนินน้อยที่สุด คือ 10.29% และ 2.47% ที่อัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำ 15% เวลาในการสกัด 5 นาที ให้ปริมาณจีเพนโนไซด์น้อยที่สุด คือ 0.30% เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสมการ Regression (ตารางที่ 4.4) แล้วนำมาวาด กราฟ contour plot (ภาพ 4.3-4.6)

ตาราง 4.3 การศึกษาการสกัดชาโพนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

สิ่งทดลอง	ผลผลิต	ชาโพนิน	จีเพนโนไซด์	จินเซนโนไซด์ Rb1
อัตราส่วนและเวลา	(%)	(%)	(%)	(มก./100ก.)
ratio 5%, 1min	31.53	7.42	0.81	0.88
ratio 5%, 3min	33.15	7.65	1.25	6.72
ratio 5%, 5min	32.92	6.84	0.61	10.20
ratio 15%, 1min	29.87	5.64	0.83	2.09
ratio 15%, 3min	25.74	5.49	0.34	0.87
ratio 15%, 5min	23.97	5.49	0.30	0.74
ratio 25%, 1min	20.35	4.53	0.46	0.31
ratio 25%, 3min	18.79	4.32	0.30	0.67
ratio 25%, 5min	10.29	2.47	0.39	0.84
ratio 15%, 3min(cp)	27.39	6.11	0.54	0.87
ratio 15%, 3min(cp)	26.44	5.59	0.43	2.20
ratio 15%, 3min(cp)	29.28	5.75	0.43	1.78

หมายเหตุ อัตราส่วน คือ ตัวอย่าง (กรัม) ต่อ น้ำ (มิลลิลิตร),

เวลา คือ เวลาเป็นนาทีที่ใช้สกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟ 800 W

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต

ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model)

$$y = 29.03 + 0.28(\text{อัตราส่วน}) + 2.8(\text{เวลา}) - 0.022(\text{อัตราส่วน})^2 - 0.311(\text{เวลา})^2 - 0.143(\text{อัตราส่วน}$$

และเวลา) โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9747$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้

ค่อนข้างดี คือ ถ้าอัตราส่วนและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น จาก

อัตราส่วนกำลังสองและเวลากำลังสองมีอิทธิพลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง และอิทธิพลร่วม

ระหว่างอัตราส่วนและเวลาก็มีผลให้ปริมาณผลผลิตลดลง แต่มีผลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับ

อัตราส่วนและเวลา เมื่อดูจากภาพ 4.3 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าลดลง ถ้าใช้เวลา

เพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณซาโปนิน ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model)
 $y = 7.38 - 0.121(\text{อัตราส่วน}) + 0.675(\text{เวลา}) - 0.105(\text{เวลา})^2 - 0.018(\text{อัตราส่วนและเวลา})$ โดยมีค่า
 ความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9601$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้า
 อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณซาโปนินจะลดลง แต่เมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้มีปริมาณซา
 โปนินเพิ่มขึ้น เวลากำลังสองและอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนและเวลา มีอิทธิพลทำให้ปริมาณซา
 โปนินลดลง เมื่อดูจากภาพ 4.4 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าลดลง ถ้าใช้เวลาเพิ่มขึ้น
 ปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณจีเพนโนไซด์ ได้เป็นสมการเชิงเส้น (Linear Model)
 $y = 1.13 - 0.025(\text{อัตราส่วน}) - 0.067(\text{เวลา})$ มีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นคือ $R^2 = 0.5648$ ซึ่งสามารถ
 อธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างน้อย คือ ถ้าอัตราส่วนและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น
 จะมีผลลดปริมาณจีเพนโนไซด์เมื่อดูจากภาพ 4.5 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์มีค่า
 ลดลง และถ้าใช้เวลาเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์ก็จะลดลงตามไปด้วย

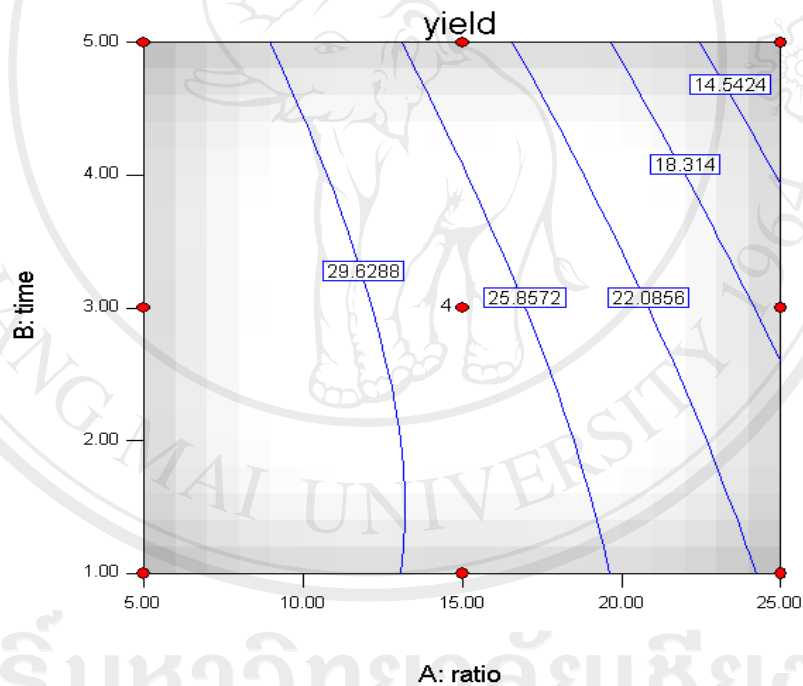
การวิเคราะห์ปริมาณ จินเซน โนไซด์ Rb1 ได้เป็นสมการปฏิสัมพันธ์ (Interaction)
 $y = -7.27 + 6.32 \times 10^{-4}(\text{อัตราส่วน}) + 0.023(\text{เวลา}) - 1.09 \times 10^{-3}(\text{อัตราส่วนและเวลา})$ โดยมีค่า
 ความสัมพันธ์ $R^2 = 0.7427$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้า
 อัตราส่วนและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้มีปริมาณ จินเซน โนไซด์ Rb1 เพิ่มขึ้น ซึ่งการ
 เพิ่มขึ้นของอัตราส่วนมีผลให้ปริมาณจินเซน โนไซด์ Rb1 ลดลงแต่มีผลน้อยมาก และอิทธิพลร่วม
 ระหว่างอัตราส่วนและเวลา ก็มีผลให้ปริมาณ จินเซน โนไซด์ Rb1 ลดลง แต่มีผลค่อนข้างน้อยเมื่อ
 เทียบกับเวลา และเมื่อดูจากภาพ 4.6 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าลดลง ถ้าใช้เวลา
 เพิ่มขึ้นปริมาณจินเซน โนไซด์ Rb1 จะเพิ่มขึ้น

เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำนั้นอาจทำให้อุณหภูมิของเจียวกู่หลาน
 มีการกระจาย การละลายได้ลดลง และการดูดซับคลื่นไมโครเวฟเพื่อทำให้เกิดความร้อนนั้น ก็ทำได้
 น้อยลง สารสกัดที่ได้จึงมีปริมาณลดลง (Wang, L. และ Weller, C.L., 2006) การสกัดด้วย
 ไมโครเวฟต้องอาศัยสารละลาย เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะถูกส่งไปยังสารละลาย และ solid plant
 matrix น้ำที่อยู่ใน plant matrix จะดูดซับพลังงานของไมโครเวฟจึงทำให้เซลล์แตก จากการได้รับความ
 ร้อนอย่างยิ่งยวด (Kaufmann *et al.*, 2001a) ซึ่งประสิทธิภาพของไมโครเวฟยังขึ้นอยู่กับการ
 เป็นฉนวนของสารละลาย และ plant matrix อีกด้วย

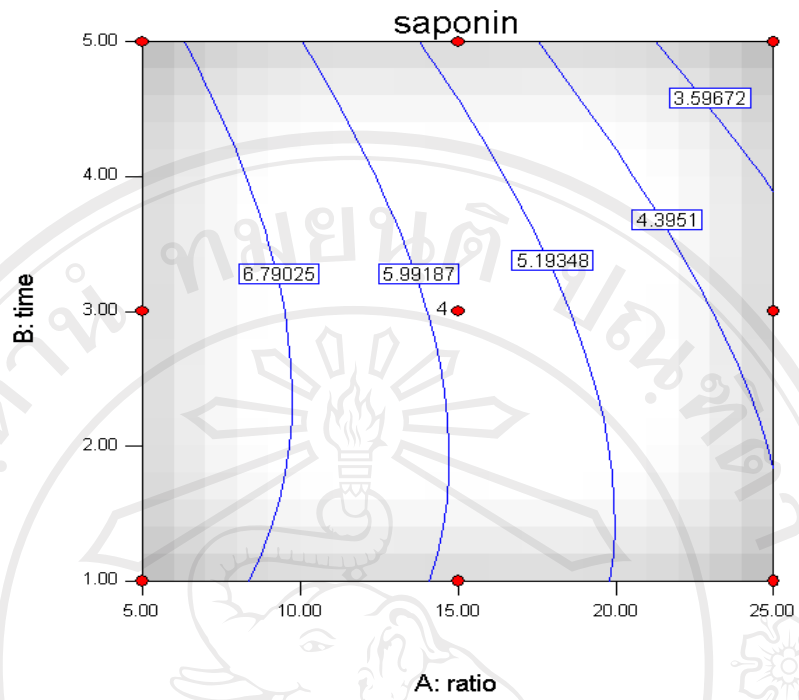
ตาราง 4.4 สมการ Regression ของการศึกษาการสกัดชาไปนินด้วยน้ำ

Coefficients	β_0	β_1	β_2	β_{11}	β_{22}	β_{12}	R^2
ผลผลิต	29.03	0.28	2.80	-0.022	-0.311	-0.143	0.9747
ชาไปนิน	7.38	-0.121	0.675		-0.105	-0.018	0.9601
จีเพนโนไซด์	1.13	-0.025	-0.067				0.5648
จินเซนโนไซด์ Rb1	-7.27	6.32×10^{-4}	0.023			-1.09×10^{-3}	0.7427

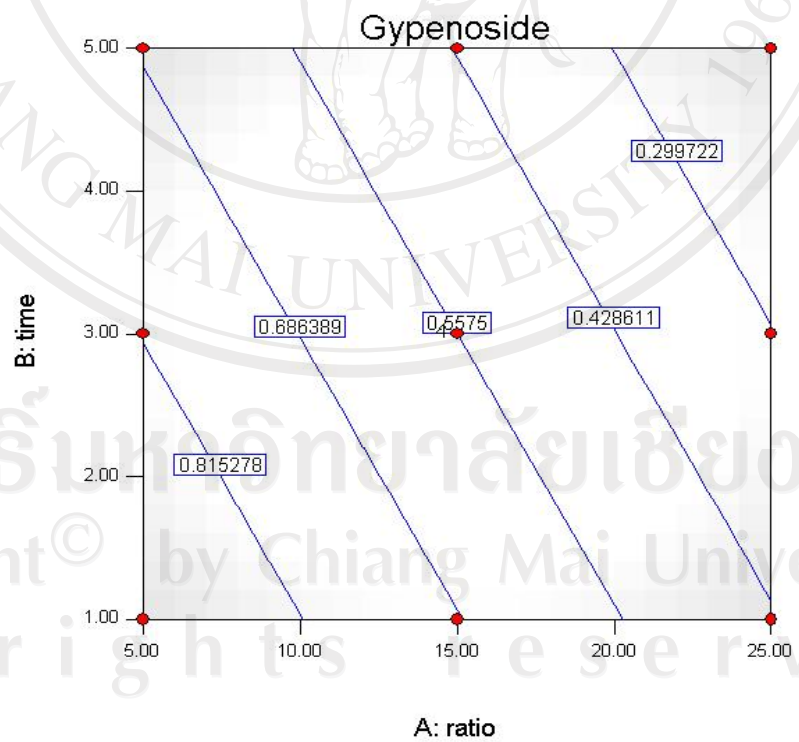
หมายเหตุ β_0 =ค่าคงที่, β_1 = อัตราส่วน, β_2 = เวลา, β_{11} = อัตราส่วน², β_{22} = เวลา²,
 β_{12} = อัตราส่วน*เวลา



ภาพ 4.3 กราฟ Contour plot ของผลผลิตจากการศึกษาวิธีการสกัดชาไปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิค ไมโครเวฟ

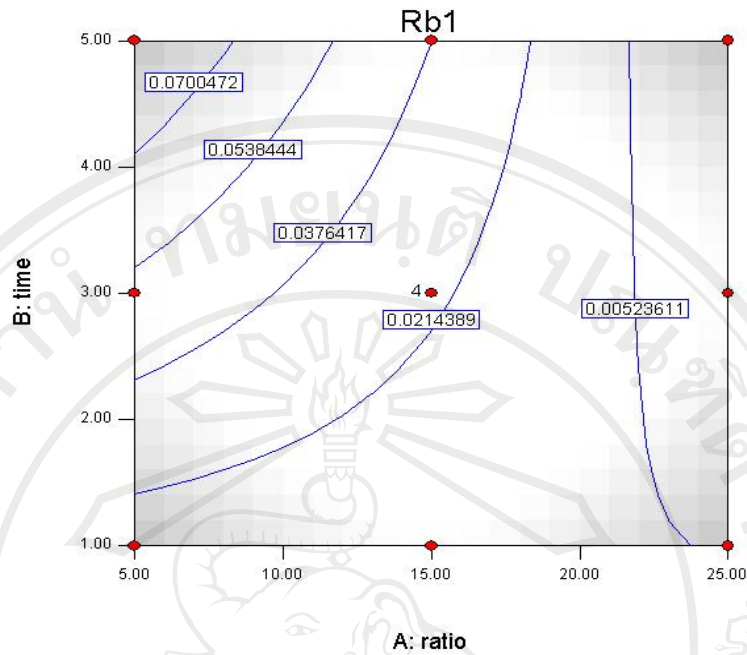


ภาพ 4.4 กราฟ Contour plot ของซาโปนิน จากการศึกษาวิธีการสกัดซาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ



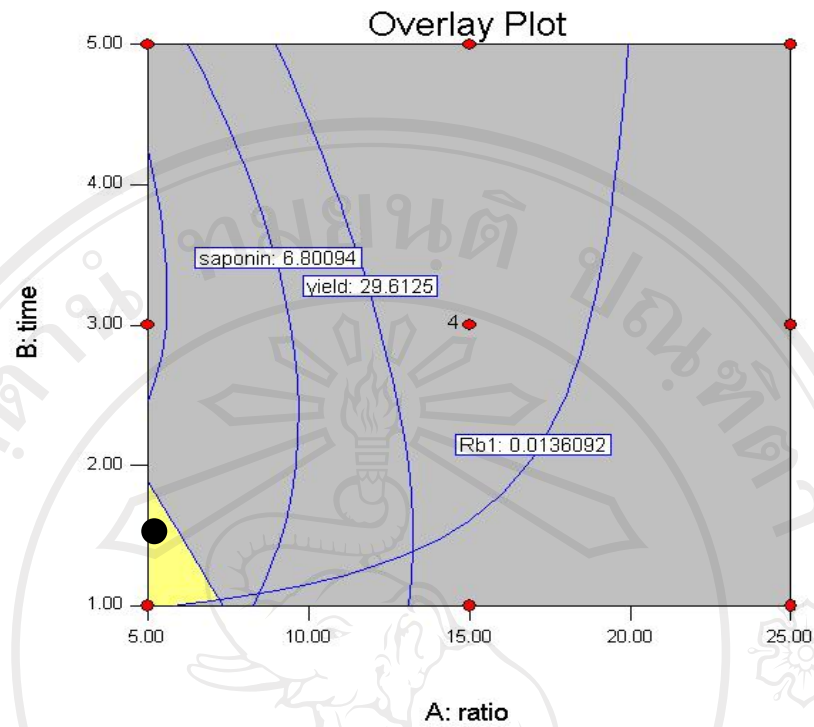
ภาพ 4.5 กราฟ Contour plot ของจีเพนโนไซด์ จากการศึกษาวิธีการสกัดซาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



ภาพ 4.6 กราฟ Contour plot ของ จินเซนโนไซด์ Rb1 จากการศึกษาวิธีการสกัดชาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์หา Optimization (ภาพ 4.7) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ อัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำ 5% เวลาในการสกัด 1.47 นาที จะได้ปริมาณผลผลิต, ชาโปนิน, จิเพนโนไซด์ และจินเซนโนไซด์ Rb1 32.3%, 7.41%, 0.91% และ 2.20 มก./100ก. ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า ได้ปริมาณผลผลิต และจิเพนโนไซด์มากกว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ คือ $36.45 \pm 4.09\%$ และ $1.62 \pm 0.44\%$ ส่วนปริมาณชาโปนินและ จินเซนโนไซด์ Rb1 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ $6.95 \pm 2.57\%$ และ 2.5 ± 2.00 มก./100ก. (ตาราง 4.5)



ภาพ 4.7 optimization ของการสกัดซาโปนินด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ (● จุดสถานะที่เหมาะสม)

ตาราง 4.5 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนิน ปริมาณจีเพนโนไซด์ และปริมาณ จินเซนโนไซด์ Rb1 ที่ได้จากการพยากรณ์และจากค่าจริง จากการสกัดด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	ค่าทำนาย (%)	ค่าจริง (%)
ผลผลิต	32.3	36.45±4.09
ซาโปนิน	7.41	6.70±0.26
จีเพนโนไซด์	0.91	1.62±0.44
จินเซนโนไซด์ Rb1 (มก./100ก.)	2.20	2.50±2.0

4.3.2 การศึกษาการสกัดชาโพนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

เลือกอัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำที่เหมาะสมที่สุดจากการศึกษาการสกัดด้วยน้ำ คือ อัตราส่วนเจียวกู่หลานในน้ำ 5% มาศึกษาโดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยความเข้มข้นของเอทานอล 40-80% และเวลาในการให้ความร้อนของไมโครเวฟ 800 W 1-5 นาที จากตาราง 4.6 การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายนี้มีปริมาณผลผลิต ปริมาณชาโพนินและจีเพนโนไซด์อยู่ในช่วง 31.82%-24.69%, 11.82%-9.13% และ 2.26%-0.42% ตามลำดับ โดยการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้น 40% ที่เวลา 5 นาที ให้ปริมาณชาโพนินน้อยที่สุด คือ 9.13 % และการสกัดด้วยเอทานอล 80% ที่เวลา 3 นาที ให้ชาโพนินมากที่สุด คือ 11.82% เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสมการ Regression (ตารางที่ 4.7) แล้วนำมาวาด กราฟ Contour plot (ภาพ 4.8-4.11) ซึ่งอธิบายดังนี้

ตาราง 4.6 การศึกษาการสกัดชาโพนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

สิ่งทดลอง	ผลผลิต	ชาโพนิน	จีเพนโนไซด์	จินเซนโนไซด์ Rb1
ความเข้มข้นและเวลา	(%)	(%)	(%)	(มก./100ก.)
Et-OH 40%, 1min	29.44	10.53	0.63	3.20
Et-OH 40%, 3min	29.66	9.23	0.42	6.8
Et-OH 40%, 5min	31.82	9.13	0.60	4.1
Et-OH 60%, 1min	29.03	11.15	1.56	48.8
Et-OH 60%, 3min	29.20	10.61	1.21	16.8
Et-OH 60%, 5min	31.21	10.58	1.59	24.7
Et-OH 80%, 1min	25.32	10.66	0.87	8.7
Et-OH 80%, 3min	27.32	11.82	1.01	6.0
Et-OH 80%, 5min	24.69	10.10	2.26	15.6
Et-OH 60%, 3min(cp)	29.51	9.79	1.37	22.3
Et-OH 60%, 3min(cp)	29.16	10.80	0.75	5.3
Et-OH 60%, 3min(cp)	29.54	10.58	0.96	7.2

หมายเหตุ อัตราส่วนที่ใช้คือ 5% (ตัวอย่าง: เอทานอล, 5: 95)

ความเข้มข้นของเอทานอล คือ 40%, 60% และ 80%

เวลา คือ เวลาเป็นนาทีที่ใช้สกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟ 800 W

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model) $y = 17.88 + 0.48(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล}) + 1.38(\text{เวลา}) - 3.9 \times 10^{-3}(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล})^2 + 0.012(\text{เวลา})^2 - 0.019(\text{ความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.8835$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งเวลากำลังสองก็มีอิทธิพลทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของเอทานอลกำลังสองและอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและเวลามีผลให้ปริมาณผลผลิตลดลง แต่มีผลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา เมื่อดูจากภาพ 4.8 เมื่อให้ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าเพิ่มขึ้น จนเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 70% ปริมาณผลผลิตจะมีค่าลดลง ซึ่งเวลาในการสกัดไม่มีผลในการลดปริมาณผลผลิต

การวิเคราะห์ปริมาณซาโปนิน ได้เป็นสมการเชิงเส้น (Linear Model) $y = 9.19 + 0.03(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล}) - 0.21(\text{เวลา})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.5246$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างน้อย คือ ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณซาโปนินจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้เวลากการสกัดนานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณซาโปนินลดลง ซึ่งเวลาในการสกัดมีผลลดปริมาณซาโปนินมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอทานอล เมื่อดูจากภาพ 4.9 เมื่อให้ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น ถ้าใช้เวลาเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตจะลดลง

การวิเคราะห์ปริมาณจีเพนโนไซด์ ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model) $y = -1.705 + 0.12(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล}) - 1.07(\text{เวลา}) - 1.05 \times 10^{-3}(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล})^2 + 0.11(\text{เวลา})^2 + 8.87 \times 10^{-3}(\text{ความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.8612$ ซึ่งสามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้น ปริมาณจีเพนโนไซด์จะเพิ่มขึ้น แต่หากใช้เวลาสกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลลดปริมาณจีเพนโนไซด์ ซึ่งเวลามีผลต่อการลดลงของจีเพนโนไซด์มากกว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอทานอล จากสมการ ความเข้มข้นของเอทานอลกำลังสองมีอิทธิพลไปลดปริมาณจีเพนโนไซด์ แต่เวลากำลังสองกลับมีอิทธิพลเพิ่มปริมาณจีเพนโนไซด์ ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา ก็มีผลเพิ่มปริมาณจีเพนโนไซด์ด้วยเช่นเดียวกัน เมื่อดูจากภาพ 4.10 เมื่อให้ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์เพิ่มขึ้น และถ้าใช้เวลาสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์ก็จะลดลง

การวิเคราะห์ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model)

$$y = -1.11 + 0.05(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล}) - 0.22(\text{เวลา}) - 4.41 \times 10^{-4}(\text{ความเข้มข้นของเอทานอล})^2 + 0.031(\text{เวลา})^2 + 3.75 \times 10^{-4}(\text{ความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา})$$

โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.5666$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างน้อย คือ หากเอทานอลมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณจินเซน โนไซค์ Rb1 เพิ่มขึ้น หากเวลาการสกัดเพิ่มมากขึ้นมีผลให้ปริมาณจินเซน โนไซค์ Rb1 ลดลง ซึ่งเวลาที่ใช้สกัดมีผลมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอทานอล อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอทานอลกำลังสองจะมีผลลดปริมาณจินเซน โนไซค์ Rb1 แต่มีผลน้อยมากเมื่อเทียบกับเวลากำลังสอง ซึ่งเวลากำลังสองและอิทธิพลร่วมระหว่าง ความเข้มข้นของเอทานอลและเวลาก็มีผลให้ปริมาณจินเซน โนไซค์ Rb1 เพิ่มขึ้น แต่มีผลค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับเวลาและจากการวิเคราะห์โมเดล regression พบว่าโมเดลของจินเซน โนไซค์ Rb1 ไม่มีความแตกต่างกัน ในการหา optimize จึงไม่นำมาคิด

ตาราง 4.7 สมการ Regression ของการศึกษาการสกัดชาโพนินด้วยเอทานอลโดยใช้เทคนิค ไมโครเวฟ

Coefficients	β_0	β_1	β_2	β_{11}	β_{22}	β_{12}	R^2
ผลผลิต	17.88	0.48	1.38	-3.9×10^{-3}	0.012	-0.019	0.8835
ชาโพนิน	9.19	0.03	-0.21				0.5246
จีเพน โนไซค์	-1.70	0.12	-1.07	-1.05×10^{-3}	0.11	8.87×10^{-3}	0.8612
จินเซน โนไซค์ Rb1	-1.11	0.05	-0.22	-4.41×10^{-4}	0.031	3.75×10^{-4}	0.5666

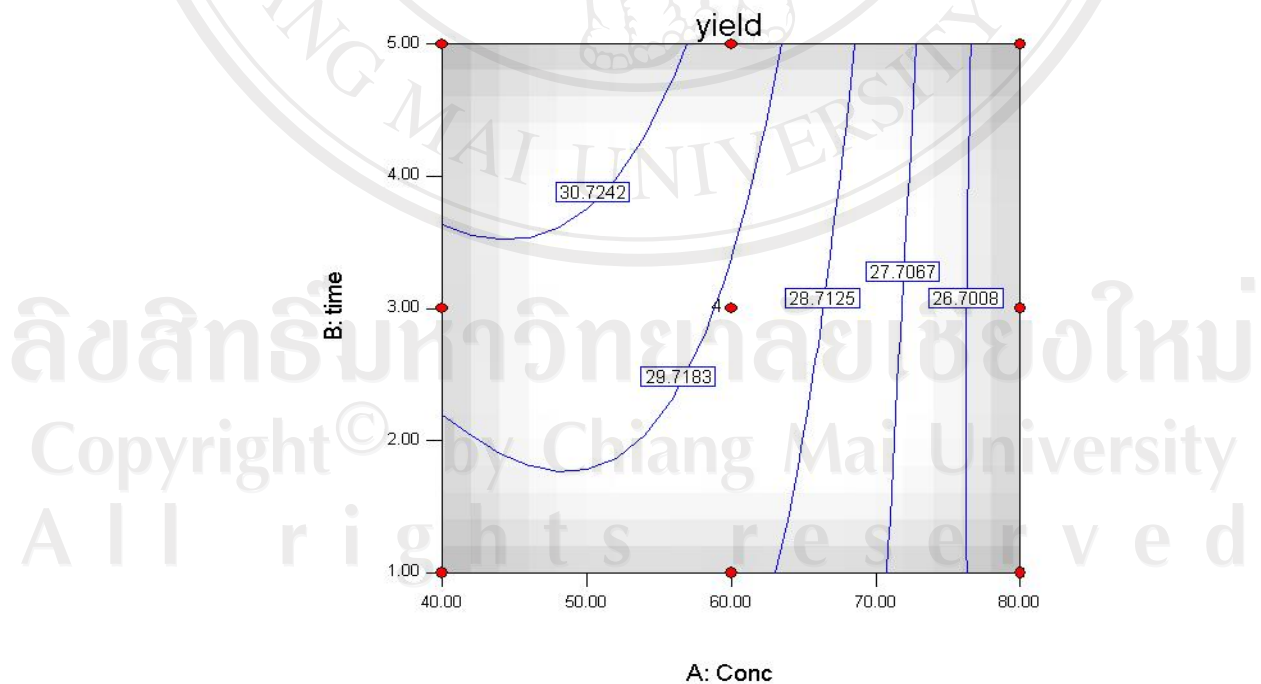
หมายเหตุ β_0 =ค่าคงที่, β_1 = ความเข้มข้นของเอทานอล, β_2 = เวลา,

β_{11} = ความเข้มข้นของเอทานอล², β_{22} = เวลา², β_{12} = ความเข้มข้นของเอทานอล*เวลา

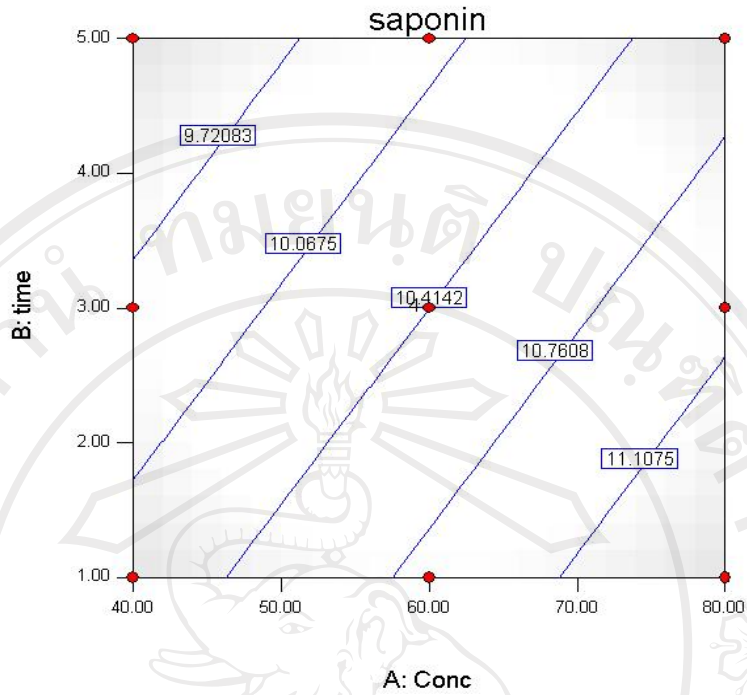
การที่ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณผลผลิต ปริมาณชาโพนิน จีเพน โนไซค์และปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากสารประกอบต่างๆในเจียวู้หลานเป็นสารที่มีขั้วค่อนข้างต่ำ มีคุณสมบัติละลายได้ในเอทานอล ยิ่งเพิ่มความเข้มข้นขึ้นจึงสามารถละลายออกมาได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Ko *et al.* (1992) โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลมีผลให้ปริมาณชาโพนินเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเอทานอลเข้มข้น 80% ให้ปริมาณชาโพนินมากที่สุด แตกต่างจากการศึกษาของ Zhang *et al.* (2007) โดยศึกษาการสกัด lignans จากเมล็ดฝ้ายด้วย

เอทานอลเข้มข้น 50-90% พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจะมีผลให้ปริมาณ Lignans เพิ่มขึ้น แต่หากเอทานอลมีความเข้มข้นมากเกินไปเกิน 70% ปริมาณ Lignans จะลดลง

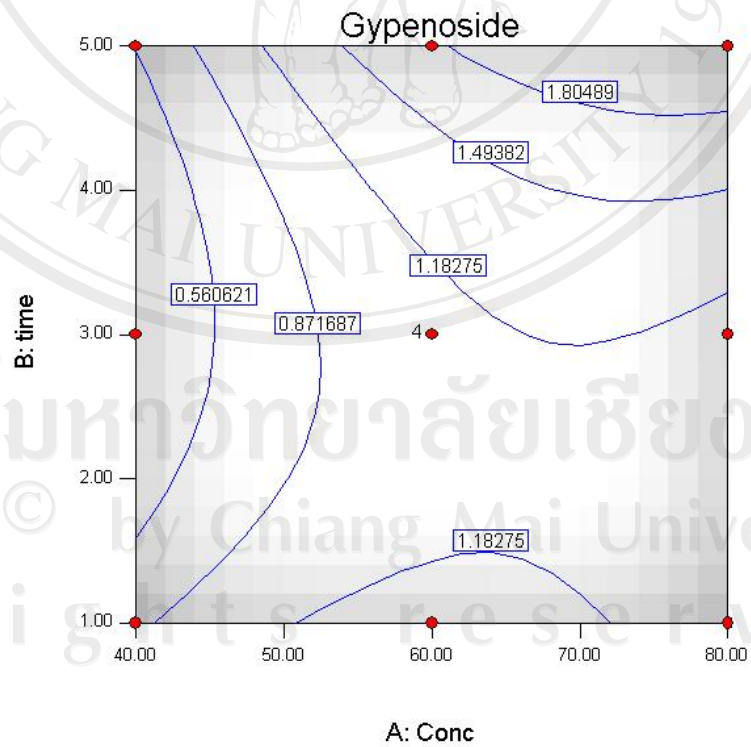
และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัด จะมีผลเพิ่มปริมาณผลผลิตแต่มีผลลดปริมาณซาโปนิน จีเพนโนไซด์ และปริมาณจินเซนโนไซด์ Rb1 ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Kavita *et al.* (no date) โดยศึกษาการเกิด degradation ของซาโปนินจากถั่วเหลือง ศึกษาที่อุณหภูมิ 80 - 130 °C เวลา 10 - 60 นาที พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ซาโปนินเกิด degradation ($R^2 > 0.9$) การสกัดด้วยไมโครเวฟเป็นการสกัดโดยการให้ความร้อนโดยตรงกับตัวอย่าง มีสารละลายเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนต่อสารประกอบที่เราต้องการ (ซาโปนิน) ในระหว่างการสกัดนั้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็สูงขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับเอทานอลเป็นสารละลายที่มีจุดเดือดต่ำคือ 78.8°C (Ethanol, 2007) เอทานอลอาจเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ประสิทธิภาพในการสกัดจึงลดลง อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิต ออกมาได้มาก โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น จะปรับปรุงประสิทธิภาพในการสกัด โดยจะได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่สำหรับการสกัดด้วยไมโครเวฟ จะทำให้สารประกอบต่างๆถูกทำลายได้ด้วยความร้อนสูง ซึ่งมีผลทำให้เกิด degradation (Font *et al.*, 1998; Shu *et al.*, 2003)



ภาพ 4.8 กราฟ Contour plot ของผลผลิต จากการศึกษาริธีการสกัดซาโปนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

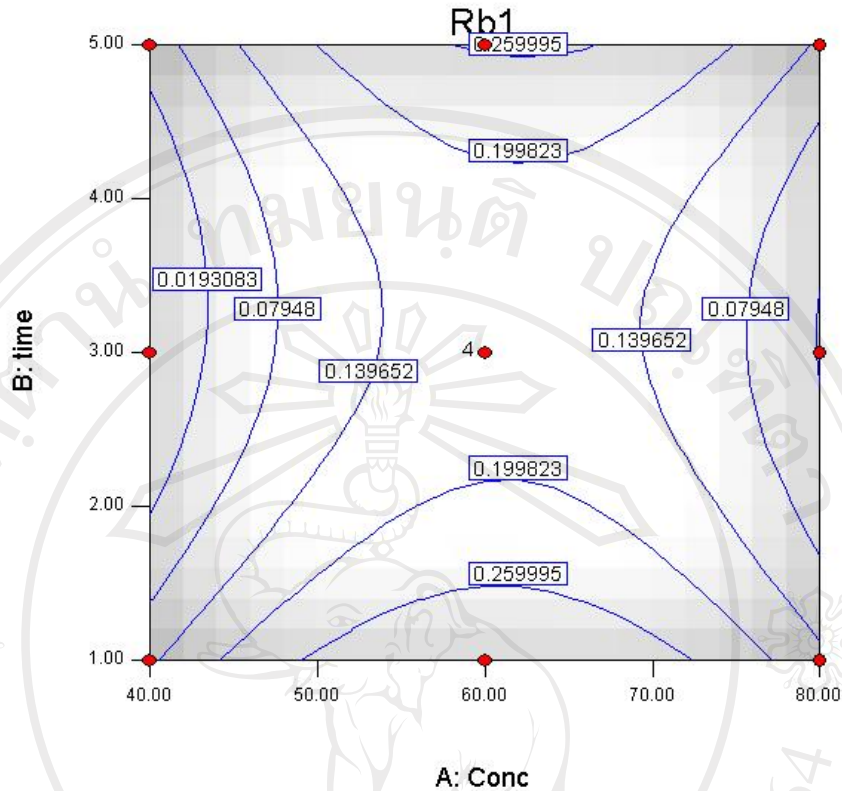


ภาพ 4.9 กราฟ Contour plot ของซาโปนิน จากการศึกษาวิธีการสกัดซาโปนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ



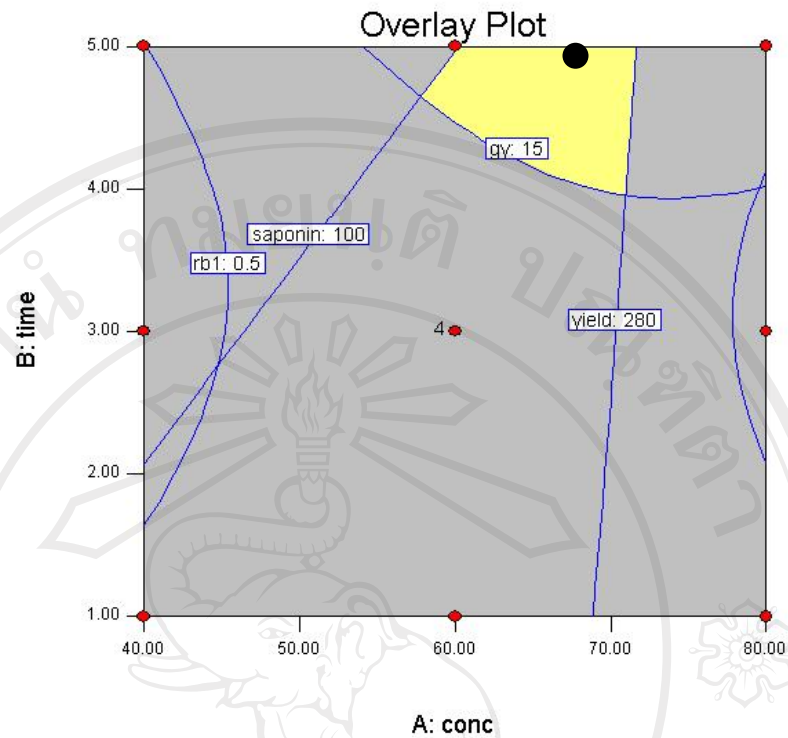
ภาพ 4.10 กราฟ Contour plot ของจีเพนโนไซด์จากการศึกษาวิธีการสกัดซาโปนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



ภาพ 4.11 กราฟ Contour plot ของ จินเซนโนไซด์ Rb1 จากการศึกษาวิธีการสกัดชาโปนินด้วยเอทานอล โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์หา Optimization พบว่ามีสภาวะที่เหมาะสมให้เลือกอยู่สองจุด คือ 1. เอทานอลเข้มข้น 66.43% และเวลาในการสกัด 5 นาที ซึ่งจะได้ปริมาณผลผลิต, ชาโปนิน และจีเพนโนไซด์ คือ 29.13%, 10.19% และ 1.97% และจุดที่ 2. เอทานอลเข้มข้น 60.75% และเวลาในการสกัด 1 นาที ซึ่งจะได้ปริมาณผลผลิต, ชาโปนิน และจีเพนโนไซด์ คือ 28.92%, 10.86% และ 1.30% ตามลำดับ เมื่อดูจากค่าพยากรณ์แล้วการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้น 66.43% และเวลาในการสกัด 5 นาที จะมีปริมาณผลผลิตและจีเพนโนไซด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้น 60.75% และเวลาในการสกัด 1 นาที ประกอบกับการสกัดที่เวลา 5 นาทียังใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้นมากกว่าการสกัดที่เวลา 1 นาที ซึ่งน่าจะมีผลการสกัดที่ดีกว่า และจุด Optimize ยังปรากฏบนพื้นที่ของกราฟ Overlay plot (ภาพ 4.12) อีกด้วย ดังนั้นจึงเลือกจุดที่เหมาะสม คือ เอทานอลเข้มข้น 66.43% และเวลาในการสกัด 5 นาที เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า ได้ปริมาณผลผลิต และชาโปนินมากกว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ คือ $30.97 \pm 0.66\%$ และ $11.30 \pm 0.40\%$ ส่วนปริมาณจีเพนโนไซด์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ $1.19 \pm 0.13\%$ มก./100ก. (ตาราง 4.8)



ภาพ 4.12 Optimization ของการสกัดซาโปนินด้วยเอทานอลโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ (● จุดสถานะที่เหมาะสม)

ตาราง 4.8 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนิน และปริมาณจีเพนโนไซด์ ที่ได้จากการพยากรณ์และจากค่าจริง จากการสกัดด้วยเอทานอลโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	ค่าทำนาย (%)	ค่าจริง (%)
ผลผลิต	29.16	30.97±0.66
ซาโปนิน	10.19	11.30±0.40
จีเพนโนไซด์	1.97	1.19±0.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การศึกษาวิธีการสกัดซาโปนิน โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง

การศึกษากการสกัดซาโปนินด้วยน้ำโดยใช้ความดันสูงยิ่ง ศึกษา 2 ปัจจัยคือ อัตราส่วนเจียวกู่ หลานในน้ำ 5-25% และความดันที่ใช้สกัด 400-600 MPa ซึ่งใช้อุณหภูมิในการสกัด 30 °C และเวลา 30 นาทีคงที่ ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.9 พบว่า ในอัตราส่วนเดียวกันเมื่อความดันเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนินและจีเพนโนไซด์เพิ่มขึ้น แต่ที่ความดันเดียวกันเมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนิน และจีเพนโนไซด์ลดลง การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายนี้มีปริมาณผลผลิต ปริมาณซาโปนินและจีเพนโนไซด์อยู่ในช่วง 34.63%-23.97, 5.55%-3.88% และ 2.65%-0.39% ตามลำดับ โดยที่ อัตราส่วนเจียวกู่หลาน 5% และความดัน 600 MPa จะให้ผลผลิตสูงสุดที่สุด คือ 34.63 % ที่อัตราส่วนเจียวกู่หลาน 15% และความดัน 600 MPa ให้ซาโปนินสูงสุดที่สุด คือ 5.55 % ที่อัตราส่วนเจียวกู่หลาน 5% และความดัน 500 MPa ให้จีเพนโนไซด์สูงสุดที่สุด คือ 2.65% และที่อัตราส่วนเจียวกู่หลาน 25% ความดัน 400 MPa ให้ผลผลิตและซาโปนิน น้อยที่สุด คือ 23.97 และ 3.88 % ตามลำดับ และที่อัตราส่วนเจียวกู่หลาน 15% ความดัน 400 MPa ให้จีเพนโนไซด์น้อยที่สุด คือ 0.39% เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสมการ Regression (ตารางที่ 4.10) แล้วนำมาวาด กราฟ contour plot (ภาพ 4.13-4.16)

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตได้เป็นสมการเชิงเส้น (Linear Model) $y = 21.43 - 0.331(\text{อัตราส่วน}) + 0.025(\text{ความดัน})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น $R^2 = 0.7664$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้าอัตราส่วนเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตจะมีค่าลดลง และการใช้ความดันในสกัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งจากสมการเชิงเส้นการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนมีอิทธิพลลดปริมาณผลผลิตมากกว่าการใช้ความดันเพิ่มขึ้น เมื่อดูจากภาพ 4.13 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าลดลงอย่างมาก แต่ดูที่ใช้ความดันปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามการใช้ความดันที่เพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินได้เป็นสมการเชิงเส้น (Linear Model) $y = 3.79 - 0.058(\text{อัตราส่วน}) + 3.057 \times 10^{-3}(\text{ความดัน})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.8079$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ ถ้าอัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณซาโปนินจะลดลง แต่เมื่อความดันที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้มีปริมาณซาโปนินเพิ่มขึ้น ซึ่งจากสมการเชิงเส้นการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนมีอิทธิพลลดปริมาณผลผลิตมากกว่าการใช้ความดันเพิ่มมากขึ้น และเมื่อดูจากภาพ 4.14 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิต มีค่าลดลง ถ้าใช้ความดันเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณจีเพนโนไซด์ ได้เป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Model)

$$y = -3.64 - 0.33(\text{อัตราส่วน}) + 0.03(\text{ความดัน}) + 5.84(\text{อัตราส่วน})^2 - 3.16 \times 10^{-5}(\text{ความดัน})^2 + 1.28 \times 10^{-4}(\text{อัตราส่วนและ ความดัน})$$

มีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.9272$ ซึ่งสามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดีมาก คือ ถ้าอัตราส่วนเพิ่มขึ้นจะมีผลลดปริมาณจีเพนโนไซด์ และใช้ความดันในการสกัดเพิ่มขึ้นจะมีผลเพิ่มปริมาณจีเพนโนไซด์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความดันจะมีอิทธิพลเพิ่มปริมาณจีเพนโนไซด์มากกว่าอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอัตราส่วนกำลังสองและอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนและความดันมีผลเพิ่มปริมาณจีเพนโนไซด์ แต่ความดันกำลังสองมีผลลดปริมาณจีเพนโนไซด์แต่มีผลน้อยกว่าความดัน เมื่อดูจากภาพ 4.15 เมื่อให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์มีค่าลดลง และถ้าใช้ความดันเพิ่มขึ้นปริมาณจีเพนโนไซด์ก็จะมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความดัน

ตาราง 4.9 การศึกษาการสกัดซาโปนินด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง

Treatment	ผลผลิต (%)	ซาโปนิน (%)	จีเพนโนไซด์ (%)	จินเซนโนไซด์ Rb1 (มก./100ก.)
ความเข้มข้นและเวลา				
ratio 5% 400MPa	28.38	4.92	2.45	5.4
ratio 5% 500MPa	34.20	5.05	2.65	9.2
ratio 5% 600MPa	34.63	5.43	2.23	16.2
ratio 15% 400MPa	28.66	4.35	0.39	0.6
ratio 15% 500MPa	28.95	4.86	0.77	1.4
ratio 15% 600MPa	33.09	5.55	0.97	2.8
ratio 25% 400MPa	23.97	3.88	0.44	2.2
ratio 25% 500MPa	24.76	3.77	0.51	0.9
ratio 25% 600MPa	28.62	4.28	0.73	1.0
ratio 15% 500MPa (cp)	26.98	4.43	1.31	4.4
ratio 15% 500MPa (cp)	31.97	4.74	1.29	6.1
ratio 15% 500MPa (cp)	26.70	4.91	1.41	6.7

หมายเหตุ อัตราส่วน คือ ตัวอย่าง: น้ำ, กรัม: มิลลิลิตร

ความดันที่ใช้ คือ 400MPa, 500MPa และ 600 MPa

ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเวลาคงที่ 30 นาที

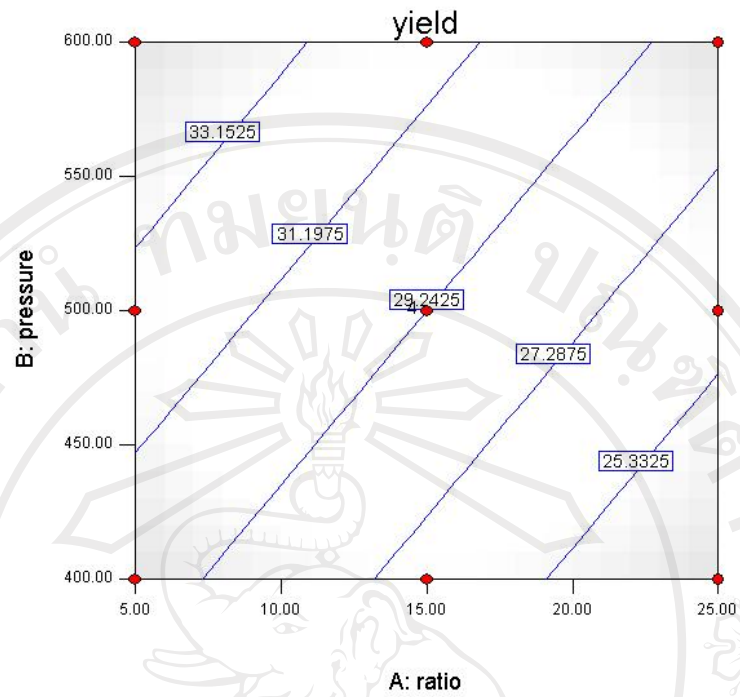
การวิเคราะห์ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 ได้เป็นสมการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) $y = -0.21 + 0.01(\text{อัตราส่วน}) + 6.46 \times 10^{-4}(\text{ความดัน}) - 3.01 \times 10^{-5}(\text{อัตราส่วนและความดัน})$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.7922$ สามารถอธิบายตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี คือ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนไม่มีผลในการลดปริมาณจินเซน โนไซค์ Rb1 คือ เมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้น ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของความดัน เมื่อใช้ความดันเพิ่มขึ้น ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อิทธิพลร่วมระหว่าง อัตราส่วนและความดันมีผลให้ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 ลดลง แต่ก็มีผลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับอัตราส่วนและความดัน เมื่อดูจากภาพ 4.16 อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 มีค่าลดลง โดยเมื่อมีอัตราส่วนมากกว่า 15% ปริมาณ จินเซน โนไซค์ Rb1 จะลดลงอย่างมาก

อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้อุณหภูมิของเจียวกู่หลาน ละลายได้น้อยลง (Zhang *et al.*, 2006) ทำให้อุณหภูมิไม่อ้อมตัวในตัวทำละลาย ซึ่งการใช้ความดันในการสกัดนั้นมีตัวทำละลายเป็นตัวส่งผ่านความดัน เมื่อมีการละลายไม่เหมาะสมจึงทำให้การส่งผ่านความดันทำได้ไม่เต็มที่ สารสกัดจึงออกมาได้น้อย และการใช้ความดันในการสกัดที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณสารต่างๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากความดันทำให้ สารละลายเคลื่อนเข้าสู่เซลล์ แล้วทำให้ผนังเซลล์แตก สารที่อยู่ภายในเซลล์ จึงถูกปล่อยออกมา (Zhang *et al.*, 2007)

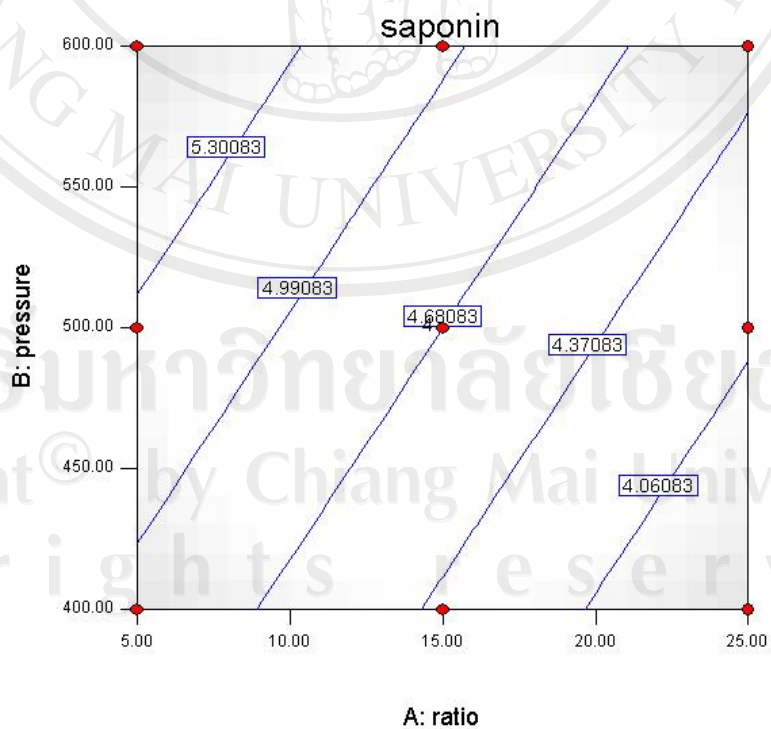
ตาราง 4.10 สมการ Regression ของการศึกษาการสกัดชาโปนินด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง

Coefficients	β_0	β_1	β_2	β_{11}	β_{22}	β_{12}	R^2
Yield	21.43	-0.33	0.02				0.7664
Saponin	3.79	-0.06	3.057×10^{-3}				0.8079
Gypenoside	-3.64	-0.33	0.03	5.84	-3.16×10^{-5}	1.28×10^{-4}	0.9272
จินเซน โนไซค์ Rb1	-0.21	0.01	6.46×10^{-4}			-3.00×10^{-5}	0.7922

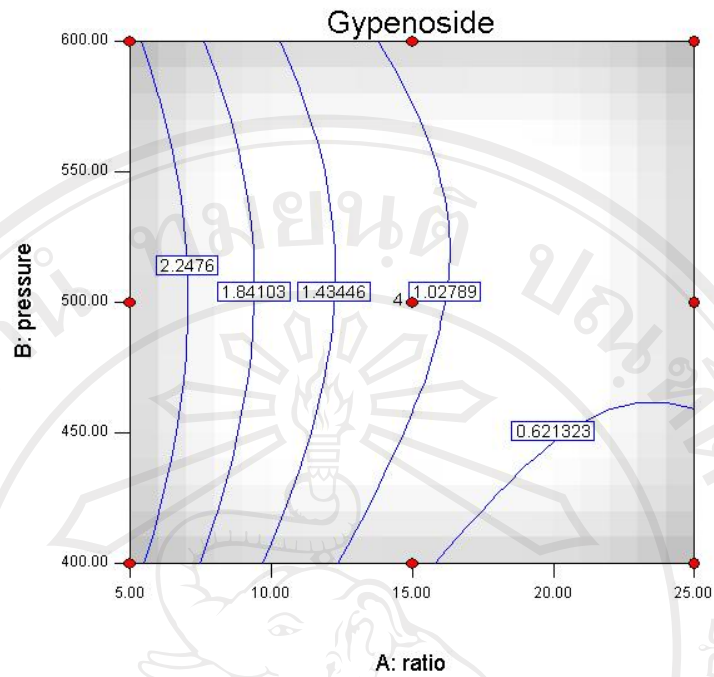
หมายเหตุ β_0 = ค่าคงที่, β_1 = อัตราส่วน, β_2 = ความดัน, β_{11} = อัตราส่วน², β_{22} = ความดัน², β_{12} = อัตราส่วน*ความดัน



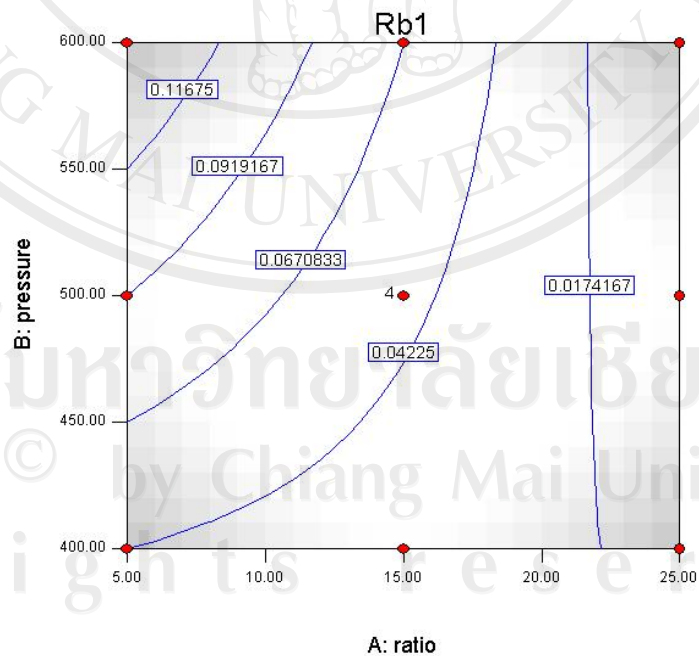
ภาพ 4.13 กราฟ contour plot ของ yield จากการศึกษาวีธีการสกัดชาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง



ภาพ 4.14 กราฟ contour plot ของชาโปนิน จากการศึกษาวีธีการสกัดชาโปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง

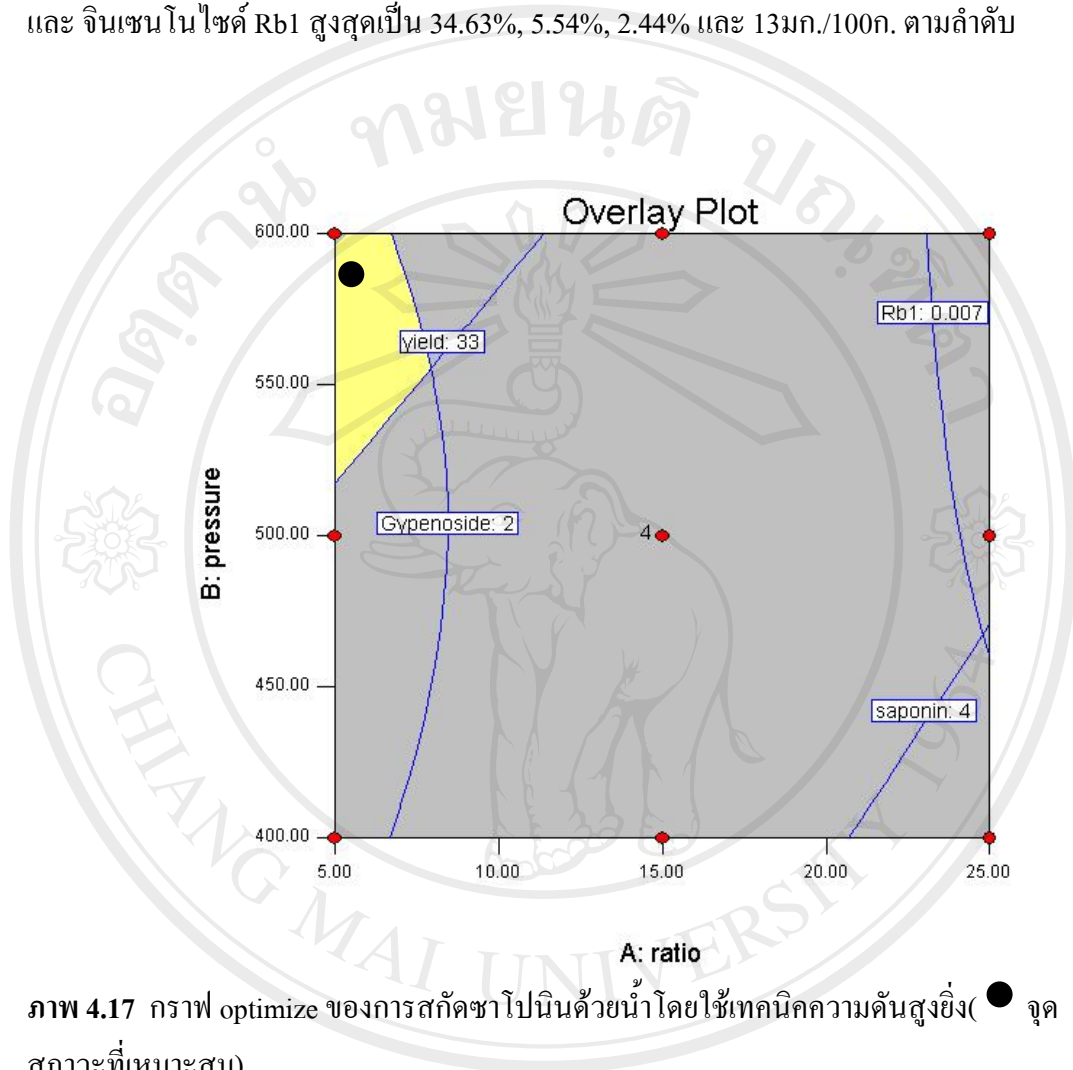


ภาพ 4.15 กราฟ contour plot ของจีเพนโนไซด์ จากการศึกษาวิธีการสกัดชาไปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง



ภาพ 4.16 กราฟ contour plot ของจินเซนโนไซด์ Rb1 จากการศึกษาวิธีการสกัดชาไปนินด้วยน้ำ โดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง

อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์หา Optimization (ภาพ 4.17) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ อัตราส่วน 5% ความดัน 579.37 MPa จะได้ปริมาณผลผลิต, ซาโปนิน, จิเพนโนไซด์ และ จินเซนโนไซด์ Rb1 สูงสุดเป็น 34.63%, 5.54%, 2.44% และ 13มก./100ก. ตามลำดับ



ภาพ 4.17 กราฟ optimize ของการสกัดซาโปนินด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคความดันสูงยิ่ง (จุด สภาวะที่เหมาะสม)