

การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองแบบ

7.1 ผลการทดลอง

7.1.1 สมรรถนะของเครื่องทดลอง

จากการทดลองอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกชนิดเมล็ดยาว โดยทำการสร้างเครื่องทดลอง (pilot scale) ขึ้น ซึ่งมีระบอบแห้งเท่ากับ 750 มม. ได้ผลดังแสดงในตาราง 7.1.1 และรูป 7.1.1.1 ถึง รูป 7.1.1.6 จากผลดังกล่าวทำให้ทราบถึงคุณลักษณะสมบัติของระบบอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน ดังนี้

ก) การทดลองครั้งแรกสามารถอบเมล็ดข้าวเปลือกจากค่าความชื้นเฉลี่ย 20.57 % มาตรฐานเปียก ให้เหลือความชื้นเฉลี่ยตรงทางออกเท่ากับ 17.3 % มาตรฐานเปียก ได้โดยใช้ลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 120 ° C อัตราไหลลมร้อน 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min. อัตราไหลของข้าวเปลือก 146 kg/hr. ดังรูป 7.1.1.7

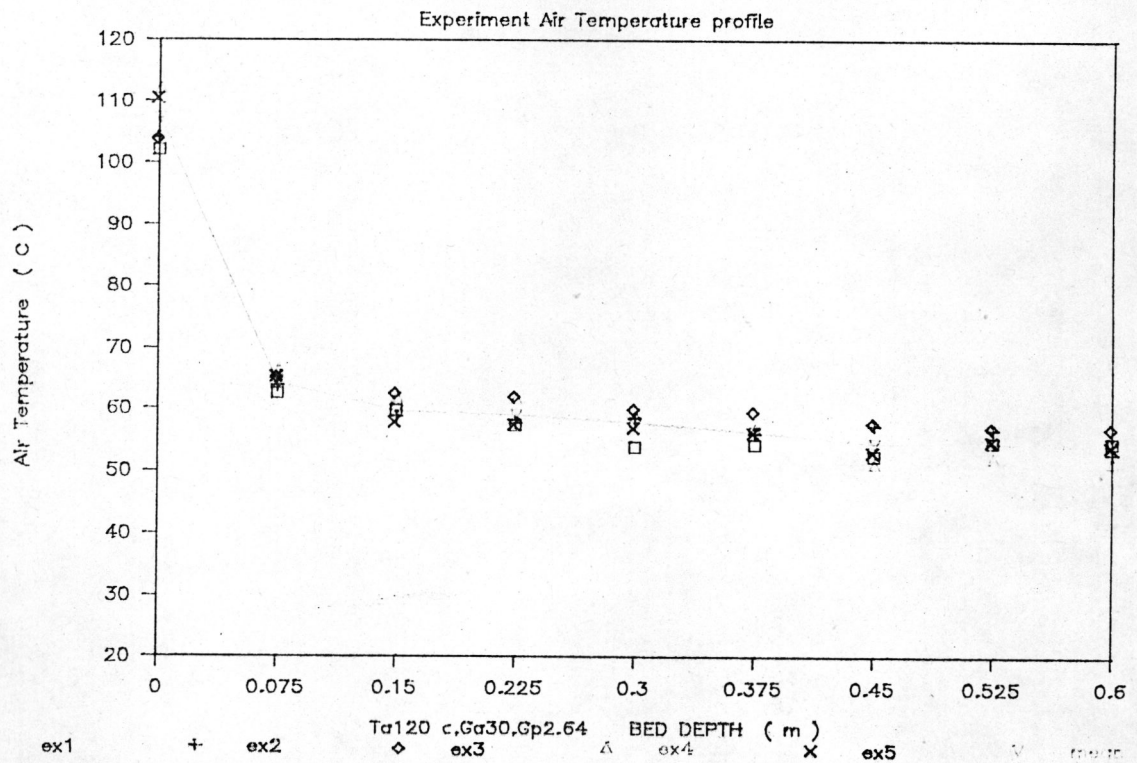
ข) การทดลองครั้งที่สองสามารถอบเมล็ดข้าวเปลือกจากค่าความชื้นเฉลี่ย 17.3 % มาตรฐานเปียก ให้เหลือความชื้นเฉลี่ยตรงทางออกเท่ากับ 13.6 % มาตรฐานเปียก ได้โดยใช้ลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 120 ° C อัตราไหลลมร้อน 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min. อัตราไหลของข้าวเปลือก 146 kg/hr. ดังรูป 7.1.1.7

7.1.2 คุณภาพของเมล็ดข้าวเปลือกที่ได้

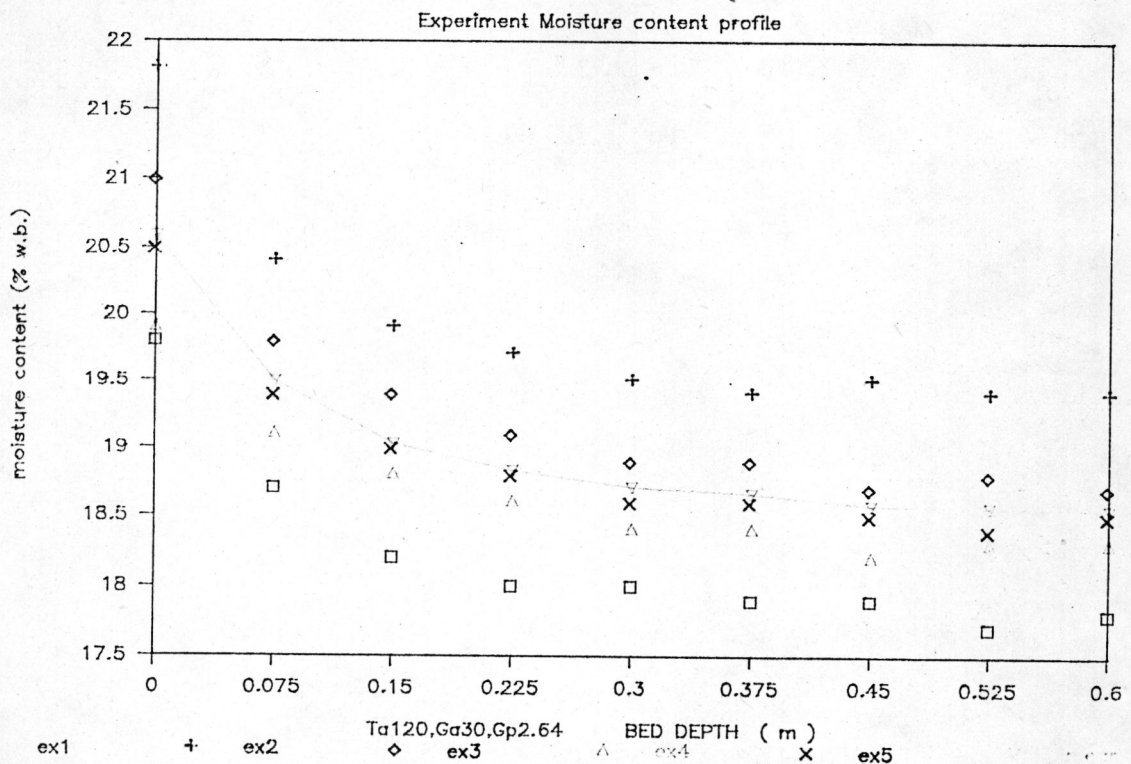
นำตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องทดลองอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกันในตอนที่ 7.1.1 มาเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องจนเมล็ดข้าวเปลือกเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ต่อสภาพภูมิอากาศขณะนั้น แล้วทำการวัดค่าความชื้นเฉลี่ยได้ 14 % มาตรฐานเปียก และนำตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกที่ทำการตากแดดด้วยกรรมวิธีของชาวนาที่มีความชื้นเท่ากัน

НАПЛІВНОСТІ

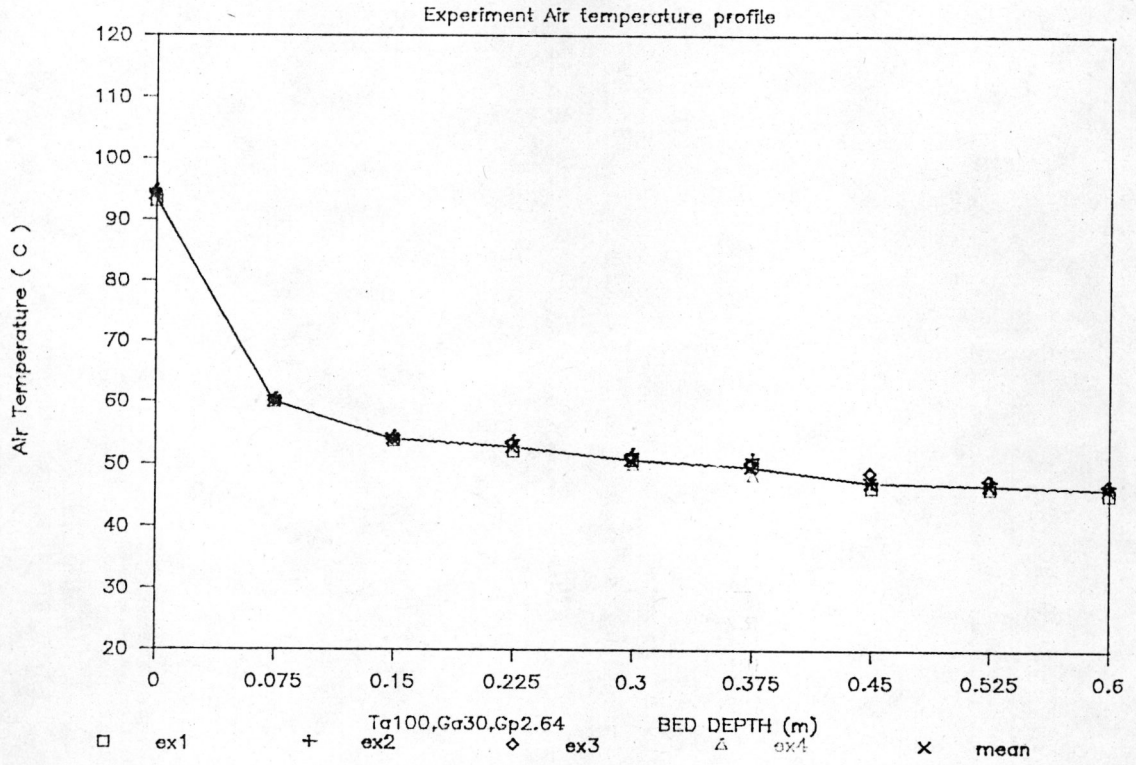
Thermocouple point	Depth. (m)	Temperature °C			Moisture content % w.b.		
		Ex1	Ex2	Ex3	Ex1	Ex2	Ex3
		inlet air	100 C	80 C	120 C	100 C	80 C
1	0	107.0	94.0	76.9	20.5	20.5	20.6
2	0.075	64.0	60.1	50.6	14.4	19.6	19.8
3	0.150	59.3	54.0	44.2	19.0	19.3	19.6
4	0.225	58.7	52.9	41.0	18.8	19.1	19.4
5	0.300	57.5	50.6	39.8	18.7	19.1	19.4
6	0.375	56.0	49.7	39.5	19.6	19.0	19.3
7	0.450	54.2	47.2	38.9	18.5	19.0	19.3
8	0.525	54.3	46.8	37.7	18.5	18.9	19.2
9	0.600	54.0	46.2	36.9	18.5	18.9	19.2
10	0	98.6	91.5	73.6			
11	0.200	55.8	51.1	40.2			
12	0.260	53.2	48.7	36.2			
13	0.525	50.3	45.2	35.3			
14	-	118.2	96.7	76.1	Ex1 Ta	120 °C, Gazo	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> - <sub>min</sub> , Gp2.6 m/hr
15	-	116.4	94.9	77.4	Ex2 Ta	100 °C, Gazo	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> - <sub>min</sub> , Gp2.6 m/hr
16	inlet	120.1	100.2	80.1	Ex3 Ta	80 °C, Gazo	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> - <sub>min</sub> , Gp2.6 m/hr
17	outlet	48.3	35.8	29.3			



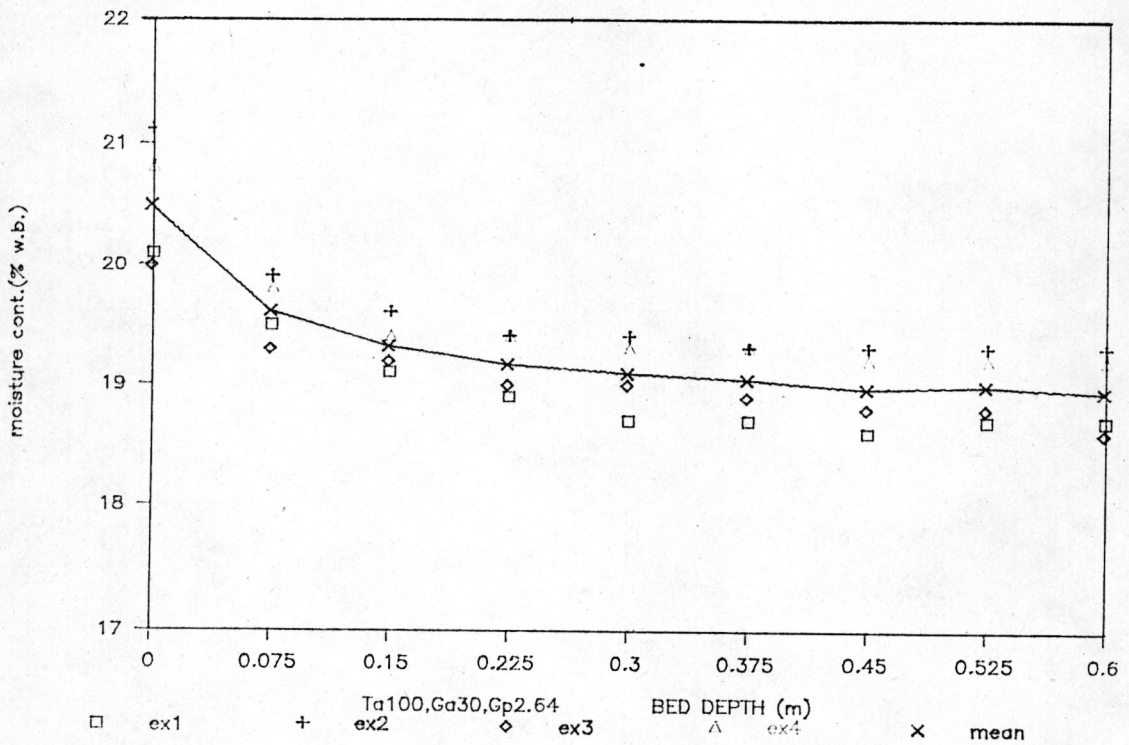
รูป 7.1.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



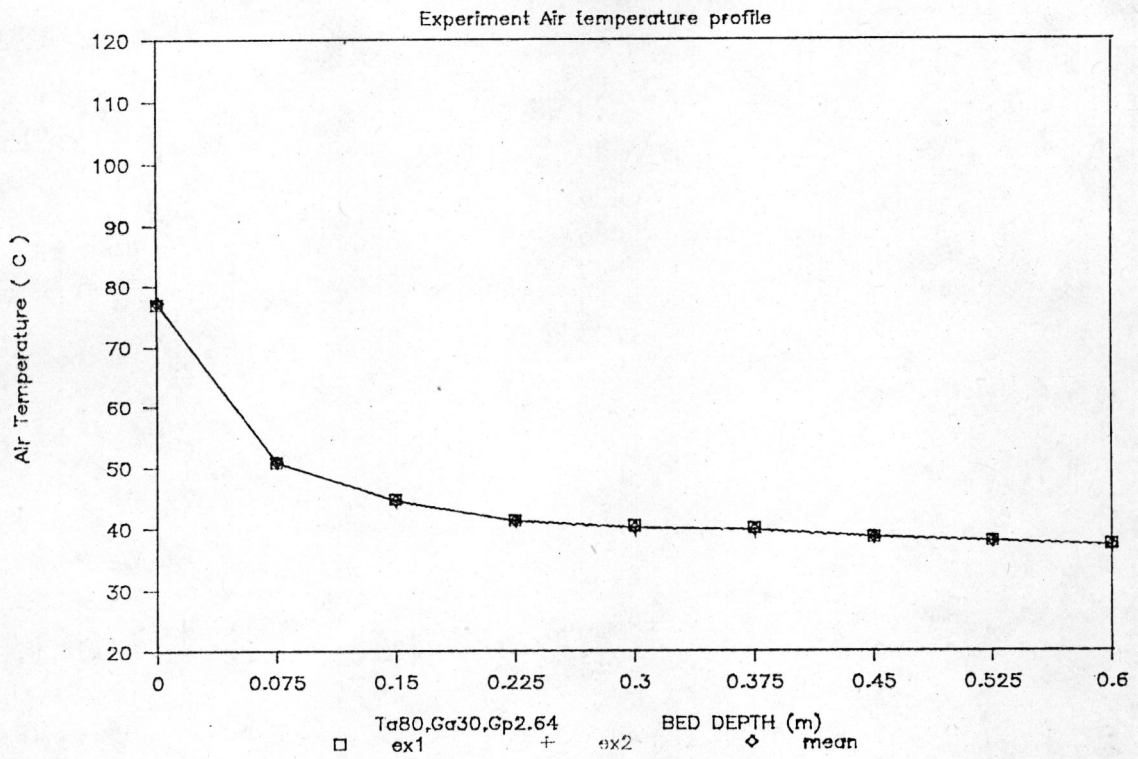
รูป 7.1.1.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



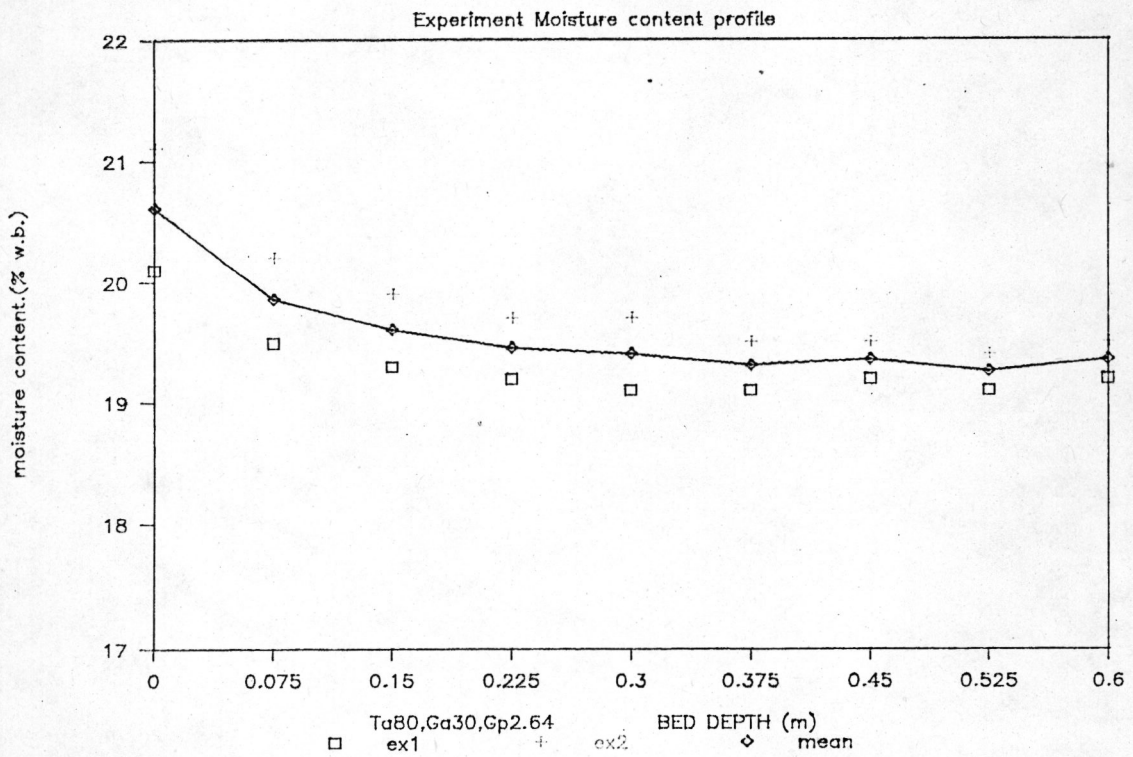
รูป 7.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



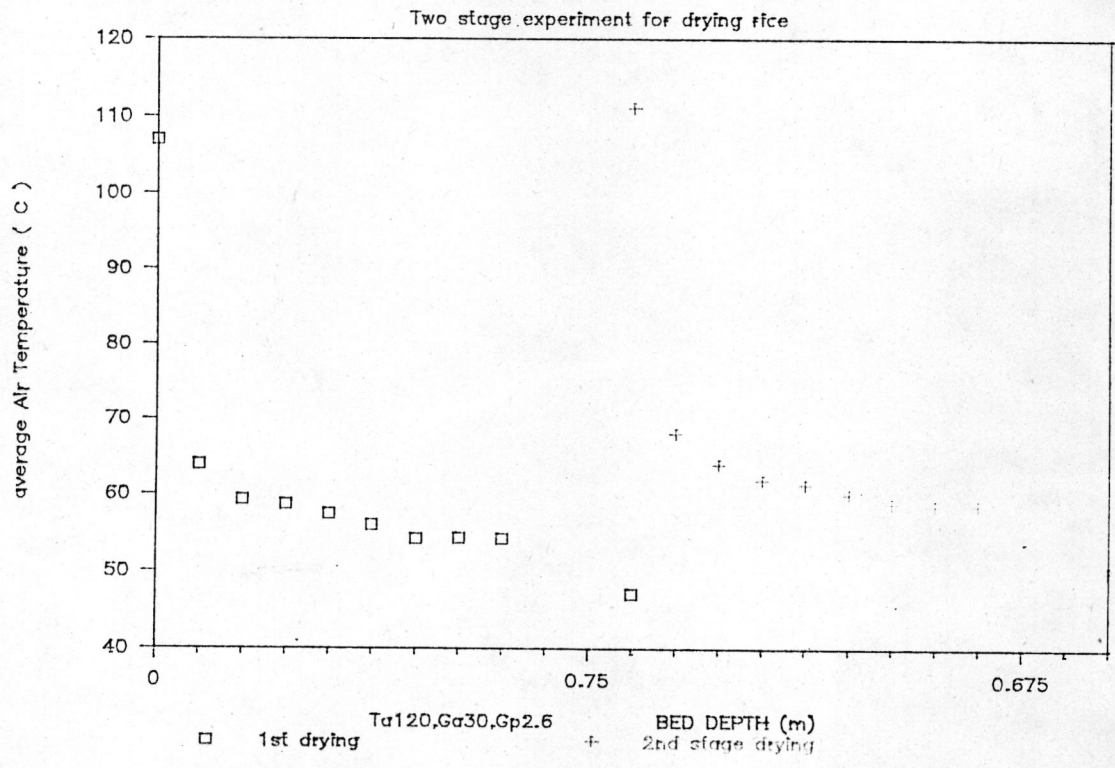
รูป 7.1.1.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



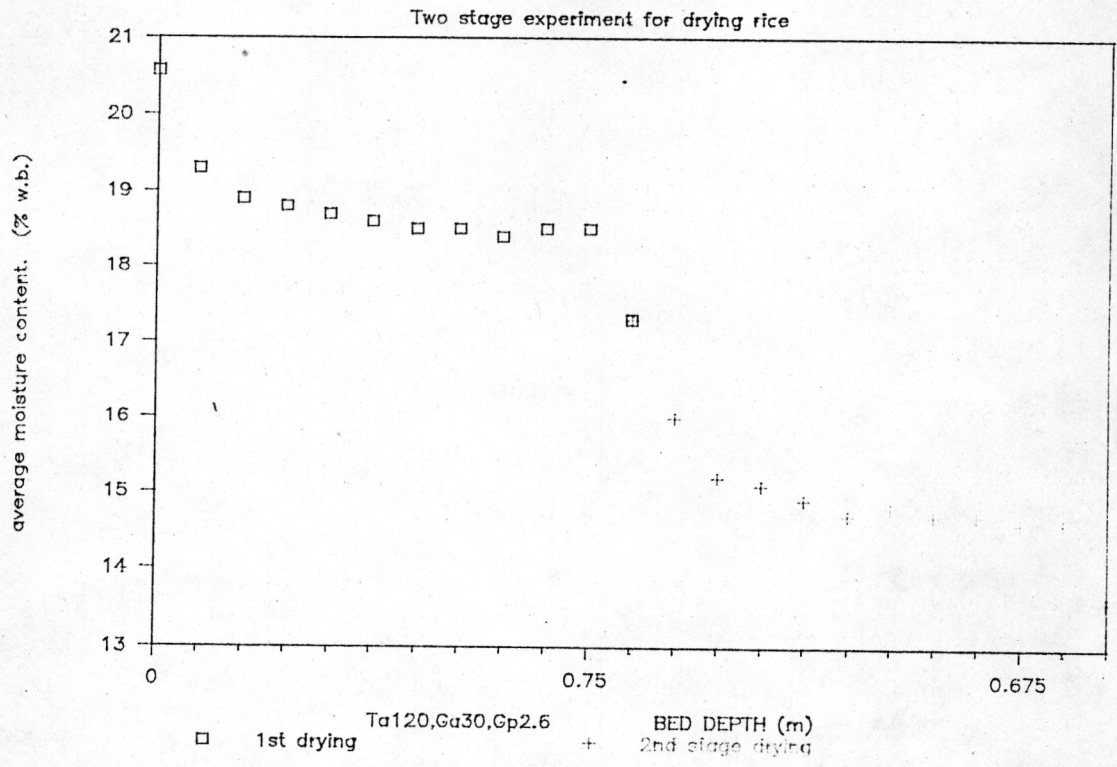
รูป 7.1.1.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.1.1.6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.1.1.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.1.1.7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

ไปทำการตรวจสอบหารอยร้าวที่กลุ่มงานวิจัยวิทยาการเก็บรักษาและแปรสภาพ สถาบันทดลองข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยทำการตรวจสอบรอยร้าวเปรียบเทียบกับสภาพเดิมของเมล็ดข้าวเปลือกภายหลังจากการนวดใหม่ ๆ ได้ผลดังนี้

ลักษณะข้าวเปลือก	% ของรอยร้าว
1. ข้าวเปลือกที่นวดใหม่ ๆ	4.33 %
2. ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้ง (ความชื้น 14 % )	5.67 %
3. ข้าวเปลือกที่ผ่านการตากแดด (ความชื้น 14 % )	7.33 %



จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าคุณภาพของข้าวเปลือกที่ผ่านกรรมวิธีการอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกันมีรอยร้าวเกิดขึ้น 1.34 % ส่วนข้าวเปลือกที่ผ่านการตากแดดมีรอยร้าวเกิดขึ้นมากกว่า คือมีรอยร้าวเพิ่มขึ้น 3.00 % ผลที่คาดว่าจะได้ตามมาคือเมื่อนำข้าวเปลือกไปผ่านกรรมวิธีการสีให้เป็นข้าวสารข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งจะมีเปอร์เซ็นต์การหักของเมล็ดข้าวน้อยกว่า

## 7.2 ผลการใช้สมการอบแห้งของชั้นบางในการจำลองแบบ

ในการศึกษาการจำลองแบบการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกแบบไหลในทิศทางเดียวกันนี้ได้สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบขึ้น เพื่อใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ปัญหาสำหรับสมการที่ชี้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะความลึกของระยะอบแห้งนั้น ได้ให้สมการการอบแห้งในชั้นบางที่นิยมเขียนในลักษณะอัตราส่วนความชื้น  $\left[ \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \right]$  ที่ทำการศึกษาโดย Wang และ Singh (1978) สมการที่ (4.47), (4.48), (4.49) และ (4.50) ซึ่งเป็นสมการที่ Wang และ Singh ได้สร้างขึ้นจากข้อมูลการอบแห้งในชั้นบางของเมล็ดข้าวเปลือก ในช่วงอุณหภูมิ 30 - 55 ° C โดยมีรูปสมการเป็น ก) สมการตามรูปแบบของ Thompson (Thompson model) ข) สมการที่อ้างอิงสมการการฟุ้งกระจาย (diffusion model) ค) สมการตามรูปแบบของ Page (Page model) และ ง) สมการตามรูปแบบของ

Crank (Crank model) ตามลำดับ

จากการนำสมการรอบแห้งชั้นบางทั้ง 4 สมการมาเป็นสมการที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะความลึกใน ผลการศึกษาพบว่า สมการรอบแห้งในชั้นบางที่มีรูปแบบของ Page (Page model) สมการที่ (4.48) สามารถให้รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะความลึกในการอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน (concurrent flow dryer) ได้เป็นอย่างดี โดยให้ผลคำตอบที่มีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลอง ส่วนสมการที่เหลือไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากให้คำตอบที่ผิดไป ไม่สอดคล้องกับผลการทดลองในตอนๆ 7.1 ดังแสดงในรูป 7.2.1 และรูป 7.2.2

สมการรอบแห้งชั้นบาง (thin-layer equation) ทั้งสี่สมการถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลอันเดียวกัน ในการอบแห้งข้าวเปลือกที่เป็นชั้นบางในช่วงอุณหภูมิ 30 - 55 ° C แต่มีสมการ (4.48) เพียงสมการเดียวที่ให้ผลสอดคล้องกับการทดลอง ซึ่งสามารถวิเคราะห์สาเหตุได้ดังนี้ คือ

ก) ให้พิจารณาสมการทั้ง 4 สมการซึ่งยกมาข้างล่างนี้เพื่อประกอบการอธิบาย

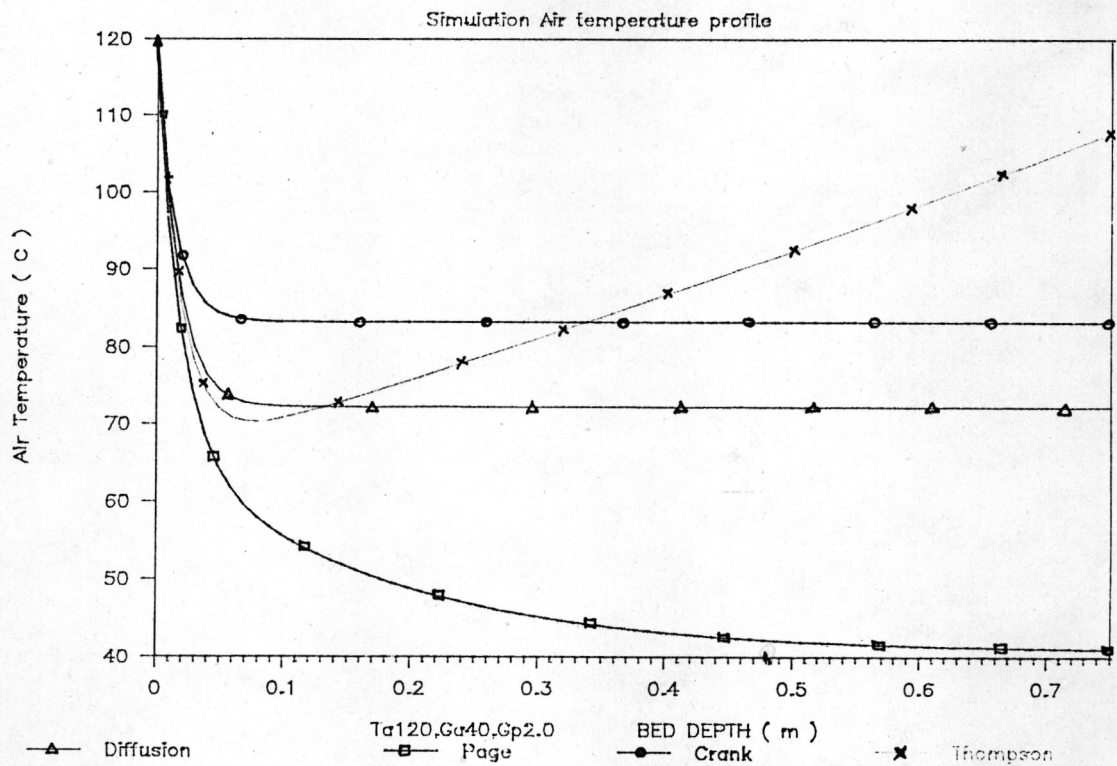
$$\begin{aligned} (M - Me)/(Mi - Me) &= 1 + A t + B t^2 \\ A &= -0.001308 \times T^{0.4687} \times RH^{-0.3187} \\ B &= 0.00006625 \times T^{0.03408} \times RH^{-0.4842} \end{aligned} \quad (4.47)$$

$$\begin{aligned} (M - Me)/(Mi - Me) &= \text{Exp}(-X t^y) \\ X &= 0.01579 + 0.0001746 T - 0.01413 RH \\ y &= 0.6545 + 0.002425 T + 0.07867 RH \end{aligned} \quad (4.48)$$

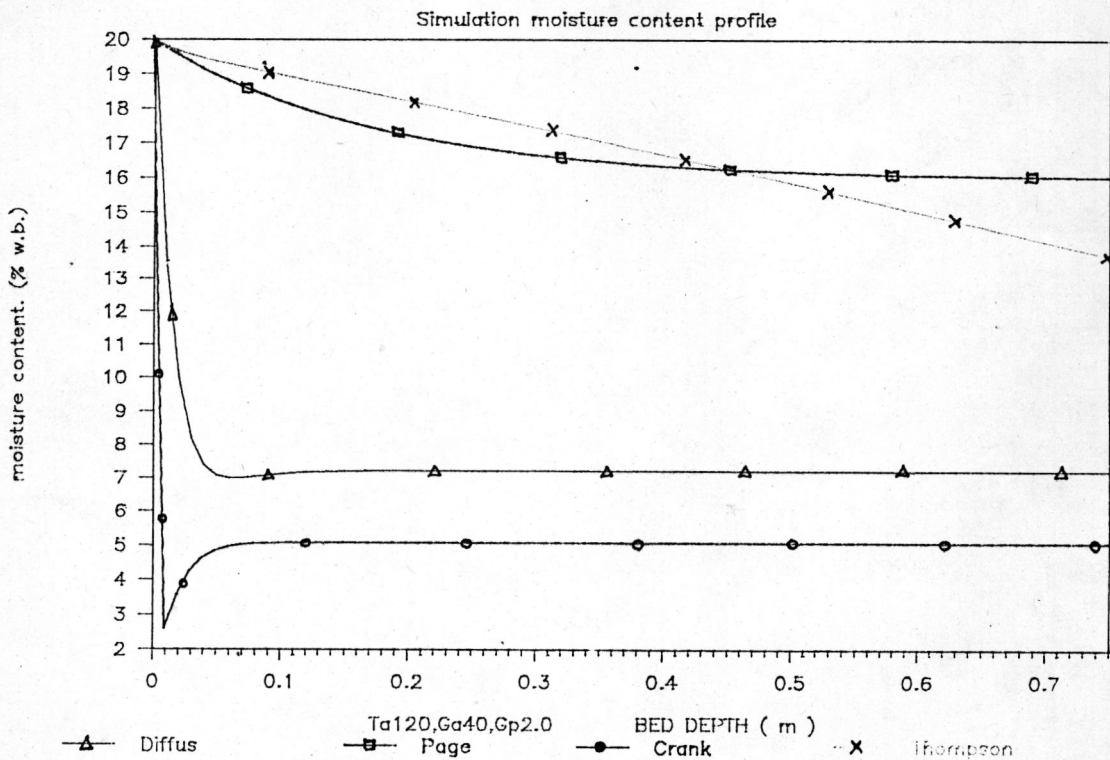
$$\begin{aligned} (M - Me)/(Mi - Me) &= A \text{Exp}(-B t) \\ A &= 0.96 - 0.0008826 T + 0.02324 RH \\ B &= 0.002814 + 0.0001267 T - 0.003620 RH \end{aligned} \quad (4.49)$$

$$(M - Me)/(Mi - Me) = 6/\pi^2 \text{Exp}[-D \pi^2 t/r^2]$$





รูป 7.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.2.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

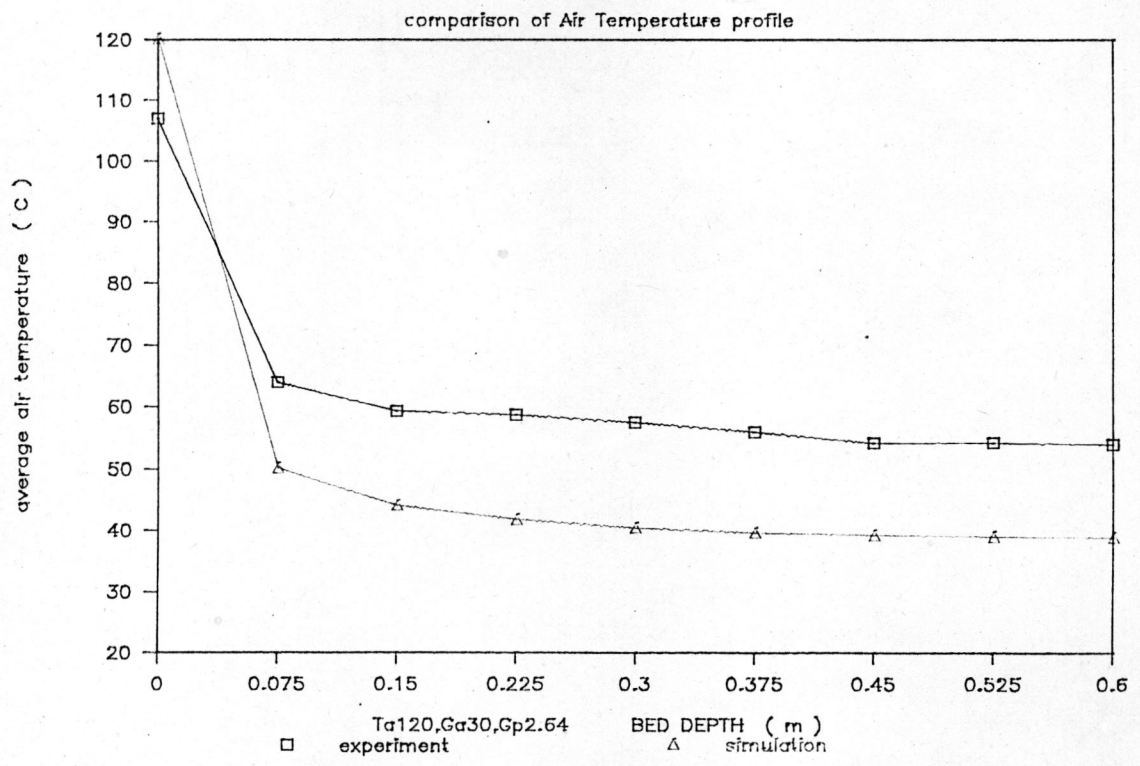
$$\begin{aligned}
 D &= 1.6377 \text{ Exp} (-4151./\text{Tabs}) \\
 r &= 0.18 \text{ ซม.} \\
 \text{ให้ } A &= 6/\pi^2 \\
 B &= D \pi^2/r^2 \qquad (4.50)
 \end{aligned}$$

พบว่าสมการทั้ง 4 สมการมีตัวแปรคล้ายกัน คือ ตัวแปรของค่าคงที่ ได้แก่ A, B, X, และ y ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะแปรผันไปตามค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นคงเหลือตัวแปร  $t$  (เวลาในการอบแห้ง) เท่านั้นที่ควรพิจารณา จะเห็นว่าในการพิจารณาการอบแห้งเมล็ดพืชที่มีความลิกมากนั้น จะทำการแบ่งชั้นความลิกออกเป็นชั้นบางหลาย ๆ ชั้น ซึ่งคิดว่าเวลาในการที่ลมร้อนเคลื่อนตัวผ่านชั้นบางมีค่าคงที่ทุก ๆ ชั้น คือ  $t = 0.03$  นาที จึงมีเพียงตัวแปร  $t$  ในสมการ (4.48) เท่านั้น ที่เป็นฟังก์ชันของค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อน ส่วนตัวแปร  $t$  ในสมการอื่น ๆ จะไม่แปรผันไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อน เพราะเทอม  $t$  และเทอม  $t^2$  นั้นจะให้ค่าคงที่

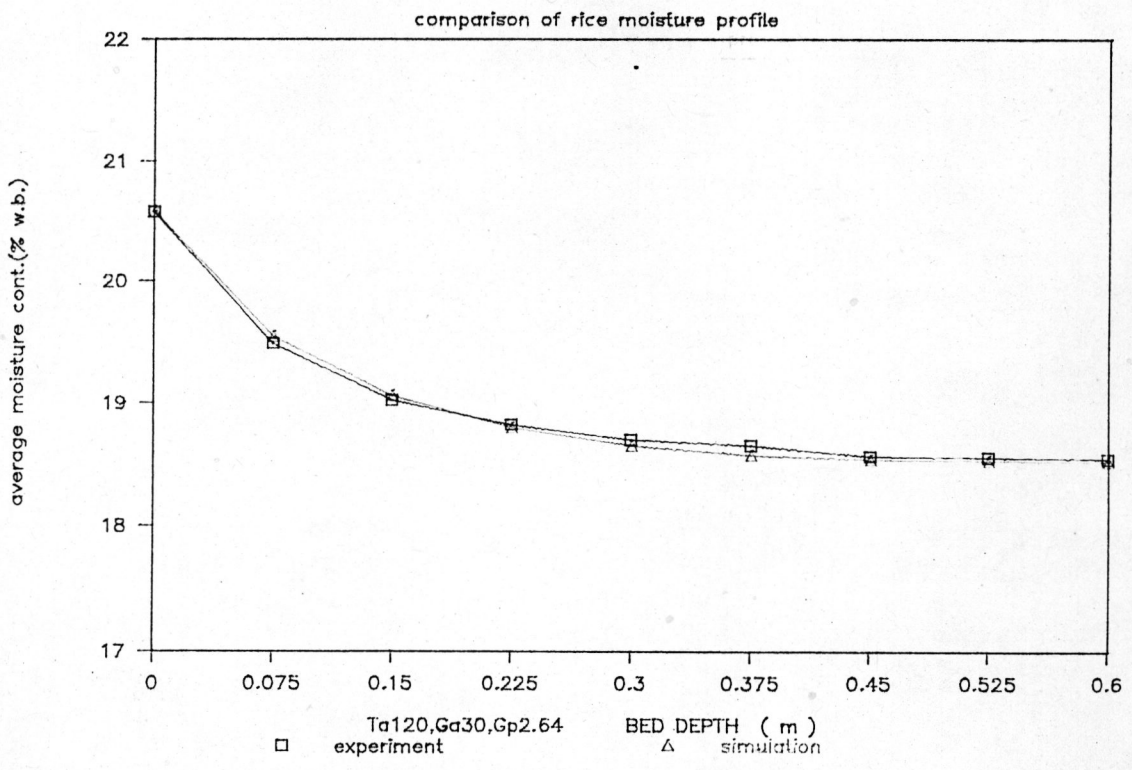
ข) การพิจารณาชั้นบางที่แบ่งออกจากระยะความลิกในระบบการอบแห้งจริงนั้น จะมีความแตกต่างจากการพิจารณาชั้นบางที่ทำกรอบแห้งเพื่อศึกษาหาค่าอัตราการอบแห้ง เนื่องจากในการศึกษาการอบแห้งชั้นบางนั้นมีชั้นบางเพียงชั้นเดียว เมื่อให้ลมร้อนไหลผ่านชั้นบาง เมล็ดข้าวในชั้นบางจะมีความชื้นลดลงตามเวลา  $t$  ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าตัวแปรทั้งหมดในสมการการอบแห้งชั้นบางจะไม่คงที่ แต่ในการพิจารณาของระบบนั้นค่า  $t$  มีค่าคงที่ดังที่ได้อธิบายไว้ในตอนต้น จึงมีผลทำให้มีเพียงสมการ (4.48) เท่านั้น ที่เทอม  $t^2$  มีค่าเปลี่ยนแปลงไป และที่เห็นความแตกต่างได้ชัด คือ สมการที่ (4.48) เทอม  $\exp(-X t^2)$  ไม่มีตัวแปรอื่นมาคูณทำให้ค่าลดลง แต่สมการที่ (4.49) และ สมการที่ (4.50) เทอม  $\exp(-B t)$  นั้นมีตัวแปร A คูณอยู่ ซึ่งค่า A นั้นมีค่าน้อยกว่า 1 จึงทำให้ค่าอัตราส่วนความชื้นน้อยกว่า 1 มาก นั่นคือความชื้นจะลดลงมากภายในเวลาเพียง 0.03 นาที ซึ่งผิดจากความเป็นจริง

### 7.3 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองแบบกับผลที่ได้จากการทดลอง

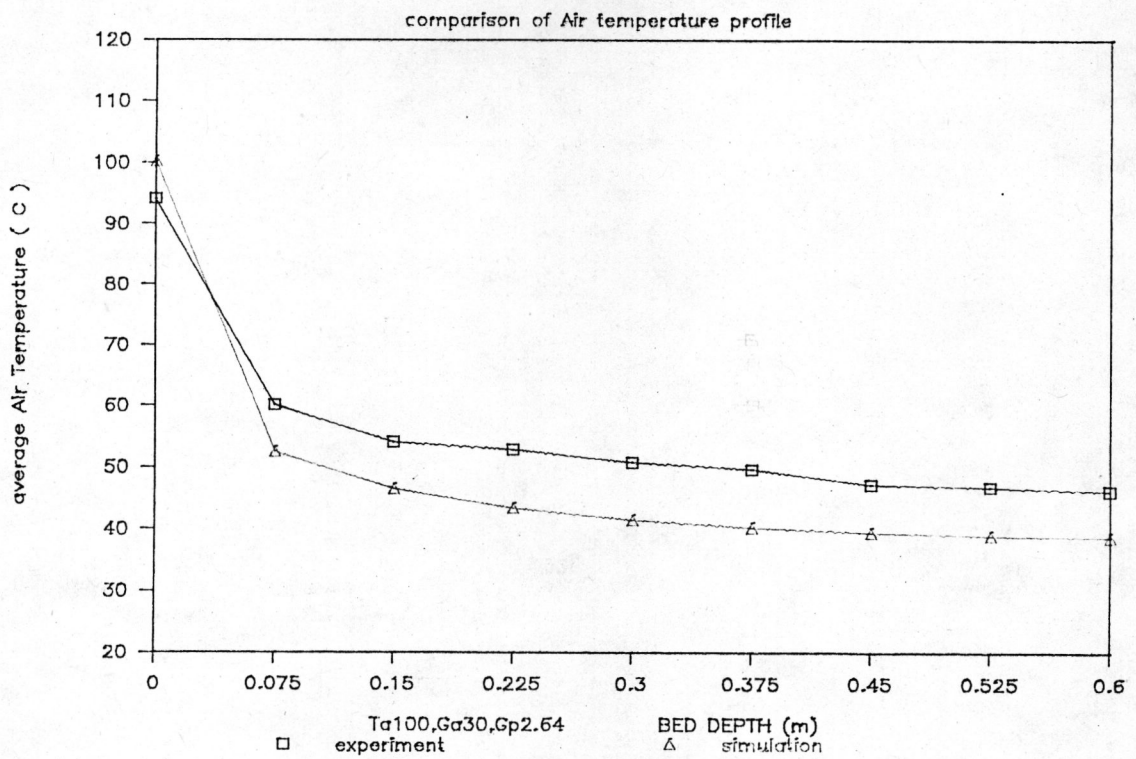
รูป 7.3.1 ถึง 7.3.6 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองแบบกับการทดลอง เมื่อใช้อุณหภูมิของลมร้อน  $120^\circ \text{C}$ ,  $100^\circ \text{C}$ , และ  $80^\circ \text{C}$  ตามลำดับ



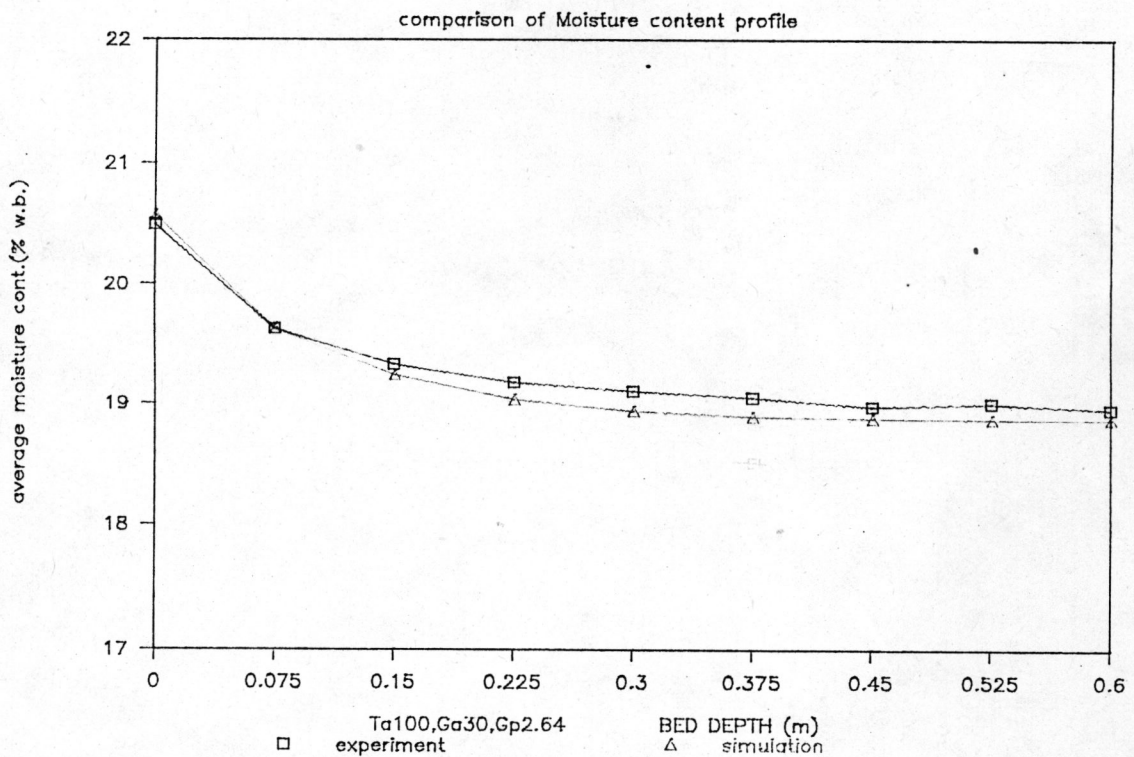
รูป 7.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



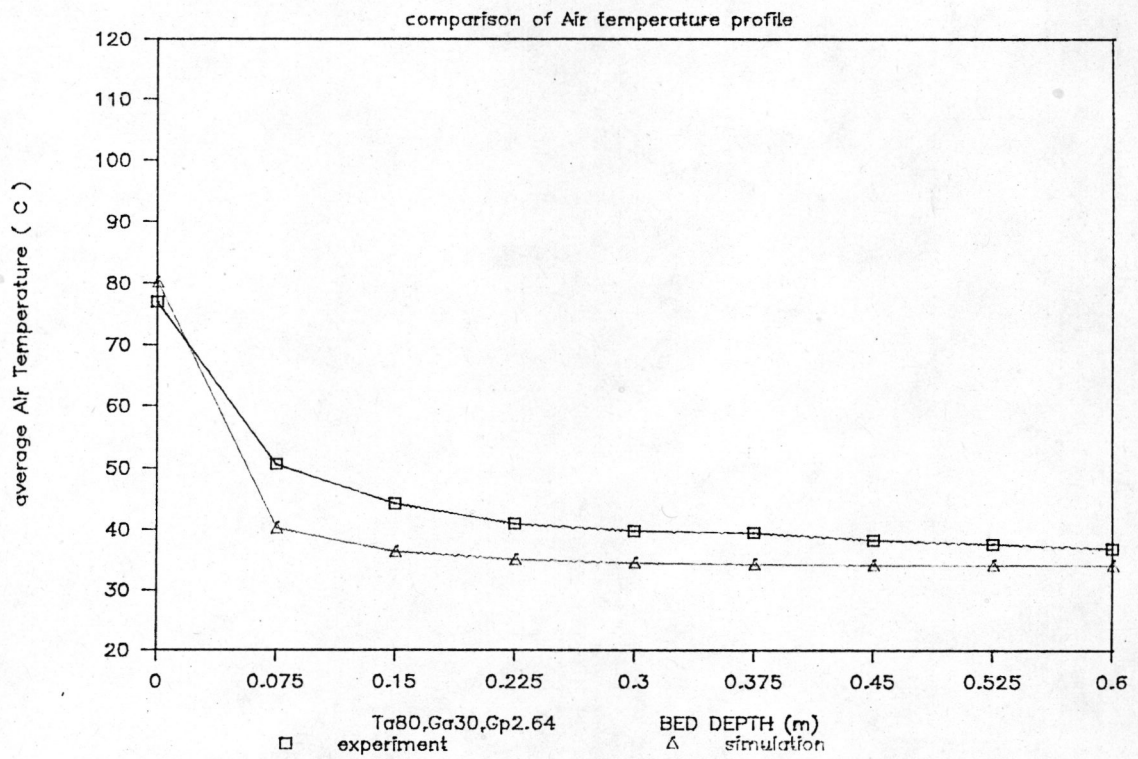
รูป 7.3.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



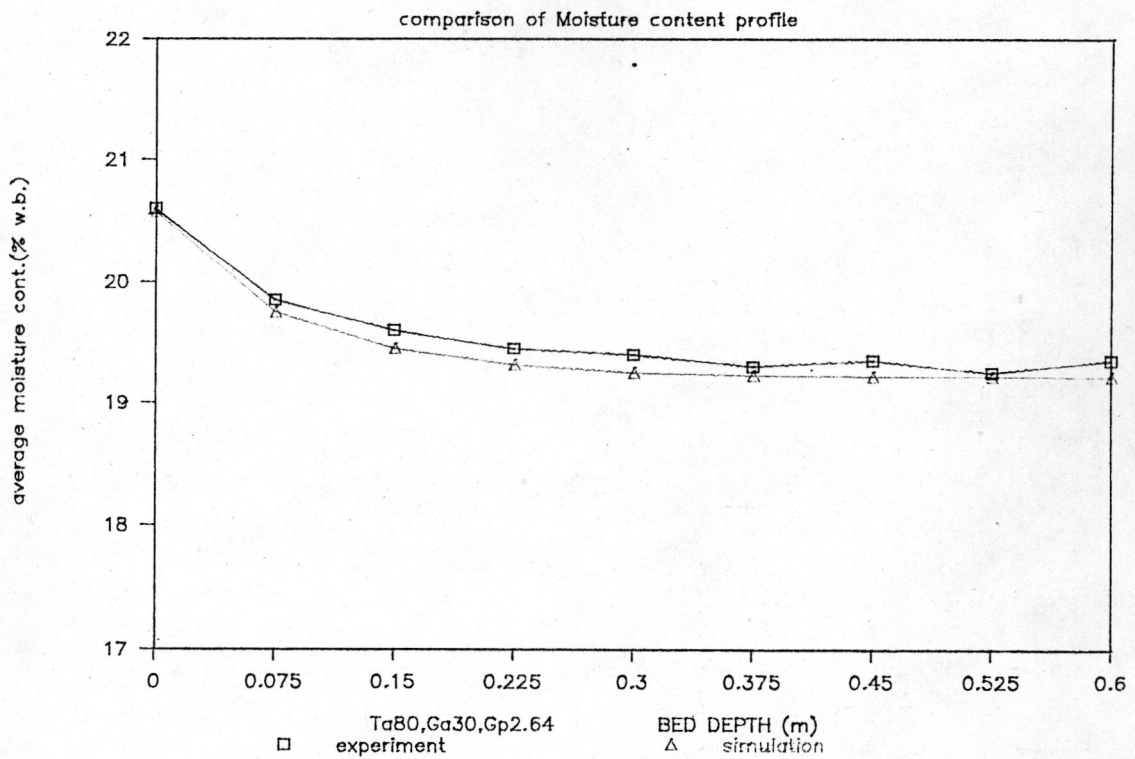
รูป 7.3.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.3.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.3.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.3.6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

อัตราไหลของลมร้อน  $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$ . อัตราไหลของข้าวเปลือก  $146 \text{ kg/hr}$ .

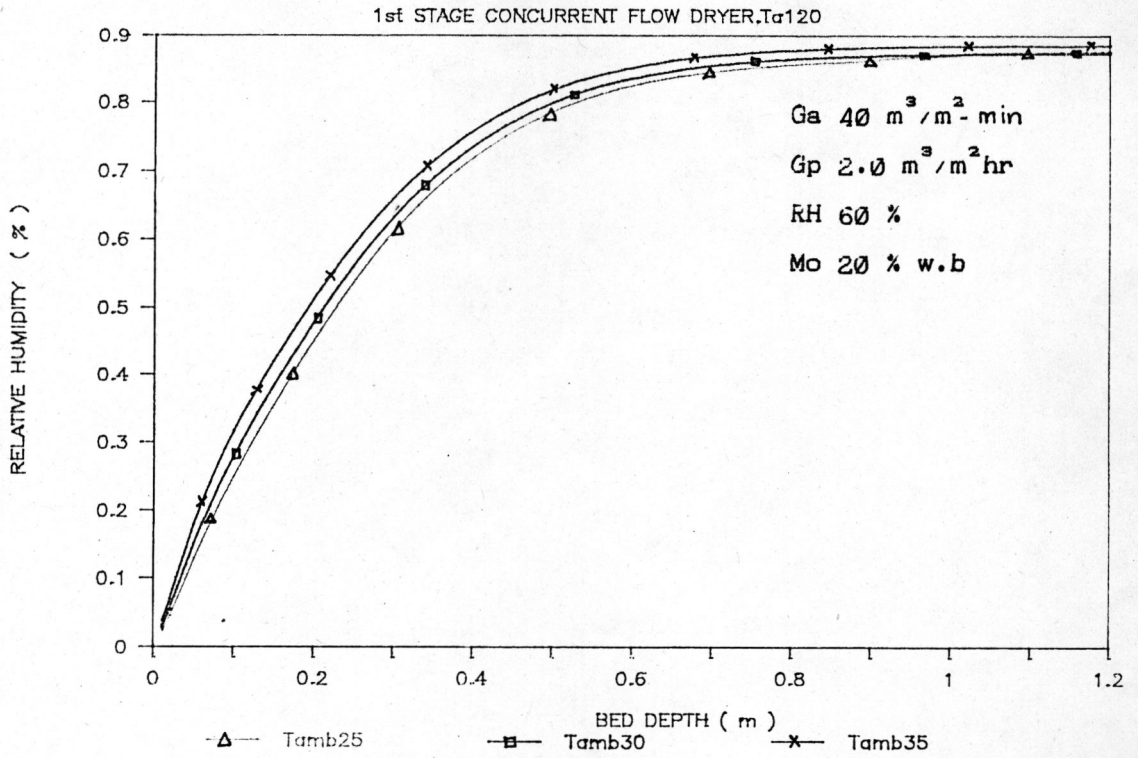
ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลจากการจำลองแบบและผลจากการทดลองมีความสอดคล้องกัน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกในห้องอบให้ผลที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าสมการการอบแห้งในชั้นบางตามรูปแบบของ Page สมการที่ (4.48) สามารถใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกในห้องอบแบบไหลในทิศทางเดียวกันได้เป็นอย่างดี

สำหรับผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง ปรากฏว่าผลจากการทดลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนที่วัดค่าได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของลมร้อนในการทดลองมีค่าสูงกว่าสาเหตุเนื่องมาจากในขณะที่ลมร้อนไหลผ่านเมล็ดข้าวเปลือก ลมร้อนไม่สามารถสัมผัสกับผิวโดยรอบของเมล็ดข้าวได้ทั่วถึง จึงทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนลดลงตามสมการ (4.9)

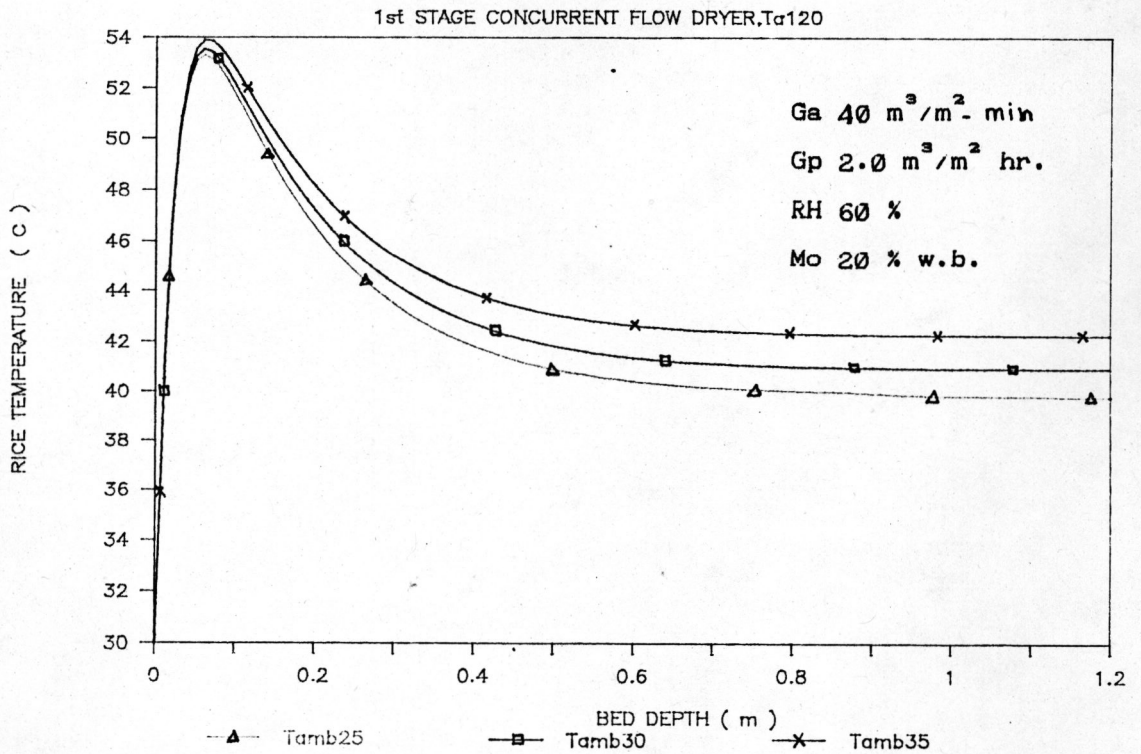
#### 7.4 การศึกษาตัวแปรที่สำคัญต่อระบบอบแห้งโดยวิธีการจำลองแบบ

##### 7.4.1 ผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะอากาศ

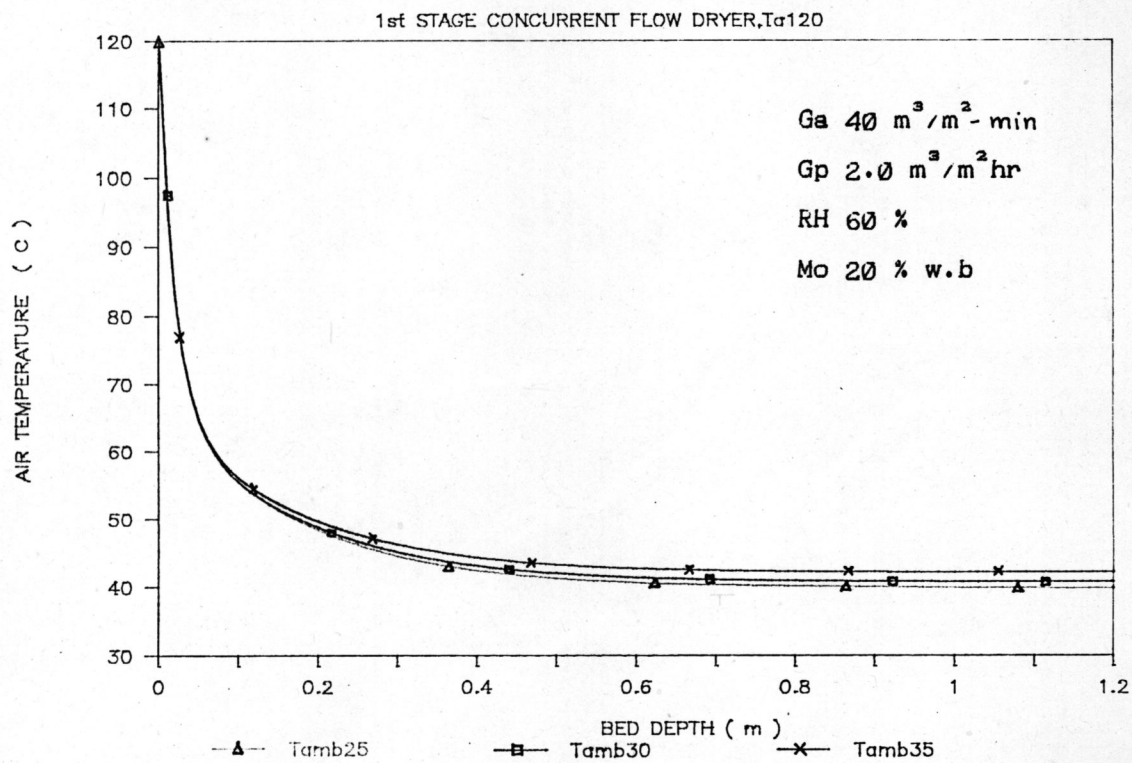
จากการศึกษาพบว่าเมื่ออุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจาก  $25^\circ \text{C}$  เป็น  $35^\circ \text{C}$  และ  $20\%$  เป็น  $80\%$  ตามลำดับ มีผลดังนี้ (ก) ทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยจาก  $53.2^\circ \text{C}$  เป็น  $53.8^\circ \text{C}$  ดังรูป 7.4.1(b) และรูป 7.4.1(f) (ข) ทำให้การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบมีค่าลดลงเล็กน้อย กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ  $25^\circ \text{C}$  ความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเท่ากับ  $15.8\% \text{ w.b.}$  ถ้าอุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น  $35^\circ \text{C}$  ความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวเปลือกจะมีค่าเท่ากับ  $16.2\% \text{ w.b.}$  ดังรูป 7.4.1(d) ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงมีค่าลดลง (ค) มีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของลมร้อนเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเช่นกัน ดังรูป 7.4.1(a), 7.4.1(c), 7.4.1(e) และ 7.4.1(ง) สาเหตุเนื่องจากเมื่ออากาศถูกทำให้ร้อนเกิน  $93.3^\circ \text{C}$  ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้นเมื่อสภาวะอากาศแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้คุณลักษณะของลมร้อนที่นำไปใช้ในการอบแห้งเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย จากการ



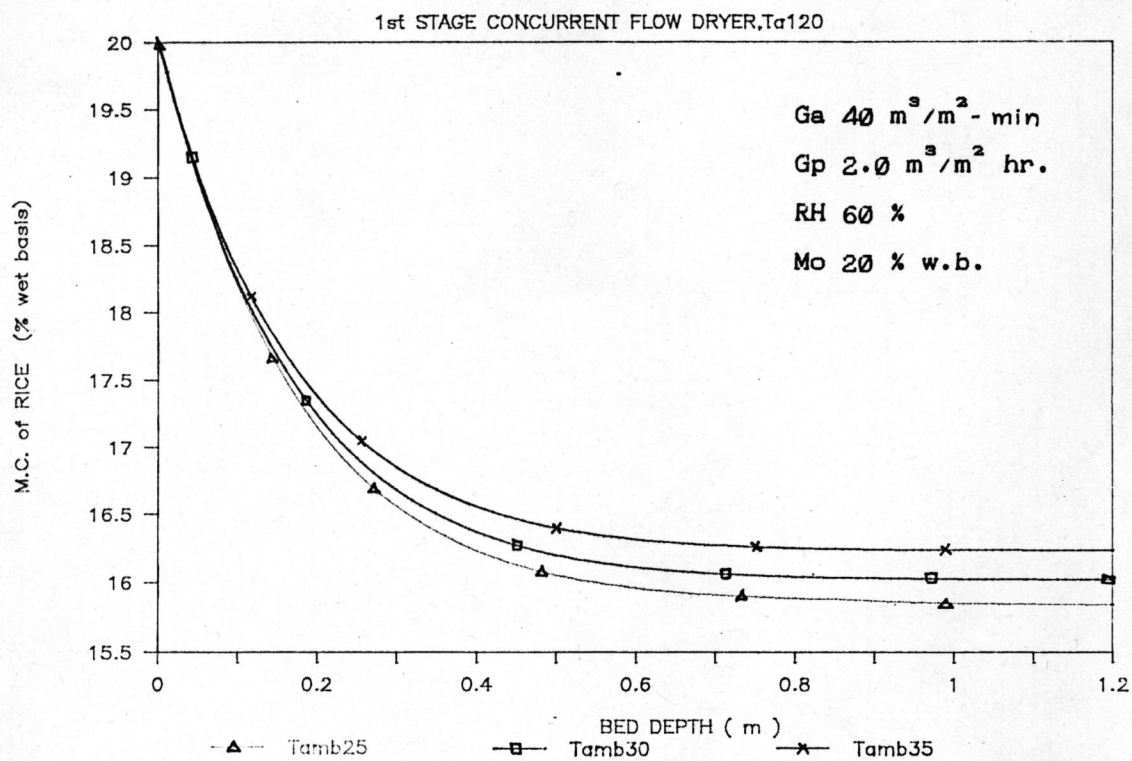
รูป 7.4.1(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.1(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

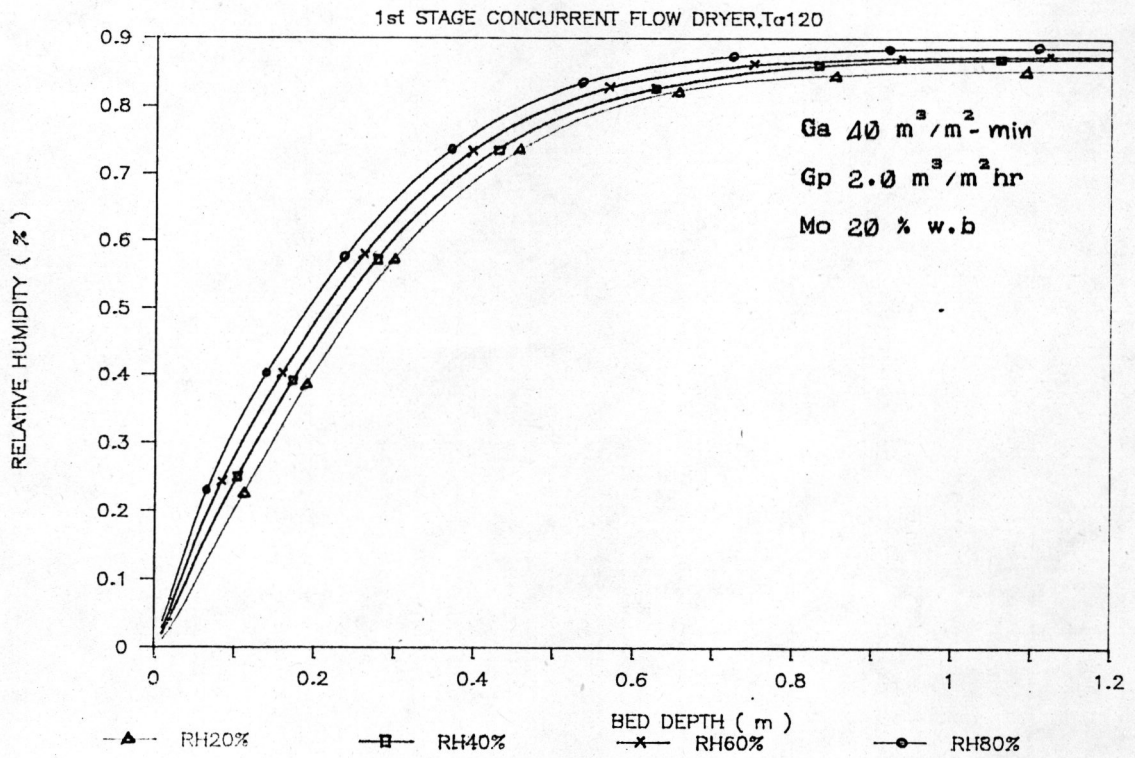


รูป 7.4.1(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง

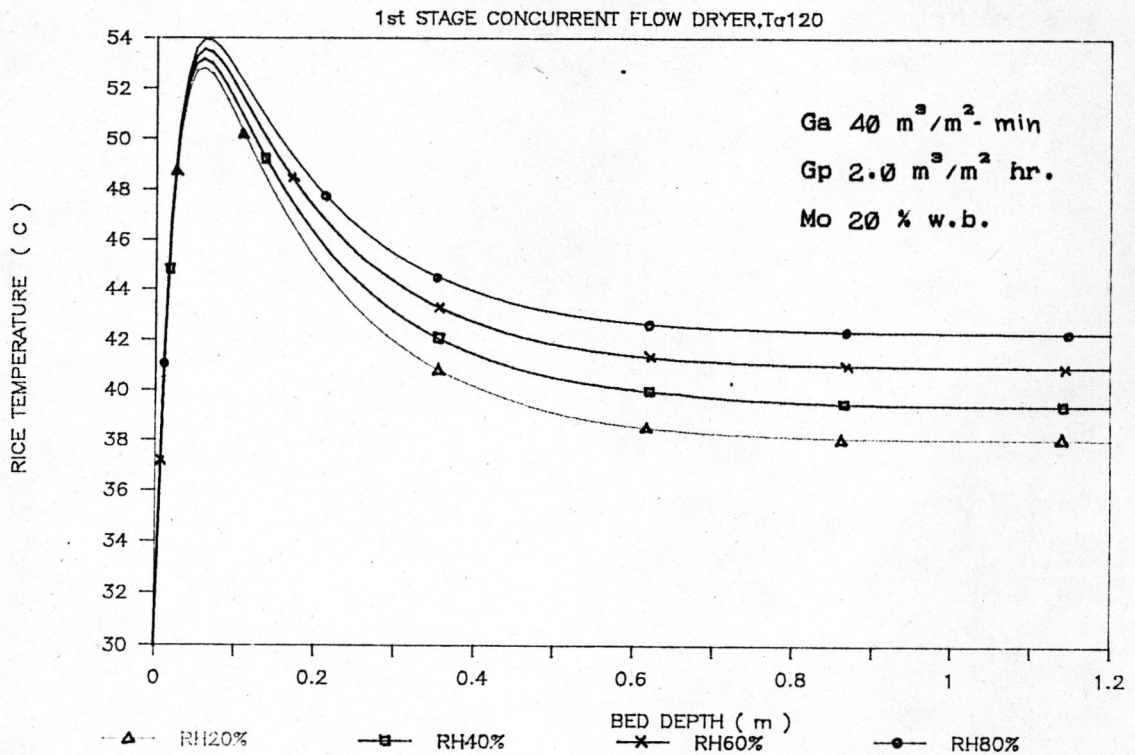


รูป 7.4.1(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

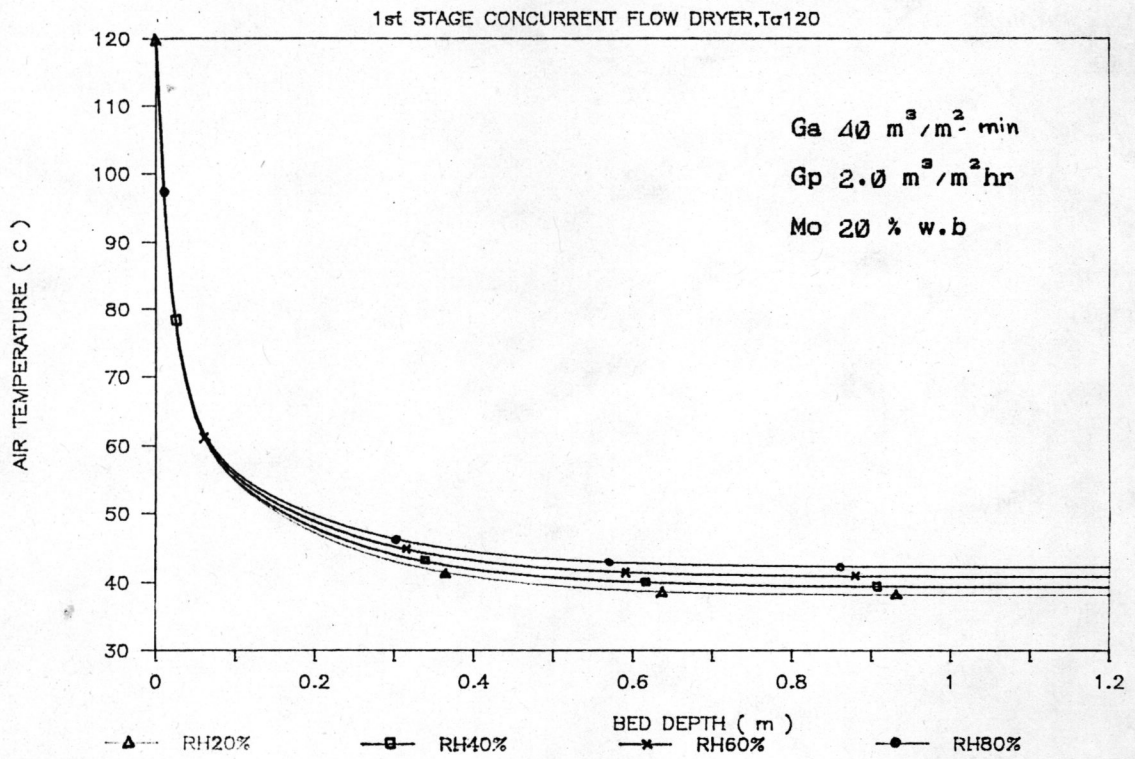




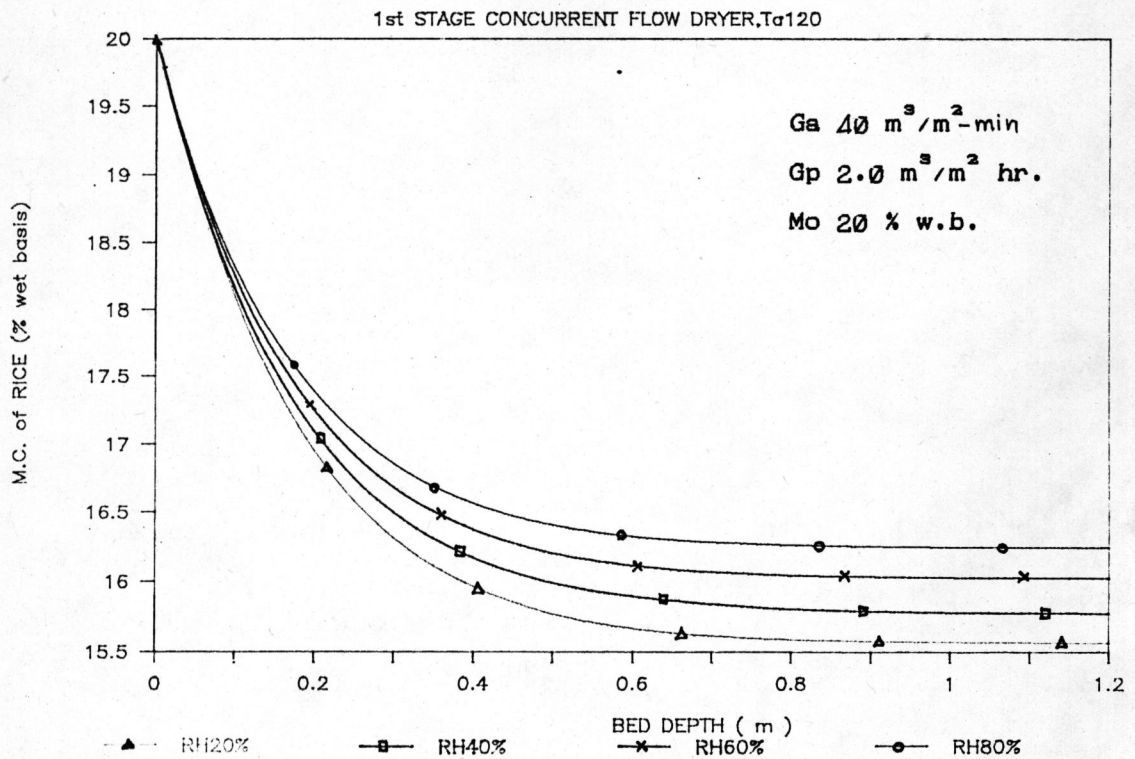
รูป 7.4.1(e) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.1(f) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.1(ง) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.1(ข) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

ศึกษาพบว่าสามารถใช้สภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ทำเป็นลมร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งได้โดยไม่เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำ

#### 7.4.2 ผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก

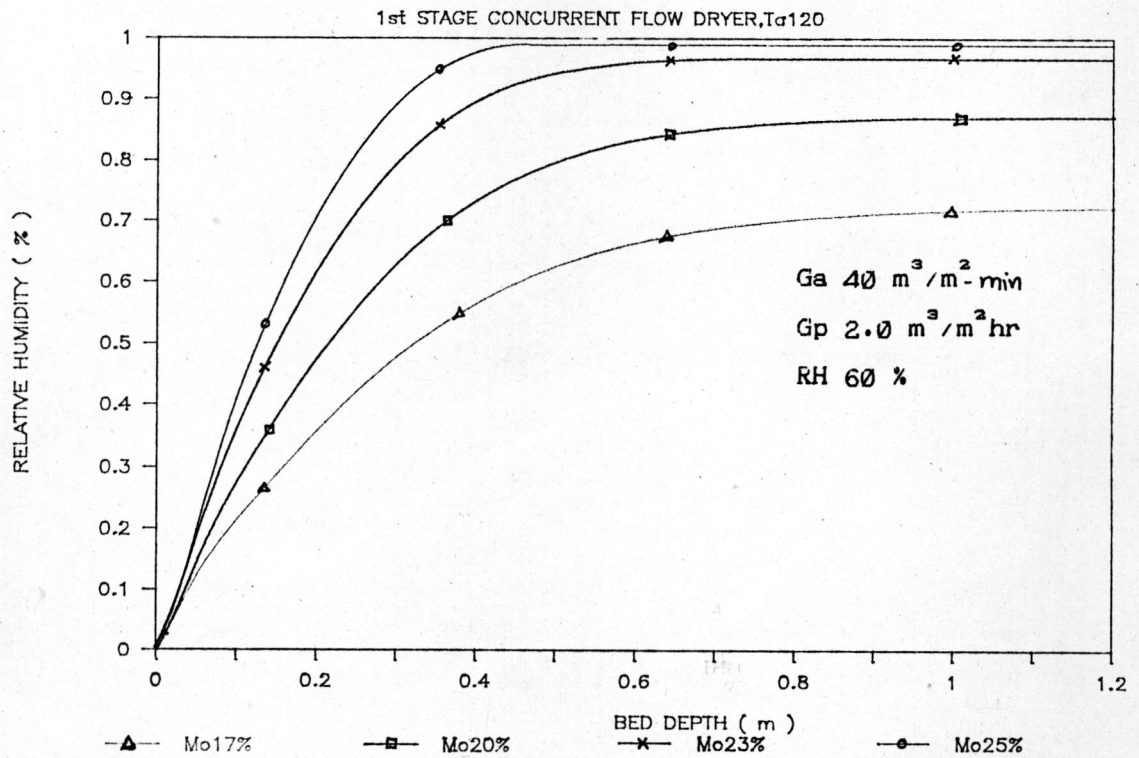
เมื่อความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มจาก 17 - 25 % w.b. พบว่าการอบแห้งมีผลดังนี้ คือ สามารถอบจากความชื้นเริ่มต้น 17, 20, 23 และ 25 % w.b. ให้มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 13, 16, 19.2 และ 21.4 % w.b. ตามลำดับ ดังรูป 7.4.2(d) และเมื่อหาค่าอัตราการอบแห้งพบว่าเมื่อความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกมีค่ามากขึ้น จะทำให้เทอม ( $M_o - M_e$ ) ในสมการ (5.9) มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนมวลความชื้นสมการที่ (5.4) และสมการ (5.3) มีค่าสูงขึ้น ดังรูป 7.4.2(a) และ 7.4.2(c) และมีผลทำให้สมการอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกสมการที่ (5.2) มีค่าลดลง ทำให้อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดของเมล็ดข้าวเปลือกตรงทางออกมีค่าลดลงจาก  $57.2^{\circ}C$  เป็น  $48.2^{\circ}C$  ดังรูป 7.4.2(b)

#### 7.4.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวเปลือก

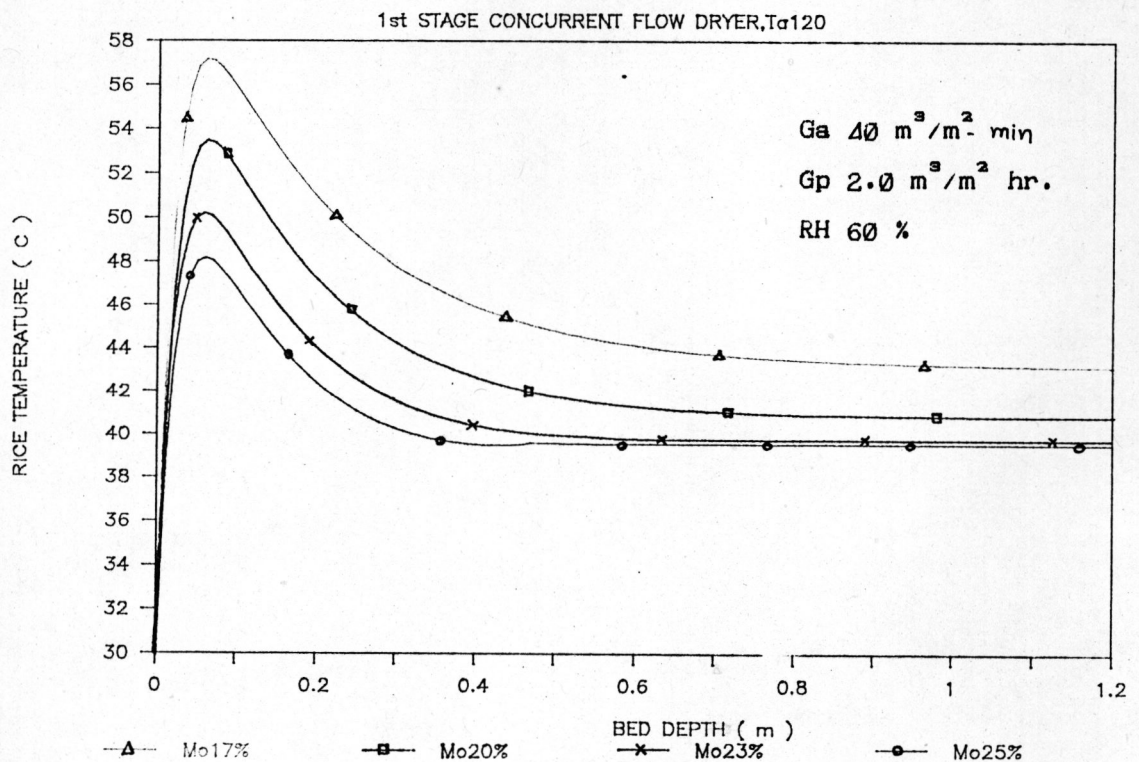
เมื่อค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าสูงขึ้นจาก  $25^{\circ}C$  เป็น  $35^{\circ}C$  มีผลทำให้ค่า  $hf_{\Sigma}$  มีค่าลดลงตามสมการที่ (3.27) ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งมีค่าสูงขึ้นตามสมการที่ (5.2) อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกจึงมีค่าสูงขึ้นจาก  $50.5^{\circ}C$  เป็น  $56.8^{\circ}C$  ดังรูป 7.4.3(b) และเมื่ออุณหภูมิของข้าวเปลือกมีค่าสูงขึ้นทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนมีค่าลดลงตามสมการที่ (5.1) ซึ่งทำให้อุณหภูมิของลมร้อนลดลงช้ากว่า ดังรูป 7.4.3(c) จะเห็นว่าค่าอุณหภูมิของลมร้อนมีค่าสูงกว่า ส่งผลทำให้ค่าความชื้นสมดุลย์ของข้าวเปลือก ( $M_e$ ) มีค่าลดลง จึงทำให้เทอม ( $M_o - M_e$ ) ในสมการที่ (5.9) มีค่ามากขึ้น ดังนั้นอัตราการอบแห้งสมการ (5.9) จึงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสามารถลดความชื้นลงได้อีก 0.7 % ดังรูป 7.4.3(d)

#### 7.4.4 ผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อน

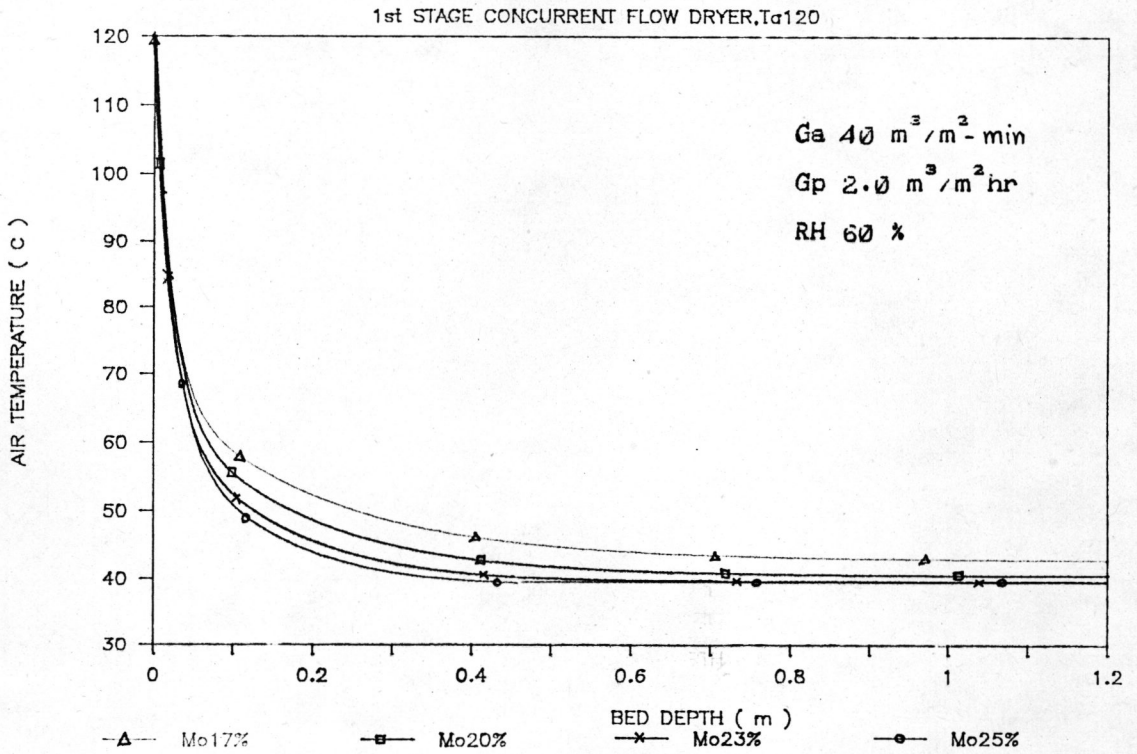
เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนให้สูงขึ้นจาก 80 ให้เป็น  $120^{\circ}C$  ทำให้ค่า



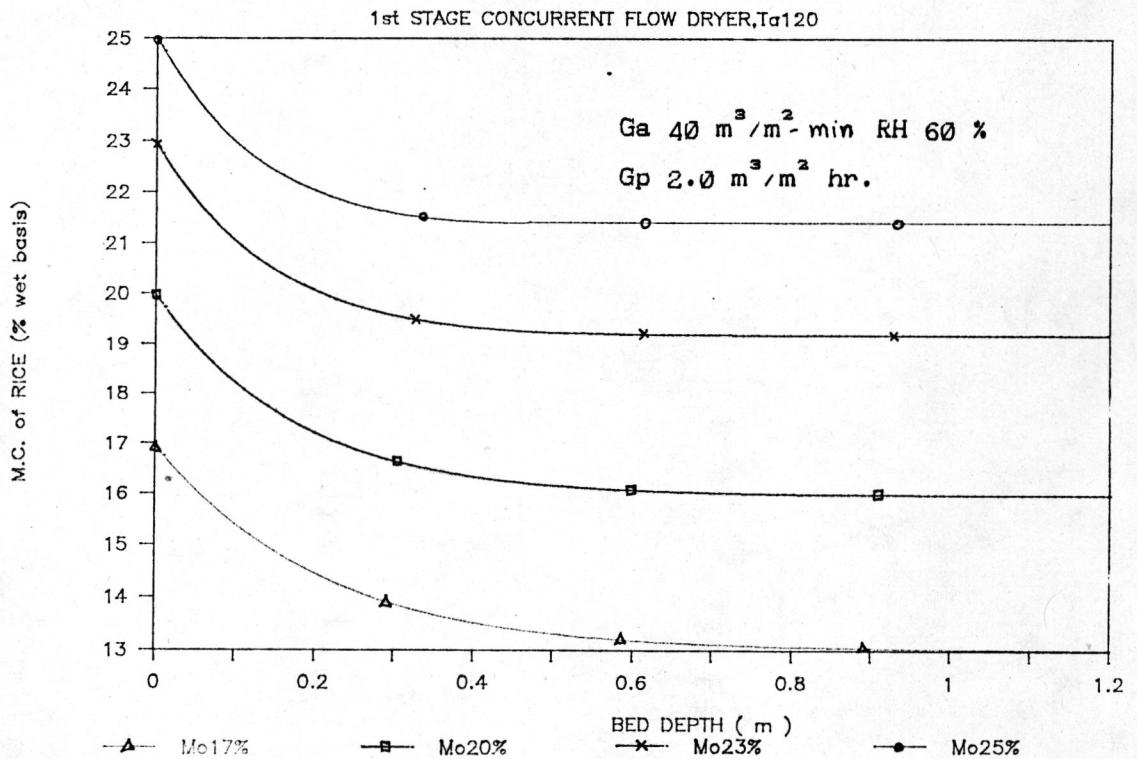
รูป 7.4.2(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



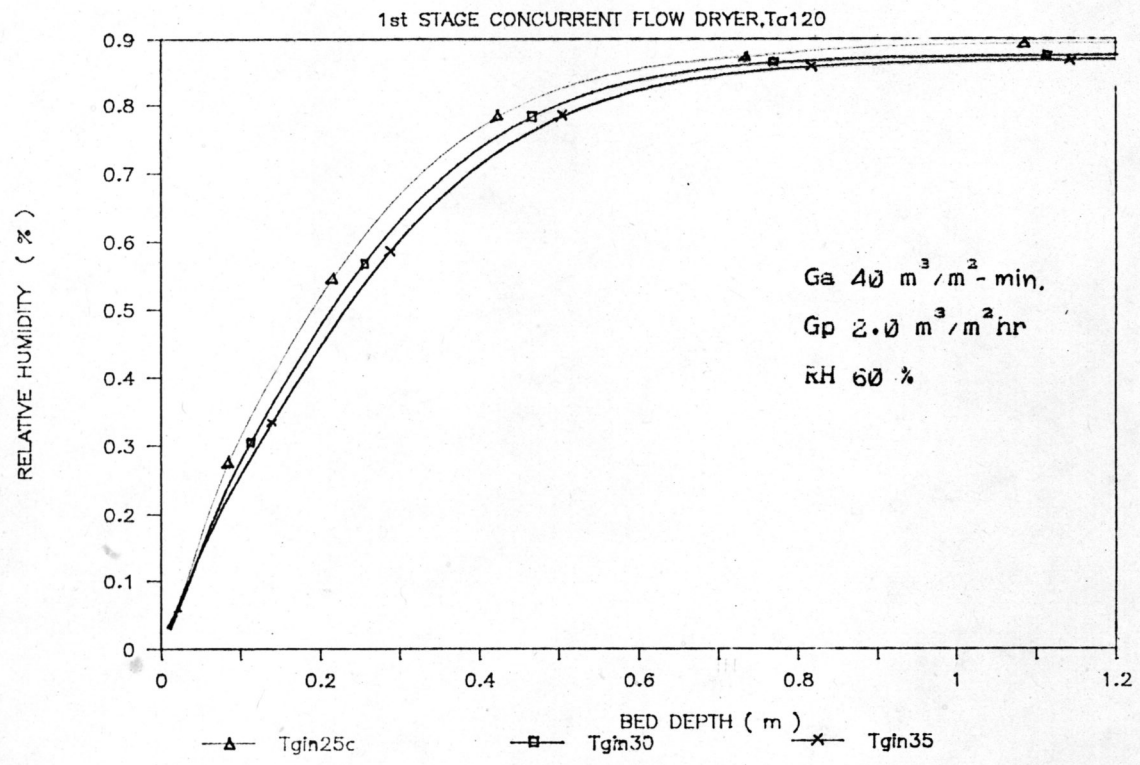
รูป 7.4.2(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



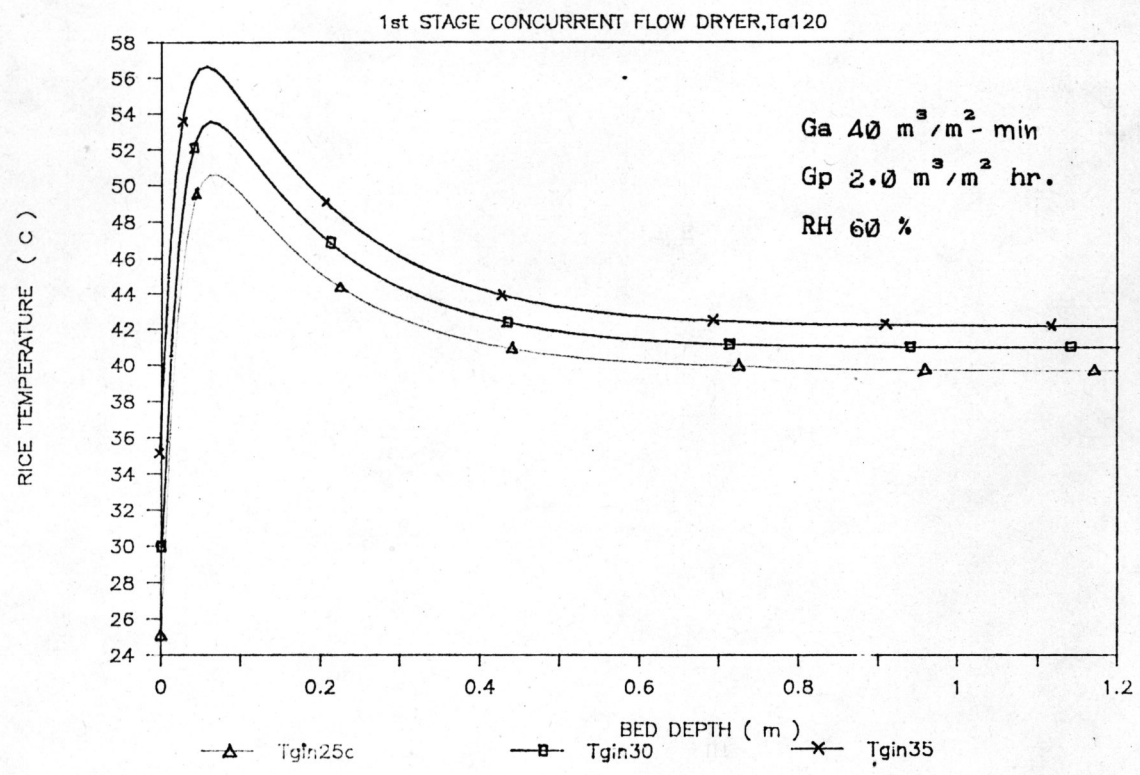
รูป 7.4.2(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



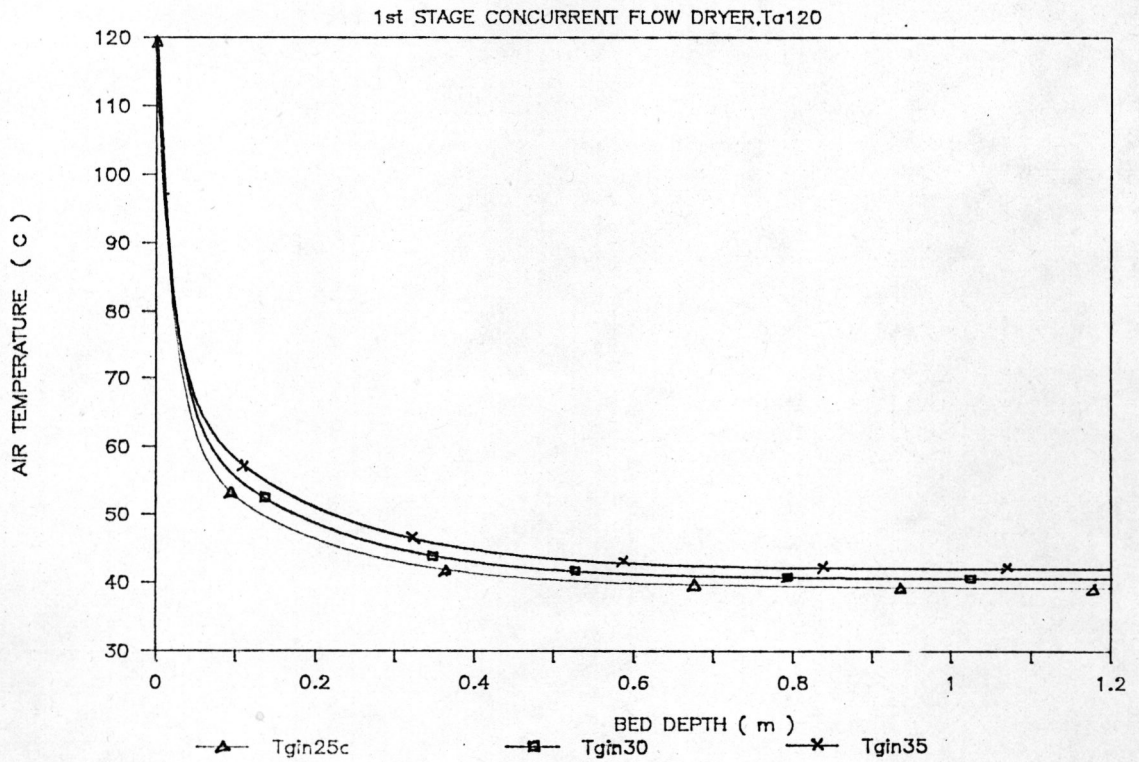
รูป 7.4.2(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



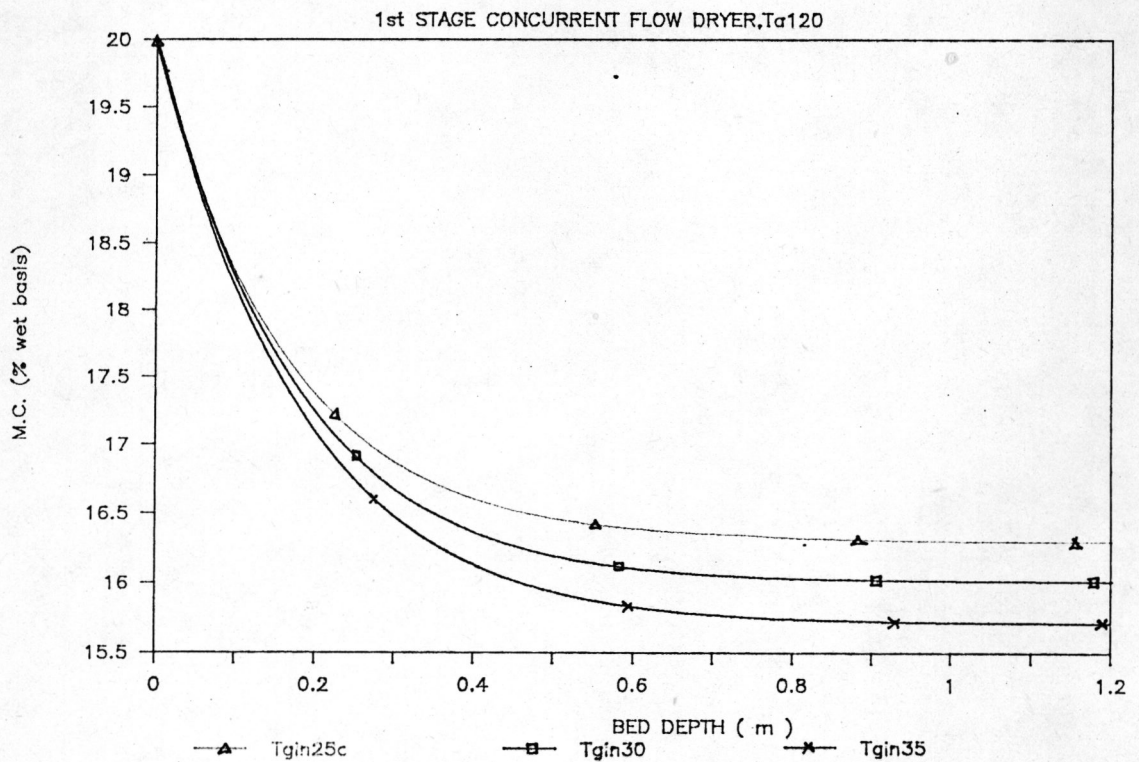
รูป 7.4.3(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



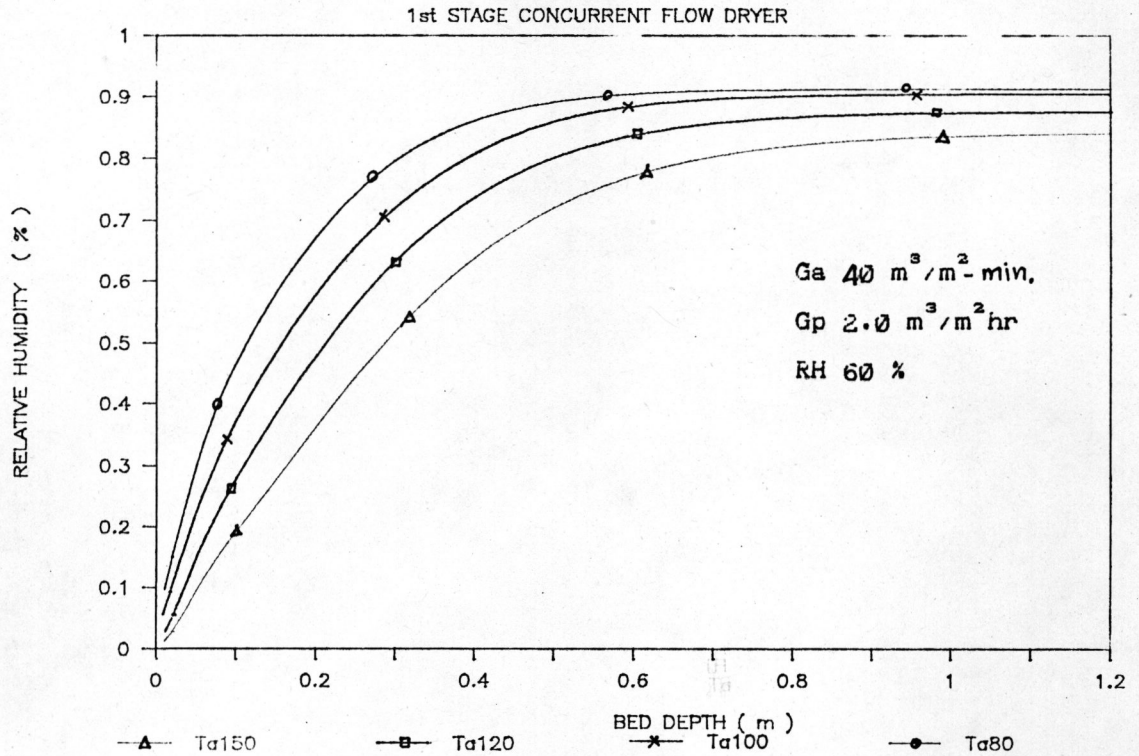
รูป 7.4.3(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



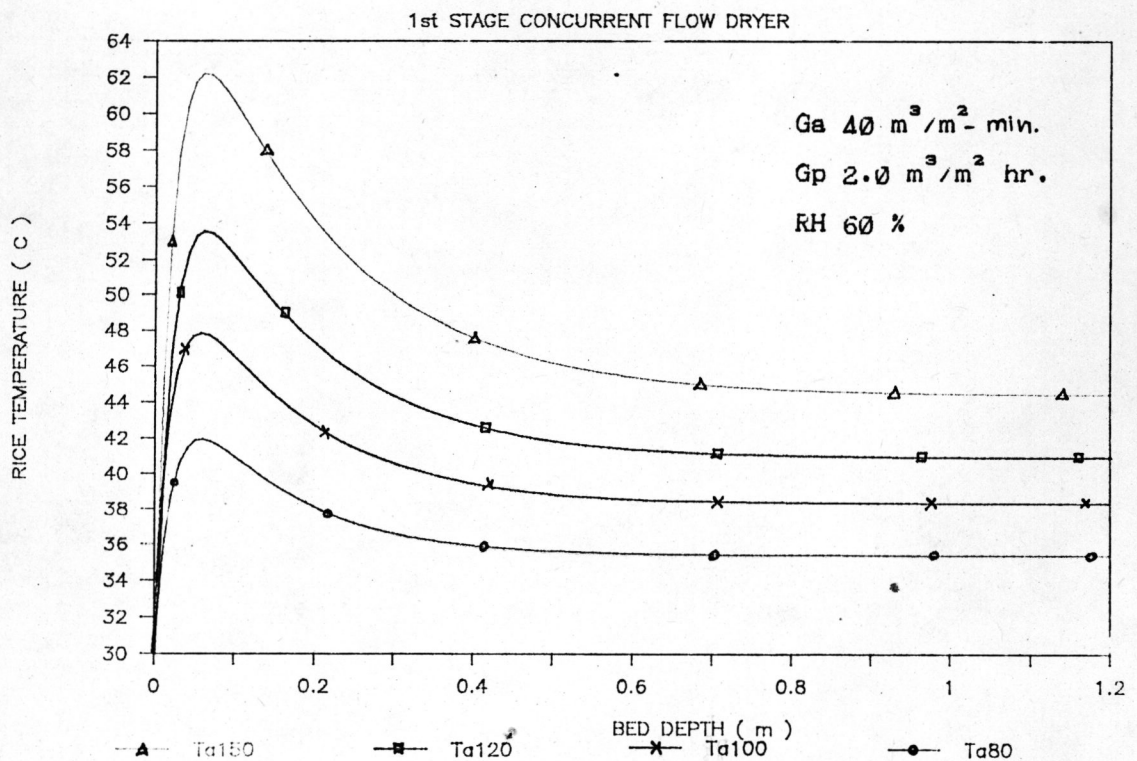
รูป 7.4.3(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.3(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

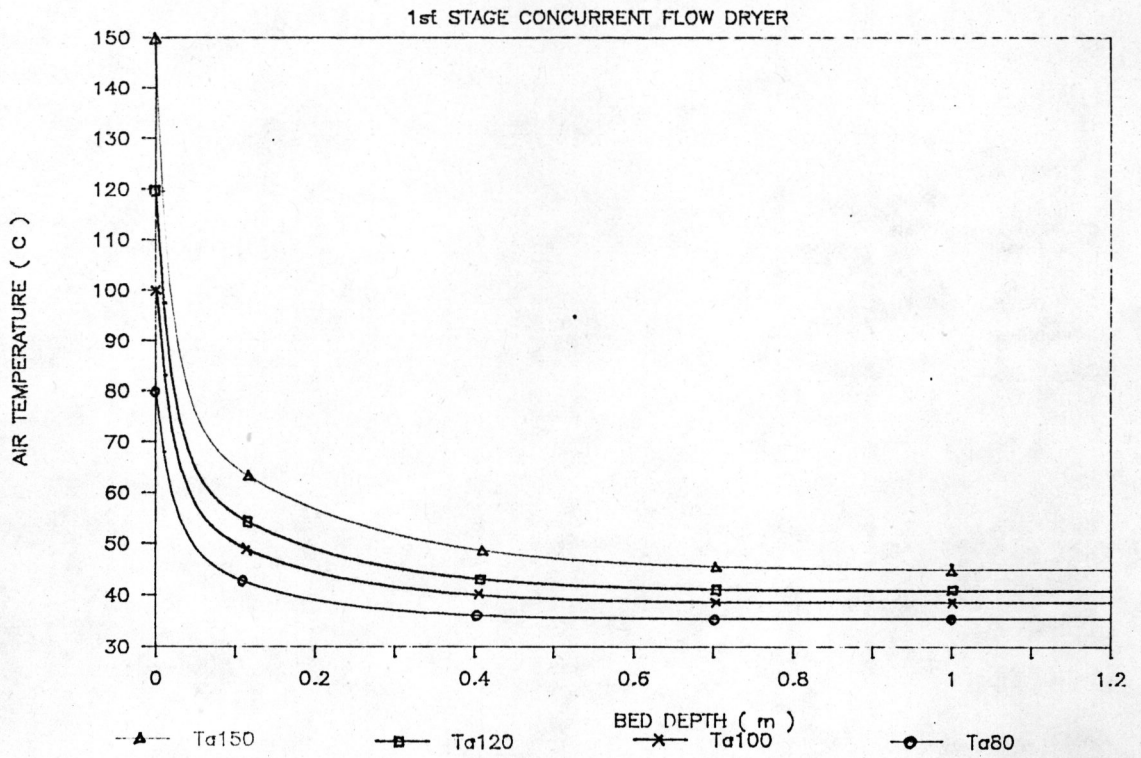


รูป 7.4.4(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง

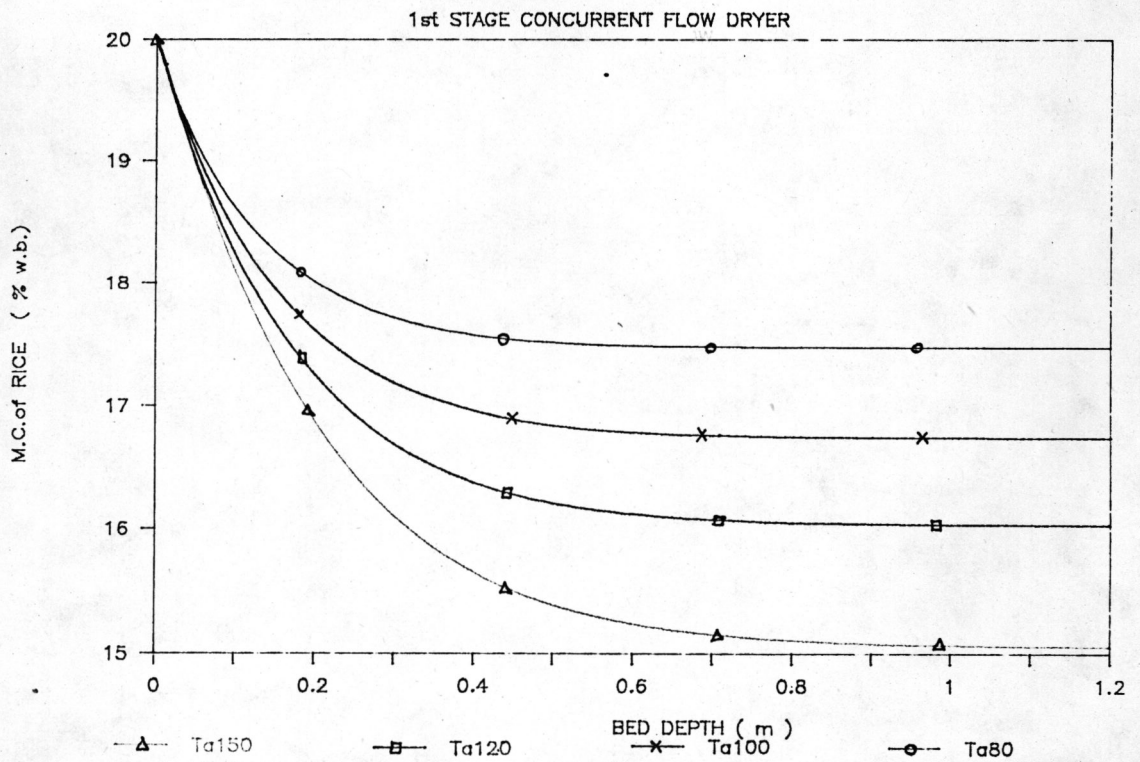


รูป 7.4.4(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง





รูป 7.4.4(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง

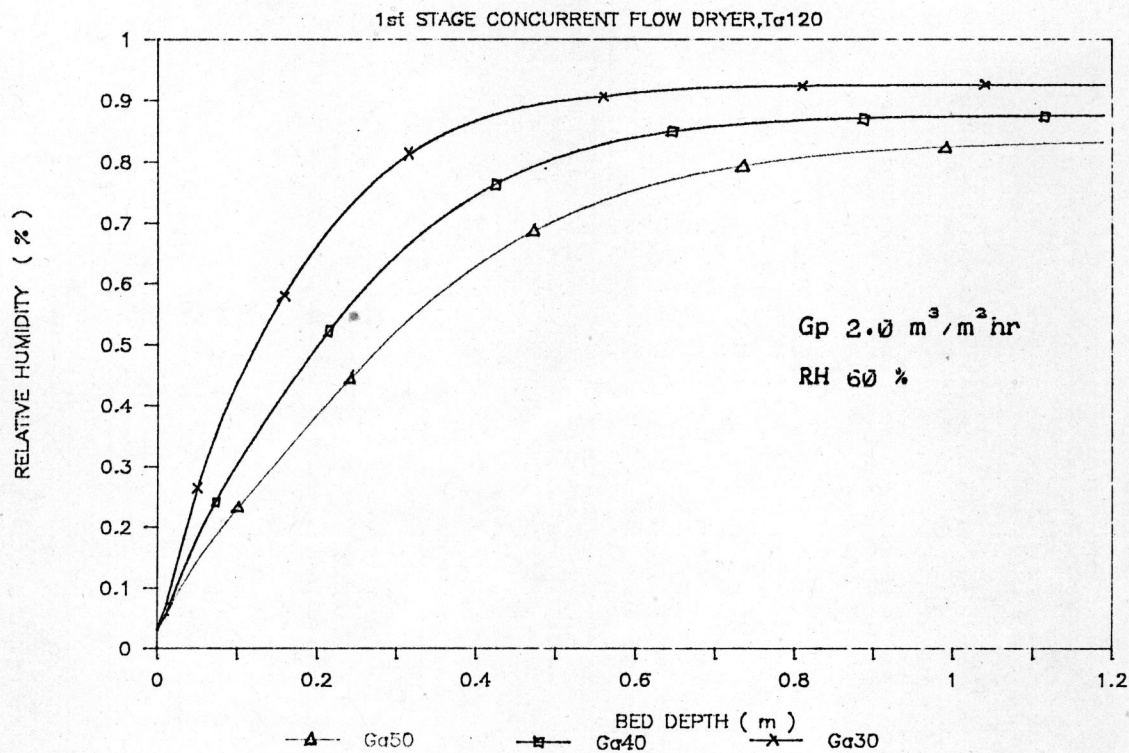


รูป 7.4.4(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

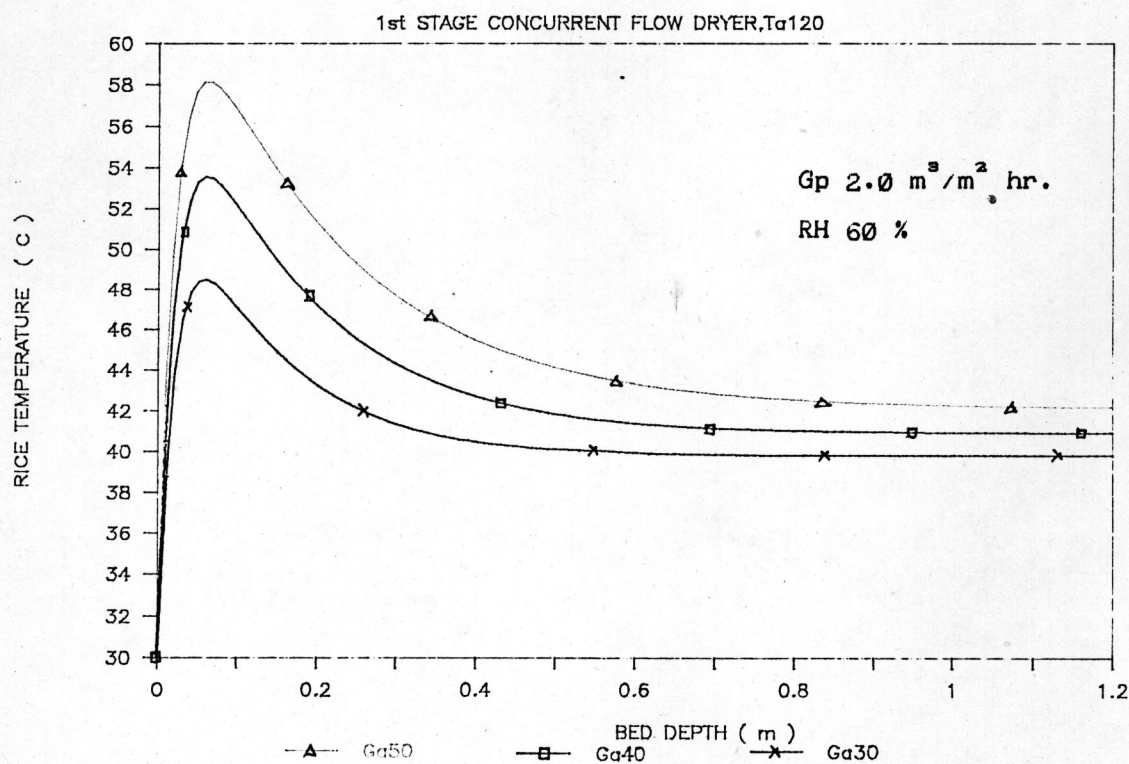
ความชื้นสัมพัทธ์ (Me) สมการที่(3.16) มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เทอม (Mo - Me) ในสมการการอบแห้งจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า X , y ในสมการที่ (5.9) มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิลมร้อนเช่นกัน ทำให้อัตราการอบแห้งของข้าวเปลือกมีค่าสูงขึ้น ดังรูป 7.4.4(d) ซึ่งจะเห็นว่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงจาก 20 % w.b. เหลือ 15.1 % w.b. เมื่อทำการอบเพียง 1 ช่วง ความลึกเท่ากับ 1.2 m. และเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของลมร้อนกับเมล็ดข้าวเปลือก (T -  $\theta$ ) มีค่าสูงขึ้น ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น ตามสมการที่ (5.2) ดังรูป 7.4.4(b) ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งเพิ่มเป็น 62 ° C ทำให้เกิดผลเสียแก่เมล็ดข้าว เนื่องจากเมล็ดข้าวมีความร้อนเกินค่าอุณหภูมิวิกฤต จากรูป 7.4.4(b) จะได้อุณหภูมิของลมร้อนที่เหมาะสมเมื่อให้อัตราไหล 40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> hr. มีค่าเท่ากับ 120 ° C

#### 7.4.5 ผลจากการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลของลมร้อน

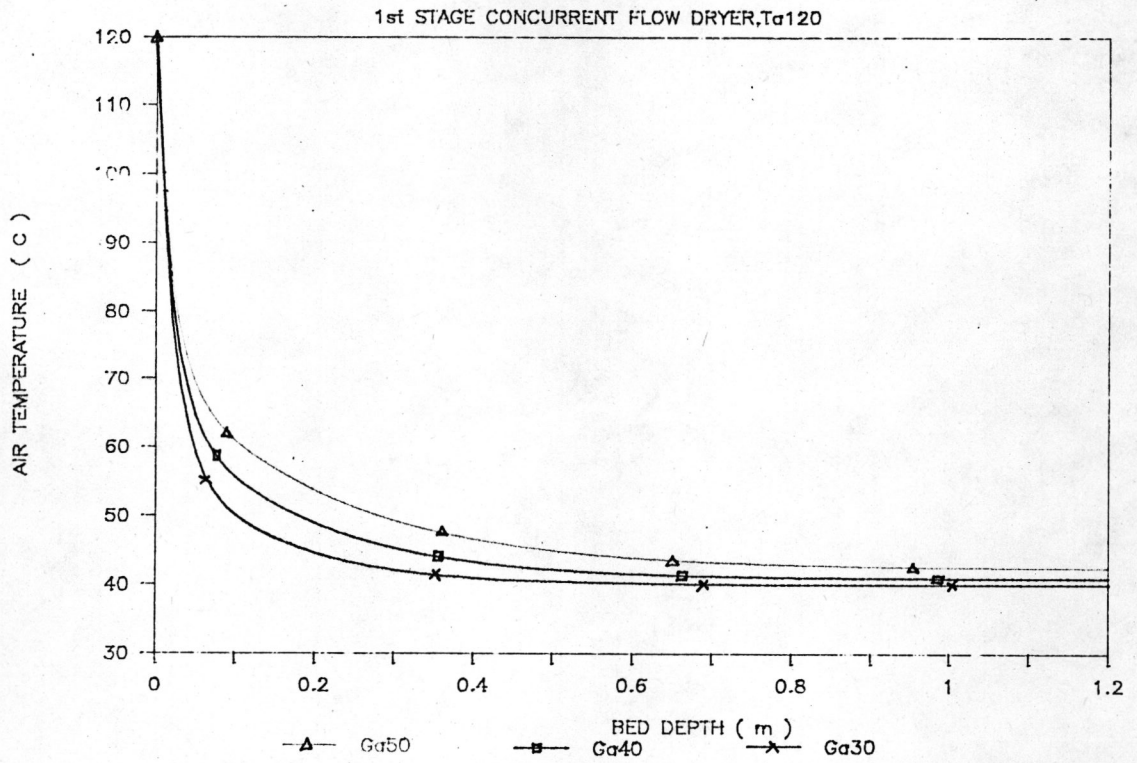
เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอัตราไหลของลมร้อนให้สูงขึ้นจาก 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min ให้เป็น 40 และ 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min ตามลำดับ มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนสมการที่ (5.1) มีค่าลดลง อุณหภูมิของลมร้อนจะลดลงช้ากว่า ดังรูป 7.4.5(c) และเมื่ออัตราไหลของลมร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกสมการที่ (5.2) มีค่าสูงขึ้น ส่งผลทำให้อุณหภูมิสูงสุดของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 48.3 ° C เป็น 58.1 ° C ดังรูป 7.4.5(b) และจากการที่อุณหภูมิของลมร้อนลดลงน้อยเมื่อเพิ่มค่าอัตราไหลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เทอม (Mo - Me) มีค่าสูงขึ้น ค่า X , y ในสมการการอบแห้งมีค่ามากขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งจึงมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า คือ เมื่ออัตราไหลของลมร้อนมีค่าเท่ากับ 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min จะสามารถอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกจากความชื้น 20 % w.b. ให้มีความชื้นเหลือเท่ากับ 15 % w.b. ได้ ดังรูป 7.4.5(d) ซึ่งจะเห็นว่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกลดลงได้มากกว่าเมื่อให้อัตราไหลของลมร้อนที่มีค่าต่ำกว่า สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นของลมร้อนพบว่าเมื่อค่าอัตราไหลของลมร้อนมีค่าสูงขึ้น เทอม Gp/Ga มีค่าลดลง ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนตามสมการที่ (5.3) มีค่าน้อยมาก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามรูป 7.4.5(a)



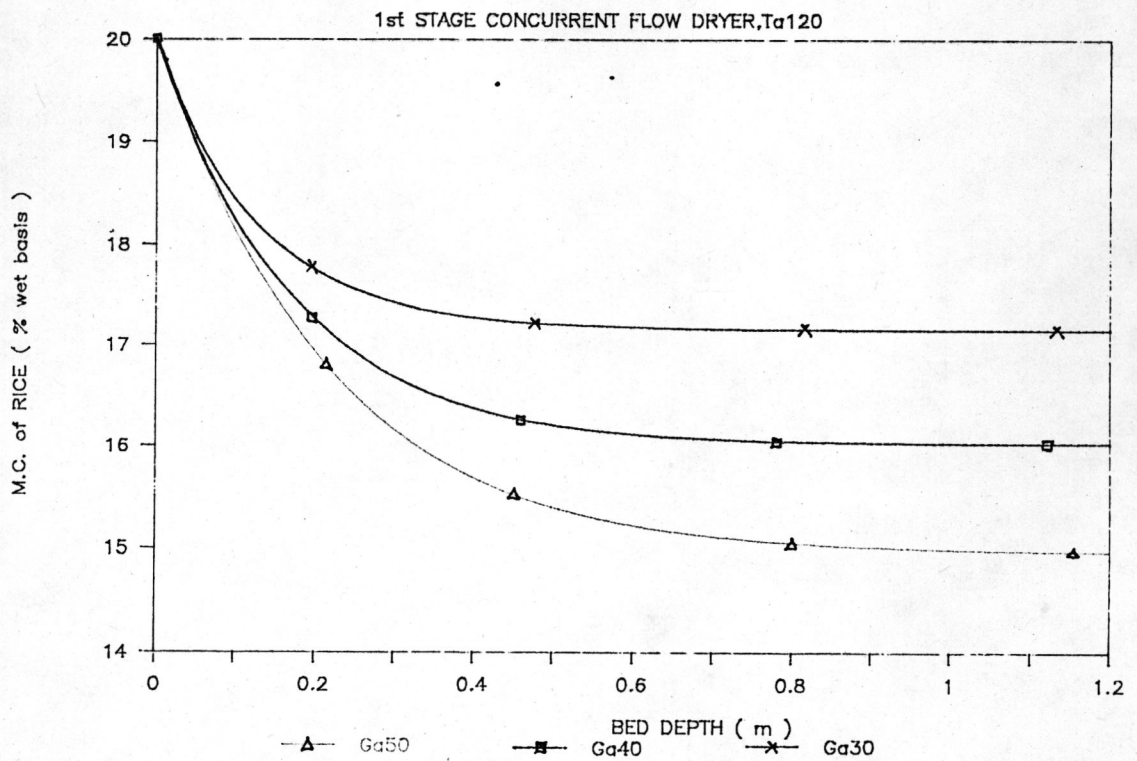
รูป 7.4.5(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.5(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.5(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.5(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

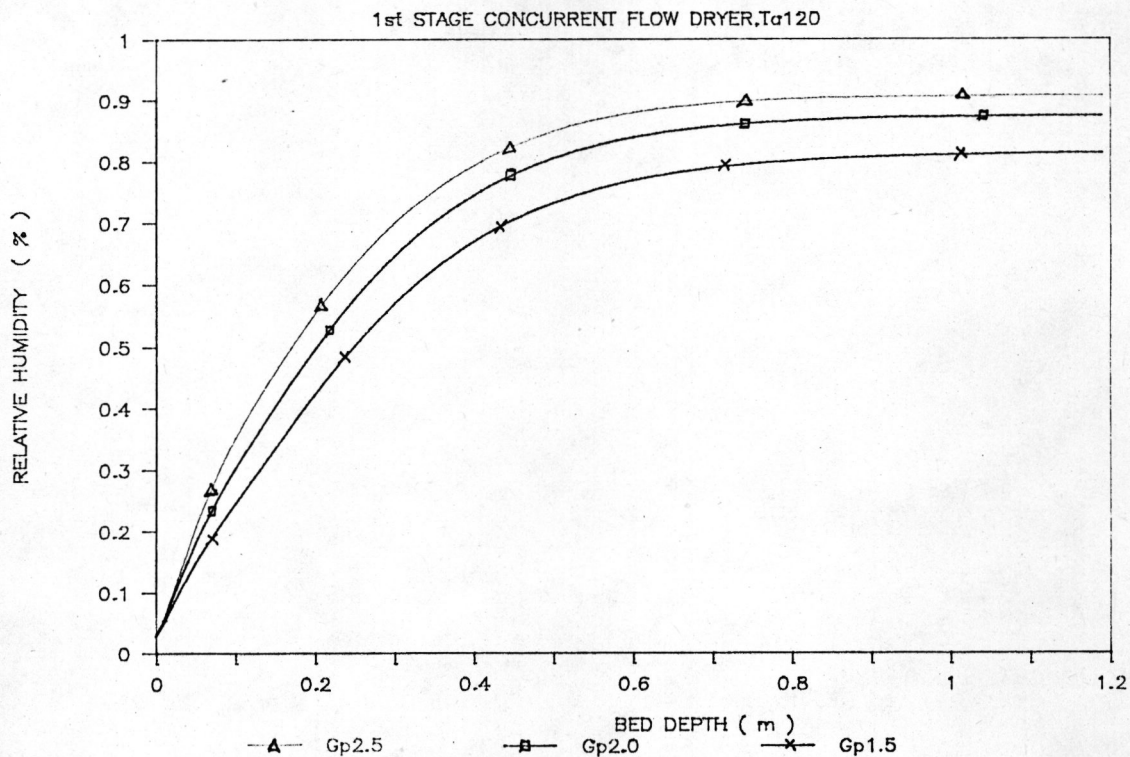
#### 7.4.6 ผลจากการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลของข้าวเปลือก

จากการศึกษาพบว่าเมื่อค่าอัตราไหลของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าสูงขึ้นจาก 1.5 เป็น 2.0 และ 2.5  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ hr.}$  ตามลำดับ จะทำให้เทอม  $Gp/Ga$  มีค่าสูงขึ้น ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนมีค่าสูงขึ้นมากตามสมการที่ (5.3) ผลแสดงในรูป 7.4.6(a) และเมื่อค่าอัตราไหลของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าลดลงมากตามสมการที่ (5.4) ดังแสดงในรูป 7.4.6 (d) สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง เมื่อเพิ่มค่าอัตราไหลของเมล็ดข้าวเปลือกให้สูงขึ้น ผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าลดลงตามสมการที่ (5.2) ดังรูป 7.4.6(b) และจากการที่อุณหภูมิของเมล็ดข้าวมีค่าการเพิ่มน้อย ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้งมีค่าสูงขึ้นตามสมการที่ (5.1) ดังรูป 7.4.6(c)

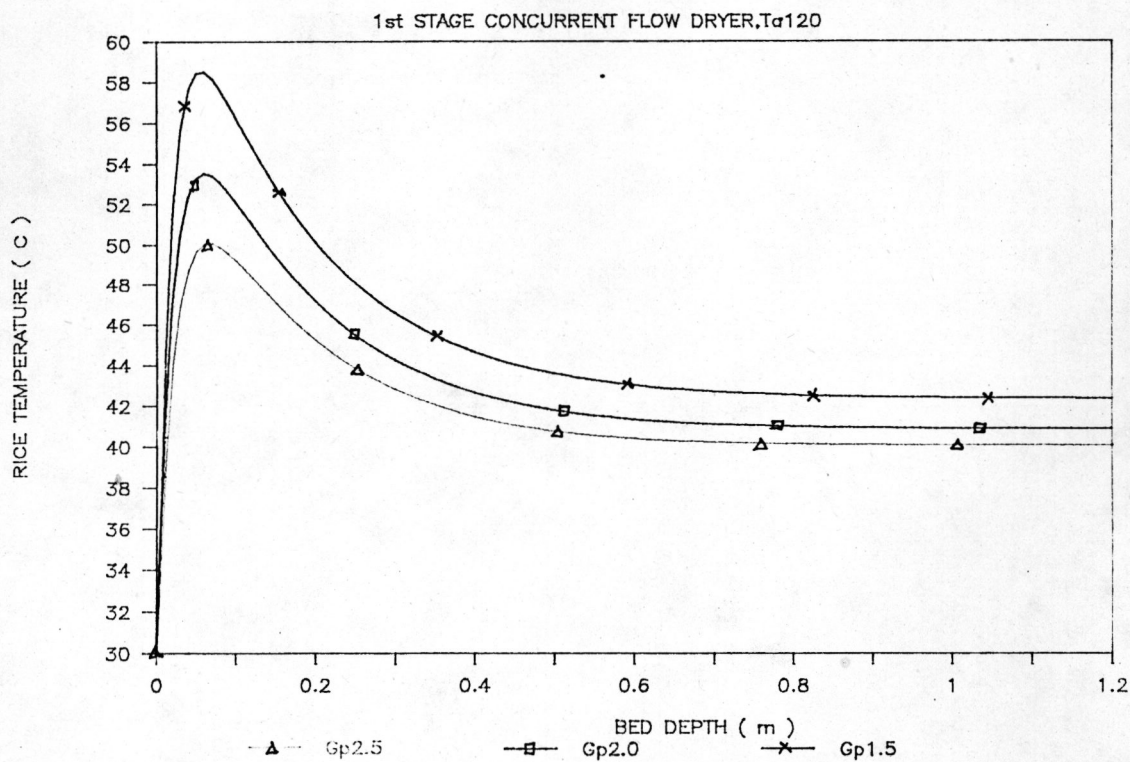
#### 7.5 อัตราการอบแห้ง

จากการศึกษาโดยการจำลองแบบซึ่งพบว่า เมื่อทำการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นเบื้องต้น 20 % w.b. อัตราไหลของเมล็ดข้าวเปลือก 2.0  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ hr.}$  อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 30 ° C และ 60 % ตามลำดับ พบว่าค่าที่เหมาะสมของลมร้อน คือ อุณหภูมิของลมร้อน 120 ° C อัตราไหลของลมร้อน 40  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  โดยสามารถอบแห้งให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นเหลืออยู่ 16 % w.b. ได้ ภายในระยะอบแห้ง 1.2 m.

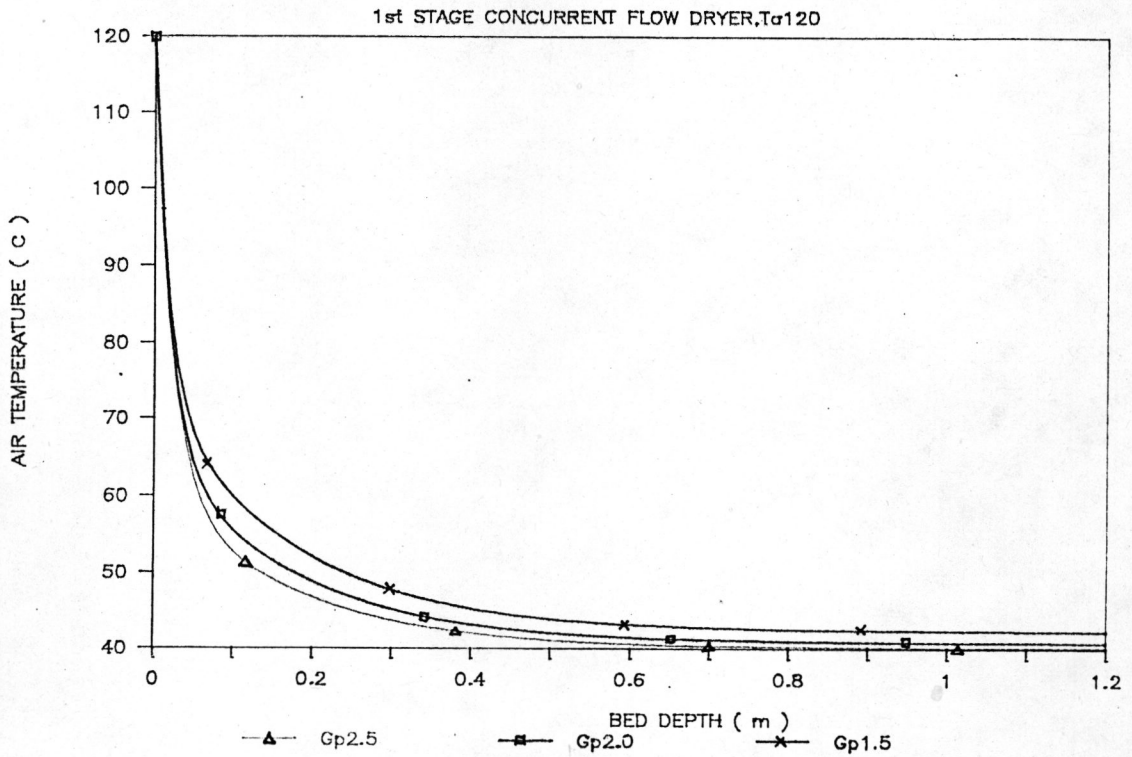
เมื่อทำการคำนวณหาพื้นที่ใต้เส้นกราฟในรูป 7.4.5(d) เพื่อหาค่าอัตราการอบแห้ง ผลปรากฏว่า อัตราการอบแห้งโดยเฉลี่ย ( $dM/dx$ ) มีค่าเท่ากับ 19.87



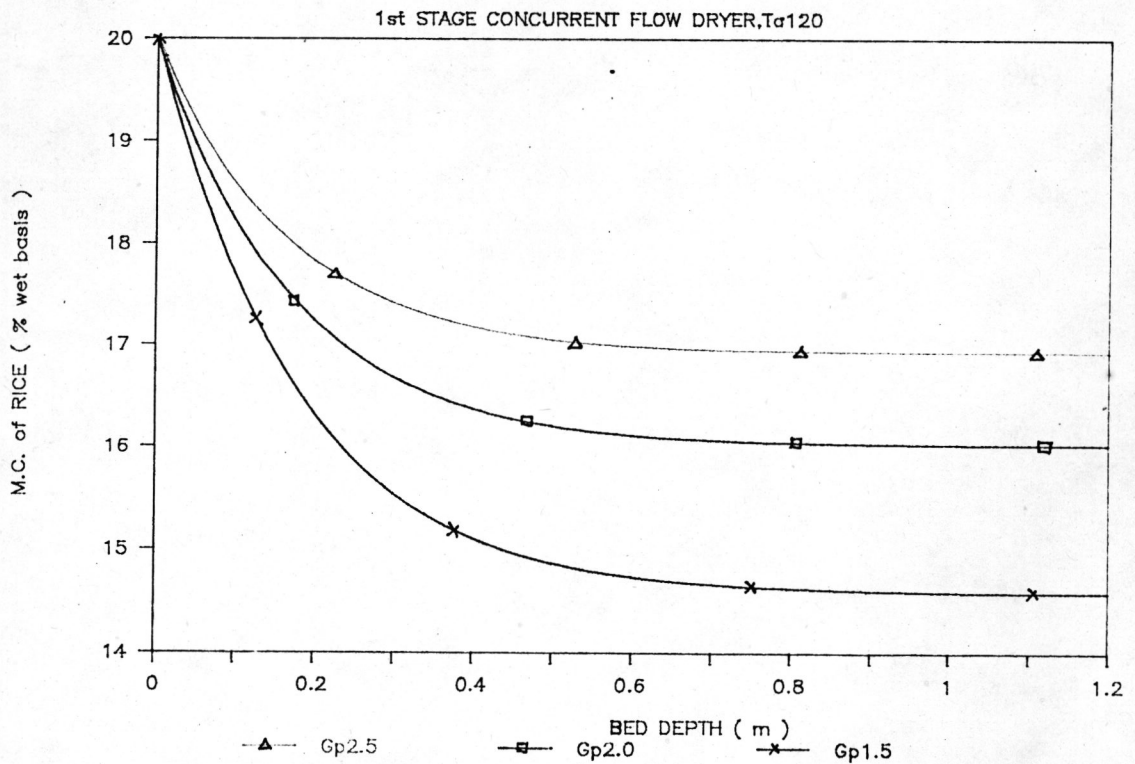
รูป 7.4.6(a) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.6(b) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.6(c) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง



รูป 7.4.6(d) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง