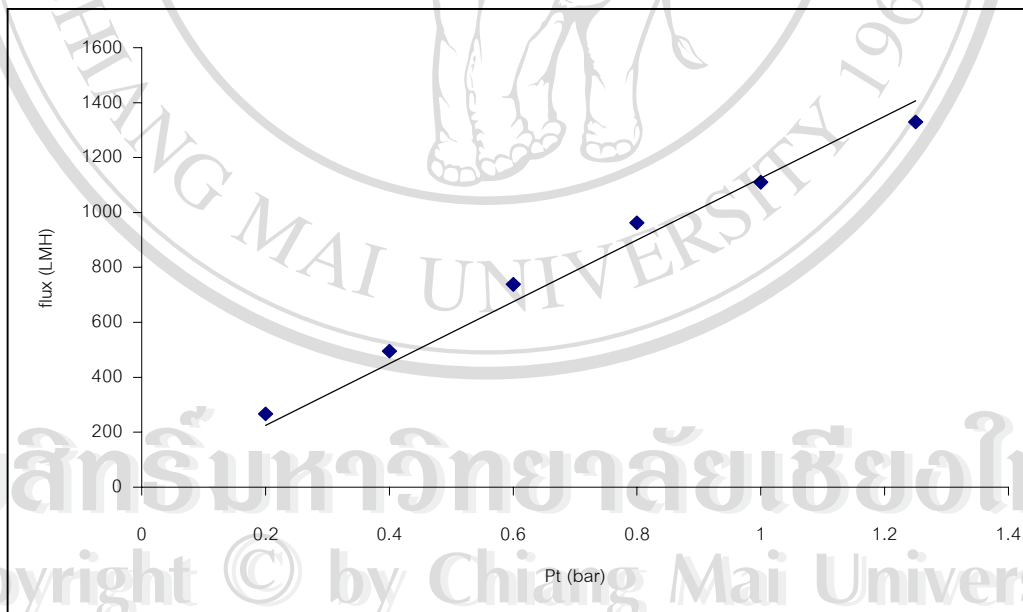


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ค่าฟลักซ์น้ำกลั่นผ่านเยื่อแผ่นไมโครฟิลเตรชัน

ก่อนทำการทดลองกรองน้ำฝรั่งด้วยเยื่อแผ่นจะต้องหาค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นเพื่อใช้เป็นข้อมูลหาค่าความต้านทานของเยื่อแผ่น (R_m) ในการใช้คาดคะเนค่าฟลักซ์จากสมการคณิตศาสตร์ และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวัดประสิทธิภาพการล้างทำความสะอาดเยื่อแผ่น น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำดีไอออไนซ์ (de-ionized water) เพื่อป้องกันการอุดตันของเยื่อแผ่นเนื่องจากอิออนที่อยู่ในน้ำ ผลการทดลองวัดค่าฟลักซ์น้ำกลั่นที่ผ่านเยื่อแผ่น MF ที่ความดันคร่อมของเยื่อแผ่น (P_f) 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 และ 1.25 bar ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เฉลี่ยจากการวัด 2 ซ้ำได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับความดันก่อนใช้งาน

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับความดันเป็นเส้นตรง คือค่าฟลักซ์เพิ่มขึ้นตามความดันที่เพิ่มขึ้น ค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kwon et al. (2000) ซึ่งสอดคล้องตามสมการ resistant model ที่ค่าฟลักซ์เป็นฟังก์ชันกับความดันและความต้านทาน นั่นคือเมื่อเริ่มกรองด้วยน้ำกลั่น เนื่องจากไม่มีความต้านทานของอิมินหรืออนุภาค ดังนั้นความต้านทานที่เกิดขึ้นจึงมีเพียงความต้านทานเนื่องจากเยื่อแผ่น สามารถเขียนสมการได้ในรูปของ

$$J_w = \frac{P_t}{R_m}$$

เมื่อ J_w = ฟลักซ์ของน้ำกลั่นก่อนการใช้งาน (L/m^2h หรือ LMH)

P_t = ความดันคร่อมของเยื่อแผ่น (bar)

R_m = ความต้านทานเนื่องจากเยื่อแผ่น (m^{-1})

จากรูปที่ 4.1 จะได้ความสัมพันธ์

$$J_w = 1126P_t \quad R^2 = 0.9773$$

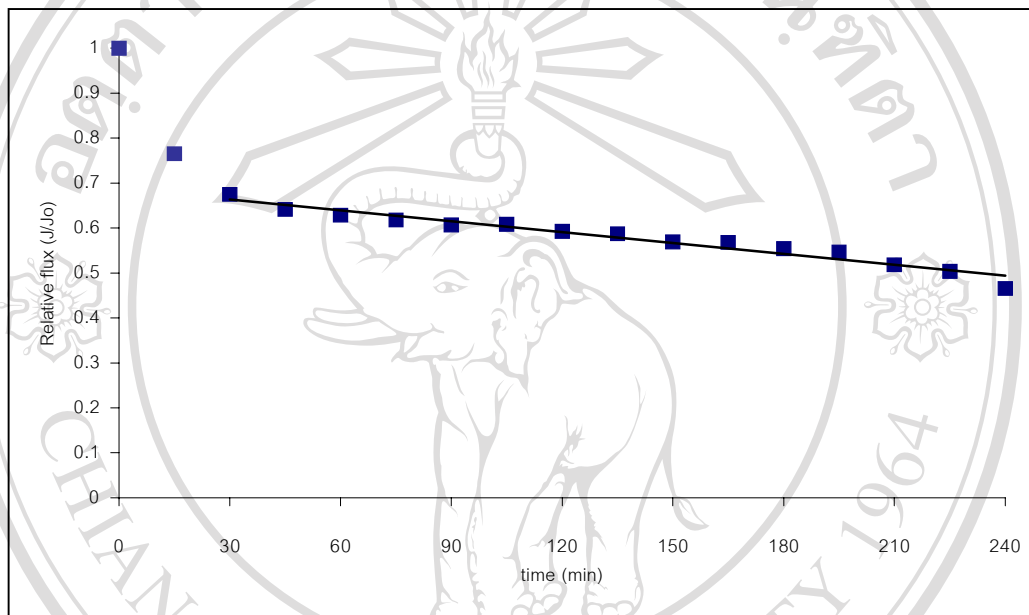
จะได้ $R_m = 8.8810 \times 10^{-4} m^{-1}$

การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดเยื่อแผ่นทำได้โดยหาค่าฟลักซ์น้ำกลั่นที่ความดันเท่ากับ 1.25 bar (ตามคู่มือการใช้เครื่อง) ค่าฟลักซ์น้ำกลั่นหลังทำความสะอาดต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% ของค่าฟลักซ์น้ำกลั่นก่อนการใช้งาน จากความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์น้ำกลั่นกับความดันจะได้ว่า ที่ความดัน 1.25 bar ฟลักซ์น้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 1,407.5 LMH ดังนั้นค่าฟลักซ์น้ำกลั่นหลังทำความสะอาดเยื่อแผ่นต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 985.25 LMH ถ้ามีค่าน้อยกว่านี้แสดงว่ายังล้างทำความสะอาดเยื่อแผ่นไม่สะอาด จะได้ทำการล้างอีกครั้งหนึ่ง

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการกรอง

การทดลองหาความดันที่เหมาะสมในการกรองด้วยเยื่อแผ่น MF โดยพิจารณาเลือกจากความดันที่กรองได้นานที่สุดโดยที่ค่าฟลักซ์ลดลงน้อยที่สุด ในการทดลองได้ควบคุมความดันคร่อมเยื่อแผ่น (P_c) ให้คงที่ วัดอัตราการไหลของเพอร์มิเอททุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมงติดต่อกัน

ผลการทดลองวัดค่าฟลักซ์น้ำฝรั้งที่ความดันคงที่ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 bar ที่อุณหภูมิของสารละลายประมาณ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เฉลี่ยจากการวัด 2 ซ้ำได้ผลแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.5 ตามลำดับ เนื่องจากค่าฟลักซ์เริ่มต้นของแต่ละความดันไม่เท่ากัน ในการเปรียบเทียบผลการทดลองจึงใช้อัตราส่วนของค่าฟลักซ์ที่เวลาใดๆ ต่อเวลาเริ่มต้น ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าค่าฟลักซ์สัมพัทธ์ (relative flux, J/J_0)



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์สัมพัทธ์ของน้ำฝรั้งกับเวลาการกรองที่ความดัน 0.2 bar

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าฟลักซ์มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรกคือ ลดลงเหลือประมาณ 67% ของฟลักซ์เริ่มต้น ($J/J_0 \cong 0.67$) หลังจากนั้นค่าฟลักซ์ก็ยังมีแนวโน้มลดลงอยู่แต่ลดลงช้ามาก เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ค่าฟลักซ์สุดท้ายจะเหลือประมาณ 46% ของเวลาเริ่มต้น สาเหตุที่ทำให้ค่าฟลักซ์น้ำฝรั้งในช่วง 30 นาทีแรกมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสะสมของสารแขวนลอยและอนุภาคขนาดใหญ่ที่บริเวณผิวหน้าเยื่อแผ่น เกิดเป็น Concentration Polarisation (CP) ทำให้ความต้านทานในการกรองเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการที่ฟลักซ์ยังคงค่อยๆ ลดลงในเวลาต่อมาอาจเนื่องจากความหนาของชั้น CP ที่เพิ่มขึ้นตามเวลา จากข้อมูลฟลักซ์ของน้ำฝรั้งตั้งแต่เวลา 30 นาที ถึง 240 นาที เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ จะได้ว่า

$$J/J_0 = -0.0008\theta + 0.6879, \quad R^2 = 0.9534$$

แสดงให้เห็นว่าค่าฟลักซ์น้ำฝรั่งในช่วงเวลาการกรองหลังจาก 30 นาที มีแนวโน้มการลดลงเพียงเล็กน้อย สังเกตได้จากค่าความชันที่มีค่าน้อยมากคือ -0.0008

ผลการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งที่ความดัน 0.4, 0.6 และ 0.8 bar ดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.5 คือค่าฟลักซ์มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรกเหลือประมาณ 70%, 74% และ 61% ของฟลักซ์เริ่มต้น ตามลำดับ และมีค่าฟลักซ์สุดท้ายเหลือประมาณ 41%, 57% และ 40% ของเวลาเริ่มต้น ตามลำดับ โดยมีสมการความสัมพันธ์ของค่าฟลักซ์น้ำฝรั่งตั้งแต่เวลา 30 นาที ถึง 240 นาที ตามลำดับความดันดังนี้คือ

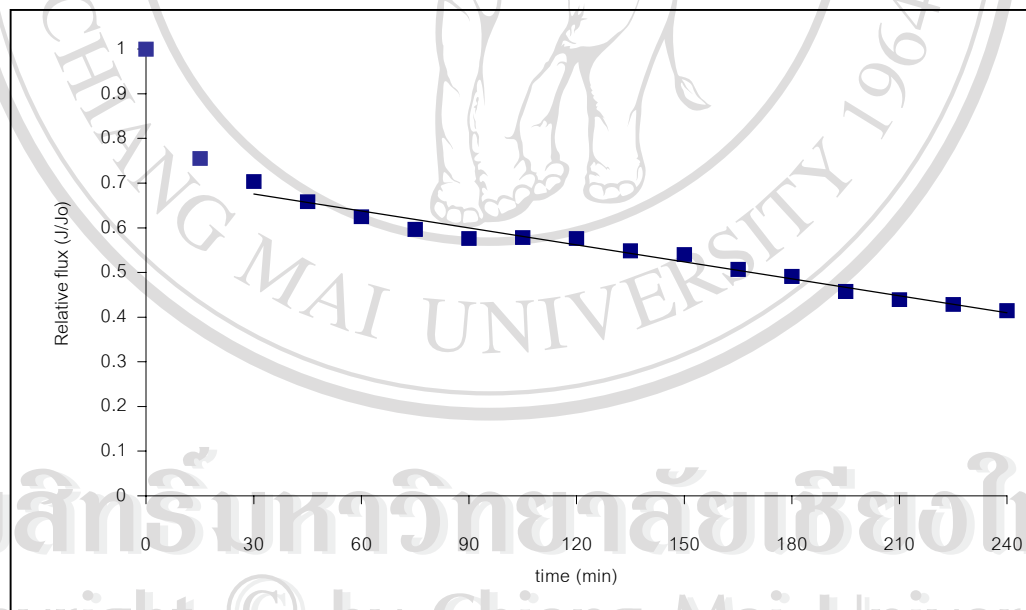
$$P_t = 0.4 \text{ bar}, \quad J/J_0 = -0.0013\theta + 0.7136, \quad R^2 = 0.9736$$

$$P_t = 0.6 \text{ bar}, \quad J/J_0 = -0.0008\theta + 0.7522, \quad R^2 = 0.9603$$

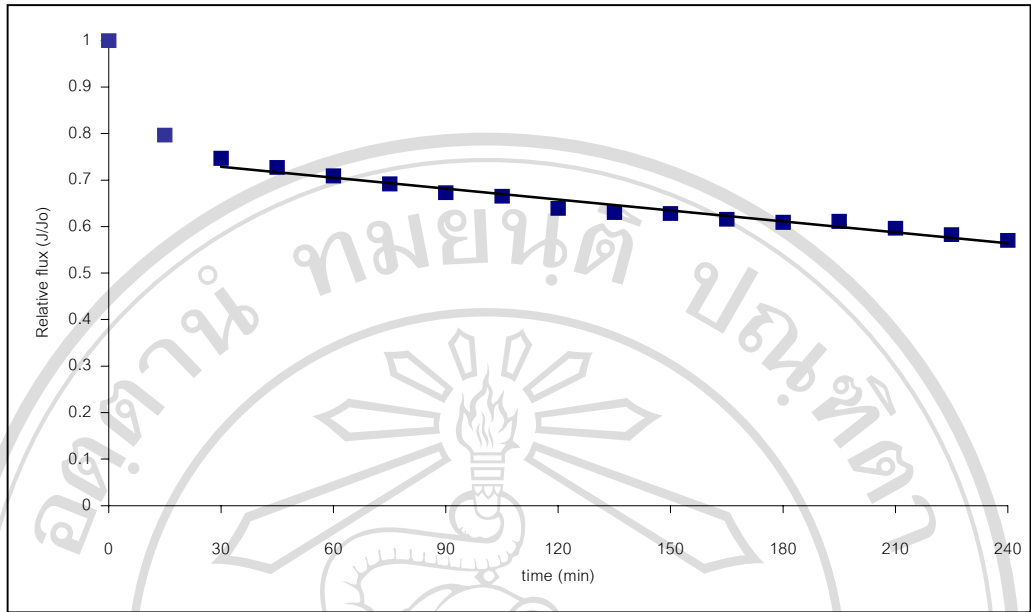
$$P_t = 0.8 \text{ bar}, \quad J/J_0 = -0.0009\theta + 0.6099, \quad R^2 = 0.9472$$

$$\theta = t - 30$$

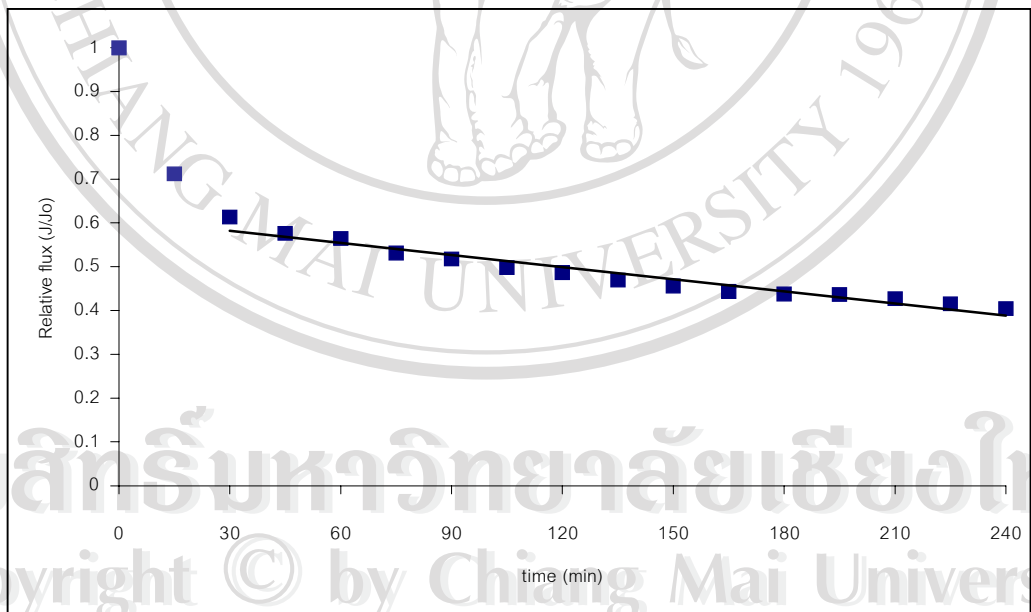
$$t = \text{เวลาในการกรอง (นาที)}$$



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์สัมพัทธ์ของน้ำฝรั่งกับเวลาการกรองที่ความดัน 0.4 bar



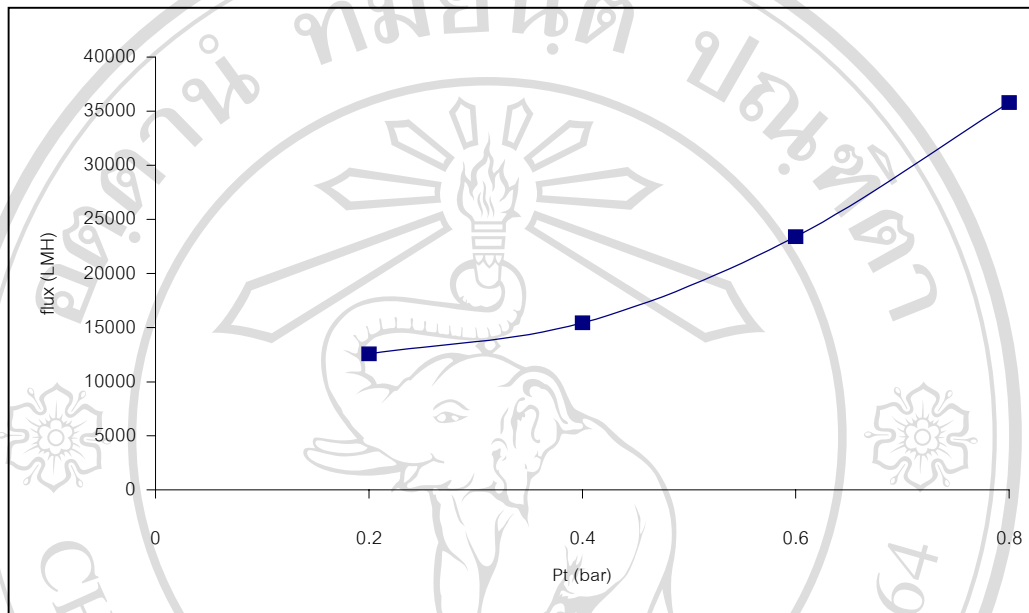
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์สัมพัทธ์ของน้ำฝิ่งกับเวลาการกรองที่ความดัน 0.6 bar



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์สัมพัทธ์ของน้ำฝิ่งกับเวลาการกรองที่ความดัน 0.8 bar

ผลค่าฟลักซ์ของน้ำฝรั้งที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการกรองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Su et al. (1993) ที่ใช้เยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน กรองน้ำแอมป์เปิดสังเคราะห์ที่เติมเพคติน พบว่าค่าฟลักซ์ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงการกรอง 10 ถึง 15 นาทีแรก และมีแนวโน้มการลดลงค่อนข้างคงที่ตลอดการกรอง 240 นาที สาเหตุที่ทำให้ค่าฟลักซ์ลดลงเนื่องจากการเกิด fouling จากเพคติน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Carneiro et al. (2002) ที่พบว่าการใช้เยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน กรองน้ำสับปะรด ทำให้ค่าฟลักซ์ลดลงอย่างรวดเร็วประมาณ 52% ในช่วงการกรอง 5 นาทีแรกและเริ่มคงที่ตั้งแต่เวลา 15 นาที เนื่องจาก CP และการอุดตันของรูพรุน และงานวิจัยของ Campos et al. (2002) ที่กรองน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยเยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน แล้วพบว่าค่าฟลักซ์ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและคงที่ตั้งแต่เวลา 20 นาที เนื่องจาก CP และการอัดกันแน่นของตะกอน สาเหตุที่ทำให้ค่าฟลักซ์ลดลงเนื่องจากของแข็งที่ละลายได้ในน้ำผลไม้เกิดการรวมตัวเป็นชั้นบนผิวหน้าเยื่อแผ่น ทำให้ค่าความต้านทานต่อการไหล (hydrodynamic resistance) ของชั้นขอบเขต (boundary layer) เพิ่มขึ้นจึงไปต้านทานการไหลของเพอร์มิเอต ความหนาของตะกอนในชั้นขอบเขตจะเพิ่มขึ้นตามเวลา และเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งความหนาจะคงที่ถือว่าเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) เกิดเป็นชั้นเจล เมื่อถึงขั้นนี้จะไม่มีการสะสมเพราะเกิดการรวมตัวกันแบบ close-packed (Cheryan, 1998) ซึ่งคาดว่า การทดลองนี้เริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ในช่วงการกรอง 30 นาทีแรกที่ทุกความดัน แต่ยังไม่เกิด close-packed เนื่องจากยังคงมีการค่อยๆ สะสมของตะกอนตลอดการกรอง 240 นาที การที่ทุกความดันเกิดขึ้น CP เหมือนกันอาจเนื่องจากการสะสมของสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำฝรั้งซึ่งคาดว่า มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 45 ไมครอน ที่กำจัดออกได้ไม่หมดในการกรองเบื้องต้น (prefilter) ด้วยตะแกรงขนาด 45 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Balakrishnan et al. (2000) และ Ghosh et al. (2000) ที่กรองน้ำอ้อยด้วยเยื่อแผ่น UF แล้วพบว่าสารแขวนลอย และ bagacillo ขนาดเล็กกว่า 150 mesh ที่กำจัดออกได้ไม่หมดด้วยตะแกรงขนาด 150 mesh เป็นสาเหตุของการเกิด secondary layer ที่ทำให้ค่าฟลักซ์ลดลง

จากการทดลองที่ความดัน 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 bar เมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์เฉลี่ยตลอดการกรอง 4 ชั่วโมง กับความดันได้ผลดังรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าค่าฟลักซ์เพิ่มขึ้นตามค่าความดันที่เพิ่มขึ้น

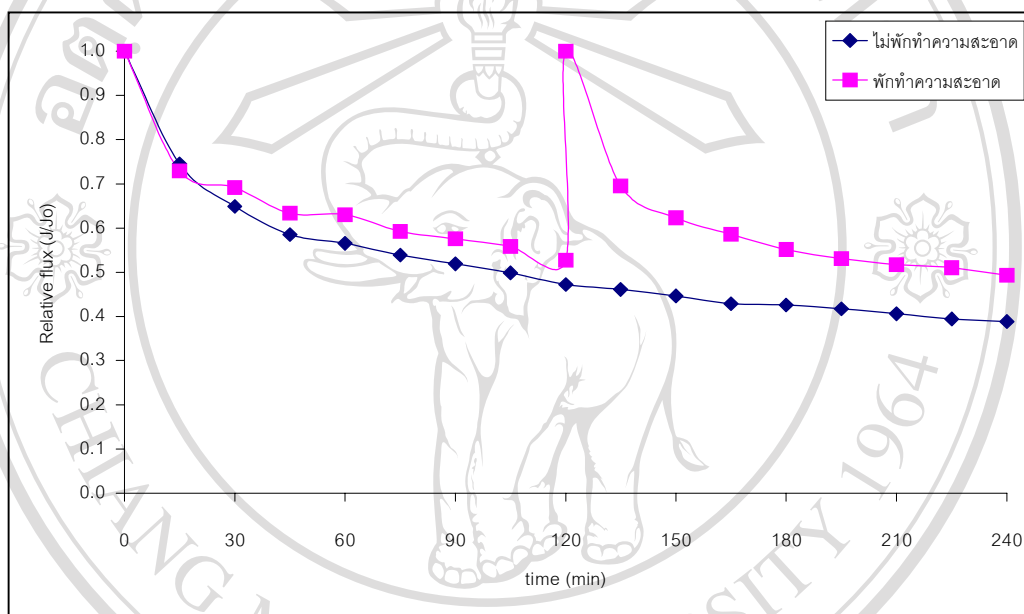


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ของน้ำฝักรับกับความดันในช่วงการกรอง 4 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาจากค่าฟลักซ์ที่ได้ในระยะเวลาการกรองเท่ากันคือ 4 ชั่วโมง พบว่าที่ความดัน 0.8 bar ได้ฟลักซ์ทั้งหมด 35,794.44 LMH ขณะที่ความดัน 0.2, 0.4 และ 0.6 bar ได้ฟลักซ์ทั้งหมดเท่ากับ 12,581.75 LMH, 15,438.83 LMH, และ 23,405.25 LMH ตามลำดับ เนื่องจากข้อจำกัดของชุดเครื่องมือการกรองจึงไม่สามารถกรองที่ความดันมากกว่า 0.8 bar ในการทดลอง ตอนที่ 4.3 จึงเลือกใช้ความดัน 0.8 bar เพื่อศึกษาสภาวะการพักทำความสะอาดระหว่างการกรอง

4.3 สภาวะการพักทำความสะอาดระหว่างการกรอง

ทดลองกรองน้ำฝรั่งที่ความดัน 0.8 bar โดยวัดอัตราการไหลของเพอร์มิเอททุกๆ 15 นาที ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หยุดกรองแล้วล้างเยื่อแผ่นด้วยน้ำกลั่น 60 ลิตร เพื่อกำจัดชั้น CP และทำความสะอาดด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1M เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยน้ำกลั่นอีก 60 ลิตร จากนั้นทำการกรองรอบใหม่ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ของน้ำฝรั่งกับเวลาการกรองที่ความดันเท่ากับ 0.8 bar แบบการกรองต่อเนื่องโดยไม่พักทำความสะอาด และการกรองที่พักทำความสะอาดเป็นเวลา 30 นาที

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าค่าฟลักซ์เริ่มต้นของการกรองรอบที่สองแบบพักทำความสะอาดมีค่าเท่ากับค่าฟลักซ์เริ่มต้นของการกรองรอบแรก เมื่อกรองต่อไปพบว่าค่าฟลักซ์มีแนวโน้มลดลงเหมือนการกรองในช่วง 2 ชั่วโมงแรก จึงคาดว่าในช่วงการกรองต่อเนื่อง 2 ชั่วโมงแรกยังไม่มีการเกิด fouling มีเพียง CP ที่ต้านทานการไหลของเพอร์มิเอท และเมื่อมีการทำความสะอาดเพียง 30 นาทีก็สามารถกำจัดตะกอนออกไปทำให้ฟลักซ์กลับมาเท่าเดิมเปรียบเทียบกับการกรองต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องใช้เวลาทำความสะอาดถึง 3 ชั่วโมง จึงจะได้ฟลักซ์กลับมาเท่าเดิม การกรองแบบพักทำความสะอาดช่วยให้ค่าฟลักซ์ทั้งหมดตลอดการกรอง 4 ชั่วโมงเพิ่มขึ้นจากการกรองแบบไม่พักทำความสะอาดถึง 19.92% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Balakrishnan et al. (2000)

ที่กรองน้ำอ้อยด้วยเยื่อแผ่น UF โดยพักทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น พบว่าช่วยกำจัดตะกอนบนผิวหน้าเยื่อแผ่น ทำให้ค่าฟลักซ์เริ่มต้นเมื่อทำการกรองต่อมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าฟลักซ์จะลดลงอีกครั้งแบบ exponential อย่างไรก็ตามค่าฟลักซ์ที่เพิ่มขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

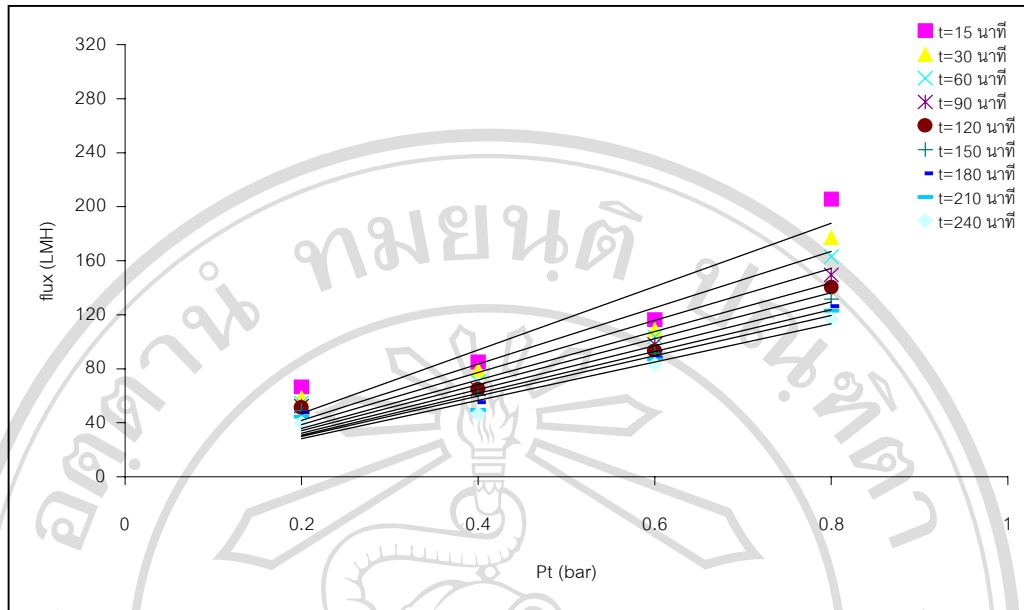
ดังนั้นการกรองน้ำฝุ่งที่ความดัน 0.8 bar ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมงควรพักทำความสะอาดด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1M เป็นเวลา 30 นาทีแล้วค่อยทำการกรองต่อ เพื่อช่วยกำจัดชั้น CP จะทำให้ค่าฟลักซ์เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าการพักทำความสะอาดนี้จะเพิ่มต้นทุนการผลิตเนื่องจากต้องใช้น้ำกลั่นหมุนเวียนในระบบเพิ่มขึ้นประมาณ 120 ลิตร ในการเตรียมสารละลาย NaOH และได้ น้ำฝุ่งรวมทั้งสารละลาย NaOH ออกจากระบบ

4.4 สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคาดคะเนค่าฟลักซ์

สมการที่ใช้ในการคาดคะเนค่าฟลักซ์ ในการทดลองนี้จะใช้ resistance model เนื่องจากเป็นสมการที่เข้าใจง่ายและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง การคาดคะเนค่าฟลักซ์จะต้องอาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความต้านทานรวม (R_t) ในการทดลองนี้แยกความต้านทานรวมของการไหลผ่านเยื่อแผ่น (R_f) ออกเป็น

1. ความต้านทานของเยื่อแผ่นซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นผ่านเยื่อแผ่นก่อนการใช้งาน (R_m)
2. ความต้านทานของน้ำฝุ่ง (R) ซึ่งประกอบด้วยความต้านทานชั้นสะสมของตัวถูกละลาย (R_g) ซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดยการล้างเยื่อแผ่นด้วยน้ำกลั่น และความต้านทานของ fouling เป็นความต้านทานที่เกิดจากการเกาะแน่นของตะกอนที่ผิวหน้า และ/หรือภายในรูพรุนซึ่งไม่สามารถกำจัดออกได้โดยการล้างด้วยน้ำกลั่น นอกจากการล้างด้วยสารเคมี

ผลการทดลองวัดค่าฟลักซ์เฉลี่ยของน้ำฝุ่งที่ความดัน 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 bar ณ เวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.8



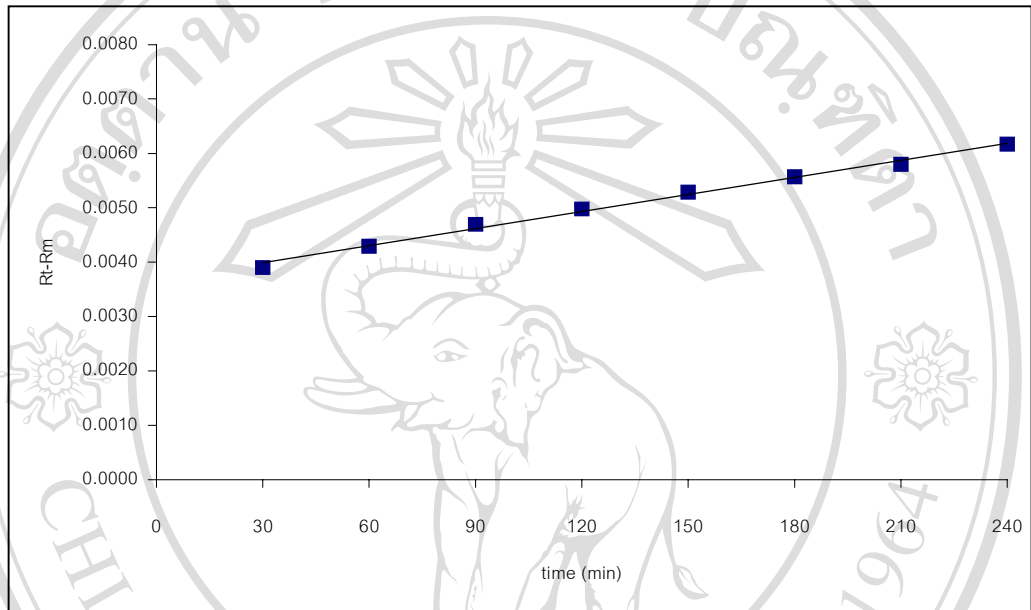
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ของน้ำฝรั้งกับความดันที่เวลาการกรอง 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 นาที

จากรูปที่ 4.8 สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำฝรั้งกับความดันและหาค่าความต้านทานรวม (R_t) ความต้านทานของน้ำฝรั้ง (R) ที่เวลาต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์กับความดัน ค่าความต้านทานรวม (R_t) ความต้านทานของน้ำฝรั้ง (R) ที่เวลาต่างๆ กัน

เวลา (นาที)	ความสัมพันธ์	R^2	$R_t (m^{-1})$	$R (m^{-1})$
0	$J = 329.61 P_t$	0.8245	0.0030	0.0021
15	$J = 234.8 P_t$	0.8791	0.0043	0.0034
30	$J = 208.79 P_t$	0.9167	0.0048	0.0039
60	$J = 193.1 P_t$	0.9248	0.0052	0.0043
90	$J = 179.13 P_t$	0.9209	0.0056	0.0047
120	$J = 170.44 P_t$	0.9133	0.0059	0.0050
150	$J = 161.93 P_t$	0.9191	0.0062	0.0053
180	$J = 154.84 P_t$	0.9092	0.0065	0.0056
210	$J = 149.52 P_t$	0.9167	0.0067	0.0058
240	$J = 141.65 P_t$	0.9352	0.0071	0.0062

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความต้านทานของน้ำฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการกรอง 30 นาทีแรก หลังจากนั้นความต้านทานจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงตามระยะเวลาการกรอง ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของน้ำฝรั่งกับเวลาการกรองตั้งแต่ 30 นาทีเป็นต้นไป แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ค่าความต้านทานของน้ำฝรั่งในช่วงการกรอง 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 นาที

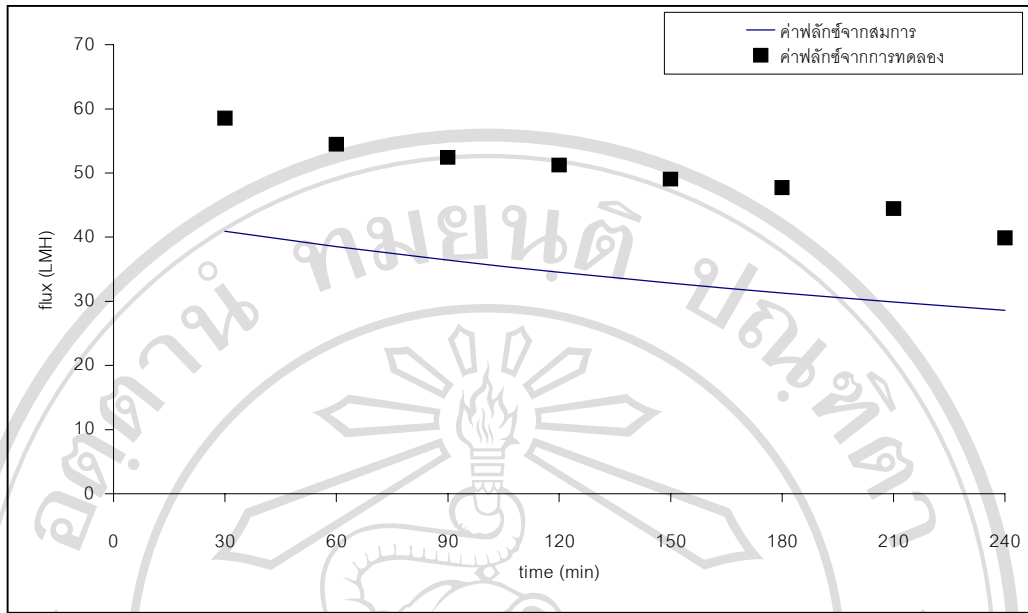
จากรูปที่ 4.9 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของน้ำฝรั่งกับเวลาดังนี้

$$R = R_t - R_m = 10^{-5}t + 0.0037, \quad R^2 = 0.9943$$

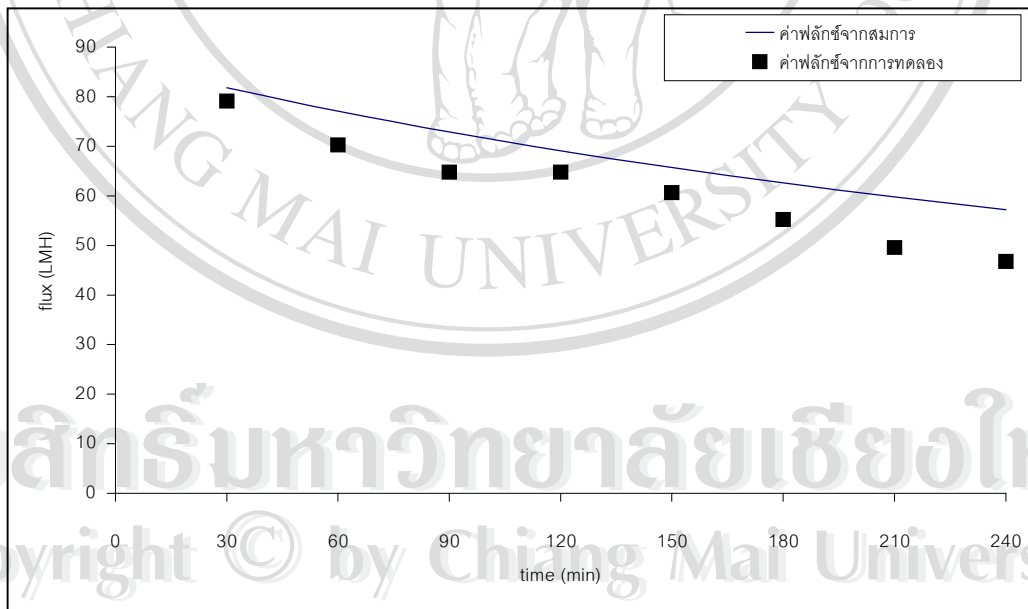
ดังนั้นสมการที่จะใช้ทำนายค่าฟลักซ์เมื่อกรองตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไปจะอยู่ในรูปของ

$$J = \frac{P_t}{10^{-5}t + 0.0046}$$

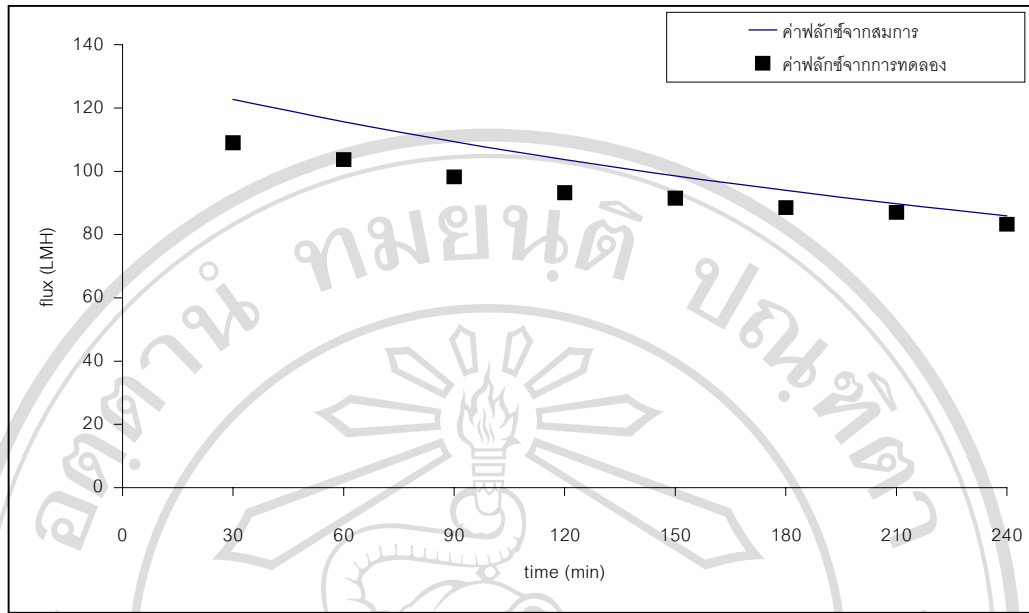
การเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ที่ทำนายได้จากสมการและจากการทดลองที่ความดัน 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 bar ที่เวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.13



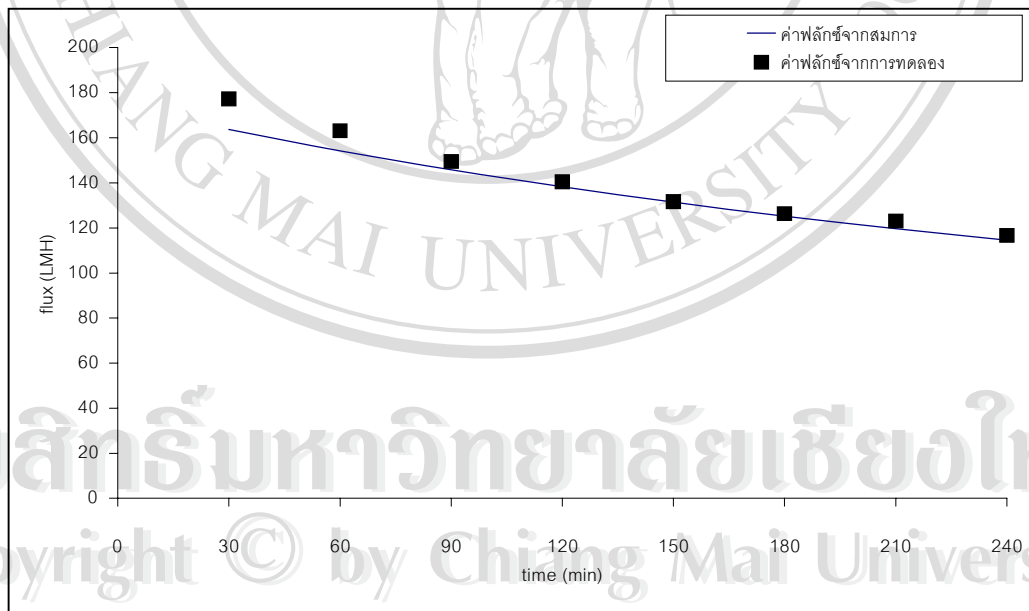
รูปที่ 4.10 ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการและการทดลองที่ความดัน 0.2 bar ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.11 ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการและการทดลองที่ความดัน 0.4 bar ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.12 ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการและการทดลองที่ความดัน 0.6 bar ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.13 ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการและการทดลองที่ความดัน 0.8 bar ที่เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 ถึง 4.13 จะเห็นได้ว่าที่ความดัน 0.4, 0.6, และ 0.8 bar ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการมีค่าใกล้เคียงกับค่าฟลักซ์ที่ได้จากการทดลอง โดยเฉพาะที่ความดัน 0.8 bar ค่าฟลักซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด แต่ที่ความดัน 0.2 bar ค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการมีค่าน้อยกว่าค่าฟลักซ์ที่ได้จากการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ความดันที่ 0.2 bar ตะกอนของอนุภาคที่รวมตัวเป็นชั้น CP บริเวณผิวหน้าเยื่อแผ่นจับตัวกันอย่างหลวมๆ ค่าความต้านทานการไหลของเพอร์มิเอทจึงมีค่าน้อยกว่าทางทฤษฎี ค่าฟลักซ์ที่ได้จากการทดลองจึงมีค่ามากกว่าค่าฟลักซ์ที่ได้จากสมการ ส่วนที่ความดัน 0.4 และ 0.6 bar อนุภาคในน้ำฝรั่งอาจเกิดการรวมตัวกันมากขึ้น แต่ยังไม่เป็นระเบียบ มีความหนาของชั้นตะกอนค่อนข้างมาก จึงมีความต้านทานต่อการไหลสูงกว่า กรณีของความดัน 0.8 bar สันนิษฐานว่าความดันที่มากขึ้นจะช่วยให้ตะกอนเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น ความหนาของชั้นตะกอนลดลง ความต้านทานที่เกิดขึ้นจึงสอดคล้องกับทฤษฎี

4.5 การศึกษาขั้นตอนการกรองแบบวิธีการดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ก่อนทดลองกรองน้ำฝรั่งด้วยกระบวนการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม จะต้องหาปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้ในการตกตะกอน และปริมาณ diatomaceous earth ที่เคลือบบนผิวหน้ากระดาษกรองเพื่อเป็นสารช่วยกรอง หลังจากตกตะกอนและกรองน้ำฝรั่งแล้ว จึงนำมาผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4.5.1 ปริมาณสารละลายเบนโทไนท์ที่เหมาะสม

การทดลองวัดค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งที่ผ่านการตกตะกอนด้วยสารละลายเบนโทไนท์ ความเข้มข้น 5% w/v ปริมาณ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6% v/v เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความขุ่นของน้ำฝรั่งหลังตกตะกอนด้วยสารละลายเบนโทไนท์ปริมาณต่างๆ

ปริมาณสารละลายเบนโทไนท์ 5% w/v (%v/v)	ค่าความขุ่น (NTU)
0	407.00 ^a ± 1.41
1	379.50 ^a ± 0.78
2	292.00 ^a ± 1.41
3	242.00 ^a ± 2.26
4	26.20 ^b ± 0.52
5	26.55 ^b ± 0.35
6	26.35 ^b ± 0.78

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละช่องตารางตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าน้ำฝรั่งที่ตกตะกอนด้วยสารละลายเบนโทไนท์ปริมาณ 0, 1, 2 และ 3% v/v ยังมีความขุ่นอยู่ แต่ที่ปริมาณการใช้สารละลายเบนโทไนท์ 4, 5 และ 6% v/v ค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณาความขุ่นของน้ำฝรั่งที่ตกตะกอนด้วยสารละลายเบนโทไนท์ปริมาณ 4, 5 และ 6% v/v พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายเบนโทไนท์ปริมาณ 4% v/v ในการตกตะกอนน้ำฝรั่ง เนื่องจากเป็นการใช้ในปริมาณน้อยที่สุดที่สามารถตกตะกอนสารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบฟีนอลิกในน้ำฝรั่งทำให้ความขุ่นของน้ำฝรั่งลดลงอย่างมีประสิทธิภาพ ในการทดลองตอนที่ 4.5.2 จึงเลือกตกตะกอนน้ำฝรั่งด้วยสารละลายเบนโทไนท์ 4% v/v ก่อนกรองผ่านกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน

4.5.2 ปริมาณการใช้ diatomaceous earth ที่เหมาะสม

การทดลองจะกรองน้ำฝรั่งที่ตกตะกอนแล้วผ่านฟิลเตอร์เพรสที่มี diatomaceous earth ซึ่งเป็นสารช่วยกรองเคลือบอยู่บนกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน ปริมาณการใช้ diatomaceous earth ที่เหมาะสมพิจารณาเลือกจากปริมาณที่ให้ค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งหลังกรองผ่านฟิลเตอร์เพรสน้อยที่สุด ผลการทดลองวัดค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งหลังกรองผ่านฟิลเตอร์เพรสที่มี diatomaceous earth เคลือบที่ผิวหน้ากระดาษกรองในปริมาณ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% w/v แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความขุ่นของน้ำฝรั่งผ่านกระดาษกรองที่เคลือบด้วย diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ

ปริมาณ diatomaceous earth (%w/v)	ค่าความขุ่น (NTU)
0	0.51 ± 0.03
0.2	0.50 ± 0.02
0.4	0.51 ± 0.02
0.6	0.48 ± 0.02
0.8	0.52 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งที่กรองผ่านฟิลเตอร์เพรส ทั้งที่มีและไม่มี diatomaceous earth เคลือบที่ผิวหน้ากระดาษกรองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่า diatomaceous earth ไม่มีผลในการช่วยกำจัดอนุภาคที่ก่อให้เกิดความขุ่นในน้ำฝรั่ง แต่อาจช่วยให้สามารถกรองต่อเนื่องได้เป็นเวลานานขึ้น เนื่องจาก diatomaceous earth มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้อนุภาคที่ไม่สามารถผ่านรูพรุนของกระดาษกรองถูกดูดซับอยู่บริเวณผิวของ diatomaceous earth จึงไม่เกิดการอุดตันของตะกอนบนผิวกระดาษกรอง (Peynaud, 1984)

จากผลการศึกษารับต้นการทำให้ น้ำฝรั่งใสด้วยกระบวนการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม ได้ข้อสรุปว่าควรใช้สารละลายเบนโทไนท์ความเข้มข้น 5% w/v ปริมาณ 4% v/v ตกตะกอนน้ำฝรั่งก่อนกรองผ่านฟิลเตอร์เพรสที่มีกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน และฆ่าเชื้อน้ำฝรั่งด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4.6 ผลของการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ผลค่าวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่าน MF และวิธีแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมแสดงดังตารางที่ 4.4 ถึง 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ลักษณะ	ค่าวิเคราะห์		
	Feed	ผ่าน MF	วิธีการแบบดั้งเดิม
ค่าสี L	26.83 ± 1.31	28.42 ± 0.80	28.14 ± 0.99
ค่าสี a	-0.11 ^a ± 0.01	-0.08 ^b ± 0.01	-0.04 ^c ± 0.02
ค่าสี b	-0.26 ^a ± 0.10	0.45 ^b ± 0.05	0.64 ^c ± 0.06
ความหนืด (cP)	1.17 ± 0.06	1.09 ± 0.06	1.09 ± 0.10
ความขุ่น (NTU)	315.70 ^a ± 0.24	0.75 ^b ± 0.10	0.77 ^b ± 0.04

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละช่องตารางตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการทำให้ใส พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนค่าสี a (สีแดง-เขียว) และสี b (สีเหลือง-น้ำเงิน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การที่ค่าสี L, a และ b ของน้ำฝรั่งหลังผ่านกระบวนการทำให้ใสมีค่าเปลี่ยนแปลงไปอาจเนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่และสารแขวนลอยในน้ำฝรั่ง เพคติน และอนุภาคที่มีสี (pigment) จำพวก chlorophyll, carotene, xanthophyll และ lycopene (Adsule and Kadam, 1995) ถูกแยกออกไประหว่างการกรอง น้ำฝรั่งจึงมีความสว่างและสีเปลี่ยนแปลงไป และเมื่อเปรียบเทียบน้ำฝรั่งที่ผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมพบว่า ค่าความสว่าง

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่น้ำฝรั่งที่ผ่าน MF มีสีเขียวมากกว่า ขณะที่วิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมมีสีเหลืองมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนในการทำให้ใสด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคคลอโรฟิลล์ (Hendry and Houghton, 1996) และเกิดการซีดจางของอนุภาคที่มีสี (pigment) ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าน้ำฝรั่งหลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนมีสีคล้ำขึ้น สีเขียวลดลงและสีเหลืองมากขึ้น ด้านความหนืดพบว่าน้ำฝรั่งก่อนและหลังการทำให้ใสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนด้านความขุ่นพบว่าน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการทำให้ใสมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยน้ำฝรั่งที่ผ่านเยื่อแผ่นและวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมมีความขุ่นลดลงจาก 315.78 NTU เหลือเพียง 0.75 และ 0.78 NTU ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคที่ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำผลไม้มีขนาดในช่วง 0.1-0.5 ไมครอน (Van Buren, 1989) จึงสามารถกำจัดได้ด้วยการกรองผ่านเยื่อแผ่นที่มีขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carneiro et al. (2002) ที่ใช้เยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน กรองน้ำสับปะรดแล้วพบว่าน้ำสับปะรดที่กรองได้มีความขุ่นลดลงจาก 97.3 NTU เหลือ 3.3 NTU โดยค่าความขุ่นของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสทั้ง 2 แบบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ลักษณะ	ค่าที่วิเคราะห์		
	feed	ผ่าน MF	วิธีการแบบดั้งเดิม
ความเป็นกรด-ด่าง	4.44 ± 0.04	4.50 ± 0.04	4.56 ± 0.10
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	1.64 ± 0.09	1.59 ± 0.04	1.50 ± 0.06
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละในรูปของกรดซิตริก)	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.01
ปริมาณวิตามินซี (g/100 ml)	28.58 ± 0.70	27.95 ± 0.68	27.33 ± 1.18
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชัน (ร้อยละ)	0.74 ± 0.12	0.71 ± 0.10	0.66 ± 0.05
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังอินเวอร์ชัน (ร้อยละ)	1.04 ± 0.09	1.07 ± 0.06	0.99 ± 0.02
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	0.28 ± 0.08	0.27 ± 0.12	0.21 ± 0.07
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	0.08 ± 0.03	0.07 ± 0.05	0.04 ± 0.03
ปริมาณเพคติน (mg/100 ml)	2.33 ^a ± 0.02	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละช่องตารางตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ brix) ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณวิตามินซี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนและหลังอินเวอร์ชัน ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณเถ้า ของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการทำให้ใส พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Campos et al. (2002) ที่ใช้เยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน กรองน้ำมะม่วงหิมพานต์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดก่อนและหลังกรองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับ Carneiro et al. (2002) ที่พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคส ปริมาณน้ำตาลฟรุกโทส และปริมาณน้ำตาลซูโครสของน้ำสับประรดก่อนและหลังกรองด้วยเยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากอนุภาคของกรด น้ำตาล วิตามินและแร่ธาตุ มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.2 ไมครอน จึงสามารถผ่านเยื่อแผ่นที่มีขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน ออกมากับเพอร์มิเอทได้ทั้งหมด ส่วนปริมาณเพคตินพบว่าน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการทำให้ใสมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือไม่พบเพคตินในน้ำฝรั่งที่กรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม แสดงว่าการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF สามารถกักเพคตินไม่ให้ออกมากับเพอร์มิเอทได้ ทำให้เกิด fouling บนผิวเยื่อแผ่น และหรือภายในรูพรุน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Su et al. (1993) และ Padillaz-Zakour and Mcllellan (1993) ที่พบว่าในการกรองน้ำแอปเปิ้ลผ่านเยื่อแผ่น MF ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน เพคตินเป็นสาเหตุของการเกิด fouling ทำให้ค่าฟลักซ์น้ำแอปเปิ้ลลดลง

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ลักษณะ	ค่าที่วิเคราะห์		
	feed	ผ่าน MF	วิธีการแบบดั้งเดิม
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	5.35×10^3	ประมาณ <100	ประมาณ <100
ยีสต์และรา (CFU/ml)	5.25×10^3	ประมาณ <100	ประมาณ <100
Coliforms (MPN/ml)	18	<3.6	<3.6
<i>E.coli</i> (MPN/ml)	5.5	<3.6	<3.6

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา coliform และ *E.coli* ของน้ำฝั่รงก่อนและหลังกระบวนการทำให้ใส พบว่ามีค่าแตกต่างกัน คือไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำฝั่รงหลังผ่านกระบวนการทำให้ใสทั้งสองแบบ โดยการเติมสารละลายเบนโทไนท์เพื่อช่วยตกตะกอนในกระบวนการทำให้ใสแบบดั้งเดิม ทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบในน้ำฝั่รงเป็นยีสต์และราซึ่งสามารถตกตะกอนได้ด้วยสารละลายเบนโทไนท์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการตกตะกอนคือ 4 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมในการเจริญของ coliform และ *E.coli* และเมื่อเปรียบเทียบน้ำฝั่รงที่ผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมพบว่าไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการกรองโดยใช้เยื่อแผ่นขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำฝั่รงออกได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนกับ การพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อน เช่นเดียวกับการใช้เยื่อแผ่นในการกรองน้ำแอมป์เปิด (Fukumoto et al.,1998 และ Su et al., 1993) น้ำสับปะรด (Carneiro et al., 2002) และน้ำมะม่วงหิมพานต์ (Campos et al., 2002) ซึ่งสอดคล้องตามคำแนะนำในการกรองเพื่อต้องการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ว่าควรกรองด้วยเยื่อแผ่นที่มีขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน (Cheryan, 1998) จึงมีการใช้เยื่อแผ่น MF ในกระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เหล้า และนม โดยไม่ทำให้ความเข้มข้นขององค์ประกอบอื่นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง (Gan, 2001)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำฝั่รงที่ผ่านกระบวนการทำให้ใสโดยการกรองผ่านเยื่อแผ่น MF และวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรม

ลักษณะ	ค่าคะแนนความชอบ	
	ผ่าน MF	วิธีการแบบดั้งเดิม
สีที่ปรากฏ	7.75 ^a ± 0.17	6.05 ^b ± 0.13
ความใส	8.25 ± 0.07	8.20 ± 0.09
กลิ่น	6.95 ^a ± 0.24	5.75 ^b ± 0.34
รสหวาน	5.20 ± 0.22	5.60 ± 0.29
รสเปรี้ยว	4.95 ± 0.31	5.75 ± 0.33
การยอมรับรวม	7.32 ^a ± 0.08	6.42 ^b ± 0.05

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละช่องตารางตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งที่ผ่านกระบวนการทั้ง 2 วิธี พบว่าน้ำฝรั่งที่กรองผ่านเยื่อแผ่น MF มีค่าคะแนนความชอบของลักษณะด้านสี กลิ่น และการยอมรับรวมมากกว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการทำให้ใสด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบของลักษณะด้านความใส รสหวาน และรสเปรี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 กระบวนการไม่ทำให้รสชาติของน้ำฝรั่งเปลี่ยนแปลง แต่กระบวนการแบบดั้งเดิมทางอุตสาหกรรมที่มีการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนมีผลทำให้กลิ่นและสีของน้ำฝรั่งเปลี่ยนไปในด้านที่ผู้บริโภคยอมรับได้น้อยลง ในขณะที่น้ำฝรั่งที่กรองผ่านเยื่อแผ่น MF สามารถคงคุณภาพด้านสีและกลิ่นได้ใกล้เคียงกับน้ำฝรั่งตามธรรมชาติ จึงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yen et al. (1994) ที่พบว่าการให้ความร้อน 88 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 วินาที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสีและกลิ่นในฝรั่งตีปั่น (guava puree) นอกจากนี้การให้ความร้อนทำให้สารระเหย (volatile compounds) ที่เป็นสารสำคัญในการให้กลิ่นในน้ำฝรั่ง คือ n-hexanol และ cis-3-hexenal เกิดการเปลี่ยนแปลง (Pong et al., 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved