การเปรียบเทียบการผลิตเนื้อมะม่วงเข้มข้นพันธุ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและแบบเพิ่มพื้นที่ผิว
The Comparative Study of Mango Pulp Concentration of Various Mango Varieties using Jacketted Pan and Increased Surface Evaporator

สิงหนาท พวงจันทน์แดง[1] ปัญญา แสนชัย[1] ทิพย์วรรณา งามศักดิ์[1]
อรัญญา พรหมกูล[1] และ มนัชญา งามศักดิ์[1]

Abstract

Mango is a tropical fruit having surplus production according to seasons. The processing of mangoes by evaporation helps overcome the problems of excess mangoes production and is able to storage in term of concentrated mango pulp for mango product development. Mangoes of various varieties are used in this study. Mangoes were graded before processing by considering the color of peel of mangoes. Mangoes were cleaned by using antimicrobial agent, peeled and cut them into pieces and pulped using pulper finisher. Mango pulp was evaporated using 2 types of evaporators: jacketted pan and increased surface evaporators under vacuum. The evaporation efficiency of increased surface evaporator is higher than jacketted pan evaporator. The result revealed that increased surface evaporator provided shorter evaporation time by 3 imes and smaller steam economy by 2.1 times. However, jacketted pan evaporator gave slightly higher yield of production.

บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นผลไม้ในเขตร้อนชื้น ที่มีผลผลิตสูงมากตามฤดูกาล การแปรรูปโดยการระเหยเป็นเนื้อมะม่วงเข้มข้น สามารถแก้ปัญหาผลผลิตที่มากเกินไป เพื่อเก็บรักษาไว้ในรูปเนื้อมะม่วงเข้มข้น เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วง ได้ทำการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ที่มีความสุกพอดีโดยพิจารณาจากสีผิวของเปลือกมะม่วง ทำความสะอาดโดยใช้สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ปอกเปลือกและตัดมะม่วงออกเป็นชิ้น ผ่านการลวกด้วยไอน้ำและแยกเนื้อมะม่วงด้วยเครื่องแยกกาก นำเนื้อมะม่วงไประเหยด้วยเครื่องระเหย 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องระเหยแบบกระทะและเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวภายใต้ความดันสุญญากาศ เครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีประสิทธิภาพในการระเหยดีกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะโดยใช้เวลาน้อยกว่า 3 เท่า และมีค่าการประหยัดไอน้ำต่ำกว่าโดยเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวใช้ไอน้ำน้อยกว่า 2.1 เท่า แต่เครื่องระเหยแบบกระทะให้ผลผลิตสูงกว่าเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวเล็กน้อย

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีปริมาณผลผลิตสูงมากตามฤดูกาล ทำให้มีผลิตผลปริมาณมาก นอกจากนี้มะม่วงที่เหลือจากการคัดขนาดและคุณภาพเพื่อการส่งออก ยังมีราคาถูก และมีปริมาณในช่วงฤดูกาลปลูก ดังนั้นการนำมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ที่มีมากเกินความสามารถในการบริโภคและการส่งออกมาแปรรูปให้เป็นน้ำมะม่วงเข้มข้นหรือเนื้อมะม่วงเข้มข้นเพื่อสามารถเก็บรักษาไว้ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แก่ แยมมะม่วง น้ำมะม่วงพร้อมดื่ม มะม่วงกวน ทอฟฟี่มะม่วง เป็นต้น จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ช่วยให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายมะม่วงได้ในราคาสูง ลดการสูญเสีย เนื่องจากมะม่วงเน่าเสีย ตลอดจนสามารถส่งออกสินค้ามะม่วงแปรรูปออกจำหน่ายต่างประเทศมากขึ้น เป็นการนำเงินตราเข้าประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

การผลิตเนื้อมะม่วงเข้มข้นโดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและแบบเพิ่มพื้นที่ผิว โดยเครื่องระเหยทั้งสองมีพื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อนต่างกัน อาจมีผลต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้นหลังการการระเหย

การออกแบบเครื่องระเหยต้องคำนึงถึงสมดุลมวลสารและสมดุลของความร้อน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ เช่น อัตราการไหล ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้และพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Singh and Heldman, 1993)

เมื่อพิจารณาสมดุลของมวลสาร อัตราการไหลและปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$m_f = m_v + m_p \quad (1)$$

โดย m_f = อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ที่ป้อนเข้าเครื่องระเหย (kg/s)
m_v = อัตราการไหลของไอระเหย (kg/s)
m_p = อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์หลังการการระเหย (kg/s)

---

[1] โครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากน้ำและเนื้อมะม่วง ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

และ เนื้ออาหารก่อนเข้าเครื่องระเหย = เนื้ออาหารหลังการระเหย

$$X_f m_f = X_p m_p \quad (2)$$

โดย X_f = สัดส่วนของของแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ป้อนเข้าเครื่องระเหย (ไม่มีหน่วย)

X_p = สัดส่วนของของแข็งของผลิตภัณฑ์หลังการระเหย (ไม่มีหน่วย)

ความสามารถในการระเหยสามารถอธิบายได้โดยค่าการประหยัดไอน้ำ (Steam economy) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอาหารที่ระเหยไปต่อปริมาณไอน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการระเหยดังนี้

การประหยัดไอน้ำ (Steam economy) = $\dot{m}_v / \dot{m}_s$ (3)

พบว่าเครื่องระเหยตัวเดียวมีค่าการประหยัดไอน้ำประมาณ 1 ส่วนเครื่องระเหยหลายตัวมีค่าประหยัดไอน้ำมากกว่า 1 (Singh and Heldman, 1993)

Brennan *et al.* (1976) กล่าวว่าค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยตัวเดียว เครื่องระเหยสองตัว และเครื่องระเหยสามตัวมีค่า 0.8 1.7 และ 2.5 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ เพื่อผลิตเนื้อมะม่วงเข้มข้นจากมะม่วงพันธุ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและแบบเพิ่มพื้นที่ผิว และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระเหยของเครื่องระเหยดังกล่าว

วิธีการทดลอง

ทำการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ที่มีความสุกที่เหมาะสมโดยดูจากสีเปลือกที่มีสีเหลืองร้อยละ 80 และมีสีเขียว ร้อยละ 20 ได้แก่

- พันธุ์แก้วจากตลาดบางลำภู อ. เมือง จ. ขอนแก่น
- พันธุ์น้ำดอกไม้ จาก จ. นครราชสีมา
- พันธุ์แก้ว ศก. 007 จากศูนย์วิจัยพืชสวน จ. ศรีษะเกษ
- พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จาก จ. นครราชสีมา
- พันธุ์ทองดำ จาก จ. นครราชสีมา
- พันธุ์แรด จาก จ. นครราชสีมา
- พันธุ์โชคอนันต์ จาก จ. นครราชสีมา

ทำความสะอาดผลมะม่วงโดยใช้สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ Peroxy acetic acid 0.4%v/v เป็นเวลา 3 นาที ทำการปอกเปลือกมะม่วงด้วยมีด ตัดเนื้อมะม่วงออกเป็นชิ้น และแยกเมล็ดออก นำมะม่วงไปผ่านการลวกโดยใช้วิธี Hot break ในเครื่องลวกด้วยไอน้ำ (Steam blancher) เป็นเวลา 9 นาที นำเนื้อมะม่วงไปแยกเส้นใยมะม่วงด้วยเครื่องแยกกาก (pulp finisher) โดยใช้ตะแกรงที่มีช่องเปิดขนาด 0.8 มิลลิลิตร จากนั้นนำเนื้อมะม่วงไปทำการระเหยด้วยเครื่องระเหย 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องระเหยแบบกระทะ และเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิว

ผลและวิจารณ์

การเปรียบเทียบการผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นพันธุ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิว ดังแสดงในตารางที่ 1 การระเหยโดยเครื่องระเหยแบบกระทะภายใต้สุญญากาศ 10-17 in Hg (Vac.) และควบคุมปริมาณไอน้ำที่ความดัน 15 lb / in^2 และการระเหยโดยเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวภายใต้สุญญากาศ 10–20 in Hg (Vac.) และควบคุมปริมาณไอน้ำที่ความดัน 15 lb / in^2 เช่นกัน พบว่าอัตราการระเหยโดยใช้เครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวในการระเหยน้ำมะม่วงพันธุ์แก้ว น้ำดอกไม้ ทองดำ และโชคอนันต์ มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะถึง 3 เท่า สำหรับการระเหยน้ำมะม่วงพันธุ์แรดและพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะ 2 และ 2.5 เท่าตามลำดับ เนื่องจากในการออกแบบเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีพื้นที่ของการระเหยมากกว่าพื้นที่ของการระเหยของเครื่องระเหยแบบกระทะถึง 3 เท่า

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต (Yield) ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าเครื่องระเหยแบบกระทะมีผลผลิตสูงกว่า คือ เฉลี่ยร้อยละ 77.9 สำหรับเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีผลผลิตต่ำกว่า คือ เฉลี่ยร้อยละ 70.3 ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมะม่วงมีความหนืดสูง และหลังการระเหยมีความหนืดเพิ่มขึ้นมาก ทำให้เนื้อมะม่วงติดค้างตามผนังและใบพัดของเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิว อีกประการหนึ่งพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีมากกว่าพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระเหยแบบกระทะถึง 3 เท่า เนื้อมะม่วงเข้มข้นจึงมีโอกาสติดค้างที่ผนังของเครื่องระเหยมากกว่า

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ก่อนและหลังการระเหยดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าในการระเหยโดยใช้เครื่องระเหยทั้งสองแบบสามารถระเหยน้ำมะม่วงให้มีความเข้มข้นขึ้นประมาณ 2 เท่า จากความเข้มข้นในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หากทำการระเหยมากกว่านี้จะทำให้น้ำมะม่วงมีความหนืดสูงเกินไปและได้ผลผลิตต่ำ

การเปรียบเทียบการประหยัดไอน้ำในการระเหยน้ำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้เครื่องระเหยทั้งสองแบบดังแสดงในตารางที่ 2 ในการระเหยน้ำมะม่วงจำนวน 25 กิโลกรัม พบว่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยแบบกระทะมีค่า 0.79 ซึ่งสอดคล้องกับ Singh and Heldman (1993) และ Brennan *et al.* (1976) ที่กล่าวว่าค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยตัวเดียวมีค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยตัวเดียวมีค่าประมาณ 1 และ 0.8 ตามลำดับ ส่วนค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีค่า 1.66 ดังนั้น ประสิทธิภาพในการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวสูงกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะ 2.1 เท่า จะเห็นได้ว่าค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวซึ่งเป็นเครื่องระเหยตัวเดียวมีค่าใกล้เคียงกับค่าการประหยัดไอน้ำของเครื่องระเหยสองตัวซึ่งมีค่า 1.7 (Brennan *et al.*, 1976)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นพันธุ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อน

พันธุ์มะม่วง	ชนิดเครื่องระเหย	เวลาในการระเหย (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ยในการระเหย (°C)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ก่อน/หลังการระเหย (°Brix)	ปริมาณการระเหย (เท่า)	ผลผลิต (ร้อยละ)
1.แก้ว	กระทะ	90	63.5	16.0/34.0	2.12	89.7
2.แก้ว ศก. 007	กระทะ	-	-	-	-	-
3. น้ำดอกไม้	กระทะ	90	46.6	15.0/35.0	2.33	74.7
4.น้ำดอกไม้สีทอง	กระทะ	75	58.2	14.4/37.6	2.61	75.2
5. ทองดำ	กระทะ	90	58.3	15.4/35.2	2.28	84.1
6. แรด	กระทะ	60	57.2	15.6/37.2	2.38	80.2
7.โชคอนันต์	กระทะ	105	48	12.0/25.4	2.12	63.6
8.แก้ว	เพิ่มพื้นที่ผิว	40	62.7	16.0/35.0	2.19	77.9
9.แก้ว ศก. 007	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	55.0	19.0/39.0	2.05	80.0
10. น้ำดอกไม้	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	60.0	13/29.5	2.27	70.8
11.น้ำดอกไม้สีทอง	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	59.0	14.0/31.0	2.21	70.0
12. ทองดำ	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	54.0	19.0/34.0	1.79	55.8
13. แรด	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	57.0	15.0/38.0	2.53	61.8
14.โชคอนันต์	เพิ่มพื้นที่ผิว	30	60.7	11.5/27	2.35	76.0
เฉลี่ย	-	**56.15**	**56.94**	**15.07/33.68**	**2.25**	**73.83**

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการประหยัดไอน้ำในการระเหยน้ำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้เครื่องระเหยแบบกระทะและเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิว

ชนิดเครื่องระเหย	ปริมาณน้ำมะม่วง m_f (kg)	ปริมาณน้ำมะม่วงเข้มข้น m_p (kg)	ปริมาณไอระเหย m_v (kg)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ m_s (kg)	การประหยัดไอน้ำ m_v / m_s
กระทะ	25	10.71	14.29	18	0.79
เพิ่มพื้นที่ผิว	25	11.02	13.98	8.4	1.66

สรุป

1. เครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีประสิทธิภาพในการระเหยดีกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะโดยเครื่องระเหยแบบกระทะใช้เวลามากกว่า 3 เท่า

2. เครื่องระเหยแบบกระทะให้ผลผลิต (yield) สูงกว่าเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวประมาณร้อยละ 7.5

3. เครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวมีค่าการประหยัดไอน้ำสูงกว่าเครื่องระเหยแบบกระทะ โดยเครื่องระเหยแบบเพิ่มพื้นที่ผิวใช้ไอน้ำน้อยกว่า 2.1 เท่า

เอกสารอ้างอิง

Bernnab, J. G., J. R. Butters, N. D. Cowell and A. E. V. Lilly. 1976. Food Engineering operation. 2nd ed. Applied Science Publisher LTD. London.

Sing, R. P and D.R. Hernand. 1993. Introduction to Food Engineering. 2nd ed. Academic Press. San Diego.