

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การทดลองศึกษาสภาวะการผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยวิธีการต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลงที่มีต่อคุณภาพน้ำส้มในระดับโรงงานต้นแบบ ในการทดลองใช้ส้มเขียวหวานสดเป็นวัตถุดิบ ซึ่งจะนำมาล้างทำความสะอาดผิวส้ม และนำเข้าเครื่องผ่าคั้นเพื่อคั้นเป็นน้ำส้มสด แล้วจึงนำไปทดลองที่สภาวะการทดลองต่าง ๆ คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 40, 60 และ 80 ลิตรต่อชั่วโมง และความดันไอน้ำที่ใช้ในการผลิตที่ 1, 1.5 และ 2 บาร์ น้ำส้มเข้มข้นที่ได้ในแต่ละสภาวะการผลิตจะถูกนำมาเจือจาง (dilute) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มคั้นสดเริ่มต้น จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตได้กับน้ำส้มคั้นสด

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มสด

น้ำส้มสดที่ได้จากกระบวนการผ่าคั้น ซึ่งกรองเกล็ดส้มและเมล็ดออกแล้ว จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี แสดงผลดังตารางที่ 4.1 โดยข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มสดในตารางดังกล่าว จะใช้เปรียบเทียบกับคุณภาพของน้ำส้มเข้มข้นหลังการคั้นรูปในแต่ละสภาวะการผลิตต่างๆ

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำส้ม

องค์ประกอบ	ค่าที่วัดได้
ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)	13 ± 0.1
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	3.5 ± 0.02
ปริมาณกรดทั้งหมดซึ่งคำนวณในรูปกรดซิตริก (กรัม/100 มิลลิลิตร)	0.26 ± 0.0002
ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)	38.17 ± 0.15
ค่าสี L	31.55 ± 0.07
ค่าสี a	5.82 ± 0.06
ค่าสี b	16.03 ± 0.14

หมายเหตุ : L = ความสว่าง (0 = สีดำ , 100 = สีขาว)

a = สีแดง / สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b = สีเหลือง / สีนํ้าเงิน (+ = เหลือง, - = สีนํ้าเงิน)

4.2 การศึกษาอัตราการป้อนวัตถุดิบและความดันไอน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง

ทำการทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง ที่อัตราการป้อนวัตถุดิบ 40, 60 และ 80 ลิตรต่อชั่วโมง และความดันไอน้ำในการผลิตที่ 1, 1.5 และ 2 บาร์ โดยกำหนดให้ความดันภายในเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง เท่ากับ -0.7 บาร์เกจ หรือ ความดันสุญญากาศสัมบูรณ์ที่ 300 มิลลิบาร์ และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นแต่ละครั้ง เท่ากับ 150 นาที จากนั้นนำน้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตได้ มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด การเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมด และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี ของน้ำส้มเข้มข้นที่ได้ในแต่ละสภาวะการทดลอง

4.2.1 ผลวิเคราะห์คุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดของน้ำส้มเข้มข้น

น้ำส้มสดเริ่มต้นในการทดลองแต่ละครั้ง จะมีความเข้มข้น โดยเฉลี่ย 13 องศาบริกซ์ และอุณหภูมิของน้ำส้มเริ่มต้น เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส โดยการทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง ที่อัตราการป้อนและความดันไอน้ำที่ใช้ต่างๆ มีผลต่อปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้น ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด ในน้ำส้มเข้มข้นที่สภาวะการทดลองต่างๆ

Flow Rate (L/h)	ปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ ($^{\circ}$ Brix)		
	ความดัน 1 บาร์	ความดัน 1.5 บาร์	ความดัน 2 บาร์
40	42.60 $\pm$ 0.30	50.60 $\pm$ 0.10	61.40 $\pm$ 0.20
60	41.00 $\pm$ 0.50	49.40 $\pm$ 0.20	58.60 $\pm$ 0.10
80	39.40 $\pm$ 0.10	47.80 $\pm$ 0.10	57.20 $\pm$ 0.10

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้อัตราการป้อนต่ำ เนื่องจากการลดอัตราการป้อนของน้ำส้มขาเข้า ของเหลวจะไหลผ่านส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำของเครื่องต้มระเหยช้าลง ทำให้ระยะเวลาที่ของเหลวอยู่ในเครื่องต้มระเหยมากขึ้น ของเหลวจึงได้รับความร้อนมากกว่าในกรณีที่ใช้อัตราการป้อนสูง โดยจะเห็นว่าที่อัตราการป้อนน้ำส้มที่ 40 ลิตรต่อชั่วโมง ความเข้มข้นของน้ำส้มจะสูงกว่าที่อัตราการป้อน 60 และ 80 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาภรณ์ (2547) ที่ได้ศึกษาผลของอัตราการป้อนสารละลายน้ำส้มในเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนของน้ำส้มขาเข้าจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น แต่มีความเข้มข้นน้อยลง

เมื่อพิจารณาผลการเพิ่มความดันไอน้ำที่ใช้ผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลงพบว่า เมื่อเพิ่มความดันไอน้ำที่ใช้ผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำส้มสดเข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากความดันไอน้ำที่สูงขึ้นจะให้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถระเหยน้ำออกจากน้ำส้มคั้นสดได้มากขึ้น

4.2.2 ผลวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของน้ำส้มเข้มข้น

การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอัตราการป้อนวัตถุดิบและความดันไอน้ำที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพสีของน้ำส้มเข้มข้น โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) ของน้ำส้มเข้มข้นที่ได้ทำการคั้นรูปให้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำส้มสดเริ่มต้น ซึ่งค่า ΔE จะบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปมีความเปลี่ยนแปลงจากวัตถุดิบเริ่มต้นมาน้อยเพียงใดในแต่ละสภาวะการทดลอง โดยแสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) ของน้ำส้มเข้มข้นที่สภาวะการผลิตน้ำส้มเข้มข้นต่างๆ ที่คั้นรูปให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มคั้นสดเริ่มต้น

Flow Rate (L/h)	การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE)		
	ความดัน 1 บาร์	ความดัน 1.5 บาร์	ความดัน 2 บาร์
40	1.19 ± 0.02	1.66 ± 0.01	1.78 ± 0.04
60	1.17 ± 0.05	1.28 ± 0.02	1.55 ± 0.03
80	1.16 ± 0.03	1.18 ± 0.02	1.38 ± 0.02

ผลการทดลอง พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อัตราการป้อนของน้ำส้มสดสูงขึ้น ส่วนการปรับความดันไอน้ำที่ใช้ในการระเหยของเครื่องต้มระเหยที่อัตราการไหลเดียวกัน พบว่า เมื่อใช้ความดันไอน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามด้วยเช่นกัน เนื่องจากการเพิ่มความดันไอน้ำ จะทำให้น้ำส้มได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น ทำให้น้ำในน้ำส้มระเหยออกได้มากขึ้น เป็นผลให้น้ำส้มมีความเข้มข้นสูงขึ้นและสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำส้ม เช่น น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส และสารแคโรทีนอยด์ เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบชนิดอื่นๆ เนื่องจากสัมผัสความร้อนสูงหรือสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้นที่ได้มีสีส้มอมน้ำตาล จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (ΔE) ที่อัตราการป้อนเดียวกัน พบว่า เมื่อใช้ไอน้ำที่ความดัน 2 บาร์ เป็นผลให้น้ำส้มเข้มข้นมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวมสูงกว่าที่สภาวะการผลิตอื่น ๆ

เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากน้ำส้มซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ ทำให้น้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบในน้ำส้มเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) น้ำส้มจึงมีสีเข้มขึ้น นอกจากนี้ ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากน้ำส้มจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มแล้ว ยังพบว่า ในระหว่างขั้นตอนการคั้นน้ำส้ม น้ำส้มจะสัมผัสกับอากาศแล้วทำให้กรดแอสคอร์บิกที่อยู่ในน้ำส้มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนเป็น Dehydroascorbic Acid (DHA) แล้ว DHA เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องเปลี่ยนเป็น 2,3 – diketogulonic acid ซึ่งสารนี้จะมีการจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารประกอบเฟอฟูรอลและเมลานอยดินในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ในที่สุด (Sawamura et al., 2000)

4.2.3 ผลวิเคราะห์คุณภาพด้านปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่เปลี่ยนไปของน้ำส้มเข้มข้นที่ได้ทำการคั้นรูปให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มสดเริ่มต้น เป็นผลมาจากการใช้อัตราการป้อนวัตถุดิบและความดันไอน้ำที่สภาวะการผลิตต่างๆ เปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มสดเริ่มต้น ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตได้ในแต่ละสภาวะการทดลอง ดังแสดงผลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้นที่สภาวะการผลิตน้ำส้มเข้มข้นต่างๆ ที่คั้นรูปให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มสดเริ่มต้น

Flow Rate (L/h)	ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้น (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)		
	ความดัน 1 บาร์	ความดัน 1.5 บาร์	ความดัน 2 บาร์
40	0.08 %	1.17%	1.61 %
60	0.02 %	1.14 %	1.44 %
80	0.01 %	1.12 %	1.15 %

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มสดก่อนการทดลอง พบว่า มีปริมาณกรดทั้งหมด โดยเฉลี่ยประมาณ 0.26 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของน้ำส้มสด เมื่อผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลงที่สภาวะการผลิตด้วยอัตราการป้อนต่ำและใช้ความดันไอน้ำสูง ส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้นหลังการคั้นรูปแล้วมีค่าสูงขึ้น แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 2% เมื่อเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำส้มสดเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดนี้ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกเปลี่ยนเป็น dehydroascorbic acid แล้วเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องด้วยมีความร้อนซึ่งใช้เพิ่มความเข้มข้น ทำให้เกิด

การระเหยน้ำออกจากโมเลกุล จนท้ายที่สุดแล้วได้ 2-furoic acid (Shinoda และคณะ, 2005) จึงเป็นผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มเข้มข้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากน้ำส้มสด

4.2.4 ผลวิเคราะห์คุณภาพด้านปริมาณวิตามินซี

การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอัตราการป้อนวัตถุดิบ และความดันไอน้ำในระดับต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลงต่อปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นหลังการคืนรูปให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มสด ซึ่งพบว่า ปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มสดเริ่มต้นมีอยู่ 38.17 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร แต่วิตามินซีที่มีอยู่ในธรรมชาติจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสความร้อนหรือแสง การทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง โดยมีน้ำส้มคั้นสดเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มเข้มข้น ซึ่งจะต้องสัมผัสกับความร้อนเพื่อระเหยน้ำออก ความร้อนที่น้ำส้มคั้นได้รับส่งผลให้วิตามินซีในน้ำส้มเกิดการสลายตัวบางส่วน ทั้งนี้ปริมาณวิตามินซีที่สลายตัวเนื่องจากความร้อนนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่น้ำส้มได้รับ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นที่สภาวะการผลิตต่างๆ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นที่สภาวะการผลิตต่างๆ โดยคืนรูปให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำส้มคั้นสด

Flow Rate (L/h)	ปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)		
	ความดัน 1 บาร์	ความดัน 1.5 บาร์	ความดัน 2 บาร์
40	(-) 32.00%	(-) 34.12%	(-) 39.44%
60	(-) 24.77%	(-) 26.60%	(-) 29.35%
80	(-) 21.09%	(-) 26.33%	(-) 28.15%

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (-) หมายถึง ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น

จากผลการทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลงที่อัตราการป้อนวัตถุดิบและใช้ความดันไอน้ำระดับต่างๆ พบว่า เมื่อใช้อัตราการป้อนของน้ำส้มสดสูงขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีเกิดการสลายตัวได้น้อยกว่า เนื่องจากที่อัตราการป้อนของน้ำส้มสดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำส้มสดกับไอน้ำภายในเครื่องต้มระเหยมีระยะเวลานั้น แต่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยต้องการเพิ่มความเข้มข้นน้ำส้มให้สูงขึ้น จึงทำให้ต้องมีการวนน้ำส้มกลับเข้าสู่ห้องต้มระเหยอีกจนกว่าจะครบเวลาทดลองที่ได้กำหนดไว้ (กำหนดเวลาการทดลองในการเพิ่มความเข้มข้น ทั้งหมด 150 นาที) ซึ่งน้ำส้มที่วนกลับเข้าสู่ห้องต้มระเหยแต่ละครั้ง จะได้รับปริมาณความร้อน

เท่าเดิม แต่ความเข้มข้นของน้ำส้มเพิ่มขึ้น ดังนั้น ปริมาณวิตามินซีจึงลดลง ถึงแม้ว่าจะใช้อัตราการป้อนที่สูงขึ้นก็ตาม

สำหรับการทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยการเพิ่มความดันไอน้ำ ที่อัตราการป้อนวัตถุดิบเดียวกัน มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นเช่นกัน เนื่องจากการเพิ่มความดันไอน้ำเป็นการเพิ่มปริมาณพลังงานความร้อนให้กับน้ำส้มสดที่ต้องการเพิ่มความเข้มข้น ซึ่งแต่ละสภาวะการผลิตจะใช้น้ำส้มสดในปริมาณเท่ากัน ดังนั้น การใช้ความดันไอน้ำสูงในการผลิต ทำให้น้ำส้มได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น และวิตามินซีในน้ำส้มเกิดการสลายตัวมากกว่าการใช้ความดันไอน้ำต่ำในการผลิต กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีจะเสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความชื้น โดยเฉพาะในสภาวะที่มีแสงหรืออากาศ ซึ่งมักเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปน้ำผลไม้ (Fourie, 1996) โดยเฉพาะการผลิตน้ำส้มเข้มข้นที่อัตราการป้อน 40 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้ความดันไอน้ำ 2 บาร์ ปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นหลังการคั้นรูปแล้วจะเกิดการสลายตัวมากที่สุด เท่ากับ 39.44 % ส่วนสภาวะการผลิตน้ำส้มเข้มข้นที่อัตราการป้อน 80 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นผลให้ปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเข้มข้นหลังการคั้นรูปแล้ว เกิดการสลายตัวของวิตามินซีน้อยสุด เท่ากับ 21.09%

4.3 การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มเข้มข้น

น้ำส้มสดที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง มีน้ำหนัก 150 กิโลกรัม ซึ่งมาจากผลส้มสด 350 กิโลกรัม และใช้เวลาในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นแต่ละครั้ง 150 นาที จะได้ผลผลิตน้ำส้มเข้มข้นในแต่ละการทดลอง และมีต้นทุนการดำเนินการผลิตน้ำส้มเข้มข้นในแต่ละครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนการผลิตน้ำส้มเข้มข้นด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง

รายการ	สภาวะการผลิต								
	40			60			80		
อัตราการป้อน(ลิตร/ชั่วโมง)									
ความดันไอน้ำ (บาร์)	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
ค่าวัตถุดิบ (บาท)	4,375			4,375			4,375		
ค่าแรงงานผลิต (บาท)	1,250			1,250			1,250		
ค่าไฟฟ้า (บาท)	40			40			40		
ค่าน้ำ (บาท)	13			13			13		
ค่าผลิตไอน้ำ (บาท)	118	124	130	117	126	132	118	128	135
น้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตได้ (กก.ผลิตภัณฑ์)	45.75	40.50	33.75	49.56	41.47	35.30	51.50	42.79	36.10
ความเข้มข้น (องศาบริกซ์)	42.6	50.6	61.4	41.0	49.4	58.6	39.4	47.8	57.2
ต้นทุนการผลิต (บาท/กก.ผลิตภัณฑ์)	126.7	143.3	172.1	116.9	140.0	164.6	112.5	135.7	161.0

หมายเหตุ : ค่าวัตถุดิบผลส้มสด 350 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 12.50 บาท

ค่าแรงงานผลิต 250 บาทต่อวัน ใช้คนผลิต จำนวน 5 คน

ค่าผลิตไอน้ำ คำนวณจากการใช้น้ำมันของ Boiler ในการผลิตไอน้ำ

จากผลการประเมินต้นทุนการผลิตน้ำส้มเข้มข้น ดังตารางที่ 4.6 พบว่า ต้นทุนการผลิตแปรตามความเข้มข้นของน้ำส้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสภาวะการผลิตที่อัตราการป้อนวัตถุดิบ 40 ลิตรต่อชั่วโมง ความดันไอน้ำ 2 บาร์ จะมีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 172 บาทต่อกิโลกรัมน้ำส้มเข้มข้น ซึ่งได้น้ำส้มที่มีความเข้มข้น 61.4 องศาบริกซ์ ส่วนสภาวะการผลิตที่อัตราการป้อนวัตถุดิบ 80 ลิตรต่อชั่วโมง และความดันไอน้ำ 1 บาร์ จะมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด เท่ากับ 112.50 บาทต่อกิโลกรัมน้ำส้มเข้มข้น และได้ น้ำส้มที่มีความเข้มข้น 39.4 องศาบริกซ์