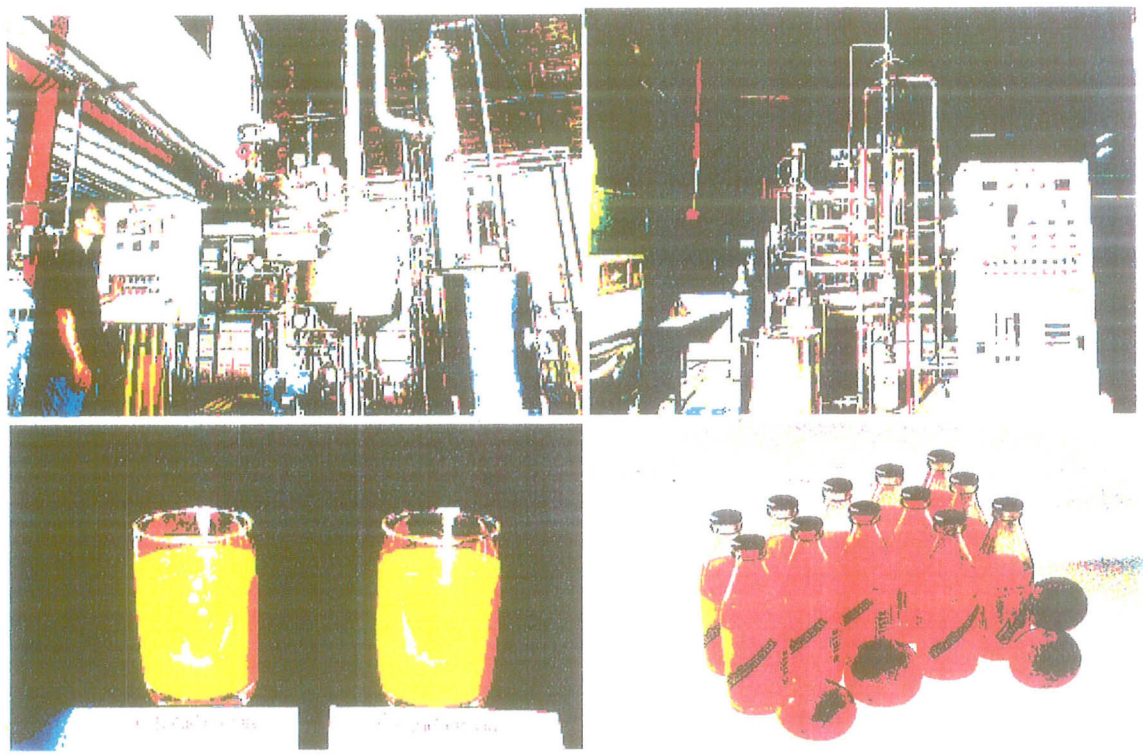
664.856
สถบ

เอกสารประกอบการฝึกอบรม
ภาคปฏิบัติการผลไม้แปรรูป

การผลิตน้ำผลไม้ : เข้มข้นและพร้อมดื่ม



น้ำส้มเขียวหวานเข้มข้น

น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สนับสนุนโดย

บริษัท สยาม อินดัสเทรียล แมเนจเม้นท์ แอนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล เทรด คอนซัลติ้ง จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ห้องสมุด
วว.

014916

664.856
สถบ

1 ส.ค. 2548

โครงการพัฒนาผู้ประกอบการอุตสาหกรรมรุ่นใหม่

(New-GEMDP)

ภาคปฏิบัติการผลไม้แปรรูป

การผลิตน้ำผลไม้ : เข้มข้นและพร้อมดื่ม

โดย

นางสุวรรณา ศรีสวัสดิ์

นายศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล

นายสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

กรุงเทพฯ, 2542

คำนำ

ตามที่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้ร่วมกับบริษัท สยาม อินดัสเทรียล แมเนจเม้นท์ แอนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล เทรด คอนซัลติ้ง จำกัด จัดการฝึกอบรมภาคปฏิบัติการ ผลไม้แปรรูป ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร การจัดการอุตสาหกรรมอาหาร สาขาผลไม้แปรรูป ซึ่งจัดร่วมกัน 3 หน่วยงาน คือ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ บริษัท สยาม อินดัสเทรียล แมเนจเม้นท์ แอนด์ อินเตอร์เนชั่นแนลเทรด คอนซัลติ้ง จำกัด โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับความรู้ภาคทฤษฎีจากคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อนึ่ง หลักสูตร การจัดการอุตสาหกรรมอาหารสาขาผลไม้แปรรูป นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาผู้ประกอบการอุตสาหกรรมรุ่นใหม่ (New-GEMDP) หรือชื่อภาษาอังกฤษ NEW GENERATION ENTREPRENEUR MODULE DEVELOPMENT PROGRAM ภาคปฏิบัติการผลไม้แปรรูปนี้ ผู้เข้าฝึกอบรมจะมีโอกาสดำเนินการแปรรูปผลไม้ด้วยตนเองในเรื่องการทำน้ำผลไม้เข้มข้น น้ำผลไม้พร้อมดื่ม จากน้ำผลไม้เข้มข้น และการควบคุมคุณภาพ ตลอดจนการผลิตเงาะแห้ง ในระหว่างวันที่ 17 - 21 พฤษภาคม 2542 โดยมีการปฏิบัติ ณ อาคาร 5 และมีบรรยาย ณ ห้องประชุม ตึกศูนย์บรรจุหีบห่อ

(สุวรรณา ศรีสวัสดิ์)
ผู้อำนวยการโครงการ
วันที่ 14 พฤษภาคม 2542

สารบัญ

	หน้า
1. กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น โดย นายสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์	1-33
2. กระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม : น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม โดย นายศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล	2-31
3. การควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำผลไม้ โดย นางสาววรรณี สุทธิวัฒนเวช	3-6
4. ภาคผนวก แหล่งข้อมูลเครื่องจักร	1-7

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

โดย

นายสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

กรุงเทพฯ, 2542

สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น	1-1
เครื่องระเหยแบบแผ่น	1-8
สัญลักษณ์ประกอบเครื่องระเหย	1-10
อุปกรณ์ประกอบเครื่องระเหย	1-11
การเดินเครื่องระเหย	1-25
การทำความสะอาดแบบ CIP	1-27
กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นในระดับโรงงานนำทาง	1-27
กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น	1-28
กระบวนการผลิตน้ำส้มเข้มข้น	1-32
กระบวนการผลิตน้ำเสาวรสเข้มข้น	1-33

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. กระบวนการสกัดน้ำผลไม้จากวัตถุดิบ ส้ม สับปะรด และเสาวรส 1-3

รูปที่ 2. กระบวนการอุ่น กรอง ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และกำจัดออกซิเจนในน้ำผลไม้ 1-4

รูปที่ 3. หลักการระเหย 1-6

รูปที่ 4. เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเดือดระเหยกับความดันสุญญากาศเพื่อใช้เป็นข้อมูลการออกแบบและควบคุมการเดินเครื่องระเหย 1-6

รูปที่ 5. เครื่องระเหยแบบต่าง ๆ 1-7

รูปที่ 6. เครื่องระเหยแบบฟิล์มไหลขึ้นลงที่สร้างและพัฒนาโดย วท. 1-8

รูปที่ 7. เครื่องระเหยแบบฟิล์มไหลขึ้นลง บนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนของ วท. 1-9

รูปที่ 8. ถังป้อนผลิตภัณฑ์ 1-11

รูปที่ 9. ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์ 1-12

รูปที่ 10. ชุดกรอง แบบ in-line-strainer 1-13

รูปที่ 11. มิเตอร์วัดอัตราการไหล 1-14

รูปที่ 12. ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์ 1-15

รูปที่ 13. ปั๊มน้ำร้อน 1-16

รูปที่ 14. ท่อพักน้ำร้อน 1-17

รูปที่ 15 ชุดฉีดไอน้ำ 1-18

รูปที่ 16. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก 1-19

รูปที่ 17 ถังแยกไอ 1-20

รูปที่ 18. ปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น 1-21

รูปที่ 19. ปั๊มสุญญากาศ 1-22

รูปที่ 20. ชุดควบแน่นไอ 1-23

รูปที่ 21. ปั๊มน้ำหอควบแน่น 1-24

รูปที่ 22. แผนภาพเชิงคุณภาพของกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 1-29

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ [1]

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

จุดประสงค์ของเครื่องระเหยก็เพื่อต้องการแยกเอาน้ำออกจากน้ำผลไม้ ให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีปริมาณสูงขึ้น โดยทั่ว ๆ ไปแล้วในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำประมาณ 12-15 บริกซ์ เมื่อผ่านกระบวนการระเหยจะทำให้น้ำระเหยออกจากน้ำผลไม้จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ถึงประมาณ 70-80 บริกซ์ ทั้งนี้จะมีความเข้มข้นมากน้อยขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภค หรือผู้ประกอบการที่มีวัตถุประสงค์จะนำผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น ไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่นต่อไป เช่น การนำไปใช้ในการปรุงแต่งรสชาดเพื่อผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม การนำไปใช้ในกระบวนการพ่นแห้ง หรือการนำน้ำผลไม้เข้มข้นเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ paste หรือ แยม รวมทั้งการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไวน์ (Dielig, 1973)

เพื่อที่จะคงคุณภาพของน้ำผลไม้ เช่น รสชาด กลิ่น สี และสารคุณค่าที่มีในน้ำผลไม้ไม่ให้ถูกทำลายมากเกินไป การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นจึงยึดแนวทางผลการวิจัยจากหลายๆ ท่านนำมาประกอบร่วมกันเพื่อให้การทดลองการผลิตในระดับโรงงานนำทางได้ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพ ลดผลกระทบจากการเกิดปฏิกิริยาสีเข้มให้น้อยที่สุดและคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับน้ำผลไม้ธรรมชาติให้มากที่สุด ดังนั้น กรรมวิธีที่ดำเนินการปรับปรุงเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาในการผลิต และปัญหาของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น ดังนี้

1) การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ เช่น
   - ความสุกของวัตถุดิบต้องไม่ดิบหรือสุกจนเกินไป
   - สายพันธุ์ของวัตถุดิบ
   - การใช้ปุ๋ย ของเกษตรผู้ปลูกวัตถุดิบ เช่นสับปะรดจะควบคุมการใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจน
   - ความสดของผลไม้ที่นำมาผลิต
   - ไม่มีแมลงหรือเป็นเชื้อราในวัตถุดิบ หรือสิ่งสกปรกเจือปน
2) กระบวนการเตรียมน้ำผลไม้ขั้นต้น ปรับปรุงการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นโดยวิธีการ

---

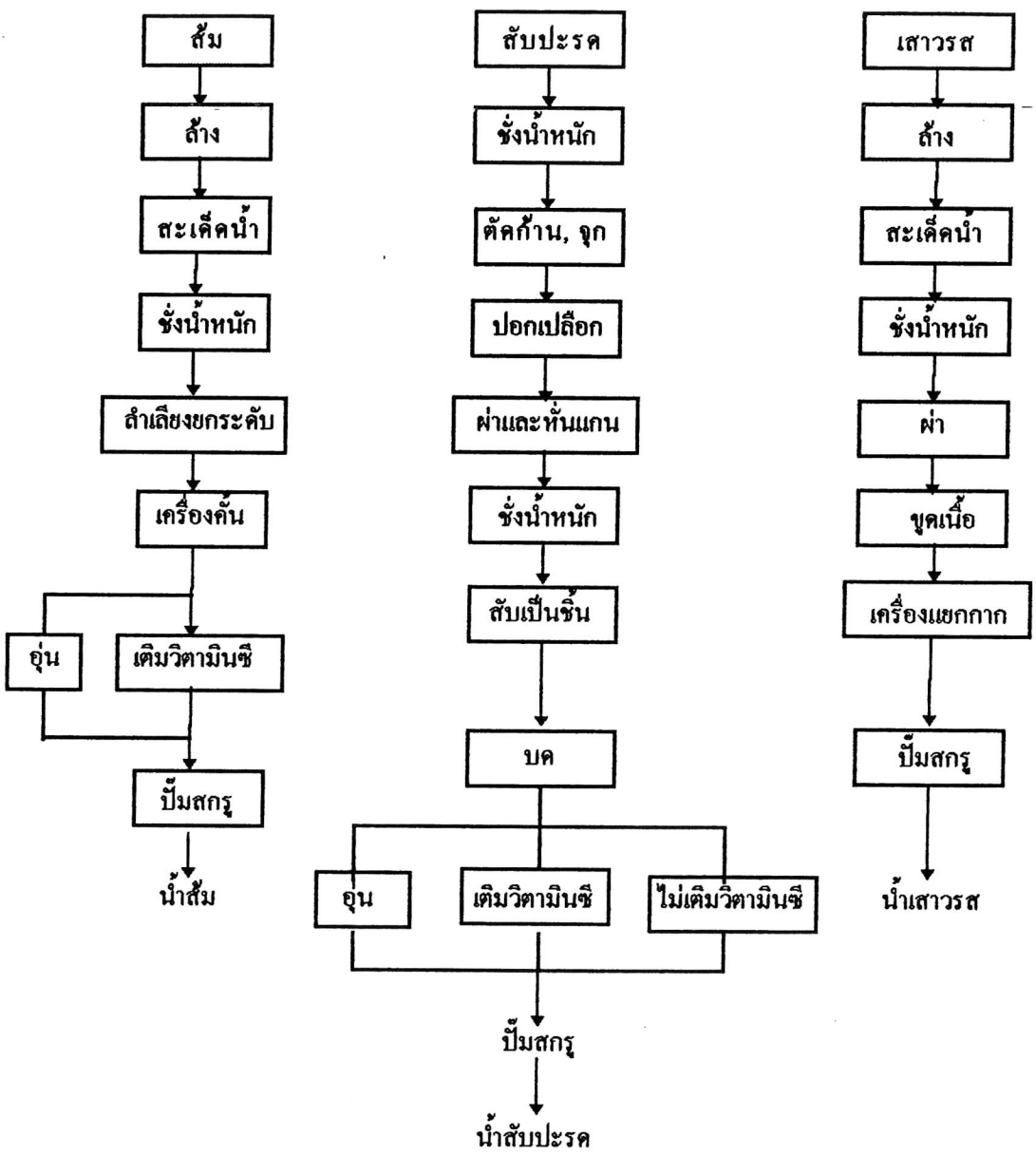
1 ฝ่ายวิศวกรรมสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

- นำวิตามินซีมาใช้ในกระบวนการบด หรือคั้นเนื้อผลไม้เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับน้ำผลไม้ที่ไม่มีการเติมวิตามินซี
- การใช้ความร้อนหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์บางอย่างที่เป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาทำให้น้ำผลไม้สีเข้มทันที ที่ได้น้ำผลไม้จากกระบวนการคั้นบีบหรือบดผ่านการกรอง
- การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนจากเครื่องอุ่นหรือเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์น้ำ ผลไม้ และเครื่องดื่ม
- การกำจัดออกซิเจนที่ปะปนในผลิตภัณฑ์

3) สภาวะในการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบแผ่นภายใต้สภาวะจุดเดือดที่อุณหภูมิ และเวลาในการระเหยที่เหมาะสมที่สุด

จากแนวทางดังกล่าว จึงมีขั้นตอนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นจากส้ม สับปะรด และเสาวรส ดังแผนภาพในรูปที่ 1. ถึง 2.นี้

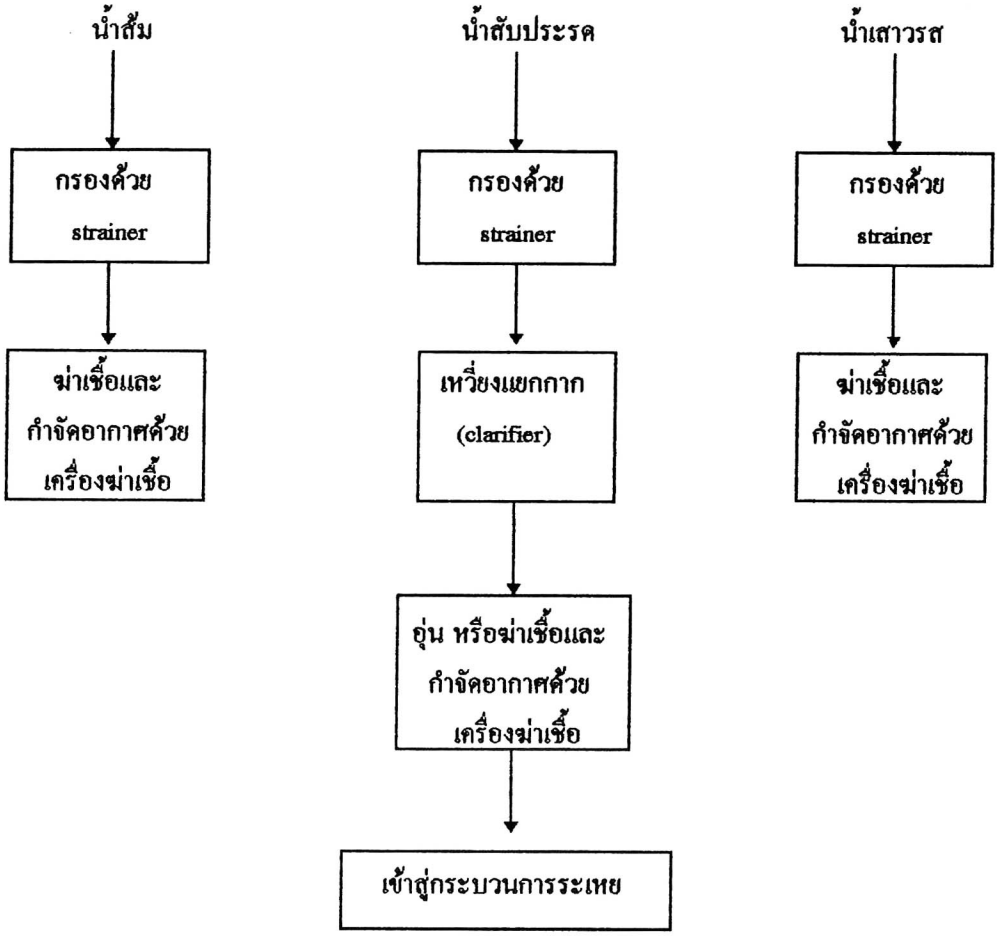
(1) การขนย้าย ล้าง คัดขนาด บด หรือปั่น คั้นและกรองขั้นต้น เป็นการเตรียมการกระบวนการผลิตขั้นต้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้จากวัตถุดิบ ทั้ง 3 ชนิด คือ ส้ม สับปะรด และเสาวรส



รูปที่ 1. กระบวนการสกัดน้ำผลไม้จากวัตถุดิบ ส้ม สับปะรด และเสาวรส.

(2) กระบวนการอุ่นกรอง ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และกำจัดออกซิเจนในน้ำผลไม้

เป็นกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำผลไม้แต่ละชนิดให้มีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดของ มอก. หรือ USDA เช่น มีปริมาณกาก ความอุ่นความใส ปริมาณกรด ค่าพีเฮช เป็นต้น เป็นกระบวนการปรับสภาวะของน้ำผลไม้ให้มีคุณสมบัติที่จะสามารถใช้กับกระบวนการระเหย ซึ่งเป็นกระบวนการลำดับต่อไป



รูปที่ 2. กระบวนการอุ่น กรอง ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และกำจัดออกซิเจนในน้ำผลไม้.

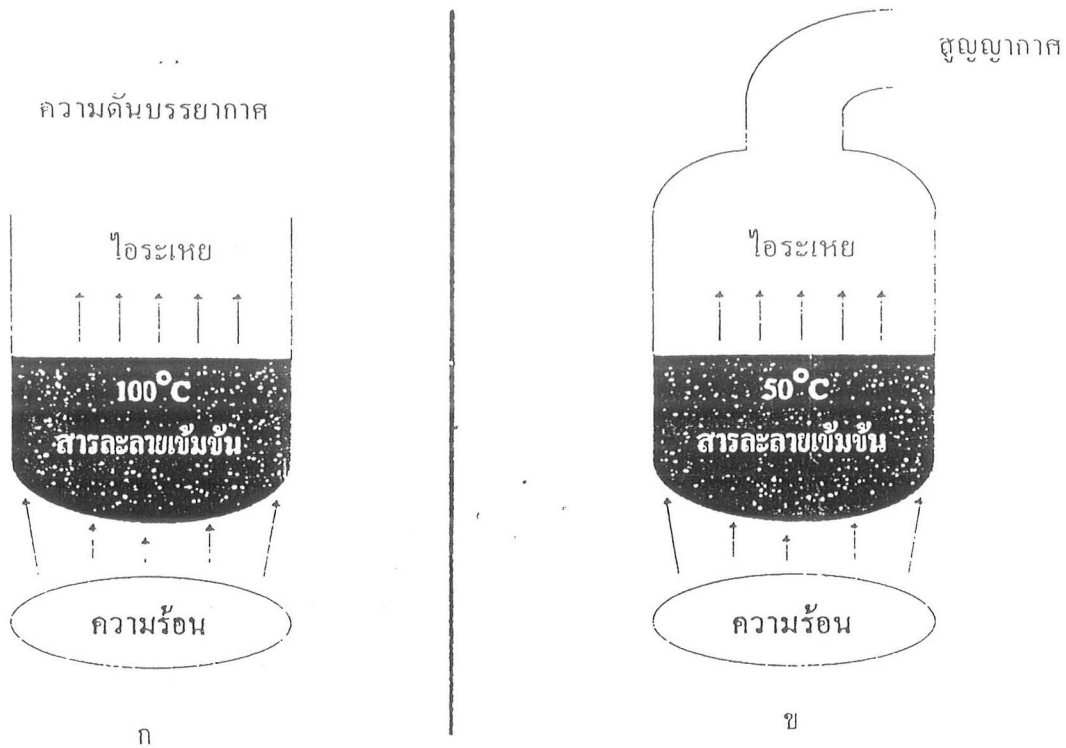
(3) ระบบระเหยน้ำผลไม้

ในการผลิตน้ำผลไม้ทั่วโลกทั้งปีประมาณ 22.7 ล้านลิตร ประมาณหนึ่งส่วนห้าที่ผลิตได้จะเป็นน้ำผลไม้เข้มข้น (Dielig, 1973) ในปัจจุบันนี้จะนำเทคโนโลยีการระเหยภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง เวลาในการระเหยน้อย (HT-ST evaporators) คืออุณหภูมิ 60-80 °ซ. และเวลา 30-60 วินาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ และลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ (micro-organism) ในขณะระเหยด้วย

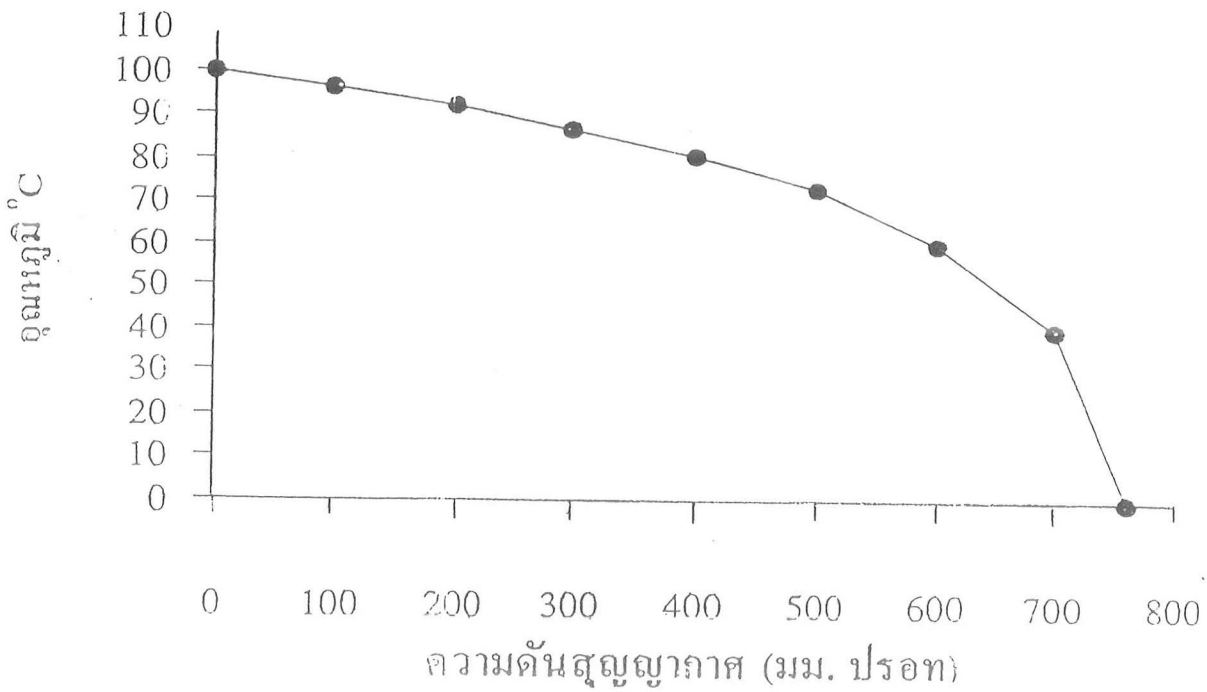
วิธีการถนอมอาหารประเภทของเหลว โดยวิธีทำให้เข้มข้นที่มีมาแต่ดั้งเดิมนั้นจะใช้วิธีการต้มในหม้อต้มโดยการใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 80°ซ. ในระยะเวลาที่สั้นที่สุด (short holding time) เพื่อลดผลกระทบจากการออกซิเดชันและความเสียหายอันเนื่องจากความร้อนดังนั้น

การระเหย คือ ปรากฏการณ์ที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอ โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อน จากการเดือดเกิดขึ้นด้วย ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น การระเหยเป็นปฏิบัติการสำคัญในกระบวนการผลิต ระบบเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ทำการระเหยเรียกว่า เครื่องระเหย (evaporator)

สารละลายที่ปนอยู่ในน้ำผลไม้ส่วนใหญ่เป็นน้ำ น้ำจะเดือดและระเหยที่ 100 °ซ ณ ความดันบรรยากาศ รูปที่ 3. (ก) หากทำการระเหยน้ำผลไม้ที่สภาวะดังกล่าวนี้ คุณค่าอาหารและสีในน้ำผลไม้จะถูกทำลายมาก ฉะนั้นต้องปฏิบัติการระเหยในสภาวะความดันที่ต่ำ เพราะอุณหภูมิการเดือดระเหยจะไม่สูงมาก ตามรูปที่ 3. (ข) ถ้าเป็นการเดือดระเหยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศจะเท่ากับ 650 มิลลิเมตรของปรอท ตามรูปที่ 4. เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเดือดกับความดันสุญญากาศ

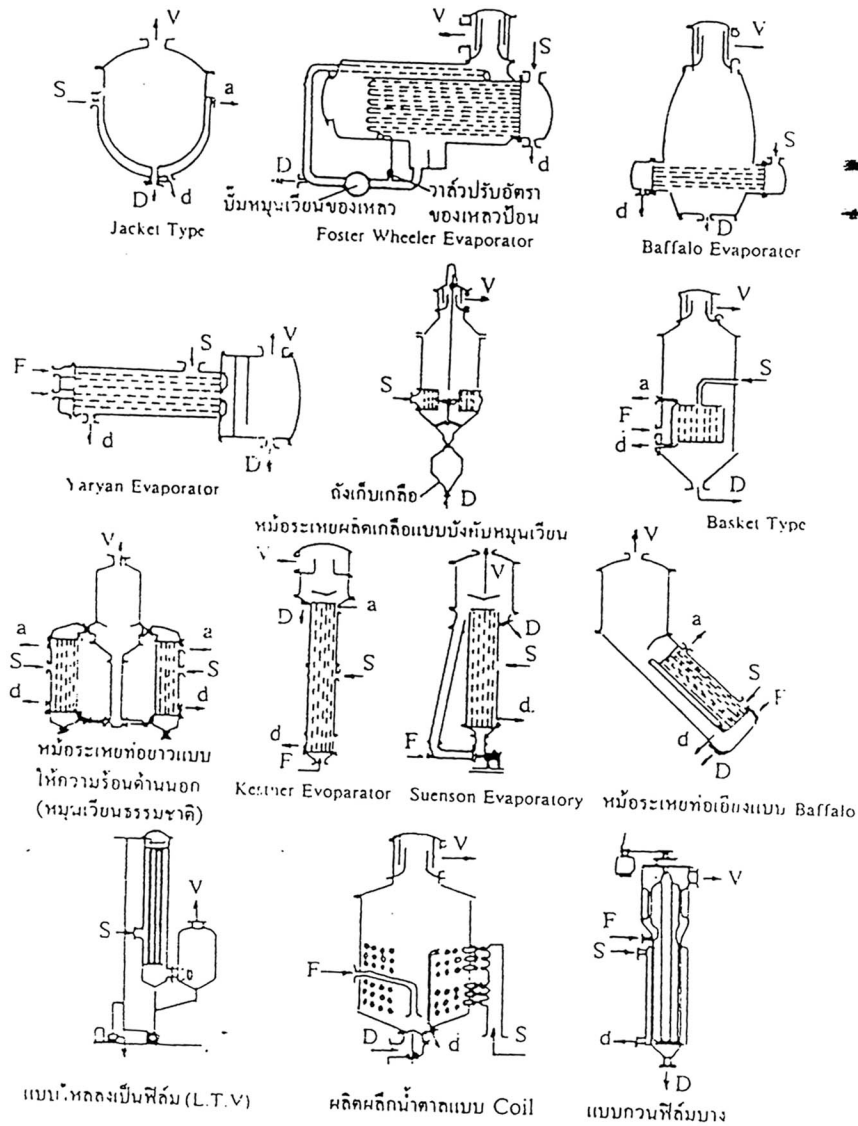


รูปที่ 3. หลักการระเหย.



รูปที่ 4. เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเดือดระเหยกับความดันสุญญากาศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลการออกแบบและควบคุมการเดินเครื่องระเหย.

รูปแบบเครื่องระเหยที่มีใช้ในอุตสาหกรรมทั่วๆไป มีมากมายหลายรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 5. การที่มีหลายรูปแบบเนื่องจากวิศวกรผู้ออกแบบ บริษัทผู้ผลิต และการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน แต่ทั้งหมดอยู่ในหลักการเดียวกัน เป็นการเดือดและระเหยภายใต้สุญญากาศ หรืออาจจะเป็นการระเหยในสภาวะความดัน และส่วนมากจะใช้พลังงานไอน้ำเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน



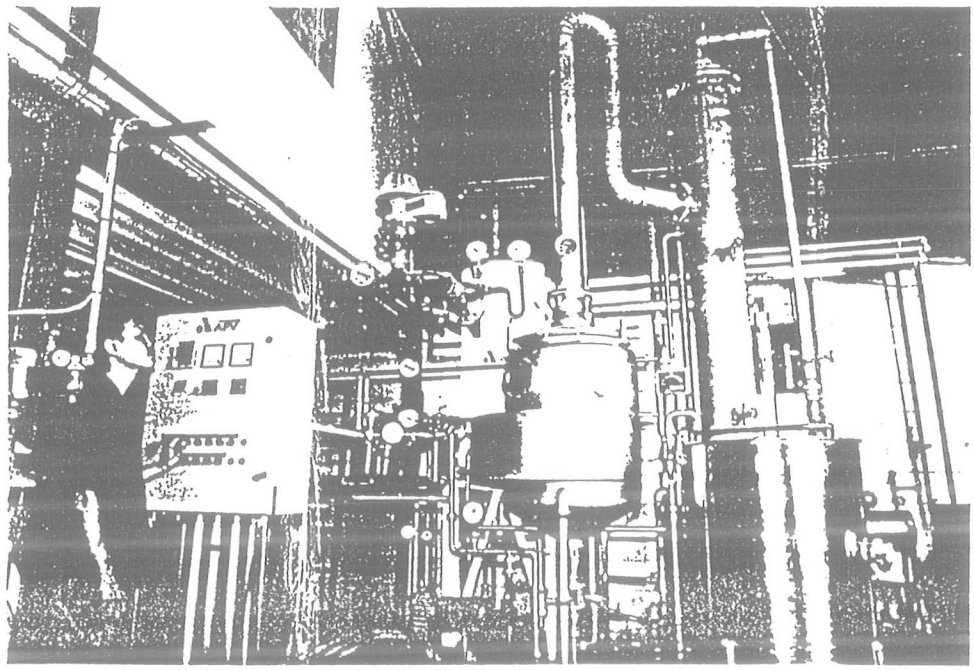
เครื่องระเหย (Evaporator)แบบต่าง ๆ

V : ช่องออกของไอระเหย
D : ช่องออกของสารละลายเข้มข้น
S : ช่องเข้าของไอน้ำร้อน
F : ช่องเข้าของสารละลายป้อน
a : ช่องออกของก๊าซที่ไม่ควบแน่น
d : ช่องออกของคอนเดนเซอร์

รูปที่ 5. เครื่องระเหยแบบต่าง ๆ .

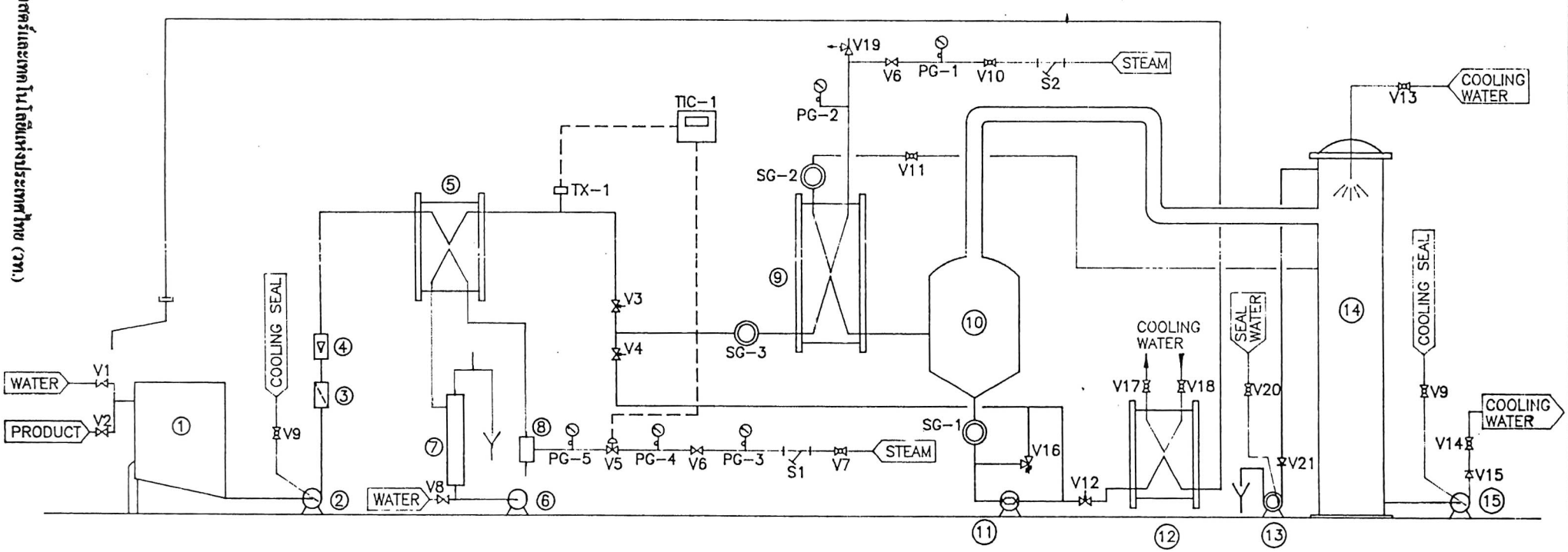
เครื่องระเหยแบบแผ่น

วท. ได้ออกแบบ จัดหาอุปกรณ์และดำเนินการสร้างเครื่องระเหยแบบแผ่นชนิดฟิล์มไหลขึ้นลง เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นเครื่องต้นแบบระดับโรงงานนำทาง สร้างและประกอบโดยวิศวกรและช่างของ วท. องค์ประกอบหลักของเครื่องระเหยแบบแผ่นดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7, ประกอบด้วยถังป้อนผลิตภัณฑ์, ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์, ชุดกรอง, มิเตอร์วัดอัตราการไหล, ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์, ปั๊มน้ำร้อน, ท่อพักน้ำร้อน, ชุดฉีดไอน้ำ, ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก, ถังแยกไอ, ปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น, ชุดหล่อเย็นผลิตภัณฑ์, ปั๊มสุญญากาศ, ชุดควบแน่นไอและปั๊มน้ำควบแน่น.



รูปที่ 6. เครื่องระเหยแบบฟิล์มไหลขึ้นลงที่สร้างและพัฒนาโดย วท.

ตราบันทึกของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)



① ถังป้อนผลิตภัณฑ์
② ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์
③ ชุดกรอง
④ มิเตอร์วัดอัตราการไหล
⑤ ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์
⑥ ปั๊มน้ำร้อน
⑦ ท่อพักน้ำร้อน
⑧ ชุดฉีดไอน้ำ
⑨ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก
⑩ ถังแยกไอ
⑪ ปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น
⑫ ชุดหล่อเย็นผลิตภัณฑ์
⑬ ปั๊มสุญญากาศ
⑭ ชุดควบแน่นไอ
⑮ ปั๊มน้ำควบแน่น

รูปที่ 7. เครื่องระเหยแบบฟิล์มไหลขึ้นลง บนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนของ วท.

TISTR BIOLOGICAL SCIENCE RESEARCH DEPARTMENT AGRO-TECHNOLOGY LABORATORY	EVAPORATOR UNIT	DESIGNED :	APPROVED :	UNIT : –	SCALE : none	No.
		DRAWN :	DATE :	FILE : EVAP		–

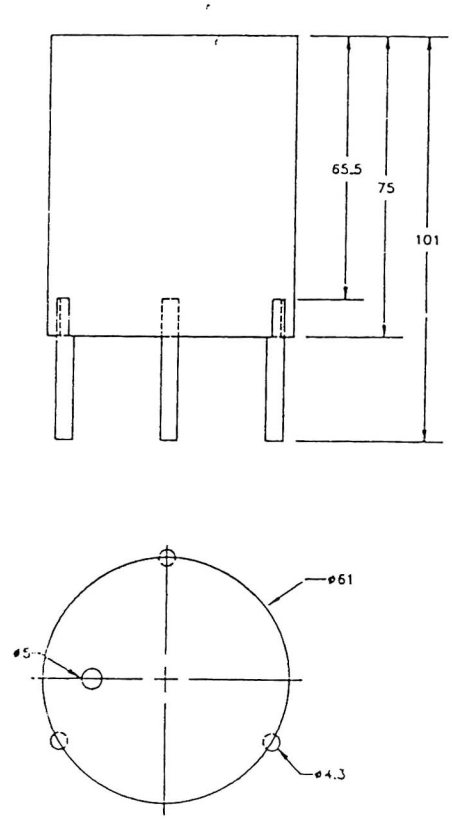
สัญลักษณ์วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบเครื่องระเหย (จากรูปที่ 7.)

สัญลักษณ์	รายละเอียด	ขนาด
V1	วาล์วปิดเปิด แบบผีเสื้อ ชนิดมือปรับ	1 นิ้ว
V2	วาล์วปิดเปิด แบบผีเสื้อ ชนิดมือปรับ	1 นิ้ว
V3	วาล์วปรับอัตราการไหลอย่างละเอียด ชนิดมือปรับ	1 นิ้ว
V4	วาล์วปิดเปิด แบบผีเสื้อ ชนิดมือปรับ	1 นิ้ว
V5	วาล์วควบคุมปริมาณไอน้ำ Samson Series 241 - 1 CW I/P positioner type 763	DN15
V6	วาล์วปรับแรงดันไอน้ำ spirax sarco BRV	1/2 นิ้ว
V7	วาล์วปิดเปิดไอน้ำ แบบ ball valve	1/2 นิ้ว
V8	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1 นิ้ว
V9	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1/2 นิ้ว
V10	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1 นิ้ว
V11	วาล์วปิดเปิดไอน้ำควบแน่น แบบ ball valve	1/2 นิ้ว
V12	วาล์วปิดเปิด แบบผีเสื้อ ชนิดมือปรับ	1 นิ้ว
V13	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ globe valve	2 นิ้ว
V14	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ globe valve	2 นิ้ว
V15	วาล์วกันไหลกลับ	2 นิ้ว
V16	วาล์วป้องกันแรงดันเกิน pressure relief valve	1 นิ้ว
V17	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1 นิ้ว
V18	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1 นิ้ว
V19	วาล์วป้องกันแรงดันเกิน และปรับสภาพสุญญากาศ	2 นิ้ว
V20	วาล์วปิดเปิดน้ำ แบบ ball valve	1/2 นิ้ว
V21	วาล์วกันไหลกลับ	2 นิ้ว
S1	กรองไอน้ำ	1/2 นิ้ว
S2	กรองไอน้ำ	1 นิ้ว
PG1	เกจวัดแรงดันไอน้ำ ช่วง 0 - 10 bars	3/8 นิ้ว
PG2	เกจวัดแรงดัน และสุญญากาศ ช่วง 30" Hg - 3bars	3/8" BSP
G3	เกจวัดแรงดันไอน้ำช่วง 0 -10 bars	3/8" BSP
PG4	เกจวัดแรงดันไอน้ำช่วง 0 -5 bars	3/8" BSP
PG5	เกจวัดแรงดันไอน้ำช่วง 0 -3 bars	3/8" BSP
SG1	(Sight glass)	2 นิ้ว
SG2 ,SG3	(Sight glass)	1 นิ้ว
TIC - 1	อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Taylor microscan 500, type K input)	-
TX - 1	สายเทอร์โมคับเปิล ชนิด R (Type K thermocouple probe)	3/4" BSP

อุปกรณ์ประกอบเครื่องระเหย

ส่วนประกอบหลักของเครื่องระเหยแบบฟิล์มไหลขึ้นลงบนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน มีทั้งหมด 15 หน่วย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ :

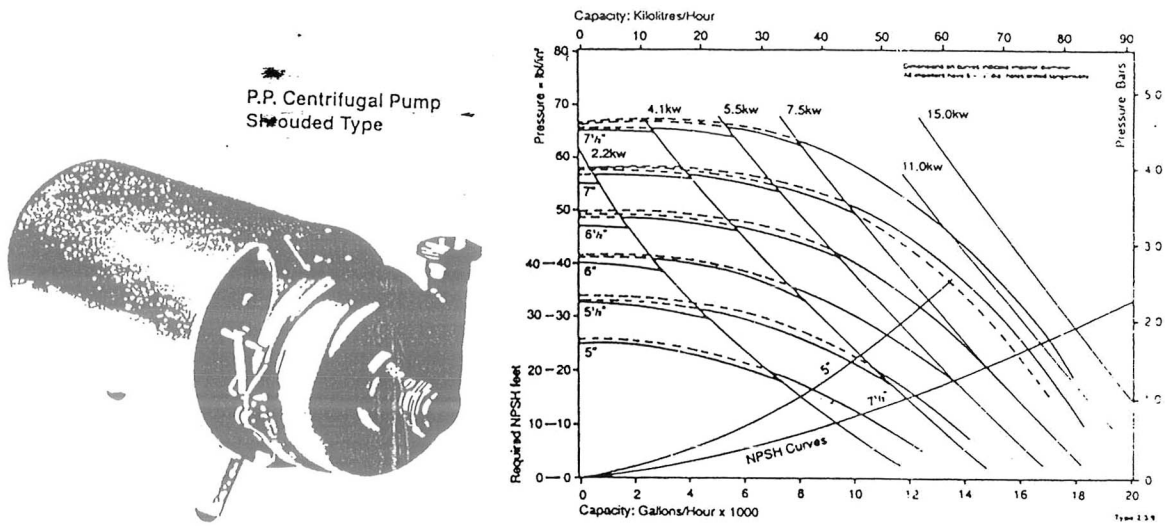
หน่วยที่ 1. ถังป้อนผลิตภัณฑ์ ขนาดความจุ 200 ลิตร ทำจากเหล็กไร้สนิม, ทำหน้าที่เป็นถังพักน้ำขณะเริ่มต้นเดินเครื่อง หรือขณะทำความสะอาดล้างระบบ และเป็นถังป้อนหรือพักผลิตภัณฑ์ขณะทำการระเหย, มีขนาดเป็นเซนติเมตร ดังรูปที่ 8.



รูปที่ 8. ถังป้อนผลิตภัณฑ์.

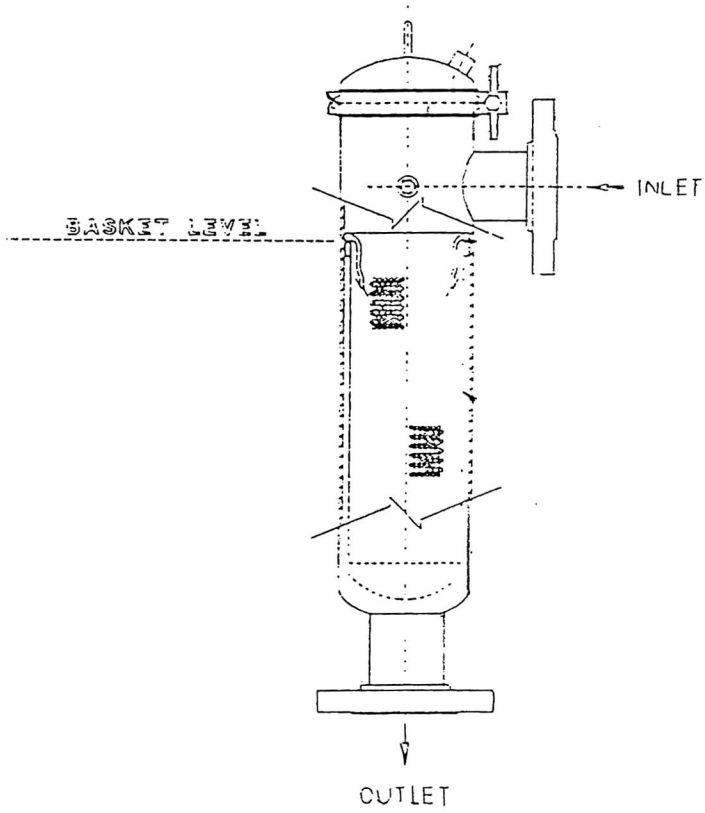
หน่วยที่ 2. ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์ มีข้อกำหนดดังนี้

ยี่ห้อ APV PUMA รุ่น 11/2/2/7, เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 4 นิ้ว, มอเตอร์ 1.1 โวลต์ 3 เฟส 3000 รอบ/นาที มีลักษณะของปั๊ม ตามรูปที่ 9. ทำหน้าที่ส่งผลิตภัณฑ์จากถังป้อนผลิตภัณฑ์ เข้าสู่ระบบการระเหย.



รูปที่ 9. ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์.

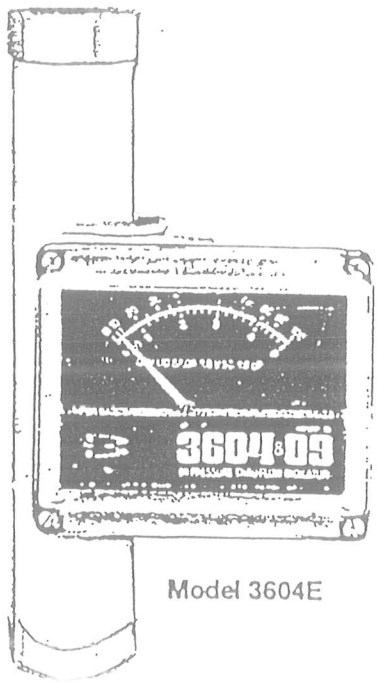
หน่วยที่ 3. ชุดกรองแบบ in-line strainer ทำจากเหล็กไร้สนิม, ขนาดรูกรอง 1 มิลลิเมตร ถอดล้างทำความสะอาดและตรวจสอบได้ง่าย ทำหน้าที่กรองผลิตภัณฑ์ก่อนเข้ามิเตอร์วัดอัตราการไหลเพื่อป้องกันกากของผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบระเหย เนื่องจากกากจะก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันในแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ลักษณะของชุดกรองดังแสดงในรูปที่ 10.



รูปที่ 10. ชุดกรอง แบบ in-line - strainer.

หน่วยที่ 4. มิเตอร์วัดอัตราการไหล มีข้อกำหนดดังนี้

ยี่ห้อ Brooks โมเดิล 3604, Hi-prrssure thru-flow indicators, ข้อต่อ 1/2" NPT, คำสั่ง 56 - 681 ลิตร/ชม. 0 -100% Scale graduation มีลักษณะดังรูปที่ 11. ทำหน้าที่วัดอัตราการป้อนผลิตภัณฑ์ สามารถปรับอัตราการไหลได้ด้วยวาล์วแบบ modulating control valve manual (V3).

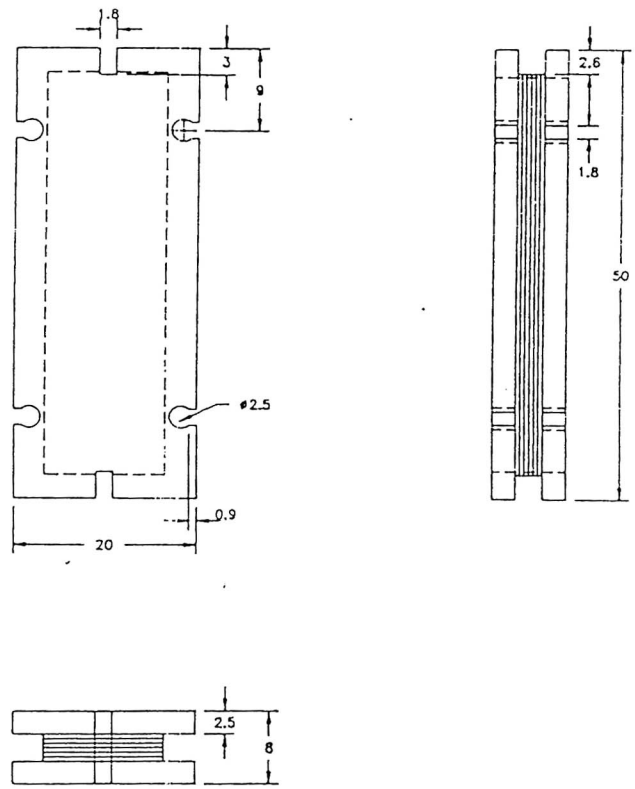


รูปที่ 11. มิเตอร์วัดอัตราการไหล.

หน่วยที่ 5. ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์ มีข้อกำหนดดังนี้ :

- แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน APV Pasilac โมเดล T4 M16/1
- พื้นที่ถ่ายเทความร้อน (heat tansfer surface) 0.48 ตร.ม.
- ความดันใช้งาน (working pressure) 6 บาร์.
- ความดันทดสอบ (test pressure) 7.8 บาร์.
- อุณหภูมิใช้งาน (working tempera ture) สูงสุด 100 °ซ.

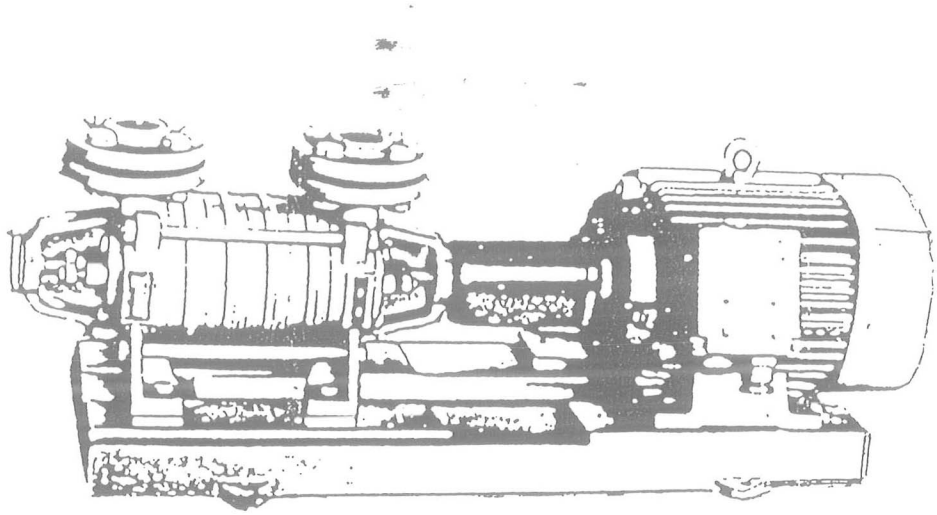
มีลักษณะดังรูปที่ 12. ทำหน้าที่อุ่นผลิตภัณฑ์จากอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 30 °ซ. จนกระทั่งอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 70 - 80°ซ. โดยใช้น้ำร้อนที่เตรียมจากไอน้ำ เป็นแหล่งถ่ายเทความร้อนให้แก่ผลิตภัณฑ์.



รูปที่ 12. ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์.

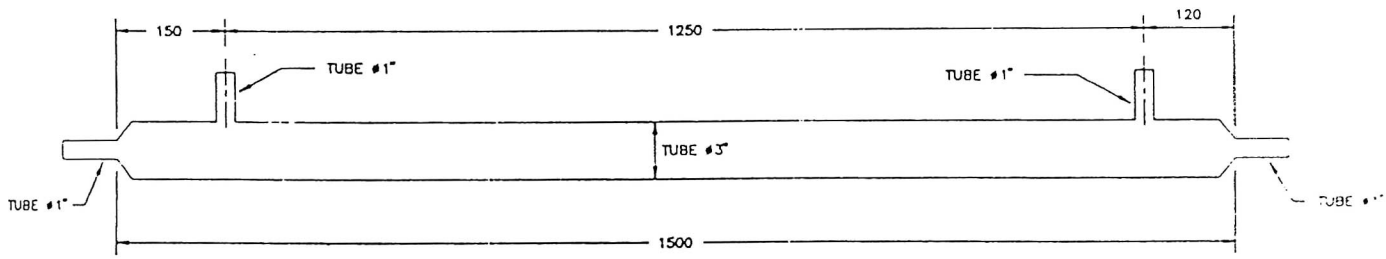
หน่วยที่ 6. ปั๊มน้ำร้อน มีข้อกำหนดดังนี้

เป็นปั๊มหอยโข่ง แบบ 3 ใบพัด อัตราการส่งน้ำ 1500 - 2000 ลิตรต่อชั่วโมงส่งน้ำสูง 30-50 เมตร, ขนาดท่อทางดูดทางส่ง 1 นิ้ว ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้า ดังรูปที่ 13. ทำหน้าที่สูบน้ำร้อนจากท่อพักน้ำร้อน ผสมกับไอน้ำไปยังแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนชุดอุ่นผลิตภัณฑ์โดยทำการสูบจ่ายน้ำร้อนหมุนเวียนตลอดเวลาขณะปฏิบัติการระเหย.



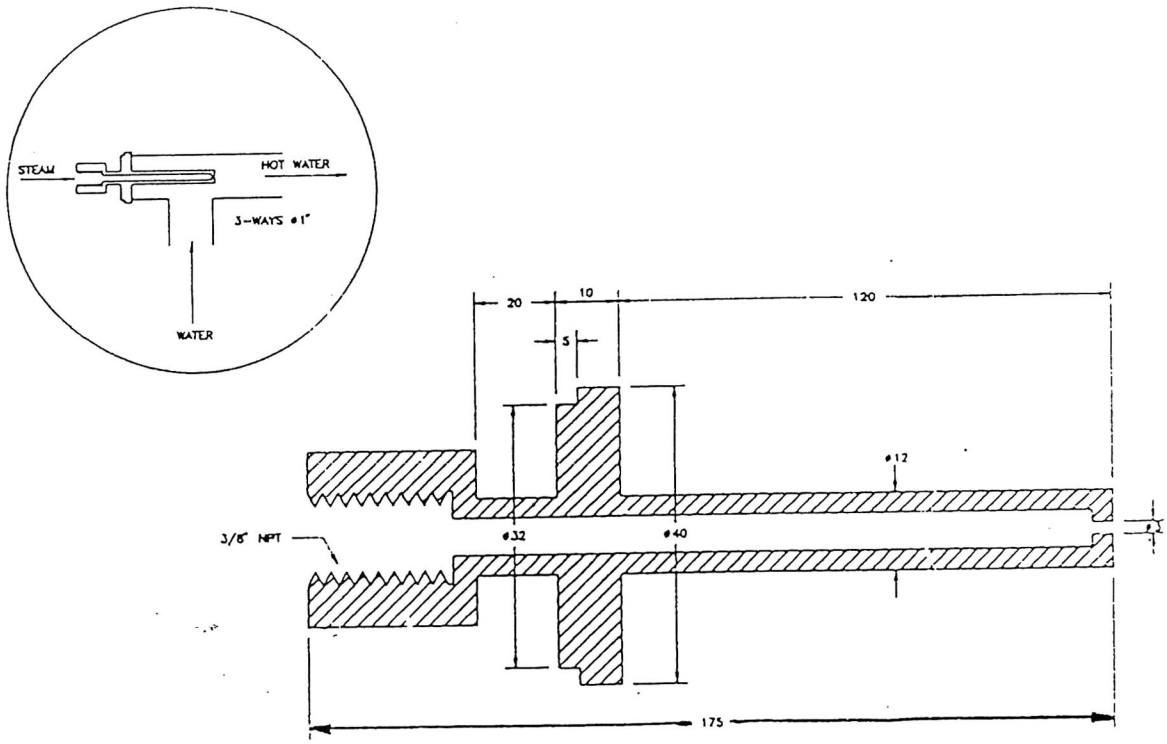
รูปที่ 13. ปั๊มน้ำร้อน.

หน่วยที่ 7. **ท่อพักน้ำร้อน** ทำจากเหล็กไร้สนิม เบอร์ 304, ความจุ 6.5 ลิตร, มีขนาดและลักษณะตามรูปที่ 14, ทำหน้าที่เป็นท่อพักน้ำร้อนที่ไหลกลับจากชุดอุ่นผลิตภัณฑ์ก่อนจะถูกสูบจ่ายโดยปั๊มน้ำร้อนไปผสมกับไอน้ำ แล้วไหลเวียนไปยังชุดอุ่นผลิตภัณฑ์.



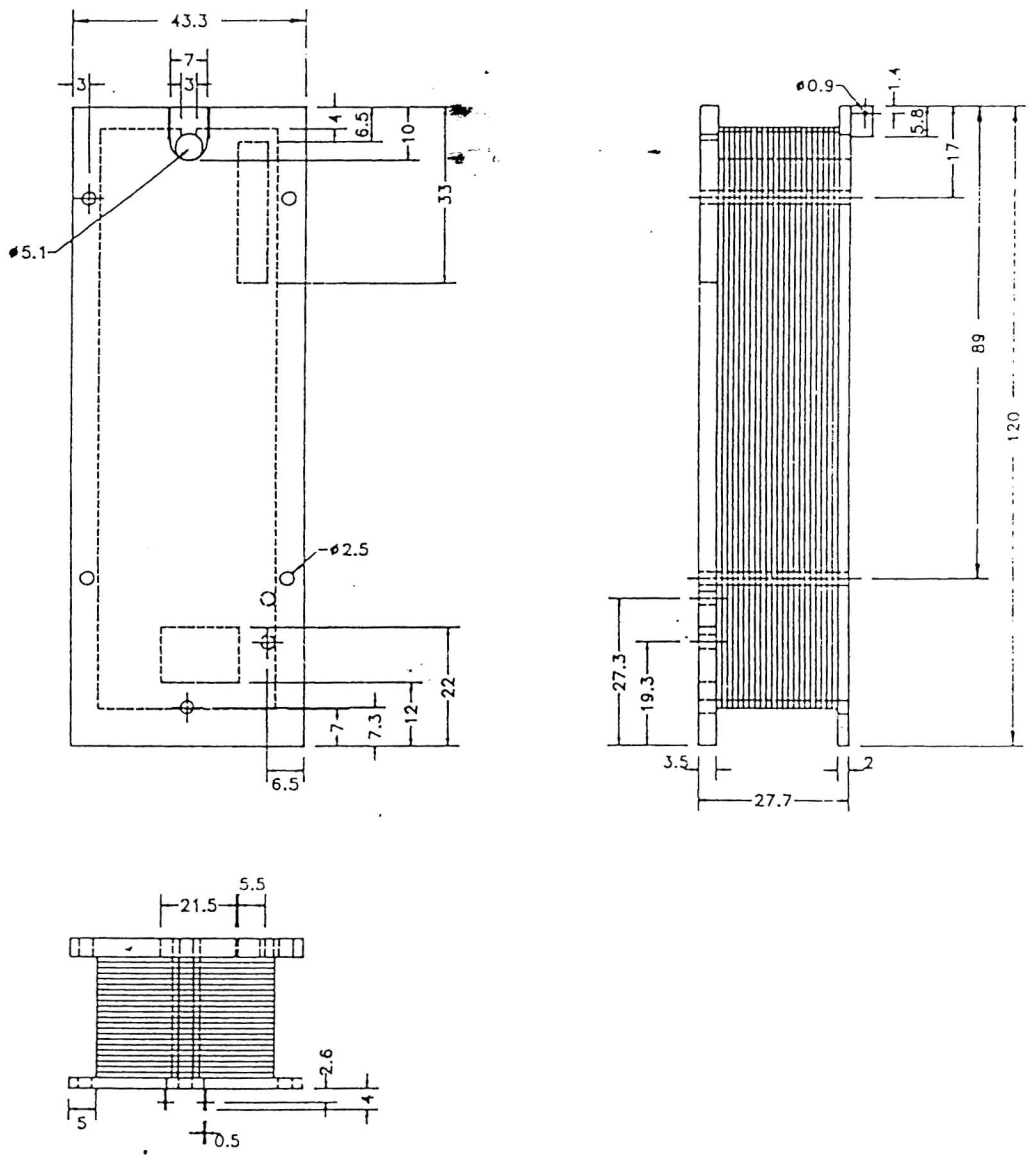
รูปที่ 14. ท่อพักน้ำร้อน.

หน่วยที่ 8. ชุดฉีดไอน้ำ ทำจากเหล็กไร้สนิม เบอร์ 304, มีขนาดและลักษณะตามรูปที่ 15, ทำหน้าที่ฉีดไอน้ำผสมกับน้ำเพื่อให้ได้น้ำร้อนตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในการหมุนเวียนหล่อเลี้ยง ชุดอุ่นผลิตภัณฑ์.



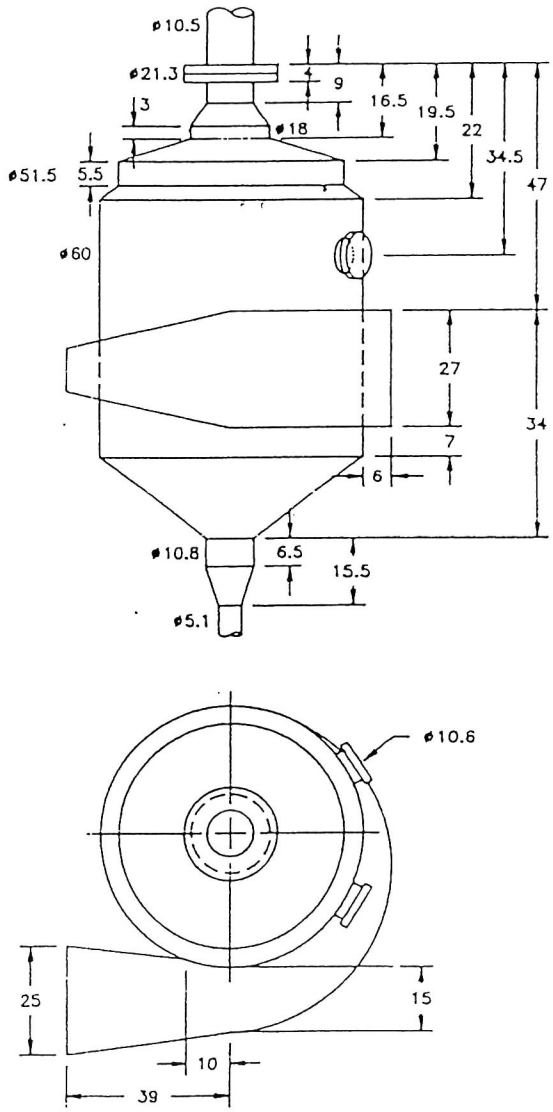
รูปที่ 15. ชุดฉีดไอน้ำ.

หน่วยที่ 9. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก เป็นแบบ APV junior rising/falling ประกอบด้วยแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด 24 แผ่น, มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด 4.8 ตารางเมตร, มีขนาดและลักษณะตามรูปที่ 16, ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำ ให้ผลิตภัณฑ์ จนเกิดการเดือดและระเหยกลายเป็นไอ แล้วไหลไปรวมกันยังถังแยกไอ ต่อไป.



รูปที่ 16. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก.

หน่วยที่ 10. ถังแยกไอ ทำจากเหล็กไร้สนิม เบอร์ 304 เป็นถังแบบไซโคลนในแนวตั้งมีขนาดและลักษณะตามรูปที่ 17, ทำหน้าที่ แยกผลิตภัณฑ์ กับไอน้ำที่ระเหยผลิตภัณฑ์ไหลเวียนแบบไซโคลน แล้วไหลมารวมกันที่ก้นถังแยก ส่วนไอจะถูกแยกไปยังหอควบแน่น.

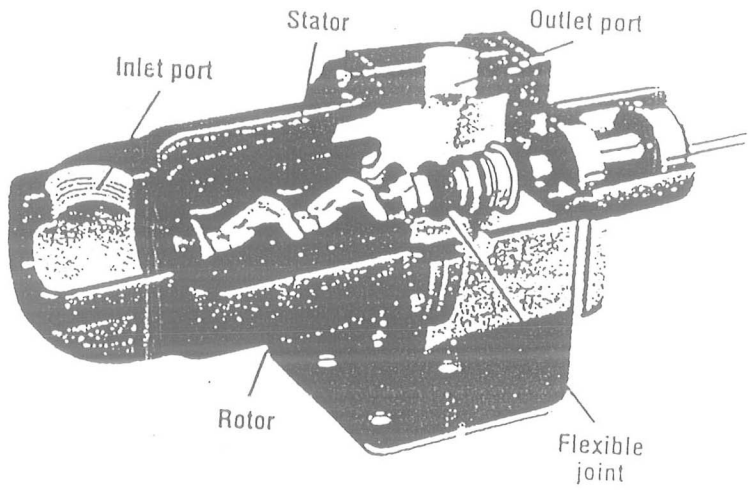


รูปที่ 17. ถังแยกไอ.

หน่วยที่ 11. ปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น มีข้อกำหนดดังนี้

ผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ MOYNO ทำงานด้วย progressing cavity

รุ่น 33204 มีลักษณะดังรูปที่ 18.ทำหน้าที่สูบผลิตภัณฑ์ที่เข้มข้น จากถังแยกไอ ไปยังชุดหล่อเย็นผลิตภัณฑ์.

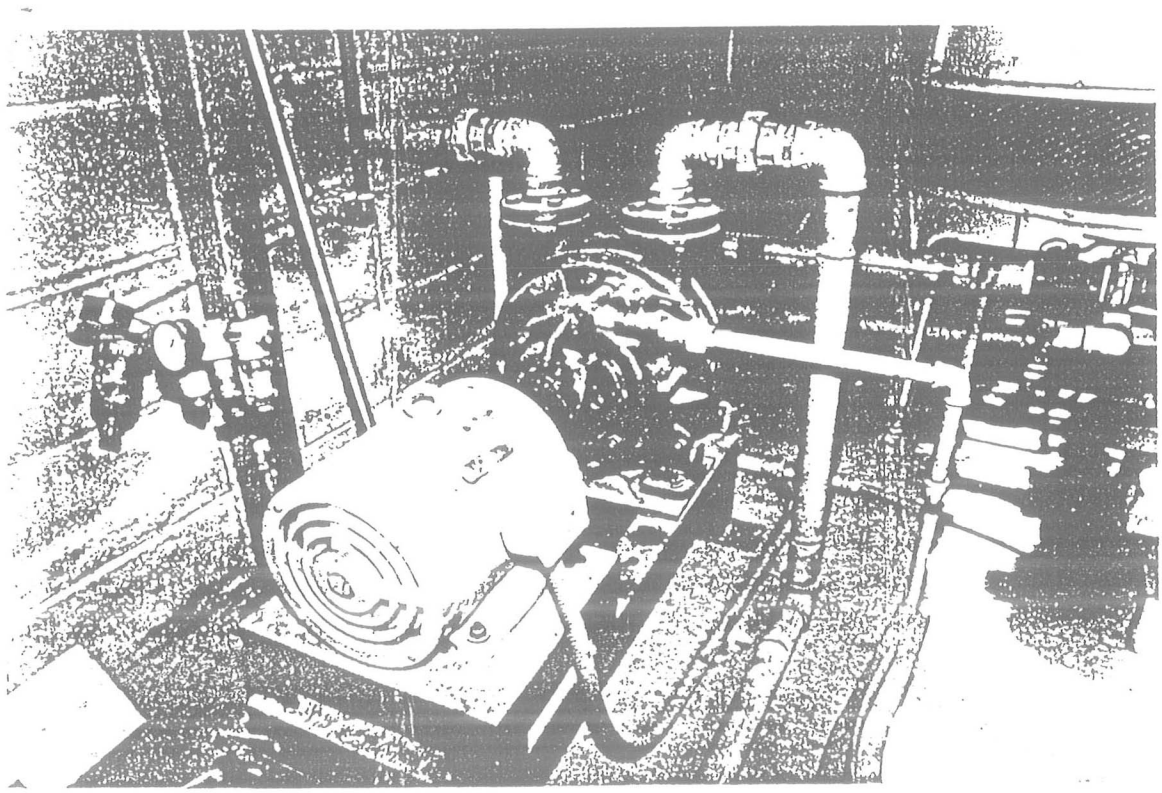


รูปที่ 18. ปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น.

หน่วยที่ 12. ชุดหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ มีข้อกำหนดและลักษณะแบบเดียวกับหน่วยที่ 5. ตามรูปที่ 12, ทำหน้าที่หล่อเย็นผลิตภัณฑ์เข้มข้นก่อนการบรรจุ โดยใช้น้ำจากหอทำน้ำเย็นไหลเวียนหล่อเย็น.

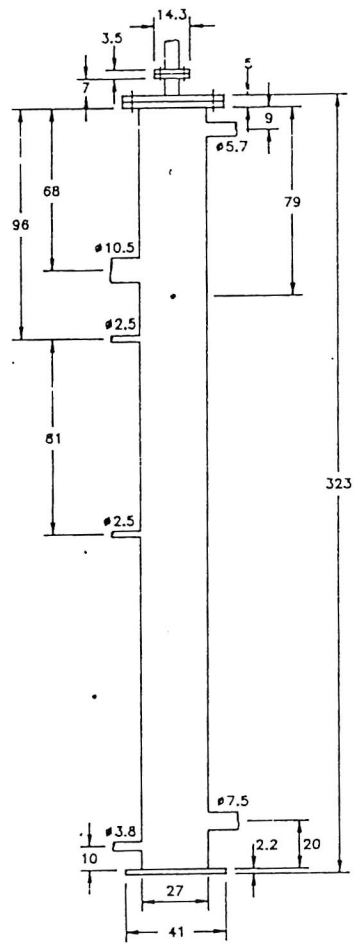
หน่วยที่ 13. ปั๊มสุญญากาศ มีข้อกำหนดดังนี้ :

มีลักษณะดังรูปที่ 19, ทำหน้าที่ สูบอากาศออกจากระบบ เพื่อให้ภายในระบบเครื่องระเหยเป็นสุญญากาศตามกำหนด จุดเดือดในสภาวะระเหยของผลิตภัณฑ์จะต่ำตามความต้องการ.



รูปที่ 19. ปั๊มสุญญากาศ.

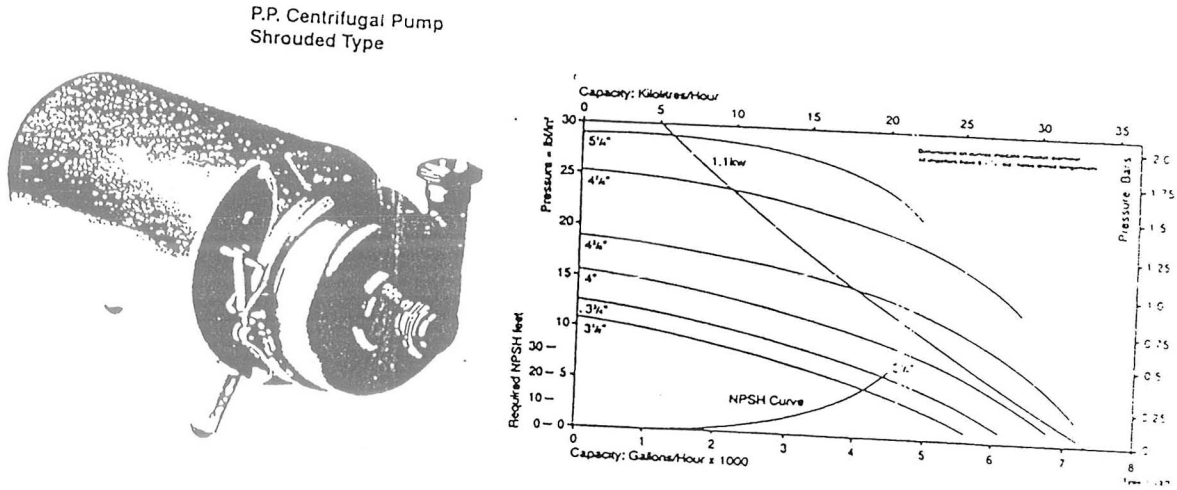
หน่วยที่ 14. ชุดควบแน่นไอ ทำจากเหล็กชุบกัลวาไนท์ มีขนาดและลักษณะดังรูปที่ 20, ทำหน้าที่ควบแน่นไอ ที่แยกมาจากถังแยกไอ โดยการฉีดพ่นน้ำเย็นสัมผัสโดยตรงกับไอน้ำเย็นถูกส่งผ่านมาจากท่อทำน้ำเย็น, ไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำซึ่งผสมกับน้ำเย็นที่ฉีดพ่นจะรวมที่ด้านล่างของหอชุดควบแน่น และจะถูกสูบหมุนเวียนกลับไปยังหอทำน้ำเย็น. การทำงานเป็นวงจรดังกล่าวตลอดการระเหย.



รูปที่ 20. ชุดควบแน่นไอ.

หน่วยที่ 15. ปั๊มน้ำหอควบแน่น มีข้อกำหนดดังนี้

อัตราการหมุน 3,000 รอบต่อนาที มีลักษณะและการทำงานดังรูปที่ 21. ทำหน้าที่สูบน้ำที่เกิดจากการควบแน่นไอไปยังหอทำน้ำเย็นแบบหมุนเวียนโดยรักษาระดับน้ำในชุดควบแน่นให้คงที่.



รูปที่ 21. ปั๊มน้ำหอควบแน่น.

การเดินเครื่องระเหย

ก. การเตรียมความพร้อมสำหรับการเดินเครื่องระเหย

ก่อนการเดินเครื่องระเหย ต้องตรวจสอบ และเตรียมความพร้อม ต่อไปนี้ :

1. ปริมาณและความดันลม ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร
2. น้ำป้อนกระบวนการ
3. น้ำหล่อซีลปั๊ม
4. จุดจ่ายพลังงานไฟฟ้า
5. จุดจ่ายไอน้ำ
6. น้ำหล่อเย็นเข้าเครื่องระเหย และหอน้ำหล่อเย็น
7. ตรวจสอบ และขันเกลียวข้อต่อต่าง ๆ ให้แน่น
8. ตรวจเช็ค อุปกรณ์วัด และควบคุมต่าง ๆ

ข. ขั้นตอนการเดินเครื่องระเหย (ดังรูปที่ 7. ประกอบ)

ลำดับการเดินเครื่องระเหย

1. ปิดวาล์ว V3 V13 และ V10.
2. เปิดน้ำหล่อปั๊มสุญญากาศ V20 และ สตาร์ทปั๊มสุญญากาศ (13).
3. ขณะปั๊มสุญญากาศกำลังทำงาน เปิดวาล์ว V 13 ให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่หอควบแน่น.
4. เมื่อน้ำในหอควบแน่นสูงถึงเกจบอกระดับ ให้สตาร์ทปั๊ม.
5. ปรับวาล์ว V14 เพื่อรักษาระดับความสูงของน้ำในหอควบแน่นให้คงที่ข้อสังเกต :
   - วาล์ว V 13 ใช้เพื่อปรับอุณหภูมิในหอควบแน่น.
   - วาล์ว V 14 ใช้เพื่อปรับระดับ ความสูงของน้ำในหอควบแน่น.
6. เมื่อปั๊มสุญญากาศ รักษาระดับสุญญากาศได้ที่ -26 นิ้วปรอท, เริ่ม สตาร์ทปั๊ม (2) ป้อนผลิตภัณฑ์ และปรับวาล์ว V3 ช้า ๆ ให้น้ำเข้าสู่ระบบ. อัตราการป้อนน้ำเข้าระบบ ควรจำกัด ประมาณ 75 ลิตรต่อชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงน้ำสูงมากเกินไปในถังแยกไอ.
7. เมื่อน้ำในถังแยกไอ สูงถึงระดับที่มองเห็น ให้เริ่มเดินปั๊ม (11) พร้อมทั้งปรับวาล์ว V12, ระวังอย่าให้น้ำในถังแยกไอแห้ง เพราะจะเป็นอันตรายต่อการเดินปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น (11).
8. หมุนแขนของท่อทางออกผลิตภัณฑ์มายังถังปั๊มน้ำ เพื่อให้น้ำหมุนเวียนในระบบ.
9. เริ่มสตาร์ทปั๊มน้ำร้อน (6), เปิดน้ำเข้าท่อพักน้ำร้อนให้เต็มล้นพอดี.

10. ตั้งอุณหภูมิชุดอุ่นตามต้องการ แล้วเปิดวาล์วไอน้ำ V7.
11. เปิดวาล์วไอน้ำ V10 เข้าเครื่องระเหย.
12. เดินเครื่องระเหย กระทั่งเครื่องเดินอย่างราบเรียบ คงที่.

ลำดับการจ่ายป้อนผลิตภัณฑ์

1. หมุนแขนทางออกผลิตภัณฑ์ไปยังตำแหน่งปล่อยทิ้งเพื่อระบายน้ำในระบบออกทิ้ง.
2. ปิดวาล์วน้ำป้อน V1.
3. รอจนกระทั่งน้ำ
ภัณฑ์เข้าสู่ถังปั๊มผลิตภัณฑ์.
4. ปรับอัตราการป้อนผลิตภัณฑ์ด้วยวาล์ว V3 ให้มีอัตราป้อนประมาณ 150 ลิตรต่อชั่วโมง.
5. สังเกตุท่อทางออกผลิตภัณฑ์ ขณะอยู่ในตำแหน่งปล่อยทิ้ง เมื่อเห็นผลิตภัณฑ์เริ่มไหลออกให้หมุนแขนของท่อมายังถังป้อนผลิตภัณฑ์.
6. ตรวจสอบความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ในตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ท่อทางออก, ถังป้อนผลิตภัณฑ์โดยการวัดค่าเป็นองศาบริกซ์ ตลอดเวลาจนกว่าจะได้ความเข้มข้นตามต้องการจึงหมุนแขนท่อผลิตภัณฑ์ไปบรรจุในภาชนะที่เตรียมไว้บรรจุผลิตภัณฑ์เข้มข้น

ลำดับการหยุดเดินเครื่อง

1. ปิดวาล์วผลิตภัณฑ์ V2.
2. รอจนกระทั่ง ผลิตภัณฑ์ในถังป้อน (1) แห้งเกือบหมด แล้วจึงเปิดวาล์วน้ำ V1 เข้าถังผลิตภัณฑ์.
3. ตรวจเช็คความเข้มข้นผลิตภัณฑ์ ที่ท่อทางออกไปยังถังบรรจุ หากความเข้มข้นเกินช่วงที่ยอมรับแล้วให้หมุนแขนท่อทางออกไปยังถังทิ้งผลิตภัณฑ์.
4. เมื่อมองเห็นว่าท่อทางออกเริ่มมีน้ำปนออกมาแล้ว ให้หมุนแขนท่อไปยังตำแหน่งระบายทิ้ง.
5. เดินเครื่องต่อไปอย่างนี้ ประมาณ 5 นาที.
6. เปิดวาล์วไอน้ำ V7 และ V10.
7. หยุดปั๊มน้ำร้อน (6) และปั๊มผลิตภัณฑ์ (2).
8. รอจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ในถังแยกไอแห้งหมด จึงหยุดปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น (11).

9. หยุดปั๊มสุญญากาศ (13) และปิดน้ำหล่อซีลด้วยวาล์ว 20.
10. หยุดปั๊มน้ำหล่อเย็น และปิดวาล์วน้ำ V13 รอจนกระทั่งน้ำในหอควบแน่นแห้ง จึงหยุดปั๊มน้ำจากหอควบแน่น (16).

ลำดับการทำความสะอาด แบบ CLEAN-IN-PLACE (CIP)

1. เปิดน้ำเข้าระบบด้วยวาล์ว V1.
2. หมุนแขนท่อทางออกไปที่ตำแหน่งระบายทิ้ง.
3. สตาร์ทปั๊ม ป้อนผลิตภัณฑ์ (2).
4. เปิดวาล์ว V3 เติมร้อยเปอร์เซ็นต์.
5. สตาร์ทปั๊ม ผลิตภัณฑ์เข้มข้น (12) เพื่อไม่ให้น้ำสูงท่วมล้นถังแยกไอ.
6. เดินเครื่องต่อไปอย่างนี้ ประมาณ 5 นาที.
7. หมุนแขนท่อทางออก กลับมายังถังป้อนผลิตภัณฑ์.
8. สตาร์ทปั๊มน้ำร้อน (6) และเปิดวาล์วไอน้ำ V7.
9. เติมน้ำยาด่างเข้มข้นลงถังป้อนผลิตภัณฑ์ช้า ๆ ตามปริมาณที่คำนวณไว้ หมุนเวียนน้ำยา อย่างน้อย 10 นาที .
10. สตาร์ทปั๊มสุญญากาศ จนกระทั่ง ของเหลวในถังแยกไอเริ่มเดือด.
11. หยุดปั๊มสุญญากาศ ให้ระบบสู่ภาวะปกติ แล้ว ระบายด่างทิ้ง.
12. รอจนกระทั่งถังป้อนผลิตภัณฑ์เกือบแห้ง.
13. เปิดวาล์วน้ำ V1 เข้าถังป้อนผลิตภัณฑ์.
14. เดินเครื่องทิ้งไว้ ประมาณ 5 นาที จนแน่ใจว่าล้างด่างในระบบหมดแล้ว.
15. ปิดวาล์วไอน้ำ V7.
16. หยุดปั๊มน้ำร้อน (6) ปั๊มป้อนผลิตภัณฑ์ (2) และปั๊มผลิตภัณฑ์เข้มข้น (12).

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นในระดับโรงงานนำทาง

งานวิจัยทดลองผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นในระดับโรงงานนำทาง ของ วท. ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นโดยนำผลการวิจัยของ Montgomery 1981 คือการนำวิตามิน ซี มาป้องกันการเกิดสีเข้ม (Browning Reaction) จากปฏิกิริยาเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) รวมทั้งการอุ่นให้ความร้อนน้ำผลไม้ทันทีที่มีการบดหรือปั่นเนื้อของผลไม้ เป็นแนวทางการวิจัย โดยจะมีการทดลองผลิตเพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมด้วยน้ำสับปะรดก่อนเป็นลำดับแรกและนำผลหรือกระบวนการที่ เหมาะสมนั้นไปทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้น และน้ำเสาวรสเป็นลำดับต่อไปดังนี้ :

ก. กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

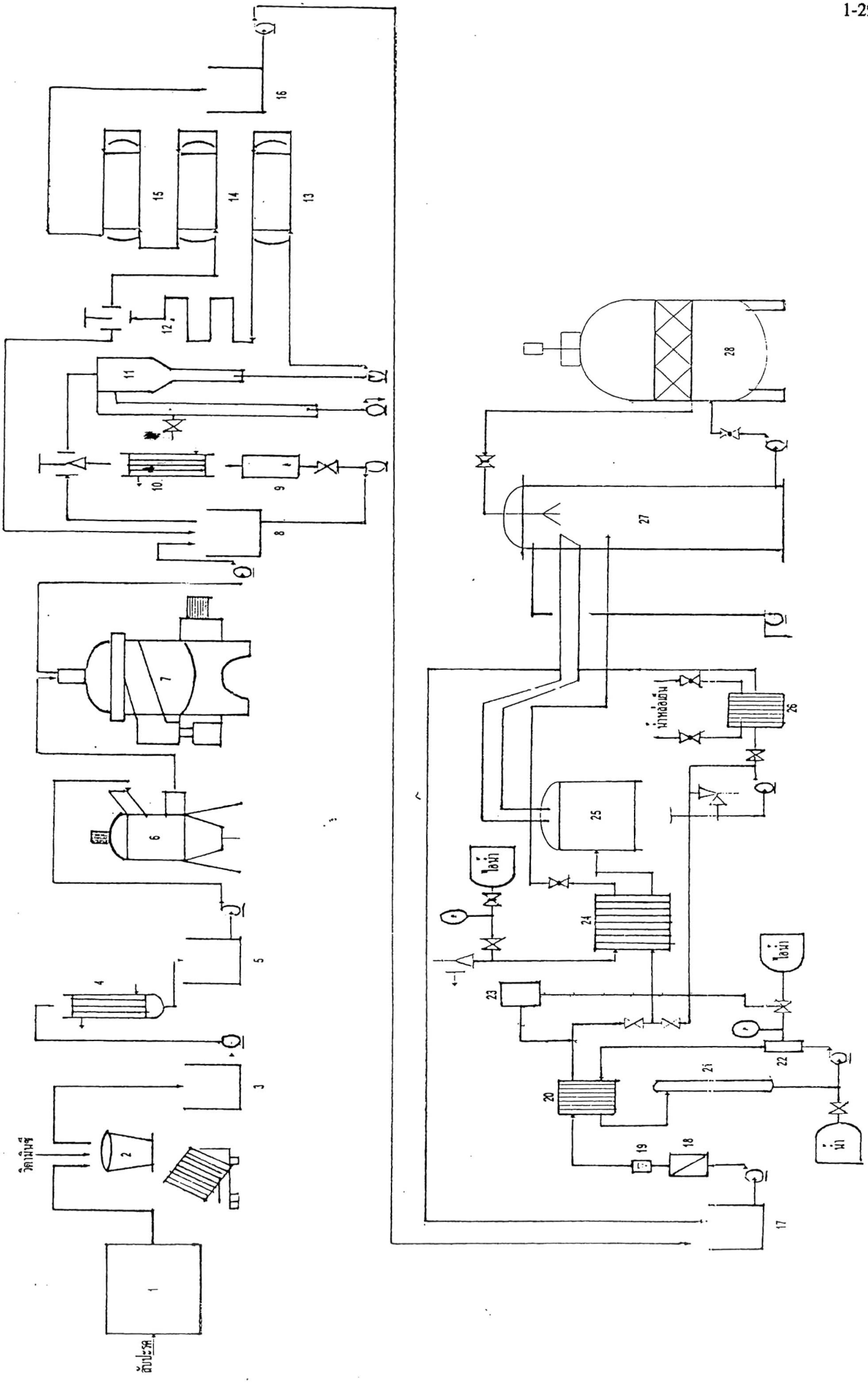
ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้น วท. จะใช้สับปะรดพันธ์ศรีราชา หรือ *(Ananas cosmos)* เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปสับปะรดที่ใช้ควรเป็นสับปะรดที่สุกไม่มีเนื้อที่ช้ำจากการขนส่ง หรือเน่าเสีย ขั้นตอนหลักในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นมีดังนี้ (รูปที่ 22):

1. การเตรียมเนื้อสับปะรด

สับปะรดที่ผ่านการคัดเลือกจะนำมาหั่นก้านจุก และปลายผลออก ทำการปอกเปลือกผ่าเอาเนื้อสับปะรด แบ่งเป็นชิ้น นำไปหั่นแกนในของสับปะรดออก จากนั้นจึงหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อนำไปบดด้วยเครื่องบด Ritz integrator เครื่องบดเนื้อสับปะรดนี้จะมีตะแกรงขนาดรู 5 มม. กรองไม่ให้เนื้อปะปนไปกับน้ำสับปะรด กรณีจะทำการศึกษาผลการเติมวิตามินซี ในระหว่างบดจะมีการเติมวิตามินซี (Ascorbic acid) จำนวน 500 ส่วนในล้านส่วน เพื่อทำการเปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดที่ไม่มีการเติมวิตามินซี น้ำสับปะรดจะถูกเก็บสะสมไว้ในถัง ส่วนของกากเนื้อสับปะรดที่ค้างในตะแกรงจะนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป เช่นการสกัดเส้นใย (Fibre) ออกเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เส้นใย หรือเป็นวัตถุดิบในการทำสับปะรดกวนต่อไป.

2. การปรับอุณหภูมิน้ำสับปะรด

น้ำสับปะรดที่เก็บในถัง จะถูกสูบไปทำการอุ่นด้วยอุปกรณ์อุ่นน้ำผลไม้ กรณีศึกษาการทดลองผลิตด้วยการใช้ความร้อนหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำสับปะรดด้วยอุณหภูมิ 90°ซ. อุปกรณ์อุ่นน้ำผลไม้ นี้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (shell and tube heat exchanger) ภายในบรรจุใบผสมสถิตย์ใ น้ำสับปะรดที่ถูกหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์แล้วถูกเก็บไว้ในถัง เพื่อสูบส่งไปยังถังกรอง (strainer) หรือถ้าไม่มีการใช้ความร้อนหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ก็สูบน้ำผลไม้ส่งมายังถังกรอง ภายในถังกรองจะมีใบมีดยางทำหน้าที่กวนน้ำสับปะรดในส่วนที่ใสไหลผ่านตะแกรงขนาดรู 0.5 มม. น้ำสับปะรดส่วนที่ใสซึ่งไหลผ่านเครื่องกรอง จะมีของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble solid) ปะปนประมาณ 11-12% ถ้ามีความต้องการที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีของแข็งที่ไม่ละลายน้ำให้น้อยกว่านี้ก็สามารถนำน้ำสับปะรดเข้าสู่กระบวนการทำน้ำสับปะรดให้ใสด้วยเครื่องเหวี่ยง (clarifier) ซึ่งสามารถปรับความใสให้มีของแข็งที่ไม่ละลายคงเหลือประมาณ 1-3 % เท่านั้น.



รูปที่ 22. แผนภาพชิ้นคุณภาพของกระบวนการผลิตน้ำส้มประดิษฐ์.

รายการอุปกรณ์แผนภาพเชิงคุณภาพกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น (จากรูปที่ 22.)

1. โต๊ะเตรียมวัตถุดิบ (ตัดหัวท้าย, ปอกเปลือก, คึงแกนและหั่นสับปะรดเป็นท่อน)
2. เครื่องปั่น
3. ถังพักเตรียมอุ่น
4. อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์แบบท่อ
5. ถังพักหลังผ่านการอุ่น
6. เครื่องกรอง (Strainer)
7. เครื่องแยกกาก (Clarifier)
8. ถังพักเตรียมเข้าเครื่องระเหย
9. มาตรวัดการไหล
10. อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์แบบท่อ
11. หอไล่อากาศ
12. ท่อพักผลิตภัณฑ์
13. อุปกรณ์ฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์แบบท่อ
14. อุปกรณ์หล่อเย็นผลิตภัณฑ์แบบท่อ ตัวที่ 1
15. อุปกรณ์หล่อเย็นผลิตภัณฑ์แบบท่อ ตัวที่ 2
16. ถังพักหลังผ่านการฆ่าเชื้อ
17. ถังพักเพื่อเข้าสู่เครื่องระเหยและถังรับผลิตภัณฑ์ (น้ำสับปะรดเข้มข้น)
18. เครื่องกรอง (Strainer)
19. มาตรวัดการไหล
20. อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์แบบแผ่น
21. คอลัมน์น้ำร้อน
22. หัวฉีดไอน้ำ
23. อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
24. อุปกรณ์ระเหยแบบแผ่น
25. ถังแยกไอ
26. อุปกรณ์หล่อเย็นผลิตภัณฑ์แบบแผ่น
27. คอนเดนเซอร์แบบสเปรย์
28. หอทำน้ำเย็น

น้ำสับปะรดที่ปรับความใสแล้วจะยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์ แบคทีเรีย ยีสต์ หรือรา เจือปน ในกรณีนี้หากผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เพื่อไม่ให้มีจุลินทรีย์ตกค้าง ก็สามารถทำได้โดยการสูบน้ำสับปะรดเพื่อทำการกำจัดอากาศในอุปกรณ์ไล่อากาศ (11) ฆ่าเชื้อ ณ เครื่องฆ่าเชื้อ.

อุปกรณ์ในแผนภาพเชิงคุณภาพ (รูปที่ 22.) ตั้งแต่ อุปกรณ์ที่ 8 ถึง 16 เป็นอุปกรณ์ประกอบของเครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่ม ดำเนินการออกแบบสร้างโดย วท. ในกรณีที่ไม่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ปลอดเชื้อก็ไม่จำเป็นต้องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องนี้.

น้ำสับปะรดที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะปราศจากจุลินทรีย์พร้อมที่จะนำไปสู่กระบวนการระเหยต่อไป.

3. การระเหยน้ำสับปะรดเข้มข้น

ถังที่ 17 มีความจุ 150 ลิตร เป็นถังรับน้ำผลไม้ที่จะเข้าสู่กระบวนการระเหย เพื่อเป็นการป้องกันวัตถุที่อาจจะปะปนกับวัตถุดิบที่จะนำมาระเหย และกำหนดขนาดของ กากใยหรือเยื่อที่มีในน้ำผลไม้ จึงได้ติดตั้งกระบอกกรองในเส้นท่อ (In - line filter, 18) ส่วนอุปกรณ์ 19 ในเครื่องระเหยนั้นเป็นมาตรวัดการไหลทนความดันสูงแบบ Thru - flow ยี่ห้อ Brook อุปกรณ์ที่ 20 เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่อุ่นผลิตภัณฑ์ แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนนี้รับความร้อนจากไอน้ำผสมกับน้ำ เพื่อจ่ายความร้อนให้แก่แผ่นอุ่นน้ำผลไม้ ขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญคือปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะที่จะเข้าสู่อุปกรณ์ระเหยแบบแผ่นหลัก (24) โดยที่การควบคุมอุณหภูมิของน้ำสับปะรด ควบคุมอุณหภูมิโดยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (23) น้ำสับปะรดที่เข้าสู่อุปกรณ์ระเหยแบบแผ่นหลัก (24) จะรับความร้อนโดยตรงจากไอน้ำจนถึงระดับอุณหภูมิระเหยก่อนที่จะไหลเข้าสู่ถังแยกไอน้ำออกจากน้ำผลไม้ (25) ส่วนของไอน้ำที่ระเหยออกจากถังแยกไอจะถูกควบแน่นโดยหอควบแน่น (spray condenser, 27) น้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นภายในถังแยกไอ จะไหลวนกลับสู่อุปกรณ์หล่อเย็นแบบแผ่น.

ในกรณีน้ำผลไม้ยังมีความเข้มข้นน้อยกว่าข้อกำหนดก็จะถูกสูบส่งกลับไปยังถัง (17) เพื่อทำการระเหยต่อไปจนกว่าจะได้น้ำสับปะรดที่มีความเข้มข้นเท่าที่ต้องการ.

น้ำสับปะรดเข้มข้นที่ได้จะนำไปศึกษาในกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ :

1. ศึกษาสภาวะการเก็บ ณ อุณหภูมิห้องเย็น 8 - 10°C เปรียบเทียบกับการเก็บ ณ อุณหภูมิบรรยากาศ.

2. ศึกษาผลของการใช้วิตามินซี เพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสีเข้ม (Brown oxidation) เปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ไม่เติมวิตามินซี.

3. ศึกษาผลของการหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสีเข้ม (Brown oxidation) โดยการใช้ความร้อนร่วมกับน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ใช้วิตามิน ซี เพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดังกล่าว.

4. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพสีที่ทำการผลิตได้.

จากสภาวะการศึกษาในการทดลองผลิตน้ำสับปะรด การใช้วิตามินซีและความร้อนหยุดปฏิกิริยาสีเข้มดังกล่าว เมื่อได้ผลเป็นที่สรุปได้ชัดเจนจากข้อมูลที่วิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำสับปะรดเข้มข้น จะมีการนำผลการวิจัยและข้อมูลดังกล่าวเป็นแนวทางในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นชนิดอื่น ๆ ต่อไปคือ ส้ม, เสาวรส หรือน้ำผลไม้ผสม เป็นต้น

ข. กระบวนการผลิตน้ำส้มเข้มข้น

จากผลของการศึกษา การใช้วิตามินซี และการใช้ความร้อนในการหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ยับยั้งการย่อย (activity) ของเอนไซม์เปลี่ยนเป็นเปอร์ออกซิเดส (Peroxidase)ในการทดลองผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น นำผลจากการศึกษาดังกล่าว เป็นบทสรุปสำหรับการนำไปใช้เป็นแนวทางการทดลองผลิตน้ำส้มเข้มข้นดังกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 22.

ผลส้มเขียวหวานที่จะนำมาใช้ในการผลิตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 - 65 มม. (หรือขนาด เบอร์ 0 - 00)เป็นส้มพันธุ์ Citrus recticulate อายุของผลส้มประมาณ 8 - 9 เดือน เป็นอย่างน้อย เป็นส้มที่มีคุณภาพไม่มีการเน่าเสีย และสิ่งเจือปน จะมีการคัดส้มและล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผัก ซึ่งอาจจะใช้กะละมัง หรือผ่านระบบล้างผ่านเครื่องล้างแบบลูกกลิ้ง (1) ก็ได้ขึ้นกับเงินทุนของผู้ประกอบการ จากนั้นจึงปล่อยให้สะเด็ดน้ำ (2) นำไปคั้นด้วยเครื่องคั้นส้มอัตโนมัติ (3) น้ำส้มที่ออกจากเครื่องคั้นจะมีตะแกรงกรองเมล็ด และกากใยส้ม ขนาด 3.5 มม. นอกจากนั้นยังมีการกรองด้วยตะแกรงละเอียด (4) ชนาดช่องตะแกรง 1.5 มม. ด้วยน้ำส้มผ่านตะแกรงละเอียด 1.5 มม. จะถูกสูบส่งไปทำการอุ่นที่ 90°ซ ในอุปกรณ์อุ่นน้ำผลไม้ (5) และนำไปเก็บในถัง (6) กรณีมีความประสงค์จะหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ หรือเพิ่มวิตามิน ซี ก็สามารถละลายวิตามิน ซี ในปริมาณที่ต้องการลงในถัง (6) ก่อนที่จะนำไปกรองครั้งสุดท้ายด้วยเครื่องกรอง (Strainer) (7) ภายในของเครื่องกรองจะมีกระบอกตะแกรงกรองขนาดรู 0.5 มม. สำหรับกรองน้ำส้ม ก่อนที่จะ

นำน้ำส้มไปทำการไล่อากาศ (11) และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยอุปกรณ์ฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ (12- 13) และทำการหล่อเย็นเพื่อให้อุณหภูมิพอเหมาะกับสภาวะการระเหยคือประมาณ 50 °ซ ด้วยอุปกรณ์หล่อเย็น (14, 15) อุปกรณ์ตั้งแต่ 8 ถึง 16 เป็นของเครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มของ วท.

น้ำส้มที่ผ่านการกำจัดอากาศและการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์นี้พร้อมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการระเหยด้วยเครื่องระเหยต้นแบบของ วท.

รายละเอียดของการระเหยทุกขั้นตอนก็เหมือนกับการระเหยน้ำสับปะรด มีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำส้ม จะกระทำที่อุณหภูมิการระเหยประมาณ 50 °ซ ส่วนน้ำสับปะรดจะมีการระเหยที่ 55 °ซ.

ค. กระบวนการผลิตน้ำเสาวรสเข้มข้น

เสาวรสเป็นพืชที่มีฤดูกาลเก็บเกี่ยวในแต่ละปีสั้นมากคือประมาณ 2 - 3 เดือน หรือในระยะเวลา พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ เท่านั้น พืชที่มีฤดูกาล เก็บเกี่ยวสั้นเช่นนี้อีกชนิด คือ มะเขือเทศดังนั้น การที่จะเก็บน้ำเสาวรสหรือมะเขือเทศเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นน้ำพร้อมดื่ม หรือเป็นผลิตภัณฑ์แยม ซอสต่าง ๆ จึงต้องอาศัยน้ำเสาวรสเข้มข้นเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป มีความสำคัญอย่างมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมะเขือเทศและน้ำเสาวรสเข้มข้น จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีการระเหยที่มีความสำคัญอย่างมากในการแปรรูปผลิตผลดังกล่าวข้างต้น.

กระบวนการผลิตน้ำเสาวรสจะเป็นกระบวนการง่าย ๆ ขั้นตอนน้อย เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องจักรในโรงงานนำทางสำหรับแปรรูปเสาวรสยังมีไม่พอเพียง จึงต้องอาศัยแรงงานของพนักงานในการเตรียมวัตถุดิบ คือการคัด ล้างผลเสาวรสสุก ขั้นตอนของการผ่าผลเสาวรสเพื่อคว้านเอาเนื้อเสาวรสออกจากเปลือก ในการคั้นน้ำออกจากเนื้อเสาวรสใช้เครื่องจักรคือ เครื่องแยกกากแบบ Pulper finisher แบบ Paddle type ภายในเครื่องแยกกากนี้ จะมีตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1 มม. เพื่อกรองน้ำและกากเสาวรสออกจากกัน น้ำที่ได้ก็นำไปใช้ในการอุ่นเพื่อหยุดปฏิกิริยา กำจัดออกซิเจนและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มของวท. และหล่อเย็นเพื่อให้อุณหภูมิพอเหมาะกับการระเหยด้วยเครื่องระเหย เป็นน้ำเสาวรสเข้มข้นต่อไป แผนภาพการผลิตน้ำเสาวรสจะคล้ายกับการผลิตน้ำส้มเข้มข้น แตกต่างกันเฉพาะกระบวนการเบื้องต้นในการคั้นและกรองน้ำเสาวรสเท่านั้น

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม : น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม

โดย

ร.อ.ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

กรุงเทพฯ, 2542

สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ 2-1
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ 2-5
3. ผลและวิจารณ์ 2-25
4. เอกสารอ้างอิง 2-30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในซีรั่มน้ำองุ่นที่ 53°ซ	2-4
ตารางที่ 2.	ระดับอุณหภูมิและเวลาของการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์นม, น้ำส้ม, น้ำเสาวรสและองุ่น	2-4
ตารางที่ 3.	เปรียบเทียบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Ashurst 1995) แบบต่างๆ	2-18
ตารางที่ 4.	สภาวะที่สำคัญในการเดินเครื่องฯ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์น้ำส้ม	2-26
ตารางที่ 5.	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำส้มก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ	2-26
ตารางที่ 6.	การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้ม	2-28
ตารางที่ 7.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำส้ม	2-28

สารบัญรูป

หน้า

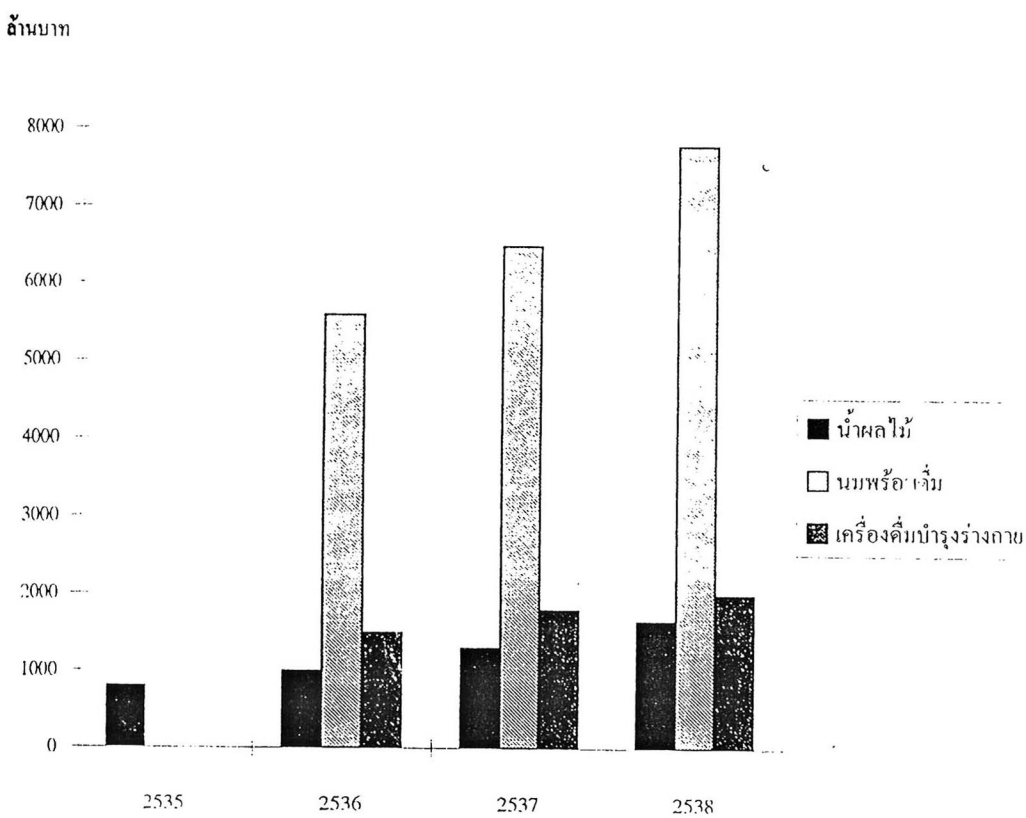
รูปที่ 1. แผนภูมิเปรียบเทียบมูลค่าตลาดเครื่องดื่มต่างๆ 2-1
รูปที่ 2. การพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ 2-3
รูปที่ 3. เครื่องคั้นส้ม 2-5
รูปที่ 4. เครื่องกรองน้ำผลไม้ 2-6
รูปที่ 5. ถังผสม 2-7
รูปที่ 6. เครื่องคั้นและกรอง (pulper finisher) 2-7
รูปที่ 7. แผนผังการผลิตน้ำส้ม 2-9
รูปที่ 8. แผนผังกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ของ Arshurst (1995) 2-12
รูปที่ 9. แผนผังกระบวนการ (process flow sheet) ของเครื่องฆ่าเชื้อฯ วท. 2-13
รูปที่ 10. เครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มของวท. 2-14
รูปที่ 11. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น 2-16
รูปที่ 12. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ 2-17
รูปที่ 13. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ scraped surface 2-17
รูปที่ 14. แบบ Engineering flow sheet ของเครื่อง 2-21
รูปที่ 15. รูปของน้ำส้มสดก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่ 105°ซ. 2-27
รูปที่ 16. แสดงการบันทึกอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อฯ 2-29

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม : น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม

ร.อ.ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล [1]

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ตลาดผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ในประเทศไทยมีมูลค่าตลาดรวมประมาณ 1,500 ล้านบาท มีอัตราการเติบโตถึงร้อยละ 30 ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีรูปแบบ 2 อย่าง คือเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ร้อยละ 100 และเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ร้อยละ 25 โดยมีอัตราส่วนของมูลค่าการตลาดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ประมาณ 1 : 2 (ไทยรัฐ, 2540) โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันนี้อัตราการ เติบโตของตลาดน้ำผลไม้พร้อมดื่ม นมสด นมเปรี้ยว มีมูลค่าการตลาดในระยะปี 2535-2538 (เจาะตลาด, 2538)



รูปที่ 1. แผนภูมิเปรียบเทียบมูลค่าตลาดเครื่องดื่มต่างๆ.

1 ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว มีการคาดการณ์ว่าจะมีอัตราการขยายตัวดังนี้

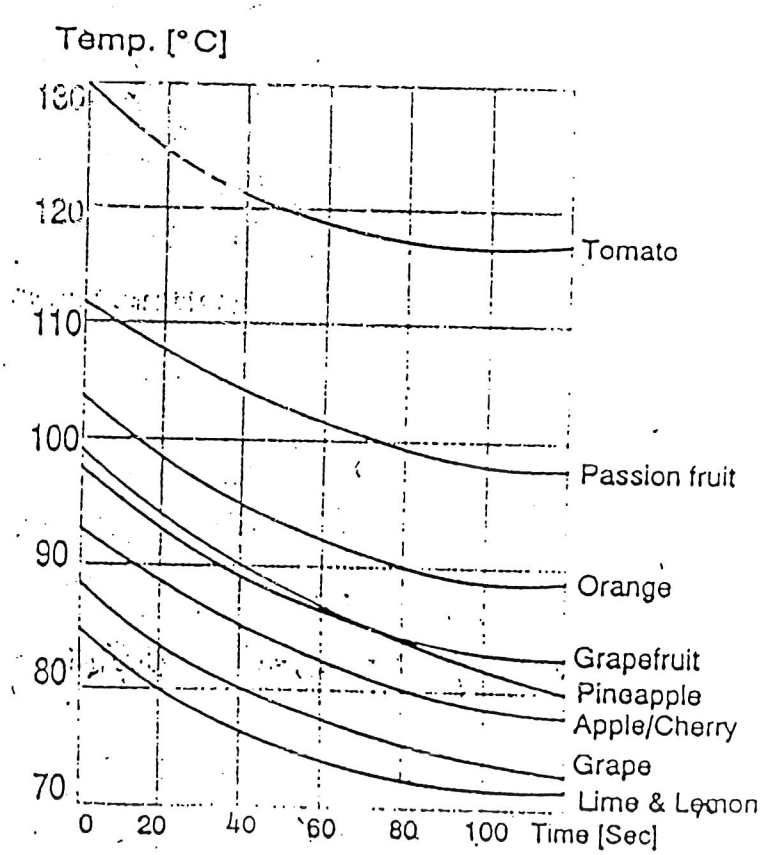
- ตลาดนมสดพร้อมดื่ม จะมีอัตราการขยายตัว 20% ในปี 2538
- ตลาดนมเปรี้ยว จะมีอัตราการขยายตัว 30% ต่อปี
- ตลาดน้ำผลไม้พร้อมดื่ม คาดว่าใน 5 ปี ข้างหน้าจะมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 50 ต่อปี

ด้วยสาเหตุที่อัตราการขยายตัวของตลาดน้ำผลไม้มีมูลค่าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว Fredsted (Ashurst, 1995) ได้วิจารณ์พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในระยะ 10-15 ปี ต่อไปว่ามีแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีคุณภาพหลากหลายชนิด เป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ มีความสด ปราศจากการเติมสารปรุงแต่ง (additive) ผ่านกระบวนการที่น้อยที่สุด (less over processing) และประหยัดบรรจุภัณฑ์ (less over packaging) เป็นเงื่อนไขที่ผู้บริโภคตลอดจนกฎหมายของประเทศต่าง ๆ ได้กำหนดเป็นมาตรฐานการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ตลอดจนผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่มีการสั่งนำเข้าไปจำหน่ายในประเทศนั้น ๆ

ผลจากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์นมและน้ำผลไม้ ทำให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเป็นอย่างมาก ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลิตผลประเภทไม้ผลออกสู่ตลาดหลายชนิดหมุนเวียนตลอดปี แต่ละชนิดมีฤดูกาลผลิตค่อนข้างสั้นและมีปริมาณน้อย ไม่สามารถแปรรูปให้เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้ ทำให้อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ต้องมีกระบวนการผลิตและเครื่องจักรกลการผลิตที่สามารถรองรับกับชนิด และคุณสมบัติของผลไม้ที่มีความแตกต่างกันได้อย่างเหมาะสม ขนาดของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ก็ต้องเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่มีการเพาะปลูกในภาคการเกษตร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับตามความต้องการของผู้บริโภค และมีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น มอก., FDA, หรือ US.DAจากการที่ประเทศไทยมีผลไม้หลากหลายชนิดดังกล่าวและมีผลิตผลออกสู่ท้องตลาดหมุนเวียนตลอดปีจึงทำให้มีแนวทางที่จะพัฒนาผลิตผลผลไม้แปรรูปให้เป็นน้ำผลไม้ชนิดต่างๆได้ ในกระบวนการแปรรูปน้ำผลไม้จะมีขั้นตอนที่สำคัญเหมือนกับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมนมก็คือ กระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบหรือการปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการผลิต แต่เนื่องจากน้ำผลไม้มีความหลากหลายชนิดมากกว่านม แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป แม้กระทั่งผลไม้ชนิดเดียวกันแต่แหล่งเพาะปลูกต่างกันก็ทำให้มีคุณสมบัติบางอย่างต่างกันไปด้วย รวมทั้งระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวของผลไม้ทุกชนิดก็มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการฆ่าเชื้อของผลไม้แต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างในระยะเวลาของการฆ่าเชื้อและอุณหภูมิแตกต่างกันไป ดังรูปที่ 2. เป็นข้อมูลการพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และตารางที่ 1. เป็นเวลาของการทำลายจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในซีรั่มน้ำองุ่นที่ 53°ซ.

ดังนั้นขั้นตอนของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปะปนในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติต่างๆ เช่น นม น้ำผลไม้ เหล่านี้ ต้องมีประสิทธิภาพที่ดี คือ

- รักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
- คงคุณภาพของสารคุณค่าต่าง ๆ ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้
- สามารถทำลายจุลินทรีย์ชนิด บัคเตรี ยีสต์ หรือ รา ได้หมด หรือ ถ้ามีตกค้างต้องไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
- ผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและเก็บในภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ต้องไม่มีการเติมสารกันบูด (preserve)
- ไม่มีการเติมสารปรุงแต่งต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น ในกระบวนการฆ่าเชื้อ
- การฆ่าเชื้อสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด โดยที่ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ความหนืด ปริมาณกาก (pulp content) คุณสมบัติการทนทานต่อความร้อน เป็นต้น



รูปที่ 2. การพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ.

ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในซีรั่มน้ำองุ่นที่ 53°ซ

Organism	D 53°C (min.) ± s.d.
Candida maltosa	0.64 ± 0.01
Candida tropicalis	0.48 ± 0.02
Lactobacillus plantarum	1.88 ± 0.04
Lactobacillus psaudoplantarum	0.63 ± 0.01
Lauconostoc mesentaroides subsp mesenteroides	1.52 ± 0.04
Rhodotorula mucilaginosa	1.33 ± 0.24
Saccharomyces carevisiae	0.43 ± 0.08
Zygosaccharomyces rouxil	0.51 ± 0.01

* Study was conducted using the standard flask method as described by Stumbo (1973)

ตารางที่ 2. ระดับอุณหภูมิและเวลาของการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์นม, น้ำส้ม, น้ำเสาวรส, องุ่น

ชนิดผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา	ระดับของการพาสเจอร์ไรซ์
นม	62.8 (145°ฟ.)	30 นาที	
	72.7 (161°ฟ)	15 วินาที	High Temperature Short Time (HTST)
	88.13 (191°ฟ)	1 วินาที	Ultra high temperature (UHT)
	90.0 (194°ฟ)	0.5 วินาที	
	93.9 (201°ฟ)	0.1 วินาที	
	95.6 (204°ฟ)	0.05 วินาที	
	100.0 (212°ฟ)	0.01 วินาที	
น้ำส้ม	85-95	15-60 วินาที	
น้ำเสาวรส	88-112	10-100 วินาที	
น้ำองุ่น	93-100	15-45 วินาที	

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

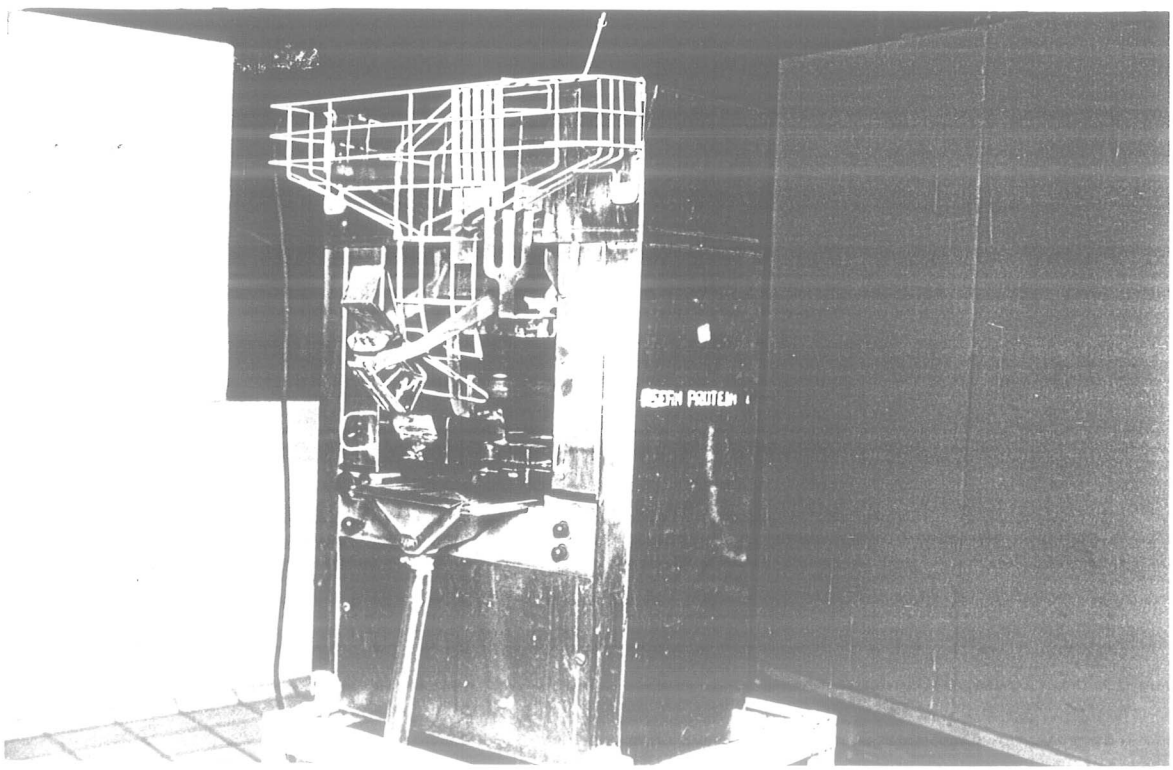
2.1 การผลิตน้ำผลไม้

เนื่องจากน้ำผลไม้ที่ใช้ในการอบรม เป็นผลไม้ต่างชนิดกัน แต่ละชนิดก็มีการผลิตขั้นตอนแตกต่างกัน น้ำผลไม้บางชนิดสามารถผลิตโดยการใช้เครื่องจักรในโรงงานนำทางของวท. ซึ่งประกอบด้วยเครื่องจักรต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตน้ำส้ม

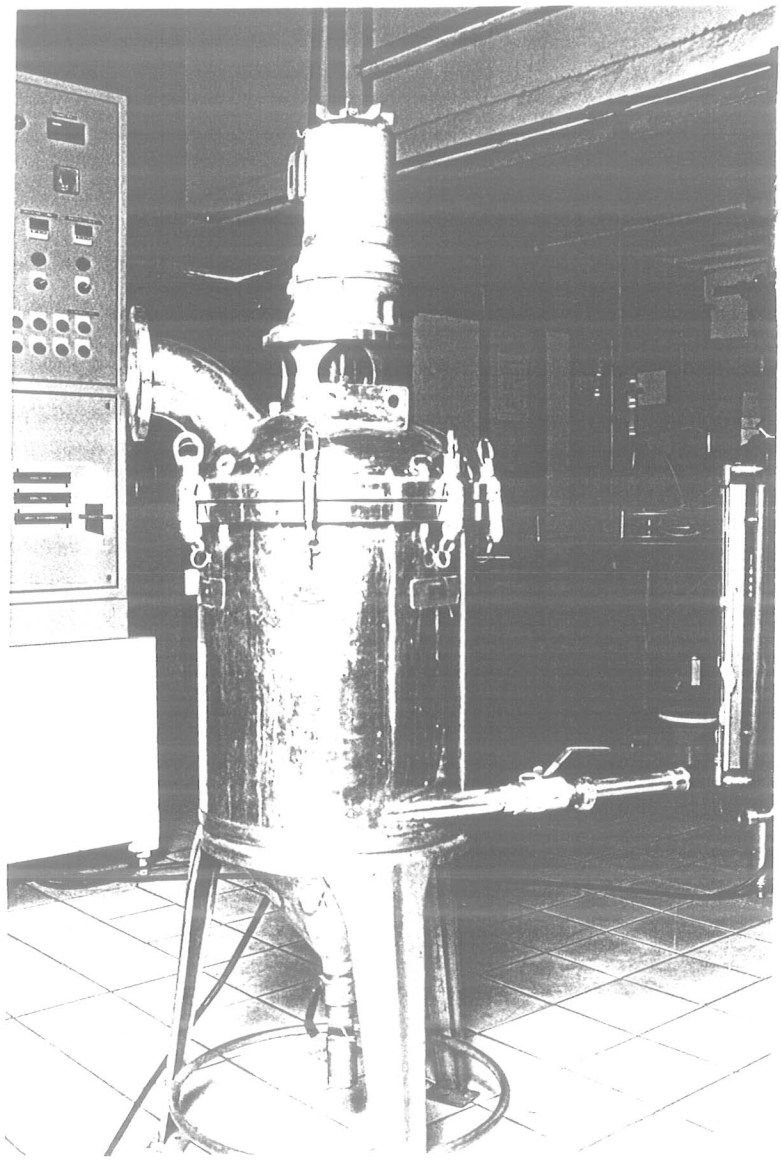
เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตน้ำส้ม เนื่องจากเครื่องฆ่าเชื้อฯ ที่วท.สร้างขึ้นนั้นมีกำลังการฆ่าเชื้อ 300 ลิตร/ชม. เครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มนิ้วท. ได้รับทุนอุดหนุนในการสร้างจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ในการเดินเครื่องเพื่อทำการผลิตแต่ละครั้งต้องใช้น้ำผลไม้เป็นปริมาณอย่างน้อย 100 ลิตร กระบวนการต่างๆในการเตรียมน้ำผลไม้จึงต้องอาศัยเครื่องจักรสำหรับใช้ในกระบวนการต่าง ๆซึ่งเป็นเครื่องจักรมีกำลังการผลิตในระดับกึ่งโรงงานนำทาง เครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้ม มีดังนี้

ก) เครื่องคั้นส้ม ใช้สำหรับผ่าส้มออกเป็น 2 ซีก และคั้นน้ำส้มออกจากผลส้มที่ผ่าซีกโดยมีกำลังการคั้นส้มประมาณ 300 กก./ชม. เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Orange game รูปที่ 3.



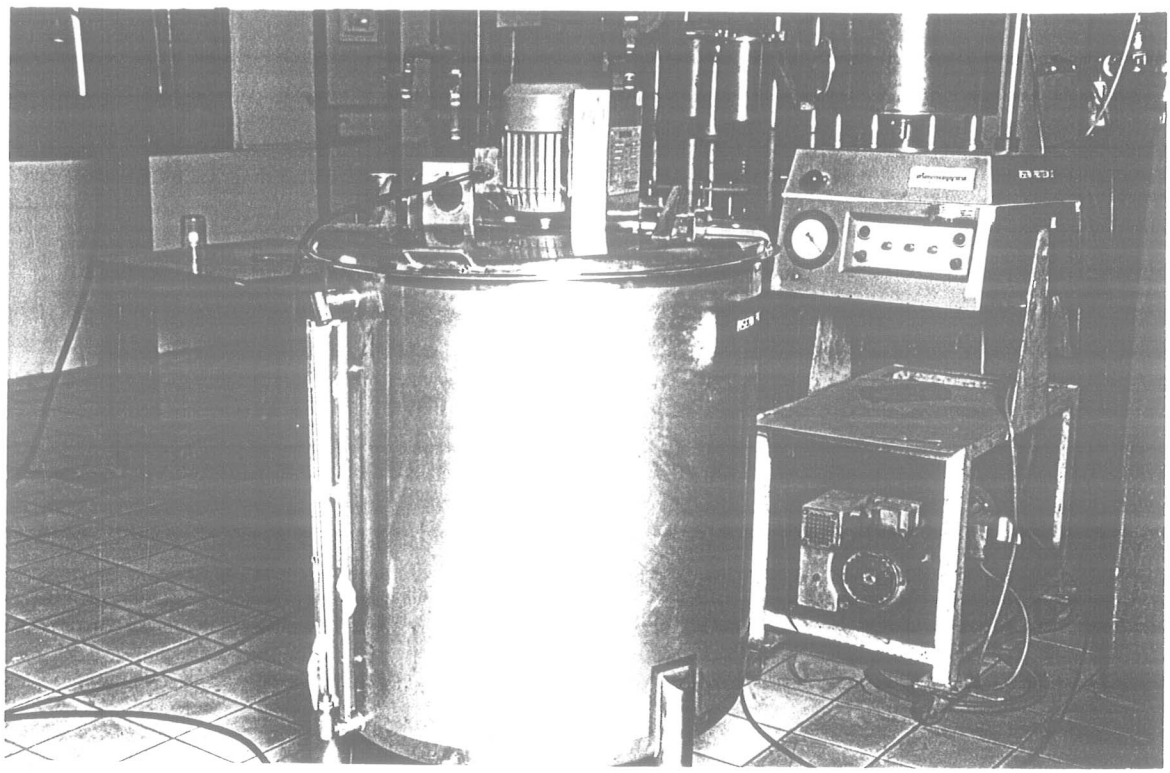
รูปที่ 3. เครื่องคั้นส้ม.

ข) เครื่องกรองน้ำผลไม้ (stainer) เป็นเครื่องกรองซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นภายในประเทศ ขนาดของเครื่อง เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ม. สูง 0.8 ม. ภายในมีตะแกรงทรงกระบอกขนาดรู 1.5 มม. มีใบพัดยางหมุน 36 รอบ/นาที รูปที่ 4.



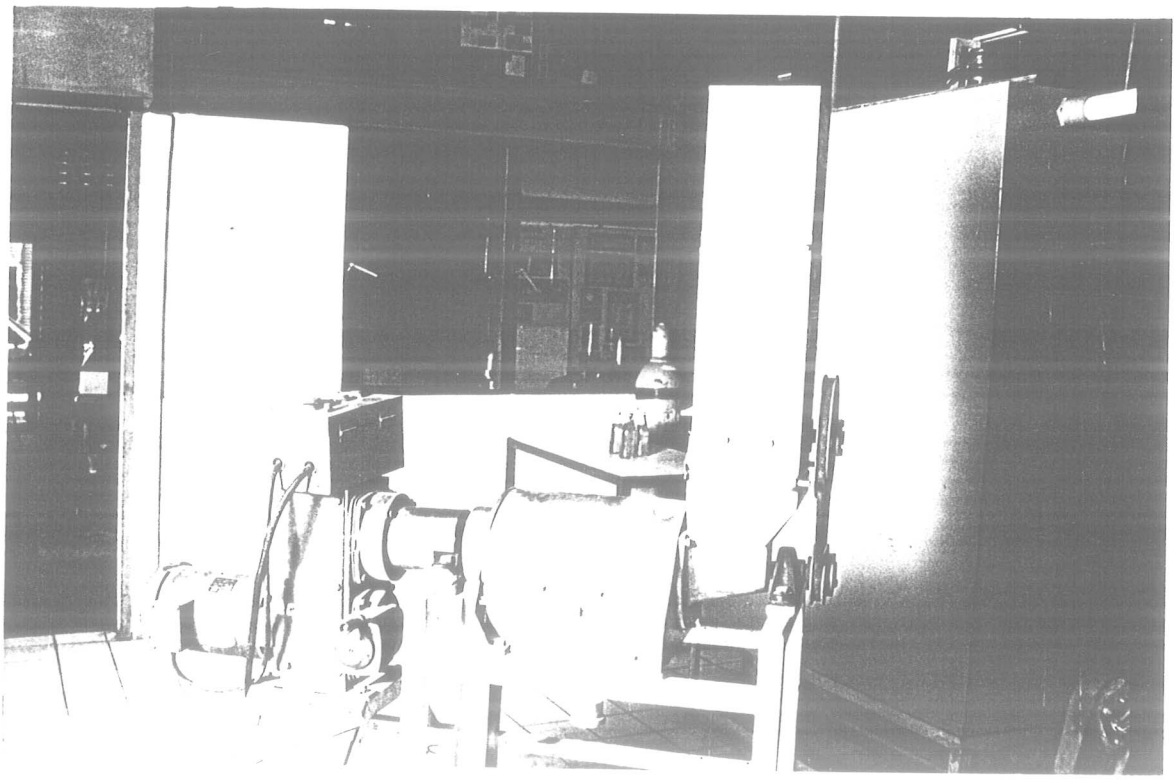
รูปที่ 4. เครื่องกรองน้ำผลไม้.

ค) ถังผสม ใช้สำหรับผสมสารเคมีต่าง ๆ ลงในน้ำผลไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ม. ความจุ 300 ลิตร ภายในมีใบพัดชนิด straight blade paddle หมุน 915 รอบ/นาที รูปที่ 5.



รูปที่ 5. ถังผสม.

ง) เครื่องคั้นและกรอง pulper finisher ใช้เป็นเครื่องคั้นและกรองน้ำส้ม ผลิตโดยบริษัท Indiana Mod. 18 รูปที่ 6.



รูปที่ 6. เครื่องคั้นและกรอง (pulper finisher).

จ) อุปกรณ์ปิดฝาจีบ ใช้สำหรับกรณีปิดฝาจีบขวดที่บรรจุน้ำส้ม

2.1.2 การเตรียมน้ำส้ม

ส้มเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่คนไทยนิยมรับประทานในรูปของผลไม้สดและนิยมดื่มในรูปของน้ำผลไม้คั้นหรือน้ำผลไม้พร้อมดื่มกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น การดำรงชีวิตของผู้คนเริ่มเปลี่ยนไป มีอำนาจในการซื้อสูง ทำให้ตลาดของน้ำผลไม้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว นั่นคือ ทำให้อุตสาหกรรมน้ำผลไม้เติบโตตามไปด้วย ดังนั้น วท. จึงได้เกิดโครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำผลไม้หลายโครงการเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ให้พึ่งตนเองได้ทั้งทางด้านเครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตและด้านการวิจัยกระบวนการผลิตทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยและพัฒนานำไปสู่การผลิตที่เหมาะสมต่อไป เช่น เครื่องฆ่าเชื้อฯ ที่ วท. พัฒนาขึ้นมามีการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสามารถใช้กับน้ำผลไม้ที่คุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น น้ำส้ม น้ำอิงุ่น น้ำมะม่วง น้ำสับปะรด โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองผลิตเพื่อสาธิตในการอบรมครั้งนี้ คือ น้ำส้ม

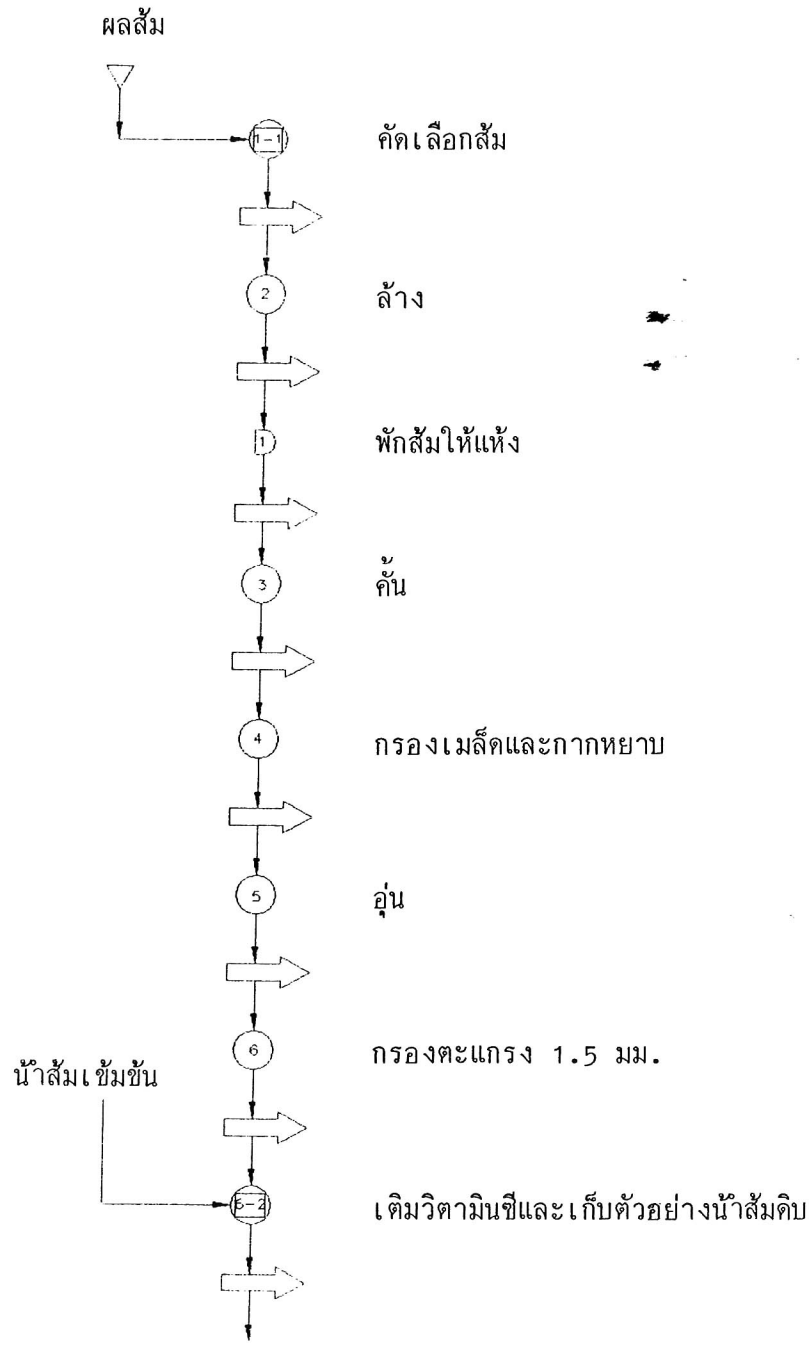
น้ำส้มที่ใช้ในการทดสอบเป็นส้มชนิดส้มเขียวหวาน (tangerine : citrus recticulate) โดยใช้ส้มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 50-55 มม. หรือส้มเบอร์ 1 ถึง เบอร์ 0 ส้มที่นำมาผลิตควรเป็นส้มสดปราศจากการเน่าเสีย เป็นส้มที่สุกพอเหมาะ ส้มจะต้องมีความหวานไม่ต่ำกว่า 9 Brix และมีความเป็นกรดระหว่า 0.3-0.55% ในรูปกรดซิตริก

กรรมวิธีการเตรียมน้ำส้ม

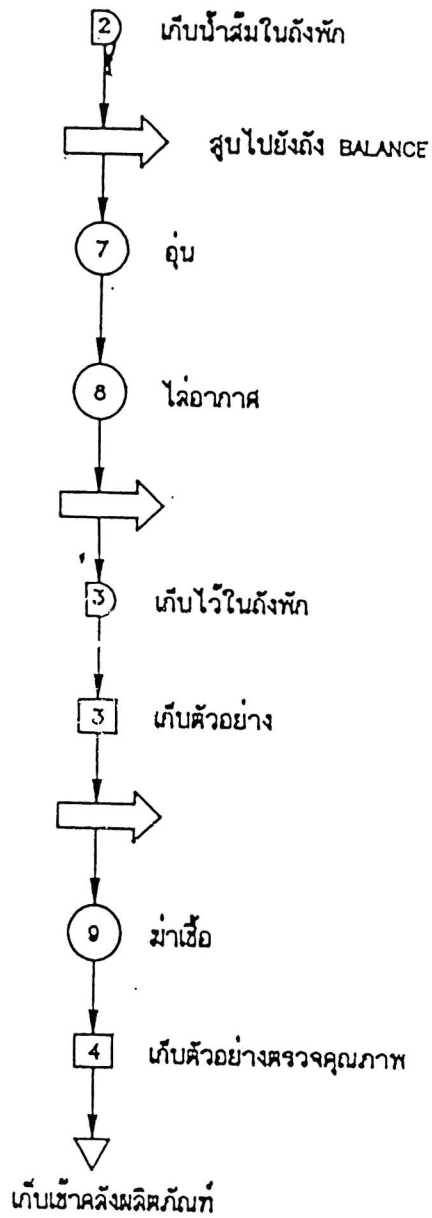
ผลส้มที่ผ่านการคัดเลือกโดยการวิเคราะห์หาค่าความหวานและความเป็นกรดได้ตรงตามข้อกำหนดแล้วนำไปล้างผิวของส้มให้สะอาด โดยใช้วิธีฉีดน้ำล้างแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง นำส้มไปคั้นด้วยเครื่องคั้นแบบ automatic citrus press ซึ่งภายในเครื่องคั้นชนิดนี้จะมีตะแกรงกรองเมล็ดและกากหยาบ ตะแกรงมีขนาดช่องกว้าง 3.5 มม. น้ำส้มที่ผ่านตะแกรงหยาบจะนำไปกรองด้วยตะแกรงขนาด 1.5 มม. อีกครั้งเพื่อกรองเส้นใยและกลีบส้มออก

เมื่อคั้นน้ำส้มได้ประมาณ 50 ลิตร จะนำไปอุ่นและไล่อากาศ (deaerator unit) ด้วยอุปกรณ์อุ่น (preheating unit) ที่อยู่ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ น้ำส้มที่ผ่านการอุ่นและไล่อากาศออกแล้วนี้จะนำไปสะสมเก็บไว้เพื่อรอการกรองและฆ่าเชื้ออีกครั้ง เมื่อกระบวนการคั้นส้มแล้วเสร็จสมบูรณ์จึงนำน้ำส้มทั้งหมดกรองด้วยเครื่องกรองน้ำผลไม้ และนำไปผสมกับน้ำตาลปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยวิตามินซี ในถังผสมเพื่อให้ได้น้ำส้มที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด เมื่อได้น้ำส้มตรงตามที่ต้องการก็พร้อมที่จะสูบเข้าเครื่องฆ่าเชื้อต่อไป

แผนผังกรรมวิธีการเตรียมน้ำส้มคั้นมีดังแสดงในรูปที่ 7.



รูปที่ 7. แผนผังการผลิตน้ำส้ม.



รูปที่ 7. แผนผังการผลิตน้ำส้ม (ต่อ)

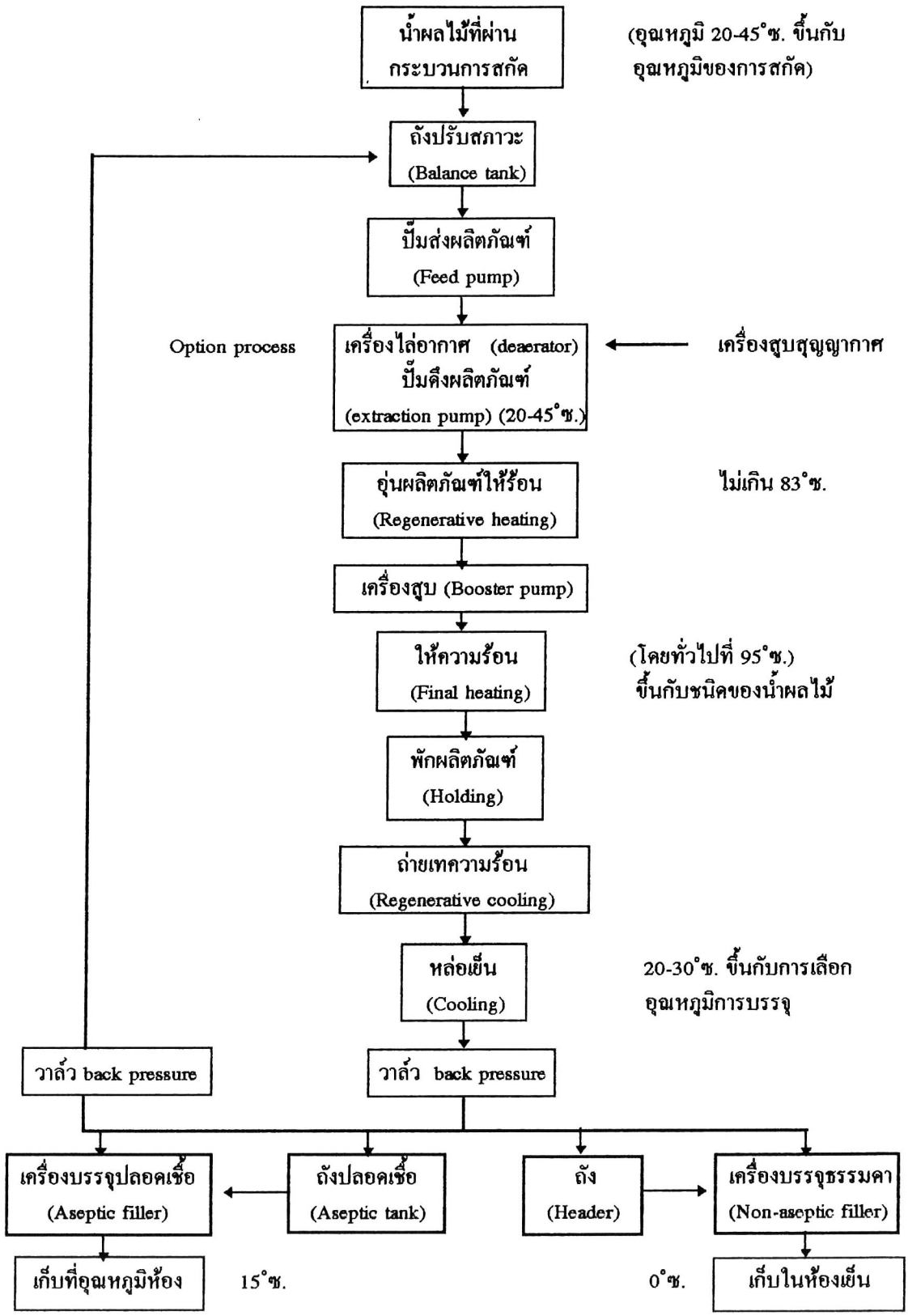
2.2 ระบบการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ด้วยความร้อน

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่คล้ายกัน เช่น เครื่องดื่มชนิด ต่างๆ Arshurst, 1995 ได้สรุปแผนผังกระบวนการผลิตน้ำผลไม้สด (fresh juice) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของการฆ่าเชื้อ แสดงไว้ในรูปที่ 8.

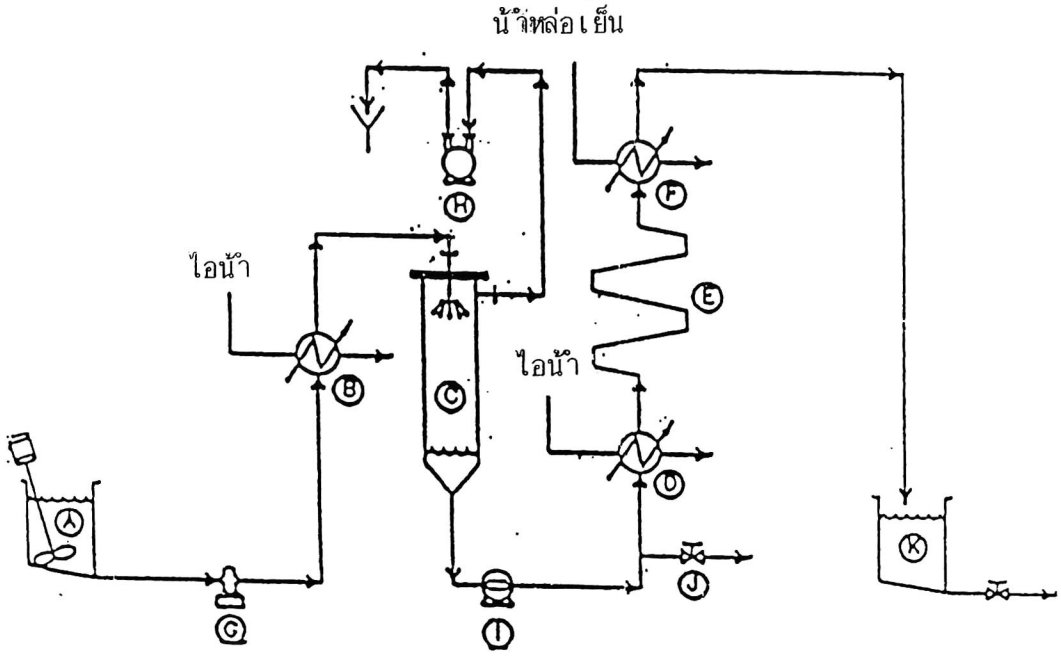
จากแผนผังกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ของ Arshurst พอจะสรุปได้ว่าในการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) มีขั้นตอนในการนำไปออกแบบการสร้างเครื่องฆ่าเชื้อ คือ

- เครื่องฆ่าเชื้อฯ จะมีถังปรับสภาวะ (balance tank) เพื่อรับน้ำผลไม้ที่พร้อมจะฆ่าเชื้อ
- เสริมด้วยเครื่องไล่อากาศออกจากผลิตภัณฑ์
- การอุ่นผลิตภัณฑ์ให้ร้อน (regenerative heating) โดยการใช้ความร้อนจากผลิตภัณฑ์
- การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จนถึงอุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรซ์
- การพักผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเวลาที่เหมาะสมที่สุด
- การหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ (regenerative cooling)
- การหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการบรรจุ

ขั้นตอนดังกล่าว เป็นพาสเจอร์ไรซ์โดยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เป็นอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 9.



รูปที่ 8. แผนผังกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้ของ Arshurst (1995).



(A) ถังเตรียมผลิตภัณฑ์ balance tank

(B) อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์ (regenerative heating)

(C) เครื่องไล่อากาศ (deaerator)

(D) อุปกรณ์ฆ่าเชื้อ (final heating)

(E) อุปกรณ์พักผลิตภัณฑ์

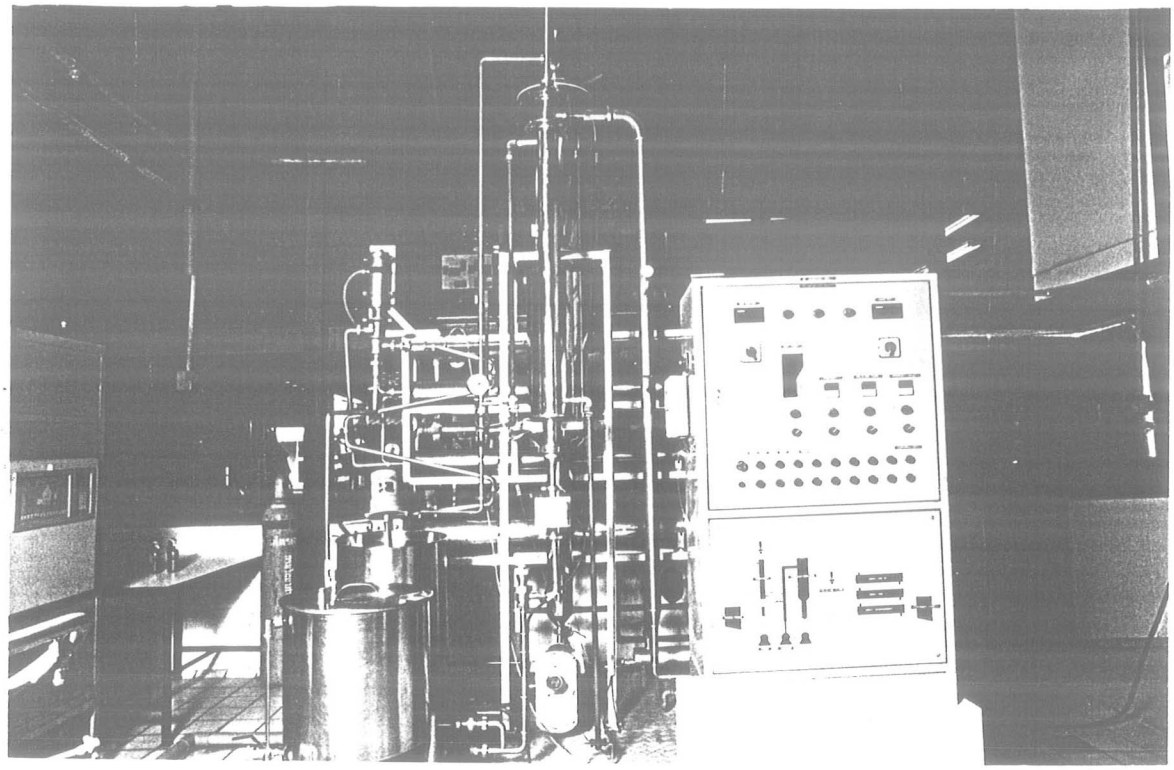
(F) อุปกรณ์หล่อเย็น

(G) เครื่องสูบส่งผลิตภัณฑ์

(H) เครื่องสูบสุญญากาศ (vacuum pump)

(I) เครื่องสูบดึงผลิตภัณฑ์ (extraction pump) ชนิด (positive displacement)

รูปที่ 9. แผนผังกระบวนการ (process flow sheet) ของเครื่องฆ่าเชื้อฯวท..



รูปที่ 10. เครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มของวท.

2.3 อุณหภูมิ-เวลาของการฆ่าเชื้อ

ในการยับยั้งการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ด้วยความร้อน นอกจากจะขึ้นกับอุณหภูมิในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์แล้ว ระยะเวลา ณ อุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรซ์ที่น้อยที่สุด (minimum) ก็เป็นตัวแปรที่ต้องควบคุม ดังเช่น ในอุตสาหกรรมนมจะใช้เวลาสำหรับการทำลายจุลินทรีย์ชนิด coxelliae burnetti ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในน้ำนมที่สามารถทนต่อความร้อนและเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic microorganism) เป็นเวลาการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน (thermal death time) เวลาและอุณหภูมิสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2. แสดงเวลา-อุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์นมและน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ

เมื่อเวลาที่ผลิตภัณฑ์พักในส่วนของอุปกรณ์พักผลิตภัณฑ์ (holding) ด้วยอุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งเรียกเวลานี้ว่า residense time และเมื่อผลิตภัณฑ์ลดอุณหภูมิลงในส่วนของหล่อเย็น ปรากฏการณ์นอกจากมีผลต่อความแตกต่างในจำนวนของจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลต่อ

ปฏิกิริยาทางด้านเคมี (chemical reaction) และมีผลต่อโครงสร้างองค์ประกอบบางอย่างอาจทำให้เกิด (formation) สารที่ไม่เป็นที่ต้องการได้ Reuter (1989) ได้สรุปผลของการสเตอริไรซ์เซชั่น (sterilization effect) มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ (product quality) ในระบบการผลิตผลิตภัณฑ์นมยูเอชที โดยใช้ค่า F (F-values) เป็นพารามิเตอร์ใด ๆ

$$F = \int_{0}^{10} 10^{\frac{\delta - \delta_B}{Z}} dt$$

โดยที่ t = เวลา

δ = อุณหภูมิ

δ_B = อุณหภูมิอ้างอิง

Z = ค่า Z ของการเกิดปฏิกิริยา

ซึ่งในทางการปฏิบัติในโรงงานผลิตนม UHT ได้กำหนดพารามิเตอร์ F ไว้ดังนี้

- ค่าสเตอริไรซ์เซชั่น F_m ใช้สำหรับคำนวณประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์
- ค่าสเตอริไรซ์เซชั่น F_e ใช้สำหรับคำนวณการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ (enzyme inactivation)
- ค่าสเตอริไรซ์เซชั่น F_c สำหรับการคำนวณปฏิกิริยารีดักชั่น (reduction) ที่ไม่ต้องการซึ่งทำให้วิตามิน B_1 ลดลง
- ค่าสเตอร์ริไรซ์เซชั่น F_h สำหรับคำนวณการเกิดสารที่ไม่ต้องการ

ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพ ต้องควบคุมพารามิเตอร์ไว้ 2 กรณี คือ

F_m และ F_e ต้องมีค่าสูงเพียงพอที่จะช่วยให้อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ให้ได้ 6 สัปดาห์ เป็นอย่างน้อย

F_e และ F_h ต้องมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อไม่ให้เกิดการทำลายสารที่มีคุณค่าโภชนาการหรือทำให้เกิดสารที่ไม่ต้องการ สารที่ไม่ต้องการนี้อาจจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เสียหายได้ ดังเช่น การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ การเกิดกลิ่นในผลิตภัณฑ์ การเกิดตะกอนในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

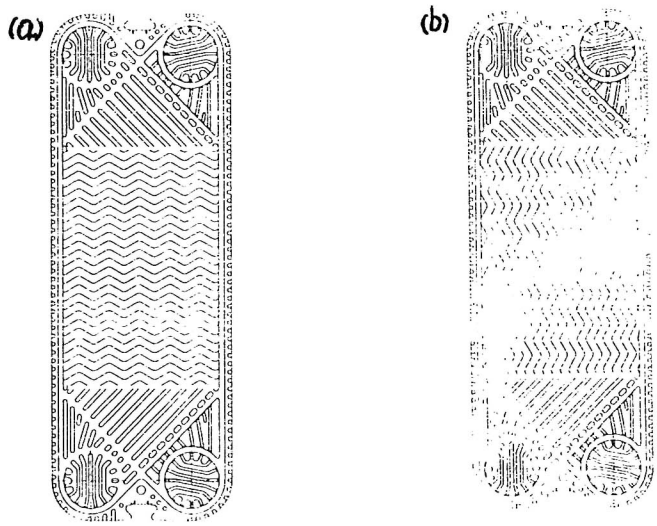
2.4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ในแผนผังการฆ่าเชื้อของเครื่องฯ รูปที่ 9. นั้นจะมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบแลกเปลี่ยนความร้อน 4 อุปกรณ์ คือ

- อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์ (preheat หรือ regenerative heating)
- อุปกรณ์ให้ความร้อนสุดท้าย (final heating)
- อุปกรณ์หล่อเย็น I
- อุปกรณ์หล่อเย็น II

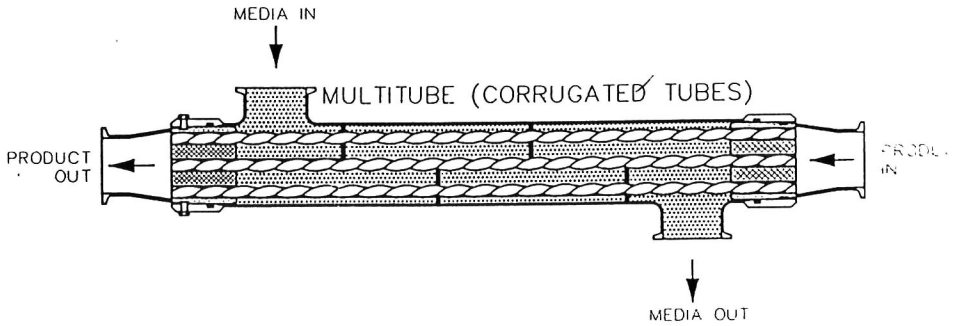
ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่จะนำมาใช้ในเครื่องฆ่าเชื้อก่อนเป็นลำดับแรก ซึ่งในระบบการผลิตที่เป็นอุตสาหกรรม จะนิยมใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 5 ชนิด ด้วยกัน คือ (Ashurst, 1995)

ก. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger) ดังแสดงในรูปที่ 11.



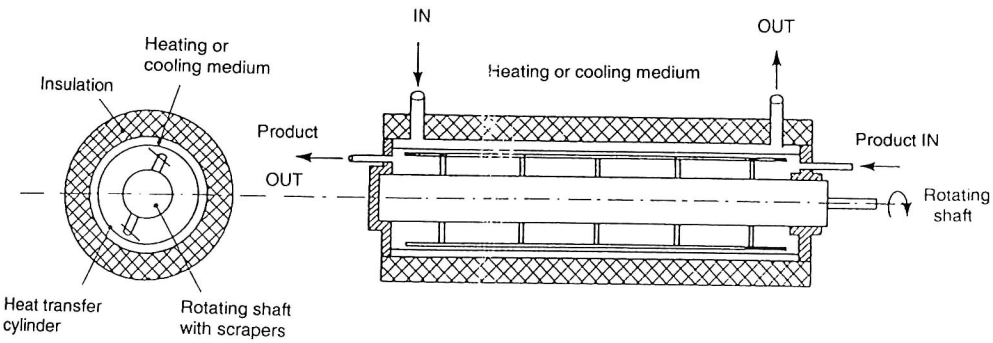
รูปที่ 11. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น.

ข. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (tubular heat exchanger) ดังแสดงในรูปที่ 12.



รูปที่ 12. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ.

ค. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ scraped surface (scraped surface heat exchanger) ดังแสดงในรูปที่ 13.



รูปที่ 13. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ scraped surface.

ง. ถังฆ่าเชื้อ (sterile tank)

จ. ระบบฆ่าเชื้อแบบให้ความร้อนโดยตรงจากไอน้ำ (direct steam)

ในระบบการผลิตน้ำผลไม้แบบต่อเนื่อง (continuous) และใช้ระบบให้ความร้อนแบบ indirect จะนิยมใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 3 ชนิดแรกมาก คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ scraped surface

ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3. นี้

ตารางที่ 3. เปรียบเทียบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Ashurst 1995) แบบต่างๆ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบแผ่น	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบท่อ	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบ scraped surfac
- มีค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนสูงเป็นเหตุให้พื้นที่ถ่ายเทความร้อนน้อย	- ราคาต่ำ	- ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นและผลิตภัณฑ์แบบ paste
- แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่จำหน่ายโดยทั่วไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกากใย pulp content ไม่เกิน 5% และปริมาณไฟเบอร์ (fibre) จำกัด	- ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคใหญ่หรือปริมาณกากและเส้นใย	- ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงมาก ประมาณ 100,000 cps.
- สามารถตรวจสอบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนได้ง่าย	- สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์หรือสื่อนำความร้อนภายใต้ความดัน 60-100 บาร์ได้	- สามารถใช้กับความดัน 12-30 บาร์
- มีปัญหาปะเก็นเนื่องจากต้องใช้ปะเก็นที่ผลิตมาโดยเฉพาะ	- มีปัญหาเรื่องปะเก็นน้อย	
- ใช้ได้ภายใต้ความดัน 16-25 บาร์		
- มีความไวต่อการชื่อกของแรงดัน/แรงดันสูง	- ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนต่ำกว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ซึ่งปรับปรุงเป็นแบบท่อขึ้นรูปเกลียว	

ในการเลือกใช้ชนิดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนด้วยเหตุผลทางเทคนิคดังกล่าวแล้ว ยังต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ อีก เช่น

- ความสามารถในการสร้าง และประกอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นนั้นยังไม่มีการผลิตขึ้นภายในประเทศไทย ต้องสั่งนำเข้าผ่านบริษัทผู้แทนจำหน่ายในขณะที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อนั้น วิศวกรและช่างเทคนิคของ วท. สามารถออกแบบและสร้างประกอบได้
- วัสดุในการสร้างประกอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ต้องสามารถจัดหาได้ภายในประเทศ ราคาไม่สูงมากนัก
- ประสบการณ์ของช่างเทคนิคโครงการ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสร้างและประกอบอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมาบ้าง ทั้งนี้อาจจะมีผลต่อสุขลักษณะของเครื่องจักรผลิตอาหารต้องคำนึงถึง Sanitary ในการออกแบบและการสร้างเชื่อม

2.5 การฆ่าเชื้อเครื่องฆ่าเชื้อฯ ประจำวัน

เนื่องจากเครื่องฆ่าเชื้อฯ ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์มีหน้าที่สำคัญคือ การทำลายจุลินทรีย์ที่ปะปนในน้ำผลไม้ให้หมดไป หรือมีในปริมาณไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ในการสร้างหรือเลือกซื้อเครื่องฆ่าเชื้อ จึงได้เลือกสรรอุปกรณ์และการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยถือกฎเกณฑ์ของ Sanitary ดังนั้น ข้อปฏิบัติในการทำความสะอาดเครื่องทั้งก่อนการใช้เครื่อง และภายหลังจากการใช้เครื่องในการผลิต จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ข้อปฏิบัติต่าง ๆ นั้นได้นำหลักเกณฑ์ของการ CIP (Clean in Place) มาใช้ในการเดินเครื่องทุกครั้งก่อนและหลังจากการใช้เครื่องเป็นประจำ

ขั้นตอนต่างๆในวงจรการล้างเครื่องเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ตกค้างภายในเครื่องมี 7 ขั้นตอน คือ

1) ล้างภายในเครื่องด้วยน้ำเพื่อทำความสะอาดขั้นต้น

2) ล้างด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.5 - 2% เป็นเวลา 10 นาที ด้วยอุณหภูมิประมาณ 60°ซ

3) ล้างด่างออกด้วยน้ำ

4) ล้างเครื่องด้วยการป้อนสารละลาย sanitizing ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Bacstop ประกอบด้วยส่วนผสมของ phosphoric acid และ butoxy monoether ของ polyoxpropylene polyoxyethylene complex 12.5 ppm นาน 10 นาที

5) ล้างสารละลาย sanitizing ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ

6) และทำการล้างเครื่องทั้งระบบด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิสูงมากกว่า 110 °ซ เป็นเวลา 15 นาที เป็นการล้างก่อนจะใช้เครื่องฆ่าเชื้อ

7) เมื่อทำการล้างเครื่องด้วยไอน้ำร้อนในขั้นตอนสุดท้าย ต้องทำการระบายน้ำตกค้างในอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ ออก เช่น วาล์วสามทางชนิด plug valve ยูเนี่ยนด้านล่างของท่อดึงอากาศ, ปลั๊กระบายน้ำทิ้งที่หัวปั๊ม เป็นต้น

2.6 การฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่มของวท.

ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ การใช้เครื่องฆ่าเชื้อสามารถสรุปโดยใช้ภาพ P&ID diagram ของเครื่องประกอบดังนี้ (รูปที่ 14.)

1) ปรับวาล์วสามทาง V-1 ให้อยู่ในตำแหน่งปิดเพื่อไม่ให้น้ำผลไม้จากถัง A และน้ำจากถัง B เข้าสู่ระบบ

2) ถ่ายน้ำผลไม้ที่จะฆ่าเชื้อลงในถัง A และถ่ายน้ำสะอาดลงในถัง B พร้อมกับเปิดใบกวนในถัง A เพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อของน้ำผลไม้ (pulp) ตกตะกอนลงก้นถัง

3) เปิดวาล์ว V-2, V-3, V-4 ให้อยู่ในตำแหน่งเปิด

4) ตั้งอุณหภูมิการฆ่าเชื้อให้สูงกว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อ เพื่อควบคุมการเปิดวาล์ว V-5 ให้อยู่ในตำแหน่ง recycle

5) เปิดวาล์ว V-1 เพื่อให้น้ำสะอาดจากถัง B เข้าสู่ระบบ

6) ปรับท่อ recycle จาก V-5 ให้ไหลลงถัง B

7) เปิดปั๊ม C, ปั๊ม E น้ำสะอาดจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์, อุปกรณ์ไล่อากาศ และอุปกรณ์ฆ่าเชื้อ และไหลกลับลงถัง B

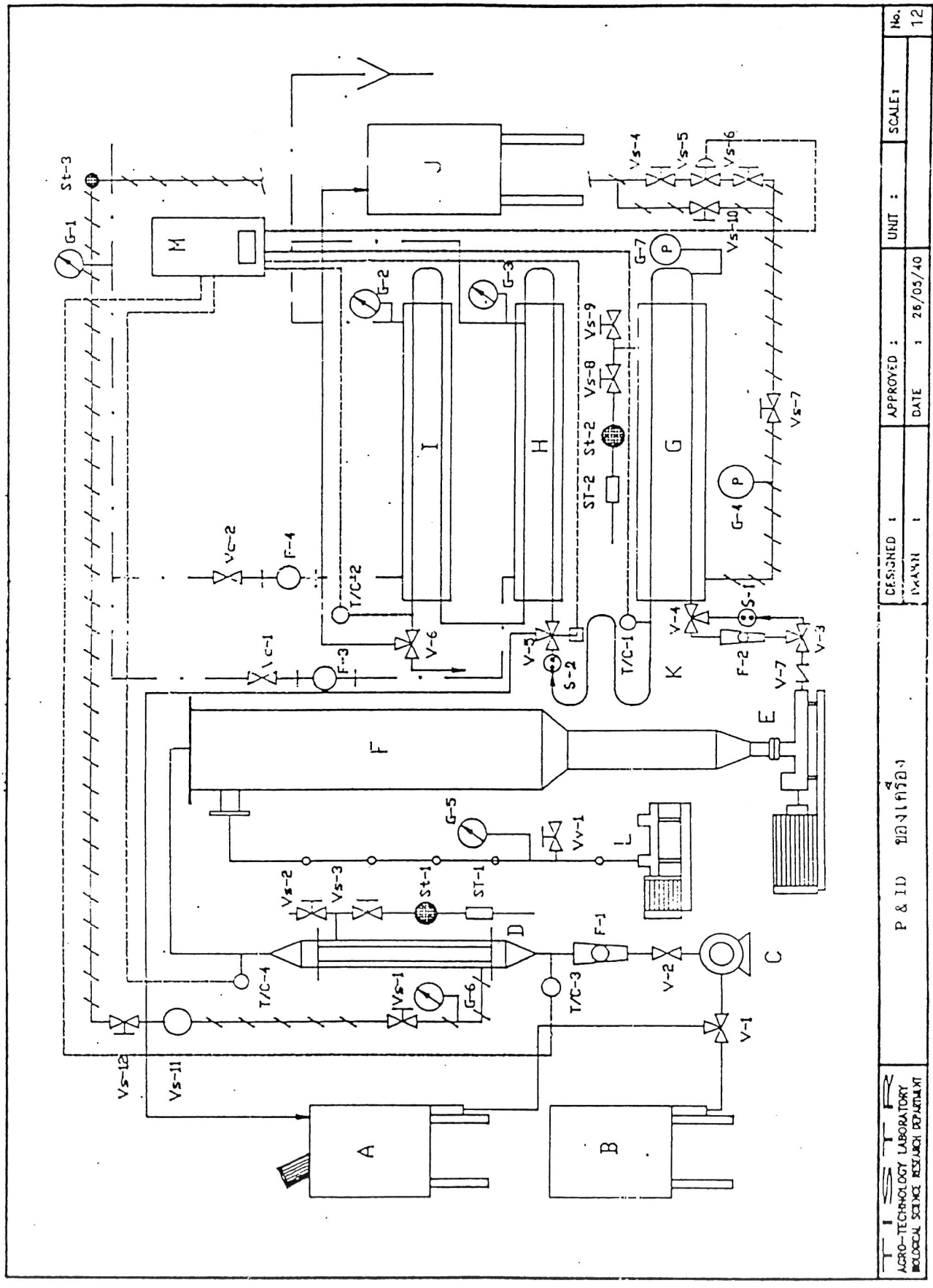
8) ปรับตั้งอุณหภูมิการฆ่าเชื้อให้สูงเพียงพอตามชนิดของผลิตภัณฑ์และสภาวะที่ต้องการฆ่าเชื้อ

9) เปิดไอน้ำเข้าสู่ระบบโดยปฏิบัติดังนี้

9.1) เปิดวาล์ว Vs-2 และ Vs-9 เพื่อระบายคอนเดนเซทที่ค้างในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

9.2) ปรับตั้งวาล์วลดความดันไอน้ำ Vs-11 ให้ได้ช่วงความดัน (สำหรับการทดลองเดินเครื่องครั้งแรก แต่เมื่อเครื่องใช้งานปรกติ Xs-11 จะตั้งไว้คงที่แล้วไม่จำเป็นต้องไปปรับใหม่)

9.3) เปิดวาล์ว Vs-12, Vs-6, Vs-4, Vs-1 และ Vs-7 ตามลำดับ



รูปที่ 4. แบบ Engineering flow sheet ของเครื่อง.

9.4) เนื่องจากอุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์การควบคุมไอน้ำ ไม่ได้ใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) มาควบคุม ดังนั้นผู้คุมเครื่องต้องปรับตั้งวาล์ว Vs-1 ให้ได้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากการอุ่นตรงตามสภาวะจุดเดือดในบรรยากาศสุญญากาศของหอไล่อากาศ สภาวะนี้มีความสำคัญมากในการไล่อากาศออกจากผลิตภัณฑ์ สภาวะอุณหภูมิการอุ่นผลิตภัณฑ์และการเปิดสุญญากาศในอุปกรณ์ไล่อากาศ อ้างอิงตามภาคผนวกที่ 1

9.5) เปิดวาล์ว Vs-3 และ Vs-8

9.6) ปิดวาล์ว Vs-2 และ Vs-9

10) ตั้งอุณหภูมิการฆ่าเชื้อที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิให้ไอน้ำไหลเข้าสู่อุปกรณ์ฆ่าเชื้อ ผ่านวาล์วควบคุม Vs-5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ตั้งไว้ที่ auto tunning ซึ่งเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะปรับค่า P I และ D ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ วาล์วควบคุม Vs-5 หรี่วาล์วเพื่อให้ไอน้ำเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมากน้อยตามอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาเพื่อฆ่าเชื้อ

11) สังเกตุอุณหภูมิการฆ่าเชื้อที่ผ่าน thermocouple T - C - 1 จนได้อุณหภูมิที่ราบเรียบ (steady state)

12) ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิสำหรับควบคุมการปิด - เปิดวาล์ว V-5 ให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิฆ่าเชื้อ

V-5 ซึ่งเป็นวาล์ flow diversion ชนิด 3 ทาง ก็จะเปิดให้น้ำไหลเข้าฆ่าเชื้อในระบบหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 คอลัมน์

13) น้ำร้อนจัดจากอุปกรณ์ฆ่าเชื้อถูกปล่อยให้ไหลผ่านอุปกรณ์หล่อเย็นทั้ง 2 อุปกรณ์แล้วปล่อยให้ไหลเข้าสู่ถังพักผลิตภัณฑ์ J ผู้คุมเครื่องต้องทำการลวกวาล์วที่ก้นถัง และปล่อยให้ไอน้ำระเหยลวกขอบฝาของถัง J ด้วย ในขั้นตอนนี้ผู้คุมเครื่องต้องไม่เปิดน้ำหล่อเย็นอย่างเด็ดขาด

14) เมื่อการปฏิบัติต่าง ๆ ดังกล่าวสมบูรณ์ เครื่องก็มีความพร้อมที่จะทำการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้หรือผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการเปิดน้ำผลไม้ให้ไหลไล่ตามน้ำ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

14.1) สับวาล์วสามทาง V-1 ให้เปิดน้ำจากถัง B เปิดน้ำผลไม้จากถัง A เข้าสู่ระบบ, ระบายน้ำร้อนจากถัง J และเปิดวาล์ว V-6 ระบายน้ำในระบบทิ้ง

14.2) สังเกตุอุณหภูมิอุ่นผลิตภัณฑ์ (ประมาณ 70°ซ.) อุณหภูมิการฆ่าเชื้อจะเป็นไปตามที่นักวิชาการกำหนด ปล่อยให้น้ำผลไม้ไหล่ไล่ตามน้ำจนถึง V-6 ก่อนที่จะลงถัง J จะมี sight glass มองเห็นผลิตภัณฑ์ สับวาล์ว V-6 ปล่อยให้น้ำผลไม้ไหลลงถัง J

14.3) ทันทีที่น้ำผลไม้ไหลเข้าสู่หอไล่อากาศให้เปิดปั๊มสุญญากาศ เพื่อไล่อากาศที่ปะปนในน้ำผลไม้โดยหรี่วาล์วปรับความดันให้เป็นประมาณ 40 Kpa เป็นอย่างต่ำ

14.4) เปิดน้ำหล่อเย็น (Vc-1, Vc-2) ผ่านมาตรวัดอัตราไหลแบบลูกลอยให้เข้าส่อุปกรณ์หล่อเย็นน้ำผลไม้ทั้ง 2 อุปกรณ์ ให้อุณหภูมิของน้ำผลไม้หรือผลิตภัณฑ์สูง-ต่ำ ตามสภาวะการบรรจุผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

15) เมื่อใช้เครื่องฆ่าเชื้อทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้จนหมดแล้ว สลับวาล์ว V-1 ให้น้ำจากถัง B ไหลเข้าระบบปล่อยให้น้ำไล่ผลิตภัณฑ์ออกจาเครื่องฆ่าเชื้อจนถึงวาล์ว V-6 ซึ่งสังเกตุจาก sight glass สับวาล์ว V-6 ระบายน้ำร้อนทิ้ง

15.1) ปิดวาล์วน้ำหล่อเย็น Vc-1 และ Vc-2 และปั๊มสุญญากาศ แต่ยังไม่ต้องปิดไอน้ำ

15.2) เปิดน้ำเข้าระบบเพื่อล้างเครื่องโดยใช้ไอน้ำให้ความร้อนกับน้ำจากถัง B เพื่อล้างและลวกทุกระบบ เช่น

- ท่อ recycle ต่าง ๆ
- อุปกรณ์หล่อเย็นทั้ง 2 อุปกรณ์
- อุปกรณ์พักผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

15.3) เมื่อน้ำระบายทิ้งจาก V-6 สะอาดแล้วให้ตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่ทำหน้าที่ ปิด-เปิดวาล์ว V-5 ให้ recycle กลับมาที่ถัง B เพื่อนำน้ำร้อนจากอุปกรณ์ฆ่าเชื้อล้างและลวกอุปกรณ์อุ่นผลิตภัณฑ์, อุปกรณ์ไล่อากาศ, ปั๊ม C และ ปั๊ม E จนสะอาดและนานเพียงพอ

16) ปิดวาล์วไอน้ำ Vs-4, Vs-12, Vs-6 ปิดวาล์วปั๊มทุกปั๊ม

17) ในกรณีที่ต้องใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อทุก ๆ วัน ในแต่ละวันก่อนใช้เครื่องก็ใช้ระบบ CIP มาทำความสะอาดเครื่อง แต่ถ้าหยุดการใช้เป็นเวลาหลายวัน ควรถอดแผ่นกระจายความร้อนและแผ่นกระจายน้ำผลไม้ในหอไล่อากาศออกทำความสะอาด ทั้งนี้เนื่องจากอาจจะมีกากหรือเนื้อเยื่อติดค้างภายในได้

2.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

น้ำผลไม้ที่ผลิตด้วยกระบวนการต่าง ๆ เมื่อทำการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฯ จะต้องนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการนั้นจะมีการเก็บตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อและตัวอย่างภายหลังการฆ่าเชื้อ การตรวจคุณสมบัติต่างๆ ทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทำการตรวจสอบวิเคราะห์ได้แก่

2.7.1 การทดสอบคุณสมบัติ (Quality test) ของน้ำส้ม

- ปริมาณ total soluble solid ใช้ refractometer range 0-32°Brix ของ ATAGO (ซึ่งใช้วัดความหวานหรือความเข้มข้นในน้ำผลไม้

- เครื่องเทียบสีใช้ระบบ CIE 1976 lab โดยใช้เครื่อง MINOLTA รุ่น CRL 310 แผ่น calibrate สีขาว NO. 19333118 มีค่า Y = 94.3, X = 0.3134, Y = 0.3196 และใช้แหล่งกำเนิดแสง (light source) C (CIE standard illuminant C) หรือ เครื่องเทียบสี munsell เทียบสีมาตรฐานโดยระบบ munsell notation คำนวณค่าวัดสีที่อ่านจาก munsell disc rotation เป็นค่า Hue value/chroma ตามวิธีของ Kramer และ Twigg, 1966

- ค่าความหนืด (viscosity) วัดโดย Brookfield digital viscometer (Model LVTD Brookfield engineering laboratories, ING. STOUGHTON, MA. 02072, (U.S.A.) อุณหภูมิที่ใช้วัด 20°ซ, spindle No. 1 และ No. 2

- total acidity โดยวิธีไตเตรทตาม AOAC (1990) 942.15 (โดยคิด % W/V as ctric acid)

- ปริมาณ solid content หาตามวิธีของ AOAC (1990) 920.47

- ปริมาณกากใย (pulp content) หาโดยวิธีการ centrifuge

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำผลไม้วิเคราะห์โดยการใช้ dissolved oxygen meter รุ่น 9071 ยี่ห้อ Janway และเปรียบเทียบผลกับการไตเตรทโดยห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

- การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ บักเตเรีย ยีสต์ และรา โดยห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ

3. ผลและวิจารณ์

วัตถุประสงค์ข้อหนึ่ง คือดำเนินการศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ ซึ่งนอกจากจะใช้ในการฆ่าเชื้อแล้ว เครื่องฆ่าเชื้อฯ ต้นแบบนี้ยังมีอุปกรณ์กำจัดออกซิเจน ดังนั้นผลของการใช้เครื่องฆ่าเชื้อฯ ในกระบวนการต่าง ๆ ของน้ำผลไม้มีดังต่อไปนี้

3.1 ผลการทดลองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

ในการฆ่าเชื้อน้ำส้มด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบท่อบรรจุแผ่นกระจายความร้อนนี้จะตั้งอุณหภูมิที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 105°ซ ส่วนอัตราการไหลได้กำหนดไว้ที่ 350 ลิตร/ชม. สภาวะที่สำคัญของการเดินเครื่องฆ่าเชื้อฯ ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.

คุณภาพของน้ำส้ม

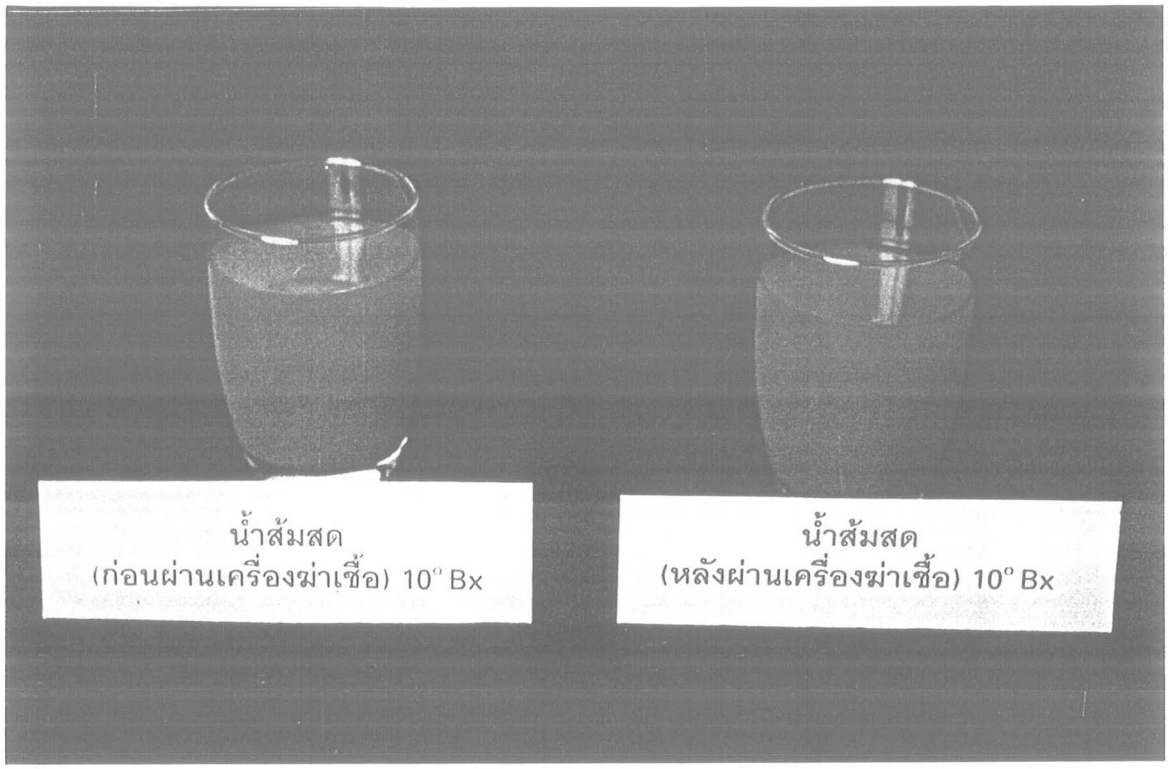
คุณภาพของน้ำส้มเมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำส้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อกับน้ำส้มที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อจะแสดงในตารางที่ 5. และรูปที่ 15. จะสังเกตุว่าคุณสมบัติบางอย่างของน้ำส้มได้เปลี่ยนแปลงไป อาทิ เช่น Brix, acidity, total sugar, viscosity เนื่องจากผลกระทบเล็กน้อยจากความร้อนจากการฆ่าเชื้อ ซึ่งกระทำที่ 105°ซ และความร้อนจากการอุ่นในอุปกรณ์อุ่นที่ 70-80°ซ ก่อนที่จะป้อนเข้าสู่หอไล่อากาศ ซึ่งการกระจายเป็นฟิล์มบางในสภาวะสุญญากาศภายในหอไล่อากาศย่อมมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าว แต่ผลจากการใช้ความร้อนในระดับสูง 105°ซ นี้ มีผลต่อปริมาณวิตามินซี คือทำให้วิตามินซี ลดลง 34.74 % ส่วนผลกระทบต่อคุณภาพสีของน้ำส้มนั้นเป็นปัญหาที่ผู้ผลิตต้องได้ทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบสีของน้ำส้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เนื่องจากอาจจะเกิดปัญหาน้ำส้มที่ฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อฯ อาจจะมีสีคล้ำ (browning effect) ได้จากผลของการเปรียบเทียบคุณสมบัติสีของน้ำส้ม วัดด้วยเครื่องวัดสี Minolta ดังตารางที่ 6. ค่าของเฉดสีของผลิตภัณฑ์ (ค่า 1) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นประมาณ 2 ซึ่งเมื่อนำภาพตัวอย่างการเปรียบเทียบสีของน้ำส้มก่อนการฆ่าเชื้อกับภายหลังการฆ่าเชื้อจะได้ภาพดังรูปที่ 15. จะสังเกตุว่าไม่แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4. สภาวะที่สำคัญในการเดินเครื่องฯ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์น้ำส้ม

อัตราไหลของผลิตภัณฑ์	350 ลิตร/ชั่งโมง
อุณหภูมิอุ่นน้ำส้ม	80°ซ
อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ	105°ซ
เวลาที่พักผลิตภัณฑ์ในการฆ่าเชื้อ	4, 7 วินาที
สภาวะสุญญากาศภายในหอไล่อากาศ	-400 มม. ปรอทเกจ
เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ภายในเครื่อง (processing time)	2 นาที 35 วินาที และ 1 นาที 10 วินาที

ตารางที่ 5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำส้มก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ

	น้ำส้มก่อนการฆ่าเชื้อ	น้ำส้มหลังการฆ่าเชื้อ	เปลี่ยนแปลง
pH	4.82	4.77	-0.05
Brix	10.00	10.80	+0.80
insoluble solid (%)	9.50	6.00	-3.50
acidity (%)	0.35	0.37	+0.02
ascorbic acid (ppm)	81.585		
		343.32	-226.25
added adcorbic acid (ppm)	569.57		
total sugar (%)	8.70	9.39	-0.69
reducing sugar (%)	3.93	3.78	0.15
viscosity (cps)	5.60	5.90	+0.30



รูปที่ 15. รูปของน้ำส้มสดก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่ 105°ซ.

ประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์

ในการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเมื่อใช้น้ำส้มเป็นวัตถุดิบโดยห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก ฝ่ายวิจัยวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ยีสต์ และ รา ในน้ำส้มก่อนการฆ่าเชื้อและหลังจากการฆ่าเชื้อ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตกค้างมีปรากฏในตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบกับเกณฑ์ มาตร-ฐาน ที่คุณวรรณา ตั้งเจริญชัย และคุณวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ (2531) ได้อ้างอิงถึงประสิทธิภาพของการพาสเจอร์ไรซ์น้ำนม โดยทั่วไปจะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ประมาณ 95-99 % ซึ่งเมื่อประเมินประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อที่ 99 % แล้ว การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ควรมีจุลินทรีย์ตกค้างทั้งหมด 3.8×10^4 และ 2.84×10^3 โคโลนี/มล. แต่ปรากฏว่าภายหลังการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำส้มนั้นจะมี จุลินทรีย์ในน้ำส้ม 140 และ 88 โคโลนี/มล. ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานมากและต่ำกว่าข้อกำหนดการตรวจพบจุลินทรีย์ในอาหารบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 69 (พ.ศ. 2525) คือไม่เกิน 10,000 ต่อ อาหาร 1 กรัม

รูปที่ 16. แสดงการบันทึกอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อฯ ในขณะทำการฆ่าเชื้อน้ำส้ม จำนวน 2 lot ประกอบด้วยเส้น X แสดงอุณหภูมิของน้ำส้มที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อบรรจุแผ่นกระจายความร้อน โดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงที่อุณหภูมิ 105 °ซ เส้น Y เป็นเส้นแสดงอุณหภูมิของน้ำส้มเมื่อออกจากอุปกรณ์ holding unit เป็นอุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 101-102 °ซ ส่วนเส้น Z เป็นเส้นแสดงอุณหภูมิของการหล่อเย็นน้ำส้ม

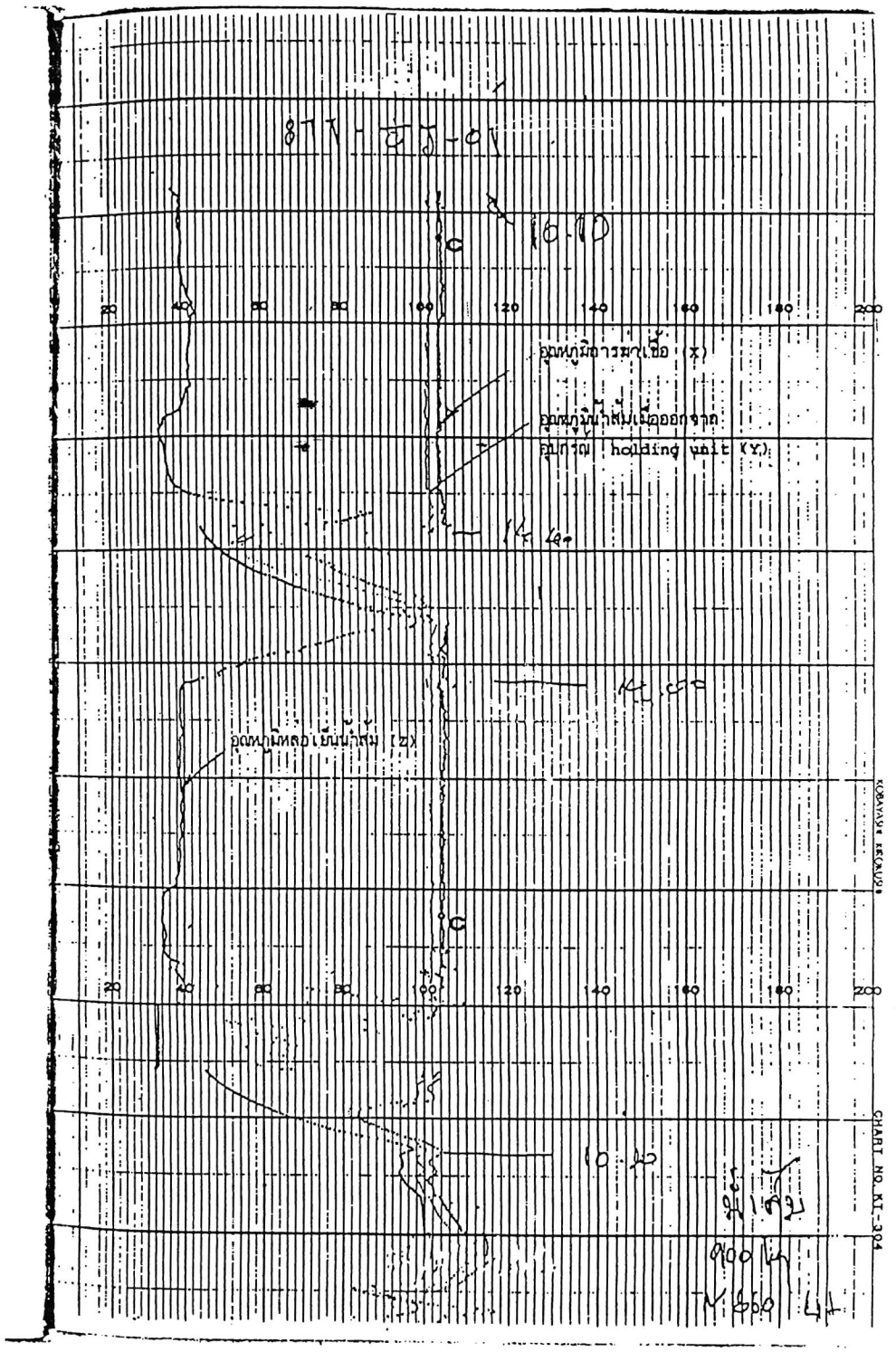
ตารางที่ 6. การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้ม

Batch No.	สีของน้ำส้มก่อนการฆ่าเชื้อ			สีของน้ำส้มหลังการฆ่าเชื้อ		
	l	a	b	l	a	b
1	46.98	+10.11	+41.70	47.71	+11.72	+42.31
2	47.08	+10.93	+41.64	49.10	+10.57	+46.40

ตารางที่ 7. ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

Barch No.	น้ำส้มก่อนการฆ่าเชื้อ			น้ำส้มภายหลังการฆ่าเชื้อ			* จุลินทรีย์ตกค้างตามมาตรฐานสูงสุดการฆ่าเชื้อโดยวิธี pasteurized		
	total plate count	yeast count	mold count	total plate count	yeast count	mold count			
1	3.8×10^{6}	5.4×10^{3}	None	1.4×10^{2}	None	None	3.8×10^{4}	54	-
2	2.84×10^{5}	20	None	88	None	None	2.84×10^{3}	0.2	-

* วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ 2531



รูปที่ 16 แสดงการบันทึกอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อฯ.

4. เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1990 Official Method of Analysis Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C.

Arshurst. P.R., 1995 Production & Packaging of non-carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages 2nd ed., Blackie Academic & Professional, p. 274.

Harper W.J. และ hall C.W. "Dairy Technology and Engineering" The AVI Publication Co., Inc., 1976.

Kramer and Twigg, 1996 Fundamental of Quality Control of Food Industry. The AVI Publishing Company Inc.

Parish M.E., "Microbiological Concerns in Citrus Juice Processing" Food Tech J., April 1991 .

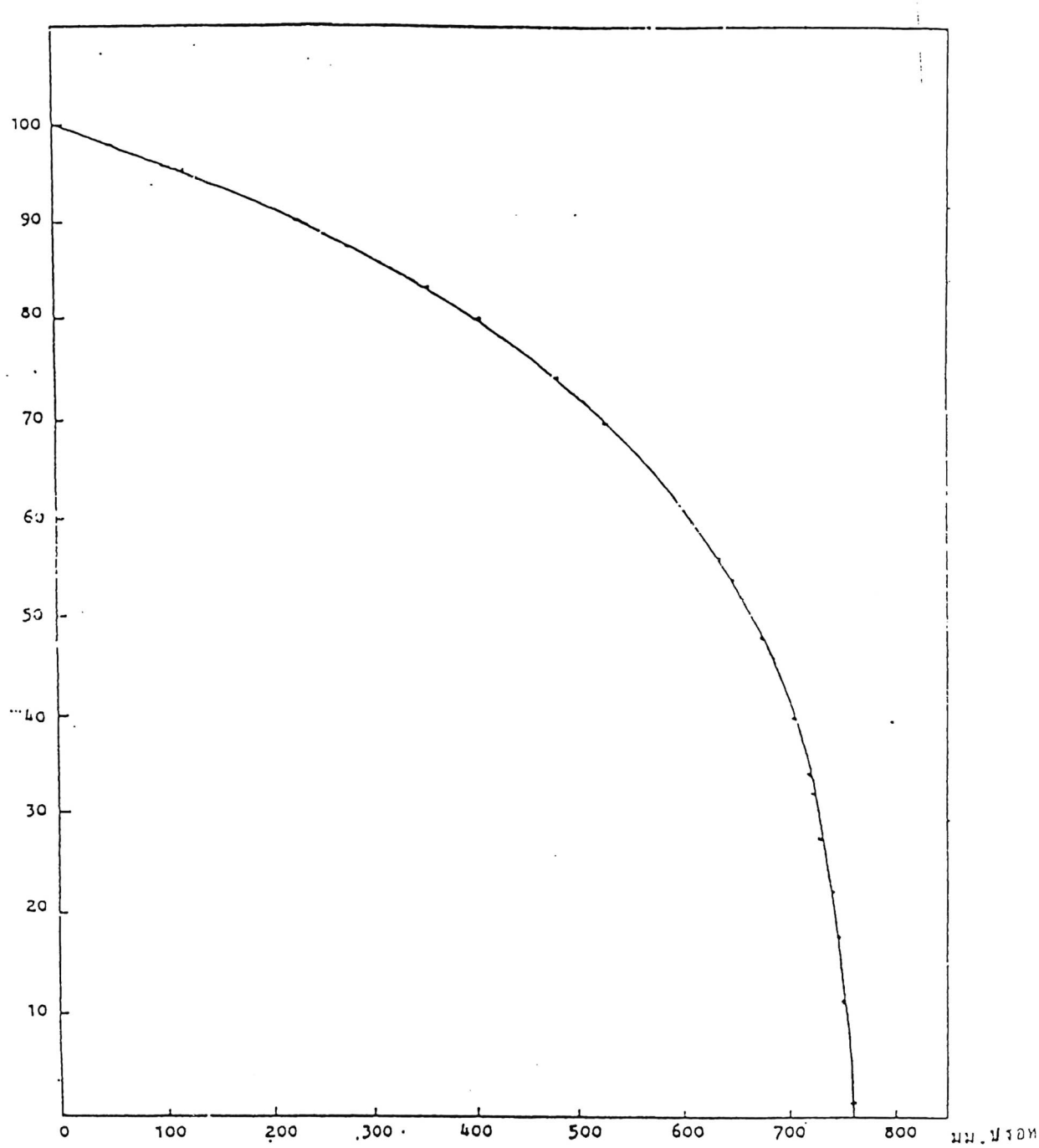
Reuter H., "Aseptic Packaging of Food" Technomic Publish Co., Ltd., 1989.

กระทรวงสาธารณสุข, 2535 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ประกาศฉบับที่ 69 (1).

ตั้งเจริญชัย วรรณา และ กาวิละ วิบูลย์ศักดิ์, 2531 นมและผลิตภัณฑ์นม สนพ. โอเดียนสโตร์, 2531, หน้า 94

ไทยรัฐ, 2540 ตลาดหัวเขียว ฉบับ 24 ก.พ. 2540.

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันสุญญากาศ



การควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำผลไม้

โดย

นางสาววรรณี สุทธิวัฒนเวช

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

กรุงเทพฯ, 2542

สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

การวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำผลไม้	3-1
คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทำการตรวจสอบวิเคราะห์	3-1
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ	3-2
วิธีการวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ	3-2
การหาปริมาณของแข็ง {Solid content (AOAC 1990) 920.47}	3-3
การหาปริมาณเยื่อในน้ำผลไม้	3-3
การหาปริมาณกรด (% acidity)	3-4
วิธีตรวจสอบ Peroxidase Activity (Qualitative Method)	3-4
การปรับคุณภาพความหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้)	3-5
เอกสารอ้างอิง	3-6

การควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำผลไม้

วรรณี สุทธิวัฒนเวช [1]

การวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำผลไม้

ในขบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นและพร้อมดื่มจะต้องมีการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพตลอดขบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นและน้ำผลไม้พร้อมดื่ม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอและเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยต้องมีการเก็บตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อและเก็บตัวอย่างหลังการฆ่าเชื้อ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ , เคมี และ จุลชีววิทยา

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทำการตรวจสอบวิเคราะห์ได้แก่

1 การตรวจสอบทางกายภาพ ได้แก่

- การวัดสี (ระบบ CIE 1976 lab)
- ความหนืด (viscosity)
- ปริมาณเยื่อ (pulp)

2 การตรวจสอบวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid)
- ปริมาณของแข็ง solid content
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- ความเป็นกรด (titrable acidity as citric acid)
- ปริมาณวิตามินซี
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar)
- วิเคราะห์เอนไซม์เปอออกซิเดส (peroxidase activity)

3 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่

- จุลินทรีย์ทั้งหมด (standard plate count)
- ยีสต์ (yeast)
- รา (mold)

---

1 ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ

เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) ใช้ hand refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น N1 ช่วง 0-32 องศาบริกซ์ (Bx), N2 ช่วง 28-62 องศาบริกซ์ (Bx) และ N3 ช่วง 58-90 องศาบริกซ์ (Bx)

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler รุ่น DELTA 340

เครื่องเทียบสีใช้ระบบ CIE 1976 lab โดยใช้เครื่อง MINOLTA รุ่น CRL 310

เครื่องวัดความหนืด (viscosity) ใช้เครื่อง Brookfield digital viscometer (Model LVTD Brookfield engineering laboratories, ING.Stoughton, MA 02072 U.S.A.)

เครื่องหาปริมาณวิตามินซี โดยใช้ HPLC (High Performanance Liquid Chromatograph) ยี่ห้อ VARLAN รุ่น VISTA 500

เครื่องปั่น (centrifuge) ยี่ห้อ HEKA

ตู้อบไฟฟ้า memmert UL 500

เครื่องชั่ง mettler 340

เทอร์โมมิเตอร์ สเกล 0-100°ซ

หมายเหตุ : เครื่องมือที่ระบุเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมภาคปฏิบัติผลไม้แปรรูป

วิธีการวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ

วิธีวิเคราะห์

1. การวัดสีใช้ระบบ CIE 1976 lab โดยใช้เครื่อง MINOLTA รุ่น CRL 310

2. การวัดความหนืด (viscosity) ใช้เครื่อง Brookfield digital viscometer (model) LVTD ผลิตโดยบริษัท Brookfield engineering Laboratories, ING. STOUGHTON, MA. 02072, U.S.A.)

โดยใช้น้ำผลไม้ประมาณ 600 มล. ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 600 มล. อุณหภูมิที่ใช้วัด 20°ซ. และหัวเข็ม spindle เบอร์ 1 และ 2

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) โดยใช้ hand refractometer วัดที่อุณหภูมิ 20°ซ

4. ปริมาณของแข็ง solid content หาตามวิธีของ AOAC (1990) 920.47

5. ปริมาณเยื่อ (pulp) ใช้วิธี centrifuge

6. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) meter

7. ความเป็นกรด (titrable acidity as citric acid) ตามวิธี AOAC (1990) 942.15

8. ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี HPLC (High Performanance Liquid Chromatograph) ด้วยเครื่อง VARIAN รุ่น VISTA 5500

9. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) และน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) โดยวิธีไตเตรท ใน AOAC (1990), 968.28

10. การตรวจวิเคราะห์เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase activity) โดยวิธี Qualitative method

11. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (standard plate count) ยีสต์ (yeast) และรา (mold)

หมายเหตุ : เครื่องมือที่ระบุเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมภาคปฏิบัติผลไม้แปรรูป

การหาปริมาณของแข็ง {Solid content (AOAC 1990) 920.47}

ชั่งตัวอย่างน้ำผลไม้ประมาณ 3-5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ใน plate (ที่ทราบน้ำหนัก) แล้วนำไประเหยน้ำออกโดยใช้ steam bath จนแห้ง จากนั้นนำไปอบต่อในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 30 นาที (จนแห้ง) แล้วนำมาทำให้เย็นใน desicator ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณ solid content จากสูตร

$$\text{ปริมาณของแข็ง (solid content) (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างตั้งต้น (กรัม)}}$$

การหาปริมาณเยื่อในน้ำผลไม้

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างน้ำผลไม้ 10 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง (ซึ่งทราบน้ำหนัก) จากนั้นนำไปปั่น (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที นำน้ำส่วนที่อยู่ส่วนบนทิ้ง, ชั่งน้ำหนักส่วนที่เป็นตกตะกอนที่เหลือคำนวณหาปริมาณเยื่อ (pulp) จากสูตร

$$\text{ปริมาณเยื่อ (pulp) (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ตกตะกอน (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำผลไม้ตั้งต้น (กรัม)}}$$

การหาปริมาณกรด (% acidity)

ชั่งตัวอย่างน้ำผลไม้ ประมาณ 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ลงในขวดกรวย (erenmeyenr flask) ขนาด 500 มล. เติมน้ำกลั่น 100 มล. ไตเตรตกับสารละลาย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยใช้ Phenolphthalein เป็น indicator ไตเตรตจนสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูอ่อนๆ นานอย่างน้อย 30 วินาที บันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้แล้วนำมาคำนวณกรดทั้งหมด โดยคิดในรูปของ citric acid จากสูตร

$$\% \text{ acidity (as citric acid)} = \frac{0.064 \times 0.1 \text{ N NaOH} \times \text{ปริมาตร } 0.1 \text{ N NaOH (มล.)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

หมายเหตุ : น้ำหนักตัวอย่างน้ำผลไม้ที่นำมาไตเตรตสามารถเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม
กรณีที่เป็นน้ำผลไม้เข้มข้นควรใช้ประมาณ 1-2 กรัม

วิธีตรวจสอบ Peroxidase Activity (Qualitative Method)

สารเคมี

- น้ำกลั่น
- 0.5 % Guaiacol ใน 50 % Ethyl alcohol
- 0.08 % Hydrogen peroside

อุปกรณ์

- หลอดทดลอง (test tube)
- ชั้นวางหลอดทดลอง (test tube rach)
- นาฬิกาจับเวลา

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำผลไม้ที่จะทดลองมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. เติม 0.5 % Guaiacol 1 มิลลิลิตร (โดยยังไม่ต้องเขย่า)
3. เติม 0.08 % hydrogen peroxide 1 มิลลิลิตร (โดยยังไม่ต้องเขย่า)
4. เขย่าหลอดผสมให้เข้ากัน ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีภายใน 3.5 นาที แสดงว่าผลเป็นลบ แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสี แสดงว่าผลเป็นบวก ซึ่งแสดงว่ายังมีเอนไซม์เหลืออยู่

$$\% \text{ Acidity} = \frac{0.0064 \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times 100}{\text{กรัม (ของ Sample)}}$$

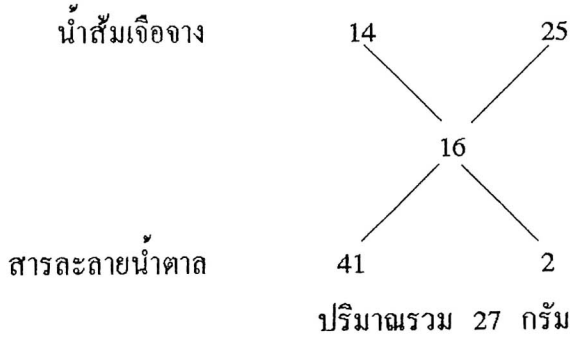
การปรับคุณภาพความหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) โดยการคำนวณวิธี Pearson's square

การคำนวณวิธี Pearson's square

ตัวอย่างการคำนวณ

ในการทำน้ำส้มพร้อมดื่มให้มี TSS. = 16°Bx. โดยใช้น้ำส้มเจือจางที่มีค่า TSS. = 14° Bx. และสารละลายน้ำตาลที่มีค่า TSS. = 41 °Bx. เป็นตัวที่ใช้เตรียมถ้าต้องการเตรียมให้ได้ปริมาณ 100 กรัม จะต้องใช้สารละลายทั้งสองชนิดอย่างละเท่าไร

วิธีการคำนวณ



ปริมาณรวม 27 กรัม

ในสารละลายทั้งหมด 27 กรัม จะมีน้ำส้มเจือจางอยู่ 25 กรัม

ถ้าสารละลายทั้งหมด 100 กรัม จะมีน้ำส้มเจือจางอยู่ $\frac{25 \times 100}{27}$

$= 92.6$ กรัม

เพราะฉะนั้น จะต้องใช้น้ำส้มเจือจาง 14°บริกซ์ $= 92.6$ กรัม

และจะต้องใช้สารละลายน้ำตาล $= 100\text{-}92.6$

$= 7.4$ กรัม

เอกสารอ้างอิง

ปนิดา บรรจงสินศิริและคณะ กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นในเชิงอุตสาหกรรม โครงการวิจัยที่ ภ.36-06 รายงานฉบับที่ 2 การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น.

Jasper Guy Woodroof and G. Frank Phillips., 1981 BEVERAGES : CARBONATED & NONCARBONATED REVISED EDITION. The AVI Publishing Company Inc.

ภาคผนวก

ข้อมูลแหล่งเครื่องจักร

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
1	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	ดร.เกชา ลาวัลยะวัฒน์ น.ส.สุมาลัย ศรีกำไลทอง 196 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร. (662) 5791121-30, 5795515, 5790160 โทรสาร (662) 5793001	- ให้คำปรึกษาออกแบบสายการผลิตและเครื่องจักรผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เภสัช, เกษตรแปรรูป ชีวภาพ - พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
2	Balmac	วีณา เอี่ยมวัฒนาไพสิน 723/998-9 ถ.จรัญสนิทวงศ์ บางพลัด กรุงเทพฯ 10700 โทร. 4334820, 4339930 แฟกซ์ (662) 4339930	Scrape Surface Heat exchanger Tubular Heat Exchanger ตะแกรง CP เครื่องเหวี่ยง เครื่องกรอง (Strainer) supply machinery, equipment, parts and services to food and other industries screen for filtering, dewatering, particle sizing Centrifugal machine Food processing equipment eg. evaporator, aseptic filler etc. Mchine vibration analysis and site balancing services
3	Tetra Pak (Thai) Limited	ปัทมา โชติบรรยง 1042 Soi Poonsin, Sukhumvit Soi 66/1, Bangchak, Prakanong Building 66 Sukhumvit 21 Road, Bangkok 10110 Thailand Tel. Z662X 2642647 Fax. Z662X 2642651	เครื่องบรรจุ Aseptic

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
4	เกีย-ไนโร (ประเทศไทย) บจก.	วรวิทย์ ศิริพูนทรัพย์ มลธิชา มีทอง ชั้น 7 อาคารโกลเด้นพาวิลเลี่ยน 153/3 ซอยมหาดเล็กหลวง 1 ถนนราชดำริ กรุงเทพฯ 10330 โทร. (662) 6521550 แฟกซ์ (662) 6521546	โรงงานน้ำตาลและสาร ประกอบเครื่องระเหย Homogenizer Spray dry Fluidize bed Dryer
5	เกียรติชัยอุตสาหกรรม สเตนเลส บ.	เกียรติชัย อภิวัฒนาชัย 237/7 หมู่ 1 ซอยแก้วสอดสี ถ.เพชรเกษม บางแคเหนือ ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160 โทร. 4131795, 4133294, 4132446 แฟกซ์ 4133294	งานสเตนเลส
6	แคนนิวอินเตอร์ เนชั่นแนลเทรดดิ้ง บจก.	ชัยยันต์ เอกวาริน 2232 ซอยพยัคฆภาภรณ์ ถ.จันทร์ เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 โทร. 2874033-5, 2874927-8 แฟกซ์ 662-287-4035	เครื่องกรอง
7	เซปาเทค เอ็นจิเนียริ่ง เซอร์วิสเซล บจก.	93/20 ซอยลาดพร้าว 87 ถนนลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10310 โทร. 9323140-4, 9323138 แฟกซ์ 9323137	เครื่องแยก (Separator)
8	ซิสเท็ม คอร์ป บจก.	วิวัฒน์ อัศวลายทอง อรินทร์ บรรจงศิลป์ 376/61-62 ถนนราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140 โทร. 4637577, 4635708, 4630675, 4636280-83 แฟกซ์ 02-4630741	Gearboxes, Couplings, Geared Motors Plate Heat Exchangers Tailor Made Gears & Gearboxes Evaporators, Jets, Scrubbers

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
9	เซอร์วิเทค เอ็นจิเนียริ่ง บจก.	ยุทธ เหลืองสุวิมล 102/125 ถ.สุขาภิบาล 2 คันนายาว เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230 โทร. 5174832 โทรสาร 5179673	โรงงานนมและไอศครีม เครื่องบรรจุสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม ยาและเคมีภัณฑ์
10	เซอร์วิเทค เอ็นจิเนียริ่ง บจก.	102/124-5 ถนนสุขาภิบาล 2 คันนายาว บึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10230 โทร. (02) 5174832 โทรสาร 5179673	ท่อวาล์ว ปั๊ม อุปกรณ์ข้อต่อสเตนเลส สำหรับอุตสาหกรรมและเครื่องดื่ม ท่อ ข้อโค้ง ข้อลด สามทาง แคล๊มพ์ เฟอร์รูล ยูเนี่ยน วาล์ว ปั๊มสเตนเลส เพลท-ฮีทเอ็กเชงเจอร์ สำหรับอุตสาหกรรมไอศกรีม
11	ไซแอนติฟิคโปรโมชั่น บจก.	สุชาติ บัณฑิตกฤษดา 3813 พระราม 4 พระโขนง กรุงเทพมหานคร 10110 โทร. 3927603, 3927608, 3900827	เครื่องกรอง เครื่องมือวิเคราะห์
12	โปรเกรส อีเล็ค โทรนิคส์ หจก.	ชวลิต อาชานานุภาพ สำนักงาน 212/7 ถ.พหลโยธิน ข้าง ททบ. 5 สนามเป้า กรุงเทพมหานคร โทร. 2712415-6 แฟกซ์ 2712417 โรงงาน 14 หมู่ 4 ซ.สุขาภิบาล 2 ถ.รามอินทรา กรุงเทพฯ โทร. 5212109, 5524563	ตู้อบ, เตาอบ, เตาหลอม เพื่ออุตสาหกรรรม

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
13	พัฒน์กล บจก.	ถิติ พงษ์พัว 838 ถนนเจริญนคร แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร 10600 โทร. (662) 4370240-9 แฟกซ์ (662) 4376828, 4377633	ผลิต, รับสร้างจำหน่าย เครื่องทำน้ำแข็งหลอด โรงน้ำแข็ง, ห้องเย็นขนาด เล็กและใหญ่ โรงงานผลิต อาหารต่าง ๆ ถังสเตนเลส สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร และเคมีภัณฑ์ปั้มสเตนเลส, วาลว์, ท่อและอุปกรณ์ต่างๆ
14	พีเอ็มอี (1991) บจก.	สุรชัย ฉัตรชัยชูเกียรติ 50/465 เมืองทองธานี ถ.แจ้งวัฒนะ อ.ปากเกล็ด จ.นนทบุรี 11120 โทร. 5033292, 5033725-6, 5034442 แฟกซ์ 66-2-5033293	โรงงานนมและไอศครีม เครื่องบรรจุสำหรับ อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม ยาและเคมีภัณฑ์
15	เยอรมันเอนจิเนียริ่ง แอนด์แมชีนเนอรี่ บจก.	จิรศักดิ์ หยดย้อย สำนักงาน 116 หมู่บ้านปัญญา ถ.พัฒนาการ กทม. 10250 โทร. 3141645, 3198911 แฟกซ์ (662) 3198912 โรงงาน 399 หมู่ 17 ถ.บางนา-ตราด กม. 23 นิคมอุตสาหกรรมบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทร. 3153330-2 แฟกซ์ (662) 3153212 มือถือ 01-9218905	สายการบรรจุ, สายงาน, งานสเตนเลส

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
16	ริคเค่อร์มานน์ (ไทยแลนด์) บจก.	วิทยา ใจสงเคราะห์ 438/5-8 หมู่ 5 ถ.ศรีนครินทร์ สำโรงเหนือ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270 โทร. 3834333 แฟกซ์ (662) 3834329 46/1 ถ.สาธรเหนือ ตรงข้าม โฮเตลคิงส์ โทร. 2343061	เครื่องบรรจุ เครื่องอบแห้ง เครื่องอัดเม็ด glanulator เครื่องเคลือบ ระบบ Solvent recovery ห้องสะอาด
17	โรงงานไทยประดิษฐ์ เอ็นจิเนียริ่ง (1983) บจก.	สมเกียรติ จิตศรัณยูกุล 113/12 หมู่ 6 ซ.เปรมฤทัย 3 ถ.เอกชัย บางบอน เขต บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร โทร. 4150625, 4150885, 4152811	เครื่องจักรในการแพทย์ เภสัชกรรม
18	หลุยส์ ดี.เลียวโนเวนส์ (ประเทศไทย) บจก.	สุปรีชา วนาสัณฑ์ศิริ 723 ถ.สี่พระยา กรุงเทพมหานคร 10500 โทร. 2377040 ต่อ 314 โทรสาร 2367471 มือถือ 01-9172256	เครื่องกรอง Filter press Belt Press
19	อัลฟา-ลาวาล (ไทยแลนด์) บจก.	ชาติชาย อัศวกิตติมากุล อาคารเคียนหงวน 138-140 ถนนวิทยุ กรุงเทพมหานคร 10500 ตู้ ป.ณ. นานา 11-1573 โทร. 2511211, 2511266, 2511514 เทเล็กซ์ 21093 ALVAL TH	เครื่องแยก เครื่องบรรจุ Exchanger

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
20	อาทิตย์เวนติเลเตอร์	วีระ บุญบุตร 55 หมู่ 9 แขวงคันนายาว เขต บางกะปิ กรุงเทพมหานคร โทร. 510-1339	เครื่องจักร, ถังสเตนเลส เครื่องจักรผลิตและ บรรจุภัณฑ์
21	เอพีวี (ประเทศไทย) บจก.	คิเรกฤทธิ์ เล็กสกุล ชั้น 5 อาคารสิรินรัตน์ 3388/15-16 ถ.พระราม 4 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110 โทร. (662) 3675341-6 แฟกซ์ (662) 3615019	Evaporation, Heat Exchanger เครื่องล้าง Steriliser เครื่องบรรจุ Extruder เครื่องอบ, เครื่องแช่แข็ง Homogenizer เครื่องกรอง
22	เอฟ เอ็ม ซี (ประเทศไทย)	ยงยุทธ คอวณิชกิจ ชั้น 13, อาคารรีเจนท์เฮาส์ โทร. 2557054, 2517180, 2541183-4	เครื่องคั้นส้ม เครื่องระเหย โรงงานผลิตน้ำส้ม เครื่องจักรอาหาร
23	แอ็คมี่-อินเตอร์ มาร์เก็ตติ้ง บจก.	ธีรพล ชลวิสัยขจร 49/1 สุขุมวิท 91, บางจาก, กรุงเทพมหานคร 10250 โทร. 3322270-2,3111726-7, 3112671,3117231,3115021 โทรสาร. (02) 3115647 มือถือ 01-4816840	Mixing, milling
24	ฮันซ่า อินเตอร์ เนชั่นแนล บจก.	ปรมินทร์ สันติเจริญเลิศ 33/29 ถ. สุขาภิบาล 3 หัวหมาก, บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 โทร. 3751808, 3748665, 7316209-10 แฟกซ์ (662) 3751610	Steam Boiler Thermal Oil Plant Industry Fans Cooling Towers, Heat Exchanger Chemical Plant Dryer Filter Press Eccentric Screw Pump Screening Machine

NO.	บริษัท/หน่วยงาน	ผู้จัดการ/วิศวกร/ผู้นำเข้า ที่อยู่ โทรศัพท์ แฟกซ์	เครื่องจักร/ อุปกรณ์
25	เฮกซ่าไทยแลนด์ บจก.	135/19 สุขุมวิท 21 (ซอยอโศก) กรุงเทพมหานคร 10110 โทร. 2580326-7	เครื่องระเหยวิศวกรรม ความร้อน วิศวกรรม กระบวนการ

664.856
สถบ
ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
BT14916
เอกสารประกอบการฝึก