

## แนวทางการผลิตเครื่องแยกน้ำมะพร้าวปลอดเชื้อ Conceptual design for Aseptic fresh coconut juice machine

สายประสิทธิ์ เกิดนิยม

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถ.พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800  
โทร 02-5870026 ต่อ 404 โทรสาร 02-5870026 ต่อ 111 E-mail: saps@kmitnb.ac.th

Saiprasit Koetniyom

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's institute of Technology North Bangkok  
Bangkok 10800, Thailand  
Tel: 02-5870026 Ext. 404 Fax: -5870026 Ext. 111 E-mail: saps@kmitnb.ac.th

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มคุณภาพ และกำลังการผลิตแข่งขันให้เทียบเท่ากับต่างชาติ บางครั้งอุตสาหกรรมที่ต้องการลดระยะเวลาในการผลิตก็พยายามที่จะปรับปรุงเครื่องจักรให้มีสมรรถนะที่ดีขึ้นกว่าเดิม ดังเช่นในวงการอุตสาหกรรมมะพร้าว การวิเคราะห์พัฒนาและรูปแบบของเครื่องจักรและการผลิตน้ำมะพร้าวจึงจำเป็นอย่างมากโดยที่การผลิตแบบเดิมในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้หลักการกรองน้ำมะพร้าวแบบพื้นบ้านและนำมาต้มเพื่อฆ่าเชื้อและมาใส่บรรจุภัณฑ์แบบปลอดเชื้อ โดยระบบนี้เชื้อในน้ำมะพร้าวจะถูกฆ่าโดยการให้ความร้อนจนถึงระดับและปล่อยให้เย็นตัวลง ประกอบกับใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดเชื้อ อย่างไรก็ตามการให้อาหารผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนซึ่งความร้อนจะทำให้คุณค่าและรสชาติทางอาหารลดลง ด้วยเหตุนี้เองทำให้แนวทางการผลิตเครื่องจักรที่สามารถผลิตน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อเพื่อเป็นการทดแทนวิธีการเดิมซึ่งทำให้คุณค่าของน้ำมะพร้าวและรสชาติเหมือนกับน้ำมะพร้าวสดๆจากลูกได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้

### Abstract

At the present time, the industrial production generally requires the technology and engineering knowledges in order to reduce the investment budget, increase product quality and enhance product capacity comparing the other industrial countries. It is sometimes necessary to enhance and develop process machines for some industries that want to use less production process time. For example, the development and the type of process machines for taking coconut juice are required to

replace the conventional process. This can be accomplished by filtering and boiling the coconut juice that obtains from an ordinary cutting machine in order to kill germ and bacteria. This can be done by heating it up to certain level and then cooling down. Then a hygienic package is used to keep it sanitary. However, this process will degrade the quality and taste of food. For this reason, the hygienic process machine is developed and the way of how to use it with conventional process is proposed in order to keep the taste and quality of coconut juice similar to fresh coconut juice.

### 1. ที่มาของงานวิจัย

การผลิตน้ำมะพร้าวในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่จะใช้วิธีการผ่ามะพร้าวและทำการกรองเพื่อขจัดเศษกากมะพร้าวและกะละอันทิ้งมาจากการผ่า หลังจากนั้นน้ำมะพร้าวดังกล่าวจะนำไปเข้าสู่สายการผลิตโดยการต้มฆ่าเชื้อโดยระบบ Sterilization เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำมะพร้าวซึ่งเกิดขึ้นอยู่ขั้นตอนของการผ่าและลำเลียงมะพร้าว ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กน้ำมะพร้าวจะถูกบรรจุในขวดและทำการอบขวดที่บรรจุน้ำมะพร้าวในถึงความดันสูงดังแสดงในรูปที่ 1 ในทำนองเดียวกันในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ น้ำมะพร้าวที่ได้จากกรองแล้วจะถูกลำเลียงเข้าไปในวงจรท่อของกระบวนการผลิตที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์สร้างความร้อนให้กับระบบท่อ ชุดรักษาความร้อนให้กับน้ำมะพร้าวในท่อลำเลียงเพื่อรักษาเวลาในการฆ่าเชื้อโดยระบบ Sterilization ก่อน และอุปกรณ์ระบายความร้อนของน้ำมะพร้าวก่อนที่จะเก็บเข้าไปในถังปลอดเชื้อ ระยะเวลาจากการนำน้ำมะพร้าวเข้าไปวางจกรการผลิตจนถึงชุดถังปลอดเชื้อก่อนที่จะนำไปบรรจุในผลิตภัณฑ์จะใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกับการทำ Sterilization ของน้ำมะพร้าวใน

อุตสาหกรรมขนาดเล็ก แต่ปริมาณน้ำมะพร้าวที่จะบรรจุสามารถทำได้ ต่อเนื่องเป็นจำนวนมากๆได้เมื่อเปรียบเทียบกับการทำน้ำมะพร้าวใน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามข้อเสียของการผลิตน้ำมะพร้าวใน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก คือการทำให้ชุดอุปกรณ์ต่างๆปลอดภัย และ สะอาด จะเป็นหลักสำคัญในการผลิตแต่ละครั้ง เช่นการทำความสะอาด ในระบบหลังจากกระบวนการผลิตจะต้องมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับ วงจรที่ใช้ท่อลำเลียงมะพร้าว ด้วยเหตุนี้เองการผลิตน้ำมะพร้าวใน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และใหญ่จำเป็นต้องทำการ Sterilization น้ำ มะพร้าวที่อุณหภูมิอย่างน้อย 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีที่ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งส่งผลให้รสชาติและกลิ่นของน้ำ มะพร้าวเปลี่ยนหรือลดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะพร้าวที่สดจาก ลูก ดังนั้นการผลิตงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการเสนอแนวทางในการผลิต อุปกรณ์ที่จะแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดภัยโดยไม่ต้องมีการทำ Sterilization ของน้ำมะพร้าวก่อนทำการบรรจุในผลิตภัณฑ์ โดย สมมุติฐานจากน้ำมะพร้าวในลูกมะพร้าวไม่มีเชื้อที่จะทำให้เสีย

## 2. มาตรการในการปฏิบัติด้านสาธารณสุขร่วมกับองค์การ อาหารและยา

เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกันและเพื่อความปลอดภัยของ ผู้บริโภค ทาง Food and Drug Administration (FDA) ได้ออกกฎที่ใช้ กับอาหารประเภทเครื่องดื่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติต่างๆ ดังเช่น วิเคราะห์อันตราย (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) ซึ่งระบุไว้ว่าปริมาณของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ ที่ ก่อให้เกิดโรคในหน่วยของ Logarithm of Colony Forming Unit/milliliter (Log CFU/ml.) ควรอยู่ที่ระดับ 5-log ซึ่งเท่ากับปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ 100000 ตัวในปริมาตรหนึ่งมิลลิลิตร โดยมาตรฐานการลด เชื้อลงจนถึงระดับนี้สามารถใช้กับเชื้อโรคที่มีความต้านทานสูงได้ ซึ่งมี แนวโน้มเกิดขึ้นได้ในช่วงของการเก็บก่อนบริโภคได้แทบทุกชนิด อีกทั้ง วิธีดังกล่าวได้กำหนดมาตรการป้องกันและการควบคุมลักษณะการผลิต ทั่วไป โดยเฉพาะมาตรการป้องกันและควบคุมการปนเปื้อนภายใน บริเวณผลิต และมาตรการควบคุมการปนเปื้อนจากอากาศเข้าสู่บริเวณ การผลิต [1] ชนิดของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตอาจ สามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะคือ ลักษณะแรกจะเน้นไปที่การ ปนเปื้อนเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับชนิดของน้ำผลไม้ใน อุตสาหกรรมโดยแบ่งต่างค่าความเป็นกรดและด่าง PH ถ้าค่า PH น้อย กว่า 4.6 ตัว Enteric bacterial pathogens เช่น E. coli O157:H7 ตัว Salmonella และตัว protozoan parasite (Cryptosporidium parvum) จะเป็นตัวก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษในน้ำผลไม้ แต่ถ้าค่า PH มากกว่า 4.6 จะมีตัว Clostridium botulinum เป็นตัวการทำให้เกิดพิษ อย่างไรก็ตามการควบคุมปริมาณเชื้อตามมาตรฐาน HACCP จะต้องให้เชื้อ ดังกล่าวอยู่ต่ำกว่าระดับ 5-log

ลักษณะที่สองของการปนเปื้อนที่ต้องการควบคุมสำหรับสาธารณะ สุข คือ การปนเปื้อนจากสารเคมีที่ได้มาจาก Patulin เป็นสารเคมีที่ เกิดขึ้นจากเชื้อราในแอปเปิล และสารดังกล่าวจะมีปริมาณมากถ้า แอปเปิลอยู่ในสภาพที่เน่าเสีย หรือ ถูกกัดกินโดยนกแมลงต่างๆ หรือ สภาพของการจัดเก็บ นอกจากนี้สารเคมีที่ได้จากการแต่งสารปรุงแต่ง รสชาติ สารกันบูดในน้ำผลไม้ ยาฆ่าแมลง ตะกั่ว และสังกะสี ซึ่ง ปริมาณของสารเหล่านี้จะต้องมีการควบคุมตามวิธี HACCP

สำหรับประเทศไทย การควบคุมตามคุณภาพของอาหาร จะให้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ทำหน้าที่ควบคุมโดยใช้ ระบบ Good Manufacturing Practice, GMP เป็นเกณฑ์หรือ ข้อกำหนดพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติ ตาม และสามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัยเป็นที่มั่นใจเมื่อถึงมือ ผู้บริโภค และระบบนี้จะเป็นระบบพื้นฐานก่อนที่จะพัฒนาไปสู่ระบบ ประกันคุณภาพอย่าง HACCP และ ISO 9000 [2] ข้อกำหนดของ GMP สำหรับน้ำเครื่องดื่มบริโภคจะรวมไปถึงสถานที่ตั้ง เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิตต่างๆ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพเพื่อ เป็นการป้องกันการปนเปื้อนอย่างชัดเจนเช่น การปรับคุณภาพของ เครื่องดื่ม สารทำความสะอาด การฆ่าเชื้อ การบรรจุ ซึ่งเป็นควบคุม คุณภาพมาตรฐาน โดยจะต้องมีผลการวิเคราะห์ของเครื่องดื่มด้วยเพื่อ เป็นการป้องกันหรือแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดที่ ออกโดยกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 214 ) พ.ศ.2543 ว่าด้วยเรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จะใช้ GMP เป็นตัวกำหนดคุณภาพ ของเครื่องดื่ม โดยระบุเกี่ยวกับปริมาณของเชื้อต่างๆไว้ว่า จำนวนเชื้อ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number) ไม่พบเชื้อแบคทีเรีย ชนิด อี.โคไล (Escherichia coli) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสาร เป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตราย ต่อสุขภาพ ไม่มียีสต์และเชื้อรา และไม่มีสารปนเปื้อน เว้นแต่สาร ดังต่อไปนี้ สารหนู ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม , ตะกั่ว ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม, ทองแดง ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม, สังกะสี ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อ เครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม, เหล็ก ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม, ดีบุก ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม [3] ดังนั้นสภาวะที่ป้องกันหรือแนวทางการควบคุมปริมาณเชื้อที่เกิดขึ้นใน น้ำผลไม้จะเป็นตัวการสำคัญในการออกแบบเครื่องจักรที่จะช่วยให้น้ำ มะพร้าวไม่เน่าเสียและสามารถจัดเก็บได้นานมากขึ้น และป้องกันไม่ให้อาหารเป็นพิษก่อนถึงมือผู้บริโภค

## 3. พฤติกรรมและแนวทางในการกำจัดของเชื้อ

เนื่องจากทางกรมอาหารและยาได้กำหนดชนิดของเชื้อที่มีส่วนทำ ให้น้ำผลไม้ไม่ได้คุณภาพได้แก่ เชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และ ชนิด อีโคไล แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่สำคัญได้แก่ Escherichia Coli และ Enterobacter aerogenes ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่สร้างสปอร์ สำหรับพิคัล โคลิฟอร์มเป็นโคลิฟอร์มที่สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 44.5 หรือ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มนี้ก่อให้เกิดอาการป่วย ต่างๆ เช่น ปวดท้อง ท้องเสีย สูญเสีย น้ำ เกิดการตกเลือดบางครั้ง มี อาการอาเจียน อาจมีไข้ต่ำ

การปนเปื้อนและแหล่งของการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียสามารถ เข้าสู่ร่างกายคนได้หลายทางเช่น ทางน้ำ อากาศ ดิน น้ำเสีย พืชผัก ผลไม้ สัตว์ ทางน้ำอาจทำให้เชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนในอาหารได้หลาย ทางเช่นใช้น้ำเป็นส่วนประกอบในการทำอาหาร หรือใช้น้ำในการล้าง อาหาร หรือในกระบวนการผลิตอาหารในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมักจะ พบเชื้อพวกโคลิฟอร์มทำให้เกิดการเน่าเสีย เช่นเดียวกับหนทางอื่น ทางอากาศ เชื้อแบคทีเรียจะมีจำนวนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทางดิน

สัตว์ พืชผักผลไม้ และทางน้ำ เพราะในอากาศมีความชื้นและสารอาหารน้อย ในความเป็นจริงแล้วเชื้อแบคทีเรียต่างๆไม่สามารถอยู่ในอากาศได้โดยตรง แต่จะถูกอากาศพัดพามาจากแหล่งอื่นๆ เช่นในดิน ฟอง กระแสน้ำ หรือ ไอจาม ปริมาณของเชื้อในอากาศจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชื้น แสงแดด ปริมาณฝนที่อาจชะล้างในอากาศได้ เชื้อแบคทีเรียต่างๆในอากาศสามารถปนเปื้อนในอาหารได้ในระหว่างการผลิต การบรรจุ หรือ การเก็บรักษาอาหาร

แนวทางการจำกัดการเจริญเติบโตของเชื้อสามารถทำได้โดยลดแหล่งอาหารในบริเวณที่จะทำให้ปลอดเชื้อก่อนโดยวิธีการชะล้าง ถ้าในระบบอุตสาหกรรมที่มีอุปกรณ์ยึดต่างๆเช่นในโรงงานผลิตน้ำมะพร้าว การชะล้างสามารถทำได้โดยวิธีการล้างภายในระบบซึ่งเรียกว่า CIP (Cleaning-In-Place) แล้วทำการฆ่าเชื้อโดยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้ความร้อน สารเคมี รังสี หรือแสงอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้น การล้างด้วยระบบ CIP เป็นการล้างโดยใช้กระแสน้ำไหลวนในช่วงที่เกิดการไหลแบบ Turbulent flow ภายในท่อ โดยกระแสน้ำที่ไหลภายในท่อจะต้องมีอุณหภูมิสูงเพียงพอเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายเศษอาหารและสิ่งตกค้าง อีกทั้งคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการล้างจะต้องมีความเป็นด่างพอสมควรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชะล้างสูง ดังเช่นการซักเสื้อผ้าด้วยน้ำร้อนที่ผสมผงซักฟอกที่เป็นด่าง จะทำสิ่งสกปรกในเสื้อผ้าออกง่ายกว่าใช้น้ำเปล่าที่อุณหภูมิต่ำ การตรวจสอบประสิทธิภาพของการล้างสามารถทำได้โดยตรวจสอบปริมาณสิ่งสกปรกที่เป็นแป้ง ไขมัน และโปรตีน หรือตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างจากน้ำที่ใช้ในการชะล้างโดยวิธีการทางเคมีต่างๆเป็นต้น [4] ในทางปฏิบัติการฆ่าเชื้อสามารถทำได้หลายวิธีในกรณีที่ใช้ความร้อนสามารถทำได้โดยใช้ไอน้ำทำให้เกิดความร้อนชื้น (moist heat) หรือ ใช้เตาอบในการสร้างความร้อนแห้ง (dry heat) ทำให้เชื้อแบคทีเรียแห้งและตาย โดยทั่วไปจะใช้ความร้อนแห้งที่ประมาณ 180 องศาเซลเซียส สองชั่วโมงในเตาอบ แต่เมื่อใช้ความร้อนชื้นต่างๆ เช่น การพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) การต้มหรือใช้ไอน้ำ เป็นต้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าใช้ความร้อนแห้ง ทั้งนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากอนุของโมเลกุลของไอน้ำที่มีพลังงานความร้อนอยู่สามารถแทรกเข้าไปทำลายเซลล์ต่างๆของเชื้อแบคทีเรียได้ ในขณะที่ความร้อนแห้งทำไม่ได้ [5] โดยการใช้ความร้อนชื้นจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิ เวลา จำนวนเชื้อแบคทีเรีย ถ้ามีมากต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อมาก และชนิดของแบคทีเรีย สปอร์ของแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ส่วนมากจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 55 -65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ส่วนสปอร์ของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคส่วนใหญ่จะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที การใช้ความร้อนชื้นสามารถทำได้โดยใช้ไอน้ำเดือดความดันสูง เป็นวิธีที่รวดเร็วและสามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียได้ โดยหลักการจะใช้ไอน้ำเดือดพ่นเข้าไปแทนที่อากาศในภาชนะปิด โดยอุณหภูมิของไอน้ำขึ้นอยู่กับความดันภายในภาชนะปิด ยิ่งอุณหภูมิสูงและแบคทีเรียมีอยู่น้อยระยะเวลาที่ฆ่าเชื้อก็จะน้อยไปด้วย [6]เพื่อเป็นมาตรฐานในการฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำจะแสดงในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้ก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณของเชื้อดังกล่าว ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการประยุกต์ใช้ด้วย แต่ถ้าความร้อนแห้งนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อ ระยะเวลาและอุณหภูมิจะสูงกว่าใช้ความร้อนชื้นดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้สำหรับความร้อนชื้น [6]

ความดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้(นาที)
15	121	15
20	126	10
30	134	3

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้สำหรับความร้อนแห้ง [7]

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ (นาที)
160	120
170	60
180	30

#### 4. การทดสอบแนวคิดของเครื่องแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อโดยใช้เข็มเจาะ

การทดสอบการติดเชื้อของน้ำมะพร้าวได้กระทำที่ห้องทดลองในการเพาะเชื้อ โดยกระทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

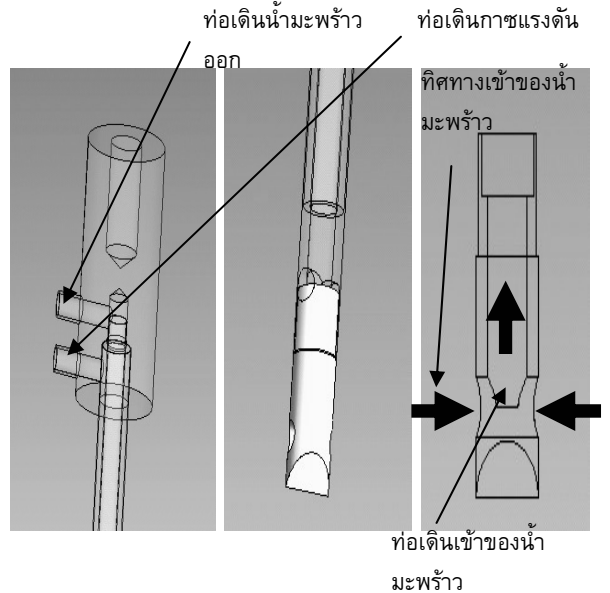
- (1) ปาดมะพร้าวที่เปลือกตรงหัวของมะพร้าวลึก 2 เซนติเมตรที่บริเวณหัวของมะพร้าว ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนที่ผิวของมะพร้าวภายนอกที่อาจทำให้เกิดการติดเชื้อ และเพื่อให้ผิวมะพร้าวให้ได้รับระดับก่อนทำการเจาะโดยใช้เข็มเจาะ
- (2) ใช้แอลกอฮอล์ทำการฆ่าเชื้อที่รอยปาดของมะพร้าวพร้อมกับฆ่าเชื้อของเหล็กตอกเพื่อเลียนแบบการเจาะมะพร้าวโดยใช้เข็มเจาะ ทั้งนี้เพราะว่าจากการศึกษาขั้นต้นการฆ่าเชื้อสามารถกระทำได้หลายวิธีเช่น การใช้แอลกอฮอล์ หรือ ใช้ไอน้ำ
- (3) กระทำการเจาะโดยใช้เหล็กตอกที่ฆ่าเชื้อแล้วให้ทะลุผ่านปากของมะพร้าวและกะลาเพื่อให้เหล็กตอกสัมผัสกับน้ำมะพร้าว
- (4) ทำการเพาะเชื้อของน้ำมะพร้าว เพื่อตรวจสอบการติดเชื้อจากใช้เหล็กตอกผ่านเปลือกและกะลามะพร้าวที่ตรงบริเวณหัวของมะพร้าว ผลลัพธ์ที่ได้คือไม่มีการติดเชื้อของน้ำมะพร้าวที่ได้จากวิธีการนี้
- (5) เก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะพร้าวไว้ในหลอดแก้ว และตรวจสอบการเก็บรักษาน้ำมะพร้าว ผลที่ได้คือ ตัวอย่างของน้ำมะพร้าวที่ไว้ในหลอดแก้วที่ไม่มีเชื้อสามารถเก็บไว้นานมากกว่า 3 เดือน อย่างไรก็ตามสีของน้ำมะพร้าวได้เปลี่ยนไปเนื่องจากเอนไซม์ในมะพร้าวได้ถูกกับแสงแดด แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมะพร้าวที่เก็บไว้ในหลอดแก้วโดยใช้แผ่นตะกั่วบางหุ้มไว้ ผลที่ได้คือ น้ำมะพร้าวจะไม่มีเปลี่ยนแปลงสี

สรุป ผลการทดสอบการติดเชื้อของน้ำมะพร้าวโดยใช้วิธีการเจาะผ่านเปลือกและทะลุกะลามะพร้าวจะไม่มีการติดเชื้อที่น้ำมะพร้าว ด้วย

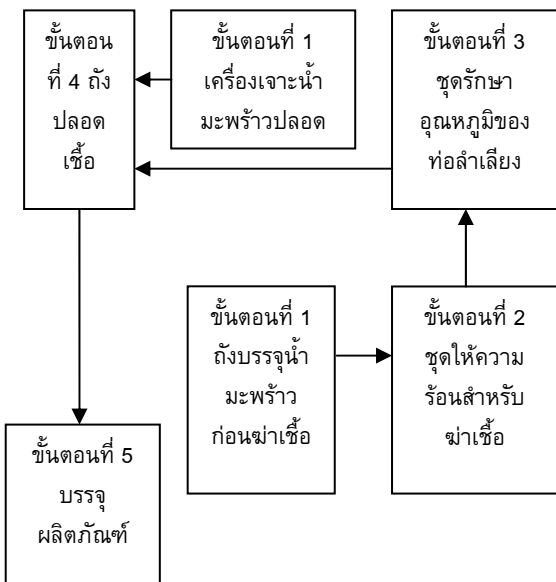
เหตุนี้เองอุปกรณ์แยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อสามารถทำได้โดยใช้หลักการใช้เข็มเจาะผ่าผิวหนังของมะพร้าวและทำการดูดน้ำมะพร้าว โดยใช้หลักการเดียวกันกับการทดลอง แต่การดูดน้ำมะพร้าวจะต้องอากาศที่สะอาดหรือใช้ก๊าซไนโตรเจนซึ่งไม่มีเชื้อปนเปื้อนในอากาศเป็นตัวดันให้น้ำมะพร้าวออกทางหัวเข็มผ่านและเก็บไว้ในถังปลอดเชื้อ เพราะฉะนั้นขั้นตอนของการทำความสะอาด (CIP) และการฆ่าเชื้อ (Sterilization) ที่หัวเข็มและระบบท่อลำเรียงน้ำมะพร้าว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้ระบบปลอดเชื้อ

**5. แนวทางและรายละเอียดของการออกแบบเครื่องแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อ**

การทำงานของเครื่องแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อจะทำให้หลักของเข็มเจาะเข้าไปในลูกมะพร้าวซึ่งในเข็มเจาะจะต้องมีท่อที่จะนำก๊าซที่สะอาดปลอดเชื้อดันเข้าไปสร้างความดันในลูกมะพร้าวและน้ำมะพร้าวสามารถที่ถูกลำเลียงผ่านเข็มหัวเจาะเดียวกันเพื่อเข้าไปสู่ระบบท่อเพื่อเก็บเข้าไปในถังปลอดเชื้อ โดยเครื่องดูดน้ำมะพร้าวนี้จะต้องเข้าแทรกต่อในระบบของการผลิตน้ำมะพร้าวสำหรับงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้วงจรการผลิตน้ำมะพร้าวแบบเดิมดังแสดงในรูปที่ 1



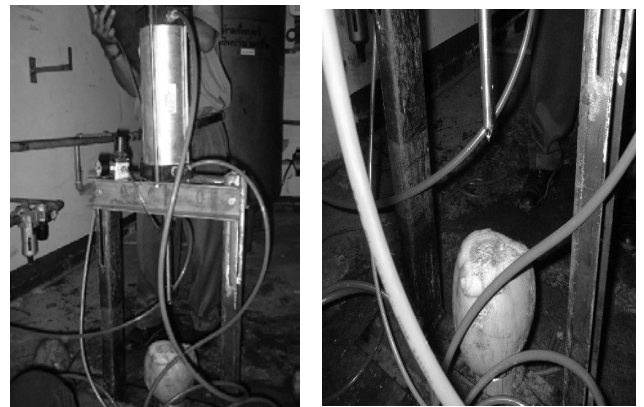
รูปที่ 2 รูปแบบและข้อต่อของหัวเจาะที่จะใช้เจาะมะพร้าวโดยมีท่อนำก๊าซและท่อลำเลียงมะพร้าวอยู่ในเข็มเดียว



รูปที่ 1 วงจรน้ำมะพร้าวที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีเครื่องเจาะน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อติดตั้งเพิ่ม

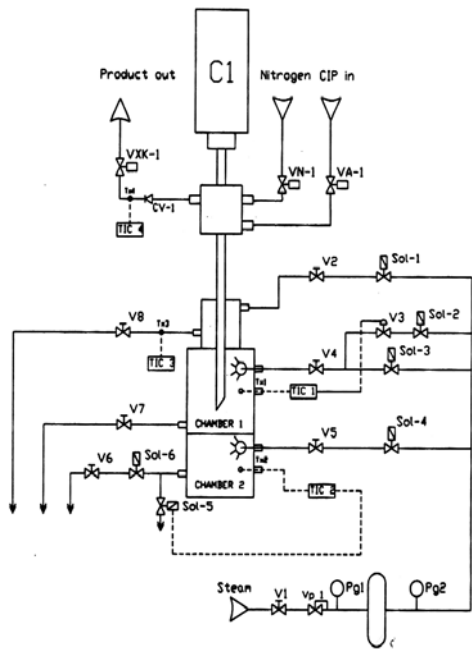
ส่วนขั้นตอนของการทำความสะอาด (CIP) และ Sterilization ของระบบท่อในระบบเดิมสามารถทำได้โดยใช้หลักการเดิม อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลในเครื่องเจาะจะต้องมีการปรับเปรียบเพื่อให้สอดคล้องต่อการทำ CIP และ Sterilization ของหัวเจาะ

เพื่อทำการตรวจสอบการทำงานของเข็มหัวเจาะ ขนาดและรูปแบบของหัวเจาะได้ถูกสร้างดังแสดงในรูปที่ 2 และการทดลองการทำงานของหัวเจาะโดยใช้ก๊าซดันและการเจาะจะแสดงอยู่ในรูปที่ 3 ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมะพร้าวจะถูกดันขึ้นมาที่ท่อของเข็มหัวเจาะ อย่างไรก็ตามจะมีการรั่วที่บริเวณร่องเจาะของเข็มน้ำมะพร้าวถ้าแรงดันของก๊าซมีแรงดันสูง และการบาดของเปลือกมะพร้าวบางเกินไปส่งผลให้การป้องกันการรั่วโดยกากมะพร้าวไม่เป็นได้ดี



รูปที่ 3 แสดงการทดลองการทำงานของเข็มเจาะ

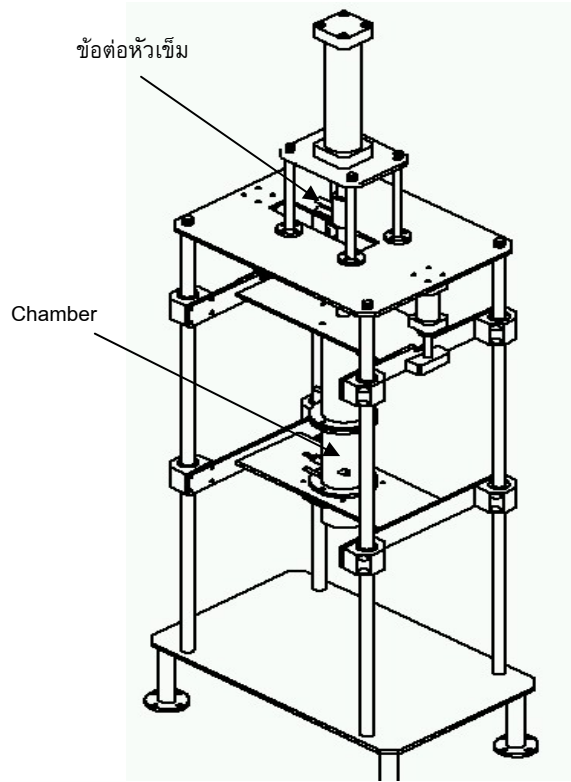
เพื่อป้องกันการติดเชื้อของเข็มหัวเจาะการติดตั้งอุปกรณ์ที่ให้ไอน้ำทำการฆ่าเชื้อและรักษาความดันในระหว่างทำการเจาะจึงจำเป็นต้องการสร้างเครื่องเจาะดังแสดงในชุดวงจรของหัวเจาะในรูปที่ 4 และรูปแบบของเครื่องเจาะน้ำมะพร้าวจะแสดงอยู่ในรูปที่ 5 ซึ่งประกอบไปด้วยโครงยึด Chamber และที่ติดตั้งลูกสูบ



รูปที่ 4 วงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องเจาะแบบปลอดเชื้อ

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าเครื่องเจาะมะพร้าวจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญดังต่อไปนี้

- (1) เข็มเจาะที่มีท่อต่อสำหรับการทำความสะอาดแบบ CIP และท่อต่อสำหรับการให้ก๊าซไนโตรเจนทำการดันน้ำมะพร้าวออก
- (2) ลูกสูบที่ควบคุมการทำงานโดยใช้นิวเมตริก
- (3) วาล์วต่างๆที่ควบคุมการเปิดปิดโดยใช้ชุด Solenoid เป็นตัวทำงาน
- (4) ห้อง Chamber หนึ่งและสองเพื่อทำการรักษาอุณหภูมิโดยมีท่อนำไอน้ำเข้าไปใน Chamber เพื่อรักษาการปลอดเชื้อในห้อง
- (5) ชุดประคองเข็มที่มีไอน้ำเลี้ยงเพื่อทำการรักษาการปลอดเชื้อ
- (6) ชุดตรวจจับอุณหภูมิที่ห้อง Chamber ทั้งสอง ชุดประคองเข็มและ ท่อทางออกของเข็มหัวเจาะในระหว่างการทำ Sterilization
- (7) ชุดพ่นไอน้ำที่ทากมะพร้าวก่อนทำการเจาะเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อที่ทากมะพร้าว



รูปที่ 5 เครื่องแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อ

## 6. สรุป

- (1) การใช้เข็มเจาะผ่านทากมะพร้าวที่ทำการฆ่าเชื้อที่ผิว และเข็มก่อนทำการเจาะจะไม่ก่อให้เกิดการติดเชื้อที่น้ำมะพร้าว
- (2) การทดสอบการใช้เข็มเจาะเพื่อการดูดและส่งก๊าซผ่านเข็มเจาะร่วม แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ที่จะสร้างเครื่องเจาะน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อโดยใช้หลักการดันก๊าซผ่านเข็มเจาะ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการเจาะการรั่วจะขึ้นอยู่กับขนาดของทากมะพร้าว ขนาดของเข็มเจาะ และแรงของก๊าซที่ใช้ในการดัน
- (3) แนวทางและรูปแบบของเครื่องแยกน้ำมะพร้าวแบบปลอดเชื้อในงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอแนะสิ่งที่จำเป็นต่อการสร้างเครื่อง แต่อย่างไรก็ตาม การสร้าง ทดสอบ พร้อมกับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเจาะที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้อ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของเครื่อง เพื่อป้องกันการติดเชื้อในกระบวนการผลิต

## เอกสารอ้างอิง

- [1] U. S. Food and Drug Administration (FDA) 5600 Fishers Lane, Rockville MD 20857-0001, 1-888-INFO-FDA (1-888-463-6332) <http://www.fda.gov>
- [2] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา <http://www.fda.moph.go.th>

- [3] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 214 ) พ.ศ.2543 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท <http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf230.htm>
- [4] สุวิมล กิริติพิบูล และ บัณฑิต ประดิษฐาณรงค์ (แปลและเรียบเรียง), 'การควบคุมจุลินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร' สำนักพิมพ์ ส.ส.ท สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ISBN 974-8329-80-1, 2545
- [5] สุมาลี เหลืองสกุล, คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร , ISBN 974-596-935-4, 2540
- [6] พจนีย์ โกมลภิส ,แบคทีเรียพื้นฐาน พิมพ์ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536
- [7] Russell, A. D., Hugo, W.B. and Ayliffe,G.A.J, 'Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization', Blackwell science