

# วิจัยออกแบบเครื่องทำความสะอาดขิง

## Design and Development of Ginger Washer

วิบูลย์ เทเพนทร์<sup>1</sup>                      ไมตรี แนวนพนิช<sup>1</sup>                      สุภัทร หนูสวัสดิ์<sup>1</sup>  
อุทิศ แสงวงษา<sup>1</sup>                      เวียง อากรณี<sup>1</sup>  
Viboon Thepent<sup>1</sup>                      Maitri Naewbanij<sup>1</sup>                      Supat Nusavat<sup>1</sup>  
Utis Sangwongsa<sup>1</sup>                      Weang Arekornchee<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The machines developed for cleaning ginger are composed of three compartments : washer, spinner (water eliminator) and dryer. The washer is 138 cm in width 320 cm in length and 162 cm in height. This machine is a spray-type washer, consists of a horizontal conveyor, chain-link wire mesh, which carries ginger through a cabinet in which it is sprayed from all angles (including below) with high pressure water jets. The speed of conveyor can be varied from 1.5 to 6.0 m/s using a 1/2 hp electric motor and variable speed control gear box. Nozzles are fixed on 4 booms which located on top of the chain conveyor and 4 similar booms located under the chain conveyor. Each boom line 65° with the direction of chain conveyor, during the operation each boom will swing back and forth with the degree of 70°. This ginger washer has a capacity of 1 ton/hr, the water consumption is 140-450 lit/min at 100-300 psi. The washed ginger, then put in the plastic baskets and eliminate water using the designed spinner. This spinner. has a capacity of 80 kg in 1 minute for one batch (4 baskets) using a 1 hp electric motor and the angular velocity of 115 rpm. The dryer was designed for exported ginger, which is a tunnel dryer using heated air. This machine consists of a horizontal conveyor which carries ginger through a tunnel in which heated air is forced in counter direction and has a capacity of 900-1300 kg/hr.

**Keywords :** ginger washer, dryer

### บทคัดย่อ

เครื่องทำความสะอาดขิง ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น มีขนาดกว้าง 138 ซม. ยาว 320 ซม. สูง 162 ซม. เป็นแบบสายพานลำเลียงขิงผ่านหัวฉีดน้ำซึ่งสายไปมาได้ สายพานลำเลียงใช้ลวดสเตนเลสถักตาสี่เหลี่ยมขนาด 1.9 ซม. หน้ากว้าง 80 ซม. สายพานลำเลียงนี้ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1/2 แรงม้า ปรับ

ความเร็วสายพานได้ในช่วง 1.5-6.0 ม./นาที หัวฉีดน้ำมีทั้งหมด 8 ชุด วางขนานกับสายพานลำเลียงโดยทำมุม 65° กับทิศทางการเคลื่อนที่ของสายพานอยู่เหนือสายพานลำเลียงและอยู่ใต้สายพานลำเลียงอย่างละ 4 ชุด ชุดหัวฉีด แต่ละชุดจะโยกไปมาได้ เพื่อให้หัวฉีดล้างได้ทุกซอกทุกมุม โดยจะสายทำมุมได้ 70° ขับเคลื่อนผ่านระบบโซ่เกียร์ทด และชุดลูกเบี้ยว ใช้มอเตอร์ ขนาด 1/4 แรงม้า

<sup>1</sup> กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ค.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

<sup>1</sup> Post-Harvest Engineering Research Group, Khlong Nung, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

เครื่องล้างขิงใช้ล้างขิงอ่อน ขิงกระเทย และขิงแก่ ได้ในอัตรา 1 ตัน/ชม โดยต่อเข้ากับปั้มน้ำแรงดันสูงใช้ปริมาณน้ำ 150-450 ลิตร/นาที ที่แรงดัน 7-21 กก./ชม.<sup>2</sup> (100-300 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) ขิงที่ล้างแล้วนำไปใส่ตะกร้าพลาสติกไปสไลด์น้ำโดยเครื่องสไลด์น้ำที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น เป็นแบบใช้แรงเหวี่ยงหมุนด้วยความเร็วรอบ 115 รอบ/นาที ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า สไลด์น้ำออกจากขิงได้ครั้งละ 4 ตะกร้า จำนวน 80 กก. ใช้เวลา 1 นาที ในกรณีที่ใช้จะบรรจุกล่องเพื่อส่งออกต่างประเทศ จะต้องแห้งสนิทดีโดยนำไปเป่าแห้งโดยใช้ชุดเป่าแห้งที่ได้พัฒนาขึ้น ใช้แบบสายพานลวดถักขับผ่านอุโมงค์กลม ตัวเครื่องมีขนาดกว้าง 110 ซม. ยาว 700 ซม. สูง 160 ซม. ภายในอุโมงค์ลมจะมีลมร้อนและลมเย็นเป่าสวนทิศทางการเคลื่อนที่ของขิงลมร้อนใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง มีพัดลม 3 ชุด แต่ละชุดใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ชุดเป่าแห้งมีอัตราการทำงานประมาณ 900-1300 กก./ชม.

คำหลัก : เครื่องล้างขิง เครื่องเป่าแห้งขิง

## คำนำ

ในปี 2531/2532 มีผลผลิตขิงที่ปลูกในประเทศจำนวน 147,707 ตัน และส่งออกในรูปขิงสด จำนวน 8,718 ตัน มูลค่า 72.6 ล้านบาท และในปี 2535 ปริมาณการส่งออกในรูปขิงสด จำนวน 20,511 ตัน มูลค่า 265.3 ล้านบาท ขิงที่ส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ จะเป็นขิงแก่ ซึ่งจะเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ในช่วงนี้จะมีปริมาณขิงออกสู่ตลาดมากทำให้มีปัญหาด้านแรงงานและพื้นที่ที่ใช้ล้างขิง การล้างขิงที่ปฏิบัติอยู่ทั่วไปจะใช้วิธีเทขิงกองรวมกันแล้วจึงใช้สายยางฉีดน้ำล้างเอาดินและสิ่งเจือปนที่ติดมากับขิงออก บริเวณที่ล้างก็จะใกล้กับแหล่งน้ำ การล้างโดยวิธีนี้จะทำให้ขิงเสียหายได้ เนื่องจากการเทกองรวมกัน ทำให้เกิดการแตกหัก สำหรับขิงสดที่ส่งออกไปไม่สามารถล้างโดยวิธีนี้ได้ การล้างจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการหักหรือซ้ำได้ อันจะทำให้เกิดการเน่าเสียหายในระหว่างการขนส่ง ขิงที่ล้างสะอาดแล้วจะนำไปเคลือบไขชุบน้ำยาป้องกันเชื้อราแล้วจึงนำไปตากแดด โดยการวางขิงให้ตั้งขึ้น ในกรณีที่มีแดดจัดก็จะ

ใช้เวลาประมาณ 2 ชม. การปฏิบัติโดยวิธีนี้จะทำให้สีผิวของขิงไม่สวย โดยสีจะซีดจางลง การทำแห้งโดยวิธีที่ถูกต้องคือ การผึ่งในร่มใช้พัดลมเป่า ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้จะใช้ทั้งแรงงานคนและพื้นที่มาก การนำเครื่องจักรกลเพื่อนำมาช่วยในการล้างและเป่าแห้ง จะทำให้ขิงที่ผลิตได้มีคุณภาพดีทั้งยังช่วยลดแรงงานได้อีกด้วย

Henderson and Perry (1982) ได้จำแนกลักษณะการล้างผักและผลไม้ได้ 5 แบบ คือ

1. การแช่ในน้ำหรือสารเคมี ซึ่งวิธีนี้จะใช้ได้ผลในกรณีที่มีสิ่งเจือปนที่ติดมา มีอยู่ในปริมาณที่ไม่มาก น้ำที่ใช้แช่อาจอยู่นิ่งหรือมีการไหลวนก็ได้ วิธีนี้ส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ในการล้างผักและผลไม้
2. ใช้น้ำฉีด การใช้น้ำฉีดนี้มีตั้งแต่ใช้หัวฉีดมุมกว้างแรงดันต่ำ จนกระทั่งถึงแบบหัวฉีดตรงแรงดันสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฉีดล้างสูง การใช้น้ำฉีดนี้สามารถใช้ได้กับผลผลิตผลการเกษตรได้เกือบทุกชนิด แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของการวางตำแหน่งหัวฉีด และแรงดันน้ำที่ จะมีผลต่อคุณภาพ

3. ใช้ถังหมุน แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะระบบการล้างได้ต่อเนื่อง ง่ายและความสามารถในการทำงานได้เร็ว ผลผลิตที่นำมาล้างเสียหายน้อย ถังหมุนนี้อาจแช่อยู่ในน้ำหรือใช้ร่วมกับการใช้น้ำฉีดก็ได้ การชะล้างสิ่งเจือปนจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของถังหมุน ผิวของถังและเวลาที่ผลผลิตอยู่ในถัง

4. ใช้แปรงขัด การล้างโดยวิธีนี้จะใช้แบบแปรงที่มีขนแปรง ทำด้วยใยมะพร้าว ยางฟองน้ำ หรือขนแปรงพลาสติกก็ได้ แปรงจะเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งจะหมุนรอบตัว อาจหมุนอยู่ในน้ำหรือมีน้ำฉีดด้านบน การหมุนของแปรงจะทำหน้าที่ทั้งทำความสะอาดและทำให้ผลผลิตเคลื่อนที่ไปด้วย การล้างวิธีนี้จะได้ผลดีกับผลผลิตที่มีดินทราย หรือดินร่วนติดมา หรืออาจเป็นการล้างเอาสารเคมีที่ตกค้างออก

5. เครื่องเขย่าหรือเครื่องขัด การล้างโดยวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับผลผลิตผลการเกษตรที่เสียได้ง่าย เครื่องจะทำงานโดยการโยกหรือเขย่าไปมา สิ่งเจือปนจะหลุดผ่านรูตะแกรงลงด้านล่าง

John (1978) ได้รายงานว่าการล้างพืชหัว

ในเครื่องแบบใช้ถังหมุนจะใช้น้ำในปริมาณ 180-270 ลิตร/ตันผลผลิต หรือในราว 14,000 ลิตร/ชม. ซึ่งสามารถล้างผลผลิตได้ 5-6 ตัน ในกรณีของเครื่องล้างแบบใช้แปรงหมุน และยังได้กล่าวไว้ด้วยว่าการล้างโดยใช้หัวฉีดและปั๊มจะต้องเลือกแบบ และขนาดของหัวฉีดให้เหมาะสมกับผลผลิตที่นำมาล้างเพื่อป้องกันการเสียหายและการอุดตันของหัวฉีด และการนำน้ำมาหมุนเวียนใช้อาจก่อให้เกิดปัญหาหัวฉีดอุดตันได้ สำหรับการล้างผักสด โดยการลำเลียงบนสายพานผ่านหัวฉีดซึ่งมีความยาวสายพาน 5.6 เมตร ความกว้าง 1.1 เมตร จะใช้น้ำในปริมาณสูงถึง 22,800 ลิตร/ชม. ที่ความดัน 40-50 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup> การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่จะต้องผ่านการกรองที่ดี

ขั้นตอนของการทำขิงเขียว นำขิงที่ล้างทำความสะอาดตัดรากและใบออกแล้วเอาไปตากแดด เป็นเวลา 1 วัน หรือบางครั้งอาจแช่น้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ขิงมีผิวที่สวยงาม แล้วนำออกตากแดดนำส่งตลาดขายเป็นขิงเขียว (ธงชัย, 2530)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อออกแบบสร้างเครื่องทำความสะอาดขิง ซึ่งจะรวมทั้งการล้างและการเป่าแห้ง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้เครื่องล้างขิงที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับสภาพการผลิตขิงเพื่อการส่งออก

## อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเครื่องล้างขิง ได้แก่ หัวฉีดแบบต่างๆ ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับขิง แรงดันน้ำที่ระดับต่างๆ เวลาที่ฉีด และปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้ได้ขิงที่ล้างแล้วสะอาด ไม่เสียคุณภาพ เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงนำมาออกแบบเครื่องล้าง โดยเลือกใช้แบบสายพานลำเลียงขิงให้ผ่านหัวฉีดน้ำ สายพานที่ใช้เป็นแบบลวดตาข่ายถัก เพื่อให้ น้ำฉีดผ่านได้ รวมทั้งสิ่งเจือปนที่ติดมากับขิงจะตกลงสู่ที่รองรับ ในการออกแบบเครื่องล้างนี้จะต้องศึกษาลักษณะการวางหัวฉีดเพื่อให้สามารถฉีดล้างได้ทุกซอกทุกมุม รวมทั้งความเร็วของสายพานต้องพอเหมาะเมื่อได้แบบที่ต้องการแล้วจึงดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องล้าง จากนั้นทดสอบการทำงานเพื่อหา

ประสิทธิภาพความสามารถในการทำงานและหาข้อบกพร่องในการทำงาน เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบนำไปทดสอบใช้งานจริงในแหล่งปลูกขิง สำหรับการออกแบบเครื่องสลัดแห้งจะต้องศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วเชิงเส้นและเวลาที่เหมาะสม ความสะดวกในการปฏิบัติงาน ประสิทธิภาพในการสลัดน้ำออก (คำนวณได้จากน้ำหนักน้ำที่สามารถสลัดได้ต่อปริมาณน้ำทั้งหมดของขิงหลังการจุ่มน้ำ) การนำขิงเข้าและออกจากเครื่อง โดยความสามารถในการทำงานจะต้องสัมพันธ์กับเครื่องล้างขิง

ในกรณีของขิงที่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศจะต้องแห้งสนิท แล้วจึงนำไปบรรจุกล่อง ขิงที่ทำความสะอาดจากเครื่องล้างแล้วต้องนำมาเป่าแห้ง โดยการออกแบบเครื่องเป่าแห้งซึ่งเป็นแบบอุโมงค์ลม เป่าลมร้อนที่แห้งผ่านขิงที่ลำเลียงอยู่บนสายพาน โดยมีทิศทางเคลื่อนที่สวนทางกัน เครื่องเป่าแห้งที่ออกแบบสร้างขึ้นนำมาทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ ศึกษาอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณลมที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบคุณภาพกับขิงที่ตากแห้ง โดยอาศัยแสงแดดและขิงที่ผึ่งในร่ม

## ผลการทดลองและวิจารณ์

หัวฉีดที่ใช้อยู่ทั่วไปจะมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบฉีดเป็นรูปกรวย แบบฉีดน้ำเป็นแผ่น (Fan Type) และแบบฉีดเป็นเส้นตรง การใช้หัวฉีดแบบรูปกรวยจะใช้แรงดันน้ำต่ำไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการฉีดล้างขิง เนื่องจากดินและสิ่งเจือปนที่ติดมาจะหลุดออกไม่หมด จึงได้ศึกษาหัวฉีด 2 แบบ คือ หัวฉีดน้ำเป็นแผ่นและแบบฉีดเป็นเส้นตรงโดยศึกษาแรงดันระดับต่างๆ วัดหาอัตราการใช้น้ำ หัวฉีดที่นำมาใช้ในการทดสอบ เป็นหัวฉีดที่ใช้สำหรับพ่นสารฆ่าแมลงที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ช่างในหัวฉีดจะเป็นเกลียวเพื่อทำให้น้ำหมุนวน ทำให้ฉีดน้ำออกมาเป็นรูปกรวย ในการทดสอบได้ตัดใส่ในที่เป็นเกลียวออกเพื่อทำให้น้ำฉีดเป็นเส้นตรง สำหรับการฉีดน้ำเป็นแผ่นบางได้ผ่าหัวเพื่อเปิดรูให้เป็นรูวงรี จากการทดสอบ ที่ความดัน 2.1-3.5 กก/ชม<sup>2</sup> (30-50 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) พบว่า หัวฉีดแบบ

ฉีดเป็นเส้นตรงมีอัตราการใช้น้ำ 1.1-3.0 ลิตร/นาที่ และหัวฉีดแบบฝ้ามืดอัตราการใช้น้ำ 1.4-1.8 ลิตร/นาที่ ที่ความดัน 2.1-3.5 กก./ซม<sup>2</sup> (Table 1)

จากการทดสอบในครั้งแรกพบว่า หัวฉีดแบบฉีดน้ำเป็นเส้นตรงมีการอุดตันได้ง่ายกว่าแบบหัวฝ้ามืด เนื่องจากไม่มีการกรองน้ำ ดังนั้นในการทดสอบเพื่อหา ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับขึงและแรงดันที่เหมาะสม จึง ได้ศึกษาเฉพาะหัวฉีดแบบฝ้ามืดซึ่งมีรูเปิดโตกว่าแบบรูกลมใน

การทดสอบใช้หัวฉีดเดียวกับปั๊มอัดฉีดที่มีแรงดันสูงสามารถปรับแรงดันได้ถึง 50 กก./ซม<sup>2</sup> (711 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) ผลการทดลองพบว่า ที่ระยะห่างระหว่างขึงกับหัวฉีด 30 ซม. มีความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งหัวฉีดซึ่งจะใช้หัวฉีดน้อยกว่าแบบรูกลมที่ฉีดน้ำเป็นเส้น และไม่มีผลต่อคุณภาพของขึงในช่วงแรงดันน้ำ 10-30 กก./ซม<sup>2</sup> (142-426 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) โดยมีอัตราการใช้น้ำ 300-554 ลิตร/นาที่/หัวฉีด (Table 2)

Table 1. Effect of water pressure and nozzle adjustment on water consumption and spray width for jet type nozzle and fan type nozzle.

| water pressure (kg/cm <sup>2</sup> ) | 2.1  |      |      |     | 2.8  |      |      |      | 3.5  |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 0    | 1/4  | 1/2  | 3/4 | 0    | 1/4  | 1/2  | 3/4  | 0    | 1/4  | 1/2  | 3/4  |
| <b>Jet - type nozzle</b>             |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Spray width (cm)*                    | 50.3 | 14.7 | 10.0 | 7.0 | 51.7 | 15.7 | 12.7 | 8.3  | 50.7 | 18.0 | 12.7 | 9.0  |
| Standard error of mean               | 0.6  | 0.6  | 0.0  | 1.7 | 2.9  | 2.1  | 2.1  | 0.6  | 1.1  | 3.0  | 3.0  | 1.0  |
| Spray width (cm)*                    | 1.1  | 1.6  | 1.7  | 1.8 | 1.2  | 1.8  | 2.0  | 2.0  | 1.4  | 2.1  | 2.3  | 2.3  |
| Standard error of mean               | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.0  |
| <b>Fan-type nozzle</b>               |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Spray width (cm)*                    | 7.3  | 11.0 | 10.0 | 9.3 | 9.0  | 12.7 | 11.0 | 11.7 | 10.0 | 14.3 | 12.0 | 12.7 |
| Standard error of mean               | 0.6  | 0.0  | 1.0  | 1.5 | 1.0  | 0.6  | 2.0  | 1.5  | 1.7  | 0.6  | 1.0  | 1.5  |
| Spray width (cm)*                    | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4 | 1.7  | 1.6  | 1.7  | 1.7  | 1.8  | 1.9  | 1.9  | 1.8  |
| Standard error of mean               | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |

\*Average of three samples.

Table 2. Effect of pressure on water flow rate fan-type nozzle.

| Water Pressure, (kg/cm <sup>2</sup> ) | Water flow rate, (lit/hr) |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 10                                    | 300                       |
| 20                                    | 450                       |
| 30                                    | 554                       |

เครื่องล้างที่ออกแบบขึ้นใช้สายพานขนาดกว้าง 80 ซม. เพื่อให้สามารถป้อนขิงเข้าเครื่องโดยใช้คนป้อนได้ทั้งสองด้าน และใช้ความเร็วสายพานต่ำโดยมีความสามารถเท่ากับสายพานหน้าแคบแต่ใช้ความเร็วสูง ซึ่งลดการสึกหรอได้ สายพานลำเลียงนี้ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า ผ่านเกียร์ทดที่สามารถปรับความเร็วของสายพานได้ในช่วง 1.5-6.0 เมตร/นาที ช่วงล้างขิง (ไม่รวมส่วนที่ป้อนขิงเข้าและเอาขิงออกจากเครื่อง) มีความยาว 2 เมตร การติดตั้งหัวฉีดจะมีทั้งด้านบนและด้านล่างของสายพานลำเลียง เพื่อฉีดเอาดินและสิ่งเจือปนออกให้หมด โดยไม่ต้องพลิกกลับแรงขิง หัวฉีดจะมีทั้งหมด 8 ชุด ด้านบน 4 ชุด ด้านล่าง 4 ชุด แต่ละชุดจะวางทำมุม 65° และ 105° กับทิศทางการเคลื่อนที่ของสายพานสลับกันมุมละ 2 ชุด ซึ่งแนวด้านบนกับด้านล่างจะตรงกัน หัวฉีด 1 ชุดใช้ท่อน้ำ ขนาด 1.9 ซม. ยาว 120 ซม. มีหัวฉีดจำนวน 6 หัว ระยะห่างระหว่างหัวฉีด 15 ซม. ในการปรับหัวฉีดจะปรับให้แนวผ่าทำมุม ~ 2-3° กับแนวท่อ เพื่อให้หน้าฉีดคลุมเต็มพื้นที่ตามความยาวท่อ โดยไม่ทำให้แผ่นน้ำของแต่ละหัวฉีดโดนกันเอง ซึ่งจะทำให้แรงปะทะลดลง หัวฉีดแต่ละชุดจะโยกไปมาได้ตามแนวแกนของท่อโดยจะสายทำมุมในแนวตั้งได้ข้างละ 35° รวมทั้ง 2 ข้างจะสายได้ 70° อุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนเป็นชุดลูกเบี้ยว ก้านโยก เกียร์ทด โซ่ และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า

จากการออกแบบเครื่องล้างใช้หัวฉีดแบบผ่าทั้งหมดจำนวน 48 หัว ซึ่งใช้น้ำในอัตรา 21,600 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 20 กก./ชม.<sup>2</sup> (284 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) หรือ 14,400 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 10 กก./ชม.<sup>2</sup> (142 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในสภาพใช้งานจริง โดยการล้างขิงตลาดซึ่งเป็นขิงที่ใช้บริโภคภายในประเทศ พบว่าที่แรงดัน 7 กก./ชม.<sup>2</sup> (100 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) สามารถล้างได้สะอาด โดยมีความสามารถในการทำงาน 1 ตัน/ชม. สำหรับขิงที่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ จะต้องใช้ปั๊มน้ำแรงดันสูง โดยปรับแรงดันน้ำที่ 20 กก./ชม.<sup>2</sup> (284 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>) ขิงที่ได้จะมีความสะอาด อัตราการใช้น้ำที่วัดได้จริงจะมากกว่าที่คำนวณได้ เนื่องจากหัวฉีดแต่ละหัวที่นำมาผ่าจะมีขนาดรูใหญ่เล็กไม่เสมอกัน

ขิงที่จำหน่ายตลาดภายในประเทศเมื่อล้างเสร็จไม่จำเป็นต้องตากให้แห้งสนิท ในการออกแบบเครื่องสลัดแห้ง ซึ่งจะสลัดน้ำที่ใช้ล้างขิงออกจากแรงขิง ทำให้ขิงแห้งแบบหมาดๆ การสลัดแห้งจะใช้แบบถึงหมุนเพื่อใช้แรงเหวี่ยงให้น้ำหลุดออก ซึ่งจะทำให้เป็นครั้งๆ ไม่ต่อเนื่อง ขิงเมื่อล้างเสร็จจะบรรจุในตะกร้าพลาสติกสีเหลืองที่นิยมใช้กันทั่วไป สามารถบรรจุขิงได้ตะกร้าละประมาณ 15-20 กก. เครื่องสลัดแห้งที่ออกแบบขึ้นนี้ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า สามารถบรรจุได้ 4 ตะกร้า โดยมีฝาปิดตะกร้าและอุปกรณ์ยึดตะกร้าติดกับเครื่อง ซึ่งสามารถถอดเข้าออกได้ง่าย ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 115 รอบ/นาที และเวลาที่ใช้ในการสลัดแห้ง 1-1.5 นาที สามารถสลัดน้ำออกจากขิงได้ 43-50% (Table 3)

เครื่องเป่าแห้งที่ออกแบบขึ้นเป็นแบบสายพานลำเลียง (ใช้ลวดถักตาสีเหลือง) ผ่านอุโมงค์ลมที่เป่าลมร้อนใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง และลมธรรมชาติ มีพัดลม 3 ชุด แต่ละชุดใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า โดยมีช่วงเป่าลมร้อนยาว 2.50 ม. และช่วงเป่าลมธรรมชาติ 2.50 ม. โดยระหว่างกลางจะมีช่องสำหรับเปิด-ปิดได้เพื่อให้อากาศนอกเข้าไปผสมได้ และมีความยาวช่วงป้อนและเอาขิงออกจากเครื่องอีกข้างละ 50 ซม. ลมที่เป่าภายในอุโมงค์จะเป่าสวนทิศทางการลำเลียงขิง เพื่อให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง ความกว้างสายพานลำเลียงเท่ากับ 80 ซม. ซึ่งเท่ากับความกว้างสายพานลำเลียงเครื่องล้าง ในกรณีที่ต้องการให้ทำงานแบบต่อเนื่องคือล้างเสร็จแล้วผ่านเครื่องเป่าแห้งเลยก็สามารถทำได้ โดยเพิ่มเติมชุดเครื่องเคลือบไขผสมน้ำยาฆ่าเชื้อรา ความเร็วสายพานลำเลียงเท่ากับ 1.16 ม./นาที

ในการทดสอบเครื่องเป่าแห้งที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90° ซ พบว่า การเปิดอากาศภายนอกตรงช่องกั้นกลางช่องเป่าลมร้อนกับช่วงเป่าลมธรรมชาติ สามารถลดอัตราการใช้ก๊าซลงได้ โดยมีปริมาณน้ำที่ระเหยต่อน้ำหนักขิงเปียกเพิ่มขึ้น (Table 4) ความสามารถในการเป่าแห้ง 900-1300 กก./ชม ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขิงที่ทำให้แห้งโดยเครื่อง เป่าแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 80° และ 85° ซ การตากแดดและการผึ่งในร่มเมื่อแห้งแล้วบรรจุในกล่องกระดาษ รอให้อุณหภูมิของขิง

ลดลง จึงปิดกล่องหลังจากเก็บรักษาไว้นาน 33 วัน พบว่า อุณหภูมิลมร้อน 80° และ 85° ซ ไม่ทำให้คุณภาพของขิงเสื่อม ขิงที่ทำให้แห้งโดยการตากแดด จะมีผิวซีดกว่า

การผึ่งใหม่ และการใช้เครื่องเป่าแห้งเล็กน้อยรวมทั้งผิวจะมีรอยเหี่ยวย่นมากกว่า (Table 5)

Table 3. Percentage of water eliminate at different operating time of spinner.

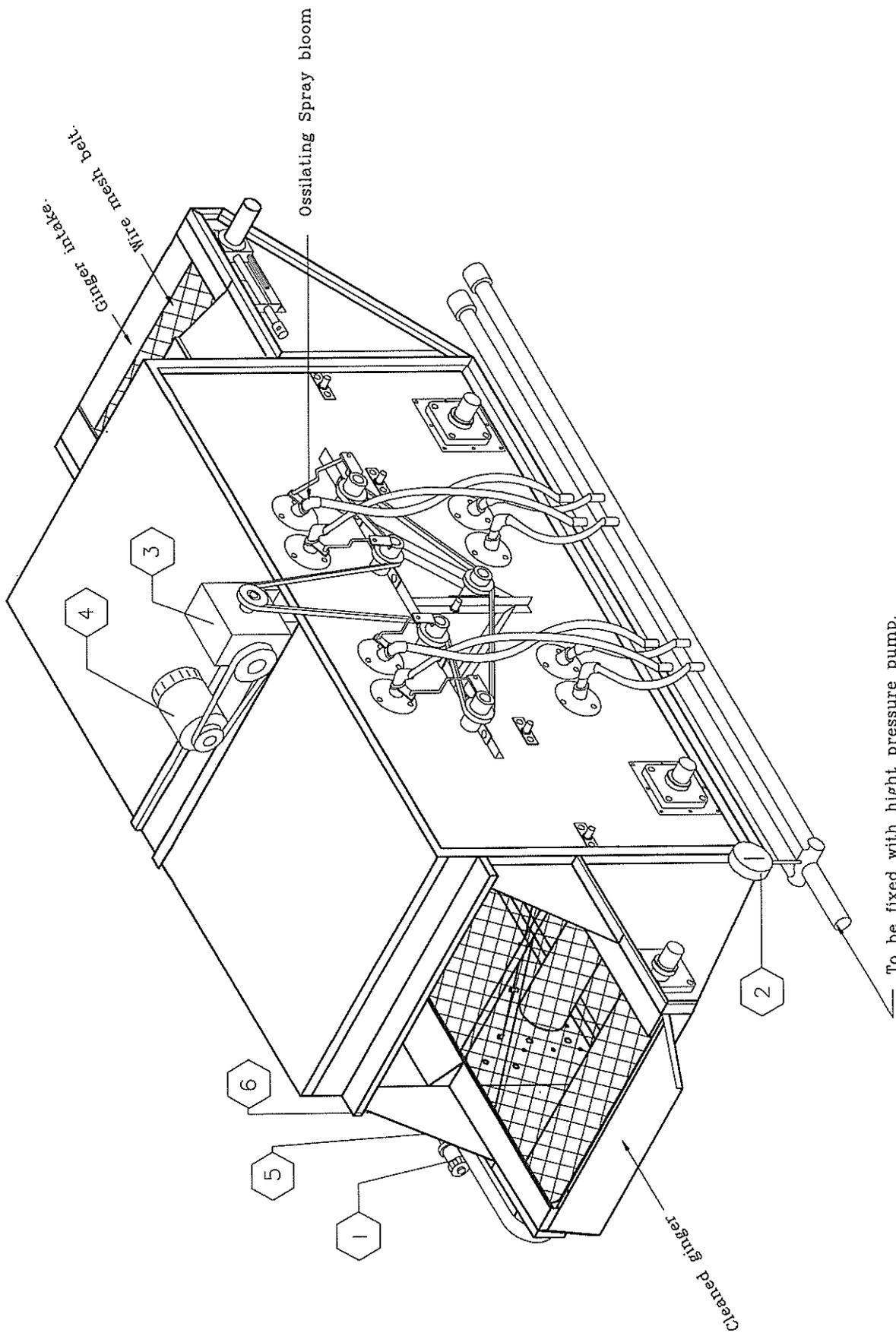
| Basket No.                                 | Weight of dry clean ginger (kg) | Weight of ginger after soaking (kg) | Weight of ginger after spinning |             |             |             |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|  |                                 |                                     | 0.5 min                         | 1 min       | 1.5 min     | 2 min       |
| 1  | 19.5                            | 19.9                                | 19.7 (50.0)                     | 19.7 (50.0) | 19.7 (50.0) | 19.7 (50.0) |
| 2  | 19.8                            | 20.2                                | 20.1 (25.0)                     | 20.0 (50.0) | 20.0 (50.0) | 20.0 (50.0) |
| 3  | 19.7                            | 20.0                                | 19.9 (33.3)                     | 19.9 (33.3) | 19.9 (33.3) | 19.9 (33.3) |
| 4  | 19.3                            | 19.6                                | 19.5 (33.3)                     | 19.5 (33.3) | 19.4 (66.7) | 19.4 (66.7) |
| Percentage of water eliminated from ginger |                                 |                                     | 35.7                            | 42.9        | 50.0        | 50.0        |

Table 4. Percentage of water evaporated base on wet weight of ginger at different drying air temperature.

| Drying air temp. (C) | Position of adjusting valve for intake air | Weight of ginger after washing (kg.) | Weight of ginger after drying (kg.) | Water evaporated (%) | LPG consumption (kg/hr) |
|----------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 70                   | open                                       | 43.9                                 | 43.4                                | 1.1                  | 4.0                     |
| 70                   | close                                      | 47.5                                 | 46.9                                | 1.3                  | 3.2                     |
| 80                   | open                                       | 160.3                                | 157.9                               | 1.5                  | 4.6                     |
| 80                   | close                                      | 166.0                                | 162.7                               | 2.0                  | 4.0                     |
| 90                   | open                                       | 49.5                                 | 48.7                                | 1.6                  | 6.0                     |
| 90                   | close                                      | 49.5                                 | 48.7                                | 1.6                  | 4.7                     |

Table 5. Compare quality of ginger after stored for 33 days at different process of drying.

| Drying Process              | Weight after washing (kg) | Weight after drying (kg) | Water evaporated (% of wet weight ginger) | Quality after stored for 33 days   |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| Drying air temp 80° C       | 13.7                      | 13.5                     | 1.5                                       | good                               |
| Drying air temp 85° C       | 16.7                      | 16.4                     | 1.8                                       | good                               |
| Sun drying for 3.5 hrs.     | 18.9                      | 18.6                     | 1.6                                       | Colour changed, slightly shrinkage |
| Drying in shed for 3.6 hrs. | 15.6                      | 15.3                     | 1.9                                       | good                               |



**Fig. 1 Ginger Washer**

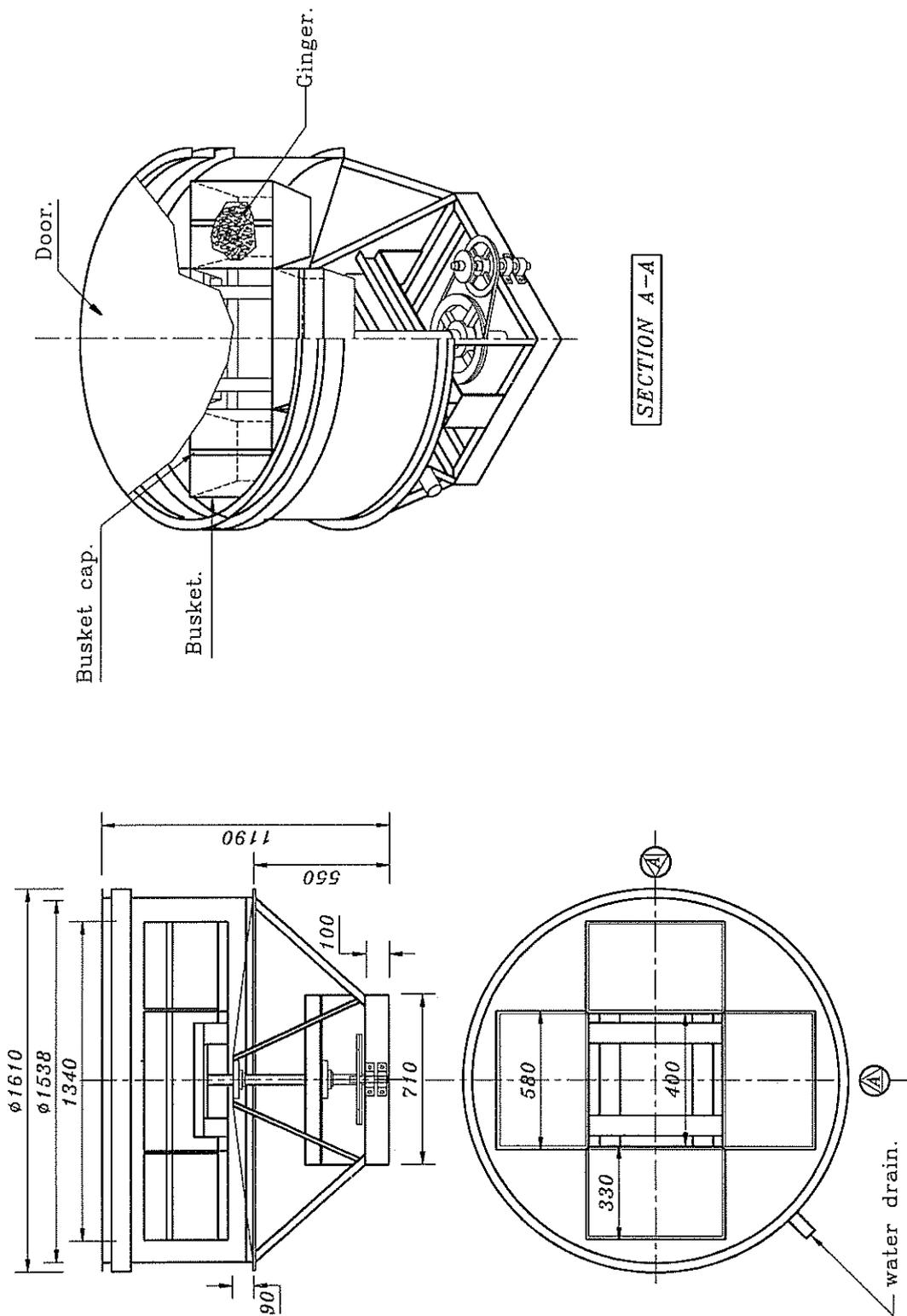


Fig. 2 Ginger Spinner (water eliminator)

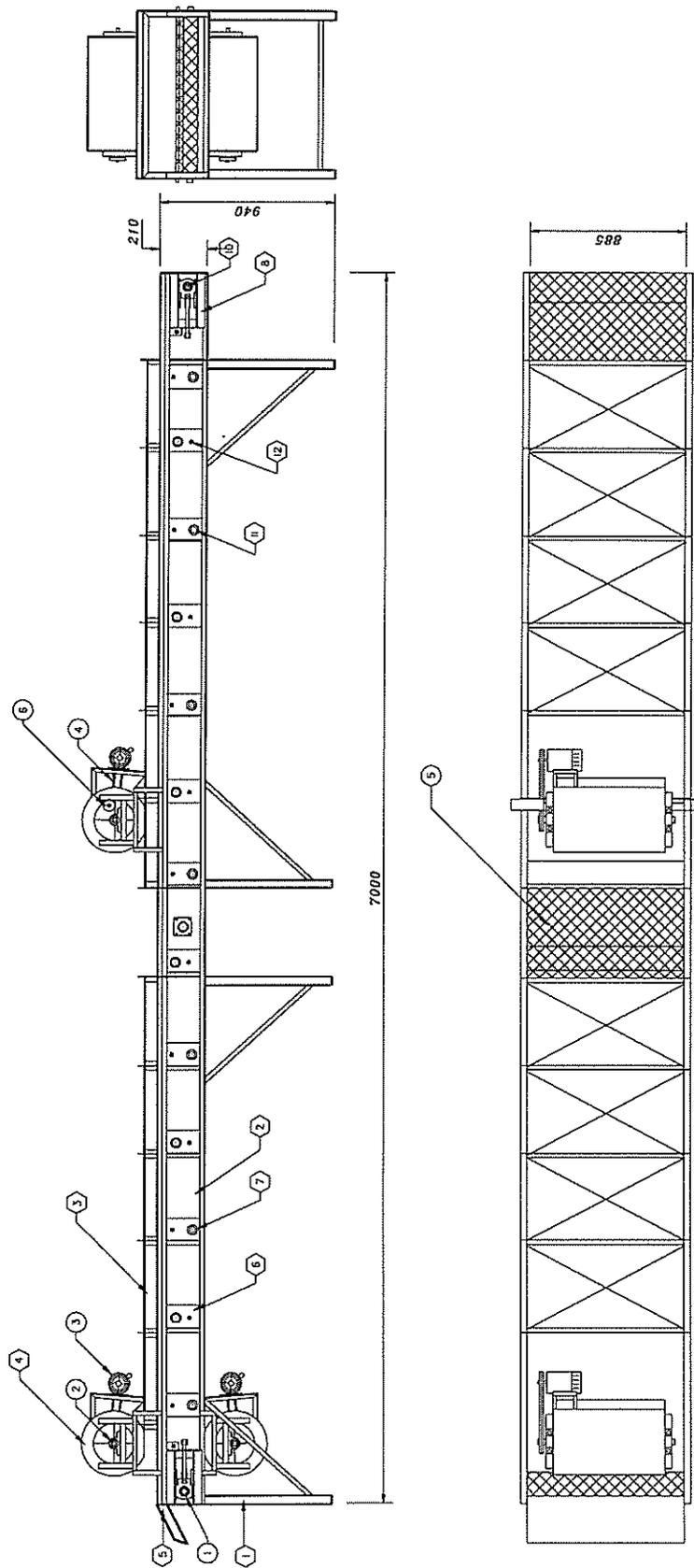


Fig. 3 Ginger Tunnel Dryer

## สรุปผลการทดลอง

1. เครื่องล้างขิงสามารถล้างได้ในอัตรา 1 ตัน/ชม. โดยล้างได้สะอาด เครื่องล้างขิงนี้จะต้องต่อเข้ากับปั้มน้ำที่ให้ปริมาณน้ำ 450 ลิตร/นาที่ ที่ความดัน 20 กก./ชม<sup>2</sup> เครื่องล้างควรตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ในกรณีที่จะใช้น้ำหมุนเวียน จะต้องมีการตกตะกอนที่มีขนาดใหญ่พอ รวมทั้งต้องมีระบบการกรองน้ำที่ดี

2. เครื่องสลัดแห้ง จะใช้ในกรณีขิงที่จำหน่ายตลาดในประเทศ เนื่องจากถ้าใช้เครื่องเป่าแห้งจะเสียค่าใช้จ่ายสูง เครื่องสลัดแห้งจะสลัดน้ำออกจากขิงได้เพียงบางส่วน ขิงจะไม่แห้งสนิท สามารถสลัดแห้งได้ 80 กก. ในเวลา 1 นาที่

3. เครื่องเป่าแห้ง สามารถเป่าแห้งได้ 800-1300 กก./ชม. ขิงที่เป่าแห้งแล้วผึ่งไว้ 30 นาที่ จะแห้งสนิท สามารถบรรจุกล่องเพื่อส่งจำหน่ายยังต่างประเทศได้

## เอกสารอ้างอิง

1. ชงชัย เนมขุนทด. 2530. การปลูกขิง. เรื่องแสงการพิมพ์ 989 ถ.เจริญกรุง บางรัก กรุงเทพมหานคร. 35 หน้า
2. Henderson, S.M.and R.L. Perry. 1982. Agricultural Process Engineering, Third Edition. The AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut, USA. 163-165 pp.
3. John,R.1978. Mechanizing Vegetable Production. Farm Press Ltd. Wharfedale road, Ipswich, Suffolk, Great Britain. 143-144, 157-158 pp.