

# การวิเคราะห์หัตถ์อุตสาหกรรมพืชพันธ์ของการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

## Water Footprint Analysis of Native Tapioca Starch Production of Factory in Ubon Ratchathani Province

โสภิตา สมคิด<sup>1/</sup> อานนท์ มลิพันธุ์<sup>2/</sup> เบนจรัตน์ เลิศการคำสุข<sup>3/</sup>  
Sopita Somkid<sup>1/</sup> Anon Malipan<sup>2/</sup> Bencharat Lertkankasuk<sup>3/</sup>

*Received 27 May 2022/Revised 24 Jun 2022/Accepted 29 Jun 2022*

### ABSTRACT

The water footprint of starch factory in native tapioca starch production is one of the important requirements of the upcoming trends in agricultural exports. Tapioca starch is an important agricultural commodity export of Thailand. Water footprints of world and the county's native tapioca starch are relatively high, but there are apparent variations of the figures among different locations within the country. This research aimed at establishing a water footprint for 1 ton of native tapioca production in Ubon Ratchathani Province. It was carried out by collecting data by interviewing and questioning and analyzing data for water footprint of native starch production cassava of a starch factory in Ubon Ratchathani Province in 2017/2018 to 2020. We found that to produce 1 ton of native starch uses an average 4.35 tons of cassava fresh root, calculated from the average 23% of starch content in the fresh root. The highest water consumption was in the fresh root washing process which used up to 57% of the total water consumption. When analyzing the actual water consumption and the virtual water volume in the starch production, we found that water footprint of 1 ton native starch in the factory was 38.1 m<sup>3</sup> which could be separated into green, blue and grey at 0, 18.7 and 12.5 m<sup>3</sup> respectively. When added to water footprint of raw materials of 253 m<sup>3</sup>/ton fresh root, the native tapioca starch products 1 ton had the total water footprint of 1,132.2 m<sup>3</sup>, separated into green, blue and grey at 925, 18.7 and 187.5 m<sup>3</sup>, respectively. The database obtained from this research will support water footprint product labeling data, improve water consumption management in the processing process and enable environmentally friendly production in the future.

**Keywords :** water footprint, cassava, native tapioca starch

<sup>1/</sup> สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 อ.สว่างวีระวงศ์ จ.อุบลราชธานี 34000

<sup>1/</sup> Office of Agricultural Research and Development Region 4, Sawang Wirawong, Ubon Ratchathani province 34000

<sup>2/</sup> ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130

<sup>2/</sup> Phitsanulok Seed Research and Development Center, Wang Thong district, Phitsanulok province 65130

<sup>3/</sup> สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

<sup>3/</sup> Field and Renewable Crops Research Institute, Department of Agriculture. Chatuchak, Bangkok 10900

\*Corresponding author : [sopita.somkid@gmail.com](mailto:sopita.somkid@gmail.com)

## บทคัดย่อ

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังจะเป็นข้อกำหนดสำคัญประการหนึ่งของสินค้าเกษตรส่งออก ซึ่งผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญของไทย จึงศึกษาเก็บข้อมูลในพื้นที่จริงจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังกรณีศึกษา จ. อุบลราชธานี จากการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตแป้งมันสำปะหลังในปีการผลิต 2560/1-2563/4 โดยการสอบถามและสัมภาษณ์เก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลัง ปริมาณการใช้น้ำและปัจจัยการผลิต จนได้ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งดิบ 1 ตัน ใช้วัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลัง 4.35 ตัน มีปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยร้อยละ 23 ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ มีการใช้ปริมาณน้ำสูงสุดในขั้นตอนการล้างหัวสดร้อยละ 57 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในกระบวนการผลิต เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้และนำมาคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน พบว่า การผลิตแป้งดิบ 1 ตัน มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 31.2 ลบ.ม. แบ่งเป็นกรีน บลู และเกรย์ จำนวน 0, 18.7 และ 12.5 ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อนำมารวมกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบมันสำปะหลังหัวสดเข้าโรงงาน 253 ลบ.ม./ตันหัวสด ตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์แล้ว ทำให้ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 1,132.2 ลบ.ม. เป็นกรีน บลู และเกรย์ จำนวน 925, 18.7 และ 188.5 ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะช่วยสนับสนุนข้อมูลการติดตามวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในอนาคต การปรับปรุงการใช้น้ำในขั้นตอนการแปรรูป จะทำให้เกิดการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

**คำสำคัญ :** วอเตอร์ฟุตพริ้นท์, มันสำปะหลัง, แป้งดิบมันสำปะหลัง

## บทนำ

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (water footprint) เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ สินค้าหรือบริการ เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้วัตถุดิบ การแปรรูปเป็นสินค้าถึงมือผู้บริโภค ทำให้เกิดการตระหนักถึงคุณค่าทรัพยากรน้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในแต่ละขั้นตอน ปัจจุบันยังเป็นมาตรการภาคสมัครใจ และการติดตามวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อาจเป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้าในอนาคต การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิดรวมทั้งผลิตภัณฑ์ เช่น มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าวโพด อ้อย เป็นต้น (Mekonnen and Hoekstra, 2011) กระตุ้นให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤตน้ำที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างประหยัดในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ดูจากสินค้าที่แสดงค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้อยกว่า

มันสำปะหลังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายทั้งด้านอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมแปรรูปต่อเนื่องต่าง ๆ และภาคพลังงาน ไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีส่วนแบ่งในตลาดส่งออกแป้งมันสำปะหลังดิบอยู่ที่ 80% มันเส้น 57% และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 30% (ชัยวัช, 2563) โดยแป้งมันสำปะหลังดิบ (native starch) เป็นผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังขั้นต้นที่สามารถนำไปใช้บริโภคในครัวเรือน และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (modified starch) หรืออุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย เช่น พงชูรส เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น Mekonnen and Hoekstra (2011) รายงานว่า แป้งมันสำปะหลังดิบของโลก มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 2,818 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน ( $WF_{green}$ ) บลู ( $WF_{blue}$ ) และเกรย์ ( $WF_{grey}$ ) 2,750, 1 และ 66 ตามลำดับ สำหรับประเทศไทย

ธารทิพย์ (2559) ได้รายงานการใช้น้ำในกระบวนการผลิตแยมมันสำปะหลังจากสถิติการศึกษาของกรมโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2551 มีการใช้น้ำ 36 ลบ.ม./ตัน และชนิษฐา (2556) รายงานกระบวนการผลิตแยมมันสำปะหลังในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 39.2 ลบ.ม./ตันแป้ง อย่างไรก็ตาม การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตแยมมันสำปะหลังต้องนำวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบเข้ารวมการประเมินด้วย โดยมันสำปะหลังของโลกมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 564 ลบ.ม./ตันหัวสด (Mekonnen and Hoekstra, 2011) และมันสำปะหลังของไทยที่คิดจากค่าเฉลี่ยผลผลิต 3.4 ตัน/ไร่ มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 599.4 ลบ.ม./ตัน (ชินาธิปกรณ และธำรงรัตน์, 2554) ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่คำนวณจากการเก็บข้อมูลในพื้นที่ เช่น การผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 345 ลบ.ม./ตันหัวสด (Kaewjampa et al., 2016) ซึ่งการเก็บข้อมูลในพื้นที่จริงมีความแตกต่างกันทั้งผลผลิต อายุเก็บเกี่ยว ผลผลิตหัวสดซึ่งเป็นวัตถุดิบของโรงงานแปรรูปแต่ละแห่งจะมีความแตกต่างกันนอกเหนือจากประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละโรงงานแล้ว จึงดำเนินการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งกระบวนการผลิตแยมมันสำปะหลังดิบโดยใช้โรงงานแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อการส่งออกใน จ. อุบลราชธานี เป็นกรณีศึกษา

### อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดห่วงโซ่กระบวนการผลิตแป้งดิบมันสำปะหลัง ดำเนินการตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลัง และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อหาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน โดยเลือกศึกษาจากโรงงาน

ผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบใน จ. อุบลราชธานี ดังนี้

1. การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบหรือมันสำปะหลังหัวสด 1 ตัน ในไร่เกษตรกรของแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่โรงงานนำผลผลิตหัวสดมาใช้ในการแปรรูปซึ่งส่งมันสำปะหลังเข้าโรงงาน จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ จ. อุบลราชธานีและใกล้เคียง และคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตามวิธีของ Hoekstra et al. (2011) เฉลี่ยจาก 4 ปีการผลิต 2560/2561 – 2563/64

2. ศึกษาขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตแป้งดิบมันสำปะหลัง ตั้งแต่การรวบรวมผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานจนสิ้นสุดกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งดิบ โดยสอบถามและรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกระบวนการย่อย ๆ การใช้ปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องใน 1 ปี การผลิตแป้ง

3. คำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตแป้งดิบมันสำปะหลัง 1 ตัน ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแป้งมันสำปะหลัง คำนวณจากสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทางอ้อมที่ติดมากับวัตถุดิบ สำหรับการใช้น้ำในกระบวนการผลิตของโรงงานหรือบลูวอเตอร์ วัดจากปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงาน ส่วนเกรย์วอเตอร์หรือการใช้น้ำในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐาน ซึ่งการศึกษานี้ใช้ค่า BOD (biochemical oxygen demand) ของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งดิบ โดยใช้น้ำบำบัดให้ได้มาตรฐานตาม ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ที่กำหนดน้ำที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานที่จะระบายออกจากโรงงานต้องมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ล.

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### วัตถุดิบหัวสตรมันสำปะหลัง

วัตถุดิบจากหัวสตรมันสำปะหลัง ที่เข้าสู่โรงงานในกระบวนการผลิตแป้งดิบ ส่วนใหญ่มาจากพื้นที่ จ. อุบลราชธานีร้อยละ 90 โดยผลผลิตหัวสตรร้อยละ 78 มาจากลานรวบรวมผลผลิตส่วนที่เหลือเกษตรกรนำมาขายโดยตรงให้กับโรงงาน มีปริมาณแป้งในหัวสตรอยู่ระหว่างร้อยละ 22-25 ผลผลิตส่วนใหญ่ที่เข้ามาแปรรูปอยู่ในช่วงเดือน ต.ค.-พ.ค. เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแป้งในช่วงการนำเข้ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แป้งดิบ มีปริมาณแป้งในหัวสตรเฉลี่ยร้อยละ 23 (Table 1) และมันสำปะหลังที่นำเข้าโรงงานมีความชื้นหัวสตรเฉลี่ยร้อยละ 65 ของน้ำหนักหัวสตร จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตมันสำปะหลังในไร่อเกษตรกร พบว่า เป็นการปลูกแบบอาศัยน้ำฝน การวิเคราะห์หัวสตรฟุตพริ้นท์ของการผลิตมันสำปะหลังในไร่อเกษตรกรเพื่อให้ได้ผลผลิตหัวสตร 1 ตัน ใช้น้ำในกระบวนการผลิตหรือหัวสตรฟุตพริ้นท์ 253 ลบ.ม. แยกเป็นกรีน บลู และเกรย์หัวสตร 212.6, 0 และ 40.3 ตามลำดับ จากผลผลิต

มันสำปะหลังเฉลี่ย 3.8 ตัน/ไร่ ช่วงปีการผลิต 2560/1-2563/4 มีฝนตกในของพื้นที่ศึกษาสูงกว่าค่าปกติ รวมทั้งอายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเฉลี่ย 9.7 เดือน ซึ่งการปลูกและเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ส่งผลให้ค่ากรีนวอเตอร์ต่ำ และการปลูกแบบอาศัยน้ำฝนทำให้ไม่มีค่าบลูวอเตอร์ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ได้จึงต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่ อ.ขามทะเลสอ และ อ. เฉลิมพระเกียรติ จ.นครราชสีมา ซึ่งอยู่นอกเขตชลประทาน มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 239 และ 281 ลบ.ม ตามลำดับ (รุ่งทิพา และคณะ, 2562) แต่ต่ำกว่าการศึกษาของ Kaewjampa *et al.* (2016) ที่รายงานว่า การผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 345 ลบ.ม./ตัน Kongboon and Sampattagul (2012) รายงานว่า การผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 509 ลบ.ม./ตัน ซึ่งไทยยังมีการใช้น้ำในการผลิตมันสำปะหลังต่ำกว่าผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก เช่น คองโกบราซิล ไนจีเรีย (Gerben-Leenes *et al.*, 2008)

**Table 1** Water footprint of cassava fresh root yield and quality in Ubon Ratchathani province

| Characteristics                                                   | Value |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Water footprint of cassava fresh root yield (m <sup>3</sup> /ton) | 253.0 |
| - WF <sub>green</sub>                                             | 212.6 |
| - WF <sub>blue</sub>                                              | 0     |
| - WF <sub>grey</sub>                                              | 40.3  |
| Cassava fresh root yield                                          |       |
| - Starch content (%)                                              | 23.0  |
| - Moisture of yield (%)                                           | 65.0  |

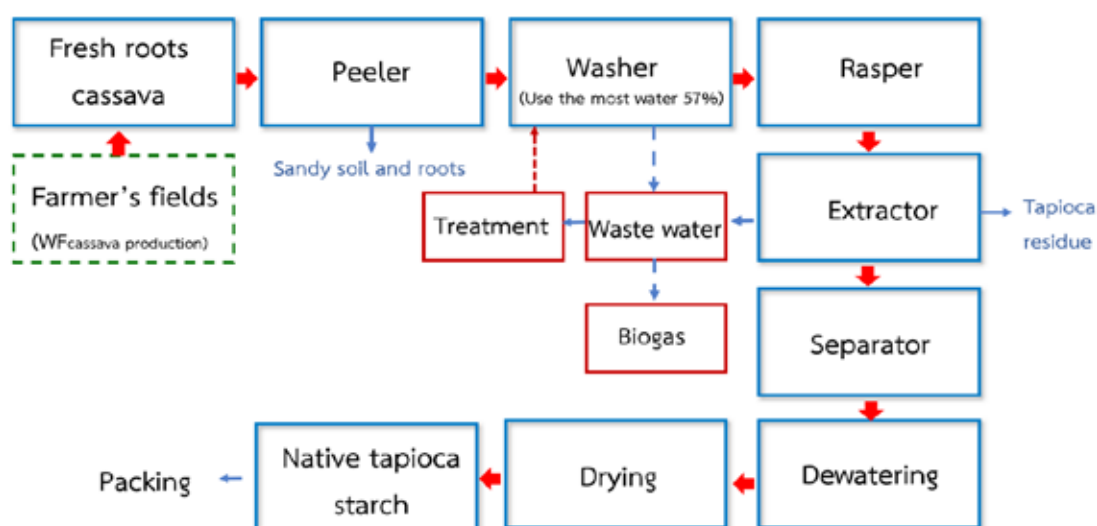
### การแปรรูปแป้งมันสำปะหลังดิบ

การผลิตแป้งดิบมันสำปะหลัง มีการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งขั้นตอนสำคัญของกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งดิบของโรงงาน ประกอบด้วย การได้มาซึ่งวัตถุดิบหัวมันสำปะหลัง

สด การล้าง ปอกเปลือก ย่อย แยกและทำให้เป็นแป้งแห้งตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (Figure 1) ที่กำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานสินค้าแป้งมันสำปะหลัง (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2562)

น้ำที่ใช้ในโรงงานส่วนใหญ่่นำมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยปริมาณน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนของการล้างหัวสดให้สะอาดและการร่อนเปลือกหัวสด มีปริมาณการใช้น้ำสูงถึงร้อยละ 57 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด แต่ในวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลังยังมีน้ำที่เป็นส่วนประกอบร้อยละ 65 ทำให้ความต้องการน้ำใช้ในกระบวนการแปรรูป

ดิบไม่สูงมาก อีกทั้งมีการนำน้ำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ในแต่ละวันถึงร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำทั้งหมดทำให้เกิดการใช้น้ำอย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตามมีน้ำที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดร้อยละ 11 ของปริมาณน้ำทั้งหมด เมื่อดำเนินการตรวจสอบฟุตพริ้นท์พบว่า กระบวนการผลิตแป้งในโรงงาน 1 ตัน มีฟุตพริ้นท์ 18.7 ลบ.ม. (Table 2)



**Figure 1** Processing process of native cassava starch from fresh roots cassava

### สัดส่วนของผลิตภัณฑ์

การผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน พบว่าต้องใช้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4.35 ตัน และยังทำให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้ คือ กากมันสำปะหลังเปียก ซึ่งกากมันสำปะหลังที่ได้จากกระบวนการผลิตในช่วงแรกจะมีความชื้นสูง จากนั้น จะนำกากมันสำปะหลังดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2561) มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 8803-2561 กำหนดคุณลักษณะกากมันสำปะหลังมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก (ยกเว้นในเดือน มิ.ย - ก.ย. ไม่เกินร้อยละ 14.3) ซึ่งการผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน ทำให้ได้กากมันสำปะหลัง 1.33 ตัน จะ

มีค่าฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลัง 1,101 ลบ.ม. แยกเป็นกรีน บลู และเกรย์วอเตอร์ 925 0 และ 175 ตามลำดับ (Table 2)

### การบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำที่ผ่านการใช้ในกระบวนการแปรรูปแป้งมันสำปะหลังดิบก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4-5 ค่า BOD เฉลี่ย 57 มก./ลิตร และค่า COD (chemical oxygen demand) เฉลี่ย 19,000 มก./ลิตร ค่า BOD เป็นการวัดความเน่าเสียของน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภคที่ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งดิบต้องใช้น้ำบำบัดให้ได้มาตรฐานควบคุม

การระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน คือ ค่า BOD ต้องไม่เกิน 20 มก./ล. การเจือจางค่า BOD เฉลี่ย 57 มก./ล. ให้ลดลงเหลือ 20 มก./ล. ต้องใช้น้ำเจือจาง 649.1 มล. เมื่อคำนวณการผลิตแป้งดิบ

1 ตัน จึงมีค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 12.5 ลบ.ม. (Table 2) ซึ่งค่า BOD เป็นข้อกำหนดสำคัญหนึ่งของมาตรฐานน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

**Table 2** Green, blue and grey water footprint for cassava native starch production in Ubon Ratchathani province.

| Water footprint     | Process WF of cassava crop (m <sup>3</sup> /ton) | Process WF of native starch (m <sup>3</sup> /ton) | Product WF of native starch (m <sup>3</sup> /ton) |
|---------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| WF <sub>green</sub> | 925                                              | 0                                                 | 925                                               |
| WF <sub>blue</sub>  | 0                                                | 18.7                                              | 18.7                                              |
| WF <sub>grey</sub>  | 176                                              | 12.5                                              | 188.5                                             |
| Total WF            | 1,101                                            | 31.2                                              | 1,132.2                                           |

WF: Water Footprint

#### วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ

จากการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในพื้นที่ จ.อุบลราชธานี พบว่า ในกระบวนการผลิตแป้งดิบ 1 ตัน ใช้ผลผลิตหัวสดประมาณ 4.35 ตัน ทำให้มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลผลิตหัวสด 1,101 ลบ.ม. ในขณะที่เมื่อนำผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นแป้งดิบ มีค่า WF : WF<sub>blue</sub> : WF<sub>grey</sub> เท่ากับ 0 : 18.7 : 12.5 ลบ.ม. รวมกระบวนการแปรรูปมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 31.2 ลบ.ม. สอดคล้องกับการศึกษาของธารทิพย์ (2559) และชนิษฐา (2556) ซึ่งจากการศึกษากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า กระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนมีความทันสมัย มีประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น ทำให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียในระหว่างกระบวนการแปรรูป เมื่อเปรียบเทียบกับสถิติที่เคยรายงานมาก่อน จึงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้มีค่าวอเตอร์

ฟุตพริ้นท์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำ เมื่อรวมกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลัง และสัดส่วนผลิตภัณฑ์การผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน ต้องใช้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4.35 ตัน มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบหัวสด 1,101 ลบ.ม. เมื่อรวมกับกระบวนการแปรรูปที่มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 31.2 ลบ.ม. ทำให้ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวม 1,132.2 ลบ.ม. โดยร้อยละ 97 เป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ติดมากับวัตถุดิบ (Table 2) ซึ่งวอเตอร์ฟุตพริ้นท์นี้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (Mekonnen and Hoekstra (2011)

ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษานี้ มีค่าต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมา แต่ยังสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการผลิตของโรงงาน และลดการใช้น้ำได้อีก ได้แก่

1) ที่มาของวัตถุดิบซึ่งได้การผลิตมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกร ถึงจะมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ต่ำอยู่แล้ว แต่พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกใน

ช่วงที่ศึกษายังมีปริมาณแบ่งในหัวสดเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ การใช้พันธุ์ที่ให้ปริมาณแบ่งสูง หรือการเก็บเกี่ยวในช่วงที่เหมาะสมจะทำให้ปริมาณแบ่งสูงได้ เช่นกัน รวมทั้งการจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไป

2) การใช้น้ำสัสดส่วนที่มากที่สุด คือ ขั้นตอนการล้างหัวสด สามารถเพิ่มการหมุนเวียนน้ำน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว เพื่อลดบิลวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

3) การใช้น้ำในการสกัดแบ่งจากหัวมันสำปะหลัง ทำให้มีน้ำทิ้งที่มาจากกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถนำน้ำทิ้งนำมาผลิตพลังงาน หรือ ไบโอดีเซล และสามารถนำไปผลิตไฟฟ้า นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ หรือการนำน้ำเสียหลังจากผ่านระบบบำบัดกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากเกรยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์หรือปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐานมีเกรยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อยู่ระหว่างร้อยละ 32.8-43.5 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดของโรงงาน ผลการศึกษานี้จะเป็นฐานข้อมูลของการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ ตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการผลิตแป้งดิบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ผู้ประกอบการแป้งมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเพื่อเพิ่มโอกาสทางการค้า รวมทั้งพัฒนาการติดฉลากวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในอนาคตจากการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

### สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์หัววอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตแป้งดิบมันสำปะหลังของโรงงานแป้งมันสำปะหลังในพื้นที่ จ. อุบลราชธานี ตั้งแต่การผลิตมันสำปะหลังในไร่นาจนแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบหัวสดมันสำปะหลังที่นำมาใช้แปรรูปแป้งดิบเป็นปัจจัยสำคัญต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ของผลิตภัณฑ์แป้งดิบ เนื่องจากการแปรรูปแป้งดิบ 1 ตัน ใช้วัตถุดิบหัวสดเฉลี่ย 4.35 ตัน ทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบหัวสดในการผลิตแป้งดิบ 1 ตัน มีค่า 1,101 ลบ.ม. ขณะที่กระบวนการผลิตแป้งภายในโรงงานมีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 31.2 ลบ.ม. แยกเป็นกรีน บลู และ เกรยวอเตอร์ 0, 18.7 และ 12.5 ลบ.ม. ตามลำดับ รวมผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ 1 ตัน มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวม 1,132.2 ลบ.ม. การศึกษานี้ทำให้ทราบปริมาณการใช้น้ำตลอดโซ่การผลิตตั้งแต่การผลิตในไร่นาจนถึงกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดิบ ขั้นตอนในการล้างหัวมันที่มีการใช้น้ำมากที่สุด หากลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะขั้นตอนการล้างหัวมันสด และมีการพัฒนาวิธีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างเหมาะสม รวมทั้งพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยรักษาสมดุลของทรัพยากรน้ำให้การผลิตเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในพื้นที่ จ. อุบลราชธานี ซึ่งไม่สามารถระบุชื่อโรงงานและเจ้าหน้าที่ในผลการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแปรรูปแป้งมันสำปะหลังดิบ

### เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา มีวาสนา. 2556. วอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย. รายงานการวิจัยโครงการรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555. 43 หน้า.
- ชัยวัช ไชวเจริญสุข .2563.แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม 2563-2565 : มันสำปะหลัง. แหล่งข้อมูล : <https://www.krungsri.com/th/research/>

- industry/industry-outlook/agriculture/cassava/IO/io-cassava-20. สืบค้น : 12 ธันวาคม 2564.
- ชินาธิปกรณ พงศ์ปัญญาภาพ และ อารังรัตน์ มุ่งเจริญ. 2554. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. *วิศวกรรมสาร มก.* 75 (24) 41-52.
- ธารทิพย์ เศรษฐชาญวิทย์. 2559. การประยุกต์หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. *ว.พัฒนบริหารศาสตร์* 56 (3): 221-252.
- ประกาศกระทรวงพาณิชย์ 2562 : เรื่อง กำหนดให้แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้ามาตรฐานสินค้าแป้งมันสำปะหลัง พ.ศ. 2562. 6 มีนาคม 2562 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนพิเศษ 56 ง หน้า 2.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2560 : เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560. 7 มิถุนายน 2560. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 153 ง ราชกิจจานุเบกษา หน้า 11.
- รุ่งทิพา เวทยะเวทิน และชีวินทร์ ลิ้มศิริ. 2562. ร่องรอยการใช้น้ำของมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. *ว.วิชาการ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 8(2): 104-117.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. *มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 8803-2561 กาหมันสำปะหลัง*. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 5 หน้า.
- Gerbens-Leenes, P.W., A.Y. Hoekstra and T.H. Van der Meer. 2009. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecol. Econo.* 28: 1052-1060.
- Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya and M. M. Mekonnen. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan, UK. 203 pages.
- Kaewjampa, N., N. Chaisri and C. Boonthaiwai. 2016. Comparison of water footprint of cassava and sugarcane in Northeast, Thailand. *In. J. of Environ. Rural Dev.* 7-2: 18-23.
- Kongboon, R. and S. Sampattagul. 2012. The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 40: 451-460.
- Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15: 1577-1600.