การศึกษากลไกการสังเคราะห์ของแป้ง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในอนาคต

สุพัชรี เนตรพันธุ์
ห้องปฏิบัติการสรีระวิทยาและชีวะเคมีด้านพืช
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

หากย้อนกลับไปถึงบทเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์สมัยเด็กๆ ทุกท่านคงจำได้ถึงบทที่ว่าด้วยการสังเคราะห์แสงในพืชที่มีสีเขียว โดยเราได้เรียนรู้ว่า พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและน้ำในการสร้างน้ำตาลกลูโคสและออกซิเจน โดยมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวเป็นตัวจับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้น หากอยู่ใต้ร่มเงาของต้นไม้ในเวลากลางวัน เราจะรู้สึกสดชื่นจากออกซิเจนที่เป็นผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงนั้น พืชมีกระบวนการที่จะนำน้ำตาลกลูโคสนั้นมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นแป้ง ซึ่งเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่และมีความสลับซับซ้อนภายในโมเลกุลสูง เราเรียกกระบวนการสร้างแป้งจากน้ำตาลกลูโคสนี้ว่าการสร้างพอลิเมอร์ ในเวลากลางวัน แป้งที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะถูกเก็บไว้ชั่วคราวในใบไม้ และเมื่อเวลากลางคืนมาถึง แป้งเหล่านี้จะถูกย่อยเป็นน้ำตาลเพื่อลำเลียงไปยังเนื้อเยื่อที่มีหน้าที่เฉพาะในการสะสมแป้ง ยกตัวอย่างเช่น มันสำปะหลัง จะมีการเก็บสะสมแป้งไว้ที่ราก ส่วนพืชจำพวกข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเจ้า จะเก็บไว้ที่ราก นอกจากนี้ พืชบางชนิด สามารถเก็บแป้งไว้ที่ลำต้น เช่น ปาล์มสาคู

ในปัจจุบันที่วิทยาศาสตร์ได้เจริญก้าวหน้าขึ้น เราทราบว่าแป้งประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่พอลิเมอร์ที่เป็นสายยาวตรง เรียกว่าอะมิโลส (Amylose) และโพลิเมอร์ที่เป็นกิ่ง เรียกว่าอะมิโลเพกติน (Amylopectin) โดยทั่วไป แป้งที่ได้จากธรรมชาติจะประกอบด้วยอะมิโลส 20-30% และอะมิโลเพคติน 70-80% ซึ่งอัตราส่วนที่แตกต่างของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินนี้เองที่เป็นปัจจัยที่สำคัญทำให้แป้งที่ได้จากพืชชนิดต่างๆมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างกัน ส่งผลให้แป้งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้ หรือใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษในทางตรงกันข้าม แป้งที่มีส่วนประกอบของอะมิโลเพคตินเป็นส่วนประกอบสูงสามารถใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวและความเหนียวในอาหาร

เมื่อรู้โครงสร้างทางเคมีของแป้งแล้ว นักวิทยาศาสตร์ยังต้องการทราบอีกว่า พืชมีกลไกอะไรในการนำน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันจนกลายเป็นอะมิโลสและอะพิโลเพกติน และพอลิเมอร์ทั้ง 2 ตัวนี้ที่มีการจัดเรียงตัวจนเป็นเม็ดแป้งเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆของพืชได้อย่างไร ซึ่งจากความรู้ทางชีวเคมีของพบว่ากลไกการสังเคราะห์แป้งมันในพืชนั้น มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนต้องอาศัยเอนไซม์ (น้ำย่อย) ที่มีบทบาทและหน้าที่กระบวนการการสังเคราะห์แป้งเข้ามาเร่งปฏิกิริยาทางเคมี

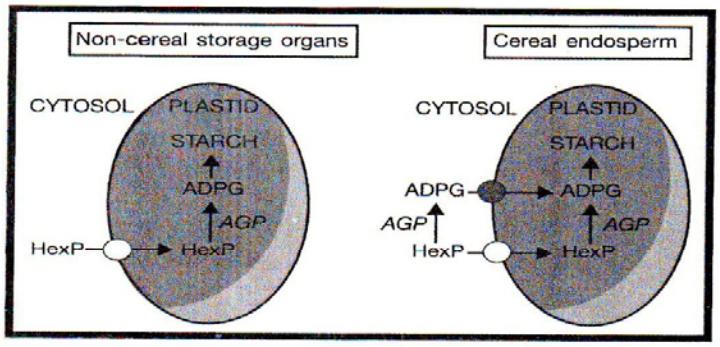
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นสารตั้งตัวในการสังเคราะห์แป้ง โดยมีเอนไซม์แรกที่เกี่ยวข้อง คือ ADP-glucose pyrophosphorylase

ขั้นตอนที่ 2 เอนไซม์ Starch synthsae จะนำโมเลกุลกลูโคสที่มีอยู่ในสารตั้งต้นมาต่อเข้าด้วยกัน ทำให้โมเลกุลกลูโคสที่เป็นสายยาว

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเชื่อมสายกลูโคสที่เกิดขึ้นให้เป็นสายที่มีกิ่งก้านสาขา โดยเอนไซม์ Starch branching enzyme นำมาช่วยเร่งปฏิกิริยาเพื่อทำให้สายกลูโคสที่ได้เกิดเป็นโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตมีมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

จะเห็นได้ว่ากลไกการสังเคราะห์แป้งในพืชเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความซับซ้อนและยังไม่เป็นที่เข้าใจโดยละเอียดในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพ ทำให้ความรู้ความเข้าใจกลไกการสังเคราะห์แป้งในพืชได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ได้มุ่งเน้นไปที่พืชจำพวกข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี และมันฝรั่ง ถึงแม้ว่าข้อมูลเบื้องต้นของกลไกการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลังนั้น สามารถได้มาจากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาแล้วในพืชชนิดนั้น แต่มีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่ราย

ละเอียดปลีกย่อยของกลไกการสังเคราะห์แป้งในพืชชนิดต่างๆ เหล่านี้จะแตกต่างกัน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างทางสรีระวิทยาของพืชที่นำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบ ดังนั้น พืชที่มีการเก็บสะสมแป้งไว้ที่รากเช่นมันสำปะหลัง น่าจะมีกลไกการสังเคราะห์แป้งที่แตกต่างจากที่พบในพืชที่สะสมแป้งไว้ในเมล็ด หรือลำต้น ยกตัวอย่างจากภาพประกอบด้านล่าง จะเห็นได้ว่า พืชจำพวกธัญพืชจะมีเอนไซม์ ADP glucose pyrophosphorylase (AGP) อยู่ทั้งในไซโทพลาสซึมและพลาสทิด ในขณะที่พืชชนิดอื่นจะพบเอนไซม์ที่อยู่ในพลาสทิดเท่านั้น และเนื่องจากเอนไซม์ ADP-glucosepyrophosphorylase ทำหน้าที่เป็น rate-limiting enzyme ที่ควบคุมกลไกการสังเคราะห์แป้งในพืช การพบแป้งเอนไซม์ชนิดนี้ในไซโตพลาสซึมของธัญพืชจึงน่าจะมีความสำคัญในการควบคุมให้พืชที่เก็บสะสมแป้งไว้ในเมล็ดมีความสามารถนำน้ำตาลมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างแป้งอย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ และจากการศึกษากลไกการสังเคราะห์แป้งในพืชอย่างละเอียด นักวิทยาศาสตร์พบว่ายังมีรายละเอียดปลีกย่อยภายในกลไกการสังเคราะห์แป้งอีกมากมายที่มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ทำการศึกษา สิ่งนี้เองที่เป็นผลให้แป้งที่ได้จากพืชต่างชนิดกันมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป



หลังจากที่ได้ความลับทางธรรมชาติในการสร้างแป้งของพืชแล้ว เป็นธรรมดาที่นักวิทยาศาสตร์ย่อมสนใจอยากรู้ว่า จากความรู้ที่ได้นั้น มนุษย์เราสามารถทำอะไรต่อไปที่เป็นประโยชน์ได้อย่างไร ซึ่งจากการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติของแป้งอย่างที่ต้องการก็เป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นการใช้ประโยชน์จากข้อมูลและความรู้ดังกล่าว นับจากอดีตถึงปัจจุบันประเทศไทยได้มีการสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังด้วยวิธีการคัดเลือกพันธุ์แบบมาตรฐาน (Conventional breeding) มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการปรับปรุงพันธุ์สำปะหลังในประเทศไทยได้มุ่งเน้นที่การพัฒนาเพื่อให้ได้มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตเนื้อแป้งสูง เหมาะกับการปลูกในทุกสภาพอากาศของประเทศไทย แต่ด้วยทิศทางการใช้ประโยชน์ของแป้งสำปะหลังในระดับอุตสาหกรรมที่ได้ขยายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน วัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจากการที่มุ่งจะเพิ่มปริมาณแป้งมาเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแป้ง เพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติตรงกับการนำมาใช้ให้มากที่สุด

จากเอกสารอ้างอิงและผลการทดลองในเบื้องต้นโดยทีมนักวิจัยจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และนักวิจัยจากศูนย์พันธุวิศวกรรมจากเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยความร่วมมือของศูนย์วิจัยพืชระยองกรมวิชาการเกษตร พบว่า กลไกการสังเคราะห์แป้งในพืชนอกจากจะต้องอาศัยการเร่งปฏิกิริยาเคมีโดยเอนไซม์ทั้ง ๔ ชนิดตามที่ได้กล่าวไปนั้น เอนไซม์เหล่านี้ยังถูกจำแนกออกเป็นชนิดย่อยๆ(เรียกว่าไอโซฟอร์ม,Isoform) อีกหลายชนิด ซึ่งบทบาทและหน้าที่ของไอโซฟอร์มแต่ละชนิดในกลไกการสังเคราะห์แป้งยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัดในพืช จากข้อสันนิษฐานเบื้องต้น คาดว่าระดับการแสดงออกของเอนไซม์ทั้ง๔ชนิดรวมถึงไอโซฟอร์มชนิดต่างๆที่พบมันสำปะหลังน่าจะมีความแตกต่างจากที่พบในพืชชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ระดับของเอนไซม์ในมันสำปะหลังที่ได้จากมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีปริมาณคุณภาพต่างกันออกไป แต่เนื่องจากการวัดระดับของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการสังเคราะห์แป้งต้องอาศัยปฏิกิริยาซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักไม่มีความจำเพาะเพียงพอที่จะสามารถแยกแยะปริมาณเอนไซม์แต่ละไอโซฟอร์มได้ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีชีววิทยาโมเลกุลซึ่งเป็นการศึกษากลไกการสังเคราะห์แป้งในระดับยีน ย่อมมีข้อได้เปรียบกว่า โดยสามารถหลีกเลี่ยงความซับซ้อนในการแปรผลการทดลองที่เกิดอาการแสดงออกของยีนอื่นๆที่อยู่นอกเหนือความสนใจ นอกจากนี้ผลที่ได้จากการศึกษายีนที่เป็นต้นกำเนิดของเอนไซม์แต่ละไอโซฟอร์มยังสามารถนำมาอธิบายบทบาทและหน้าที่ของไอโซฟอร์มนั้นๆในพืชนั้น นอกจากเทคโนโลยีชีววิทยาโมเลกุลแล้ว นักวิจัยจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพยังได้นำเทคโนโลยีชีวสารสนเทศ (Bioinformatics) มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษากลไกการสังเคราะห์แป้งมันสำปะหลัง โดยอ้างอิงจากความรู้ในระดับจีโนมของ Arabidopsis ซึ่งเป็นพืชในตระกูลมัสตาร์ดที่ได้มีการหาลำดับเบสในจีโนมอย่างสมบูรณ์ด้วยวิธีการต่างๆ เหล่านี้ ทางคณะวิจัยหวังว่าจะทำให้ทราบตำแหน่งยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้งได้เร็วขึ้น

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า เมื่อผนวกความรู้ที่ได้จากการศึกษากลไกการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลังเข้ากับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีสารสนเทศ แป้งมันสำปะหลังที่มีสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินต่างๆ กันไปสามารถถูกพัฒนาที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงระดับการแสดงออกของเอนไซม์ในกลไกการสังเคราะห์แป้งยังอาจส่งผลให้ได้อะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่มีโครงสร้างทางเคมีที่เปลี่ยนไปทำให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติพิเศษ เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ที่ต่างกันไปจากที่มีอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ควบคู่กับการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยวิธีมาตรฐานจะช่วยเปิดโอกาสให้ประเทศไทยสามารถผลิตแป้งมันสำปะหลังที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลาย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเพิ่มพูนสินค้าทางการเกษตรและสถานภาพทางเศรษฐกิจของไทย

ที่มา : รายงานประจำปี สมาคมแป้งมันสำปะหลัง 2548 ครบรอบ 28 ปี