ห่วงโซ่คุณค่าของสับปะรด

สับปะรด มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ananas comosus* (L.) โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ แถบประเทศบราซิล ปารากวัย สับปะรดเป็นพืชในตระกูลพืชล้มลุก สับปะรดเป็นพืชที่ปลูกข้ามฤดูตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะบังคับให้ออกดอกนาน 8-12 เดือน หลังจากนี้จะเก็บเกี่ยวได้รวม อายุประมาณ 12-14 เดือน สับปะรดชอบขึ้นในดินมีฤทธิ์เป็นกรด ลักษณะดินทรายร่วน จนถึงดินร่วนเหนียวและดินจะต้องมีหน้าดินลึก มีการระบายน้ำที่ดี สามารถทนทานต่อความแห้งแล้งและขาดแคลนน้ำ หรือแม้แต่พื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ส่วนใหญ่นิยมปลูกในประเทศเขตร้อน และอบอุ่น และยังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในหลายประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2565 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้มีการจัดอันดับปริมาณการส่งออกของผลไม้เขตร้อนซึ่งพบว่าสับปะรดเป็นพืชที่มีปริมาณการส่งออกมากที่สุดในโลกโดยมีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 40 ของผลไม้เขตร้อนทั้งหมด

โดยปัจจุบันปี 2564 มีการเพาะปลูกสับปะรดทั่วโลกเฉลี่ยประมาณ 6,487,000 ไร่ทั่วโลก โดยมีปริมาณการผลิตโดยรวมออกสู่ตลาดทั่วประเทศอยู่ที่ 28,409,000 ล้านตันทั่วโลก[1] มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าอยู่ที่ร้อยละ 4.44 โดยประเทศที่มีกำลังการผลิตมากที่สุด ได้แก่ คอสตาริกา ซึ่งมีปริมาณผลผลิตอยู่ที่ 2,938,000 ตัน รองลงมา คือ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ บราซิล และจีน ตามลำดับ

ในส่วนการเพาะปลูกสับปะรดประเทศไทยนั้น มีการปลูกสับปะรดอย่างแพร่หลายตั้งเดิมเป็นการปลูกเพื่อค้าขายกัน ในท้องถิ่นและชุมชน ก่อนขยายสู่พื้นที่ข้างเคียงและต่างจังหวัดในรูปของสับปะรดผลสด จนเมื่อปี 2505 – 2508 เริ่มมีการแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องที่โรงงานเขตอำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นที่แรกจากนั้นมีการขยายปริมาณ ด้านการผลิตและการส่งออก เพิ่มขึ้นจึงทำให้ประชาชนให้ความสนใจในการเพาะปลูกสับปะรดเพิ่มขึ้น โดยในปี 2565 คาดการณ์ว่าไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวสับปะรดรวมประมาณ 481,916 ไร่ ผลผลิตโดยรวมประมาณ 1.90 ล้านตัน และและผลผลิตต่อไร 3,949 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2564 ร้อยละ 1.24 ตามลำดับ[2] ดังแสดงใน***ตารางที่ 1***

ตารางที่ 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของสับปะรดในประเทศไทย ปี 2560 - 2565

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2560	557,958	2.32	4,173
2561	568,394	2.35	4,136
2562	485,399	1.83	3,760
2563	449,777	1.68	3,737
2564	475,990	1.84	3,855

[1] รายงานสถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2565 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

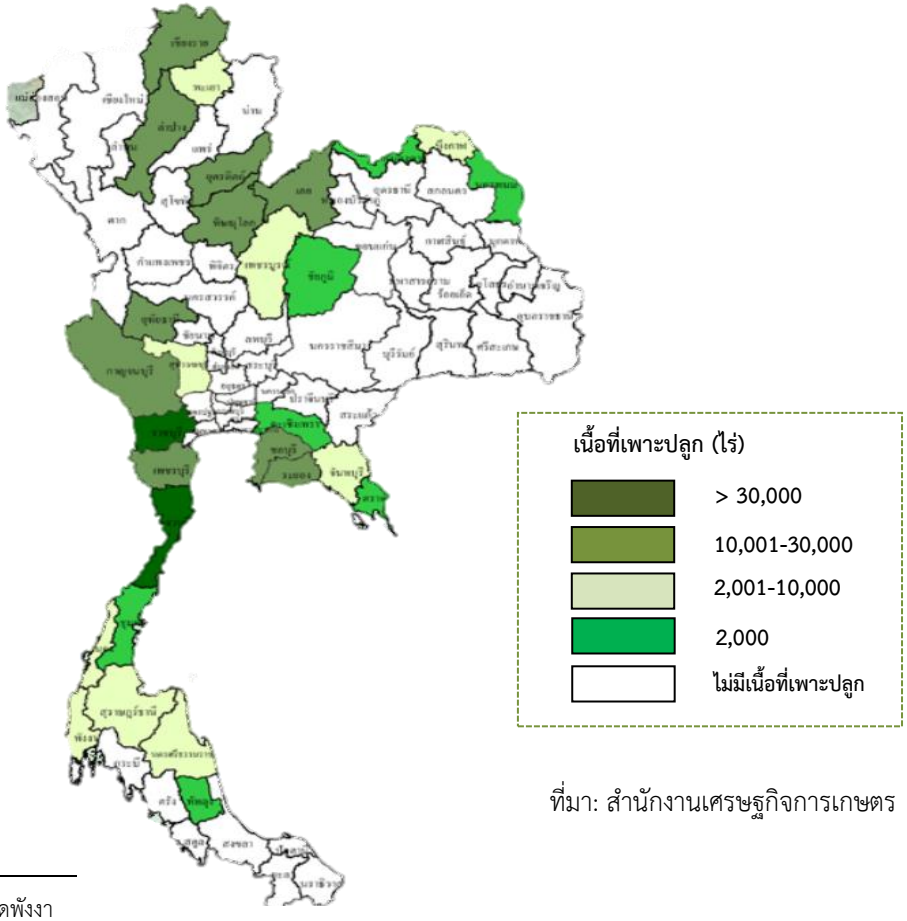
[2] แนวทางการจัดทำเขตส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ จาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)	-5.37	-7.76	-2.57
2565*	481,916	1.90	3,949

หมายเหตุ: * ประมาณการ (ณ เดือนพฤศจิกายน 2564) / ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ภาคกลางมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวและปริมาณสับปะรดมากที่สุดโดยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 305,299 ไร่ ผลผลิตรวม 1,123,301 ตัน รองลงมา ได้แก่ ภาคเหนือ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 78,747 ไร่ ผลผลิตรวม 220,813 ตัน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 32,347 ไร่ ผลผลิตรวม 116,549 ตัน และภาคใต้ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 10,816 ไร่ ผลผลิตรวม 43,696 ตัน โดยครอบคลุมทั้งหมด 22 จังหวัดซึ่งในปัจจุบันพบว่าสัดส่วนของเนื้อที่การเก็บเกี่ยวของไทยนั้นมีลดลงจากปี 2565 อันเนื่องมาจากปัญหาด้านต้นทุนราคาปุ๋ยเคมี และปัญหาการขาดแคลนแรงงานเป็นต้น หากพิจารณาในรายจังหวัดพบว่า จังหวัดที่มีการเพาะปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์พื้นที่การเพาะปลูกสูงถึง ร้อยละ 38 รวมเนื้อที่ประมาณ 163,426 ไร่ รองลงมา คือ ราชบุรี และระยองตามลำดับ ในส่วนของสายพันธ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยปัจจุบัน มีทั้งหมด 14 สายพันธุ์ อาทิ พันธุ์ปัตตาเวีย สับปะรดศรีราชา สับปะรดภูแลเชียงราย สับปะรดภูเก็ตฯลฯ โดยสายพันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกในประเทศไทยมากที่สุด คือ สายพันธุ์ปัตตาเวีย หรือที่เรียกอีกชื่อว่า สับปะรดศรีราชา เนื่องจากมีรสชาติหวานฉ่ำ มีกลิ่นหอม[3]

รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกสับปะรดในประเทศไทยปี พ.ศ. 2564



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

[3] สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดพังงา

สำหรับสถานการณ์สับปะรดของประเทศไทย พบว่า ปัจจุบันมีการส่งออกสับปะรดในรูปแบบผลิตภัณฑ์รวม 410,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 15,700 ล้านบาท ซึ่งพบว่ามูลค่าและปริมาณการส่งออกของผลิตภัณฑ์สับปะรดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องภายในปี 2560 – 2564 โดยหากจำแนกตามผลิตภัณฑ์สำคัญในการแปรรูปเพื่อการส่งออกนั้นมี 2 ผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง ซึ่งปัจจุบันนั้นมีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้นจากปี 2563 โดยมีคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย และเยอรมนี ในส่วนของน้ำสับปะรด นั้นก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าเช่นกัน โดยมีคู่ค้าที่สำคัญ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา และสเปน ส่วนภาคการส่งออกของไทยนั้นก็มีคู่แข่งที่สำคัญ เช่น ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซียง โดยปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าสับปะรดแสดงใน***ตารางที่ 2-4***

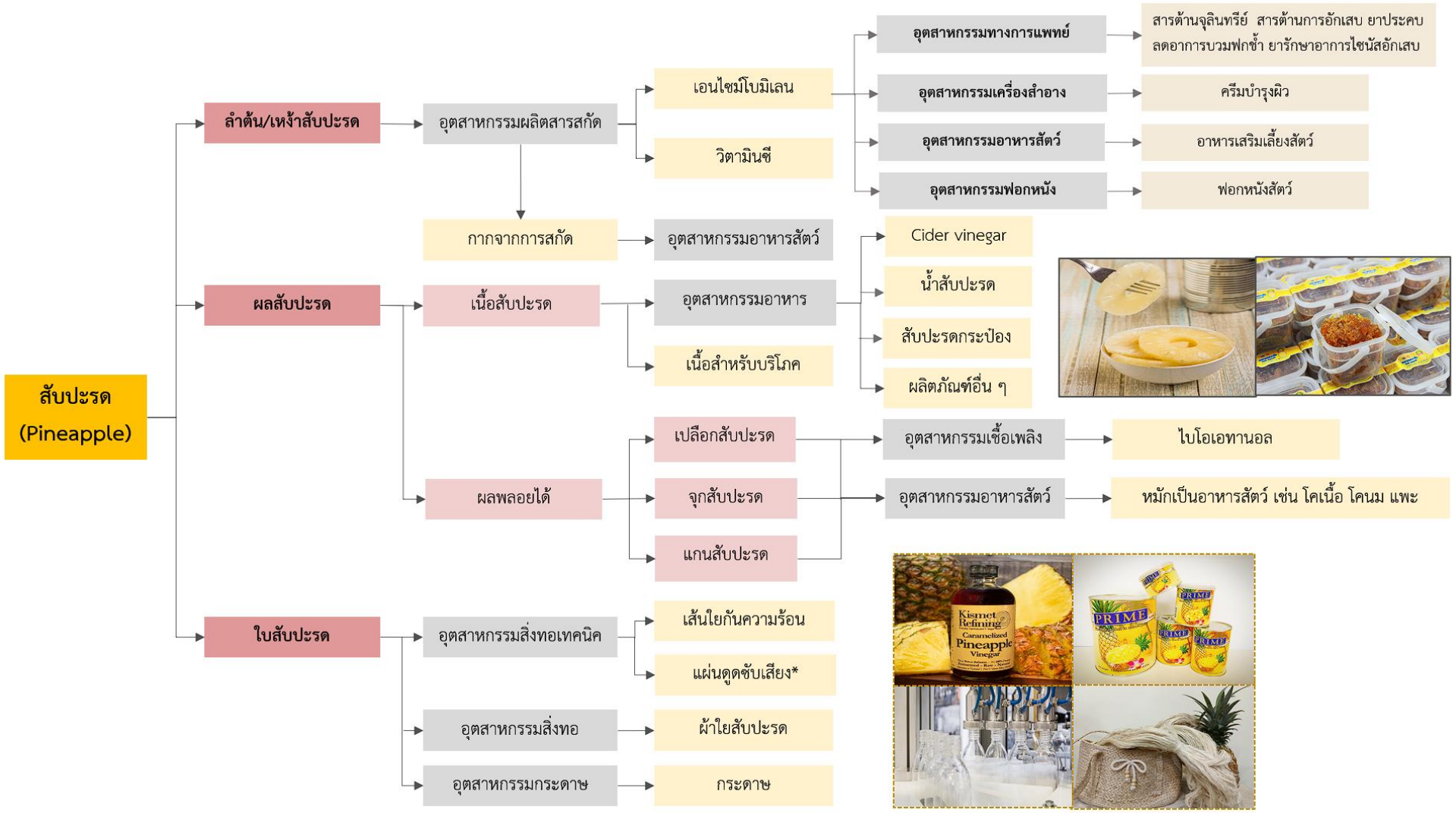
ตารางที่ 2-4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าสับปะรด ปี 2560 - 2564

ปี	สับปะรดกระป๋อง		น้ำสับปะรด		อื่น ๆ (กวน สด แห้ง แช่แข็ง)		*รวม*	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2560	0.54	19,475	0.11	4,684	0.04	2,882	0.69	27,040
2561	0.48	12,877	0.11	3,601	0.05	2,569	0.64	19,047
2562	0.39	10,459	0.09	2,861	0.04	2,339	0.52	15,661
2563	0.29	10,798	0.04	2,017	0.03	2,359	0.36	15,174
2564	0.32	11,450	0.04	2,150	0.04	2,100	0.41	15,700

หมายเหตุ: *ประมาณการ (สับปะรดกระป๋อง รหัส 200820, น้ำสับปะรดรวม รหัส 200941 และ 200949) ณ เดือนพฤศจิกายน 2564 / ที่มา: กรมศุลกากร รวบรวมโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ส่วนราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ยในปี 2565 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สับปะรดที่ส่งเข้าโรงงาน เฉลี่ย 6.55 บาท/กิโลกรัม (เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปี 2564 ที่อยู่ที่ 0.39 บาท) ต่อมา คือ สับปะรดที่ใช้บริโภค เฉลี่ย 10.07 บาท/กิโลกรัม (เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปี 2564 ที่อยู่ที่กิโลกรัมละ 0.57 บาท นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนจากภาครัฐในการผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางผลิตและแปรรูปสับปะรดครบวงจรโดยการขับเคลื่อนแผนพัฒนาสับปะรด พ.ศ. 2566 – 2570 ภายใต้พันธกิจหลัก 5 ประการเพื่อมุ่งเน้นการส่งเสริมการผลิตและแปรรูปสับปะรดที่ยั่งยืนในอนาคต

รูปที่ 2 ห่วงโซ่คุณค่าของสับปะระรด



ส่วนประกอบของสับปะรดสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้อย่างหลากหลายตั้งแต่ เนื้อสับปะรด จนถึงใบและลำต้นหลังเก็บเกี่ยวรวมไปถึงกากสับปะรดหลังจากกระบวนการแปรรูปสับปะรดนั้นยังสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารหยาบเพื่อเลี้ยงโคขุน หรือโคนมได้อีกด้วย ซึ่งแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นก็มีขีดความสามารถในการสร้างมูลค่าเพิ่มได้ไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีในการผลิต และปริมาณความต้องการของตลาด เป็นต้น จากการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่มค่อนข้างสูงของสับปะรด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมเคมีซึ่งใช้การผลิตสารสกัดต่าง ๆ จากสับปะรด เช่น เอนไซม์โบมิเลน กรดซิตริก เป็นต้น โดยพบว่าสารสกัดเอนไซม์โบมิเลนนั้นมีความต้องการของตลาดที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากสารสกัดดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิ

- **อุตสาหกรรมทางการแพทย์ (Medical industry)**[4] โดยมีการใช้ประโยชน์ เช่น
    - **สารต้านจุลินทรีย์ (Anti-microbial agent)** โดยการใช้เอนไซม์โบรมิเลนในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้
        - เอนไซม์โบรมิเลนใช้ร่วมกับยาต้านจุลินทรีย์ (Antibiotic) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus sp.* ได้มากกว่าการใช้ยาต้านจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว
        - เอนไซม์โบรมิเลนช่วยป้องกันอาการท้องเสียอันเป็นสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia Coli* และ *Vibrio cholerae* โดยเอนไซม์นั้นทำการย่อยสลาย enterotoxin ทำให้สูญเสียโครงรูป ซึ่งไปรบกวนการส่งสัญญาณเคมีและการออกฤทธิ์ของสารพิษทำให้เกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์
        - เอนไซม์โบรมิเลนนำไปใช้ร่วมกับยาต้านจุลินทรีย์เพื่อลดการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโรคปริทันต์ (Periodontal Disease) การวิจัยได้นำเอนไซม์โบรมิเลนบริสุทธิ์ไปทดสอบผลต่อจุลินทรีย์โดยเพาะเลี้ยง *Streptococcus mutans, Porphyromonas gingivalis* และ *Serratia marcescens* ใน agar diffusion และหยดสารละลายเอนไซม์โบรมิเลนลงไปเปรียบเทียบกับยาต้านจุลินทรีย์บางชนิด ผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์โบรมิเลนร่วมกับยาต้านจุลินทรีย์สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ทุกชนิด และให้ประสิทธิภาพการฆ่าจุลินทรีย์ที่ดีกว่าการใช้ยาต้านจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียว
    - **สารต้านการอักเสบ** เอนไซม์โบรมิเลนสามารถชะลอการสร้าง COX ซึ่งส่งผลให้เกิดอาการปวดและมีไข้และยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารชักนำการอักเสบ (Inflammatory mediator) ซึ่งจะกระตุ้นให้เซลล์เอฟเฟคเตอร์ (Effector Cell) ที่ชื่อ CTL สามารถผลิตไซโตไคน์ที่สำคัญสองชนิดได้แก่ INF-γ และ TNF-α ซึ่งไซโตไคน์ทั้ง

[4] กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. เรื่อง การทบทวนวรรณกรรมกระบวนการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากสับปะรด

สองชนิดนี้จะไปยับยั้งการแบ่งตัวที่ผิดปกติของเซลล์รวมทั้งไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่ไม่พึงประสงค์ทำให้เซลล์ที่กำลังอักเสบสามารถฟื้นตัวและกลับมาทำงานได้อย่างเป็นปกติ

- **ยาประคบลดอาการบวมฟกช้ำ** เอนไซม์โบรมิเลนมาใช้บำบัดอาการเซลล์ช้ำ โดยการใช้ประคบภายนอกและพบว่าเอนไซม์โบรมิเลนสามารถเร่งให้เซลล์ลดบวมได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าการนำมาใช้โดยการรับปะทานนั้นก็ยังพบผลการรักษาที่ดีเช่นกัน เอนไซม์โบรมิเลนสามารถดูดซึมได้ที่ลำไส้ โดยเอนไซม์โบรมิเลนนั้นยังคงมีฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่อีกหลายชั่วโมงในระบบเลือดเมื่อถูกดูดซึมเข้าไปแล้ว ซึ่งเอนไซม์โบรมิเลนที่ดูดซึมเข้าไปสามารถช่วยลดอาการบวมของรอยฟกช้ำได้อย่างรวดเร็ว แม้ผลการรักษาจะช้ากว่าการประคบโดยตรง
- **ยารักษาอาการไซนัสอักเสบในเด็ก**เอนไซม์โบมิเลนนั้นนำมาใช้ในการรักษาอาการไซนัสอักเสบในเด็กได้ โดยการใช้เอนไซม์โบรมิเลนพ่นเข้าไปโดยตรง จากผลการรักษาพบว่าให้ผลที่ดีเสมือนการฉีดพ่นด้วยยา และไม่พบอาการข้างเคียงอันไม่พึงประสงค์จากการใช้เอนไซม์ในการรักษา

- **อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Food Supplementary Industry)** โดยมีการใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารเสริม เช่น

    - **อาหารเสริมช่วยในการขับถ่าย** ซึ่งสามารถช่วยในการลดอาการลำไส้อักเสบ (Inflammatory Bowel Disease: IBD) โดยอาสาสมัครที่มีอายุ 67 ปีเพศหญิงที่มีประวัติอาการเคยเป็นลำไส้อักเสบโดยเป็นติดต่อกันนานหลายปี รับประทานเอนไซม์โบรมิเลนที่มีขายในท้องตลาดในลักษณะของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า การย่อยอาหารดีขึ้น ขับถ่ายได้คล่องขึ้น และอาการปวดท้องลดลงมาก
    - **อาหารเสริมลดการอักเสบของโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์** โดยงานวิจัยพบว่ากลุ่มอาสาสมัคร 77 คน ที่รับประทานเอนไซม์โบรมิเลนติดต่อกันเป็นเวลา 3 เดือน แบบ Double-Blinded คือ รับประทานเอนไซม์ 200 มิลลิกรัม/วัน จำนวน 59.5% และ 400 มิลลิกรัม/วัน จำนวน 67.6% นั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพหัวเข่าที่ดีขึ้น

- **อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง** โดยมีการใช้ประโยชน์ เช่น การใช้เป็นส่วนผสมในครีมบำรุงผิว โดยการนำเอนไซม์โบรมิเลนบริสุทธิ์มาใช้ในการผลิตเครื่องสำอางโดยมีคุณสมบัติใช้ในการทำความสะอาดผิวและช่วยกระตุ้นการหลุดลอกของเซลล์ผิวที่ตายแล้ว ฟื้นฟูสภาพผิวให้ดูสดใส ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่นำเอนไซม์โบรมิเลนมาใช้ เช่น ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ครีมพอกหน้าและทำความสะอาดผิว ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชนิดเซรั่ม เป็นต้น[5]

[5] สุพนิดา วินิจฉัยและคณะ.(2551). เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑครีมพอกหนาที่มีสีวนผสมของเอนไซมโบรมิเลนบริสุทธิ์จากสับปะรด

- **อุตสาหกรรมอาหาร (Food Industry)** เช่น
    - **สับปะรดกระป๋อง** ปัจจุบันประเทศไทยนั้นมีอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดอุตสาหกรรมหลักของประเทศ คือ การแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง และยังมีการส่งออกเป็นอันดับที่ 1 ของโลก โดยในปัจจุบัน ปี 2566 พบว่า มีจำนวนผู้ประกอบการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกจำนวนทั้งสิ้น 27 ราย โดยมีมูลค่าการส่งออกปี 2565 อยู่ที่ 1,065 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่ารวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการแปรรูปสับปะรดเพื่อการส่งออกชนิดอื่น ๆ ซึ่งประเทศคู่ค้าหลักในการส่งออกของไทยนั้นคือ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีขั้นตอนการผลิตคร่าว ๆ ดังนี้ ขั้นตอนแรกคือ การล้างทำความสะอาดปลอกเปลือกและคว้านแกนออก จากนั้นจะถูกส่งไปล้างทำความสะอาดอีกครั้งทำการดึงตาและหั่นชิ้น บรรจุใส่กระป๋องเติมน้ำเชื่อม แล้วส่งเข้าเครื่องปิดผนึกกระป๋องพร้อมทำการฆ่าเชื้อ ขั้นตอนสุดท้ายคือ การปิดผนึกตรวจสอบพร้อมบรรจุลงกล่อง ซึ่งเป็นขั้นตอนคร่าว ๆ ในการแปรรูปสับปะรดกระป๋องของไทย
    - **น้ำสับปะรด** ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูป น้ำสับปะรด ของประเทศไทยนั้นมีมูลค่าการส่งออกปี 2565 อยู่ในลำดับที่ 3 รองจากการส่งออกสับปะรดกระป๋องและสับปะรดไม่บรรจุภาชนะที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ โดยมีขั้นตอนการผลิตคร่าว ๆ ดังนี้ คือ การนำเนื้อและแกนสับปะรดมาผ่านกรรมวิธีแยกส่วนที่เป็นกากออก จากนั้นนำไปต้มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส โดยอาจเจือน้ำและแต่งรสด้วยน้ำตาล เกลือหรือไม่ก็ได้ พร้อมบรรจุในภาชนะบรรจุ โดยน้ำสับปะรดนั้นสามารถจำแนก ได้ 2 ประเภท คือ น้ำสับปะรดแท้ และ น้ำสับปะรดปรุง โดยน้ำสับปะรดแท้นั้นไม่มีการเจือน้ำอาจแต่งรสด้วยน้ำตาล เกลือได้ ส่วนน้ำสับปะรดปรุง คือ น้ำสับปะรดที่ทำจากน้ำสับปะรดแท้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักมีการเจือน้ำปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาลและเกลืออาจแต่งสีและกลิ่น (flavoring agent)[6]
    - **สับปะรดกวน/แยม** ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปในลักษณะของสับปะรดที่มีการทำไว้ไม่ให้เสียโดยน้ำตาล เช่น สับปะรดกวน และแยมสับปะรด ของประเทศไทยนั้นมีมูลค่าการส่งออกปี 2565 อยู่ที่ 2,152 ล้านบาท โดยมีขั้นตอนการผลิตคร่าว ๆ ดังนี้ คือ การนำเนื้อสับปะรดหั่นเป็นชิ้นจากนั้นนำไปต้มกับน้ำตาลจนแห้งแล้วทำการบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะมีกรรมวิธีการทำที่คล้ายกับการทำแยมสับปะรด
    - **น้ำส้มสายชูหมัก (Vinegar)** น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลผลิตที่ได้จากการหมักในสภาพอาหารเหลวที่เป็นสารละลายโดยมีกรดน้ำส้มเป็นองค์ประกอบหลัก โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้นั้นส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ข้าว สับปะรด แอปเปิ้ล เป็นต้น การหมักนี้นิยมใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Acetobacter และ Gluconobacter ปัจจุบันนอกจากนิยมนำมาปรุง

[6] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ เรื่อง Pineapple juice / น้ำสับปะรด

อาหารเพื่อเพิ่มรสชาติแล้วยังสามารถนำมาดัดแปลงเป็นเครื่องดื่มสำหรับบริโภคได้อีกด้วย โดยมีสรรพคุณลดความดันโลหิต ช่วยระบบย่อยอาหาร เป็นต้น[7]

- **ผงหมักเนื้อนุ่ม (Natural Meat Tenderizer Powder)** โดยการใช้เอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain) สกัดจากสับปะรด ซึ่งมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีน ผลิตจากธรรมชาติได้โดยเอนไซม์นั้นเป็นสาร ไม่มีสี ใช้ในการทดแทนผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารเคมี ช่วยให้เนื้อนุ่มในเวลาที่เร็วขึ้น 2-3 เท่ากว่าผงหมักเนื้อทั่วไป ให้ความนุ่มคงที่ ไม่เปื่อยยุ่ยแม้ว่าจะหมักไว้เป็นเวลานาน รักษาคงความสดของสีเนื้อ ไม่เกิดกลิ่นคาว และไม่ทำให้เนื้อเสียรสชาติ
- **สารป้องกันการตกตะกอน (Anti-Fining agent)** เพื่อป้องกันการตกตะกอนในกลุ่มการผลิตเบียร์ ไวน์และน้ำผลไม้ โดยโบรมีเลนจะเข้าไปย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในเครื่องดื่มเพื่อทำให้เกิดความใสและไม่ตกตะกอนขณะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
- **เนยแข็ง (Cheese)** การผลิตเนยแข็งนั้นจะใช้โบรมีเลนไปย่อยสลายคาเซอีน (Casein) ในน้ำนมเพื่อให้ได้นมส่วนที่มีลักษณะข้นแข็งซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของการผลิตเนยแข็ง (Cheese) จากนั้นนำไปปั่นแยกเอาส่วนที่ข้นแข็งออกผลิตเนยต่อไป เนื่องจากเอนไซม์มีคุณสมบัติในการสลายแปปไทด์จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ซึ่งเป็นทางเลือกแทนเอนไซม์เรนเนท[8]

- **อุตสาหกรรมเคมี (Chemical Industry)** เช่น
  - **การผลิตกรดซิตริก (Citric acid) หรือกรดมะนาว** จัดอยู่ในกลุ่มของกรดอัลฟาไฮดรอกซี (AHA) ที่นิยมนำมาใช้นิยมนำมาใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวและสกินแคร์หลายชนิด นอกจากนั้นยังสามารถนำมาใช้งานได้ทั้งภายนอกร่างกายและการรับประทานได้ กรดซิตริกสามารถผลิตได้จาก 2 แหล่ง คือ จากสารธรรมชาติจากผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น เลมอน สับปะรด ส้มโอ นำมาผสมเข้ากับเกลือแล้วนำไปอบ และจากการสังเคราะห์ผ่านกระบวนการหมักแป้งและน้ำตาลโดยผ่านการไกลโคไลซีส (Glycolysis Pathway)จนได้เป็นกรดซิตริกผงสีขาวใส การผลิตกรดซิตริกจากกากสับปะรดนั้นสามารถทำได้โดยการนำกากสับปะรดมาใช้ในกระบวนการหมักร่วมกับเชื้อรา *Aspergillus niger KS-7* พร้อมกับน้ำตาลซูโครสและสารแอมโมเนียมไนเตรตโดยสามารถผลิตกรดซิตริกโดยประมาณ 36.6 กรัม/กิโลกรัมสารทั้งหมด
  - **สารประกอบประเภทโพลีฟีนอลิก (Phenolic compounds)** เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ซึ่งสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลิสระ (Antioxidant) ซึ่งสามารถการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจ

[7]สวรรยา ปัญญานันท์ และคณะ.(2561). การพัฒนาผลิตไวน์และน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดเหลือทิ้ง

[8] ยุทธพงศ ประชาสิทธิศักดิและวชรา พริ้งศุลกะ.(2538). การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเอ็นไซมโบรมิเลนด้วยรังสีแกมมา

ขาดเลือด และมะเร็ง สารประกอบประเภทโพลีฟีนอลิกนั้นสามารถละลายได้ในน้ำ โดยตัวอย่างของสารประกอบในประเภทนี้ ได้แก่ กรดแกลลิก กรดไฮดรอกซิลเบนโซอิก กรดคลอ โรจีนิก เอพิคาเทชิน กรดคูมาริก และกรดคาเฟอิก ซึ่งสารเหล่านี้สามารถสกัดได้จากกากของสับปะรด

- **การผลิตเอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain enzyme)** เป็นเอนไซม์ที่ได้จากธรรมชาติโดยจัดอยู่ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (Cysteine protease) โดยเอนไซม์โบรมิเลน สามารถสกัดได้จากส่วนลำต้นของสับปะรด และส่วนของผลสับปะรด ซึ่งสับปะรดแต่ละสายพันธ์จะมีปริมาณสารโบรมีเลนต่างกัน ทั้งนี้ไม่นิยมสกัดเอนไซม์จากเนื้อของสับปะรดเนื่องจากสามารถนำมาใช้รับประทานได้และมีต้นทุนการสกัดที่สูง ส่วนที่นิยมในการนำมาสกัดจึงเป็นส่วนของลำต้นเป็นหลัก นอกจากนี้สารสกัดเอนไซม์โบรมิเลนนั้นยังสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมทางการแพทย์ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และอุตสาหกรรมฟอกหนัง เป็นต้น การสกัดเอนไซม์เพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์นั้นไม่จำเป็นต้องทำเอนไซม์โบรมิเลนให้บริสุทธิ์มากจึงสามารถเลือกใช้วิธีการตกตะกอนด้วยเกลือหรือการใช้แอลกอฮอล์แล้วใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอามวลเอนไซม์ออกจากส่วนน้ำจากนั้นจึงนำไปทำให้เอนไซม์มีความบริสุทธิ์

รูปที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลและลักษณะทางกายภาพของโบรมิเลน

โบรมีเลน

ที่มา: www.disthai.com

- **อุตสาหกรรมสารเติมแต่งกลิ่น(Flavoring Industry)** เช่น การผลิตกลิ่นวนิลลา (Vanilla Flavor) สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ขนม น้ำหอม และยา โดยการสกัดกรดเฟอรูลิคจากส่วนของเปลือกสับปะรด โดยการใช้ *Aspergillus niger I-1472* ในการเปลี่ยนกรดเฟอรูลิคเป็นกรดวนิลลิก และการเปลี่ยนรูปเป็น วานิลลิน (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde)ในภายหลังโดยใช้

Pycnoporus- cinnabarinus MUCL 39,533 ซึ่งนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดวานิลิคหรือวานิลินซึ่งเป็นเป็นสารประกอบอินทรีย์มีหมู่ฟังก์ชั่นคืออัลดีไฮด์ (Aldehyde) อีเทอร์ (Ether) และแอลกอฮอล์ (Alcohol) ซึ่งวานิลลินที่ได้จากธรรมชาติมีราคาแพงมากดังนั้นวานิลลินที่ใช้ในอุตสาหกรรมจึงได้จากการสังเคราะห์เป็นหลัก

- **อุตสาหกรรมฟอกหนัง (Tanning Industry)** ซึ่งใช้สารโบรมิเลนในสับปะรดเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารฟอกหนัง (Tanning agent) โดยใช้โบรมีเลนไปใช้ในกระบวนการฟอกหนังในขั้นตอนการฟอกหนังสุก (โดยหนังดังกล่าวนั้นผ่านกระบวนการฟอกด้วยด่างและสารเคมีมาแล้ว) โดยโบรมีเลนจะช่วยให้หนังสัตว์มีความเรียบและนุ่มมากขึ้นซึ่งช่วยประหยัดเวลาสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้สารเคมีอื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้หนังสัตว์ที่มีคุณภาพอีกด้วย

รูปที่ 4 อุตสาหกรรมการฟอกหนังด้วยสารฟอกหนังจากโบรมิเลน

ที่มา: www.prachachat.net

- **อุตสาหกรรมสิ่งทอ (Textiles Industry)** เช่น การผลิตผ้าใยสับปะรด (Pina) เส้นใยจากใบสับปะรดนั้นมีชื่อเสียงอย่างมาก จากการนำมาทอเป็นผ้าบารอง (Barong หรือ Pina) ซึ่งเป็นภูมิปัญญาของชาวพื้นเมืองประเทศฟิลิปปินส์ โดยมีจุดเด่น คือ เป็นเส้นใยยาว ละเอียด มีความนุ่มเหมือนฝ้าย แต่แข็งแรงกว่าฝ้าย และคุณภาพดี จึงเหมาะกับการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เช่น ผ้ารองจาน พรม กระเป๋า รองเท้า เสื้อผ้า เป็นต้นโดยปัจจุบันเทรนด์การรักษาธรรมชาติที่ผู้ผลิตเริ่มหันมาให้ความสำคัญมากขึ้น โดยตอนนี้ผ้าใยสับปะรดกลายเป็นสินค้าที่ต้องการในตลาดต่างประเทศ

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผ้าใยสับปะรด

ที่มา: www.sentangsedtee.com

- **อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (Animal Feed Industry)** เช่น
    - **อาหารเสริม (Feed supplement)** ใช้เอนไซม์โบรมีเลนผสมในอาหารสัตว์ ช่วยทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นและมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นโดยโบรมีเลนสามารถช่วยย่อยสลายโปรตีนในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำไปใช้ของสัตว์
    - **อาหารหยาบ (Roughage)** อาหารสัตว์นับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งในกระบวนการผลิตสัตว์ ถ้าผู้เลี้ยงสามารถลดต้นทุนด้านนี้ลงได้มากจะยิ่งมีโอกาสเพิ่มรายได้และผลตอบแทนมากเท่านั้น ปัญหาการขาดแคลนอาหารสัตว์ในบางฤดูกาล เช่น ช่วงหน้าแล้ง ยังคงเป็นปัญหาที่เกษตรกรประสบอยู่ โดยเฉพาะการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค-กระบือ ปัจจุบันมีเศษเหลือและผลพลอยได้ที่เกิดจากอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรดจำนวนมาก หากคิดจากภาพรวมทั้งประเทศในอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรดจะเกิดกากสับปะรด คือ เศษเหลือของสับปะรด เฉลี่ยอยู่ที่ 4.12 ล้านตันต่อปี โดยกากสับปะรดจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ เช่น เปลือกด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนล่าง ไส้ (แกนกลาง) และเศษเนื้อ ซึ่งส่วนต่าง ๆ นี้มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างดี กล่าวคือ มีโปรตีนร้อยละ 6.90 โภชนะย่อยได้ร้อยละ 71 ของน้ำหนักแห้ง แต่มีความชื้นสูงถึงร้อยละ 90 และมีสภาพเป็นกรดสูงโดยเฉพาะเมื่อผลิตมาสด ๆ จากโรงงานส่วนใหญ่มักต้องทำการหมักอย่างน้อย 3-5 วันก่อนนำไปใช้งานเพื่อลดความเป็นกรดของสับปะรด หรือใช้ในรูปแบบอาหารแห้งโดยกากสับปะรดมีผลการวิจัยว่าสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ผลดีโดยเฉพาะใน สัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม ฯลฯ โดยสามารถใช้เป็นอาหารหลักแทนหญ้าซึ่งวิธีอาจใช้สารอาหารเสริมข้นเพื่อปรับคุณค่าทางโภชนาการให้เพียงพอ หรือเป็นอาหารเสริม กับฟางข้าวหญ้าแห้งหรือหญ้าสดก็ได้ด้วยเช่นกัน และยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นเปลือกสับปะรดอัดเม็ดส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้

รูปที่ 6 อาหารสัตว์ที่ผลิตจากกากสับปะรด

ที่มา: สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร

- **อุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ (Bio-plastic Industry)** เช่น
    - **การผลิตพลาสติกชีวภาพ (Bioplastics)** โดยการนำกากสับปะรดจากโรงงานไปใช้ในการผลิต Polyhydroxybutyrate (PHB) ซึ่งนี้สามารถนำไปใช้งานในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างหลากหลาย ทั้งอุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ฟิล์มห่อหุ้มอาหาร กล่องใส่อาหาร ขวดน้ำ กล่องโฟม เม็ดโฟมกันกระแทก อุตสาหกรรมทางการแพทย์ ได้แก่ วัสดุปิดแผล ไหมเย็บแผล อุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น[9]
    - **การผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer Composite)** โดยเส้นใยจากใบสับปะรดนั้นสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพได้ โดยใช้งานในลักษณะเป็นวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer Composite) วิธีการหรือขั้นตอนการทำคอมโพสิต คือ การนำเอาโครงสร้างทางเคมีหรือโครงสร้างเส้นใยสองชนิดหรือมากกว่าสองชนิดที่แตกต่างกันมาผสมกันในเมทริกซ์ (Matrix) วัสดุที่ทำหน้าที่เป็นแกนหลัก และวัสดุอีกชนิดที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ (Dispersed phase) ในเมทริกซ์นั้น หรืออาจเรียกว่าเป็นเฟสเสริมแรง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของคอมโพสิต โดยในประเทศไทยนั้นได้มีการวิจัยและพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตขึ้น เช่น การใช้พอลิแลคติกแอซิด (PLA) โดยมีเส้นใยสับปะรด (PALF) เป็นสารเสริมแรง ซึ่งสามารถใช้ได้ในงานฉีดขึ้นรูปทั่วไปในอุตสาหกรรมได้ การนำเส้นใยสับปะรดมาทำวัสดุคอมโพสิต (Composite materials) ดูดซับเสียง โดยเป็นการผสม

[9] ที่มา: รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภทพอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Polyhydroxybutyrate) จาก http://asp.plastics.or.th

ระหว่างเส้นใย (PET) โดยมีเส้นใยสับปะรดเป็นสารเสริมแรง โดยสามารถนำมาผลิตเป็น แผ่นดูดซับเสียงสำหรับแผงรถยนต์ ประตูกั้นเสียง ผนังดูดซับเสียงและแผ่นบุผนัง[10]

- **อุตสาหกรรมกระดาษ (Paper Industry)** โดยการนำใยสับปะรดจากส่วนใบที่เหลือจากการเพาะปลูกมาเข้าสู่กระบวนการ ทำกระดาษเช่นเดียวกับการทำกระดาษสาสามารถนำมาต่อยอดเพิ่มมูลค่าโดยการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กระเป๋าอเนกประสงค์ ใส่มือถือ เงิน หรือเครื่องเขียน กระเป๋าใส่บัตร และที่พันหูฟัง ซึ่งถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยมีราคาขายสูงกว่าการจำหน่ายในรูปแบบกระดาษจากใบสับปะรดกว่า 20 เท่า[11]

รูปที่ 7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกระดาษใยสับปะรด

ที่มา : เทคโนโลยีชาวบ้าน

- **อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพ[12] (Biofuel industry)**
  - **ไบโอเอทานอล (Bio Ethanol)** การผลิตไบโอเอทานอลด้วยเปลือกสับปะรดนั้นทำได้ โดยกระบวนการใช้กรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ในการปรับสภาพ และใช้เชื้อยีสต์ *S.cerevisiae* เป็นตัวเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล โดยการใช้กระบวนการหมักแบบกะซึ่งได้ปริมาณเอทานอลสูงสุด 1.76 กรัม/ลิตร (ในเวลาการหมัก 60 ชั่วโมง)
  - **ก๊าซมีเทน(Methane gas)** โดยการเปลือกสับปะรดเป็นตัวตั้งต้นหมักร่วมกับการใช้มูลสุกรผ่านกระบวนการหมักแบบไร้อากาศซึ่งสามารถผลิตก๊าซได้ในอัตรา 36.77 ลิตร/วัน

[10] หมายเหตุ: แผ่นดูดซับเสียงอยู่ในระหว่างการวิจัยและพัฒนาภายใต้งานวิจัย เรื่อง ศึกษาสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยของแกน และขั้วสับปะรด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[11] ภาวิณีย์ เจริญยิ่ง.(2561). แปรรูปกระดาษใยสับปะรด เติมไอเดีย-ตอบโจทย์คนยุค 4.0 จากwww.technologychaoban.com

[12] Daniela Eixenberger et al, (2022), Tropical agroindustrial biowaste revalorization through integrative biorefineries—review part II: pineapple, sugarcane and banana by-products in Costa Rica.

- **คาร์บอนกัมมันต์ (Activated charcoal)** การผลิตคาร์บอนกัมมันต์เสริม $KMnO_4$ จากใบสับปะรดสำหรับใช้เป็นสารกรองน้ำกระด้างให้สามารถดื่มได้ตามมาตรฐานน้ำดื่ม

- **การผลิตไฟฟ้า** โดยการใช้ใบและต้นสับปะรดที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหญ้าขี้ช้าง แกลบ และชานอ้อยทั้งทางด้านอุณหภูมิที่สูงกว่า และมีปริมาณการเกิดคาร์บอนที่ต่ำกว่า โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติของตอซังสับปะรดพบว่า ตอซังสับปะรดตากแห้งที่ความชื้นประมาณร้อยละ 6 มีค่าความร้อนประมาณ 3,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม[13] แต่ยังพบข้อจำกัดในเรื่องของความแน่นอนในการใช้ผลิตพลังงานเนื่องจากปัญหาในเรื่องช่วงเวลาการเพาะปลูกซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนไปปลูกพืชตามราคาตลาด ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลไปสู่โรงงาน เป็นต้น[14]

[13] ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2544

[14] เอกสารวิจัยเรื่องพลังงานชีวมวล จาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน