ข้าว-มัน-กุ้ง

ผลผลิตคู่ชีวิตคนไทย

บรรณาธิการ
ยอดหทัย เทพธรานนท์
กัญญวิมว์ กีรติกร

ISBN 974-93224-1-X

ข้าว-มัน-กุ้ง

ผลผลิตคู่ชีวิตคนไทย

บรรณาธิการ
ยอดหทัย เทพธรานนท์
กัญญวิมว์ กีรติกร

เจ้าของ TAST

ผู้สนับสนุน

ISBN: 974-93224-1-X

ข้าว–มัน–กุ้ง

บรรณาธิการ: ยอดหทัย เทพธรานนท์

กัญญ์วิมว์ กีรติกร

เจ้าของ: มูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

พิมพ์ครั้งที่ 1 มิถุนายน 2548

จำนวนพิมพ์ 3,000 เล่ม

ราคา 250 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

ข้าว-มัน-กุ้ง

ยอดหทัย เทพธรานนท์ กัญญ์วิมว์ กีรติกร; บรรณาธิการ

1. ข้าว 2. มันสำปะหลัง 3. กุ้ง 4. เทคโนโลยีชีวภาพ

I สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ; ผู้สนับสนุน

ISBN 974-93224-1-X

641.33

ย171ข

ผลิต ออกแบบและสร้างสรรค์

งานนิเทศสัมพันธ์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0 2564 7000 โทรสาร 0 2564 7004

คำนิยม

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มีความภูมิใจที่ได้ร่วมสนับสนุนมูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ในโครงการ "ปัญญาสร้างสรรค์เรื่องสำคัญของชาติ" และในการเสวนาวิจัยยอดเยี่ยม บวท. เรื่อง "ข้าว-มัน-กุ้ง" ในครั้งนี้

เนื่องจากทั้ง**ข้าว มันสำปะหลัง** และ**กุ้ง** เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญในระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ กล่าวคือ ในด้านมูลค่าการส่งออกก็มีมูลค่ารวมกันถึงปีละ 2.16 แสนล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 3.29 ของ GDP รวมของประเทศ และในด้านจำนวนคนที่เกี่ยวข้องและฐานทรัพยากรที่ต้องใช้ ก็มีคนอยู่ในวงการเหล่านี้หลายล้านคน ใช้ทั้งที่ดิน น้ำ และทรัพยากรสาธารณะอื่นๆ เป็นปริมาณมาก ผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบของกิจกรรมทั้งสามกลุ่มจึงมีมาก ความรู้เกี่ยวกับเรื่องทั้งสามจึงเป็นเรื่องที่ขาดเสียมิได้ จึงต้องมีการทบทวนปรับปรุงให้ทันกาลอยู่เสมอ

ในด้านรูปแบบการจัดเสวนาที่ บวท. ได้เชิญนักวิจัยแนวหน้าของประเทศไทยในศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มานำเสนองานวิจัยและวิเคราะห์วิจารณ์กันในหัวข้อที่สำคัญของ

ประเทศเช่นนี้ ก็เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งในวงเสวนาของนักวิชาการ ซึ่งได้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในเรื่อง**ข้าว-มัน-กุ้ง**อย่างข้ามศาสตร์และสาขาวิชา เป็นการเปิดมุมมองของนักวิชาการเองให้กว้างขวางยิ่งขึ้น และเมื่อนำผลการเสวนามาจัดพิมพ์เป็นหนังสือดังที่ท่านถืออยู่นี้ ก็เป็นประโยชน์ในการเผยแพร่สู่สาธารณะอันจะเป็นแหล่งอ้างอิงของบุคคลทั่วไปอีกชั้นหนึ่งด้วย

อีกประการหนึ่ง การวิจารณ์แลกเปลี่ยนกันอย่างตรงไปตรงมาและเปิดเผยดังที่ได้เกิดขึ้นในวงเสวนานี้ ก็เป็นส่วนหนึ่งของ "วัฒนธรรมการวิจารณ์" ที่สังคมไทยยังขาดอยู่มาก จึงจะมีส่วนในการเสริมสร้าง "ระบบวิจัยที่เข้มแข็ง" และ "สังคมที่ยั่งยืน" ของประเทศในอนาคต

สกว. จึงใคร่ขอแสดงความยินดีกับ บวท. ในความสำเร็จของการเสวนามา ณ ที่นี้

ปิยะวัติ บุญ-หลง

ผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำนำ

หนังสือเรื่อง**ข้าว-มัน-กุ้ง**นี้เกิดจากการรวบรวมบทบรรยายใน "เสวนาวิจัยยอดเยี่ยม บวท." เรื่อง "ข้าว-มัน-กุ้ง" ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30 ประจำปี พ.ศ. 2547 ซึ่งบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ได้จัดขึ้นเป็นประจำทุกปี เพื่อให้ความรู้ในเรื่องที่เป็นประโยชน์ และนำเสนอแง่มุมต่างๆ ทางด้านความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรรหาบทความเพิ่มเติมจากผู้มีคุณวุฒิและมีความเชี่ยวชาญด้านงานวิจัยอีกหลายท่านเพื่อให้หนังสือเล่มนี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหา และจัดเป็นหนังสือในชุด "ปัญญาสร้างสรรค์เรื่องสำคัญของชาติ" ซึ่ง บวท. ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในการจัดพิมพ์

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้นำทางด้านปริมาณการผลิตและปริมาณการส่งออกของ**ข้าว มันสำปะหลัง** และ**กุ้ง** ทั้งในรูปข้าวสาร มันเส้นและมันอัดเม็ด กุ้งแช่เย็นและกุ้งแช่แข็ง และสินค้าแปรรูปอื่นๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น การที่ประเทศไทยมีผลผลิตของสินค้าทางการเกษตรทั้งสามนี้สูงกว่าความต้องการในประเทศ และสามารถส่งออกไปขายในตลาดต่างประเทศได้ เป็นพลังขับเศรษฐกิจของชาติที่สำคัญยิ่ง โดยเฉพาะในด้านการเป็นแหล่งสำคัญของการนำเข้าเงินตราต่างประเทศ อย่างไรก็ตามมีข้อน่าสังเกตว่าถึงแม้เราจะเป็น

ผู้นำทางด้านการส่งข้าวออกสู่ตลาดโลก แต่ผลผลิตข้าวต่อพื้นที่โดยเฉลี่ยของประเทศไทยจัดว่าต่ำกว่าประเทศผู้ปลูกข้าวที่สำคัญอื่นๆ ทั้งสิ้น ในขณะที่ประเทศไทยกลับเป็นผู้นำทางด้านผลผลิตต่อพื้นที่โดยเฉลี่ยของมันสำปะหลังและมีปริมาณเหลือสำหรับส่งออกได้มาก เนื่องจากมีความต้องการใช้ในประเทศน้อย ส่วนทางด้านการเลี้ยงกุ้งนั้นประเทศไทยมีคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญอีกหลายประเทศ แต่การที่เรายังรักษาความเป็นผู้นำไว้ได้ในตลอดเวลาที่ผ่านมาน่าจะเป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การพัฒนาอาหารเลี้ยงกุ้ง การตรวจวินิจฉัยโรค ให้เกิดประโยชน์

ประเทศไทยมีการปลูกข้าวมาช้านาน ถึงแม้ว่าการปลูกแบบเป็นพืชเศรษฐกิจเพิ่งจะเกิดขึ้นในระยะหลัง ส่วนการปลูกมันสำปะหลังและการเลี้ยงกุ้งในฟาร์มนั้นจัดว่าเพิ่งเกิดขึ้นไม่นานมานี้ การปลูกมันและการเลี้ยงกุ้งมักจะถูกมองว่าก่อให้เกิดผลกระทบในแง่ลบกับระบบนิเวศน์ เป็นตัวทำลายความอุดมสมบูรณ์ในดิน ทำลายป่าชายเลนของประเทศ และทำลายความหลากหลายทางชีวภาพในสภาพธรรมชาติ ซึ่งข้อดีและข้อเสียต่างๆ นั้นคงจะต้องถูกนำมาพิจารณาให้ถ่องแท้โดยคำนึงถึงประโยชน์ของประเทศชาติเป็นสำคัญ

ผู้จัดทำหนังสือ**ข้าว-มัน-กุ้ง** ขอขอบคุณ ศ.ดร. มรกต ตันติเจริญ ผู้ดำเนินการอภิปราย "เสวนาวิจัยยอดเยี่ยม" ผู้เขียนบทความทุกท่าน รวมทั้ง สกว. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และคาดหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะสามารถนำเสนอข้อมูล ความรู้ และประเด็นที่จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านที่เกี่ยวข้องกับสำหรับสินค้าเกษตรทั้งสามซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

ยอดหทัย เทพธรานนท์

กัญญวิมว์ กีรติกร

เมษายน 2548

สารบัญ

บทที่ 1

สถานภาพและศักยภาพของการผลิตข้าว มันสำปะหลังและกุ้งของประเทศไทย

มรกต ตันติเจริญ

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตข้าวเพื่อส่งออก เป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลัง และเป็นผู้ผลิตกุ้งกุลาดำจากแหล่งเพาะเลี้ยงจัดอยู่ใน 3 อันดับแรกของโลก ในด้านการผลิตข้าวถึงแม้ว่ากำลังทางการผลิต ประเทศไทยจะไม่ติดอยู่ใน 5 อันดับแรก (จีน อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ และเวียตนาม) แต่ประเทศไทยนำหน้าทั้งประเทศอินเดียและประเทศเวียตนามในด้านปริมาณผลผลิตเพื่อส่งออกสู่ตลาดโลก โดยในปี 2545 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวสารเป็นปริมาณ 7.5 ล้านตัน ส่วนอินเดียและเวียตนามมีปริมาณการส่งออก 4.5 และ 2.8 ล้านตัน ตามลำดับ พื้นที่การผลิตข้าวส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดหลักๆ เช่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ดและบุรีรัมย์ ซึ่งการปลูกข้าวในภาคนี้คิดเป็นร้อยละ 55.9 ของพื้นที่การปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศ สัดส่วนผลผลิตที่ได้ทั้งหมดของ

ประเทศที่เก็บไว้เพื่อการบริโภคในประเทศและใช้เป็นเมล็ดพันธุ์คิดเป็นประมาณร้อยละ 58.3 และส่วนที่เหลือส่งออกในรูปของข้าวสาร ในภาวะปัจจุบันความต้องการข้าวเพื่อการบริโภคของประชากรโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยจะเห็นได้จากข้อมูลในตารางที่ 1.1 แต่ผลผลิตต่อไร่ของประเทศไทยยังจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ โดยผลผลิตเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ในระดับ 420 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ประเทศคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญ เช่น จีนและเวียตนาม มีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 998 และ 680 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และทั่วโลกมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 623 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวหอมมะลิมีผลผลิตเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ (ผลผลิตเฉลี่ยทั่วประเทศ 260 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนข้าวคุณภาพดีสายพันธุ์อื่นๆ เช่น ข้าว กข.21 กข.23 สุพรรณบุรี21 และชัยนาท1 มีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 575 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งประเทศไทยยังมีโอกาสที่จะพัฒนาผลผลิตให้สูงขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการข้าวเพื่อการบริโภคที่เพิ่มขึ้นทุกปี

การส่งออกข้าวสารนับเป็นแหล่งสำคัญของการนำเข้าเงินตราต่างประเทศ ข้าวเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่ทำเงินตราต่างประเทศสูงเช่นเดียวกับสินค้าเกษตรประเภทอื่น เช่น ยางพารา กุ้งแช่เย็น/แช่แข็ง ไก่เนื้อ เป็นต้น (มูลค่าการส่งออกข้าว คือ 65,500 ล้านบาท ในปี พ.ศ 2543) นอกจากนี้ประมาณว่าการผลิตข้าวก่อให้เกิดการจ้างงานประมาณร้อยละ 60 ของแรงงานทั้งประเทศ ข้อดีอีกประการหนึ่งที่มักจะลืมนึกถึงคือการที่ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้เพียงพอต่อการบริโภคและสามารถส่งออกส่วนที่เหลือจากการบริโภคได้นั้นนับว่าเป็นความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศในกรณีที่อาจเกิดภาวะวิกฤตด้านอาหารในอนาคต

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการบริโภคข้าวของโลก ในปี 2542/43 - 2545/46

หน่วย: พันตันข้าวสาร

ประเทศ	2542/43	2543/44	2544/2545	2545/46
จีน	133,763	134,356	134,595	134,800
อินเดีย	82,670	75,851	82,251	84,000
อินโดนีเซีย	35,400	35,877	36,358	36,790
บังคลาเทศ	23,766	25,790	26,250	26,250
เวียดนาม	16,771	17,275	17,400	17,700
ไทย	9,300	9,400	9,500	9,600
พม่า	9,330	9,350	9,400	9,475
ฟิลิปปินส์	8,400	8,750	8,900	9,105
ญี่ปุ่น	9,450	9,000	9,000	9,000
บราซิล	7,956	7,956	7,958	8,000
เกาหลีใต้	4,986	5,000	5,100	5,100
สหรัฐอเมริกา	3,846	3,676	3,889	3,969
อียิปต์	2,856	3,015	3,150	3,275
อิหร่าน	3,019	3,050	3,075	3,100
EU	2,190	2,207	2,215	2,190
เกาหลีเหนือ	2,000	1,837	1,500	1,950
ไต้หวัน	1,315	1,265	1,150	1,150
อัฟริกาใต้	531	525	550	600
อื่นๆ	40,788	42,168	41,696	42,607
รวม	**398,337**	**396,348**	**403,937**	**408,661**

แหล่งข้อมูล: USDA, Foreign Agricultural Service (FAS), Aug 2002

ทางด้านมันสำปะหลังนั้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะอยู่ในอันดับที่ 3 ของโลกในด้านกำลังการผลิต (รองจากประเทศไนจีเรียและบราซิล) แต่ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยในปี พ.ศ. 2544 มีการผลิต 18 ล้านตัน และมีมูลค่าการส่งออกรวมของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง 25,000 ล้านบาท ทั้งในรูปของมันเส้น

ตารางที่ 1.2 มันสำปะหลัง : เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (พ.ศ. 2541-2543)

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (กก.)		
	2541	2542	2543	2541	2542	2543	2541	2542	2543
รวมทั้งโลก	101,175	104,812	100,619	158,620	169,026	172,737	1,568	1,613	1,717
ไนจีเรีย	16,856	19,200	19,200	30,409	32,697	32,697	1,804	1,703	1,703
บราซิล	9,913	9,891	10,667	19,809	20,892	22,960	1,998	2,112	2,152
ไทย	6,527	6,659	7,068	15,591	16,507	19,049	2,389	2,479	2,695
อินโดนีเซีย	7,531	8,500	8,500	14,728	16,347	16,347	1,956	1,923	1,923
คองโก	13,750	12,710	6,855	16,500	16,500	15,959	1,200	1,298	2,328
กานา	3,938	4,063	4,063	7,172	7,845	7,845	1,821	1,931	1,931
อินเดีย	1,531	1,563	1,563	5,868	5,800	5,800	3,833	3,711	3,711
แทนซาเนีย	4,331	4,375	5,301	6,193	7,182	5,758	1,430	1,642	1,086
ยูกันดา	2,138	2,344	2,388	2,285	3,300	4,966	1,069	1,408	2,080
โมซัมบิก	6,344	5,988	5,000	5,639	5,353	4,643	889	894	929
อื่น ๆ	28,316	29,519	30,014	34,426	36,603	36,713	1,216	1,240	1,223

แหล่งข้อมูล: ประเทศไทย, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร; ประเทศอื่น, องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ

และมันอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ และในรูปของแป้งมันสำปะหลัง สำหรับพื้นที่ในการปลูกนั้นประเทศไทยทำการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือในภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคเหนือ โดยมีผลผลิตของหัวมันสดต่อไร่อยู่ที่ 2.69 ตันต่อไร่ ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ (ตารางที่ 1.2) ทั้งนี้เนื่องมาจากการสนับสนุนให้มีการกระจายพันธุ์ที่มีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม

ในประเทศอื่นๆ มันสำปะหลังถูกใช้ไปในการบริโภคเป็นสัดส่วนที่สูง แต่ในประเทศไทยมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ โดยการผลิตเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด และการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ดนั้นไม่ต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อน เพียงแต่ทำการหั่นและตากแห้ง หรืออาจนำมาอัดเป็นเม็ดเพิ่ม

เติมเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง องค์ประกอบหลักในมันเส้นและมันอัดเม็ดคือคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและเหมาะกับการใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยประเทศที่มีความต้องการสั่งซื้อมันเส้นและมันอัดเม็ดจากประเทศไทยเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปและประเทศจีน และในภายหลังพบว่ามันเส้นยังเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมการหมัก ทำให้อุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตมันเส้นเพื่อส่งออก ให้มีความสะอาดเพิ่มขึ้นและลดการปนเปื้อนลง ส่วนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นประเทศไทยผลิตได้ประมาณ 2,000,000 ตันต่อปี โดยในภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการแป้งมันสำปะหลังดังนี้

ตารางที่ 1.3 ตัวอย่างการนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ

อุตสาหกรรม	**ลักษณะการนำไปใช้**
ผลิตภัณฑ์อาหาร (Food Products)	
ผงชูรส	• เป็นวัตถุดิบในการหมัก โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสซึ่งจะถูกทำปฏิกิริยาต่อเป็นกรดกลูตามิก ได้โมโนโซเดียมกลูตาเมตหรือผงชูรส
อาหาร	• เพิ่มความข้นของอาหาร เช่น ซุป ซอส ใช้ผสมในอาหารจำพวกเส้นบะหมี่ เพื่อทำให้คงสภาพตามความต้องการ
สารให้ความหวาน	• เป็นวัตถุดิบในการผลิตกลูโคสไซรัป เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหาร (Non Food Products)	
กระดาษ	• ทำให้กระดาษมีความเหนียวยิ่งขึ้น มีคุณสมบัติที่ไม่ให้น้ำหมึกซึมผ่านได้และทำให้กระดาษมีผิวหน้าที่เรียบ และทำหน้าที่เป็นตัวยึดและเพิ่มความหนาของกระดาษ
สิ่งทอ	• ชุบเพื่อให้ด้ายลื่นและไม่มีขนเวลาทอ ทำให้ด้ายมีความยืดหยุ่นดี เพิ่มความสม่ำเสมอของสีที่พิมพ์ ป้องกันการเปรอะเปื้อนของผ้าพิมพ์ในขณะที่พิมพ์ เพิ่มความเงางามและความคงทนของผ้า
กาว	• ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อรักษาสภาพความเหนียวโดยไม่มีการคืนตัว เช่น สติ๊กเกอร์ แสตมป์ ซองจดหมาย อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมไม้อัด
ไม้อัด	• ใช้ทาไม้อัดที่ผ่านการอบแห้งตามที่กำหนด เพื่อให้มีความแข็งแรงทนทาน

การส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังนับเป็นแหล่งสำคัญของการนำเข้าเงินตราต่างประเทศ โดยทั้งนี้รายได้ส่วนใหญ่จะตกอยู่ภายในประเทศ เนื่องจากปัจจัยการผลิตทั้งหมดมาจากภายในประเทศเอง ประมาณได้ว่าการผลิตมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังก่อให้เกิดการจ้างงานอย่างน้อยร้อยละ 16 ของประชากรไทยทั้งในภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังยังเกื้อหนุนให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสผลิตสินค้าบางประเภทด้วยต้นทุนที่ต่ำและเป็นข้อได้เปรียบกว่าประเทศอื่นๆ

กุ้งแช่เย็นและแช่แข็งจัดเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่นำรายได้มหาศาลมาให้ประเทศไทยเช่นกัน ในปี พ.ศ. 2544 ไทยมีผลผลิตการส่งออกประมาณ 255,568 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 98,680 ล้านบาท โดยที่ประเทศไทยยังครองความเป็นอันดับหนึ่งในการส่งออกกุ้งเพาะเลี้ยงไปยังตลาดโลกไว้ และมีคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญคือ อินโดนีเซีย เอควาดอร์ จีน เวียตนาม อินเดีย และเม็กซิโก (ตารางที่ 1.4) แหล่งผลิตกุ้งของไทยมาจากทั้งทำการประมงในแหล่งน้ำธรรมชาติ (บริเวณอ่าวไทยด้านตะวันออก เช่น สมุทรปราการ สมุทรสาคร ประจวบคีรีขันธ์และนราธิวาส และบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน) ซึ่งมีน้อยลงทุกที โดยที่ผลผลิตส่วนใหญ่ในปัจจุบันมาจากการเพาะเลี้ยง ถึงแม้ว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงในประเทศไทยคิดเป็นเพียงร้อยละ 6.4 ของพื้นที่เลี้ยงของโลก แต่มีสัดส่วนการผลิตถึงร้อยละ 28 ของการผลิตทั้งหมด ซึ่งนับว่าการเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมีอัตราการผลิตต่อพื้นที่ที่สูงมาก

ตารางที่ 1.4 ปริมาณการผลิตกุ้งของประเทศที่สำคัญตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2544

หน่วย: พันตัน

	ไทย		จีน		อินเดีย		อินโดนีเซีย		เวียดนาม		เอควาดอร์		เม็กซิโก		ทั้งโลก	
	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
2531	55.6	164.5	199.4	583.8	20.0	216.4	77.8	236.8	27.5	79.9	74.5	82.6	0.6	73.3	576.5	2575.3
2532	93.5	203.1	185.9	502.4	28.0	226.1	98.4	247.9	28.0	78.7	70.1	77.7	2.8	76.7	620.5	2580.7
2533	119.5	224.3	184.8	532.2	30.0	246.0	107.3	258.0	31.0	83.2	76.4	84.7	4.4	62.3	672.0	2639.5
2534	162.0	289.9	219.6	564.1	35.5	300.5	140.1	297.5	35.6	92.5	105.2	118.8	5.1	70.6	832.2	2887.0
2535	184.9	300.6	206.9	574.1	40.0	290.4	141.7	311.2	37.8	94.5	113.1	127.0	8.3	66.2	889.7	3002.3
2536	225.5	343.1	87.8	488.8	72.2	290.8	138.8	300.7	42.0	102.0	83.4	97.5	11.5	79.8	847.7	2929.5
2537	265.5	385.0	63.9	605.1	91.2	370.4	135.1	319.7	45.0	110.0	88.7	98.7	13.5	77.3	890.7	3178.0
2538	260.7	389.2	78.4	644.7	97.5	323.8	146.6	332.5	52.0	119.0	105.6	112.1	15.9	85.9	951.6	3288.4
2539	240.3	370.8	88.8	751.8	35.2	335.4	151.8	343.1	60.0	129.0	107.9	112.9	13.3	78.9	960.1	3415.0
2540	227.6	350.9	102.9	829.6	65.6	365.8	167.4	382.2	108.0	178.0	132.7	137.7	17.4	88.5	1000.6	3600.8
2541	243.8	367.8	143.1	970.7	81.1	385.4	168.5	395.0	116.0	196.0	144.0	149.5	23.7	90.3	1113.9	3827.3
2542	250.0	-	85.0	-	-	-	-	-	60.0	130.0	-	-	-	-	-	-
2543	290.0	-	315.4	1253.1	-	-	-	-	75.0	150.0	-	-	-	-	-	-
2544	320.0	-	250.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ C หมายถึง ผลผลิตกุ้งที่มาจากการเพาะเลี้ยง

A หมายถึง ผลผลิตกุ้งทั้งหมด

ในด้านการสร้างงานนั้นมีการประมาณไว้ว่าการเลี้ยงกุ้ง รวมทั้งอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกุ้งกุลาดำและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ก่อให้เกิดการจ้างงานอย่างน้อยร้อยละ 5 ของประชากรไทย การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจัดเป็นอาชีพเกษตรที่ให้ผลตอบแทนการผลิตที่สูง โดยประมาณว่ามีกำไรเฉลี่ยสุทธิต่อไร่สูงกว่าการทำนาถึง 70 เท่า และนำเงินตราต่างประเทศเข้ามาได้สูงจากการส่งออกกุ้งและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกุ้ง โดยที่มีการพึ่งพาวัตถุดิบในการผลิตจากต่างประเทศที่ต่ำ หมายถึงว่า *การส่งออกกุ้งสดแช่เย็นแช่แข็งที่เพิ่มขึ้นทุก 1 บาทมาจากการใช้ทรัพยากรภายในประเทศเป็นปัจจัยในการผลิตมากถึง 0.79 บาท ส่วนผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกุ้งทุก 1 บาทจะใช้ทรัพยากรในประเทศ 0.75 บาท* และนับว่ากุ้งกุลาดำเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูงสุดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอาหารประเภทอื่น

จากสถานภาพในปัจจุบันที่ประเทศไทยสามารถเป็นผู้นำทางด้านการผลิตและมีปริมาณพอเพียงที่จะส่งข้าว มันสำปะหลัง และกุ้งออกสู่ตลาดโลกทั้งในด้านผลิตภัณฑ์แปรรูปและไม่แปรรูปจนเป็นผู้นำในด้านการส่งออก ทำให้ต้องมีการทบทวนวิธีการผลิตและวิธีการจัดการเพื่อให้ยังครองอันดับความเป็นผู้นำและมีส่วนแบ่งในตลาดโลกที่สูงอยู่ได้ ปัญหาสำคัญสำหรับการผลิตข้าวคือ

- ปัญหาด้านโรคจากเชื้อจุลินทรีย์และแมลงศัตรูข้าว เช่น โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหรือเพลี้ยจั๊กจั่น
- ปัญหาจากสภาวะธรรมชาติที่ไม่เหมาะสม เช่น น้ำท่วมหรือแห้งแล้ง
- ผลผลิตโดยเฉลี่ยโดยรวมที่ต่ำ ซึ่งสาเหตุสำคัญประการหนึ่งเกิดจากการขาดเมล็ดพันธุ์ที่ดี
- มีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวค่อนข้างน้อยมาก ทำให้ไม่เกิดการเพิ่มมูลค่าขึ้น

ส่วนปัญหาสำคัญของการผลิตมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง ได้แก่

- การขาดแคลนพันธุ์ที่ดีที่สามารถให้ปริมาณแป้งในสัดส่วนที่สูงและเหมาะสมกับพื้นที่ปลูกแต่ละแห่ง รวมทั้งการขาดข้อมูลเกี่ยวกับพันธุกรรมของมันสำปะหลังในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์
- การขาดแหล่งตรวจสอบและรับรองคุณภาพมันเส้น มันอัดเม็ด เพื่อลดการปลอมปนและเพิ่มความบริสุทธิ์สำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมการหมัก
- การที่คุณภาพแป้งมันสำปะหลังไม่คงที่เนื่องจากความหลากหลายของสายพันธุ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ
- การขาดเทคโนโลยีในการผลิตแป้งดัดแปรซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ

สำหรับการผลิตกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งนั้น ปัญหาสำคัญได้แก่

- การขาดแคลนพ่อพันธุ์กุ้ง เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งของไทยอาศัยการจับพ่อแม่พันธุ์จากทะเลซึ่งนับวันจะมีแต่ลดจำนวนและคุณภาพลง ทำให้ลูกกุ้งไม่มีคุณภาพ
- การระบาดของโรคกุ้ง เช่น โรคไวรัสตัวแดงดวงขาว โรคไวรัสหัวเหลือง
- การลงทุนด้านอาหาร ยา และเคมีภัณฑ์ที่ค่อนข้างสูง และเป็นการใช้ยาและเคมีภัณฑ์ที่ไม่จำเป็นเนื่องจากเกษตรกรขาดเทคโนโลยีในการจัดการบ่อที่ดี

การค้นคว้าวิจัยเพื่ออาศัยเทคโนโลยีชีวภาพในการแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นสามารถทำได้หลายประการ เช่น

- การประเมินและการใช้ประโยชน์จากแหล่งพันธุกรรม (germplasm) ของข้าวและมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งของลักษณะพันธุกรรมที่เป็นที่ต้องการ เช่น การทนต่อโรค การให้ผลผลิตสูง การให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี การทนต่อสภาวะการปลูกที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถคัดเลือกลักษณะดังกล่าวเข้ามาไว้ในสายพันธุ์เดียวได้

- การศึกษาข้อมูลพันธุกรรมในระดับ genome ของข้าว มันสำปะหลัง และกุ้ง เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ที่รวดเร็ว เช่น การอาศัยเครื่องหมายทางโมเลกุล (molecular markers)ในการตรวจสอบลูกผสมที่เกิดขึ้น หรือเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองต่อโรคเพื่อหาวิธีป้องกัน หรือวิธีรักษาที่ดีขึ้นกว่าเดิม
- การปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวและแป้งมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพขึ้น เช่น การลดการใช้พลังงาน การบำบัดของเสีย และพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพและการปลอมปน รวมทั้งวิจัยพัฒนาการใช้วัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือกระบวนการใหม่ที่มีมูลค่าสูงกว่าเดิม
- การมุ่งสร้างสายพันธุ์ข้าวและมันสำปะหลังที่มีลักษณะพิเศษโดยเฉพาะ เช่น สายพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณเหล็กหรือโปรตีนสูงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำเพื่อลดขั้นตอนการกำจัดไซยาไนด์ออกจากแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหาร หรือสายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีเม็ดแป้งขนาดเล็กเหมาะแก่การใช้แทนไขมันในอาหาร หรือเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง
- การวิจัยและพัฒนาเพื่อลดการใช้ยาและสารเคมีในบ่อกุ้งที่ไม่จำเป็น รวมทั้งการพัฒนาอาหารกุ้งให้มีราคาถูกเพื่อเป็นการลดต้นทุน และลดมลภาวะที่เกิดขึ้น

การค้นคว้าวิจัยในเรื่องดังกล่าวข้างต้นได้มีการทำอยู่แล้วทั้งในสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยในประเทศไทย แต่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และต้องได้รับการสนับสนุนให้มีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดผลงานที่นำมาใช้แก้ปัญหาและเพิ่มศักยภาพการผลิตด้วยต้นทุนที่ต่ำลงได้ รวมทั้งต้องมีกลไกในการที่จะเชื่อมโยงระหว่างผู้วิจัยกับภาคเกษตรกรและภาคเอกชน เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีที่ทำการพัฒนาขึ้น รวมทั้งเร่งสร้างทรัพยากรบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมกันวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อให้ประเทศไทยคงความเป็นผู้นำทางด้านการผลิตและการส่งออกไว้ได้

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2547 สถานภาพอุตสาหกรรมมันสำปะหลังไทยและกลยุทธ์การเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังและแป้งด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2546 โครงการเทคโนโลยีชีวภาพข้าว

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2546 โครงการเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง

บทที่ 2

ประวัติศาสตร์ข้าวในประเทศไทย

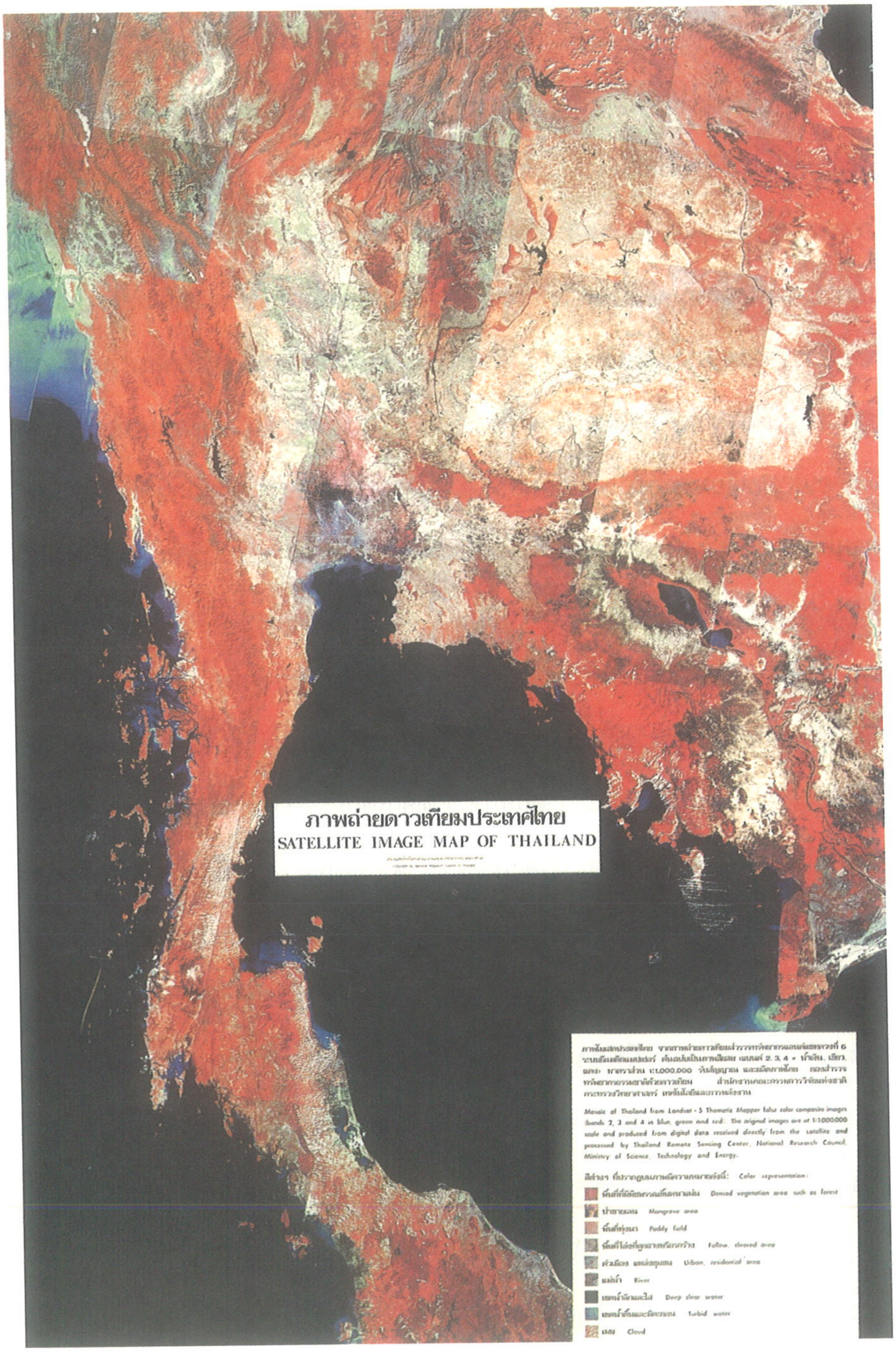
ศรีศักร วัลลิโภดม

ถ้ามองออกไปกว้างกว่าดินแดนประเทศไทย เราอยู่ในภูมิภาคใหญ่ของโลกที่เรียกว่า "เอเชียแปซิฟิก" เอเชียแปซิฟิกเป็นภูมิภาคที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและมีความอุดมสมบูรณ์สูง ในดินแดนเอเชียแปซิฟิกนั้นประเทศไทยอยู่ในส่วนที่เป็นเอเชียอาคเนย์ และเป็นส่วนหนึ่งของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ประเทศไทยอยู่ในบริเวณที่เป็นผืนแผ่นดินใหญ่ ไม่ใช่ในส่วนหมู่เกาะ แต่ทั้งหมู่เกาะและผืนแผ่นดินใหญ่นี้จัดว่าเป็นดินแดนที่อุดมสมบูรณ์ และเป็นแหล่งความหลากหลายทางชีวภาพมากกว่าภูมิภาคใหญ่ที่เรียกว่า "เอเชียแปซิฟิก"

ข้อบ่งชี้ในทางประวัติศาสตร์ที่บอกว่าเขตแดนนี้ มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ได้แก่เอกสารโบราณของคนอินเดีย ซึ่งเดินทางโดยเรือสำเภาเข้ามาค้าขายในเอเชียอาคเนย์ แล้วเรียกดินแดนบริเวณนี้ว่า**สุวรรณภูมิ** สาเหตุที่ชาวอินเดียมาทำการค้าขายแลกเปลี่ยนที่นี่นั้น ไม่ใช่เพราะว่าสุวรรณภูมิเป็นดินแดนแห่งแร่ธาตุทองคำ แต่ได้รับชื่อดังกล่าวเพราะเป็นดินแดนที่มีความมั่งคั่งทางชีวภาพ ดินแดนแถบนี้มีสินค้าธรรมชาติที่หลายหลาก มีแร่ธาตุนานาชนิดซึ่งนำไปขายได้ราคาสูงในประเทศอินเดีย พระราชนิพนธ์ของพระบาทสมเด็จ

พระเจ้าอยู่หัวเรื่อง "พระมหาชนก" นั้นคือตัวอย่าง ในเรื่องนี้พระมหาชนกคือพ่อค้าจากอินเดียที่เข้ามาทำการค้าขายในดินแดนสุวรรณภูมินั่นเอง มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์แสดงว่าสุวรรณภูมิเกิดมาตั้งแต่สมัยพุทธกาล คือเมื่อ 2,500 ปีมาแล้วหรือประมาณ 500 ปีก่อนคริสต์ศักราช การค้าขายกับพ่อค้าอินเดียในระยะนั้นน่าจะเป็นการซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้าป่าและแร่ธาตุ แต่ยังไม่มีสินค้าเกษตร

เมื่อดูจากภาพแผนที่ประเทศไทย จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแลนด์แซทดวงที่ 5 (รูปที่ 2.1) จากภาพจะเห็นว่าดินแดนประเทศไทยเป็นบริเวณที่ดีที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ภาคพื้นดิน เพราะมีพื้นที่สีขาวซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มพอจะสร้างบ้านเมืองได้มาก มีมากกว่าของประเทศพม่า เรามีคู่แข่งคือประเทศเขมร ซึ่งแม้จะเป็นดินแดนเล็กๆ ก็เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำและอุดมสมบูรณ์ ดินแดนประเทศไทยถูกแบ่งเป็น 5 ภูมิภาค และแต่ละภูมิภาคมีความสัมพันธ์กับความหลากหลายของชีวภาพในแต่ละท้องถิ่น และมีความสัมพันธ์กับมนุษย์มาตั้งแต่อดีต ประเทศไทยมีภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นคาบสมุทรต่อกับแผ่นดินใหญ่ขึ้นไปจนถึงเขตที่สูงทางเหนือ ทางภาคใต้ที่เป็นคาบสมุทรและมีลมมรสุมผ่านนั้น ทำประโยชน์ทั้งในด้านหน้าฝนที่มีฝนมาตกให้ความอุดมสมบูรณ์ และอยู่ในเส้นทางการเดินเรือทางทะเลที่เป็นการค้าระยะไกล เป็นประตูของการเคลื่อนย้ายเข้ามาของผู้คนจากภายนอกที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์เข้ามาตั้งถิ่นฐาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นการพัฒนาการของสังคมมนุษย์ที่เข้ามา มีความสลับซับซ้อน และมีประชากรมากกว่าประเทศอื่นๆ ที่ใกล้เคียง ความมั่งคั่งทางชีวภาพและประชากรของดินแดนประเทศไทย สะท้อนให้เห็นได้จากจดหมายเหตุของชาวต่างประเทศฝรั่งที่เข้ามาในคริสตศตวรรษที่ 17-18 ในช่วงของการล่าอณานิคม เช่น จาก จดหมายเหตุของ*เดอรชัวส์*หรือ*เดอรลาลูแบร์* เขียนบรรยายถึงความหลากหลายของชีวภาพและวัฒนธรรมในดินแดนประเทศไทย ถึงทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมายที่เหมาะจะนำไปใช้ประโยชน์ ชาวต่างประเทศเหล่านี้บันทึกว่าดินแดนประเทศไทยเป็นดินแดนที่ดีที่สุดแห่งหนึ่งในโลก



รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมประเทศไทย

ถ้าพิจารณาแผนที่ทางภูมิศาสตร์ ดินแดนของประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 4 ภาค ภาคแรกคือภาคอีสาน ที่มีลักษณะเหมือนตัว L พื้นที่นี้อยู่ในเขตที่ราบสูงมีลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศต่างจากที่อื่น อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 100 เมตร ภาคที่สองคือภาคกลางของประเทศไทย นับเริ่มต้นจากอุตรดิตถ์ลงมาถึงแม่น้ำเจ้าพระยา และแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนบนคือตั้งแต่เขตนครสวรรค์ไปถึงอุตรดิตถ์ ซึ่งจัดเป็นที่ราบลุ่ม แต่จากนครสวรรค์ลงมาทางใต้เป็นที่ราบลุ่มที่เรียกว่าดินดอนสามเหลี่ยม ซึ่งทั้งสองส่วนนี้มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดคือ ตั้งแต่นครสวรรค์มาจนถึงอ่าวไทย ซึ่งเป็นเขตที่ดินดอนสามเหลี่ยม ภาคต่อไปคือภาคเหนือซึ่งอยู่ตามหุบเขาและมีที่ราบลุ่มในหุบเขา ส่วนทางภาคใต้นั้น มีความแตกต่างกันระหว่างชายทะเลตะวันออกกับชายทะเลตะวันตก ทั้งด้านลักษณะภูมิประเทศและชนิดของพืชพันธุ์ ส่วนภาคตะวันออกได้มีการแบ่งเพิ่มเติมมาในภายหลัง ลักษณะภูมิประเทศและความหลากหลายทางชีวภาพนี้มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการทางสังคมและวัฒนธรรม และภูมิปัญญาแต่ละท้องถิ่นที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มนุษย์ปรับตัวให้เข้ากับภูมินิเวศน์สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติที่เข้าตั้งถิ่นฐานอยู่อาศัยและก่อให้เกิดความหลากหลายทางวัฒนธรรมขึ้น หากมองย้อนไปถึงพัฒนาการของดินแดนที่เป็นประเทศไทยในปัจจุบันเมื่อประมาณก่อน 4,000 ปีที่แล้ว จะเห็นว่าบริเวณนี้ทั้งหมดมีผู้คนอยู่น้อยมาก มีคนอยู่มาตั้งแต่สมัยยุค Pleistocene เรื่อยมาจนกระทั่งถึงยุค Holocene แต่คนมีน้อยและไม่ค่อยมีพัฒนาการ แต่ว่าตั้งแต่ประมาณ 4,000 ปีเป็นต้นมามีการเคลื่อนย้ายของประชากรจากที่ต่างๆ เข้ามาตั้งถิ่นฐานในดินแดนนี้ และประชากรที่เคลื่อนย้ายเข้ามาเหล่านั้นได้นำเทคโนโลยีติดตัวมาด้วย

อาจกล่าวได้ว่าความเจริญของดินแดนที่เป็นประเทศไทยในปัจจุบันนี้ เกิดขึ้นในสมัยยุคโลหะ แต่พัฒนาการของยุคโลหะไม่ได้เกิดในดินแดนประเทศไทยอย่างที่เข้าใจผิดกันทั่วไปตามที่เมื่อครั้งฝรั่งมาขุดที่บ้านเชียง นักวิชาการของเมืองไทยพยายามจะบอกว่าเมืองไทยมียุคสัมฤทธิ์เก่าไปถึง 5,600 ปี แต่ในหลักฐานใหม่แสดงให้เห็นภาพของการเคลื่อนย้ายของ

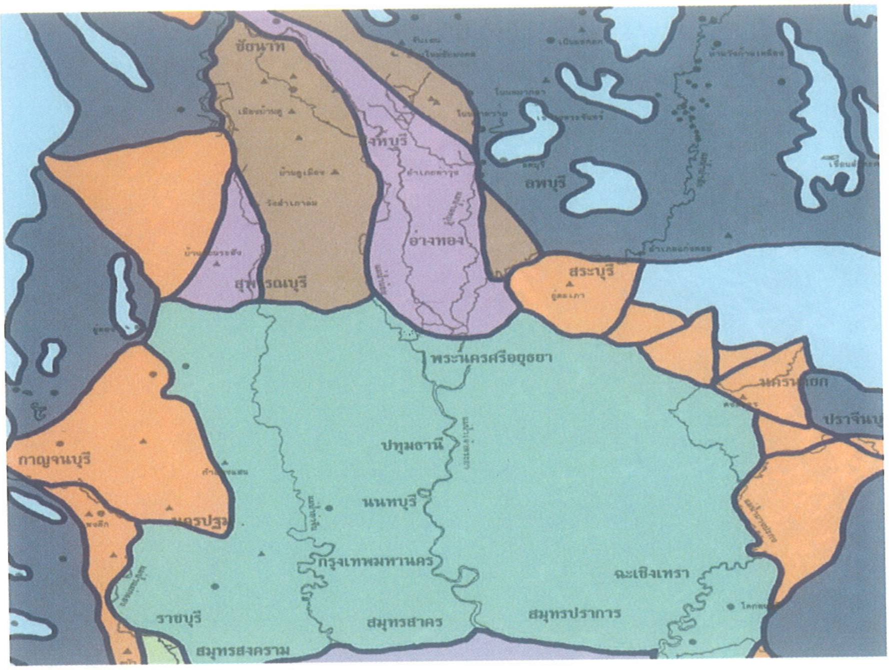
กลุ่มคนจากตอนใต้ของประเทศจีนเข้ามา แล้วมาตั้งถิ่นฐานในบริเวณนี้ตั้งแต่ยุคสัมฤทธิ์ลงมาจนประมาณ 2,500 ปีก่อนปัจจุบัน และมีการติดต่อกับทางอินเดีย โดยเป็นการเข้ามาจากโพ้นทะเลทางอินเดียและจากทางตอนใต้ของประเทศจีน คนจากต่างถิ่นได้เข้ามาตั้งถิ่นฐานในดินแดนประเทศไทยอย่างต่อเนื่องหลายยุคหลายสมัย จึงทำให้มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์มาก อันที่จริงประเทศเพื่อนบ้านอื่นก็มีความหลากหลายทั้งชีวภาพและผู้คนเหมือนกัน แต่ว่าชุมชนนี้มีศักยภาพและมีกลไกที่จะสามารถบูรณาการความหลากหลายทางวัฒนธรรมให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันได้มากกว่า เพราะฉะนั้นในบั้นปลายของพัฒนาการของสังคมในประเทศไทยนั้น หากเปรียบเทียบกับประเทศอินโดนีเซีย พม่า มาเลเซีย หรือที่อื่นๆ ประเทศเหล่านั้นมีลักษณะเป็นพหุลักษณ์ แต่สังคมไทยมีลักษณะเป็นเอกลักษณ์ด้วยการสร้างสำนึกร่วมกันในความเป็นคนไทยสำเร็จ ความต่างที่สำคัญระหว่างไทยกับเพื่อนบ้านก็คือความหลากหลายที่ดำรงอยู่ ไม่ใช่เป็นเรื่องทางชาติพันธุ์แต่เป็นเรื่องของท้องถิ่น เพราะทุกส่วนในดินแดนประเทศไทยมีผู้คนเข้าไปตั้งถิ่นฐานอยู่ทั้งสิ้น ทั้งในป่าเขาที่ลุ่มลึก เนื่องจากต้องการทรัพยากรธรรมชาติ สินค้าออกของดินแดนประเทศไทยในเอเชียอาคเนย์ยุคแรกนั้นเป็นสินค้าป่า และต่อไปคือแร่ธาตุ จากการที่มีการตั้งถิ่นฐานอยู่ทั่วไป แต่ละท้องถิ่นจึงหลากหลายไปด้วยจุลนิเวศวัฒนธรรม การปรับตัวจึงทำให้เกิดหลากหลายทางวัฒนธรรม แต่สิ่งที่แปลกก็คือ การตั้งถิ่นฐานในดินแดนในประเทศไทยไม่ค่อยเกิดชุมชนขนาดใหญ่ กลับเป็นขนาดเล็กที่จะกระจายกันเป็นจุดๆ ไป จึงเกิดความหลากหลายมาก แต่แล้วก็เกิดระบบการเมืองการปกครองที่ดึงให้มาเป็นหนึ่งอันเดียวกันได้

ส่วนเรื่องคนกับพืชพันธุ์นั้น มีการสันนิษฐานว่าชาติพันธุ์ของคนที่เข้ามาในดินแดนประเทศไทยนั้นหากมองจากเรื่องภาษาก็จะมีหลายกลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ใช้ภาษาพูดเรียกว่า Austronesian หรือเรียกอีกอย่างว่า Malayo-polynesian ซึ่งเคยผ่านเข้ามาในดินแดนประเทศไทยแล้วผ่านไปตามหมู่เกาะต่างๆ นักโบราณคดีสันนิษฐานว่า มนุษย์กลุ่มนี้น่าจะสัมพันธ์กับการใช้เผือกและมันเป็นอาหารหลัก ต่อมาคนเหล่านี้รวมตัวกันอยู่ตามหมู่เกาะ

ซึ่งในภายหลังจัดเป็นพวกฮาวาย ฟิจิ นิวซีแลนด์ ส่วนการใช้ข้าวเป็นอาหารนั้นน่าจะสัมพันธ์กับมนุษย์อีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า Austroasiatic ซึ่งสาขาย่อย ได้แก่ ชาวมอญ เขมร และอาจรวมพวกคนไทด้วย ซึ่งในอดีตเคลื่อนย้ายมาจากทางตอนใต้ของประเทศจีนจากบริเวณตอนใต้ของลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง มนุษย์กลุ่มนี้มากับวัฒนธรรมการปลูกข้าว เพราะฉะนั้นเข้ากันได้ดีกับเรื่องที่กล่าวว่าคนไทยมาจากตอนใต้ของประเทศจีนและมากับพันธุ์ข้าว หลักฐานของนักวิชาการจากญี่ปุ่นและจากทั่วโลกที่ทำการศึกษาเรื่องของข้าวบอกไว้ว่าข้าวกำเนิดขึ้นจากด้านตะวันออกของเทือกเขาหิมาลัย แล้วแยกออกเป็น 2 พันธุ์คือ พันธุ์เมล็ดกลมและพันธุ์เมล็ดยาว ชาวญี่ปุ่นจะเรียกพันธุ์ข้าวเมล็ดกลมสั้นว่า Sinica หรือ Japonica ข้าวที่เป็นเมล็ดกลมเป็นข้าวในดินแดนประเทศไทยในสมัยโบราณเห็นได้จากแผ่นอิฐโบราณแต่สมัยพันปีลงมา ความสัมพันธ์ระหว่างคนกับข้าวนี้เองทำให้เกิดความคิดที่ว่าคนกลุ่มที่เรียกว่าAustroasiaticนั้นมีคนไทรวมอยู่ด้วย ซึ่งแม้กระทั่งในเวลานี้ยังมีการขัดแย้งกันอยู่ ถ้าหากคนไทเป็นกลุ่มหนึ่งของ Austroasiatic แล้วเข้ามาตั้งถิ่นฐานในดินแดนของประเทศไทย ก็คงเคลื่อนย้ายเข้ามาในดินแดนประเทศไทยเมื่อ 4,000 ปี ลงมา และมีทั้งความรู้ทางเทคโนโลยีพอสมควร คือพอที่จะรู้ว่าจะปลูกข้าวอย่างไร คนกลุ่มนั้นเข้ามาพร้อมกับความสามารถในการปลูกข้าว แต่การปลูกข้าวในระยะแรกนั้นคาดว่าไม่ได้ใช้ข้าวเป็นอาหารหลัก แต่น่าจะกินรวมกับพืชพันธุ์ธัญญาหารต่างๆ ด้วย จนกระทั่งเมื่อประมาณ 2,500 ปี ลงมา ซึ่งเป็นเวลาที่มีการติดต่อกับอินเดียจึงมีพัฒนาการของชุมชน จากชุมชนบ้านมาเป็นชุมชนเมืองขึ้น ซึ่งพัฒนาการของชุมชนที่เป็นเมืองมีความสำคัญและซับซ้อน และหลักฐานทางโบราณคดีตั้งแต่ยุคเหล็กมาจนถึงยุคปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงการปลูกข้าวในบริเวณที่ตั้งถิ่นฐานและใช้ข้าวเป็นอาหารหลัก ถ้าดูหลักฐานการใช้พื้นที่ทางเหนือจากบริเวณเขตชัยนาท-นครสวรรค์ (รูปที่ 2.2) และจากเพชรบุรีจนถึงชลบุรี บริเวณนี้คือพื้นที่เกิดการสร้างชุมชนบ้านและเมือง ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง ในการตั้งถิ่นฐานมาตั้งสมัยยุคสัมฤทธิ์ ยุคเหล็ก สังคมที่อยู่ตามที่ลุ่มลุ่มดอนดอนต่างๆ นี้สัมพันธ์กับการปลูกข้าวทั้งสิ้น ส่วนพื้นที่ตั้งแต่นครสวรรค์มาจนถึงอยุธยาเป็น

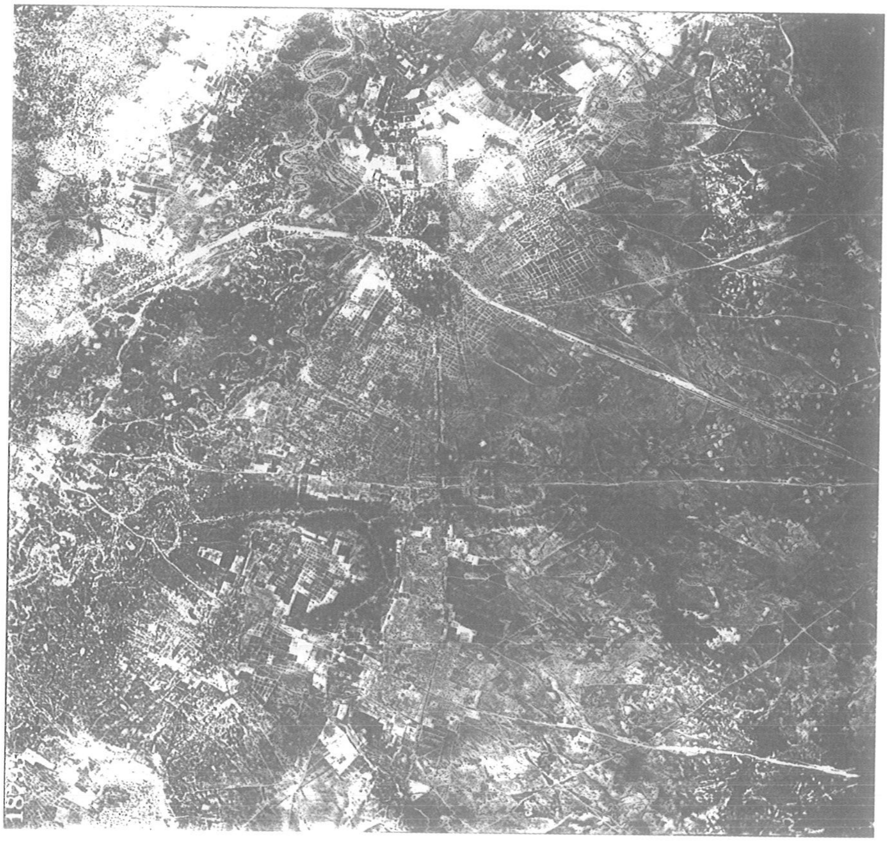
พื้นที่ที่เรียกว่า old delta คือดินดอนสามเหลี่ยมเก่า ซึ่งจะสัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานทางบ้านเมืองในสมัยก่อน ในพุทธศตวรรษที่ 19 สังคมที่อยู่บริเวณนี้ทั้งหมดปลูกข้าวเป็น monoculture เป็นอาหารหลักและเป็นสังคมบ้านเมือง เห็นได้ชัดจากการที่ตำแหน่งที่ตั้งที่สัมพันธ์กับพื้นที่ราบลุ่มในการปลูกข้าว และมีหลักฐานชัดเจนเห็นได้จากอิฐที่เผาตามศาสนสถานซึ่งมีแกลบปนอยู่เสมอและเป็นแกลบของพันธุ์ข้าวชนิดเมล็ดกลม ส่วนพื้นที่ตั้งแต่อยุธยาลงมาจัดเป็น young delta คือดินดอนสามเหลี่ยมใหญ่ เป็นพื้นที่ที่อยุธยาและกรุงเทพตั้งถิ่นฐานอยู่ พื้นที่เหล่านี้สัมพันธ์กับพันธุ์ข้าวที่เป็นเมล็ดยาว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคมวัฒนธรรมครั้งใหญ่ที่มีการปลูกข้าวนานาพันธุ์และการปลูกข้าวเพื่อการค้าข้าวขายข้าวก็เกิดขึ้นในบริเวณนี้ ดังนั้นพัฒนาการในภาคกลางที่เห็นได้ชัดคือ พันธุ์ข้าวในบริเวณ young delta ต่างกันกับพันธุ์ข้าวที่มีอายุแต่ 1,000 ปีขึ้นไป นอกจากนี้กลุ่มคนที่ปลูกข้าวที่อยู่ในบริเวณนี้ไม่ใช่กลุ่มที่อพยพมาจากเขา Altai แต่มาจากจีนใต้ในช่วงประมาณพุทธศตวรรษที่ 18-19 คนกลุ่มนี้มาพร้อมกับผู้นำวัฒนธรรมคนหนึ่งซึ่งเข้าใจผิดกันว่าเป็นบุคคลในประวัติศาสตร์คือพระเจ้าอู่ทอง ซึ่งเป็นลูกของพระเจ้ากรุงจีน ที่เข้ามาทางทะเลและตั้งถิ่นฐานตั้งแต่ปัตตานีนครศรีธรรมราช เพชรบุรี ซ้อนสังคมบ้านเมืองที่มีมาก่อน และในยุคอยุธยานั้นการปลูกข้าวไม่เพียงแต่ปลูกไว้เพื่อกิน แต่ปลูกไว้เพื่อขายด้วย ทำให้มีการพัฒนาทางด้านพันธุ์ข้าวมากพัฒนาการในการปลูกข้าวในยุคนั้นไม่ได้อยู่ที่การปรับปรุงเทคโนโลยีการปลูก แต่เป็นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับภูมิประเทศในระดับต่างๆ

รูปที่ 2.2ก แผนที่บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเก่า (Old young delta)



รูปที่ 2.2ข แผนที่บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเก่า (Old young delta)

หากพิจารณาถึงเรื่องการตั้งถิ่นฐานโบราณนั้น (รูปที่ 2.3) จะเห็นได้ว่าในยุคก่อนประวัติศาสตร์เป็นต้นมาดินแดนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นที่ราบลุ่มทุกแห่งเหมาะกับการปลูกข้าวทุกชนิด มีร่องรอยของการสร้างชุมชนมีแหล่งน้ำล้อมรอบซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวทั้งสิ้น มีร่องรอยของการปลูกข้าวสลับซับซ้อน แสดงว่าปลูกข้าวเป็น monoculture และมีการจัดการน้ำอย่างเป็นระบบ ในด้านพัฒนาการของชุมชน จะเห็นว่าเป็นแบบชุมชนขนาดที่เป็นเมืองตั้งแต่ 2,500 ปี ลงมา สังคมในยุคนั้นนับเป็นสังคมที่มีความรู้ทางเทคโนโลยีพอสมควร มีการร่วมมือกันขุดสระน้ำล้อมรอบชุมชนเพื่อเก็บน้ำไว้ใช้ตลอดปี พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในเขตแอ่งโคราชเป็นเขตกึ่งแห้งแล้ง แหล่งชุมชนที่มีสระน้ำล้อมรอบนี้มีหลายร้อยแห่งล้วนมีรูปแบบคล้ายคลึงกับเมืองซึ่งในภายหลังเกิดความเข้าใจผิดว่าเป็นร่องรอยของเมือง นอกจากนี้คูน้ำมีหลายชั้น เนื่องจากบริเวณนี้ต้องมีการควบคุมน้ำจึงจะปลูกข้าวได้ ทำให้มีทั้งการกักน้ำและการจัดการน้ำเพื่อกักน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง ในฤดูแล้งน้ำส่วนใหญ่บริเวณนี้ไม่ได้ใช้

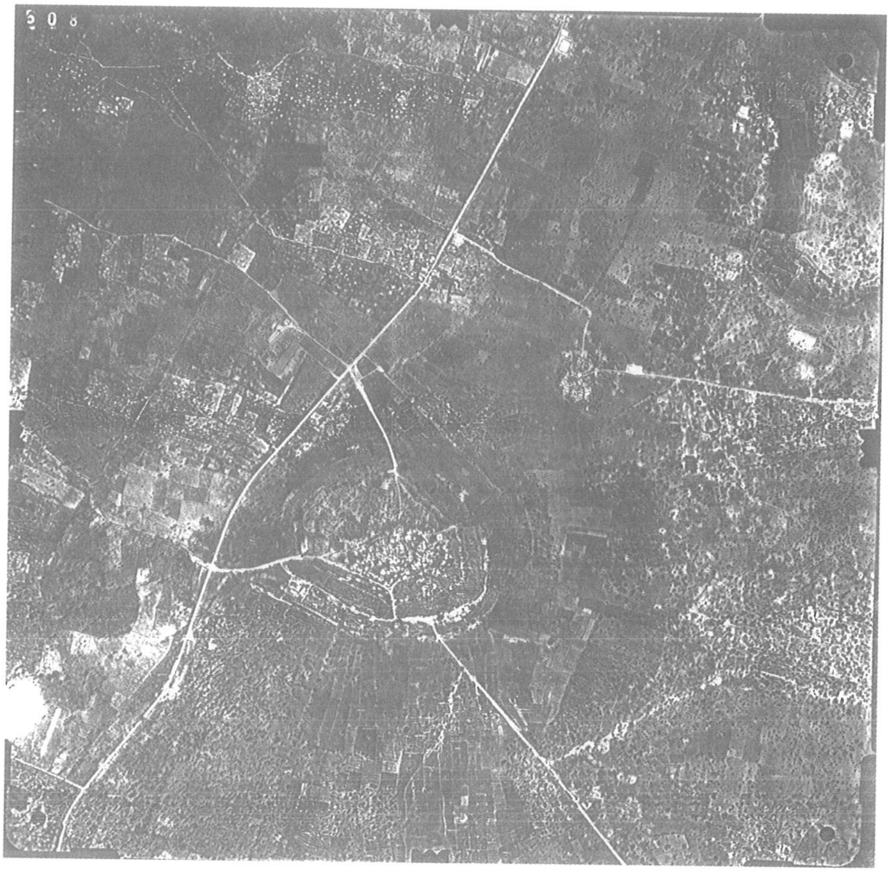


รูปที่ 2.3 ชุมชนโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เพื่อการเพาะปลูกแต่กักไว้เพื่อการอุปโภค ส่วนการทำนาจะใช้น้ำในฤดูน้ำฝนและมีการใช้แนวคันดินแบ่งรับน้ำไว้ทำนาปี และส่วนมากจะทำแบบที่เรียกว่า นาทาม คือทำนาในปลายฤดูน้ำก่อนที่น้ำจะไหลกลับสู่แม่น้ำลำคลองโดยทำการกักน้ำไว้ ซึ่งมีร่องรอยลักษณะชุมชนแบบนี้ทั่วไป นอกจากนี้ในการจัดการน้ำมีการทำ tank mote ที่เป็นแหล่งเก็บน้ำชนิดหนึ่ง ซึ่งมีหลักฐานว่า ทำกันมาตั้งแต่ประมาณ 2,500 ปีที่แล้วก่อนที่วัฒนธรรมอินเดียหรือจีนจะเข้ามา ดังนั้นทฤษฎีที่กล่าวว่าคนในบริเวณนี้ถูก indianization หรือ sinization นั้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ได้ถูกครอบงำโดยอินเดียหรือจีน แต่มีความเจริญเป็นเมืองเป็นรัฐมาก่อนที่จีนและอินเดียจะเข้ามาติดต่อ แต่ภายหลังมีการรับวัฒนธรรมภายนอกจากจีนและอินเดียมาปรับใช้ให้เข้ากัน

ดังนั้นในการเรียนประวัติศาสตร์ไม่ควรใช้คำว่า indianization หรือ sinization เพราะว่าคนในดินแดนนี้มีพัฒนาการทางเทคโนโลยีและเข้าใจสภาพแวดล้อมดีอยู่แล้ว การเลือกเอาวัฒนธรรมทางต่างชาติมาปรับใช้เป็นการเลือกที่เรียกว่า localization คือขบวนการท้องถิ่นวัฒนาได้แก่การที่มีภูมิปัญญาเก่าและนำมาปรับใช้ ทำให้เกิดดุลยภาพของการตั้งถิ่นฐานบ้านเมือง จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์เหล่านี้จะเห็นว่าสังคมที่มีคูน้ำล้อมรอบมีการกระจายทั่วภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นสิ่งที่ให้อิทธิพลกับการสร้างสระน้ำรอบนครวัด ซึ่งคนที่สร้างคงเป็นพวกกลุ่มคนจากอีสาน เมื่อลงไปทำที่ตรงนั้นจึงเกิด tank mote ของนครวัดขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้ไม่พบในดินแดนเขมรต่ำในยุคก่อนประวัติศาสตร์

ในสมัยพุทธศตวรรษที่ 17-18 รูปแบบของชุมชนเปลี่ยนไป การปรับเปลี่ยนเกิดขึ้นตามความเจริญของกลุ่มคน ชุมชนในบริเวณนี้มีการสร้างสิ่งก่อสร้างในรูปของปราสาท บริเวณรายรอบถูกใช้ในการปลูกข้าวทั้งสิ้น มีร่องรอยคันดินที่แบ่งกักน้ำและใช้เป็นถนนด้วย วัฒนธรรมในลักษณะนี้สัมพันธ์กับวัฒนธรรมเขมร ทำให้เปลี่ยนจาก tank mote มาเป็นบาราย เป็นแหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่ ถ้าศึกษาร่องรอยแถวปราสาทพนมรุ้งจะเห็นบารายและมีร่องรอยการปรับเปลี่ยนการทำนา จนกระทั่งมาถึงประสาทเมืองต่ำที่เป็น tank mote ในรูปที่ 2.4 นี้แสดงชุมชนแบบอยู่กับที่ (sedentary settlement) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สะท้อนให้เห็นถึงการปลูกข้าวเป็น monoculture ชาวนาปลูกข้าวทั้งในที่สูงและที่ต่ำแต่พื้นที่ที่มีพัฒนาการมากและเกิดเป็นสังคมบ้านเมืองจำนวนมาก คือในพื้นที่ต่ำ-ลุ่มต่ำ เพราะการปลูกข้าวบริเวณนี้เป็นแบบ wet rice ส่วนสังคมทางด้านเหนือซึ่งเป็นที่สูงและปลูก dry rice จะเป็นแบบ สังคมกึ่งเร่ร่อน (semi nomadic) ดังนั้นนับว่าฐานของสังคมไทยคือ สังคมที่เป็น wet rice อยู่ในที่ราบลุ่มแล้วมีพัฒนาการเรื่อยมา จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงในสมัยจอมพลสฤษดิ์ ซึ่งนำเอาพืชเศรษฐกิจใหม่เข้ามาที่เป็นพืชไร่ ทำให้สังคมชาวนาเปลี่ยนมาเป็นชาวไร่นา การใช้พืชเศรษฐกิจอย่างกว้างขวางเป็นปัจจัยในการทำลายระบบนิเวศอย่างมาก เพราะเป็นการทำเศรษฐกิจแบบทุนนิยม การเข้ามาของพืชเศรษฐกิจ เช่น ปอ มันสำปะหลัง



รูปที่ 2.4 ชุมชนโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มีส่วนในการทำลายสภาพแวดล้อมไปมาก เนื่องจากไปปลูกในที่สูงของพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ในบริเวณที่เรียกว่า ป่าโคก ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำสำหรับภาคอีสานและแหล่งของความหลากหลายทางชีวภาพที่หากถูกทำลายไปก็จะเกิดความแห้งแล้งขึ้น นอกจากนี้การเปลี่ยนมาปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจโดยระบบนาปิด-นาปรังทำให้เสียระบบนิเวศเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น เช่น จากอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้ง ทำให้เสียความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่เขตชายทะเลทั้งหมด โดยเฉพาะที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงในเขตปากอ่าว ที่จะมี 3 โซน ได้แก่ เขตทะเลตม ที่มีพวกหอย ปู ปลา นานาชนิด เขตป่าชายเลน ที่ชุมชนสมัยก่อนตั้งบ้านอยู่ได้ และเขตสวนซึ่งเป็นดินลักจืดลักเค็ม และถัดจากดินสวนมาจึงจะเป็นเขตไร่นา แต่เมื่อมีการนำป่าชายเลนไปใช้เป็นนากุ้ง ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื่องกันไป

บทที่ 3

ความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวพื้นเมือง กับการพัฒนาในระบบปลูกข้าวไทย

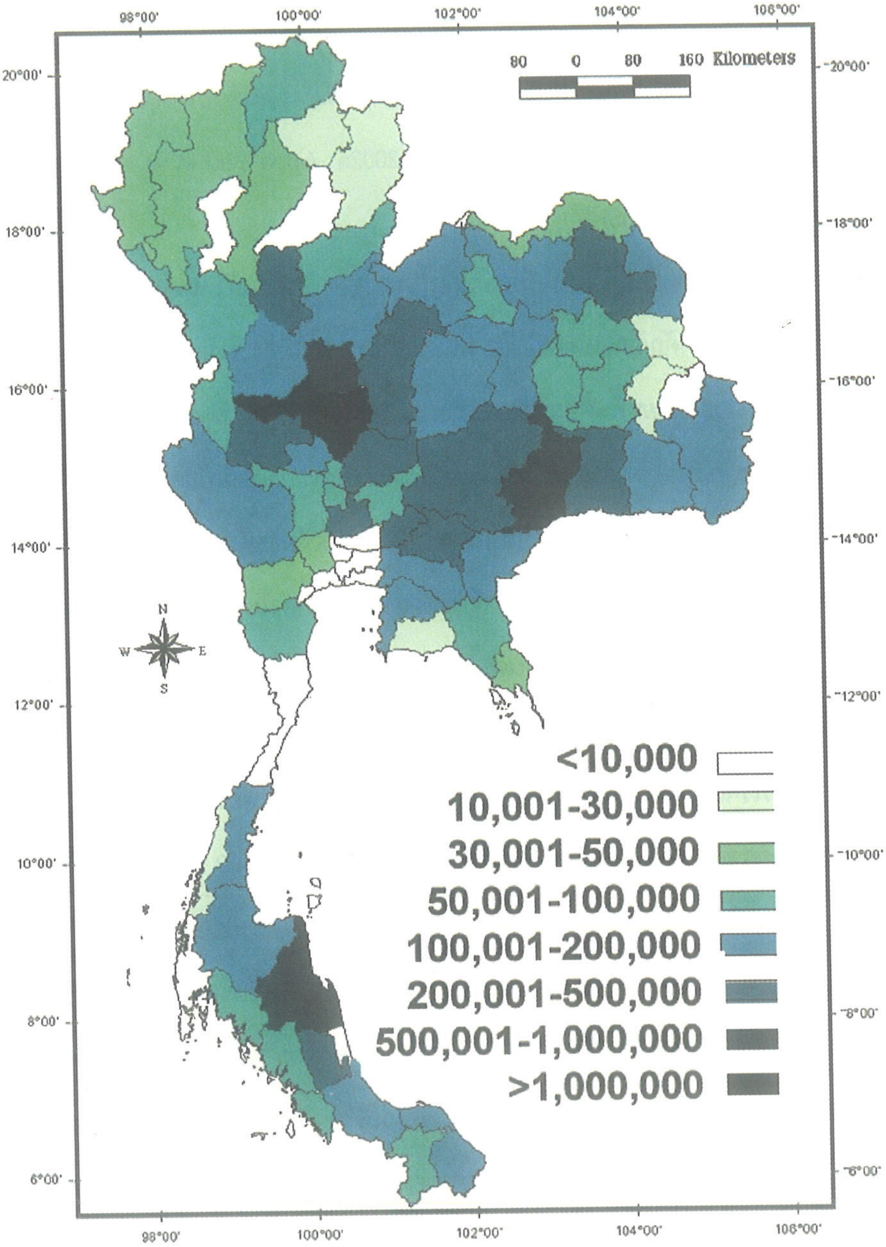
เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม
ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เมื่อพื้นที่นาของประเทศส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนไปปลูกข้าวพันธุ์ปรับปรุงและพันธุ์ยอดนิยมจำนวนไม่กี่พันธุ์ เชื้อพันธุ์ข้าวไทยได้สูญหายไปจากท้องนาเป็นอันมาก แต่เทียบกับประเทศผู้ปลูกข้าวรายใหญ่อื่นๆ อาทิ จีน เวียดนาม ที่ได้เปลี่ยนไปปลูกข้าวพันธุ์สมัยใหม่โดยสิ้นเชิงแล้ว ทรัพยากรพันธุกรรมข้าวไทยในหลายท้องถิ่นยังคงสมบูรณ์ด้วยความหลากหลายและได้เอื้อประโยชน์แก่ชาวนาชาวไร่ผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้ข้าวพันธุ์ปรับปรุงของทางราชการได้ และมีหลายกรณีที่พันธุ์พื้นเมืองเป็นทรัพยากรสำคัญให้เกษตรกรได้ปรับปรุงระบบการทำนาจนได้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นไม่แพ้การใช้ข้าวพันธุ์สมัยใหม่ในนาชลประทาน ที่เรียกว่าการปฏิวัติเขียว ความเข้าใจในลักษณะโครงสร้างและพลวัตรของความหลากหลายนี้ ตลอดจนกระบวนการการจัดการเชื้อพันธุ์ข้าวของเกษตรกรและชุมชนเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงระบบการผลิตเพิ่มมูลค่าจากการปลูกข้าวของประเทศ อีกทั้งจะช่วยในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวไทยให้ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

ความหลากหลายในเชื้อพันธุ์ข้าวไทยปัจจุบัน

ตั้งแต่ข้าวพันธุ์ปิ่นแก้วที่ไปชนะการประกวดถึงประเทศแคนาดาเมื่อ พ.ศ. 2476 แต่ได้หายสาบสูญไป จนถึงการที่พันธุ์ข้าวพื้นเมืองหลากชื่อหลายลักษณะถูกทดแทนด้วยข้าวพันธุ์ยอดนิยม เช่น ขาวดอกมะลิ 105 กข 6 และ กข 15 รวมถึง 30 ล้านไร่ ในจังหวัดภาคเหนือและภาคอีสาน หรือด้วยพันธุ์สมัยใหม่มากกว่า 4 ล้านไร่ในเขตนาชลประทานภาคกลาง ข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั่วประเทศนับว่าได้สูญหายไปเป็นอันมาก โดยทั่วไปข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่าข้าวพันธุ์ปรับปรุงหรือสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่คัดจากพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิม เช่น สายพันธุ์บริสุทธิ์หมายเลข 105 จากการคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิพันธุ์พื้นเมืองจากบางคล้าได้เป็นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าวพันธุ์พลายงามปราจีนบุรีได้ถูกคัดเลือกมาจากพันธุ์พลายงาม ซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองในเขตนาน้ำลึกจังหวัดนครนายกและปราจีนบุรี การที่ข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังมีบทบาทสำคัญในการทำนาในหลายจังหวัด (รูปที่ 3.1) รวมเป็นพื้นที่ปลูกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองทั่วประเทศถึง 11 ล้านไร่ในปัจจุบัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2541) เป็นเครื่องชี้ความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าวในท้องถิ่นได้ระดับหนึ่ง แต่การนำทรัพยากรพันธุกรรมนี้มาใช้ประโยชน์หรืออนุรักษ์ไว้ในระยะยาวจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดลักษณะโครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเหล่านี้ เหมือนการใช้และจัดเก็บหนังสือในห้องสมุดจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องราวภายในของหนังสือแต่ละเล่ม

แต่เดิมความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองนับว่ามีน้อยมาก ทั้งในและต่างประเทศ องค์ความรู้ที่มีอยู่ล้วนแต่เน้นการดึงเอาบางลักษณะไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์หรือการคัดเลือกจนเป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์เพียงไม่กี่พันธุ์ ในเวลาประมาณ 10 ปีที่ผ่านมาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเริ่มมีมากขึ้น จากการศึกษาความหลากหลายในระดับโมเลกุล โดยเฉพาะในประเทศจีนที่มุ่งเน้นไปที่แหล่งพันธุกรรมในบริเวณศูนย์กลางความหลากหลายของข้าวในมณฑลยูนนาน แต่สังเกตว่าเนื่องจากพันธุ์ข้าวพื้นเมืองได้สูญหายไปจากท้องถิ่นหมดแล้ว องค์ความรู้จากประเทศจีน



รูปที่ 3.1 การกระจายพื้นที่ปลูกข้าวพื้นเมืองในนาปีรายจังหวัด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2541)

ส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาเชื้อพันธุ์ที่ถูกแช่แข็งเก็บไว้ในธนาคารเชื้อพันธุ์เท่านั้น นอกจากจีน ความรู้เรื่องเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเริ่มมีมาจากประเทศที่ยังอุดมด้วยพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในท้องถิ่น เช่น ลาว (ตัวอย่าง Appa Rao et al., 2002a; Appa Rao et al., 2002b) และเนปาล (Joshi et al., 2005)

นอกเหนือจากพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกในนา 11 ล้านไร่แล้ว แหล่งพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองไทยที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งคือ พื้นที่ปลูกข้าวไร่บนที่สูง ซึ่งมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงมากเมื่อเทียบพื้นที่ปลูกเพียงประมาณ 3 แสนไร่ เพราะในที่สูงมีทั้งข้าวแบบอินเดีย (*Oryza sativa indica*) ข้าวแบบญี่ปุ่น (*Oryza sativa japonica*) ซึ่งมีพันธุกรรมแยกจากกันอย่างชัดเจน ในขณะที่ข้าวในพื้นราบเป็นข้าวแบบอินเดียเพียงชนิดเดียว ในประเทศไทยผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมากที่สุดคือชาวนาและชาวไร่ผู้ปลูกข้าว (จะได้กล่าวถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นนี้โดยละเอียดในตอนต่อไป) การตั้งชื่อพันธุ์เป็นวิธีการจำแนกเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีมาแต่โบราณและแพร่หลายในคนไทยทุกกลุ่มชาติพันธุ์ที่ยังชีพโดยการทำนาหรือปลูกข้าวไร่ แต่การนับชื่อพันธุ์เป็นการวัดความหลากหลายได้เพียงคร่าวๆ เท่านั้น เพราะเหตุผลหลักคือ ข้าวพันธุ์พื้นเมืองแตกต่างไปจากข้าวพันธุ์ปรับปรุงใน 3 ทาง ได้แก่ (1) มีข้าวต่างพันธุกรรมที่บังเอิญมีชื่อพ้องกัน (2) ข้าวพันธุ์เดียวกันมีหลายชื่อ (3) พันธุกรรมที่หลากหลายภายในแต่ละตัวอย่างเชื้อพันธุ์ ชื่อพันธุ์ข้าวหลายชื่อเป็นชื่อพื้นๆ หลายชื่อเป็นชื่อยอดนิยมที่ถูกนำมาตั้งชื่อแก่ข้าวต่างพันธุกรรมจากแหล่งต่างกัน ในธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติมีข้าวชื่อ “เหลืองอ่อน” ถึง 32 ตัวอย่าง ตามมาด้วย “เหลืองทอง” 24 ตัวอย่าง “ขาวตาแห้ง” 19 ตัวอย่าง “เหลือง” 18 ตัวอย่าง “ขาวพวง” 17 ตัวอย่าง (วิชา และคณะ 2544) ชื่อที่พ้องกันนี้บ้างอาจเป็นตัวอย่างที่ซ้ำกัน แต่หลายๆ ตัวอย่างมีความแตกต่างในทางพันธุกรรมอย่างชัดเจน ดังในกรณีของข้าว “ปิ่นแก้ว” จำนวน 34 ตัวอย่างจากทุ่งรังสิตและอยุธยา ที่มีความหลากหลายในลักษณะเมล็ด (รูปร่าง ขนาด และคุณภาพ) การปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม (ข้าวนาสวน หรือข้าวน้ำลึก) และ 30 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ในระดับอณู

พันธุกรรมเมื่อวัดด้วย simple sequence length polymorphism 36 เครื่องหมาย (อภิชาติ และคณะ 2544) ข้าวบางพันธุ์ถูกตั้งชื่อใหม่เพราะเกษตรกรบางคน บางกลุ่ม และบางครั้งไม่ให้ความสำคัญต่อชื่อเดิมของพันธุ์ข้าว หรือชื่อเดิมไม่คุ้นเคยและจำยาก โดยเฉพาะชื่อจากต่างกลุ่มชาติพันธุ์ โดยอาจเรียกชื่อใหม่ตามแหล่งหรือคนที่แนะนำข้าวพันธุ์นั้นๆ เข้ามาในหมู่บ้าน ในหมู่บ้านชนชาติกะเหรี่ยง จึงมีข้าวชื่อ "บือเกษตร" ซึ่งเข้าใจว่าเป็นพันธุ์ปรับปรุงจากทางราชการ "บือแค" ได้มาจากโครงการขององค์กรแคร์แห่งประเทศไทย (CARE International, Thailand) และ "บือห้วยสิงห์" ที่ปรากฏว่าคือ กข 21 จากบ้านห้วยสิงห์ ข้าวที่ได้จากหมู่บ้านม้งกลายเป็น "บือแซ่" "บือแม้ว" ข้าวไร่นำจากประเทศพม่าโดยนายต่อนะได้ชื่อเป็น "บือต่อนะ"

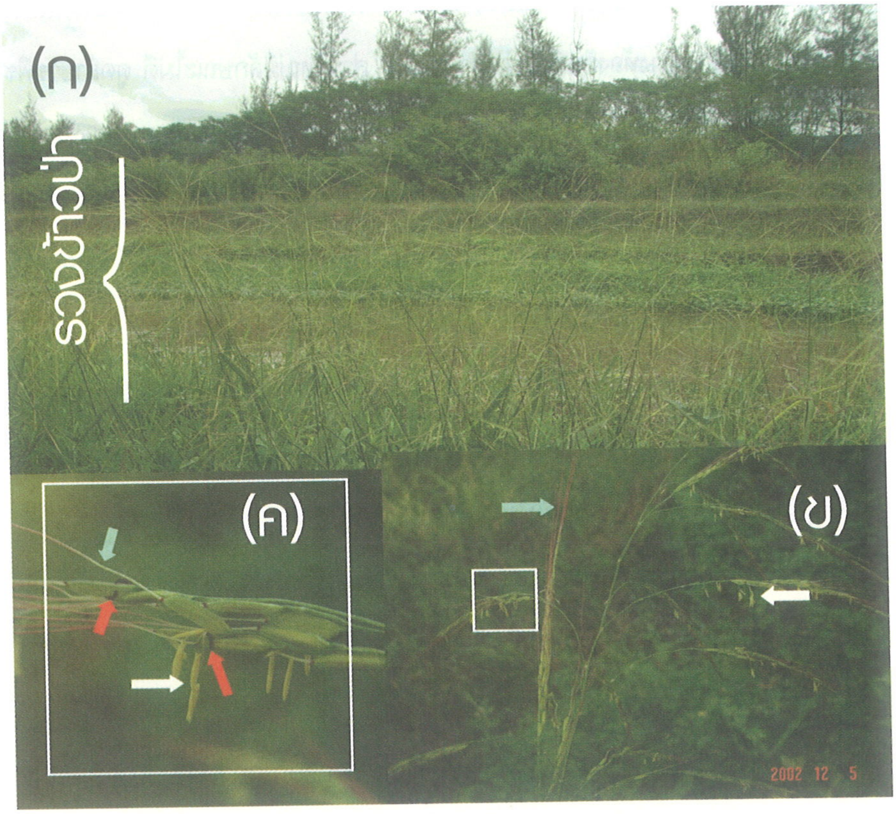
ข้าวพันธุ์ปรับปรุงส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์มีพันธุกรรม (genotype) เดี่ยว ซึ่งแตกต่างไปจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีพันธุกรรมความหลากหลายภายในแต่ละตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (seed lot) แต่แม้ว่าได้มีการบันทึกความหลากหลายภายในประชากรนี้ไว้อย่างชัดเจนในตัวอย่างเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองเชียงใหม่จากทั้งที่สูงและพื้นราบ โดยการจำแนกลักษณะทางกายภาพและโดยการวิเคราะห์เอนไซม์ (isozyme) ตั้งแต่ พ.ศ. 2531 (Oka, 1988) การศึกษาพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในประเทศส่วนใหญ่ยังคงถือเสมือนว่าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์แต่ละตัวอย่างเป็นเสมือนพันธุกรรมเดี่ยว (Chitrakorn, 1995; ป่าน 2539; ปณิตา 2540) ความหลากหลายภายในตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ ในลักษณะทางกายภาพ เช่น การมีหาง สีเปลือกหุ้มเมล็ด สียอดดอก (apiculus) สีข้าวกล้อง และลักษณะทางสรีระ เช่น อายุการออกรวง เป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของเกษตรกรทั่วไป ความแตกต่างที่ว่านี้อาจเกิดจากการผสมปะปนของข้าวต่างพันธุ์โดยบังเอิญ หรือเกษตรกรบางคนโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ปลูกข้าวไร่มักปลูกข้าวด้วยเมล็ดหลายพันธุ์ผสมปนกันโดยตั้งใจ มีรายงานการวิเคราะห์ isozyme ว่าเมล็ดพันธุ์บางตัวอย่างที่มีลักษณะหลากหลายเกิดจากการปะปนของข้าวต่างพันธุ์จริง แต่ก็พบหลายตัวอย่างที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยธรรมชาติ (Dennis, 1987)

ตัวอย่างข้าว "บือชอมี" จำนวน 22 ตัวอย่างจากเกษตรกรและหมู่บ้านต่างกัน ในนาที่สูงปานกลาง (ประมาณ 500-600 เมตร) มีความหลากหลายในลักษณะทางกายภาพ สรีระ และอณูพันธุกรรม ที่ส่วนใหญ่เป็นความแตกต่างภายในตัวอย่าง (ร้อยละ 82) และมีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างเพียงร้อยละ 18 (ทรายแก้ว 2547; ต่อนภา ผุสดี ข้อมูลยังไม่ตีพิมพ์) ความหลากหลายในพันธุกรรมในพันธุ์พื้นเมืองระหว่างพันธุ์ต่างกัน แหล่งเมล็ดพันธุ์ต่างกันแต่ชื่อเดียวกัน และภายในตัวอย่างเมล็ดพันธุ์นี้ มีความสำคัญยิ่งต่อทั้งการหาลักษณะดีจากพันธุ์พื้นเมืองและการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ ทั้งใน (*in situ*) และนอกท้องถิ่น (*ex situ*) ส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของแหล่งพันธุกรรมข้าวไทยคือข้าวป่า เพราะข้าวป่าเป็นแหล่งพันธุกรรมที่มีความหลากหลายกว่าข้าวปลูกหลายเท่า นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (gene flow) ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกยังเป็นกระบวนการสำคัญในวิวัฒนาการในแหล่งพันธุกรรม (gene pool) นี้ด้วย

พลวัตในแหล่งพันธุกรรมข้าวป่าและข้าวปลูก

ในประเทศไทยมีข้าวป่าหลายชนิด แต่ที่เรียก "ข้าวป่า" ในที่นี้คือข้าวป่าสามัญ (*Oryza rufipogon* Griff.) ซึ่งเป็นชนิดแพร่หลายที่สุด ข้าวป่ามีถิ่นที่อยู่ในบริเวณที่ลุ่มมีน้ำขัง ซึ่งอาจเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ขอบหนอง ในชุก หรือที่ลุ่มข้างทาง ที่รกร้าง ข้างคลองชลประทาน หรือคูส่งน้ำในนา ในที่น้ำขังตลอดปีจะเป็นข้าวป่าอายุข้ามปี และขยายพันธุ์โดยการงอกจากข้อของต้นเดิม ในที่น้ำขังเฉพาะในฤดูฝน เช่น ในร่องน้ำข้างทาง ต้นข้าวป่าจะมีดอกติดเมล็ดในปลายฝนและตายไปเมื่อน้ำแห้ง และงอกจากเมล็ดเมื่อฝนมาในปีต่อไป แม้ข้าวป่าแถบชานเมืองจะได้หายไปบ้าง เมื่อที่นาได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นเมือง แต่ในปัจจุบันยังคงพบประชากรข้าวป่าได้แทบทุกจังหวัด มีข้าวป่าข้ามปีหลายประชากร ที่ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ร้อยถึงพันไร่ เช่น ที่ขอบหนองหาร จังหวัดสกลนคร หนองญาติ จังหวัดนครพนม แปลงอนุรักษ์ในศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี อำเภอบ้านสร้าง และบริเวณ "ชุก" (หนองน้ำ) ทั่วที่ราบลุ่มภาคกลาง และในที่น้ำขังข้างทางมีข้าวป่าขึ้นอยู่เป็นระยะทางหลายกิโลเมตร สองข้างคลองชลประทาน

แม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรอยู่เป็นจุดรวมระยะทางกว่า 20 กิโลเมตร การจำแนกข้าวป่าออกจากวัชพืชตระกูลหญ้าและข้าวปลูกสามารถทำได้อย่างง่ายดาย ด้วยลักษณะรวงที่เด่นเป็นเอกลักษณ์ มองเห็นได้แต่ไกลในฤดูที่ข้าวป่าออกรวงและดอกบาน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงปลายเดือนธันวาคม สามารถจำแนกแยกแยะได้จากหญ้าชนิดอื่นและข้าวปลูก แม้จากในรถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วพอสมควรอยู่บนถนน (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 ข้าวป่าข้างทางเห็นรวงได้แต่ไกล คลองชลประทานแม่แฝก เชียงใหม่ (ก) รวงข้าวป่าในระยะใกล้ แสดงลักษณะช่อดอก (ข) และเกสร (ค) เมล็ดมีหาง (⇨) มีอับเรณู (➡) และเกสรตัวเมีย (➡) ที่มีขนาดใหญ่กว่าข้าวปลูกมาก มีลักษณะการผสมเกสรที่เอื้อต่อการผสมข้าม เกสรตัวเมียยื่นออกมานอกกลีบดอก และผสมเกสรด้วยละอองเรณูจากดอกหรือต้นอื่นเสร็จไปก่อนเวลาที่จะมีการโปรยละอองเรณูจากดอกเดียวกัน *(ภาพโดยจรรยา มณีโชติ)*

ข้าวเป็นพืชที่ผสมเกสรในดอกเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ การผสมข้ามในอัตราร้อยละ 0.03-0.1 มีบทบาทในการถ่ายเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์อยู่บ้าง (ดูตัวอย่างใน Brown, 1957; Reaño and Pham, 1998) แต่พลวัตในพันธุกรรมข้าวส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยการผสมข้ามผ่านข้าวป่า ก่อนหน้านี้ได้มีผู้สังเกตว่าเกิดกลุ่มต้นข้าวที่มีลักษณะเป็นพันธุ์ทาง (hybrid swarm) ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก เกิดขึ้นในนาในประเทศไทย (Oka and Chang, 1961; Morishima et al., 1984; Chitrakorn, 1995) ชาวนาเชียงใหม่เมื่อก่อน รู้จักข้าวพันทางเหล่านี้เป็นอย่างดี ในบางท้องถิ่นเรียกว่าข้าว "อีเห็น" ส่วนใหญ่มีลักษณะไม่ดี ดูคล้ายวัชพืชมากกว่าข้าว ซึ่งต้องคัดออกในการเก็บเมล็ดพันธุ์ (Rerkasem and Rerkasem, 1984) แต่ในบางคราว จะพบต้นที่มีลักษณะดีเด่นของพันธุ์ลูกผสม (hybrid vigour) (Morishima et al., 1984) คาดว่าน่าจะเป็นแหล่งหนึ่งของข้าวพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์ใหม่ๆ นอกจากนี้ยังมีหลักฐานยืนยันการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูกจากอีก 2 ทางคือ

1. การผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง ให้ผลเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์สามารถงอก เจริญเป็นต้น และสร้างเมล็ดในชั่วต่อไปอย่างเป็นปกติ (ธีรศักดิ์ 2547; สุณิษา นิรันตรายกุล ข้อมูลยังไม่ได้ตีพิมพ์)

2. การพบพันธุกรรมของข้าวป่าอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์ปรับปรุงของเกษตรกรที่มีลักษณะภายนอกเหมือนพันธุ์ข้าวบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์หลัก (breeder seed) ทุกประการ โดยการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล (รณชิต 2547)

การผสมข้ามแลกเปลี่ยนยีนระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกนี้จึงน่าจะมีบทบาทสำคัญในวิวัฒนาการของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมาแต่ในอดีต แต่ในปัจจุบันการแลกเปลี่ยนยีนนี้ได้เป็นต้นตอของการรุกระบาดของข้าววัชพืชลงในนา (invasive weedy rice) โดยได้พบยีนของข้าวป่าและข้าวปลูกอยู่ร่วมกันในเมล็ดข้าว จากแปลงข้าวพันธุ์ปรับปรุงพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีลักษณะของข้าวป่า 3 แบบคือ เมล็ดร่วงไม่มีหาง เมล็ดร่วงมีหาง และข้าวแดง (รณชิต 2547) การรุกระบาดของข้าววัชพืชนี้ได้ลุกลามอย่างรวดเร็วขยายไปจนทั่วภาคกลาง (จรรยา 2547)

และเริ่มพบในภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว ในฤดูนาปี 2547 ข้าววัชพืชนี้มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับข้าวปลูกมาก ยากที่จะกำจัดด้วยสารเคมีโดยไม่ทำอันตรายต่อต้นข้าวปลูกได้ ข้าววัชพืชมีลักษณะเด่นของข้าวป่าคือ เมล็ดที่ร่วงไปหมดก่อนการเก็บเกี่ยว ในบางพื้นที่เรียกว่า "ข้าวดีด" การระบาดของข้าววัชพืชจะทำให้ผลผลิตข้าวลดลงประมาณร้อยละ 1 ต่อทุกร้อยละ 1 ของจำนวนรวงข้าววัชพืชที่เพิ่มขึ้น (ศันสนีย์ จำจดและคณะ ข้อมูลยังไม่ได้ตีพิมพ์) การรุกระบาดของข้าววัชพืชที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ผลกำไรจากการทำนาลดลงร้อยละ 2 (อริยา 2547) ข้าววัชพืชอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า "ข้าวแดง" (ข้าวกล้องมีเยื่อหุ้มเมล็ดมีสีแดง) ซึ่งไม่ร่วง จึงอาจไม่สูญเสียผลผลิต แต่การมีข้าวแดงปนมากทำให้ถูกตัดราคา (จรรยา 2547)

ลูกผสมข้าวป่าข้าวปลูกจะปรากฏอยู่ทั่วไปในนาข้าวที่อยู่ใกล้ประชากรข้าวป่าธรรมชาติแปลงใหญ่ในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคอีสาน แต่การรุกระบาดของของข้าววัชพืชส่วนใหญ่เกิดขึ้นในนาหว่านน้ำตมและหว่านข้าวแห้ง ทั้งในพื้นที่นาชลประทานที่ปลูกข้าวพันธุ์สมัยใหม่โดยการทำนาแบบเข้มข้น 2-3 ครั้งต่อปี และพื้นที่นาน้ำฝนที่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง ในนาดำจะปรากฏข้าวลูกผสมข้าวป่าข้าวปลูกขึ้นเพียงประปรายในบริเวณตามขอบแปลงและหัวไร่ปลายนา ส่วนการรุกระบาดของข้าววัชพืชลงในนามีน้อยมาก การแลกเปลี่ยนยีนระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกนี้เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่น่าจะเกิดขึ้นตลอดเวลามาแต่ในอดีต ตั้งแต่มีการปลูกข้าวเป็นต้นมา และคงจะดำเนินต่อตราบใดที่ยังมีประชากรข้าวป่าแพร่หลายในธรรมชาติใกล้กับข้าวปลูกในแปลงนา ความเข้าใจในเงื่อนไขทางนิเวศ ทางเทคโนโลยี และการจัดการที่ทำให้ลูกผสมข้าวป่าข้าวปลูกมีวิวัฒนาการไปในทางใดทางหนึ่ง จะสำคัญยิ่งต่อความยั่งยืนของทั้งระบบการทำนาและแหล่งพันธุกรรมข้าวสืบไปในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่ระบบการทำนากำลังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายและรวดเร็วจากการทำนาดำไปเป็นนาหว่าน เพราะค่าแรงที่สูงขึ้น การเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องจักรที่มาทดแทนการเกี่ยวและนวดด้วยแรงคน การใช้สารกำจัดวัชพืชมากขึ้น ตลอดจนพันธุกรรมที่นำเข้ามา

เพื่อการปรับปรุงพันธุ์จากต่างถิ่นหรือต่างชนิด เช่น ในข้าวพันธุ์สมัยใหม่กึ่งเตี้ยจากต่างประเทศ ข้าวลูกผสม (male sterility genes in hybrid rice) ข้าวตัดแต่งพันธุกรรม (transgenes ในข้าว GM) การรุกระบาดของข้าววัชพืชลงนา เป็นตัวอย่างของพลวัตในระบบพันธุกรรมข้าวป่า-ข้าวปลูกทางหนึ่ง ที่ได้ลูกผสมที่เก่งมาก (super weed) ส่วนพลวัตในระบบพันธุกรรมไปในอีกทิศทางหนึ่งคือ การได้ลูกผสมที่ไม่สมบูรณ์ สามารถแพร่พันธุ์ต่อไปได้เพียงจำกัด การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างข้าวปลูกกับข้าวป่านี้ นอกจากจะมีผลกระทบโดยตรงทางเศรษฐกิจต่อการผลิตข้าวแล้วยังอาจจะส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวป่าธรรมชาติต่อไปในอนาคตด้วย

ภูมิปัญญาท้องถิ่นเรื่องพันธุ์ข้าวไทย

"เข้านาสวนมีหลายร้อยชนิด อาจแบ่งอย่างหยาบๆ ออกได้เปน ๓ ประเภทคือ เข้าเบา เข้ากลาง แลเข้าหนัก เข้าเบานั้นนับตั้งแต่วันปลูกไปจนสุกประมาณตั้งแต่ ๗๕ วัน ถึง ๓ เดือนครึ่ง เบา เข้ากลาง ประมาณ ๔ เดือนถึง ๕ เดือนครึ่ง เข้าหนักประมาณ ๕ เดือนถึง ๖ เดือน ในประเภทหนึ่งๆ มีเข้าที่จะเลือกได้หลายชนิด ชาวนาคนหนึ่งมักจะทำนามากๆ เมื่อเทียบตามส่วนกำลังของตนเพราะฉนั้นจึงเลือกใช้ชนิดเข้าซึ่งไม่สุกพร้อมกัน มิฉนั้นจะเกี่ยวไม่ทันในขณะที่เข้ากำลังสุกพอดี............

.....เข้านาเมืองมีหลายชนิด อย่างเดียวกับเข้านาสวน แลถ้าชาวนาต้องการปลูกเข้าที่สุกไม่พร้อมกันก็เลือกได้..........พรรณ์เข้าที่หว่านโดยมากต้องใช้พรรณ์ที่สุกเมือน้ำแห้ง"

สุวพันธ์ุ 2470

มีหลักฐานทางโบราณคดียืนยันว่า ได้มีการปลูกข้าวมานานกว่า 6,000 ปี ในพื้นที่ประเทศไทยในภาคเหนือ (Gorman, 1976) และตะวันออกเฉียงเหนือ (Solheim, 1972) พันธุ์ข้าวพื้นเมืองหลากหลายพันธุ์ที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศ ตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน (วิชา และคณะ 2544; Watabe, 1967; Rerkasem and Rerkasem, 1984; Sommut,

2003) มิได้ปลูกตามบุญตามกรรมโดยไม่มีเหตุผล นอกจากลักษณะทางกายภาพและอณูพันธุกรรมที่ใช้วัดความหลากหลายแล้ว พันธุ์ข้าวพื้นเมืองยังมีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่กำหนดลักษณะทางสรีระ ตั้งแต่การปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศและดินต่างๆ กัน การทนต่อโรคแมลงชนิดต่างๆ ตลอดจนลักษณะพิเศษของคุณภาพเมล็ด ความสำเร็จในการทำนาโดยเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้าวสมัยใหม่ซึ่งเป็นพันธุ์ปรับปรุงของทางราชการได้ จึงขึ้นอยู่กับภูมิปัญญาของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ในการนำความรู้ในเรื่องลักษณะพิเศษเหล่านี้ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองไปใช้เพื่อจัดและคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะกับระบบการทำนาที่เปลี่ยนไปตามกาลเวลาและพัฒนาการของระบบเศรษฐกิจและสังคม

ในปัจจุบันการใช้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองได้เหมาะกับความต้องการในครัวเรือนและสภาพแวดล้อม สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในท้องนาทั่วประเทศ และในหลายพันหมู่บ้านบนเขาภาคเหนือจรดภาคกลางที่ยังมีการปลูกข้าวไร่เพื่อยังชีพ ในภาคเหนือที่มีการปลูกพืชหลังนามาแต่โบราณมีข้าวเบา (ข้าวดอ) มากกว่าร้อยพันธุ์ที่จะได้เกี่ยวก่อนปลูกพืชฤดูหนาว เช่น พริก หัวหอม กระเทียม ได้ทันเวลา แต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะพันธุ์ อาทิ พันธุ์ที่อายุสั้นที่สุดเรียกว่า "ข้าวดอสามเดือน" ใช้ปลูกเมื่อต้องการปลูกพริก หรือหัวหอมก่อนใคร "ข้าวก่ำดอ" เป็นข้าวเหนียวดำพันธุ์เบาปลูกเพื่อทำขนม (Rerkasem and Rerkasem, 1984) ในที่นาน้ำลึกภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีข้าวพื้นเมืองมากกว่าร้อยพันธุ์ที่มีการปรับตัวต่อสภาพน้ำที่ต่างกัน (Sommut, 2003) ความรู้เรื่องความสามารถปรับตัวต่อสภาพน้ำท่วมของพันธุ์ข้าวจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการทำนาที่ได้ผล ชาวนาแต่ละรายรู้ว่าข้าวพันธุ์ใดจึงจะเหมาะกับสภาพน้ำของตนมากที่สุด พันธุ์ "เหลืองใหญ่" จะเป็นที่นิยมในเขตพื้นที่น้ำไม่ลึกมาก ประมาณ 0.5-1 เมตร ในจังหวัดปราจีนบุรีและนครนายก การมีพื้นที่ที่ความแตกต่างในการลดของน้ำในแปลงนาเพียง 1-2 สัปดาห์ทำให้ชาวนาหลายคนต้องปลูกพันธุ์เบากว่าและเกี่ยวได้ก่อนอีกหนึ่งพันธุ์ เช่น พันธุ์ "ขาวหลง" ในนาที่สูงมีพันธุ์ที่เหมาะกับภูมิอากาศในแต่ละระดับความสูง เช่น "บือโปะโละ" เป็นข้าวไร่ที่พอปลูกได้ในระดับความสูงประมาณ 1,000 เมตร โดยไม่

สูญเสียผลผลิตจากข้าวลีบเพราะอุณหภูมิต่ำมากนัก "บือซอมี" เป็นข้าวนาสำหรับพื้นที่สูงปานกลาง 500-600 เมตร สำหรับชาวนาที่ทำนาในหุบเล็กๆ บริเวณตีนเขาสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 400-450 เมตร ทั่วภาคเหนือตอนบนตั้งแต่แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ถึงแพร่และน่าน พันธุ์ "เหมยนอง" ซึ่งต้านทานต่อแมลงบั่ว เป็นทางเลือกในการป้องกันการสูญเสียผลผลิตจากแมลงบั่วที่ได้ผล พันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตดีในดินกรดจัดจากบนพื้นที่สูงจังหวัดแม่ฮ่องสอน ลงไปถึงดินเปรี้ยวจัด เป็นต้น

ข้าวไทยได้ชื่อว่าเป็นข้าวคุณภาพดีในตลาดโลกมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 ข้าวสารชั้นที่หนึ่งเป็นข้าวเมล็ดเรียว ผิวเลื่อมมัน ใส ไม่มีท้องไข่ ดังตัวอย่าง *"Burmah (sic) rice has a short, thick grain, and it is all white and opaque. Cochinchina rice is not so thick and white as Burmah rice, but is not so translucent as Siamese" (สุวพันธุ์ 2470)* พันธุ์ข้าวพื้นเมืองหลากหลายสายพันธุ์ที่มีมาแต่โบร่ำโบราณ หาใช่เป็นผลของวิวัฒนาการตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเหมือนพืชพรรณป่า หากแต่เป็นผลงานจากการคัดเลือกของเกษตรกรสืบต่อกันมา ในรายชื่อพันธุ์ข้าวที่ไม่ซ้ำกันจากทั่วประเทศ 5,928 ชื่อ พบหลายร้อยชื่อที่สื่อชื่อเกษตรกรที่เป็นต้นตอ หรือแหล่งแพร่กระจายของข้าวพันธุ์นั้นๆ เช่น นางชม ตาเพชร ตาแหวง ขาวตาก้อน ขาวยายหรั่ง ขาวตาอู๋ เหลืองตากู๋ เหลืองนางมอญ เหลืองตาเอี่ยม เป็นต้น (ฉวีวรรณ 2543) การใช้พันธุ์ข้าวของเกษตรกรมิได้หยุดนิ่งอยู่กับที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลามาแต่ในอดีต การศึกษาแกลบข้าวจากอิฐโบราณได้ข้อสรุปว่า มีการเปลี่ยนแปลงชนิดข้าวที่ปลูกเป็นส่วนใหญ่จากข้าวเมล็ดป้อมในช่วงพุทธศตวรรษที่ 11-16 มีข้าวเมล็ดเรียวเพิ่มขึ้นในช่วงพุทธศตวรรษที่ 16-23 ส่วนตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 23 เป็นต้นมาพบข้าวเมล็ดเรียวเป็นส่วนใหญ่ในภาคกลาง และพบข้าวเมล็ดป้อมเฉพาะภาคเหนือและภาคอีสาน (Watabe et al., 1970) (แต่การสรุปรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงในการบริโภคข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้ายังขาดหลักฐานชัดเจนทางพันธุกรรม เพราะการเป็นข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าเป็นลักษณะของเนื้อแป้ง ซึ่งมิได้มีพันธุกรรมเชื่อมโยงกับลักษณะรูปร่างเมล็ดแต่อย่างใด)

พันธุ์ข้าวที่ปลูกโดยเกษตรกรแต่ละราย อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้ 3 ทาง คือ (1) การเปลี่ยนแหล่งของเมล็ดพันธุ์เดิม (2) การคัดเลือกในพันธุ์เดิม และ (3) การเปลี่ยนไปปลูกพันธุ์อื่น ชาวนาที่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในหลายท้องที่นิยมเปลี่ยนแหล่งเมล็ดพันธุ์ของข้าวเชื้อพันธุ์เดิมทุก 2-3 ปี โดยให้เหตุผลว่าหากใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกซ้ำที่กันหลายปีคุณภาพข้าวจะเสื่อมลง ลักษณะที่สำคัญในพันธุ์ข้าวเหนียวสำหรับเกษตรกรทั่วภาคเหนือจรดภาคอีสานคือ คุณภาพข้าวสุกที่เย็นแล้วยังคงนุ่มอยู่ ข้าวเหนียวที่เสื่อมคุณภาพคือข้าวสุกที่แข็งกระด้างเมื่อเย็นลง ซึ่งตรวจสอบได้ว่าเกิดจากการเพิ่มสัดส่วนของเมล็ดข้าวที่เป็นข้าวเจ้า (แป้งข้าวเจ้าเมื่อย้อมด้วยไอโอดีนจะออกสีม่วงเข้มเกือบดำ เพราะปฏิกิริยาของอะมีโลสกับไอโอดีน แต่แป้งข้าวเหนียวมีอะมีโลสต่ำและไม่มีปฏิกิริยา จึงเห็นเป็นสีเดิมของไอโอดีนคือสีน้ำตาลแดง) ในหลายหมู่บ้านที่มีปัญหาข้าวเหนียวเสื่อมคุณภาพ จะมีเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญในการคัดเลือกพันธุ์ทำการคัดรวงที่มีลักษณะเป็นข้าวเจ้าออก ในเขตนาน้ำลึกมีการรุกระบาดของข้าววัชพืช เมื่อมีข้าวแดง ข้าวหาง หรือข้าวดีดมากเกินไป เกษตรกรจะทำการคัดเลือกพันธุ์ (ดูล้อมกรอบหน้า 46-47) หรือเปลี่ยนแหล่งเมล็ดพันธุ์ เกษตรกรที่เชี่ยวชาญในการคัดพันธุ์จะเป็นที่รู้จักดีในท้องถิ่น แม้จะเริ่มมีพัฒนาการแหล่งเมล็ดพันธุ์ในเชิงการค้าในบางพื้นที่ แต่ชาวนาหลายรายยังถือว่าการทำนาเป็นวิถีชีวิต เมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยสำคัญในการยังชีพ จึงมองเห็นการค้าขายเมล็ดพันธุ์ด้วยราคาแพงเป็นการขูดรีด และ “บาป”

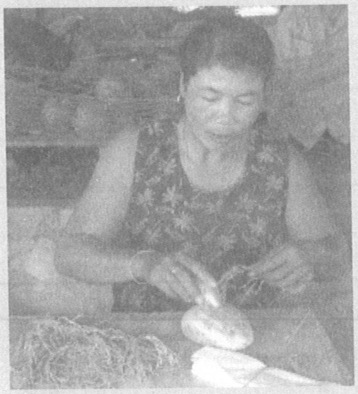
ตามไปดูเกษตรกรคัดพันธุ์ข้าวที่ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง นครนายก

พื้นที่นาน้ำลึกในเขตจังหวัดนครนายกต่อกับจังหวัดปราจีนบุรี แต่เดิมเป็นแหล่งปลูกข้าวได้ผลผลิตต่ำ เพียงไร่ละ 10-12 ถัง เพราะที่นาเป็นดินกรดจัด ข้าวที่ได้มีคุณภาพต่ำสุด เป็นข้าวเมล็ดป้อม มีข้าวแดงมาก เมล็ดข้าวไม่แกร่ง เมื่อสีแล้วข้าวป่นเป็นผงแป้ง ชาวเรือซื้อข้าวจัดลำดับให้เป็นข้าวสำหรับเลี้ยงสัตว์ เรียกว่า "ข้าวม้าข้าวเป็ด" ระบบการทำนาในปัจจุบันได้พัฒนาไปมาก แรงคนและสัตว์ที่ใช้ไถตลอดจนถึงเกี่ยวและนวดถูกทดแทนด้วยเครื่องจักร มีการใส่ปุ๋ยและปูนมาร์ลเพื่อลดกรดในดิน ผลผลิตได้เพิ่มเป็น 60-80 ถังต่อไร่ แต่พันธุ์ที่ปลูกเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ได้พัฒนามาเป็นพันธุ์เมล็ดเรียว หลายพันธุ์มีคุณภาพเมล็ดดี เมล็ดข้าวแกร่ง ผิวมันสวย มีชื่อพันธุ์ เช่น กระทิงแดง ขาวหลงเม็ดยาว ทองมาเอ็ง เหลืองใหญ่ บางพันธุ์ได้ชื่อว่าเป็นข้าวชั้นดีที่ให้ข้าวสารเมล็ดสวย ไม่มีท้องปลาซิว (ท้องไข่) เช่น พันธุ์ขาวเสวย จากตำบลเกาะหวาย (ผู้ให้ข้อมูล ผู้ใหญ่ระเบียบ มาลี) เมล็ดข้าวจากแถบนี้จะค่อนข้างร่วน นิยมนำไปผลิตข้าวนึ่ง พื้นที่บริเวณนี้มีข้าวป่าขึ้นอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ ตามท้องร่องข้างทาง ตาม "ตะหลุก" (ที่ลุ่ม) ในนา มีแหล่งใหญ่ๆ พื้นที่นับร้อยพันไร่ใน "ชุก" (หนองน้ำธรรมชาติ) ในช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมาเริ่มมีข้าวป่าลงระบาดในนาเป็นอันมาก การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวถือว่าเป็นเรื่องจำเป็นในการทำนาแถบนี้ เริ่มมีชาวนาบางรายทำการคัดพันธุ์ข้าวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ขายเป็นอาชีพ บางรายที่ได้ชื่อว่าเป็นคนขยันและเป็นชาวนาอาชีพทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวเพื่อขยายและปลูกเอง ดังเช่น ละออง (เล็ก) นาเจริญ กับสมศักดิ์ (ปื๊ด) สุวรรณพืชน์ ที่ได้กรุณาสอนวิธีการคัดเลือกเมล็ดข้าวเพื่อทำพันธุ์

เล็ก (รูปที่ 3) เลือกรวงข้าวที่สุกแก่ในแปลง ที่มีลักษณะ เมล็ดยาว ไม่มีหางข้าวเปลือกมีสีเหลืองทองเข้มสม่ำเสมอซึ่งเป็นลักษณะประจำของพันธุ์กระทิงแดงที่สุกแก่ในเวลาใกล้เคียงกัน รวงใหญ่ระแง้ถี่มีเมล็ดมาก มัดเป็นกำประมาณ 200 รวง จำนวนเป็นร้อยมัด เมื่อมีเวลาว่างจึงนำออกมาคัด เล็กบอกว่าตามที่ผู้เฒ่าผู้แก่สอนกันมา การคัดเมล็ดทำพันธุ์ทำได้หลายวิธี เมื่อรวงข้าวเปียกด้วยน้ำค้างในตอนเช้าหรือเอารวงข้าวชุบน้ำจะสามารถทำให้มองเห็นข้าวแดงทะลุผ่านเปลือกข้าวได้ แต่วิธีนี้มี

มีข้อจำกัดเรื่องเวลา พอสายหน่อยน้ำค้างก็แห้ง หรือเมื่อรวงข้าวเปียกน้ำแล้วต้องคัดให้เสร็จ บางคนใช้ฟันกัดเมล็ดหรือใช้เล็บแกะเปลือกข้าวออก แต่หลังจาก "กัดเมล็ดจนลิ้นแสบ แกะข้าวเปลือกจนเล็บกุด" เล็กได้ค้นพบวิธีที่คิดว่าดีที่สุดคือ การวางปลายรวงบนหินแบนก้อนขนาดกว้างประมาณ 10 เซนติเมตรและทุบเมล็ดด้วยเบาๆ ด้วยหินก้อนเล็กขนาดเท่าลูกชมพู่จนเปลือกข้าวหลุดออก รวงที่เป็นข้าวแดงก็จะถูกคัดทิ้งไว้เลี้ยงไก่ ในฤดูปลูก 2546 เล็กคัดเลือกได้เมล็ดพันธุ์ 13 ถัง

ปี๊ดและวันเพ็ญ (ภรรยา) เกี่ยวข้าวด้วยเคียว (แถบนี้ตามปกติเกษตรกรเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวหมดแล้ว) มา 40 ฟ่อนจากบริเวณที่ได้ทำการกำจัดต้นข้าวแดงและข้าวหาง (ข้าวป่า) ออกไปก่อนอย่างดีที่สุดเมื่อต้นฤดูแล้ว ทำการคัดเอารวงที่มีลักษณะไม่ดีออกคือ รวงขนาดเล็ก มีเมล็ดสั้นป้อม ข้าวเปลือกมีสีซีด ทำการคัดรวงโดยวางรวงข้าวบนแผ่นกระเบื้อง แล้วทุบเมล็ดแถวปลายรวงเบาๆ ด้วยหัวสลักเกลียวยาวประมาณ 8 นิ้ว เพื่อกะเทาะเปลือกข้าวให้หลุดออก รวงที่เป็นข้าวแดง ข้าว "ไม่เป็นตัว" (เมล็ดไม่แกร่ง) ถูกคัดออก เมื่อฤดูนาปีที่ผ่านมาปี๊ดกับวันเพ็ญคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ได้ 16 ถังครึ่ง



รูปที่ 3.3 ละออง (เล็ก) นาเจริญ (ซ้ายมือ) ตำบลศรีจุฬา นครนายก แสดงวิธีคัดรวงข้าวพันธุ์กระทิแดงเพื่อเก็บไว้ทำพันธุ์ด้วยการทุบเมล็ดที่ปลายรวงเพื่อตรวจคุณภาพเมล็ด รวงที่กองอยู่บนโต๊ะเป็นรวงที่คัดออกเอาไปเลี้ยงไก่ มีทั้งที่เป็น "ข้าวแดง" (เยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดง) "ข้าวขาว" (ข้าวเปลือกมีสีซีด ต่างไปจากลักษณะเด่นของพันธุ์กระทิงแดง) "ข้าวไม่เป็นตัว" (เมล็ดข้าวไม่แกร่ง ป่นเป็นแป้งเมื่อถูกทุบเบาๆ) และ "ข้าวหาง" (เมล็ดมีหางยาวคล้ายข้าวป่า) **ข้อสังเกต** เกษตรกรที่ทำการคัดเลือกพันธุ์มีความเชื่อว่าเมล็ดในรวงเดียวกันเป็นพันธุกรรมเดียวกัน (ภาพโดย จรรยา มณีโชติ)

ตารางที่ 3.1 การปลูกและเปลี่ยนพันธุ์ข้าวในหมู่บ้านทีชะ อำเภอสบเมย แม่ฮ่องสอน ในฤดูปลูก 2544-2546 (ดัดแปลงจาก Sirabanchongkran, et al. 2004)

พันธุ์[1]	ครัวเรือน			
	จำนวนที่ปลูก[2]	% ของหมู่บ้าน[3]	เริ่มปลูกใหม่[4]	เลิกปลูก[5]
บือบ้าง	15	42	5	4
บือชู	7	19	4	2
บือกวา	14	39	4	3
บือโกล	8	22	3	3
บือกี่	2	6	0	0
บือคูกู่	1	3	0	0
บือหมื่อตาบ้อง	13	36	2	0
บือปอลอ	6	17	3	0
บือโพเล	2	6	1	0
บือโทเล	3	8	0	1
บือห้วยสิงห์	1	3	1	0
บือเกษตร	3	8	0	0
บือซอเม	1	3	1	0
ปะอ่ายบ้าง	1	3	1	0
ปะอ่ายชาย	2	6	1	1
ปะอ่ายแช	1	3	0	0
ปะอ่ยโกละ	6	17	2	3
ปะอ่ายคูเผ่	23	64	6	3
ปะอ่ายกี่ก่าย	3	8	1	0
ปะอ่ายนา	1	3	0	0

1 ภาษากะเหรี่ยง บือ = ข้าวเจ้า ปะอ่าย = ข้าวเหนียว

2 จำนวนครัวเรือนที่ปลูกข้าวพันธุ์นั้นๆอย่างน้อย 1 ครั้งใน 3 ปี

3 จำนวนครัวเรือนทั้งหมู่บ้าน 36 ครัวเรือน %รวมในช่องนี้มากกว่า 100 เพราะแต่ละครัวเรือนปลูกมากกว่า 1 พันธุ์

4 จำนวนครัวเรือนที่กลับมาปลูกข้าวพันธุ์นั้นๆ หลังจากเลิกปลูกไปอย่างน้อย 1 ปี

5 จำนวนครัวเรือนที่เคยปลูกข้าวพันธุ์นั้นๆ แล้วเลิกปลูกไปแล้วอย่างน้อย 1 ปีในช่วง 2544-2546

ในบางท้องที่มีจำนวนพันธุ์ข้าวที่ปลูกอยู่ในแต่ละครัวเรือนคงที่อยู่ในระดับเดิม เช่น 3-5 พันธุ์ต่อครัวเรือนและ 20-30 พันธุ์ต่อหมู่บ้าน (Dennis, 1987; Sirabanchongkran et al., 2004; Kansuntisukmongkol, 2004) ดูคล้ายกับว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการใช้พันธุ์ข้าว แต่เมื่อได้ศึกษาละเอียดลึกลงไปจะพบว่า จำนวนพันธุ์ที่คงที่นั้นอาจซ่อนการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเลิกปลูกข้าวบางพันธุ์และเปลี่ยนไปปลูกพันธุ์ใหม่แทน การปลูกข้าวพันธุ์ใหม่ทดแทนพันธุ์เก่าที่เลิกไปเป็นเรื่องปกติของการจัดการพันธุ์ข้าวพื้นเมือง เช่นเดียวกับที่ได้มีรายงานไว้ในกรณีของพันธุ์ข้าวโพดในทวีปอเมริกา (Louette, 1998) ในหมู่บ้านกะเหรี่ยงโปว์ห้วยทีชะ อำเภอสบเมย แม่ฮ่องสอน (ตารางที่ 3.1) ได้พบเกษตรกรถึงร้อยละ 22 ที่ปลูกข้าวพันธุ์หนึ่งแล้วเลิกปลูกในปีต่อไป การเปลี่ยนแปลงทำนองเดียวกันนี้พบในหมู่บ้าน "คนเมือง" และกะเหรี่ยงสะกอด้วย พันธุ์ใหม่ที่นำมาทดแทนอาจมาจากเกษตรกรในหมู่บ้านเดียวกันหรือต่างหมู่บ้าน ในหมู่บ้านชายแดนอาจได้มาจากญาติพี่น้องที่พม่าหรือลาว เครือข่ายทางสังคมนี้นับว่าสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนพันธุ์ข้าวซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวในท้องถิ่น เพราะพบว่าครัวเรือนที่ปลูกข้าวพันธุ์แปลกๆ ที่มีปลูกโดยเพียง 1-2 ครัวเรือนในหมู่บ้าน มักจะเป็นครัวเรือนที่มีสามีหรือภรรยาที่มาจากนอกหมู่บ้าน (Sira-banchongkran et al., 2004)

พันธุ์ข้าวพื้นเมืองกับทางเลือกในการปลูกข้าว

ตั้งแต่ประมาณ พ.ศ. 2505 เป็นต้นมา ผู้ปลูกและบริโภคข้าวทั่วโลกได้รับประโยชน์มหาศาลจากการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ และลดต้นทุนการผลิตข้าวต่อกิโลกรัม ด้วยการ "ปฏิวัติเขียว" ซึ่งประกอบด้วยวิชาการแผนใหม่ที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ พันธุ์ข้าวสมัยใหม่ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง (Chandler, 1982; Darlymple, 1986) เทคโนโลยีปฏิวัติเขียวนี้มีขีดจำกัดอยู่เฉพาะเขตนาชลประทาน แต่ประเทศไทยยังรับอานิสงค์จากเทคโนโลยีนี้มาไม่เต็มพื้นที่นาชลประทานที่มีอยู่ เพราะในฤดูนาปี มีการปลูกข้าวพันธุ์สมัยใหม่ (High Yielding Varieties, HYVs) อยู่เพียงประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่นาชลประทานในประเทศเท่านั้น

(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2541) การพัฒนาระบบการผลิตข้าวในประเทศจึงขึ้นอยู่กับข้าวพื้นเมืองเป็นส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ทำนาในฤดูนาปี) พันธุ์ข้าวพื้นเมืองเหล่านี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มที่ไม่ค่อยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมแล้ว ซึ่งเป็นส่วนใหญ่ของระบบผลิตข้าวของประเทศครอบคลุมมากกว่าร้อยละ 60 ของพื้นที่นาปี
2. กลุ่มที่ยังมีความหลากหลายทางพันธุกรรมอยู่

พื้นที่นาปีในประเทศไทยมากกว่าครึ่งปลูกข้าว 3 พันธุ์คือ ขาวดอกมะลิ 105 กข 6 และ กข 15 ขาวดอกมะลิ 105 เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่คัดมาจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองชื่อพันธุ์ "ขาวดอกมะลิ" ที่บางคล้า กข 6 และ กข 15 ได้มาจากขาวดอกมะลิ 105 ที่ถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยกัมมันตภาพรังสี แม้จะได้พัฒนาการมาจากพันธุ์พื้นเมืองและมีถึง 3 ชื่อ ข้าว 3 พันธุ์นี้น่าจะมีฐานพันธุกรรมที่แคบมาก มีความเสี่ยงสูงต่อการระบาดของโรค ดังเช่นโรคไหม้ที่ทำความเสียหายมาแล้วนับล้านไร่ในปี 2535 การนำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมาคัดให้เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์เป็นสาเหตุของความสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวพันธุ์พื้นเมืองอีกหลายพันธุ์นอกจากขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 3.2) การคัดเลือกพันธุ์พื้นเมืองให้เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์สามารถเพิ่มศักยภาพผลผลิต เมื่อพันธุกรรมที่กำหนดลักษณะไม่ดีถูกคัดออกไป โดยมีข้อมูลจากกรมข้าวตั้งแต่ก่อน พ.ศ. 2500 เป็นหลักฐานสนับสนุน (Oka 1988) หากแต่ว่าความสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมเนื่องจากการคัดเลือกนี้อาจทำให้สูญเสียลักษณะสำคัญบางลักษณะไป โดยเฉพาะความสามารถในการปรับต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากในแปลงคัดเลือกหรือทดสอบได้ ดังที่ Oka ได้กล่าวต่อว่า "However, the yield data have come from experiments under the same cultural management for a few years and provide no information on yield stability under changing environments. Gene diversity in populations would bring about population buffering to stabilise

ตารางที่ 3.2 พันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ได้ปรับปรุงโดยการคัดเลือก

พันธุ์พื้นเมือง	การปรับปรุงพันธุ์พื้นเมือง	
	ชื่อพันธุ์ปรับปรุง	พ.ศ. ที่แนะนำ
ขาวตาแห้ง	ขาวตาแห้ง 17	2499
ขาวดอกมะลิ	ขาวดอกมะลิ 105	2502
เหมยนอง	เหมยนอง 62 M	2502
ปิ่นแก้ว	ปิ่นแก้ว 56	2502
เล็บมือนาง	เล็บมือนาง 111	2502
ตะเภาแก้ว	ตะเภาแก้ว 161	2502
เก้ารวง	เก้ารวง 88	2505
นางพญา	นางพญา 132	2505
เหลืองประทิว	เหลืองประทิว 123	2508
นางมล	นางมล S 4	2508
หางยี	หางยี 71	2511
เหลืองใหญ่	เหลืองใหญ่ 148	2511
ขาวปากหม้อ	ขาวปากหม้อ 148	2511
น้ำสะกุย	น้ำสะกุย 19	2511
เผือกน้ำ	เผือกน้ำ 43	2511
พวงไร่	พวงไร่ 2	2511
เฉี้ยง	เฉี้ยงพัทลุง	2537
ลูกแดง	ลูกแดงปัตตานี	2537
เล็บนก	เล็บนกปัตตานี	2537
พลายงาม	พลายงามปราจีนบุรี	2437

ที่มา: ดัดแปลงจาก สถาบันวิจัยข้าว 2533 กรมวิชาการ 2546

yield, as discussed by Allard and Bradshaw (1964)". ตัวอย่างเช่น พันธุ์ข้าวเหมยนองของแต่ละท้องถิ่นถูกคัดเลือกมาโดยเกษตรกรและสภาพแวดล้อม รวมทั้งประชากรแมลงบั่วในท้องถิ่นนั้นๆ แต่เหมยนอง 62 M ซึ่งทำการคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตองในปี พ.ศ. 2598 ทนทานต่อแมลงบั่วบางสายพันธุ์ แต่พบว่าไม่ทนต่อแมลงบั่วจากน่าน (จินตนาและคณะ 2539)

พันธุ์พื้นเมืองที่ยังคงความหลากหลายทางพันธุกรรมอยู่เป็นรากฐานของพัฒนาการในระบบการผลิตข้าวอีกทางหนึ่ง ในพื้นที่ที่ไม่เข้าถึงเทคโนโลยีปฏิวัติเขียว โดยเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้คัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับเงื่อนไขและความต้องการของพื้นที่และความต้องการในครัวเรือนหรือตลาด ตัวอย่างนี้มีให้เห็นได้จากการทำนาในเขตที่ลุ่มน้ำลึกและการปลูกข้าวไร่ในที่สูง การทำนาลุ่มในเขตน้ำท่วมในอดีต นับว่าเป็นระบบการปลูกข้าวที่ให้ผลผลิตต่ำและได้ข้าวด้อยคุณภาพ

"เข้านาเมืองเปนเข้าผิดกับนาสวน แลราคาที่ขายได้ในตลาดนั้นต่ำกว่านาสวนมาก ราคาที่ผิดกันนั้น ถ้าเลือกพรรณ์เข้าปลูกดีก็ไม่น่าจะผิดกันมากนัก ได้กล่าวมาแล้วว่าเข้าชนิดนี้ใช้หว่านในที่ลุ่ม น้ำท่วมลึกแลท่วมเร็ว แลต้นเข้างอกเร็วทันน้ำขึ้น ลักษณะทั่วไปของเข้านาเมืองนั้นคือเมล็ดสั้นกว่านาสวน ปลอกมีเลื่อมมันน้อย แลเพราะเลือกพรรณ์ไม่ดีจึงมีเข้าแดงมาก ทำให้ไม่น่าดูแลทำให้ราคาต่ำลงไปเป็นอันมาก เหตุที่ทำให้ราคาต่ำนั้นยังมีอีกอย่างหนึ่ง คือ เมล็ดเข้าแห้งแลร่วน...เข้านาเมืองนั้นทำในที่ลุ่มน้ำท่วมลึก เมื่อเทียบกับนาสวนจึงทำได้น้อย เข้านาเมืองนี้ควรจะสีแลส่งไปขายต่างหาก ไม่สีส่งไปขายปนกับข้าวนาสวนในตลาดบางตลาดดังที่ทำกันในเวลานี้ เพราะทำให้ตัวอย่างเข้าดูไม่ดีแลไม่ช่วยให้เข้าสยามมีชื่อดีขึ้น"

สุวพันธุ์ 2470

ในปัจจุบันพื้นที่นาลุ่มน้ำลึกได้ถูกพัฒนาไปเป็นนาชลประทานส่วนหนึ่ง ที่ยังเหลืออยู่ทั่วประเทศประมาณ 600,000 ไร่ มีระบบการทำนาที่ได้พัฒนาไปกว่าเดิมมาก ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและคุณภาพเมล็ดดีขึ้นจากเดิมแม้พันธุ์ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่ยังคงเป็นพันธุ์พื้นเมือง (ตารางที่ 3.3) เฉพาะพื้นที่นาลุ่มในเขตติดต่อจังหวัดปราจีนบุรีและนครนายกมีข้าวพันธุ์พื้นเมืองสำหรับน้ำลึกมากกว่า 30 พันธุ์ที่มีลักษณะเหมาะกับสภาพน้ำท่วมต่างกัน ด้วยระดับความลึก ระยะเวลาน้ำท่วมและอัตราน้ำขึ้นและลด พันธุ์ทั้งหมดเป็นข้าวเมล็ดยาว (10 มิลลิเมตร) แม้ยังคงเอกลักษณ์เมล็ดแข็งและร่วนอยู่ หลายพันธุ์มีข้าวกล้องที่มีผิวมันสวย เมล็ดแกร่ง ถือเป็นข้าวคุณภาพดี สำหรับผลิตข้าวนึ่งเพื่อส่งออกไปตลาดตะวันออกกลางและอาฟริกา ปัญหาเรื่องข้าวแดงสามารถควบคุมได้ สำหรับชาวนาที่เอาใจใส่ในการกำจัดข้าววัชพืชและใช้เมล็ดพันธุ์คัดที่ไม่มีข้าวแดงปน (ดูล้อมกรอบ) หาก มรว. สุวพันธุ์ยังมีชีวิตอยู่คงจะประทับใจมากที่ “ข้าวนาเมือง” ได้มีพัฒนาการไปเป็นอันมาก ทั้งในแง่ผลผลิตและคุณภาพเมล็ด ด้วยฝีมือคัดเลือกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของเกษตรกรประกอบกับการนำเทคโนโลยีและความรู้วิทยาการแผนใหม่มาใช้ ตั้งแต่การใช้เครื่องจักรทุ่นแรง ทำให้ปลูกข้าวและเกี่ยวได้ในเวลาอันควร การบำรุงดินที่จำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะดินกรดซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในนาลุ่มน้ำลึกบางเขต ได้ผลงานวิจัยปฐพีวิทยา นำโดยศาสตราจารย์ ดร. สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาเป็นพื้นฐานในการใส่ปูนมาร์ลเพื่อลดกรด พร้อมกับใส่ปุ๋ย ซึ่งทำให้ผลผลิตเพิ่มจากเดิมหลายเท่า

เขตปลูกข้าวที่พันธุ์ข้าวสมัยใหม่จากปฏิวัติเขียวยังไปไม่ถึงอีกเขตหนึ่งในประเทศไทยอยู่ในพื้นที่สูงบนเขา ตั้งแต่ภาคเหนือจรดภาคกลาง เกษตรกรในกลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ในท้องถิ่นห่างไกลแหล่งทุนและปัจจัยการผลิตทันสมัย ได้อาศัยพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเป็นทรัพยากรสำคัญในการผลิตเพื่อยังชีพด้วยการปลูกข้าวไร่เป็นหลัก มีการทำนาบ้างในสภาพพื้นที่และน้ำที่เอื้ออำนวย ในพื้นที่นาสูงปานกลาง (500-600 เมตร) มีข้าวพันธุ์บือซอที่มีพันธุกรรมที่หลากหลายดังได้กล่าวมาแล้วเบื้องต้น มีความเหมาะเจาะพอดี บนเขาที่ทอดยาวมากกว่า

ตารางที่ 3.3 การปลูกและผลผลิตข้าวพันธุ์พื้นเมืองในเขตนาลุ่มน้ำลึก

นาลุ่มน้ำลึก		พันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูก		
เขต	% พื้นที่ปลูกพันธุ์พื้นเมือง	พันธุ์	พื้นที่ปลูก (% พื้นที่นาในเขต)	ผลผลิตจากแปลงเกษตรกร (กก./ไร่)
ปราจีนบุรี-นครนายก	94.2	เหลืองทอง	10.1	426
		ทองมาเอง	9.9	522
		ข้าวเหลือง	7.8	434
		เหลืองใหญ่	7.1	427
		ขาวบ้านนา	6.2	414
		ขาวหลวง	2.0	467
สระบุรี-อยุธยา-สิงห์บุรี-ลพบุรี-อ่างทอง-ชัยนาท	65.9	เหลืองพานทอง	14.1	418
		ก้อนแก้ว	13.8	374
		ขาวหลวง	8.9	398
		หอมทุ่ง	5.4	381
		จอมทุ่ง	3.9	440
		ขาวพวง	2.8	426
สุพรรณบุรี-นครปฐม-ราชบุรี-เพชรบุรี	24.8	เหลืองใหญ่	2.2	349
		ช่อไสว	2.8	456
นครสวรรค์-อุทัยธานี-พิจิตร-พิษณุโลก	48.7	เหลืองประทาน	13.1	370
		เหลืองพานทอง	4.4	402
		แสงหมึก	4.0	382
		หอมมะลิธรรมดา	1.4	402
		พรสวรรค์	0.8	378
อุดรธานี-ขอนแก่น-ชัยภูมิ	97.6	จ้าวลอย	5.6	358
		อีเหลือง	3.4	346
		มะลิพื้นบ้าน	2.5	397

ที่มา: ข้อมูลจาก Sommut (2003)

200 กิโลเมตร ทางด้านตะวันตกของเมืองเชียงใหม่ ตั้งแต่อำเภอสะเมิง อำเภอแม่วาง อำเภอจอมทอง ไปถึงอำเภอฮอด (ทรายแก้ว 2547) ซึ่งมีความแตกต่างหลากหลายในเงื่อนไขสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ประกอบด้วยชนิดดิน ความสูง ความลาดชัน ตำแหน่งทิศทางที่ตั้งแปลง พันธุ์บือซอมี จากสะเมิง ซึ่งอยู่ทางเหนือ มีอัตราพัฒนาการถึงวันออกรวงแตกต่างไปจากบือซอมีอื่นๆ ที่มาจากอำเภอทางใต้ลงไป ในบางหมู่บ้านยังมีข้าวบือซอมีที่ปลูกเป็นข้าวไร่อีกด้วย แม้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองจะมีศักยภาพผลผลิตสูงไม่ทัดเทียมพันธุ์ข้าวสมัยใหม่ การปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในที่สูงในบางพื้นที่ได้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นชัดเจนเป็นที่พอใจของเกษตรกร เมื่อปัจจัยที่เป็นตัวการจำกัดผลผลิตได้รับการแก้ไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในการทำข้าวไร่ ที่ทำให้การปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในไร่หมุนเวียนในที่สูงได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมได้ 1-3 เท่าตัว ด้วยการใช้พืชบำรุงดินของเกษตรกรชาวกะเหรี่ยง เรียกว่า ต้นปะดะ (*Macaranga denticulata*) ใน “ป่าเหล่า” (ระยะพักแปลง หรือ fallow) (Yimyam et al., 2003) หรือจากผลตกค้างจากปุ๋ย และการกำจัดวัชพืชในพืชผัก ในข้าวไร่ที่ปลูกสลับกับกะหล่ำปลีและพืชผัก (Rerkasem et al., 2002) ข้าวไร่พันธุ์เบาหลายพันธุ์ที่สุกและเกี่ยวได้ก่อน ทำให้หลายครอบครัวได้ผลผลิตเพื่อบริโภคเร็วขึ้นเมื่อข้าวเพื่อบริโภคจากปีก่อนหมดลง และสามารถปลูกพืชเศรษฐกิจเช่นกะหล่ำปลีได้เร็วขึ้น

การอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในท้องถิ่น

อนุสนธิสัญญาความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity, CBD) ได้เจาะจงชี้ชัดว่า การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์พืชพื้นเมืองไว้ในท้องถิ่น (*in situ* conservation) เป็นวิธีการอนุรักษ์สำคัญทางหนึ่ง (United Nations, 1992) จึงมีการตื่นตัวในการอนุรักษ์พันธุ์พืชพื้นเมืองไว้ในท้องถิ่นมากมายทั่วโลก ด้วยแรงหนุนจากองค์กรพัฒนาเอกชน (NGO) ได้มีการริเริ่มโครงการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวพื้นเมืองในระดับหมู่บ้าน ชมรมและโรงเรียนในหลายพื้นที่ทั่วประเทศไทย แต่โครงการอนุรักษ์ข้าวพื้นเมืองส่วนใหญ่ทั้งในและนอกประเทศมักจะ

พยายามชักจูงให้เกษตรกรเก็บรักษาพันธุ์ข้าวดั้งเดิมไว้ ถึงแม้พันธุ์เหล่านั้นจะไม่มีประโยชน์หรือหมดความหมายไปแล้วในสายตาของเกษตรกร การปลูกเชื้อพันธุ์ข้าวทุกปี แม้เพียงแปลงเล็กๆ ล้วนแต่มีต้นทุน จึงเป็นการยากที่การเก็บรักษาพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรไม่เห็นความสำคัญแล้วจะยั่งยืนไปได้ในระยะยาว โครงการอนุรักษ์พันธุ์พืชไว้ในท้องถิ่นหลายโครงการต้องสิ้นสุดเมื่อเงินอุดหนุนจากภายนอกหมดลง แรงจูงใจจากพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 (ห้องสมุดกฎหมาย 2547) มีขอบเขตค่อนข้างจำกัดสำหรับข้าวพื้นเมือง เพราะพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมิได้เป็นผลจากสติปัญญาของใครคนใดคนหนึ่ง แต่เป็นทรัพย์สินทางปัญญาส่วนรวมที่ได้สร้างสมร่วมกันมาหลายชั่วอายุคน ไม่มีหมู่บ้านชุมชนไหนๆ ถือสิทธิเป็นของตนเองได้โดยลำพัง

เป็นเรื่องน่ายินดีเป็นอย่างยิ่งที่มีหลายกลุ่ม หลายคณะ ให้ความสนใจในความสำคัญของพันธุ์ข้าวพื้นเมือง และพยายามช่วยกันอนุรักษ์ไว้ แต่เชื้อพันธุ์พืชพื้นเมืองแตกต่างไปจากแก้ว แหวน เงิน ทอง โบราณวัตถุ ทรัพย์สมบัติไม่มีชีวิต ที่เก็บไว้ได้ในกรุหรือตู้นิรภัย และแตกต่างไปจากพืชป่าและสัตว์ป่าที่หายาก ที่รักษาไว้ได้ในอุทยานหรือสวนสัตว์ พืชเกษตรมีความผูกพันใกล้ชิดกับระบบการเพาะปลูกที่ถูกกำหนดโดยเงื่อนไขของการจัดการไปพร้อมๆ กับเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมทางนิเวศ เหตุผลสำคัญที่ต้องมีการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์พืชพื้นเมืองไว้ในท้องถิ่นควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ไว้ในห้องเย็นนอกท้องถิ่น (*ex situ* conservation) ก็เพราะว่าความหลากหลายทั้งหมดนี้จะได้มีโอกาสวิวัฒนาการไปกับระบบการเพาะปลูกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาของเทคโนโลยีการผลิต และการพัฒนาของระบบเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งโรคและแมลงศัตรูใหม่ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระบบการเพาะปลูกในท้องถิ่น แปลงอนุรักษ์ของหมู่บ้าน ชมรม หรือโรงเรียน ที่อยู่แยกออกจากแปลงผลิตในนาหรือไร่ อาจมีสภาพแวดล้อมที่แปลกไปและถูกตัดขาดจากระบบการผลิตจริงไม่ต่างไปจากตัวอย่างที่แช่แข็งไว้ในห้องเย็น การนำเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองออกปลูกในแปลงอนุรักษ์ทุกปี ยังอาจทำให้สัดส่วนของแต่ละพันธุกรรมเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะถูกคัดเลือกด้วยเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมในแปลงอนุรักษ์ที่ต่างไปจากแปลงผลิต

ความเข้าใจในธรรมชาติของความหลากหลายของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองดังกล่าวมาในเบื้องต้น ในแงโครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมในพันธุ์ข้าวพื้นเมืองก็ดี ในแง่พลวัตในแหล่งพันธุกรรมก็ดี ในแง่ของการจัดการรักษาและแลกเปลี่ยนเชื้อพันธุ์ของเกษตรกรและชุมชนก็ดี ล้วนแต่มีส่วนช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพันธุ์พื้นเมืองทั้งสิ้น ความพยายามอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ในท้องถิ่นที่มีความตั้งใจดีแต่ขาดความเข้าใจพื้นฐานในแง่มุมต่างๆ ของความหลากหลาย อาจเกิดผลเสียมากกว่าผลดี ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการปรับตัวต่อภาวะแวดล้อมการปลูกข้าวที่หลากหลาย ตลอดจนการตอบสนองต่อโรคแมลงสำคัญน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์และการนำความรู้วิชาการมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลตอบแทนจากการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านคือ ลาว เขมร และพม่า รวมกันทั้งหมดถึง 45 ล้านไร่ นับว่าเป็นโอกาสสุดท้ายที่จะอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวแหล่งสำคัญของโลกไว้ในท้องถิ่น การพลาดโอกาสนี้ย่อมหมายถึงการสูญเสียแหล่งพันธุกรรมของโลกไป ดังที่ได้เกิดขึ้นในประเทศผู้ปลูกข้าวอื่น เช่น จีนและเวียตนาม

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ 2546 ข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 30 ปี กรมวิชาการเกษตร เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 16/2546 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

จินตนา ทยาธรรม นิภา จันทศรีสมหมาย และวันทนา ศรีรัตนศักดิ์ 2539 ชีวชนิดของแมลงบั่วในประเทศไทย หน้า 604-650 ใน รายงานการประชุมสัมนาทางวิชาการ แมลงและศัตรูพืช ครั้งที่ 10 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ (ทะเบียนวิจัยกรมวิชาการเกษตร 3406004002)

จรรยา มณีโชติ 2547 ข้าวหาง ข้าวแดง ข้าวดีด ภัยคุกคามชาวนา กสิกร 77: 6-15

ฉวีวรรณ วุฒิญาโณ 2543 พันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย เ อกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 215 หน้า

ทรายแก้ว มีสิน 2547 โครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 142 หน้า

เทอดศักดิ์ อนากาศ 2547 ความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรข้าวป่า วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 99 หน้า

ธีรศักดิ์ สินธุเขียว 2547 การผสมพันธุ์ข้ามชนิดระหว่างข้าวพันธุ์ปลูกและข้าวพันธุ์ป่า วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 70 หน้า

ปณิตา จันทรประยูร 2540 ความแตกต่างทางไอโซไซม์และการแสดงออกทางผลผลิตของข้าวพันธุ์พื้นเมือง วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 97 หน้า

ป้าน ปานขาว 2539 ความแตกต่างทางไอโซไซม์ และผลผลิตข้าวที่ปลูกโดยชุมชนกระเหรี่ยง วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 109 หน้า

รณชิต จินดาหลวง 2547 ความหลากหลายทางพันธุกรรมในเชื้อพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 ของเกษตรกร วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 62 หน้า

วิชา ธิติประเสริฐ มานิตย์ ใจฉกรรจ์ ทอง มากเหลือ พิทักษ์ ทองเจือเพชร์ สุพัตรา รักษาศิลป์ อเนก ดีมั่น ฉวีวรรณ วุฒิญาโณ 2544 ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช: ข้าว สถาบันวิจัยข้าว และสำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ 682 หน้า

สถาบันวิจัยข้าว 2533 เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 59 พันธุ์ สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 31 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2541 รายงานการสำรวจในฤดูนาปี 2539/2540 เอกสารสถิติการเกษตร 9/2541

สุวพันธุ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา 2470 The Rice of Siam บทความตีพิมพ์พร้อมด้วยบทแปลภาษาไทยโดยราชบัณฑิตยสภา เรื่อง “เข้าของประเทศสยาม” ในงานพระราชทางแพลิงศพนายพันตรีหม่อมราชวงศ์ สุวพันธุ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา

ห้องสมุดกฎหมาย 2547 พระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช http://www.pub-law.net/library/act_plantprot.html

อภิชาต วรรณวิจิตร สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง ธีรยุทธ ตู้จินดา 2544 เทคโนโลยีชีวภาพกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าว หน้า 79-121 ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับข้าวไทย ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

อริยา เผ่าเครื่อง 2547 การประเมินค่าการสูญเสียกำไรของเกษตรกรจากการรุกระบาดของข้าววัชพืชในจังหวัดกาญจนบุรี วิทยานิพนธ์ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 100 หน้า

Appa Rao, S., Bounphanousay, C., Schiller, J.M. and Jackson M.T. 2002a. Collection, classification, and conservation of cultivated and wild rice of the Lao PDR. *Genetic Resources and Crop Evolution* **49:** 75-81.

Appa Rao, S., Bounphanousay, C., Schiller, J.M., Alcantara, A.P. and Jackson, M.T. 2002b. Naming of traditional rice varieties by farmers in the Lao PDR. *Genetic Resources and Crop Evolution* **49:** 83-88.

Brown, F.B. 1957. Natural cross pollination in rice in Malaya. *Malay Agric. J.* **40:** 264-267.

Chandler, R.F. 1982. An Adventure in Applied Science: A History of the International Rice Research Institute. IRRI, Los Baños, The Philippines.

Chitrakorn, S. 1995. Characterization, evaluation and utilization of wild rice germplasm in Thailand. Pathum Thani Rice Research Center, Thailand Rice Research Institute, Bangkok.

Darlymple, D. 1986. Development and Spread of High Yielding Rice Varieties in Developing Countries. United States Agency for International Development, Washington D.C.

Dennis, J.V. 1987. Farmer Management of Rice Variety Diversity in Northern Thailand. Ph.D. Thesis, Cornell University.

Gorman, C. 1969. Hoabinhian: a pebble-tool complex with early plant associations in Southeast Asia. *Science* **163:** 671-673.

Joshi, K.D. 2005. Farmer and Researcher Contributions to the Selection of Landraces of Upland Rice for areas of Nepal. http://web.idrc.ca

Kansuntisukmongkol, K. 2004. Social and Ecological Dimensions of Fallow Dynamics in a Karen Swidden Cultivation System in Thailand. Ph.D. Dissertation, University of California at Davis.

Louette, D. 1998. Traditional management of seed and genetic diversity. in Brush S.B. (ed) Genes in the Field: On-farm conservation of crop diversity. Lewis Publishers. Boca Raton.

Morishima, H., Sano, S. and Oka, H.I. 1980. Observations on Wild and Cultivated Rice and Companion Weeds in the Hilly Area of Nepal, India and Thailand. Report of a Study Tour in Tropical Asia, 1979. Mishima, Japan: National Institute of Genetics

Oka, H.I. 1988. Origin of Cultivated Rice. Japan Scientific Society Press and Elsevier.

Reaño, R. and Pham, J.L. 1998. Does cross-pollination occur during seed regeneration at the International Rice Genebank? *Int. Rice Res. Note* **23:** 5-6

Rerkasem, B. and Rerkasem, K. 1984. The agroecological niche and farmer selection of rice varieties in the Chiangmai Valley, Thailand. p.303-311. In: A.T. Rambo and P.E. Sajise (eds.), An Introduction to Human Ecology Research on Agricultural Systems in Southeast Asia. Los Baños: University of the Philippines at Los Baños.

Rerkasem, K., Korsamphan, C., Thong-ngam, C., Yimyam, N. and Rerkasem, B. 2002. Agrodiversity lessons in mountain land management. *Mt. Res. Dev.* **22:** 4-9.

Solheim, W.T. 1972. An earlier agricultural revolution. *Sci. Am.* **226:** 34-41.

Sommut, W. 2003. Changes in Flood-prone Rice Ecosystems in Thailand, Crop Year 2000-2001. Prachinburi Rice Research Centre, Department of Agriculture, Thailand.

United Nations 1992. Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, Brazil: United Nations Conference on the Environment and Development.

Watabe, T. 1967. Glutinous Rice in Northern Thailand. Reports on Research in Southeast Asia. Natural Science Series N2. The Centre for Southeast Asian Studies, Kyoto University.

Watabe, T., Akihama, T. and Kinoshita, O. 1970. The Alteration of Cultivated Rice in Thailand and Cambodia. Natural Science Series N6. The Centre for Southeast Asian Studies, Kyoto University.

Yimyam, B., Rerkasem, K. and Rerkasem, B. 2003. Fallow enrichment with pada (Macaranga denticulata (Bl.) Muell. Arg.) trees in rotational shifting cultivation in Northern Thailand. *Agroforestry Systems* **57:** 79-86.

บทที่ 4

ความก้าวหน้าของการวิจัยข้าว

ธีรยุทธ ตู้จินดา
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อภิชาต วรรณวิจิตร
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สมวงศ์ ตระกูลรุ่ง
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

บทนำ

งานวิจัยพื้นฐานเกี่ยวกับข้าวได้รับการพัฒนาก้าวหน้าไปมากโดยเฉพาะงานในระดับอณูชีววิทยา ข้าวจัดได้ว่าเป็นพืชที่มีผู้สนใจค้นคว้าวิจัยอย่างมากรองมาจากการศึกษาต้น *Arabidopsis thaliana* (พืชชนิดหนึ่งที่มีจีโนมขนาดเล็ก เหมาะแก่การศึกษาวิจัย) แม้งานวิจัยพื้นฐานของข้าวจะมีมาก แต่การนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมและนำมาช่วยในการแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจยังถือว่าน้อยมาก หากเทียบกับจำนวนงบประมาณที่ทุ่มให้กับงานวิจัยด้านข้าวทั่วโลก ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกข้าวเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ดังนั้นการนำความรู้จากงานวิจัยด้านข้าวมาประยุกต์ใช้ในภาคการผลิตและการส่งออกจึงเป็นเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติ

ในเรื่องของการผลิต ได้มีการคิดค้นข้าวพันธุ์ใหม่ๆ ขึ้นมาจำนวนหลายพันธุ์ด้วยกัน โดยเน้นคุณสมบัติด้านการเพิ่มผลผลิต การต้านทานต่อศัตรูพืชทั้งพวกแมลงและโรคข้าว และการปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถปลูกได้ในสภาพที่มีความเสี่ยงต่อการปลูกข้าว เช่น เขตพื้นที่แห้งแล้งหรือเขตพื้นที่ซึ่งมีโอกาสของการเกิดน้ำท่วมแบบฉับพลัน รวมไปถึงการพัฒนาพันธุ์ข้าวเพื่อคุณภาพที่ดีทั้งด้านการหุงต้มและโภชนาการ ในปัจจุบันการพัฒนาพันธุ์ข้าวเหล่านี้เป็นไปได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีด้านอณูพันธุศาสตร์ (Molecular genetics) และชีววิทยาได้เข้ามามีส่วนช่วยในขบวนการปรับปรุงพันธุ์

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งในแง่ของเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม พื้นที่การเกษตรเกือบครึ่งหนึ่งของประเทศ (62 ล้านไร่) ถูกใช้ไปในการทำนา พื้นที่นาส่วนใหญ่ของประเทศไทยนั้นร้อยละ 79 อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และร้อยละ 17 อยู่ในเขตชลประทานภาคกลาง ที่เหลืออีกร้อยละ 4 อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวผลิตข้าวได้ราว 21 ล้านตันข้าวเปลือกต่อปี ประชากรประมาณ 3.7 ล้านครัวเรือนปลูกข้าวไว้บริโภคเองในครัวเรือน และส่วนหนึ่งขายสู่ตลาดเพื่อเป็นรายได้หลัก ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่เสี่ยงสำหรับการผลิตข้าว เนื่องจากต้องอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ บางปีฝนตกปริมาณมากจะเกิดปัญหาน้ำท่วมขัง บางปีปริมาณฝนน้อยหรือฝนทิ้งช่วงก็จะเกิดปัญหาความแห้งแล้ง และบ่อยครั้งที่เกิดปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งในปีเดียวกัน ตัวอย่างเช่นในปีปัจจุบัน นอกจากปัญหาดังกล่าวแล้วในพื้นที่บางส่วนยังมีปัญหาดินเค็ม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และปัญหาการระบาดของโรคและแมลงที่สำคัญ เช่น โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว แมลงบั่วและอื่นๆ ปัญหาดังกล่าวทำให้ผลผลิตของข้าวค่อนข้างต่ำคือ เฉลี่ย 250-300 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อไร่ สำหรับในเขตภาคกลางซึ่งดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีน้ำชลประทาน ข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับหนึ่งซึ่งขายสู่ตลาดเพื่อเป็นรายได้หลัก ผลผลิตเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าในเขตน้ำฝนคือ ประมาณ 400-450 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อไร่ ในพื้นที่

ภาคกลางนี้เกษตรกรมักจะปลูกต่อเนื่องกันตลอดทั้งปี ทำให้เกิดปัญหาการสะสมของโรคและแมลง ซึ่งเป็นสาเหตุของการระบาดของโรคและแมลงเป็นประจำเกือบทุกฤดูปลูก นอกจากนั้นยังเกิดปัญหาคุณภาพของผลผลิตข้าวตกต่ำเนื่องจากปัญหาข้าวเรื้อและการปลอมปนอีกด้วย

จากการที่ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญสูง ดังนั้นการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์การเกษตรของประเทศจึงให้ความสำคัญแก่ข้าวเป็นลำดับต้นๆ มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยมีกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักของทางราชการรับผิดชอบงานค้นคว้าวิจัยทางการเกษตรของประเทศ สำหรับหน่วยงานในกำกับที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการวิจัยด้านข้าวโดยตรงคือ สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร โดยมีหน้าทั้งในด้านการเก็บรวบรวมพันธุกรรมข้าว การพัฒนาพันธุ์ข้าว การปรับปรุงระบบการเขตกรรม รวมทั้งการผลิตเมล็ดพันธุ์ นอกจากนั้นยังมีหน่วยงาน เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร ทำหน้าที่ส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยีทางการผลิตและสายพันธุ์ข้าวที่พัฒนาขึ้นใหม่ให้แก่เกษตรกร หากมองย้อนกลับไปจะเห็นว่างานวิทยาศาสตร์ด้านข้าวเริ่มอย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2450 ในรัชสมัยของสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยมีการประกวดพันธุ์ข้าวขึ้นเป็นครั้งแรกของประเทศไทย จากนั้นมาความก้าวหน้าทางการศึกษาและพัฒนาวิทยาศาสตร์ด้านข้าวมีมากขึ้นเป็นลำดับ (วิวัฒนาการพันธุ์ข้าวไทย สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร 2545) ซึ่งจากงานวิทยาศาสตร์ด้านข้าวทั้งหมด งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับสภาพระบบนิเวศน์ ถือว่าเป็นงานที่มีบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวของประเทศมากที่สุด จะเห็นว่าในยุคของการปฏิวัติเขียว ประเทศไทยก็ได้นำยีน semi-dwarf จากข้าวต้นเตี้ยของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติมาปรับปรุงพันธุ์จนได้พันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิม แต่พันธุ์เหล่านี้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ภาคกลางที่ดินและน้ำอุดมสมบูรณ์เท่านั้น แต่ในพื้นที่อาศัยน้ำฝน พันธุ์พื้นเมืองที่ได้รับการปรับปรุงยังได้รับความนิยมสูงจากอดีตจนถึงปัจจุบัน สถาบันวิจัยข้าวได้พัฒนาพันธุ์ข้าวจนได้พันธุ์รับรอง พันธุ์แนะนำและพันธุ์ข้าวทั่วไปที่สามารถเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรได้จำนวนทั้งสิ้น 79 สายพันธุ์ (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2546) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้พัฒนาพันธุ์ข้าวจนได้พันธุ์แนะนำจำนวน

2 พันธุ์ พันธุ์ข้าวเหล่านี้บางพันธุ์ยังคงเป็นที่นิยมปลูกของเกษตรกรจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากมีลักษณะดีเด่น เช่น คุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด ปรับตัวได้ดี ต้านทานต่อโรคและแมลง แต่บางพันธุ์เกษตรกรก็เลิกปลูก เนื่องจากลักษณะด้อยหรือลักษณะที่เสื่อมถอยบางประการ จะเห็นว่าในช่วงหลังๆ ถึงแม้ว่าไทยจะครองตลาดการส่งออกเป็นลำดับต้นๆ ของโลก แต่ผลผลิตข้าวต่อพื้นที่การปลูกของประเทศกลับอยู่ในลำดับท้ายๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าที่ผ่านมาการพัฒนาพันธุ์ข้าวของประเทศมีความก้าวหน้าช้าและไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก ทั้งที่เรามีแหล่งพันธุกรรมของข้าวที่หลากหลาย ทั้งข้าวปลูกและข้าวป่า

งานวิจัยด้านข้าวในยุคจีโนม

จีโนม (genome) คือมวลสารพันธุกรรมทั้งหมดที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างปกติของสิ่งมีชีวิต ซึ่งพืชแต่ละชนิดและสายพันธุ์จะมีมวลสารพันธุกรรมแตกต่างกัน จีโนมของสิ่งมีชีวิตนอกจากมีสารพันธุกรรมที่เก็บรหัสชีวิตสำหรับการสร้างโปรตีนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของเซลล์ซึ่งเรียกว่ายีนแล้ว ยังมีส่วนของสารพันธุกรรมที่ยังไม่ทราบหน้าที่ที่ชัดเจนอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยในยุคจีโนมนี้จึงเป็นการศึกษากลไกการทำงานของยีนและสารพันธุ-กรรมอื่นๆ ทั้งหมดที่ประกอบขึ้นเป็นโครโมโซมด้วย ข้าวเป็นพืชที่นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกให้ความสนใจในการศึกษาด้านจีโนมด้วยมูลเหตุที่สำคัญ 5 ประการคือ

1. ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจลำดับต้นๆ ของโลก
2. ข้าวเป็นพืชที่มีขนาดของจีโนมกระทัดรัด (compact genome)
3. ข้าวมีความแตกต่างของฐานพันธุกรรม (genetic diversity) สูง
4. ข้าวมีระบบการถ่ายยีน (transformation system) ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว สามารถนำมาศึกษาหน้าที่ของยีนได้
5. จีโนมของข้าวมีความสัมพันธ์ในแง่วิวัฒนาการกับจีโนมของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอื่นๆ ที่มีจีโนมที่ซับซ้อนกว่า

จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้น รวมทั้งการศึกษาจำนวนเครื่องหมายโมเลกุลและแผนที่จีโนมที่มีมาอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสมบูรณ์ตั้งแต่ช่วงต้นๆ ของยุคจีโนม ทำให้นัก

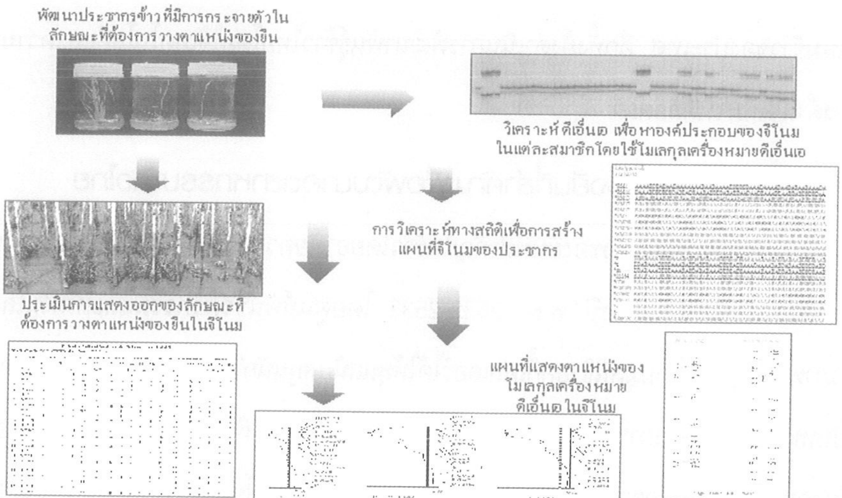
วิทยาศาสตร์ชั้นแนวหน้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ร่วมกันจัดตั้ง International Rice Genome Sequencing Program (IRGSP) โดยได้เชิญชวนนักวิทยาศาสตร์จากประเทศจีน เกาหลี ไทย ฟิลิปปินส์ และเนเธอร์แลนด์ เข้าร่วมระดมความคิดเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2540 ในการประชุม Plant Molecular Biology ครั้งที่ 5 ณ ประเทศสิงคโปร์ ที่นั้นเองกลุ่มวิจัยจีโนมข้าวนานาชาติจึงได้เริ่มจัดตั้งเป็นรูปธรรมเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2540 ซึ่งประกอบด้วยประเทศสมาชิกจำนวนทั้งสิ้น 9 ประเทศคือ ญี่ปุ่น (ประเทศผู้นำกลุ่ม) สหรัฐอเมริกา อังกฤษ แคนาดา ฝรั่งเศส จีน ไต้หวัน เกาหลี และอินเดีย สำหรับประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกในโครงการวิจัยจีโนมข้าวนานาชาติเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2542 โดยหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการร่วมกับโครงการวิจัยจีโนมข้าวนานาชาติ โดยทำการถอดรหัสจีโนมบนโครโมโซมที่ 9 หน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว จึงเป็นหน่วยงานหลักของประเทศที่ทำหน้าที่ในการพัฒนาความแข็งแกร่งให้กับการวิจัยจีโนมข้าวของประเทศ อีกทั้งยังดำเนินการพัฒนาพันธุ์ข้าวไทยโดยใช้เทคโนโลยีและความรู้ทางด้านจีโนมจนตลอดมา

การสืบหาตำแหน่งของยีนที่สำคัญเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมข้าวไทย

การสืบหาตำแหน่งของยีนที่สำคัญในข้าวโดยอาศัยความรู้ด้านจีโนมนั้น เริ่มขึ้นในประเทศไทยประมาณช่วงปี พ.ศ. 2532-2533 โดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติร่วมกับมูลนิธิรอคกี้เฟลเลอร์ได้ให้ทุนสนับสนุนนักวิจัยโดยมหาวิทยาลัยมหิดล เป็นหน่วยงานแรกในการวิจัยเพื่อสืบหาตำแหน่งของยีนในข้าว เพื่อทำการสืบหาตำแหน่งของยีนควบคุมความไวต่อช่วงแสงและความหอมในข้าว (ข่าวสารเทคโนโลยีชีวภาพด้านพืช เล่ม 16 ประจำเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2533) ต่อมาในปี พ.ศ. 2537 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติในการสืบหาตำแหน่งของยีนควบคุมความต้านทานโรคไหม้ ซึ่งเป็นโรคที่สำคัญอันดับหนึ่งของข้าวในประเทศไทย นับแต่นั้นมาการสืบหาตำแหน่งของยีนในข้าวได้ดำเนินการอย่างกว้างขวางในหลายๆ ลักษณะ

ที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าว เช่น ความต้านทานต่อโรคและแมลง ความทนทานต่อสภาวะเครียด คุณภาพในการหุงต้ม คุณภาพแป้ง และคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการ รวมทั้งลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ โดยมีหน่วยงาน*ดีเอ็นเอฟิงเกอร์พริ้นส์* (หน่วยงานดังกล่าวได้กลายมาเป็นหน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าวในปัจจุบัน) เป็นหน่วยงานหลักในการศึกษาวิจัยเพื่อสืบหาตำแหน่งของยีนสำคัญเหล่านี้ในจีโนมข้าว โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งจากหน่วยงานภายในและต่างประเทศ

สำหรับการสืบหาตำแหน่งของยีน หน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าวได้ใช้เทคโนโลยีด้านการวิเคราะห์ลักษณะปริมาณ (quantitative trait loci analysis) (รูปที่ 4.1) และการวิเคราะห์อัลลีลลักษณะต่าง (allele discrimination analysis) เพื่อวางตำแหน่งของยีนที่ควบคุมลักษณะที่สำคัญทางการเกษตรของข้าวไทยในจีโนม โดยการนี้หน่วยค้นหายีนข้าวได้มีทั้งการนำเข้าและการพัฒนาสายพันธุ์ข้าว รวมทั้งสิ้น 17 สายพันธุ์



รูปที่ 4.1 แสดงการวางตำแหน่งของยีนในจีโนมข้าวโดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ลักษณะปริมาณ (quantitative trait loci analysis) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ของจำนวนและตำแหน่งของยีน รวมทั้งผลต่อการแสดงออกของลักษณะที่เกี่ยวข้อง

การสืบหาตำแหน่งของยีนในระยะต้นๆ นั้นเน้นไปที่ยีนที่ควบคุมลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ยีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้ม ควบคุมความหอม ควบคุมความต้านทานต่อโรคและแมลง ตลอดจนถึงยีนที่ควบคุมความทนต่อสภาพเครียด ซึ่งทั้งหมดเป็นยีนที่สามารถช่วยแก้ปัญหาอุปสรรคในการผลิตข้าว จากงานวิจัยเพื่อสืบหาตำแหน่งของยีนที่สำคัญในข้าวในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาโดยหน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ทำให้ทราบตำแหน่งแล้วมากกว่า 32 ยีน โดยในการศึกษายีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้มและความหอมได้ใช้การผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ CT9993 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นถือว่าเป็นข้าวที่ได้รับการยอมรับจากทั่วทุกมุมโลกว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพหุงต้มดีเยี่ยมที่สุดพันธุ์หนึ่งของโลก ดังนั้นการสืบหายีนควบคุมคุณภาพการหุงต้มและความหอมในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงนับว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวในอนาคต จากการวิจัยพบว่ายีนหลักๆ ที่เกี่ยวข้องและกำหนดคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลินั้นอยู่บนโครโมโซมที่ 6 จำนวน 3 ตำแหน่ง สำหรับความหอมซึ่งเป็นยีนลักษณะด้อยอยู่บนโครโมโซมที่ 8 และในส่วนของคุณภาพการหุงต้มนั้น พบว่ายีน Wx ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอะไมโลสในเมล็ดและอาจจะมีผลต่อการควบคุมลักษณะความคงตัวของแป้งสุก สำหรับยีนที่ควบคุมอุณหภูมิแป้งสุก (โดยการวัดความสามารถในการละลายแป้งในด่าง) นั้นอยู่บริเวณยีน SS-II ทั้งยังพบว่ายีนดังกล่าวมีปฏิกริยาสัมพันธ์ในการควบคุมการแสดงออกร่วมกับยีนบางตัวซึ่งอยู่บนโครโมโซมที่ 11 บริเวณโมเลกุลเครื่องหมาย G257

การสืบหายีนที่ควบคุมความทนทานต่อสภาพเครียด เช่น น้ำท่วม ความแห้งแล้ง ความเค็ม ได้ศึกษาในหลายๆ สายพันธุ์ โดยศึกษาในพันธุ์ที่แสดงความทนมากที่สุดเมื่อนำมาทดสอบในประเทศ ตัวอย่างเช่น ยีนที่ควบคุมความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันได้ทำการศึกษาในข้าวพันธุ์ FR13A ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองของอินเดีย และศึกษาในข้าวพันธุ์ปรับปรุง เช่น พันธุ์ IR49830 DH206 และ IR57514 ซึ่งทั้งสามพันธุ์เป็นพันธุ์ที่ได้รับการถ่ายทอดยีนทนน้ำท่วมฉับพลันมาจากข้าวพันธุ์ FR13A โดยยีนที่ควบคุมความทนต่อน้ำท่วม

ฉับพลันอยู่บนโครโมโซมที่ 5 และ 9 โดยอยู่ใกล้ชิดกับโมเลกุลเครื่องหมายดีเอ็นเอ R1553 และ RAS SAP - R10783Indel ยีนทั้งสองตำแหน่งทำให้ข้าวสามารถรอดชีวิตได้เมื่อเกิดสภาวะน้ำท่วมแบบฉับพลันนานถึง 10-15 วัน โดยมีผลทำให้ต้นข้าวไม่ยืดตัวและคงความเขียวที่ใบ สำหรับความสามารถในการทนแล้งได้ทำการสืบหาตำแหน่งของยีนโดยใช้สายพันธุ์ของข้าวที่นำเข้าจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ IR62266 ซึ่งเป็นข้าวนาสวนที่ไม่ทนความแล้ง และข้าวไร่ CT9993 ซึ่งเป็นข้าวที่มีความทนแล้งและมีระบบรากลึก เพื่อผสมและสร้างกลุ่มดับเบิลแฮพพลอย และนำข้าวพันธุ์ IR64 ซึ่งเป็นข้าวนาสวนที่ไม่ทนความแล้งมาผสมกับพันธุ์ Azucena ซึ่งเป็นข้าวที่ทนแล้งเพื่อสร้างกลุ่มประชากรผสมกลับชั่วที่สาม เนื่องจากลักษณะทนแล้งเป็นลักษณะที่ซับซ้อนและเกี่ยวพันธุ์กับหลายๆ ลักษณะ เช่น ระบบและความลึกของราก ความสามารถในการรักษาน้ำภายในต้น และความสามารถในการให้ผลผลิต ดังนั้นจึงพบว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนแล้ง กระจัดกระจายอยู่เกือบทุกโครโมโซม อย่างไรก็ตามมีตำแหน่งหลักๆ ที่น่าสนใจจำนวน 7 ตำแหน่ง บนโครโมโซมที่ 1 2 3 4 7 8 และ 9 ตำแหน่งเหล่านี้มียีนที่เกื้อกูลความสามารถในการทนแล้งรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน และที่มีความน่าสนใจคือ ยีนที่ควบคุมระบบรากและลักษณะทางสรีระวิทยานั้นอยู่ในบริเวณเดียวกับยีนควบคุมความสามารถในการให้ผลผลิต พันธุ์ข้าวที่มีความทนแล้งมักจะมีลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตไม่ดีนักจึงทำให้ยากต่อการปรับปรุงพันธุ์ สำหรับความสามารถในการทนต่อความเค็มนั้นได้ศึกษาในพันธุ์ข้าวที่มีความทนต่อความเค็มหลายพันธุ์ทั้งที่นำเข้าจากต่างประเทศและพันธุ์พื้นเมืองของไทย พบว่าพันธุ์ข้าว Pokkali จากอินเดียและข้าวปรับปรุงพันธุ์ FL496 และ FL530 จากศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติซึ่งได้รับยีนควบคุมความสามารถในการทนเค็มจากพันธุ์ Pokkali จะทนต่อความเค็มมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ผลจากการศึกษาตำแหน่งของยีนทนต่อความเค็มพบว่ามียีนหลักอยู่บนโครโมโซมที่ 1 ใกล้กับโมเลกุลเครื่องหมายดีเอ็นเอ RM140 B1.1-1 และ B1.1-11 ซึ่งยีนนี้ทำให้ข้าวมีความสามารถในการทนต่อความเค็มได้ดีและเป็นระยะเวลายาวนานกว่า

สำหรับการสืบหายีนที่ควบคุมความต้านทานโรคและแมลงได้มุ่งเน้นไปที่โรคและแมลงที่สำคัญคือ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและหนอนกอ โดยให้ความสนใจยีนหรือกลุ่มของยีนที่มีขีดสามารถในการต้านทานการเข้าทำลายของกลุ่มเชื้อสาเหตุหรือกลุ่มแมลงที่หลากหลาย สำหรับความต้านทานโรคไหม้และไหม้คอรวงได้ทำการสืบหาตำแหน่งของยีนต้านทานในข้าว 4 พันธุ์ คือ เจ้าหอมนิล IR64 IR68835 และ CT9993 ซึ่งมีความต้านทานระดับสูงและกว้างขวาง พบว่าพันธุ์เจ้าหอมนิลมีกลุ่มยีนต้านทานอยู่เป็นกลุ่มก้อนใน 2 ตำแหน่งบนจีโนม โดยอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 1 และ 11 ซึ่งกลุ่มยีนดังกล่าวทำให้พันธุ์เจ้าหอมนิลต้านทานเชื้อมากกว่า 120 ชนิดพันธุ์ (isolates) ที่มาจากแหล่งผลิตข้าวต่างๆ กันทั่วประเทศ และสำหรับพันธุ์ IR64 IR68835 และ CT9993 มีความต้านทานเชื้อหลากหลายพอสมควร การสืบหาตำแหน่งยีนแสดงให้เห็นว่าพันธุ์เหล่านี้มีการรวบรวมยีนต้านทานมาไว้เข้าด้วยกันโดยบังเอิญด้วยขบวนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งในการสืบหาตำแหน่งของยีนต้านทานได้พบตำแหน่งที่อยู่หลากหลายกระจายทั่วไปในจีโนม อันมีทั้งยีนที่ทำหน้าที่เป็นยีนต้านทานเฉพาะชนิดเชื้อและยีนที่ต้านทานเชื้อหลากหลาย โดยยีนเหล่านี้วางตัวอยู่บนโครโมโซมที่ 2 4 และ 12 ที่น่าสนใจคือ ยีนควบคุมโรคไหม้และโรคไหม้คอรวงนั้นอยู่ในตำแหน่งใกล้ชิดกันในจีโนม แต่มีแนวโน้มว่าจะเป็นคนละยีนที่ควบคุมความต้านทาน สำหรับโรคขอบใบแห้งนั้นมีหลายยีนที่ถูกค้นพบแล้ว ตัวอย่างของยีนที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ Xa21 ซึ่งได้มาจากข้าวป่า อย่างไรก็ตามยีนดังกล่าวต้านทานเฉพาะบางกลุ่มเชื้อในประเทศไทยเท่านั้น ดังนั้นในการสืบหายีนที่มีขีดสามารถในการต้านทานการเข้าทำลายของหลายกลุ่มเชื้ออันเป็นสาเหตุโรคขอบใบแห้งในประเทศไทย จึงได้มีการสืบหาตำแหน่งของยีนต้านทานในข้าว 2 พันธุ์คือ IR1188 และ IR62266 ซึ่งเป็นพันธุ์จากต่างประเทศที่มีความต้านทานระดับสูง และพบยีนต้านทานจำนวน 3 ตำแหน่ง บนโครโมโซมที่ 1 5 และ 11 โดยเฉพาะยีนต้านทานบนโครโมโซมที่ 5 จากพันธุ์ IR62266 นั้น สามารถต้านทานเชื้อได้หลายกลุ่มเชื้อ ซึ่งน่าจะเป็นยีนที่เป็นประโยชน์ในการใช้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคขอบใบแห้งต่อไป

นอกจากโรคแล้ว แมลงนับว่าเป็นศัตรูสำคัญที่ทำให้ผลผลิตของข้าวเสียหาย โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งพันธุ์พื้นเมืองของไทยเท่าที่มีการทดสอบนั้นค่อนข้างจะอ่อนแอ อย่างไรก็ตามพันธุ์ข้าวจากประเทศอินเดีย คือพันธุ์ Rathu Heenati PTB33 และ Abhaya มีความต้านทานสูงต่อเพลี้ยกระโดดที่ระบาดอยู่ในพื้นที่ปลูกของประเทศ ดังนั้นการสืบหาตำแหน่งของยีนต้านทานจึงทำในพันธุ์ดังกล่าว และพบว่าพันธุ์ Rathu Heenati และ PTB33 มียีนต้านทาน Bph3 ซึ่งอยู่บนโครโมโซมที่ 6 ใกล้กับโมเลกุลเครื่องหมาย RM190 และยีน Wx แต่สำหรับยีนต้านทานในพันธุ์ Abhaya อยู่บนโครโมโซมที่ 6 และ 12 ใกล้กับโมเลกุลเครื่องหมาย RM50 และ RM277 พันธุ์ที่มียีนเหล่านี้จะทนต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยเฉพาะถ้ามียีน Bph3 จะยังคงมีความคงทนเมื่อทดสอบด้วยแมลงกว่า 10 ชั่วอายุอีกด้วย สำหรับหนอนกอนั้นพบระบาดทั่วไปทุกปีในหลายพื้นที่ เนื่องจากการทดสอบความต้านทานนั้นทำได้ยากในแปลงทดลองและในเรือนทดลอง ดังนั้นจึงแทบไม่มีรายงานเรื่องยีนต้านทานเลย สำหรับการสืบหาตำแหน่งยีนต้านทานหนอนกอนั้นได้ศึกษาในกลุ่มดับเบิลแฮพพลอยของคู่ผสมระหว่าง IR64 กับ Azucena โดยที่พันธุ์ข้าว IR64 มีความต้านทานต่อหนอนกอมากกว่าพันธุ์ Azucena การวิจัยพบว่ายีนต้านทานหนอนกออยู่บนโครโมโซมที่ 1 และ 6 ใกล้กับโมเลกุลเครื่องหมาย RM315 และ RM3

นอกจากลักษณะต่างๆ ที่กล่าวถึงแล้ว ได้มีการสืบหาตำแหน่งของยีนที่ควบคุมความเป็นหมัน ยีนควบคุมลักษณะทางการเกษตร เช่น ความสูง ความไวต่อช่วงแสง องค์ประกอบของผลผลิต และผลผลิต รวมทั้งลักษณะคุณค่าทางอาหาร เช่น ปริมาณธาตุเหล็ก โปรตีน ปัจจุบันการสืบหายีนที่สำคัญยังคงดำเนินการอยู่อย่างต่อเนื่อง

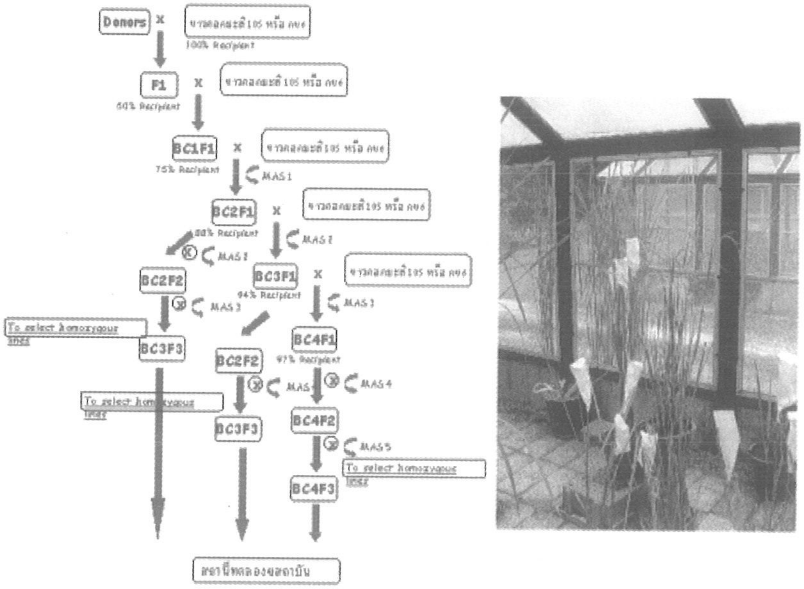
การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการทางอณูชีววิทยา

เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศ พื้นที่การเกษตรเกือบครึ่งหนึ่งของประเทศใช้ในการทำนา ซึ่งพื้นที่นาส่วนใหญ่ของประเทศไทยนั้นอยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ได้แก่ ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ และพื้นที่ดังกล่าวนั้นเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการผลิตข้าว เนื่องจากต้องอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ ดินมักมีปัญหาความ

อุดมสมบูรณ์ต่ำและมีปริมาณเกลือสูงปัญหาการระบาดของโรคและแมลงก็เป็นปัญหาที่สำคัญที่ทำให้ผลผลิตของข้าวนาน้ำฝนอยู่ในระดับต่ำ ปัจจุบันเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์หลักๆ เพียง 2 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 ถึงแม้ว่าพันธุ์ดังกล่าวจะอ่อนแอต่อโรคแมลง ไม่ทนต่อดินเค็ม น้ำท่วม และความแห้งแล้ง แต่เนื่องจากมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของตลาดและการบริโภคของเกษตรกรเองในท้องถิ่น จึงใช้พันธุ์ทั้งสองปลูกกันอย่างกว้างขวางมากว่า 20 ปี ในช่วงเวลาที่ผ่านมากระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยสถาบันวิจัยข้าว ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาน้ำฝนมาเป็นเวลานาน โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวนาน้ำฝนให้มีความสามารถในการทนน้ำท่วม ทนแล้ง ทนดินเค็ม ทนโรคและแมลงที่สำคัญ เช่น โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง แมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แมลงบั่ว และอื่นๆ โดยพันธุ์ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 หากแต่ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก และในเวลาต่อมาศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยหน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 ให้มีความสามารถในการทนต่อสภาวะวิกฤต และโรคและแมลงโดยการใช้โมเลกุลเครื่องหมายดีเอ็นเอร่วมกับการคัดเลือกแบบผสมกลับ และการผลิตสายพันธุ์แท้โดยการเลี้ยงอับละอองเกสรตัวผู้

พันธุ์ข้าวซุปเปอร์ขาวดอกมะลิ

พันธุ์ข้าวซุปเปอร์ขาวดอกมะลิเป็นพันธุ์ข้าวที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์แนวอณูชีววิทยาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์ โดยทำการถ่ายทอดยีน เช่น ยีนทนน้ำท่วม ยีนทนเค็ม ยีนทนแล้ง ยีนต้านทานโรคและแมลง เป็นต้น จากพันธุ์ที่ทำการศึกษาเพื่อจัดตำแหน่งของยีน ไปสู่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการผสมพันธุ์แบบปกติในขบวนการผสมกลับและในแต่ละชั่วของการผสม ได้ใช้โมเลกุลเครื่องหมายดีเอ็นเอที่อยู่ใกล้กับยีนหรืออยู่บนยีนในการคัดเลือกติดตามการถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปอีกรุ่นหนึ่ง ซึ่งช่วยให้การคัดเลือกพันธุ์ข้าวมีประสิทธิภาพและรวดเร็วดังแสดงในรูปที่ 4.2 การพัฒนาพันธุ์ข้าวซุปเปอร์ขาวดอกมะลิ นั้นเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 โดยหน่วยปฏิบัติการดีเอ็นเอฟิงเกอร์พริ้นส์



รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีผสมกลับร่วมกับการคัดเลือก โดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายดีเอ็นเอ

ซึ่งระยะต้นเป็นการถ่ายทอดยีนที่ทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน ยีนต้านทานโรคขอบใบแห้ง และยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ไปสู่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และต่อมาในปี พ.ศ. 2543 จึงถ่ายทอดยีนอื่นๆ เช่น ยีนทนแล้ง ยีนทนเค็มและยีนต้านทานโรคไหม้ และทำการรวบรวมยีนทั้งหลายเหล่านี้เข้าสู่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการปรับปรุงโดยวิธีนี้จะมีลักษณะทางการเกษตรและคุณภาพเหมือนขาวดอกมะลิ 105 แต่จะมีความทนทานต่อสภาพวิกฤตของสภาพแวดล้อมและต้านทานต่อโรคแมลงที่สำคัญในพื้นที่ผลิต ทำให้มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตในทุกฤดูนาปีที่ปลูก

ปัจจุบันสถาบันวิจัยข้าวร่วมกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ได้เริ่มนำพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการปรับปรุงไปทดสอบในพื้นที่เป้าหมายและในไร่นาเกษตรกร โดยในปี พ.ศ. 2546-2547 ได้นำสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ปรับปรุงให้ทนน้ำท่วมแบบฉับพลันไปทดสอบพบว่าพันธุ์ดังกล่าวสามารถปรับตัวได้ดีและ

รูปที่ 4.3 พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน (ด้านหลัง) แสดงความสามารถในการทนน้ำท่วมได้ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เดิม (ด้านหน้า) ในสภาพไร่นาเกษตรกร

ทนต่อน้ำท่วมขังแบบฉับพลันได้ดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ดั้งเดิม ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกและเกษตรกรในบริเวณใกล้เคียงให้ความสนใจพันธุ์ขาวดอกมะลิใหม่นี้เป็นอย่างมาก

จากงานวิจัยสู่ภาคการส่งออก

การนำความรู้พื้นฐานด้านข้าวมาประยุกต์ใช้ในภาคการส่งออกจะมีความสำคัญมาก เพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวเป็นจำนวนมาก และส่งออกข้าวในหลายคุณภาพด้วยกัน ข้าวที่มีคุณภาพดีสูงสุดและเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกในขณะนี้คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองและไวแสง ปลูกได้ปีละ 1 ครั้ง และให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการปลอมปนข้าวพันธุ์อื่นเข้าไปกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการส่งออกไปต่างประเทศทำให้คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้อยไป ในอดีตนิยมใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาทในการปลอมปน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดคล้ายข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาก แต่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการทางเคมี เพราะเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของข้าว

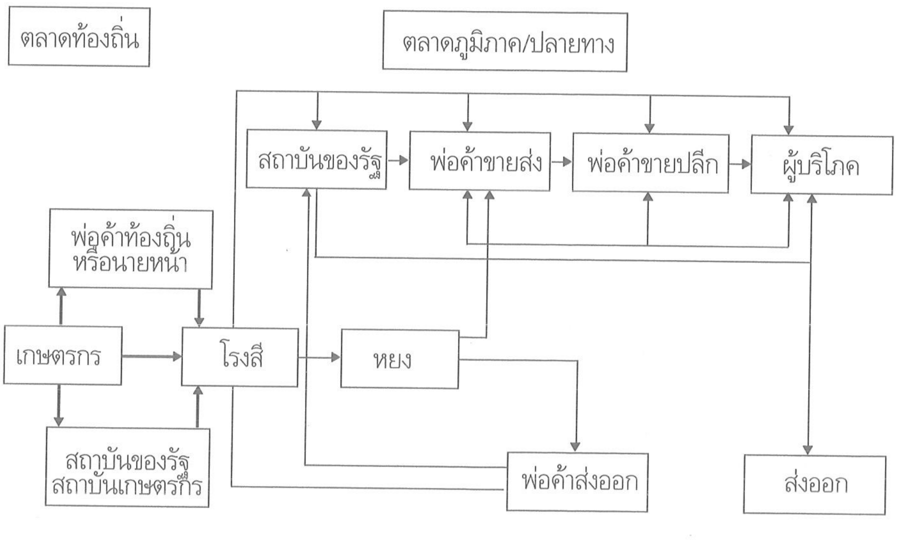
ทั้ง 2 ชนิดต่างกันมาก ต่อมามีการพัฒนาพันธุ์ปทุมธานี 1 ขึ้นมา โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สืบสายพันธุ์มาจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยในขั้นตอนการพัฒนาพันธุ์ได้มีการคัดเลือกให้มีคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติการหุงต้ม รวมทั้งความหอมให้เหมือนกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวไม่ไวแสงจึงสามารถปลูกได้ตลอดปีและยังสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดีทำให้มีผลผลิตสูง ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมปลูกในภาคกลาง ซึ่งถ้าปลูกข้าวปทุมธานี 1 ในฤดูนาปีที่ภาคกลางในเขตที่มีชลประทานดีจะให้ผลผลิตได้สูงถึง 800 กิโลกรัม/ไร่ หรือมากกว่าในบางพื้นที่ ซึ่งจัดว่ามากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลายเท่า นอกจากนี้ยังสามารถที่จะกำหนดเวลาการออกดอกให้ออกก่อนข้าวขาวดอกมะลิ 105 ประมาณ 1-2 สัปดาห์ ทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพเหมือนข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่ออกก่อนทำให้ได้ราคาดี หากนำข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในฤดูนาปีมาปนกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และขายในนามข้าวขาวดอกมะลิจะไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมี เนื่องจากว่ามีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีเหมือนข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาก ดังนั้นจึงได้มีการนำมาปนกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และส่งออกขายยังต่างประเทศ อย่างไรก็ตามยังมีข้อถกเถียงด้านวิชาการว่าถ้าเก็บข้าวไว้นานๆ ข้าวปทุมธานี 1 จะเหลืองเร็วกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และตามกฎหมายมาตรฐานข้าวไทยที่กระทรวงพาณิชย์ได้ไปจด Trademark ไว้ในหลายประเทศได้กำหนดว่ามาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย จะต้องประกอบไปด้วยข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าว กข 15 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 92 ดังนั้นการที่จะทำให้สินค้าไทยได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด จึงจำเป็นต้องหาวิธีการตรวจสอบการปนข้าวปทุมธานี 1 ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งบางครั้งพบว่าพ่อค้าบางรายได้ส่งออกข้าวปทุมธานีร้อยละ 100 ในนามข้าวหอมมะลิไทยด้วย เพื่อให้มาตรฐานข้าวไทยศักดิ์สิทธิ์และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล จึงได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบข้าวโดยอาศัยเทคโนโลยีด้านดีเอ็นเอเข้ามาช่วยในการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ข้าวหอมมะลิไทย เพื่อการส่งออกให้ได้เป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือ กข 15 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 92

หากพิจารณาถึงวิถีความเป็นอยู่ของประชาชนในภาคอีสาน จะพบว่ามีความผูกพันกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นอย่างมาก เพราะเป็นข้าวที่ทำให้ชาวนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ลืมตาอ้าปากเนื่องจากราคาข้าวที่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ถึงแม้ว่าผลผลิตจะต่ำก็ตาม และทางรัฐไม่ต้องใช้งบประมาณในการพัฒนาระบบชลประทานซึ่งท้ายสุดก็อาจทำไม่ได้เนื่องจากปริมาณน้ำจากแหล่งธรรมชาติไม่เพียงพอ จึงกล่าวได้ว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นความภาคภูมิใจของประชาชนในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่สามารถทำรายได้ให้ชาวนาแม้จะต้องพึ่งพาน้ำในการเพาะปลูกจากน้ำฝนธรรมชาติเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีระบบชลประทานเหมือนหลายพื้นที่ในภาคกลาง ทั้งชื่อเสียงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อันเป็นที่รู้จักดีในต่างประเทศก็เป็นที่น่าชื่นใจของเกษตรกรในภาคอีสาน แม้จะต้องใช้เวลาอันยาวนานกว่าที่ข้าวหอมพันธุ์นี้จะได้ก้าวขึ้นมาเป็นที่ยอมรับจากนานาประเทศว่าเป็นข้าวชั้นเยี่ยมของโลก ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าพิจารณาว่า การขายข้าวหอมมะลิไทยนอกจากได้เงินตราเข้าประเทศแล้วยังเป็นสิ่งที่มีคุณค่าทางจิตใจของประชาชนชาวไทยทั้งประเทศ การปลอมปนพันธุ์อื่นๆ ที่อาจจะทำให้ชื่อเสียงนี้เสียไปได้จึงเป็นสิ่งที่ประชาชนชาวไทยควรต้องช่วยกันหาคำตอบว่าควรทำหรือไม่จากเหตุการณ์ในอดีต เช่น จากการรายงานของสหรัฐอเมริกาว่าได้ทำการผสมข้าวจัสมินของไทยกับข้าวบัสสมาติของอินเดียทำให้ได้ข้าวจัสมาติขึ้นมา ส่งผลให้ประเทศไทยได้ทำการประท้วง รวมถึงตอนที่ทางสหรัฐอเมริกาออกมาประกาศว่าได้พัฒนาพันธุ์ข้าวขาวหอมมะลิไม่ไวแสง ซึ่งทางประชาชนตลอดจน NGO ก็ออกมาเรียกร้องความเป็นเจ้าของพันธุ์ข้าวหอมมะลิกันจนเป็นข่าวดังอยู่ระยะหนึ่ง แต่สุดท้ายคนไทยบางกลุ่มก็ได้ทำการปลอมปนพันธุ์ข้าวหอมมะลิไทยโดยไม่ได้ระวังเรื่องชื่อเสียงของคุณภาพของคำว่าข้าวไทย

เหตุการณ์ของการปนพันธุ์ข้าวปทุมธานีในนามข้าวหอมมะลิไทย ได้ก่อให้เกิดข้อถกเถียงขึ้นในหลายระดับด้วยกัน ตั้งแต่ระดับผู้ส่งออก ระดับโรงสี และระดับเกษตรกร ข้อถกเถียงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากไม่สามารถหาวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจสอบการปนพันธุ์ข้าวได้ จนกระทั่งได้มีการนำเอาเทคโนโลยีดีเอ็นเอซึ่งใช้ข้อมูลจากงานวิจัยพื้นฐานด้าน

ข้าวเข้ามาช่วยในการตรวจสอบว่ามีระดับการปนพันธุ์ปทุมธานีกี่เปอร์เซ็นต์ และการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของข้าวโดยวิธีดีเอ็นเอสามารถทำการตรวจสอบได้ในหลายเทคนิคด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามการตรวจสอบด้วยดีเอ็นเอสามารถที่จะช่วยในการทำระบบ IP (Identity Preservation) หรือการตรวจหาลำดับย้อนกลับไปยังต้นตอของแหล่งที่มีการปลอมปน หากพบการปนเปื้อนของข้าวพันธุ์อื่นๆ ในข้าวที่ออกสู่ท้องตลาด ซึ่งการปนเปื้อนของข้าวอาจจะเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิตเมล็ดพันธุ์ การปลูกในแปลงเกษตรกร การขนส่ง การสีในโรงสี การปนแบบตั้งใจของผู้ค้า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4 การใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอสามารถที่จะช่วยตอบปัญหาได้ว่ามีการปนมาจากขั้นตอนไหนเพื่อที่จะได้มีการแก้ไขในระบบการผลิตข้าวหอมมะลิไทยเพื่อให้คงความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ไว้ ซึ่งในระยะยาวจะเป็นประโยชน์ทั้งต่อเกษตรกรในการลดการกลายพันธุ์และการปะปนพันธุ์ของข้าวพันธุ์อื่นๆ ในแปลงเกษตร และในด้านการค้าเพราะยังรักษาเอกลักษณ์ที่เป็นลักษณะพิเศษของข้าวหอมมะลิไทยไว้ได้

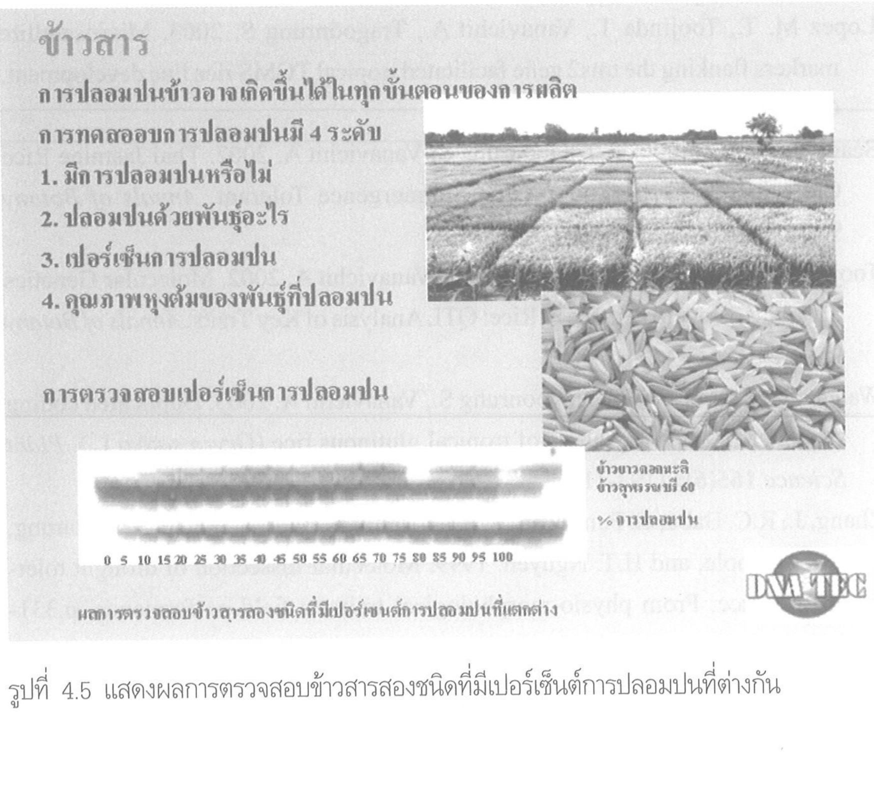
วิธีการตลาดข้าว



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงวิถีการตลาดข้าว

ถึงแม้ว่าการตรวจสอบด้วยดีเอ็นเอจะมีราคาสูงแต่หากได้ทำการตรวจสอบในระยะหนึ่งจนระบบอยู่ตัวแล้วการตรวจสอบด้วยดีเอ็นเออาจไม่จำเป็นอีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจิตสำนึกและความรับผิดชอบต่อมาตรฐานสินค้าไทยของประชาชนไทยเป็นสำคัญ

การตรวจสอบโดยดีเอ็นเอคือ การศึกษาค้นหาชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะเจาะจงในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และใช้เป็นตัวติดตามในระบบการผลิตข้าวจนถึงส่งออก ดีเอ็นเอเอกลักษณ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 นี้จะพบอยู่ในทุกส่วนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ ต้น ใบ จนถึงข้าวสาร ดังนั้นหากตรวจพบดีเอ็นเอเอกลักษณ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ก็แน่ใจได้ว่าเป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 หากมีการปนข้าวพันธุ์อื่นๆ เข้าไปก็จะพบดีเอ็นเอของข้าวพันธุ์อื่นๆ ปะปนอยู่กับดีเอ็นเอเอกลักษณ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปริมาณการปนยังสามารถวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังรูปที่ 4.5 ยิ่งไปกว่านั้นหากสงสัยว่าจะมีการปนเปื้อนของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงเกษตรกร ก็สามารถที่จะตรวจได้ตั้งแต่ในแปลงเกษตรกรในพื้นที่ต้องสงสัยก่อนการเก็บเกี่ยวได้



รูปที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบข้าวสารสองชนิดที่มีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนที่ต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

ข่าวสารเทคโนโลยีชีวภาพด้านพืช เล่ม 16 ประจำเดือน ตุลาคม-ธันวาคม 2533 ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน

วิวัฒนาการพันธุ์ข้าวไทย 2545 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร

Chungwongse J, Martin GB, Tanksley SD. 1993. Pre-germination genotype screening using PCR amplification of half seeds. *Theor.Appl.Genet.* **86:** 694 -698.

Gregorio GB, Senadhira D, Mendoza RD, Manigbas NL, Roxas JP and Guerta CQ. 2002. Progress in breeding for salinity tolerance and associated abiotic stresses in rice. *Field Crops Research* **76:** 91-101.

Lanceras JC, Huang ZL, Naivikul O, Vanavichit A, Ruanjaichon V, Tragoonrung S. 2000. Mapping of genes for cooking and eating qualities in Thai Jasmine rice (KDML105). *DNA Res.* **7:** 93-101.

Lanceras JC, Pantuwan G, Jongdee B and Toojinda T. 2004. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice. *Plant Physiology* **135:** 384-399.

Lin HX, Zhu MZ, Yano M, Gao JP, Liang ZW, Su WA, Hu XH, Ren ZH and Chao DY. 2004. QTLs for Na^+ and K^+ uptake of the shoots and roots controlling rice salt tolerance. *TAG* **108:** 253-260.

Lopez M. T., Toojinda T., Vanavichit A., Tragoonrung S. 2003. Microsatellite markers flanking the tms2 gene facilitated tropical TGMS rice line development. *Crop Sci* **43(6):** 2267-2271.

Seanglew M, Toojinda T, Tragoonrung S, Vanavichit A. 2002. Thai Jasmine Rice Car-rying QTLch9 (SubQTL) is Submergence Tolerant. *Annals of Botany* **91:** 255-261.

Toojinda T, Seanglew M, Tragoonrung S, Vanavichit A. 2002. Molecular Genetics of Submergence Tolerance in Rice: QTL Analysis of Key Traits. *Annals of Botany* **91:** 243-254.

Wanchana S., Toojinda T., Tragoonrung S., Vanavichit A. 2003. Duplicated coding sequence in the waxy allele of tropical glutinous rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Science* **165(6):** 1193-1199

Zhang, J., R.C. Babu, G. Pantuwan, A. Kamoshita, A. Blum, L. Wade, S. Sarkarung, J.C. OûToole, and H.T. Nguyen. 1999. Molecular dissection of drought tolerance in rice: From physio-morphological traits to field performance. p.331-343. In O. Ito et al. (ed.) Genetic improvement of rice for water-limited environments, International Rice Research Institute, Los Baños, Manila, Philippines.

บทที่ 5

การปรับปรุงพันธุ์พืช
เทคโนโลยีชีวภาพและความหลากหลายทางพันธุกรรม

จุลภาค คุ้นวงศ์

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัฒนาการด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ต้องอาศัยความหลากหลายทางพันธุกรรม อาชีพการเพาะปลูกพืชนั้นจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าขาดกระบวนการการคัดเลือกนำเอาพืชจากธรรมชาติที่มีลักษณะตามความต้องการของมนุษย์มาเพาะปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (domestication) รวมทั้งการใช้กระบวนการเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช ในการคัดเลือกพันธุ์พืชและสร้างพืชลูกผสม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตการเกษตรเป็นอย่างมาก ในการทำ domestication และการปรับปรุงพันธุ์พืชจะมีการคัดเลือกลักษณะที่ดีเด่นไว้ และในขณะเดียวกันก็มีการคัดเลือกลักษณะที่ด้อยประสิทธิภาพทิ้งไป ดังที่สามารถพบเห็นได้ในพืชพันธุ์ที่ปลูกในสมัยปัจจุบัน เช่น ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงและเมื่อสุกแก่แล้วไม่หลุดร่วงจากรวง ลักษณะการทิ้งเมล็ดเมื่อสุกแก่เป็นกลไกการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของพืชเพื่อความอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ แต่ลักษณะการทิ้งเมล็ด

ดังกล่าวเป็นลักษณะที่ขัดแย้งกับระบบการผลิตทางการเกษตร จึงถูกเกษตรกรคัดทิ้งไปตั้งแต่ต้น อีกตัวอย่างหนึ่งคือ ลักษณะทุเรียนที่หลุดร่วงเมื่อสุกแก่เต็มที่และลักษณะที่มีการแตกของผล ซึ่งล้วนแต่เป็นลักษณะที่ทำให้ทุเรียนสามารถสืบพันธุ์ได้ในสภาพธรรมชาติและสามารถจะพบเห็นได้ในทุเรียนบางพันธุ์ แต่ลักษณะดังกล่าวก็มีความขัดแย้งกับระบบการผลิตจึงทำให้ถูกคัดทิ้งไป

ทุกครั้งที่มีการคัดเลือกไม่ว่าจะเป็นในทางบวกหรือทางลบ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความถี่ของยีนมากขึ้นหรือน้อยลงในประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ประกอบกับการเกิด linkage drag หรือปรากฏการณ์ที่ยีนอยู่ในกลุ่ม linkage เดียวกันมีแนวโน้มที่จะมีการกระจายตัวร่วมกัน (co-segregation) ซึ่งอาจมีผลทำให้มีลักษณะด้อยติดมากับลักษณะดีเด่นที่ถูกคัดเลือกไว้ หรืออาจจะสูญเสียลักษณะเด่นไปพร้อมๆ กับการคัดเลือกลักษณะด้อยทิ้งไป (Young and Tanksley, 1989)

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการเกิด domestication และการใช้เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช ทำให้เกิดการลดความหลากหลายทางพันธุกรรม (Tanksley and McCouch, 1997) ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถที่จะปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น หรือทำให้ขาดแหล่งของพันธุกรรมที่ต้านทานต่อปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพและ/หรือชีวภาพได้

การขาดความหลากหลายทางชีวภาพของพืชเป็นปัญหาที่สำคัญซึ่งยอมรับกันในแวดวงวิทยาศาสตร์ทางการเกษตร ช่วงหลังของการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพในระยะ 50 ปีที่ผ่านมา เป็นการพยายามหาทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น การเพาะเลี้ยงคัพภะของลูกผสมที่ได้รับการผสมข้ามชนิด (interspecific hybridization) การรวมโปรโตพลาสต์ (protoplast fusion) เพื่อทำการผสมพืชต่างสกุลที่ปกติแล้วไม่สามารถจะผสมกันได้เนื่องจากความผิดปกติของการเข้าคู่ของโครโมโซม (chromosome) เช่น มะเขือเทศและมันฝรั่ง (pomato) หรือผักกาดขาวและกะหล่ำปลี (hakuran) ล้วนแต่เป็นตัวอย่างที่รู้จักกันดี วัตถุประสงค์หลักก็เพื่อเป็นการนำลักษณะที่มีความสำคัญทางการเกษตรจากพืชชนิดหนึ่งเข้ามาใส่ในพันธุ์พืชอีกชนิดหนึ่ง เช่น ลักษณะทนความเย็น ลักษณะทนร้อน หรือลักษณะความต้านทานโรค เป็นต้น

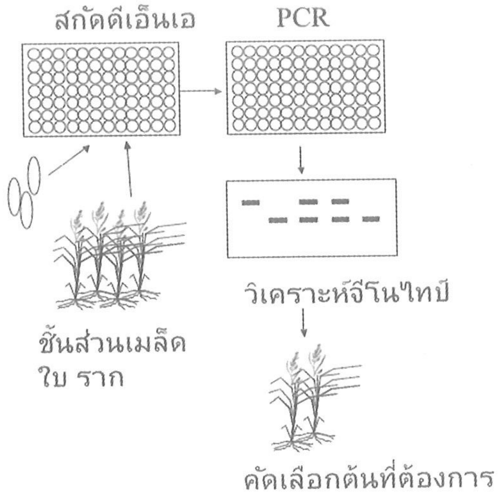
เทคโนโลยีชีวภาพยุคใหม่

ในปี ค.ศ. 1974 Zaenen และคณะ รายงานถึงการที่ plasmid จาก *Agrobacterium tumefaciens* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค crown gall disease สามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากแบคทีเรียเข้าไปในต้นพืช และก่อให้เกิดการสร้างสารอาหารที่เชื้อโรคสามารถจะใช้ประโยชน์ได้ ประกอบกับพัฒนาการของเทคโนโลยีการตัดต่อ DNA (recombinant DNA technology) ทำให้เกิดแนวความคิดในการปรับปรุงพันธุ์โดยการถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการเพียงลักษณะเดียวเข้าสู่ต้นพืช แทนที่จะมีการผสมพันธุ์พืชตามธรรมชาติ (ซึ่งเป็นการถ่ายทอดยีนมากกว่าสามหมื่นยีน) และอาศัยกลไกการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมและความสามารถในการคัดเลือกพันธุ์ของนักปรับปรุงพันธุ์ในการสร้างพันธุ์พืชใหม่ขึ้น โดยเปลี่ยนมาเป็นการนำเอาพืชพันธุ์ดีที่ขาดลักษณะบางอย่าง เช่น ลักษณะความต้านทานแมลง ลักษณะความทนทานต่อยาปราบวัชพืช เป็นต้น นำมาถ่ายยีนโดยอาศัยกรรมวิธีทางพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) เป็นการเพิ่มความหลากหลายเพียงตำแหน่งเดียว โดยลักษณะที่เพิ่มเติมเข้าไปนั้น อาจจะมาจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ต่างชนิด (species) สกุล (genus) วงศ์ (family) หรือแม้กระทั่งอาณาจักร (kingdom) หรืออาจจะมาจากการสังเคราะห์ยีนนั้นขึ้นในห้องปฏิบัติการ

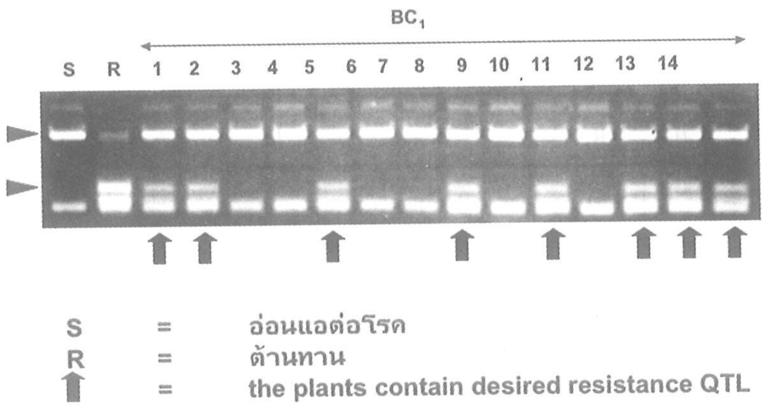
แนวความคิดดังกล่าวได้รับการตอบสนองค่อนข้างดีในช่วงต้นว่าเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้นักปรับปรุงพันธุ์ไม่ต้องเสียเวลามากในการคัดเลือกพันธุ์พืชซ้ำแล้วซ้ำอีก พันธุ์พืชที่ได้รับการตัดแต่งยีน (genetically modified plant, GMP) เริ่มปรากฏต่อสายตาของเกษตรกรและผู้บริโภค เริ่มจากมะเขือเทศ Flavr Savr ที่มีอายุการเก็บรักษายาวนานในปี ค.ศ. 1994 และตามมาด้วยพืชหลายชนิดที่มีลักษณะดีเด่นต่างๆ อีกมากมาย พร้อมกับมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืช GM อย่างต่อเนื่องในแต่ละปีทั่วโลก (James, 2003) แต่ในเวลาต่อมาก็เริ่มเกิดกระแสการคัดค้าน หรือการเรียกร้องให้ชะลอการยอมรับพืช GM จนกว่าจะทราบผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่น รวมทั้งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยาโดยรวม

ดีเอ็นเอเครื่องหมายและการคัดเลือกโดยทางอ้อม

เทคโนโลยีดีเอ็นเอเครื่องหมาย (DNA marker technology) เริ่มต้นมาจากการศึกษาแผนที่โครโมโซมมนุษย์ในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โดยที่ Botstein และคณะได้ใช้เทคนิค restriction fragment length polymorphism (RFLP) ในการสร้างแผนที่โครโมโซม ซึ่งก่อนหน้านี้มีการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและ isozyme ในการศึกษาความสัมพันธ์ของยีนต่างๆ บนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น มนุษย์ แมลงหวี่ ข้าว มะเขือเทศ ยีสต์ เป็นต้น ด้วยเทคโนโลยีดีเอ็นเอเครื่องหมาย เช่น RFLP amplified fragment length polymorphism (AFLP) simple sequence repeat (SSR) หรือ single nucleotide polymorphism (SNP) ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์พืชสามารถแยกแยะและศึกษาลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทราบตำแหน่งของยีนต่างๆ บนโครโมโซมหรือกลุ่ม linkage และยังสามารถใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายที่วางตัวอยู่ใกล้กับลักษณะต่างๆ นั้นมาใช้ในการคัดเลือกลักษณะนั้นๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเรียกวิธีการนี้ว่า การช่วยคัดเลือกโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมาย (marker assisted selection, MAS) เทคนิค MAS สามารถอำนวยให้นักปรับปรุงพันธุ์พืชคัดลักษณะที่ต้องการได้ในสภาพห้องทดลองตั้งแต่ในช่วงต้นๆ ของการเจริญพันธุ์ เช่น การคัดเลือกจากเมล็ด จากใบเลี้ยง หรือปลายรากของต้นกล้าที่งอกใหม่ สามารถคัดลักษณะทั้งที่เป็นลักษณะเด่นและลักษณะด้อย โดยไม่ต้องทำ testcross เนื่องจากเป็นการคัดเลือกที่ระดับยีน (genotype) (รูปที่ 5.1 และ 5.2)

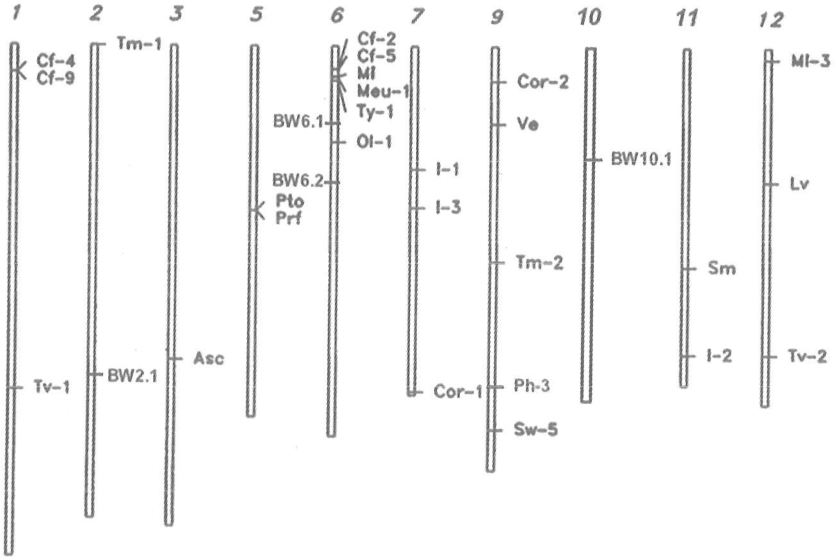


รูปที่ 5.1 การคัดเลือกโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมาย สามารถใช้ชิ้นส่วนของเมล็ด ใบหรือราก เป็นต้น ในการตรวจวิเคราะห์จีโนไทป์ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) และคัดเลือกต้นที่ต้องการได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว



รูปที่ 5.2 การคัดเลือกด้วยดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิด PCR

การรวมยีน (gene pyramiding) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรวมเอายีนที่สำคัญๆ เข้าไว้ในพืชพันธุ์เดียวกัน เช่น พืชที่มีลักษณะต้านทานโรคหลายโรคเข้าไว้ด้วยกันจัดเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก เพราะการทดสอบโดยปลูกเชื้อโรคหลายชนิดลงบนพืชต้นเดียวกันอาจมีความผิดพลาดในการอ่านผล และเชื้อโรคบางชนิด เช่น เชื้อไวรัส อาจมีผลต่อการแสดงออกของความต้านทานต่อเชื้อชนิดอื่นได้ ในขณะที่การคัดเลือกโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายเป็นการคัดดีเอ็นเอเครื่องหมายที่วางตัวอยู่ใกล้กับตำแหน่งยีนต้านทานโรค ทำให้สามารถคัดยีนต้านทานโรคได้หลายยีนพร้อมๆ กัน โดยไม่ต้องมีการปลูกเชื้อ (รูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.1)



รูปที่ 5.3 ตำแหน่งของยีนต้านทานโรคบนโครโมโซมของมะเขือเทศ

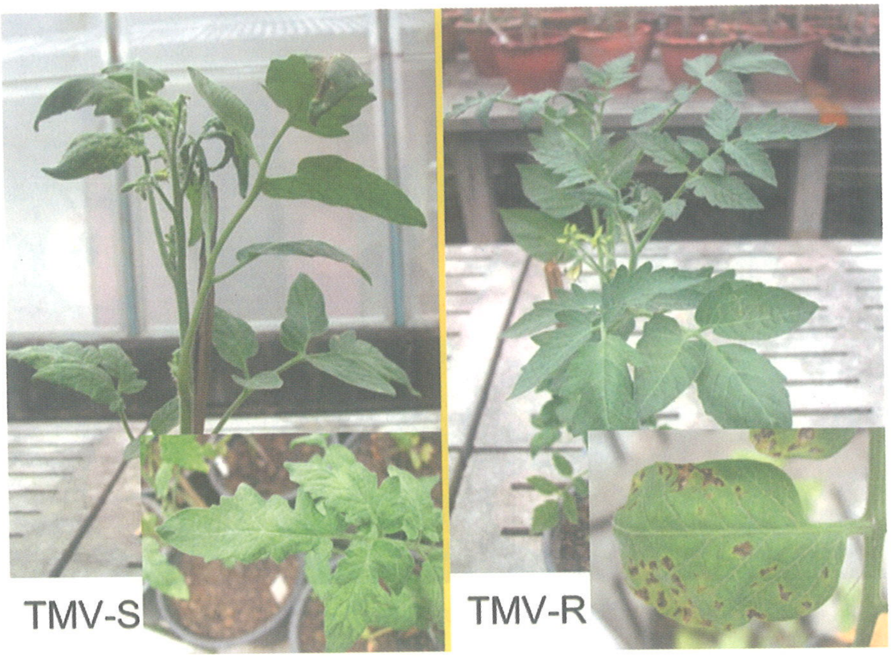
ตางรางที่ 5.1 ยีนต้านทานโรคและตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมต่างๆ ในมะเขือเทศ

Gene	ลักษณะการต้านทานโรค	โครโมโซม
Pto	*Psuedomonas syringae* pv *tomato*	5
Mi	ไส้เดือนฝอย	6
Tm2-a	Tobacco Mosaic Virus	9
Ph-3	โรคใบไหม้ *Phytophthora infestans*	9
Sw-5	Spotted Wilt Virus	9
I-2	*Fusarium oxysporum* race 2	11
Lv	โรคราแป้ง *Leveillula taurica*	12
BW2.1	โรคเหี่ยว *Ralstonia solanacearum*	2
BW6.1	โรคเหี่ยว *Ralstonia solanacearum*	6
BW6.2	โรคเหี่ยว *Ralstonia solanacearum*	6
BW10.1	โรคเหี่ยว *Ralstonia solanacearum*	10

การปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเตรียมตัวสำหรับโรคที่ยังไม่มีในพื้นที่หรือในประเทศ (quarantine breeding) เป็นการสร้างพันธุ์พืชที่มีความต้านทานโรคที่ยังไม่ปรากฏในพื้นที่นั้นๆ และมีความเสี่ยงที่อาจจะมีการแพร่ระบาดของโรคนั้นๆ ในอนาคตได้ เช่น อาจเกิดจากการนำเข้าชิ้นส่วนของพืชที่เป็นโรคเข้ามาในพื้นที่นั้น ดังที่มีตัวอย่างการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรค cassava mosaic disease (CMD) ที่เกิดจากเชื้อ African cassava mosaic virus (ACMV) ที่ทางศูนย์การเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) ได้ดำเนินการร่วมกับนักวิจัยของประเทศในทวีปแอฟริกาที่มีปัญหาการระบาดของโรค CMD รุนแรงมาก เพื่อสร้างพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความต้านทานโรค CMD สำหรับใช้ในทวีปอเมริกาใต้ที่ยังไม่มีการระบาดของเชื้อไวรัสนี้ โดยอาศัยการใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายในการวางตำแหน่งของยีนต้านทานโรค CMD และนำไปใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานที่ CIAT เพื่อใช้ในทวีปอเมริกาใต้และที่อื่น เพื่อเป็นการเตรียมรับมือกับการแพร่ระบาดของโรค CMD ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ (Akano และคณะ 2002)

ในทางทฤษฎีนั้นนักปรับปรุงพันธุ์สามารถสร้างสายพันธุ์คู่แฝด (near isogenic line, NIL) ได้โดยการผสมกลับ 6-7 ครั้ง ซึ่งต้องใช้เวลาในการคัดเลือกหลายปีแล้วแต่ชนิดของพืช และในกรณีของยีนด้อยจะต้องทำ testcross ก่อนจึงจะทำการผสมกลับในรุ่นต่อไปได้ซึ่งใช้เวลาเพิ่มเติมอีกหลายชั่วรุ่น แต่ด้วยการใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอเครื่องหมายที่เหมาะสม นักปรับปรุงพันธุ์สามารถจะสร้าง NIL ที่มียีนซึ่งต้องการอยู่ ได้ในเพียง 2 ชั่วรุ่นเท่านั้น (Tanksley และคณะ 1989) โดยที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบด้านความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับพืช GM ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวอาจจะใช้เวลาหลายปีในประเทศที่มีการยอมรับพืช GM แล้ว และอาจจะไม่ผ่านการพิจารณาเลย ในประเทศที่ไม่ยอมรับพืช GM (รูปที่ 5.4)

เทคโนโลยีดีเอ็นเอเครื่องหมายส่วนใหญ่เป็นเทคโนโลยีเปิดที่ประเทศไทยสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาเองได้หรือสามารถจะเข้าถึงได้จากฐานข้อมูลที่มีอยู่มากมาย และเชื่อมโยงอยู่กับระบบการปรับปรุงพันธุ์พืชที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ทำให้การสร้างพันธุ์เป็นไปได้ง่ายและเป็นอิสระต่อข้อผูกมัดของสิทธิบัตรหรือทรัพย์สินทางปัญญา อีกทั้งไม่มีข้อโต้แย้งในแหล่งที่มาของยีนเพราะส่วนใหญ่มาจากพืชชนิดใกล้เคียงกันหรือจากข้อมูลเชื้อพันธุกรรมที่มีอยู่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในขณะที่โดยส่วนใหญ่ประเทศไทยอยู่ในฐานะที่รองรับเทคโนโลยีต่างๆ จากต่างประเทศ แต่ประเทศไทยก็มีเชื้อพันธุกรรมของพืชที่สำคัญหลายชนิด เช่น ข้าว อ้อย มะม่วง กล้วย เป็นต้น ที่ถูกรวบรวมไว้โดยหน่วยงานต่างๆ ในภาครัฐและเอกชน มีระบบการจัดการที่หลากหลาย ประเทศไทยมีความเสี่ยงอย่างยิ่งต่อการสูญเสียเชื้อพันธุกรรมไป เนื่องจากการขาดความต่อเนื่องของงานวิจัยและแหล่งทุนสนับสนุน และนอกเหนือไปจากนั้น การประเมินเชื้อพันธุกรรมเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ เป็นงานที่ใช้เวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมาก ส่งผลให้ไม่สามารถนำเชื้อพันธุกรรมที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ซึ่งควรได้มีการหารือในกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง เช่น นักปรับปรุงพันธุ์ทั้งภาครัฐและเอกชน หน่วยงานที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยและงบประมาณดำเนินการเพื่อแก้ปัญหานี้อย่างจริงจัง



รูปที่ 5.4 มะเขือเทศรุ่นผสมกลับชั่วที่ 6 ที่ได้รับการคัดเลือกโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายบนโครโมโซม 9 ที่วางตัวอยู่ใกล้กับยีนต้านทานโรค Tobacco mosaic virus (TMV-R) เปรียบเทียบกับมะเขือเทศพันธุ์ P502 ที่ใช้เป็นต้นแม่ (TMV-S) แสดงความต้านทานโรคในลักษณะ hypersensitive response ได้เด่นชัด ดังแสดงในรูปกรอบเล็กขวามือ

ในยุคสมัยที่ข้อมูลลำดับเบสของจีโนมของพืชที่สำคัญเช่น ข้าว ข้าวโพด มะเขือเทศ เป็นต้น สามารถหาได้จากฐานข้อมูลสาธารณะ ความหลากหลายของอัลลีล (allele diversity) เป็นเป้าหมายที่สำคัญในการนำเอาเชื้อพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ (รูปที่ 5.5) กล่าวคือ นักปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีเชื้อพันธุกรรมพืชที่หลากหลาย เมื่อใช้ประกอบกับข้อมูลจากจีโนมของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปัจจุบันและเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมและ/หรือเทคโนโลยีดีเอ็นเอเครื่องหมาย จะสามารถช่วยในการสร้างพันธุ์พืชใหม่ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

Koornneef and Stam 2001 Plant Physiology. 125: 156-159.

รูปที่ 5.5 ความหลากหลายของรูปร่าง สี และขนาดผลของมะเขือเทศ
(ที่มา Koornneef and Stam. 2001. *Plant Physiology* **125:** 156-159)

เอกสารอ้างอิง

Akano, A., Dixon, A, Mba, C, Barrera, E. and Fregene, M. 2002. Genetic mapping of a dominant gene conferring resistance to cassava mosaic disease. *Theor. Appl. Genet.* **105(4):** 521-525.

James, C. 2003. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA Briefs No. 30. ISAAA: Ithaca, NY.

Tanksley, S.D. and McCouch, S.R. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science* **277:** 1063-1066.

Tanksley et al. 1989. RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. *Biotechnology* **7:** 257-264.

Young, N.D. and Tanksley, S.D. 1989. RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the Tm-2 locus of tomato during backcross breeding. *Theor. Appl. Genet.* **77:** 353-359.

Zaenen, I., Van Larebeke, N., Van Montagu M. and Schell, J. 1974. Supercoiled circular DNA in crown-gall inducing Agrobacterium strains. *J. Mol. Biol.* **86(1):** 109-127.

บทที่ 6

มันสำปะหลัง: อนาคตและความก้าวหน้า

กล้าณรงค์ ศรีรอต
เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้ ก่อนที่คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส จะสำรวจพบทวีปอเมริกาใน พ.ศ. 2035 นั้น การปลูกมันสำปะหลังจะมีพบเฉพาะในเขตร้อนของอเมริกากลางและใต้เท่านั้น ชาวโปรตุเกสได้นำมันสำปะหลังจากประเทศบราซิลไปสู่ทวีปแอฟริกาในช่วงประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 16 และชาวสเปนนำมันสำปะหลังจากประเทศเม็กซิโกมายังประเทศฟิลลิปปินส์ในประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 17 และชาวดัชท์นำมาเกาะชวาจากสุรินัมในอเมริกาใต้ประมาณตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 18 ส่วนสำหรับประเทศไทยนั้นใครเป็นผู้นำมันสำปะหลังเข้ามาเมื่อใดและจากไหนไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัด แต่สันนิษฐานกันว่านำเข้ามาจากประเทศมาเลเซียเมื่อต้นสมัยรัตนโกสินทร์

จากสถิติขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติรายงานว่าในปี พ.ศ. 2546 ทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 100 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งโลกประมาณ 186 ล้านตัน พืชนี้เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประชาชนในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา และในเอเชียจัดเป็นอาหารสำคัญของชาวอินโดนีเซียและอินเดีย โดยมีการประเมินกันว่ามันสำปะหลังเป็นอาหารหลักของคนในเขตร้อนกว่า 500 ล้านคน ผลผลิตมันสำปะหลังส่วนใหญ่นั้นใช้เป็นอาหารของมนุษย์โดยตรง และบางส่วนใช้เป็นวัตถุสำหรับผลิตแป้งหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้ากว่า 65 ปีมาแล้ว โดยเริ่มจากภาคใต้โดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลา เพื่อทำแป้งและสาคูส่งไปจำหน่ายที่ปีนังและสิงคโปร์ก่อนแล้วตลาดกรุงเทพจึงรับซื้อต่อมาอีกช่วงหนึ่ง (รู้จักกันในชื่อของแป้งมันสิงคโปร์) แต่การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าในภาคใต้ค่อยๆ หมดไปในภายหลัง เพราะทำการปลูกกันระหว่างแถวต้นยางพารา เมื่อต้นยางพาราโตคลุมพื้นที่หมดก็ไม่สามารถปลูกได้

การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าขนาดใหญ่ในประเทศไทยเริ่มมาจากทางภาคตะวันออกคือในจังหวัดชลบุรีและระยอง โดยปลูกเพื่อทำแป้งตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา เพราะในระยะนั้นประเทศญี่ปุ่นขาดแคลนวัตถุดิบและได้เริ่มสั่งแป้งมันสำปะหลังจากประเทศไทย ในขณะเดียวกันสภาพภูมิประเทศริมฝั่งทะเลภาคตะวันออกคือ บริเวณจังหวัดชลบุรีและระยองมีลักษณะเป็นเนินเขาลาดเอียง ดินเป็นดินทราย ไม่มีแม่น้ำใหญ่ที่จะทำการชลประทานได้ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะกับการทำนาและปลูกพืชไร่ชนิดอื่น แต่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ผลดี ซึ่งในระยะต่อมามีการนำมันเส้นซึ่งทำจากการนำหัวมันสำปะหลังไปโม่ให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วตากแดด 2-3 วัน ให้แห้ง ไปเลี้ยงสัตว์ในทวีปยุโรปและพัฒนาส่งออกในรูปมันเส้นอัดเม็ด โดยนำมันเส้นเข้าเครื่องอัดออกมาเป็นแท่งคล้ายชอล์กเรียกว่า มันเม็ด ทำให้ลดปริมาตรลงและลดค่าระวางในการบรรทุก

สืบเนื่องจากการที่ความต้องการมันสำปะหลังอัดเม็ดในยุโรปเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเดิมในจังหวัดชลบุรีและระยองไม่พอเพียงกับความต้องการของตลาด

ต่างประเทศ พื้นที่การปลูกได้ถูกขยายไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2499 มีพื้นที่ปลูกเพียง 2 แสนไร่เศษ และมีการเพิ่มจนถึงระดับสูงสุดใน พ.ศ. 2532 คือ มีพื้นที่ปลูกถึง 10.136 ล้านไร่ และใน พ.ศ. 2543 นี้มีพื้นที่ปลูก 7.40 ล้านไร่ จากการคำนวณพบว่าเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังครัวเรือนหนึ่งจะปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 20.4 ไร่ ดังนั้นจะมีเกษตรกรอาศัยการปลูกมันสำปะหลังเป็นอาชีพในปี พ.ศ. 2532 ถึง 496,862 ครอบครัว และ พ.ศ. 2543 จำนวน 363,034 ครอบครัวตามลำดับ และแต่ละครอบครัวเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ยแล้วมีสมาชิกรวม 6 คน ดังนั้นประมาณได้ว่าจะมีเกษตรกรอาศัยการปลูกมันสำปะหลังเป็นอาชีพสูงสุด 2.98 ล้านคนใน พ.ศ. 2532 และจำนวน 2.17 ล้านคน ใน ปีพ.ศ. 2543

ปัจจุบันถือได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศเดียวในโลกที่มีการพัฒนาพันธุ์ของมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องตลอดมา โดยมีเป็นผลงานที่ทั่วโลกรู้จัก เช่น พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 หรือ KU 50 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พันธุ์ระยองต่างๆ ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และพันธุ์ห้วยบง 60 ซึ่งเกิดจากความร่วมมือของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศเพื่อนบ้าน เช่น อินเดีย อินโดนีเซีย เวียตนาม ฟิลิปปินส์ และจีน ต่างก็นำพันธุ์มันสำปะหลังของไทยเข้าไปปลูกและใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ มันสำปะหลังนับเป็นพืชที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากสภาพของมันสำปะหลังที่เติบโตขึ้นในประเทศไทยนั้นจะมีความแข็งแรง ไม่มีโรคและแมลงระบาดทำความเสียหายรุนแรงแตกต่างจากทุกประเทศทั่วโลก และศักยภาพที่ชัดเจนที่สุดก็คือ เมื่อพิจารณาผลผลิตจากพืชหลักของไทย ทั้งข้าวโพด อ้อย และถั่วเหลืองแล้วจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีผลผลิตต่ำกว่าผลผลิตของพืชเหล่านี้ทั่วโลก แต่มันสำปะหลังของไทยมีผลผลิตเฉลี่ย 2,695 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยทั่วโลกซึ่งมีประมาณ 1,717 กิโลกรัมต่อไร่ (ในปี 2543) ฉะนั้นในด้านการผลิตจึงกล่าวได้ว่า การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยใช้ต้นทุนการผลิตน้อยกว่าประเทศผู้ผลิตในตลาดเดียวกันทั่วโลก

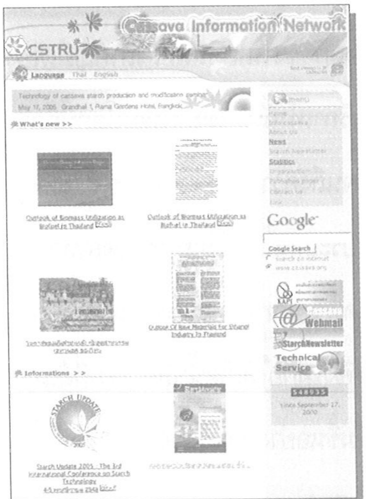
อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

ประเทศไทยถือได้ว่าประสบความสำเร็จในการค้าขายผลิตภัณฑ์ของมันสำปะหลัง โดยได้เป็นผู้ครอบครองตลาดการนำเข้ามันเส้นของสหภาพยุโรปเกือบทั้งหมด และมีบริษัทจดทะเบียนร่วมระหว่างไทยกับยุโรปหลายบริษัท โดยมีการส่งออกสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2528-2535 (โดยเฉพาะอย่างยิ่งปี พ.ศ. 2532 มีมันสำปะหลังส่งออกถึง 9.79 ล้านตัน) แต่การที่สหภาพยุโรปได้เปลี่ยนแปลงนโยบายเกษตรร่วม ทำให้การแข่งขันของมันเส้นและมันอัดเม็ดในตลาดยุโรปสูงขึ้น ดังนั้นการส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเข้าไปในยุโรปจึงลดลง อย่างไรก็ตามประเทศไทยกลับได้ลูกค้าจากตลาดทางประเทศจีนมากขึ้น และตลาดของแป้งมันสำปะหลังนั้นมีเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ซึ่งทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกแป้งมันสำปะหลังที่มากที่สุดในโลก กล่าวคือ มีการผลิตแป้งมันสำปะหลังเกือบ 3 ล้านตันต่อปี และส่งออกเกือบครึ่งหนึ่ง (ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยส่งออกแป้งมันสำปะหลังดิบ 1.09 ล้านตัน และแป้งดัดแปร 0.53 ล้านตัน) ในขณะที่ตลาดของแป้งมันสำปะหลังในโลกนี้มีประมาณ 2 ล้านตัน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังของไทยเริ่มมาตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สมัยนั้นยังมีกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม โดยอาศัยให้แป้งตกตะกอนเองและตากบนเตาร้อน (อังไฟ) จนต่อมามีการพัฒนาเป็นการแยกแป้งโดยเครื่องจักรและอบจนแห้งโดยระบบผ่านลม โรงงานที่ทันสมัยโรงแรก (ใช้ชื่อว่า Siam Starch) ถูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2504 ที่จังหวัดระยอง และต่อมาบริษัทไทยวาได้เข้ามาดำเนินกิจการต่อ (ในปี พ.ศ. 2508 บริษัทไทยวาจัดเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของประเทศไทย) และตั้งแต่ในช่วงปี พ.ศ. 2514 เป็นต้นมาโรงงานแป้งมันสำปะหลังขนาดเล็กๆ ที่เรียกกันว่าโรงแป้งมันชั้นสองหรือโรงแป้งอังไฟ ได้ทยอยกันปิดกิจการหรือเปลี่ยนแปลงเป็นโรงงานที่ทันสมัยและมีกำลังการผลิตสูง กล่าวได้ว่าขณะนี้มีโรงงานที่ทันสมัยมากกว่า 100 โรงงานที่มีกำลังการผลิตแป้งมากกว่า 3 ล้านตันและไม่มีโรงงานแป้งมันชั้นสอง (หรือแป้งอังไฟ) เหลืออยู่เลย

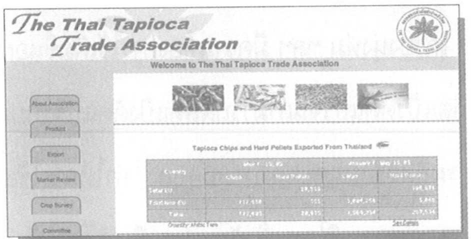
เทคโนโลยีการผลิตแป้งของประเทศไทยได้พัฒนาไปจนเป็นที่ยอมรับของทั่วโลก ขณะนี้ประเทศไทยเป็นผู้ขายเทคโนโลยีการผลิตและสร้างโรงงานให้กับประเทศเพื่อนบ้าน เช่น อินเดีย อินโดนีเซีย เวียตนาม มีหน่วยงานของรัฐ คือ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี-ชีวภาพแห่งชาติ ที่ได้จัดตั้ง*หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง* ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมีโครงการสนับสนุนการวิจัยแป้งมันสำปะหลังเป็นแผนแม่บทอย่างชัดเจน มีรายงาน บทความและผลงานวิจัยทางวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่ทั่วโลก (www.cassava.org) ส่วนทางกระทรวงพาณิชย์มีพระราชบัญญัติ (พ.ศ.2547) ว่าด้วยมาตรฐานของแป้งมันสำปะหลัง เพื่อรับรองคุณภาพของแป้งไทยที่จะส่งออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ

จึงกล่าวได้ว่าในด้านอุตสาหกรรมแป้งมันประเทศไทยมีเทคโนโลยีการผลิตที่ดี มีการประกันคุณภาพโดยมาตรการของรัฐและมีข้อมูลงานวิจัยต่างๆ รองรับการใช้ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลังอย่างครบวงจร



http://www.cassava.org

http://www.tapiocathai.org



http://www.ttta-tapioca.org

อนาคตของมันสำปะหลัง

อนาคตของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังน่าจะอยู่ที่การผลิตและการใช้ หรือ demand และ supply ของตัวมันสำปะหลังเอง ข้อได้เปรียบใหญ่ๆ ที่สามารถมองถึงความสำเร็จของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังในอนาคต คือ

1. ความเข้มแข็งในด้านการผลิต

ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าในด้านการผลิตมันสำปะหลังนั้นมีผู้รับผิดชอบโดยตรง ได้แก่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ที่จะพัฒนาสายพันธุ์และลดต้นทุนการผลิตอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ซึ่งนับเป็นจุดเด่นที่สุดเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก รวมทั้งการที่ประเทศไทยมีความเหมาะสมในด้านดินฟ้าอากาศ และยังไม่เคยมีรายงานการระบาดของโรคหรือแมลงที่เป็นศัตรูสำหรับมันสำปะหลังในประเทศไทย

2. ความก้าวหน้าและความต้องการของแป้งดัดแปร (modified starch)

การดัดแปรแป้งโดยกรรมวิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเคมี ทางกายภาพหรือทางเทคโนโลยีชีวภาพ มีความต้องการวัตถุดิบที่ดีและราคาถูก ซึ่งในโลกนี้แหล่งสำคัญมีเพียงแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น โดยที่ในซีกโลกนี้ถือว่าแป้งมันสำปะหลังมีราคาถูกที่สุด การพัฒนาแป้งดัดแปรจนถึงความเจาะจงต่อการใช้ (tailor-made starch) ทำให้ตลาดเปิดกว้างขึ้น อุตสาหกรรมบางประเภทที่เคยใช้อยู่ เช่น อุตสาหกรรมยา เครื่องนุ่งห่ม ฯลฯ มีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การพัฒนาระบบการผลิตแป้งดัดแปรจนสามารถผลิตแป้งดัดแปรแบบแห้งได้ซึ่งไม่ก่อให้เกิดน้ำเสีย โดยที่ต้นทุนการผลิตลดลงและมลภาวะน้อยลง ทำให้การใช้แป้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าในอนาคตการบริโภคแป้งดัดแปรจะมีมากกว่าแป้งดิบ (native starch)

3. ความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมหมัก

ในกระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพ แป้งมันสำปะหลังถือได้ว่าเป็นแหล่งคาร์โบ-

ไฮเดรตที่มีราคาถูกที่สุดที่จุลินทรีย์สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิตและการผลิตสารต่างๆ ตามที่ต้องการ อุตสาหกรรมที่จะทำให้มันสำปะหลังมีความต้องการสูงในอนาคต ได้แก่

3.1อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล

จากนโยบายของรัฐที่สนับสนุนการใช้แก๊ซโซฮอล์ในประเทศและอนุมัติให้โรงงาน (รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล) ผลิตเอทานอลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 แล้วนั้น แป้งจะเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นมากในทุกๆ โรงงานผู้ผลิต แม้กระทั่งในโรงงานน้ำตาล เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณวัตถุดิบ (ปริมาณอ้อยมี 65 ล้านตัน จะมีกากน้ำตาลปริมาณ 3 ล้านตัน เหลือผลิตเอทานอลประมาณ 1 ล้านตัน) แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบที่บริสุทธิ์ซึ่งเมื่อย่อยเป็นน้ำตาลแล้วจะใสสะอาด ง่ายต่อการหมัก และให้ประสิทธิภาพการหมักที่สูง อีกทั้งโรงงานบางแห่งมีแผนจะผลิตเอทานอลจากตัวมันสำปะหลังโดยตรง ซึ่งประมาณว่าจะต้องใช้มันสำปะหลังประมาณ 4 ล้านตันต่อปี ซึ่งหมายถึงความสมดุลย์ของความต้องการมันสำปะหลังกับภาคการผลิต (ประมาณการผลิตประมาณ 20 ล้านตันต่อปีในช่วง 5 ปีข้างหน้า)

3.2การผลิตกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ เช่น Lactic acid หรือ Succinic acid จะเป็นที่ต้องการในตลาดเป็นอย่างสูงในช่วง 5 ปีข้างหน้า เพราะกรดเหล่านี้จะเป็นวัตถุดิบของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ ซึ่งขณะนี้มีการเร่งผลิตกรดดังกล่าวอยู่ แต่การผลิตกรดเหล่านี้จำเป็นต้องได้วัตถุดิบที่มีราคาถูกและปริมาณมาก เนื่องจากระบบการผลิตจำเป็นต้องใช้การลงทุนที่สูง (ขนาดของอุปกรณ์ที่ใหญ่) ขณะนี้มีเพียงการใช้แป้งข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอยู่ในสหรัฐอเมริกา ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีความได้เปรียบมากสำหรับการผลิตกรด Lactic เพื่อใช้ในตลาดยุโรปและเอเชีย

ขณะนี้หลายหน่วยงานที่กำลังศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกรดเหล่านี้อยู่ในกระบวนการระดับ Pilot scale และประมาณว่าในช่วง 5 ปีข้างหน้าจะมีความต้องการผู้ลงทุนในระดับใหญ่ เพราะการผลิต Polylactic acid (PLA) จะให้ผลตอบแทนมากกว่าการผลิตเอทานอลถึง 5 เท่าตัว

สรุป

มันสำปะหลังเป็นพืชที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากเพราะมีความได้เปรียบเชิงรุก ไม่ว่าการพัฒนาพันธุ์ที่ดี การเปรียบเทียบในเรื่องของผลผลิตและต้นทุนการผลิต ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นได้มีการให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคพร้อมๆ กับสินค้า ซึ่งเป็นการสร้างความมั่นใจกับผู้ใช้อย่างดี และจังหวะของความต้องการพลังงานทดแทนจากพืชและพลาสติกย่อยสลายได้จะเป็นกลไกขับเคลื่อนสมดุลย์ของ demand และ supply รวมทั้งเสถียรภาพของอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง

บทที่ 7

การใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง

กล้าณรงค์ ศรีรอต

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในเขตร้อน สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ง่ายและทนแล้งได้ จึงสามารถขึ้นได้ในดินทุกชนิดแม้แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ไม่สามารถปลูกพืชไร่อื่นๆ เช่น ข้าวโพดและถั่วต่างๆ ได้ แต่โดยทั่วไปมันสำปะหลังเหมาะที่จะปลูกในดินร่วนปนทราย เพราะการลงหัวและการเก็บเกี่ยวทำได้ง่ายและสามารถปลูกได้ตลอดปี ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังประมาณ 6.7 ล้านไร่ และมีกำลังการผลิตหัวมันสำปะหลังสดประมาณ 16-18 ล้านตันต่อปี โดยแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังจะพบเกือบทุกภาคของประเทศไทยยกเว้นภาคใต้ พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือภาคกลางและภาคเหนือ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังพบว่า ในหัวมันที่แห้งจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักคือ ประมาณร้อยละ 70-85 ของน้ำหนักแห้ง (หัวมันสำปะหลังสดทั่วไปจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 60-75) โดยเมื่อพืชมีการสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วพืชจะเก็บสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตได้แก่แป้งไว้ในราก ดังนั้นหัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์และสัตว์ นอกจากแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ในหัวมันสำปะหลังจะมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและเถ้าในปริมาณเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้องค์ประกอบของหัวมันจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาวะแวดล้อมในการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวด้วย

การแปรรูปมันสำปะหลัง

ปัจจุบันหัวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ในประเทศไทยจะใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้ง 3 ประเภทนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศและนำเงินตราเข้าสู่ประเทศไม่ต่ำกว่าปีละ 20,000 ล้านบาท โดยเกษตรกรจะจำหน่ายหัวมันสำปะหลังแก่โรงงานแป้งหรือโรงงานมันเส้นโดยประมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตหัวสดจะใช้ในอุตสาหกรรมแป้ง และอีกร้อยละ 40 จะใช้ในอุตสาหกรรมมันเส้น

1. อุตสาหกรรมมันเส้น (cassava chips)

การแปรรูปที่ใกล้ตัวเกษตรกรมากที่สุดคือการทำมันเส้น โดยเมื่อเก็บเกี่ยวหัวมันสดแล้ว หัวมันจะถูกนำส่งเข้าลานมันเพื่อทำการแปรรูป โดยนำหัวมันสดผ่านเข้าเครื่องโม่ซึ่งจะหั่นหัวมันสำปะหลังสดให้เป็นชิ้นที่มีขนาดเล็ก จากนั้นจะนำไปตากแดดบนลานคอนกรีตประมาณ 2-3 วันให้แห้ง เป็นการลดความชื้นในหัวมัน เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา

การใช้ประโยชน์มันเส้นที่สำคัญคือ การใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตมันอัดเม็ดเพื่อลดปริมาตรและลดปริมาณฝุ่นละอองซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะ ในขณะขนย้ายเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีการใช้มันเส้นเป็นอาหารสัตว์ และเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์ และกรดซิตริก เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด (cassava pellets)

มันอัดเม็ดหรือที่เรียกว่ามันเม็ด เป็นการนำมันเส้นมาแปรรูปโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า extrusion เพื่อลดปริมาตรลงและลดปริมาณฝุ่นละอองซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะในระหว่างการขนส่ง โดยในการผลิตมันอัดเม็ดจะเริ่มจากการนำมันเส้นซึ่งเป็นวัตถุดิบมาร่อนเพื่อแยกสิ่งเจือปนออก จากนั้นนำมาเข้าเครื่องบดให้มีขนาดเล็กลง มันเส้นที่ผ่านการบดแล้วจะนำมาพ่นไอน้ำให้มีระดับความชื้นที่เหมาะสมที่จะอัดเม็ด แล้วจึงนำเข้าเครื่องอัด (extruder) ที่จะทำการอัดมันเส้นภายใต้สภาวะความร้อนและความดันแล้วทำให้เย็นลง มันอัดเม็ดที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์

3. แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch)

ในบรรดาประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก เช่น บราซิล ไนจีเรีย อินโดนีเซีย และประเทศไทยนั้น อาจกล่าวได้ว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก และอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังจัดเป็นอุตสาหกรรมแป้งที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดของประเทศ โดยมีกำลังการผลิตมากกว่า 2 ล้านตันต่อปี เทคโนโลยีการผลิตแป้งมันสำปะหลังของไทยนั้นได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ใช้เครื่องจักรอย่างง่าย มาเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง (native cassava starch) ที่ได้จึงมีคุณภาพสูงคือ มีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ และมีความขาวสูง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำให้สุกจะให้แป้งเปียกที่มีความหนืดสูง (high viscosity) และมีอัตราการคืนตัวต่ำ (low setback/retrogradation) นอกจากนี้สมบัติต่างๆ ของแป้งมันสำปะหลังนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนให้หลากหลายมากขึ้นด้วยวิธีการดัดแปร (starch modification) โดยที่แป้งดิบมักมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ไม่เหมาะสมกับสภาวะบางอย่างของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมหรือมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น

ซึ่งแป้งดัดแปร (modified starch) ตามนิยามของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1073-2535 หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือทางฟิสิกส์ จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์และ/หรือสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ การดัดแปรแป้งสามารถทำได้โดยวิธีทางกายภาพ (physical modification) ทางเคมี (chemical modification) หรือทางชีวภาพ (biotechnological modification) เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลัง โดยแบ่งตามประเภทของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้จากแป้งมันสำปะหลัง จะได้เป็นกลุ่มดังนี้ (รูปที่ 7.1)

3.1 แป้งมันสำปะหลังดิบ

แป้งมันสำปะหลังดิบที่ผลิตได้จะมีการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงได้แก่ การใช้บริโภคในครัวเรือน การใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้แป้งมันสำปะหลังดิบนี้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารด้วย ที่สำคัญได้แก่ ขนมขบเคี้ยว ข้าวเกรียบ และเม็ดสาคู สำหรับการใช้ประโยชน์ทางอ้อมนั้น แป้งมันสำปะหลังจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งดัดแปรต่างๆ มากมาย

3.2 แป้งพรีเจล (pregelatinized starch)

แป้งพรีเจลาติไนซ์หรือแป้งพรีเจล หรือที่รู้จักทางการค้าว่า อัลฟาสตาร์ช (Alpha starch) เป็นแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการดัดแปรทางกายภาพ โดยให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง ทำให้เม็ดแป้งสุกหรือเกิดเจลาติไนเซชั่น พร้อมกับที่น้ำในแป้งจะระเหย ทำให้แป้งแห้ง แล้วบดให้ละเอียด จะได้แป้งดัดแปรที่สามารถละลายและกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ให้ความหนืดทันทีและไม่เกิดเจล นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์น้ำ เช่น อาหารปลาไหล กุ้ง และตะพาบ ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ไอศกรีม ซุป เป็นต้น และในอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร เช่น กาว ยากันยุง ธูป เป็นต้น

รูปที่ 7.1 ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้จากแป้งมันสำปะหลัง

หมายเหตุ * ยังไม่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

3.3 แป้งดัดแปรทางเคมี (chemically modified starch)

แป้งดัดแปรทางเคมีเป็นแป้งที่ผ่านการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของแป้งโดยให้แป้งทำปฏิกิริยากับสารเคมี เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการดัดแปรมีหลายประเภท ทำให้ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มีความหลากหลายมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้และสภาวะในการผลิต ที่ส่งผลต่อค่าระดับการแทนที่ (degree of substitution หรือ DS) ของแป้งดัดแปรที่ได้ แป้งดัดแปรทางเคมีสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ตามการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

(ก) การเกิดอนุพันธ์ (derivertization)

- การแทนที่สารในโมเลกุลเดี่ยวของแป้ง (mono-starch substitution) ได้แก่ ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่น เช่น แป้งแอซีเทต (starch acetate) ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชั่น เช่น แป้งไฮดรอกซีเอทิล (hydroxyethyl starch)
- การแทนที่โมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชั่นมากกว่า 1 หมู่ ได้แก่ แป้งครอสลิงค์ (cross-linked starch)

(ข) การลดขนาดโมเลกุลแป้ง เช่น แป้งย่อยด้วยกรด (acid-modified starch)

(ค) เด็กซ์ทริไนเซชั่น (dextrinization) เป็นการลดขนาดหรือเปลี่ยนการจับเกาะ (depolymerization/transglycosylation) โดยใช้ความร้อนหรือความร้อนกับกรด เช่น เด็กซ์ทริน (dextrin)

(ง) ออกซิเดชั่น (oxidation) ทำให้เกิดการฟอกสีและลดขนาดของโมเลกุลโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (bleaching และ depolymerization) เช่น แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch)

3.3.1 แป้งดัดแปรที่มีความคงตัวสูง (stabilized starch)

แป้งดัดแปรในกลุ่มนี้ผลิตได้โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดอนุพันธ์ (starch derivatization) จากการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลเดี่ยวของแป้งด้วยหมู่ฟังก์ชั่น (mono-starch substitution) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของแป้งกับ etherifying agent หรือ esterifying agent ในสภาวะด่าง ทำให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น (esterification) หรืออีเทอริฟิเคชั่น (etherification) ตามลำดับ โดยปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชั่นจะเกิดการแทนที่ในโมเลกุลเดี่ยวของแป้งด้วยพันธะอีเทอร์ ($R = -CH_3$) และปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นเกิดการแทนที่ในโมเลกุลเดี่ยวของแป้งด้วยแขนเอสเทอร์ ($R = -COCH_3$)

3.3.1.1 อีเทอร์ริฟิเคชั่น (etherification)

ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชั่นเกิดขึ้นระหว่างแป้งกับสารเคมีที่มีหมู่อีเทอร์ (etherifying agent) ได้แป้งดัดแปรที่เรียกว่า แป้งอีเทอร์ คุณสมบัติโดยทั่วไปของแป้งอีเทอร์คือ แป้งเปียกมีความคงตัวสูง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของความหนืด ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏเมื่อทำให้เย็นตัวลงและในระหว่างการเก็บรักษา โดยที่หมู่ฟังก์ชั่นที่เติมเข้าไปในโมเลกุลแป้งทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการกลับมาจัดเรียงตัวกันใหม่ระหว่างโมเลกุลของแป้ง จึงช่วยลดอัตราการเกิดการคืนตัวของแป้ง ทำให้แป้งมีความคงตัวสูง จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำลง ทำให้แป้งบางชนิดสามารถพองตัวได้ในน้ำเย็น แป้งเปียกมีความเหนียวคงตัวและยึดติดได้ดี ฟิล์มที่ได้มีความใสมากขึ้น เป็นมันเงา ยืดหยุ่นมากขึ้น ได้แผ่นฟิล์มที่มีความต่อเนื่องและละลายน้ำได้มากขึ้น แป้งมีความต้านทานต่อการทำงานของกรด เบส และสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) อย่างอ่อนได้ คุณสมบัติโดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่ามีลักษณะเป็นสารเพิ่มความคงตัว แป้งอีเทอร์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

(i) ไฮดรอกซิแอคิลสตาร์ช (hydroxyalkyl starch) หรือแป้งไม่มีประจุ เช่น

- ไฮดรอกซิโพรพิลสตาร์ช (hydroxypropyl starch) ใช้เป็นส่วนประกอบหรือวัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร คุณสมบัติของแป้งดัดแปรชนิดนี้ที่สำคัญ คือ มีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย (freeze-thaw stability) มีความคงตัวต่อการเก็บในที่เย็น ได้แป้งเปียกที่มีความใสและเนื้อสัมผัสที่ดี เหมาะสำหรับใช้กับอาหารที่ต้องเก็บในสภาวะแช่แย็น

- ไฮดรอกซิเอทิลสตาร์ช (hydroxyethyl starch) มีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดี ฟิล์มใสและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงนิยมนำมาใช้เคลือบกระดาษเพื่อเพิ่มความมันเงา ความสามารถในการพิมพ์ให้แก่กระดาษ รวมทั้งเพิ่มความต้านทานต่อน้ำมัน จึงนำมาใช้กับฟิล์มห่อเนื้อ กล่องใส่แป้ง กล่องใส่เนยเทียม ในอุตสาหกรรมสิ่งทอใช้เคลือบเส้นด้าย ทำให้เส้นด้ายมีความแข็งแรง เพิ่มความต้านทานต่อการเสียดสีและความยืดหยุ่นของเส้นด้ายในระหว่างทอ

(ii) คาร์บอกซิเมทิลสตาร์ช (carboxymethyl starch) หรือแป้งประจุลบ มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถละลายในน้ำเย็นได้อย่างสมบูรณ์ แป้งเปียกมีความใสและเหนียว มีแนวโน้มในการเกิดเจลและคืนตัวน้อยลง มีความหนืดสูง ทนต่อสารเคมีต่างๆ ฟิล์มมีลักษณะใส ละลายน้ำได้ง่ายและไวต่อความชื้น ในด้านเภสัชกรรมใช้เป็นสารยึดเกาะ (binder) หรือสารแตกตัว (disintegrant) ในการผลิตยาเม็ด

(iii) แคทไอออนิกสตาร์ช (cationic starch) หรือแป้งประจุบวก เป็นแป้งที่สามารถเกิดพันธะไอออนิกระหว่างประจุบวกกับประจุลบของเซลลูโลสที่ใช้ทำกระดาษได้ดี จึงมีการนำไปใช้มากในอุตสาหกรรมกระดาษ โดยใช้เพิ่มความเหนียวให้กับกระดาษ ใช้เคลือบกระดาษทำให้กระดาษทนต่อการขูดหรือถลอก ต้านทานการแทรกซึมของของเหลว นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเพื่อเคลือบผ้าช่วยเพิ่มความเหนียวนุ่มและความเรียบให้แก่เส้นใยผ้า ในอุตสาหกรรมกาวใช้ผลิตกาวสำหรับฉลากติดขวด กาวแถบซองจดหมาย กาวสำหรับบอร์ด ตัวอย่างแคทไอออนิกสตาร์ชได้แก่ เทอร์เทียรีอะมิโนแอลคิลสตาร์ชอีเทอร์ (tertiary aminoalkyl starch ether) และ

ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมสตาร์ชอีเทอร์ (quaternary ammonium starch ether)

3.3.1.2 เอสเทอร์ริฟิเคชั่น (esterification)

แป้งเอสเทอร์เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่น (ปฏิกิริยาของกลุ่มแอลกอฮอล์กับกรด) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งกับหมู่เอสเทอร์ของสารเคมี โดยทั่วไปแป้งเอสเทอร์จะมีความหนืดสูงกว่าแป้งดิบและรักษาความหนืดไว้ได้ดี เมื่อเกิดเป็นเจลจะมีความใส มีความอ่อนตัวและยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน มีความคงตัวต่อสภาวะการแช่เยือกแข็งและการละลาย เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารช่วยแตกตัวที่ดีและมีราคาถูก จึงมีการนำแป้งเอสเทอร์มาใช้เป็นสารช่วยแตกตัวในการผลิตยาเม็ด ตัวอย่างของแป้งเอสเทอร์ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แป้งแอซิเตท (starch acetate) แป้งฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ (starch phosphate monoester) และแป้งออคทินิลซัคซิเนท (octenylsuccinate starch) แป้งอะซิเตทนั้นนอกจากคุณสมบัติในการให้ความหนืดและมีความคงตัวสูง ซึ่งทำให้มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปฟิล์มที่มีลักษณะใส มันเงาและยืดหยุ่น เหมาะสำหรับใช้เคลือบกระดาษและเส้นด้าย แป้งฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์เป็นแป้งที่มีประจุลบซึ่งเป็นหมู่ที่ชอบน้ำ แป้งชนิดนี้ให้ความหนืดสูงและดูดซับโมเลกุลของน้ำได้ดี จึงมีความเสถียรและคงทนต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งออคทินิลซัคซิเนทมีหมู่ฟังชั่นที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) มักใช้ในการเพิ่มความคงตัวของอิมัลชั่น มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและยา

3.3.1.3 แป้งครอสลิงค์ (crosslinked starch)

โดยทั่วไปแป้งครอสลิงค์หรือที่มีการเรียกชื่ออื่นๆว่า crossbonded starch หรือ inhibit starch เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับสารเคมีที่มีหมู่ฟังก์ชั่นมากกว่า 1 หมู่ (multifunctional reagent) และเรียกสารเคมีนั้นว่า cross-linking reagent

หรือ inhibiting reagent เกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นหรืออีเทอร์ริฟิเคชั่น โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ซึ่งสามารถจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งได้มากกว่า 1 หมู่ ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้าม (crosslink หรือ bridge) ระหว่างโมเลกุลของแป้ง ทำให้โครงสร้างของเม็ดแป้งมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงช่วยเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะบางสภาวะในกระบวนการผลิต เช่น ความเป็นกรด ความร้อน และสภาพที่มีแรงเฉือน เป็นต้น เม็ดแป้งที่ผ่านการดัดแปรชนิดนี้ เมื่อพองตัวจะไม่แตกออก จึงทำให้สามารถรักษาความหนืดของแป้งเปียกได้ในระหว่างกระบวนการผลิต แป้งครอสลิงค์จึงมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความข้นที่มีความหนืดสูงที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ซุป ซอส น้ำสลัด (อาหารที่มีความเป็นกรด) และอาหารกระป๋อง (อาหารที่ต้องผ่านการให้ความร้อนสูง) และเมื่อเพิ่มระดับการทำครอสลิงค์จะเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เม็ดแป้ง ทำให้สามารถนำไปใช้กับสภาวะของกระบวนการผลิตที่มีความรุนแรงมากได้ แป้งครอสลิงค์ที่สำคัญได้แก่ แป้งไดสตาร์ชฟอสเฟต (distarch phosphate) แป้งไดสตาร์ชอะดิเพท (distarch adipate) และแป้งไดสตาร์ชกลีเซอรอล (distarch glycerol)

3.3.2 แป้งดัดแปรด้วยกรด (acid-thinned starch)

สมบัติของแป้งดัดแปรด้วยกรดที่สำคัญคือ จะให้แป้งเปียกที่มีความหนืดขณะร้อน (hot paste viscosity) ต่ำกว่าแป้งดิบ ทำให้สามารถเตรียมแป้งเปียกที่มีความเข้มข้นของแป้งสูงขึ้นได้ นอกจากนี้แป้งเปียกเมื่อเย็นตัวลงมีแนวโน้มในการเกิดการคืนตัวสูงขึ้น จึงเกิดเป็นเจลได้เร็วและให้เจลที่มีลักษณะแข็ง แป้งดัดแปรชนิดนี้จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมประเภทลูกอม (confectionery) เพื่อช่วยให้เกิดการขึ้นรูปร่างและให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมแก่ผลิตภัณฑ์ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการนำไปใช้ในการเคลือบเส้นด้าย ทำให้เส้นใยผ้าแข็งแรงและทนต่อการเสียดสีในระหว่างการทอ ในอุตสาหกรรมกระดาษใช้ในการเคลือบกระดาษเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและช่วยให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ ป้องกันน้ำหมึกซึมผ่าน และมีคุณสมบัติในการพิมพ์ที่ดี

3.3.3 แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch)

แป้งออกซิไดซ์ได้จากการทำปฏิกิริยาของน้ำแป้งกับสารออกซิไดซ์ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่นิยมใช้มากที่สุดในเชิงการค้า นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนท และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แป้งออกซิไดซ์จะให้แป้งเปียกที่มีความหนืดขณะร้อนต่ำ คล้ายกับแป้งที่ดัดแปรด้วยกรด แต่เมื่อเย็นตัวลงแป้งเปียกของแป้งออกซิไดซ์มีอัตราการคืนตัวต่ำ เจลที่ได้จากแป้งออกซิไดซ์จึงมีความคงตัวสูง มีลักษณะนุ่มและใสกว่าเจลจากแป้งที่ดัดแปรด้วยกรด แป้งออกซิไดซ์ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ใช้ในการเคลือบกระดาษ ทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบและแข็งแรง กันการซึมผ่านของหมึกพิมพ์ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอใช้ในการเคลือบเส้นใยผ้าเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทนทานต่อแรงเสียดสีในระหว่างการทอ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้ในการผลิตลูกกวาดและท็อฟฟี่ และใช้ในการเตรียมแป้งเคลือบทอด (batter) สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาหรือเนื้อสัตว์ชุบแป้งหรือเกล็ดขนมปังทอด

นอกจากการดัดแปรแป้งในแต่ละประเภทแล้ว บางครั้งแป้งดัดแปรในทางการค้าจะใช้การดัดแปรหลายวิธีร่วมกัน เช่น การดัดแปรแป้งด้วยวิธีครอสลิงค์ร่วมกับเอสเทอริฟิเคชั่น เป็นต้น เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของแป้งให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้คุณสมบัติของแป้งที่ได้จะมีคุณสมบัติร่วมของการดัดแปรแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับประเภทและระดับของการดัดแปรที่ใช้ คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของแป้งดัดแปรทางเคมีแต่ละชนิด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของแป้งดัดแปรทางเคมี

ประเภทแป้ง	คุณสมบัติ	การใช้ประโยชน์
แป้งอีเทอร์และแป้งเอสเทอร์ (stabilized starch)	- อัตราการคืนตัวต่ำ - ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งสูง	- ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เย็น/แช่แข็ง มายองเนส เครื่องดื่ม - อุตสาหกรรมกระดาษ - อุตสาหกรรมสิ่งทอ
แป้งครอสลิงค์ (crosslinked starch)	- ความหนืดควบคุมได้ (ตามระดับของการดัดแปร) - ความทนทานต่อสภาวะการผลิต - แป้งเปียกลักษณะเนื้อสัมผัสสั้นและเนียน	- อาหารกระป๋อง ซอส ซุป น้ำสลัด ไส้ขนมพาย และขนมเค้ก
แป้งดัดแปรด้วยกรด (acid thinned starch)	- ความหนืดต่ำ - อัตราการคืนตัวสูง	- อุตสาหกรรมลูกกวาด - อุตสาหกรรมกระดาษ - อุตสาหกรรมสิ่งทอ
แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch)	- ความหนืดต่ำ - อัตราการคืนตัวต่ำ	- อุตสาหกรรมลูกกวาด - แป้งผสมสำหรับชุบทอด - อุตสาหกรรมกระดาษ - อุตสาหกรรมสิ่งทอ

3.4อนุพันธ์แป้งจากการย่อย (starch hydrolysate and derivatives)

แป้งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยการใช้น้ำย่อยหรือเอนไซม์ (enzymes) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่อีกหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำย่อยและระดับการย่อย ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่ได้จากการย่อยแป้ง ได้แก่

3.4.1 มอลโทเด็กซ์ทริน (maltodextrin)

ตาม FDA (Food and Drug Administration) ของประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มอลโทเด็กซ์ทรินคือสารประกอบโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่ส่วนใหญ่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 และมีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent, DE) น้อยกว่า 20 อาจอยู่ในรูปของผงสีขาวแห้งหรือของเหลวที่เข้มข้นที่ได้จาก

การย่อยแป้งข้าวโพดหรือแป้งมันฝรั่งบางส่วนด้วยกรดหรือน้ำย่อย (เอนไซม์) ที่เหมาะสมและปลอดภัย เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ประโยชน์ได้มากมาย โดยมอลโทเด็กซ์ทรินสามารถใช้เป็นสารช่วยในการทำแห้งพวกสารแต่งกลิ่นรส สารช่วยเพิ่มกลิ่นรส และสารเพิ่มปริมาณได้ มอลโทเด็กซ์ทรินชนิดที่มีค่า DE ต่ำจะให้ความหนืดที่สูง ให้ฟองที่มีความคงตัว ให้ลักษณะเนื้อแก่ผลิตภัณฑ์ และป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลได้ จึงสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในพวกขนมหวานสำเร็จรูป ครีมเทียม สารให้กลิ่นรสสำหรับลูกกวาด และสารทดแทนไขมัน นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยา

3.4.2 กลูโคส (glucose / dextrose)

แป้งมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำย่อยที่ใช้ เช่น น้ำเชื่อมมอลโทส (maltose syrup) ผลิตโดยใช้น้ำย่อยเบต้า-อะมิเลส (β-amylase) น้ำเชื่อมกลูโคสผลิตโดยใช้น้ำย่อยแอลฟา-อะมิเลส (α-amylase) และกลูโคอะมิเลส (glucoamylase) เป็นต้น สภาวะที่ใช้ในการย่อย (ชนิดและปริมาณของน้ำย่อยและระยะเวลาในการย่อย) จะทำให้ได้น้ำเชื่อมหลายชนิด เช่น น้ำเชื่อมกลูโคสชนิด DE 38-42 จะมีลักษณะเหนียวใสและมีความหวานเล็กน้อย ไม่เกิดการคืนตัว เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ลูกกวาดและยา และน้ำเชื่อมชนิดค่า DE สูงซึ่งผลิตขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลแอลกอฮอล์ กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และสารเคมีบางชนิด

3.4.2.1 น้ำเชื่อมฟรักโทส (fructose)

น้ำตาลฟรักโทสเป็นน้ำตาลธรรมชาติที่มีความหวานมากที่สุด ในปัจจุบันการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสทางการค้าจะใช้เทคโนโลยีชีวภาพ โดยใช้น้ำย่อยย่อยแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส แล้วนำมาผ่านกระบวนการไอโซเมอไรเซชั่น (isomerization) โดยใช้น้ำย่อยอีกชนิดหนึ่ง (isomerase) เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลฟรักโทส ได้เป็นน้ำเชื่อมฟรักโทสซึ่งนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม น้ำอัดลม

3.4.2.2 น้ำตาลแอลกอฮอล์ (polyols)

น้ำตาลแอลกอฮอล์ที่สำคัญที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือซอร์บิทอล (sorbitol) และแมนนิทอล (mannitol) มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว มีรสหวานเล็กน้อย ละลายน้ำได้ดี และมีความสามารถในการทำให้เย็น (cooling effect) ซอร์บิทอลผลิตได้จากกระบวนการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ของน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้งในสภาวะที่เหมาะสม ในขณะที่การเติมไฮโดรเจนของน้ำตาลฟรักโทสจะได้ซอร์บิทอลและแมนนิทอล จุลินทรีย์ในช่องปากจะย่อยสลายน้ำตาลแอลกอฮอล์อย่างช้าๆ ทำให้เกิดกรดน้อย จึงช่วยลดการเกิดฟันผุได้ น้ำตาลแอลกอฮอล์จึงนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น หมากฝรั่ง ยาสีฟัน ยาเม็ด เครื่องสำอาง และอาหารสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังมีการทำน้ำตาลแอลกอฮอล์จากน้ำตาลต่างๆ เช่น มอลทิทอล (maltitol) จากน้ำตาลมอลโทส ไอโซมอลทิทอล (isomaltitol) จากน้ำตาลไอโซมอลโทส และมีการใช้น้ำย่อยจำพวกทรานสกลูโคซิเดส (transglucosidase) เพื่อย่อยได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ๆ เช่น ไอโซมอลโทโอลิโกแซคคาไรด์ (isomalto-oligosaccharide) และทำการเติมไฮโดรเจนซึ่งจะได้น้ำตาลแอลกอฮอล์ที่ร่างกายย่อยไม่ได้ เหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารสุขภาพอีกด้วย

3.4.2.3 ผงชูรสและไลซีน

ทั้งผงชูรสและไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน ประเทศไทยจัดเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก การผลิตผงชูรสคิดเป็นปริมาณแป้งที่ใช้จำนวนสูงสุดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ส่วนไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต้องใช้ผสมในอาหารสัตว์ ในการผลิตผงชูรสสามารถผลิตได้จากแป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสโดยใช้น้ำย่อย จากนั้นจึงหมักน้ำตาลด้วยเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดกลูตามิค หรือแอล-ไลซีน

3.4.2.4 แอลกอฮอล์ (alcohol)

แป้งมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ได้

โดยแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้คือ เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล ซึ่งได้จากการหมักน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเชื้อยีสต์ เอทานอลที่ผลิตได้สามารถใช้ทำเครื่องดื่มหรือกลั่นเพื่อแยกน้ำสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

3.4.2.5 กรดอินทรีย์ (organic acids)

น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยน้ำย่อยสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับเชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตกรดอินทรีย์ได้ด้วยกระบวนการหมัก เช่น กรดซิตริก กรดซักซินิค และกรดแลกติก เป็นต้น กรดที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยตรง หรือนำมาใช้ผลิตโพลิเมอร์ที่สามารถนำมาใช้แทนพลาสติกที่ผลิตได้จากปิโตรเคมีได้ เช่น polylactic acid (PLA) เป็นต้น

3.4.2.6 สารเคมีและพอลิเมอร์

น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยน้ำย่อย สามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อผลิตสารเคมีบางชนิดได้ เช่น 1,3 propanediol (PDO) ซึ่งปัจจุบันนี้ผลิตได้ด้วยกระบวนการทางเคมี สาร PDO เป็น co-monomer สำหรับการผลิตพอลิเมอร์ คือ พอลิไตรเมทิลีน เทเรพทาลิก (polytrimethylene terephthalic) สามารถนำมาทำเป็นเส้นใยที่มีความยืดหยุ่นดี มีความนุ่มและย้อมติดสีได้ดี และใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น เสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ เรซินสำหรับทำภาชนะบรรจุได้ นอกจากนี้กระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้งยังสามารถผลิตสารพอลิเมอร์ เช่น polyhydroxyalkanoate (PHA) ได้ด้วย ที่สำคัญได้แก่ Polyhydroxybutyrate (PHB) และโคพอลิเมอร์ (copolymer) ของ PHB กับ polyhydroxyvalerate (PHV) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นและแข็งแรง ขึ้นอยู่กับชนิดและองค์ประกอบของโมโนเมอร์ สามารถนำมาใช้แทนพลาสติกจากปิโตรเคมี สำหรับทำภาชนะบรรจุ ถุง แผ่นฟิล์ม เส้นใยและสิ่งทอได้

3.4.3 ไซโคลเด็กซ์ทริน (cyclodextrin)

ไซโคลเด็กซ์ทรินเป็นน้ำตาลที่เป็นวงกลม (cyclic oligosaccharides) ที่ได้จากการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลที่มีขนาดเล็ก (oligosaccharides) และทำให้เกิดเป็นวงกลมด้วยน้ำย่อย cyclomaltodextrin glucanotransferase ภายในโครงสร้างที่เป็นวงกลมของไซโคลเด็กซ์ทรินนี้สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารชนิดอื่นได้ จึงนิยมใช้เป็นสารช่วยเพิ่มความคงตัวของสารหลายชนิด เช่น กลิ่น รส น้ำมัน และยา เป็นต้น

การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังในอุตสาหกรรมต่างๆ

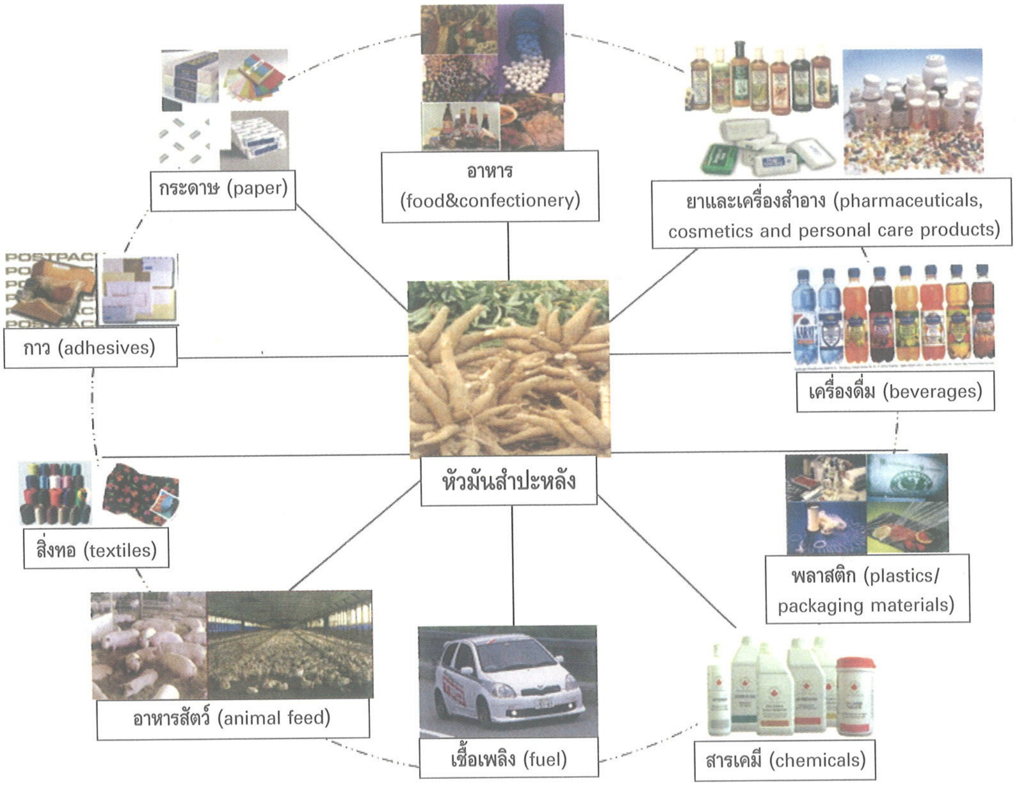
มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถนำมาแปรรูปได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้มากมาย ดังนี้

อุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีการใช้แป้งมันสำปะหลังทั้งในรูปที่เป็นแป้งดิบ เช่น การบริโภคในครัวเรือน เม็ดสาคู ผลิตภัณฑ์เส้น และขนมอบ และในรูปแป้งดัดแปร เช่น สารช่วยอุ้มน้ำ (moisture retention) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกและลูกชิ้น สารให้ความข้นหนืด (thickening agent) ในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส สารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์นม ไส้ขนมพาย เส้นก๋วยเตี๋ยว สารช่วยในการขึ้นรูปในลูกกวาดและเจลลี่ สารช่วยยึดเกาะในผลิตภัณฑ์ชุบทอด สารเพิ่มปริมาณเส้นใย (dietary fiber)ได้แก่ แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยน้ำย่อยของมนุษย์ (resistant starch)ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เป็นต้น

อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญได้แก่ สารให้ความหวาน เช่น น้ำเชื่อมฟรักโทสและแอลกอฮอล์ เป็นต้น



อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง

แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมที่สำคัญชนิดหนึ่งในยา โดยมีการใช้แป้งเพื่อวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น การใช้แป้งดิบเพื่อเป็นสารเพิ่มปริมาณ (filler) การใช้แป้งพรีเจลเพื่อเป็นสารช่วยยึดเกาะ (binder) นอกจากนี้ยังมีการใช้แป้งเพื่อเป็นสารช่วยแตกตัว (disintegrant) ที่รู้จักกันดีได้แก่ แป้งคาร์บอกซิเมทิลที่มีการดัดแปรร่วมกับการครอสลิงค์หรือแป้งพรีเจล นอกจากนี้ยังสามารถใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัวในโลชั่น เป็นต้น

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์

มันสำปะหลังที่แปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด จะมีการนำมาใช้โดยตรงในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกรดอะมิโนเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการปรับปรุงคุณภาพอาหารสัตว์ และการใช้แป้งพรีเจลเพื่อเป็นสารช่วยยึดเกาะและแตกตัวของอาหารสัตว์น้ำ

อุตสาหกรรมกระดาษ

อุตสาหกรรมกระดาษจะมีการใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิดต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนการผลิตกระดาษ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของกระดาษ โดยในขั้น wet end ซึ่งเป็นขั้นที่น้ำที่มีเส้นใยเซลลูโลสจำนวนมากจะต้องผ่านตะแกรงเพื่อทำแผ่น จึงต้องเติมสารช่วยยึดเกาะ (binder) เพื่อช่วยการยึดติดของเส้นใย ทำให้กระดาษมีความแข็งแรง ชนิดของแป้งดัดแปรที่นิยมใช้คือแป้งแคทไอออนิก จากนั้นแผ่นกระดาษจะผ่านเข้ากระบวนการรีดน้ำในขั้น size press ซึ่งจะต้องมีการฉาบแป้งบนกระดาษ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษและอุดช่องว่างในเนื้อกระดาษ ทำให้กระดาษมีความหนาแน่นมากขึ้นและมีความพรุนลดลง แป้งดัดแปรที่นิยมใช้ในขั้นนี้คือ oxidized starch เนื่องจากแป้งดัดแปรชนิดนี้มีความสามารถทำให้เกิดฟิล์มได้ดีมาก ซึ่งจะเคลือบบนผิวกระดาษ ทำให้ผิวของกระดาษมีความแข็งแรงขึ้นมาก รวมทั้งยังมีการใช้ในขั้น coating หรือการเคลือบผิวกระดาษ เพื่อให้กระดาษมีสมบัติด้านการพิมพ์ เช่น ความเรียบ ความมันวาว ความพรุน ความขาว ความแข็งแรงผิวดีขึ้น

อุตสาหกรรมสิ่งทอ

ในอุตสาหกรรมสิ่งทอจะมีการนำแป้งดัดแปรนำมาใช้ในการทอผ้าโดยใช้เคลือบเส้นด้าย (warp sizing) ทำให้เส้นด้ายสามารถทนต่อแรงที่เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องทอผ้าทำงานได้ เส้นด้ายจึงไม่ขาดง่าย ทำให้ประสิทธิภาพการทอและคุณภาพของผ้าที่ทอได้สูงขึ้น นอกจากนี้แป้งดัดแปรยังสามารถช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการย้อมสีและการพิมพ์ลายผ้า ตลอดจนใช้ใน

การผลิตน้ำยารีดผ้าเรียบที่ให้ความแข็งและมันวาว แป้งยังเป็นแหล่งของคาร์บอนที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสารเคมีที่สามารถนำมาทำเป็นเส้นใยสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทอได้

อุตสาหกรรมกาว

แป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ผลิตกาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมกล่องกระดาษลูกฟูก (corrugated board) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล่องได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้ในผลิตกาวสำหรับกระดาษกาว ถุงกระดาษ

อุตสาหกรรมเชื้อเพลิง

มันสำปะหลังเป็นแหล่งชีวมวลที่สำคัญเช่นเดียวกับข้าวโพดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนพลังงานจากปิโตรเคมีได้ ด้วยกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งพลังงานชีวมวลที่สำคัญที่สามารถผลิตได้จากมันสำปะหลัง ได้แก่ เอทานอลและไบโอแก๊ส ซึ่งในปัจจุบันไบโอแก๊สสามารถผลิตได้จากน้ำเสียของอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

อุตสาหกรรมพลาสติก

แป้งยังเป็นแหล่งของคาร์บอนที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสารเคมีที่สามารถนำมาทำเป็นพอลิเมอร์และพลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ที่สามารถนำมาใช้แทนพลาสติกที่ได้จากปิโตรเคมี

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่ามันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาแปรรูปได้หลากหลาย และพบเป็นส่วนประกอบอยู่ในผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม และโอกาสของมันสำปะหลังยังคงเติบโตต่อไปเรื่อยๆ เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการดัดแปรแป้งรวมทั้งเทคโนโลยีชีวภาพที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นสารเคมีได้มากมายหลายชนิด โดยที่

มันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบทางชีวภาพที่หมุนเวียนได้ (renewable bio-material) และสามารถนำมาแปรรูปได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally friendly bio-process) จึงกล่าวได้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่สำคัญของโลกธุรกิจชีวภาพของยุคนี้อย่างแท้จริง

บทที่ 8

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย

ชลอ ลิ้มสุวรรณ
คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยในช่วงเวลา 16-17 ปีที่ผ่านมานั้น กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งทะเลเพียงชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงแบบพัฒนากันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2544 ประเทศไทยเป็นผู้นำในด้านการผลิตและการส่งออกติดต่อกันและสามารถส่งออกได้สูงสุดในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าถึง 107,891 ล้านบาท แต่ในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยต้องสูญเสียความเป็นผู้นำในด้านการผลิตแก่ประเทศจีนซึ่งสามารถผลิตกุ้งได้ถึง 280,000 ตัน ในขณะที่ประเทศไทยมีผลผลิตลดลงเหลือเพียง 250,000 ตัน และมูลค่าลดลงเหลือประมาณ 73,947 ล้านบาท แต่ก็ยังครองอันดับหนึ่งในด้านการส่งออก เนื่องจากมีการบริโภคภายในประเทศจีนสูง แต่ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศจีนผลิตกุ้งทะเลทั้งหมดจากการเพาะเลี้ยงได้ 400,000 ตัน ในขณะที่ประเทศไทยผลิตกุ้งได้ประมาณ 300,000 ตัน ใกล้เคียงกับผลผลิตในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งอื่นๆ รวม ประมาณ 180,000 ตัน ในขณะที่มีผลผลิตจากกุ้ง

ขาวแวนนาไมถึง 170,000 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยผลิตกุ้งขาวแวนนาไมเพียง 20,000 ตันเท่านั้น

แนวโน้มสัดส่วนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปัจจัยเรื่องราคาเป็นสำคัญ เพราะเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกลุ่มเดียวกันทั้งประเทศ ถ้าราคากุ้งขาวแวนนาไมตกต่ำกว่าราคากุ้งกุลาดำมาก จะทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งกุลาดำกันมากขึ้น แต่เมื่อใดราคากุ้งขาวขนาด 60 ตัว/กิโลกรัม ไม่ต่ำมาก หรือราคากุ้งขาวและกุ้งกุลาดำไม่แตกต่างกันมาก เกษตรกรจะหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้น เพราะเลี้ยงง่าย ให้ผลผลิตสูงกว่า และใช้เวลาสั้นส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่ากุ้งกุลาดำมาก

สำหรับกุ้งก้ามกรามนั้นเริ่มมีการส่งเสริมแนวทางการเลี้ยงแบบพัฒนามากขึ้น เพื่อทดแทนการเลี้ยงแบบดั้งเดิมที่ได้ผลผลิตต่ำ และมักจะมีปัญหาการตกค้างของยาที่ใช้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการที่สำคัญคือ ปล่อยลูกกุ้งจำนวนน้อยลง มีการใช้เครื่องให้อากาศ ใช้อาหารสำเร็จรูปทดแทนอาหารที่เกษตรกรทำเอง และเลี้ยงแบบมีการย้ายบ่อเพื่อให้มีโอกาสได้กุ้งก้ามกรามที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำหากพิจารณาตั้งแต่จุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิตจนถึงขั้นสุดท้ายที่มีการส่งออกไปต่างประเทศ มีธุรกิจที่เกี่ยวข้องจำนวนมากตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เรือประมงสำหรับจับแม่กุ้ง

เนื่องจากจนถึงขณะนี้การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำยังไม่มีการพัฒนาทางพันธุกรรมเพื่อนำกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงมาเป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกกุ้งแก่เกษตรกร แม้ว่าจะมีการศึกษาวิจัยจากหลายหน่วยงานมาเป็นเวลานานหลายปีจนสามารถนำกุ้งที่เลี้ยงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้แล้วก็ตาม แต่ปริมาณของพ่อแม่พันธุ์ยังมีจำกัด ซึ่งคงต้องอาศัยเวลาอีกระยะหนึ่งจึงจะสามารถผลิตออกมาในปริมาณที่มากพอให้เกษตรกรนำมาเลี้ยงในเชิงธุรกิจได้ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในทุกประเทศจนถึงขณะนี้ยังอาศัยการจับพ่อแม่พันธุ์มาจากธรรมชาติทั้งสิ้น สำหรับประเทศไทยมีเรือประมงสำหรับออกไปจับแม่กุ้งโดยเฉพาะ ซึ่งเป็น

เรืออวนลากแบบอวนลากเดี่ยวจำนวนประมาณ 300-500 ลำ ส่วนใหญ่จะอยู่ในฝั่งทะเลอันดามันและมีบางส่วนอยู่ในฝั่งอ่าวไทย นอกจากนั้นยังมีเรือสำหรับไปรับซื้อแม่กุ้งกลางทะเลเพื่อมาจำหน่ายแก่โรงพาะฟักจำนวนหนึ่งแต่มีปริมาณน้อยกว่าเรืออวนลากแม่กุ้ง

2. โรงเพาะฟัก

แม่กุ้งทั้งหมดจะถูกนำเข้าไปยังโรงเพาะฟักเพื่อผลิตลูกกุ้ง จำนวนของโรงเพาะฟักแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันออกไป ถ้ามีการเลี้ยงกุ้งกันมาก ความต้องการลูกกุ้งก็เพิ่มมากขึ้น โรงเพาะฟักจำนวนมากกระจายอยู่ตามจังหวัดต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ จังหวัดภูเก็ต ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และอีกหลายจังหวัดตามแหล่งเลี้ยงกุ้งที่สำคัญ แต่เมื่อใดสถานการณ์การเลี้ยงกุ้งซบเซาซึ่งอาจจะสืบเนื่องมาจากการเลี้ยงที่ไม่ประสบความสำเร็จเพราะโรคระบาดหรือมาจากราคาตกต่ำมาก เกษตรกรบางส่วนจะหยุดเลี้ยงเพราะขาดทุนมาจากการเลี้ยงรุ่นก่อนทำให้จำนวนโรงเพาะฟักลดตามไปด้วย ในช่วงเวลาที่การเลี้ยงกุ้งมีการขยายตัวและการเลี้ยงได้ผลดีจะมีโรงเพาะฟักกระจายอยู่ตามจังหวัดต่างๆ ประมาณ 4,000-5,000 แห่ง โดยมีคนงานและการจ้างงานถึงประมาณ 50,000 คน แต่ในภาวะที่การเลี้ยงกุ้งซบเซาจะมีโรงเพาะฟักที่ยังดำเนินกิจการประมาณไม่เกิน 1,000 แห่ง

3. ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

ลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักจะถูกนำไปเลี้ยงตามแหล่งเลี้ยงกุ้งที่กระจายอยู่ในภาคกลางภาคตะวันออกและทางภาคใต้ของประเทศ ในฟาร์มประมาณ 35,000 แห่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นฟาร์มขนาดเล็กและมีบ่อเลี้ยงกุ้งประมาณ 1-4 บ่อเท่านั้น ส่วนฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีบ่อเลี้ยงกุ้งมากกว่า 40 บ่อมีจำนวนน้อย จำนวนของนักวิชาการและคนงานที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งมีอยู่ประมาณหลายแสนคน การเลี้ยงกุ้งในฟาร์มจะมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและกิจการอื่นๆ อีกมาก นับตั้งแต่โรงเพาะฟัก โรงงานผลิตอาหารกุ้ง อุปกรณ์เครื่องให้อากาศคนจับกุ้ง และห้องเย็น ฟาร์มเลี้ยงกุ้งจึงเป็นตัวชี้วัดที่มีความสำคัญมากว่าอุตสาหกรรมในแต่ละปีจะเติบโตหรือลดลงอย่างไร เมื่อใดฟาร์มกุ้งเลี้ยงกุ้งได้ผลผลิตดีมีกำไรมาก ธุรกิจต่างๆ ในพื้นที่แหล่งเลี้ยงกุ้งนั้นจะก็ดีตามไปด้วย

รูปที่ 8.1 ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

รูปที่ 8.2 การจับกุ้งในฟาร์ม

4. แพจับกุ้งและตลาดกลาง

เมื่อกุ้งโตกุ้งจนได้ขนาดพร้อมที่จะถูกจับขายได้แล้ว การซื้อขายกุ้งนั้นมีหลายรูปแบบ ตั้งแต่เจ้าของฟาร์มจับกุ้งนำไปขายประมูลกันเองที่ตลาดกลางที่สำคัญ เช่น ตลาดกลางมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และตลาดกลางประมูลกุ้งภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี หรืออาจมีแพหรือห้องเย็นมาประมูลการจับกุ้งที่ในฟาร์ม จำนวนผู้ที่ทำหน้าที่ในการซื้อขายกุ้งมีประมาณ 300 ราย และมีคนงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดประมาณ 20,000 คน

รูปที่ 8.3 การแปรรูปกุ้งในโรงงาน

5. ห้องเย็น

ปัจจุบันมีห้องเย็นที่แปรรูปกุ้งเพื่อการส่งออกและเป็นสมาชิกของสมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทยหรือสมาคมกุ้งไทยประมาณ 130 โรง โดยแต่ละโรงงานจะมีคนงานเป็นจำนวนมากรวมทั้งสิ้นประมาณ 200,000 คน ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกนั้นมีทั้งกุ้งสดแช่เย็นแช่แข็งและกุ้งแปรรูปพร้อมบริโภค

นอกจากนี้ยังมีธุรกิจที่เกี่ยวข้องหรือเป็นผู้สนับสนุนกิจการต่างๆ ในด้านการผลิตอีกเป็นจำนวนมาก ได้แก่

บริษัทผู้ผลิตอาหาร

อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของไทยเป็นแบบพัฒนาใช้อาหารสำเร็จรูปเกือบทั้งหมดแทนการใช้อาหารสดหรืออาหารที่เกษตรกรผลิตใช้เอง โดยในแต่ละปีมีการใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งเป็นจำนวนมากและมีบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารมากกว่า 15 บริษัท มีคนงานที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตอาหารและนักวิชาการที่มีหน้าที่ตรวจสอบวัตถุดิบจำนวนมาก และมีบริษัทหรือโรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสำเร็จรูป เช่น ปลาป่น ข้าวโพด เป็นต้น เกี่ยวข้องอยู่ด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ

ทั่วโลก เห็นได้ชัดเจนว่าประเทศไทยมีการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนามากที่สุด และมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารตั้งแต่ระดับคนงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงงานจนถึงนักวิชาการส่งเสริมการขายตามแหล่งเลี้ยงกุ้งทั่วประเทศ

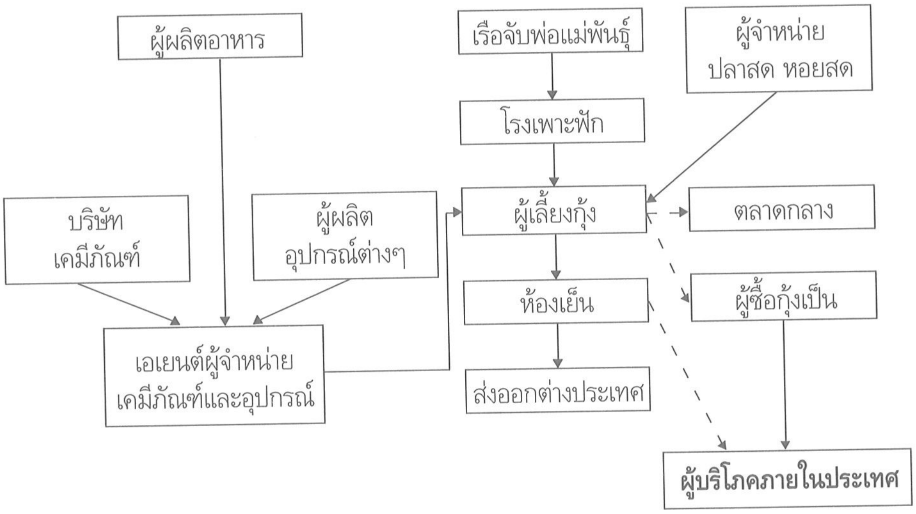
ผู้ค้าปัจจัยการผลิต

ได้แก่บริษัทต่างๆ ที่ผลิตและจำหน่ายเคมีภัณฑ์และวัสดุต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตลูกกุ้งจนถึงการเลี้ยงกุ้งใหญ่ ในปัจจุบันมีบริษัทต่างๆ ที่เป็นสมาชิกของสมาคมการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำไทยจำนวน 69 บริษัท ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วแต่ละบริษัทจะมีพนักงานประมาณ 25 คน ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี นอกจากนั้นยังมีบริษัทอีกประมาณ 50-60 บริษัทที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของสมาคมการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำไทย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นบริษัทขนาดเล็กกว่าและมีพนักงานโดยเฉลี่ยบริษัทละประมาณ 10 คน เมื่อรวมพนักงานทั้งหมดที่ส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนในการเลี้ยงกุ้งแล้วจะมีประมาณ 2,500 คน

บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ

ในการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนามีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นกว่าการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนาหรือแบบดั้งเดิม จึงต้องอาศัยอุปกรณ์สำหรับให้อากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ได้แก่ เครื่องตีน้ำแบบแขนยาว ซึ่งถือเป็นสัญลักษณ์ของประเทศไทยที่ชาวต่างประเทศมักจะเรียกว่า long-armed paddle wheel ซึ่งดัดแปลงจากใบพัดตีน้ำธรรมดามาเป็นแบบแขนยาว เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งนิยมใช้แบบที่ใช้เครื่องยนต์กันมาก มีบริษัท โรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ผู้ผลิตใบพัดตีน้ำ ผู้ผลิตทุ่นวางใบพัดตีน้ำ ผู้ผลิตกล่องเกียร์ นอกจากนั้นยังมีโรงงานผลิตเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ ที่เหมาะสมกับขนาดของฟาร์มและความต้องการ บริษัทและโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในฟาร์มกุ้งนั้น ยังต้องมีช่างหรือผู้ที่ออกแบบและคนงานที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากรวมทั้งร้านที่ซ่อมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้ง

ถึงแม้ว่าธุรกิจที่เกี่ยวข้องจะมีเป็นจำนวนมาก แต่ความสำคัญที่จะมีส่วนเกี่ยวข้องที่สุดกับการเพิ่มหรือลดลงของผลผลิตน่าจะอยู่ที่ผู้เลี้ยงกุ้ง ตามผังแสดงความสัมพันธ์ดังนี้



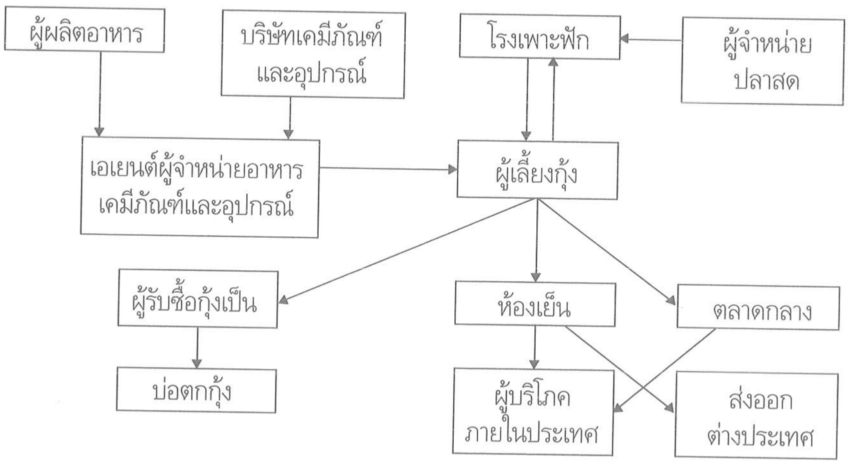
อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ความสัมพันธ์ของธุรกิจที่เกี่ยวข้องจะคล้ายกันกับกุ้งกุลาดำ แต่ไม่มีธุรกิจเกี่ยวกับเรือจับพ่อแม่พันธุ์กุ้งในทะเล เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวทั้งหมดมาจากการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงสายพันธุ์ทางพันธุกรรม และมีการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อจากต่างประเทศ แต่ปัจจุบันนี้ส่วนหนึ่งอาศัยกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมาขุนเป็นพ่อแม่พันธุ์ ส่วนผู้เลี้ยงกุ้งและโรงเพาะฟักจะเป็นกลุ่มเดียวกันกับกุ้งกุลาดำ เพียงแต่สัดส่วนการเลี้ยงระหว่างกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวจะขึ้นกับราคากุ้งเป็นตัวชี้นำว่าจะมีการเพาะลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งชนิดใดมากหรือน้อย โดยภาพรวมแล้วในปัจจุบันนี้ผลรวมของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำบวกกับกุ้งขาวจะมากกว่าถ้าทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพียงชนิดเดียว เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวจะมีการปล่อยลูกกุ้งจำนวนมากกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่การเลี้ยงที่เท่ากัน ผลผลิตของกุ้งขาวส่วนใหญ่จะส่งออกต่างประเทศเช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ แต่เนื่องจากกุ้งขาวมี

ราคาถูกและส่วนใหญ่ที่ผลิตออกมามีตั้งแต่ขนาดเล็กที่ประมาณ 120 ตัว/กิโลกรัม จนถึงประมาณ 60 ตัว/กิโลกรัม ทำให้มีการบริโภคภายในประเทศเป็นจำนวนมาก ในอนาคตการบริโภคกุ้งขาวภายในประเทศน่าจะเพิ่มขึ้นและกระจายไปตามพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศมากกว่ากุ้งชนิดอื่นๆ เนื่องจากสามารถผลิตได้ในปริมาณที่มากและมีต้นทุนในการเลี้ยงต่ำกว่ากุ้งกุลาดำ เนื่องจากมีความต้องการใช้เคมีภัณฑ์ต่างๆ น้อยกว่าและการเลี้ยงใช้เวลาสั้นกว่า

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ผ่านมาจะผลิตสำหรับบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ การส่งเสริมให้เกษตรกรเปลี่ยนแนวทางการเลี้ยงแบบดั้งเดิมมาเป็นแบบพัฒนาทำให้ภาพของธุรกิจที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตคล้ายกับแนวทางของกุ้งกุลาดำ แต่มีข้อแตกต่างในบางส่วน ดังผังแสดงความสัมพันธ์ดังนี้



อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในฟาร์มจะมีน้อยกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาว และโรงเพาะฟักต้องอาศัยกุ้งก้ามกรามจากบ่อเลี้ยงบางส่วนไปเลี้ยงต่อเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ และในจำนวนของผู้รับซื้อกุ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรจะมีมากเพื่อนำไปจำหน่ายตามร้านอาหาร กุ้งก้ามกรามจะมีการบริโภคภายในประเทศมากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตที่ได้

กุ้งกุลาดำ กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งก้ามกราม มีศักยภาพในการส่งออกยังต่างประเทศทั้งสิ้น ถ้ามีกระบวนการผลิตที่ควบคุมให้มีคุณภาพปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในปี พ.ศ. 2547 นี้ รัฐบาลต้องการให้เป็นปีของอาหารปลอดภัย ดังนั้นทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงผู้บริโภคจะต้องมีความปลอดภัย และวิธีการผลิตจะต้องมาจากฟาร์มที่ได้มาตรฐาน GAP (Good Aquaculture Practice) หรือ CoC (Code of Conduct) ของกรมประมง กล่าวคือ กระบวนการผลิตจะต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันการกีดกันทางการค้าโดยประเทศคู่ค้าซึ่งสามารถใช้เป็นข้ออ้างเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

สถานการณ์การส่งออกกุ้งของประเทศไทย

วารสารข่าวกุ้งฉบับเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 รายงานข้อมูลการส่งออกกุ้งของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2546 ที่ผ่านมาดังนี้ ไทยส่งออกกุ้งทุกประเภททั้งกุ้งแช่แข็ง กุ้งต้มและกุ้งแปรรูปไปยังประเทศต่างๆ รวมทั้งสิ้น 234,277 ตัน มูลค่า 71,847 ล้านบาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2545 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.46 ส่วนมูลค่าโดยรวมลดลงร้อยละ 2.84 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกกุ้งของไทย ปีพ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2546

หน่วย: ปริมาณ - ตัน, มูลค่า - ล้านบาท

ประเทศ/กลุ่มประเทศ	ปี 2545		ปี 2546		% แตกต่าง	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
เอเชีย	77,497.00	26,628.50	70,840.00	22,910.00	-8.59	-13.96
- จีน	2,640.00	519.00	2,794.00	693.00	5.83	33.53
- ญี่ปุ่น	46,297.00	18,442.00	45,845.00	16,692.00	-0.98	-9.49
- อื่นๆ	28,560.00	7,667.50	22,201.00	5,525.00	-22.27	-27.94
สหรัฐอเมริกา	107,622.00	39,267.00	132,394.00	40,577.00	23.02	3.34
สหภาพยุโรป	6,065.00	1,518.00	4,874.00	1,278.00	-19.64	-15.81
ออสเตรเลีย	6,466.00	1,821.00	7,866.00	1,969.50	21.65	8.15
อื่นๆ	14,441.00	4,712.50	18,303.00	5,112.50	26.74	8.49
รวมทั้งหมด	**212,091.00**	**73,947.00**	**234,277.00**	**71,847.00**	**10.46**	**-2.84**

ที่มา: กรมศุลกากร

จะเห็นได้ว่าตลาดที่สำคัญของประเทศไทย คือ ประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น มีรายงานเกี่ยวกับการนำเข้ากุ้งของญี่ปุ่นซึ่งวิจัยโดยสถาบันวิจัยเรียวเค็น (Ryuken Research Institute) ว่า ในปี พ.ศ. 2546 ญี่ปุ่นนำเข้ากุ้งแช่แข็ง เป็นปริมาณ 233,251 ตัน ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2545 (ร้อยละ 6.2) และประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 5 โดยญี่ปุ่นนำเข้ากุ้งจากไทยลดลงจากปี 2545 ถึงร้อยละ 11.50 ในขณะที่นำเข้ากุ้งจากเวียดนามเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.72 ดังแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 การนำเข้ากุ้งแช่แข็งของญี่ปุ่น ปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2546

หน่วย: ตัน

ประเทศ	ปี 2545	ปี 2546	% แตกต่าง
อินโดนีเซีย	53,608	52,367	-2.31
เวียตนาม	41,516	47,626	14.72
อินเดีย	34,821	28,191	-19.04
จีน	19,598	20,494	4.57
ไทย	18,987	16,803	-11.50
กรีนแลนด์	8,489	9,180	8.14
แคนาดา	9,368	8,938	-4.59
รัสเซีย	8,961	8,641	-3.57
ฟิลิปปินส์	7,996	6,421	-19.70
พม่า	5,568	5,377	-3.43
อื่นๆ	39,956	29,213	-26.89
รวม	**248,868**	**233,251**	**-6.28**

ที่มา: กรมศุลกากร

หมายเหตุ: ปริมาณกุ้งที่ญี่ปุ่นนำเข้าจากประเทศไทยเฉพาะในส่วนที่เป็นวัตถุดิบผลิตในประเทศไทยเท่านั้น

ตลาดกุ้งที่สำคัญของโลกได้แก่ สหภาพยุโรป ซึ่งในปี พ.ศ. 2546 มีการนำเข้ากุ้งทั้งหมด 598,000 ตัน ซึ่งคิดเป็นส่วนแบ่งร้อยละ 37 ส่วนตลาดใหญ่ที่สองรองลงมาได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำเข้ากุ้งทั้งหมด 560,000 ตันคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 34.7 ส่วนประเทศ

ตารางที่ 8.3 ตลาดส่งออกที่สำคัญของโลก

ตลาดส่งออก	2546 (ตัน)	เปอร์เซ็นต์ (%)	2547 (คาดการณ์)(ตัน)	เปอร์เซ็นต์ (%)
สหภาพยุโรป	598,000	37.0	630,000	37.1
สหรัฐอเมริกา	560,000	34.7	580,000	34.1
ญี่ปุ่น	278,000	17.2	290,000	17.1
อื่นๆ	180,000	11.1	200,000	11.8
รวม	**1,616,000**	**100.0**	**1,700,000**	**100.0**

ที่มา: กรมศุลกากร

ญี่ปุ่นมีการนำเข้ากุ้ง 278,000 ตันคิดเป็นร้อยละ 17.2 นอกจากนั้นจะเป็นประเทศอื่นๆ ทั่วโลกรวมกันแล้วอีกประมาณ 180,000 ตันคิดเป็นร้อยละ 11.1 สำหรับในปี พ.ศ. 2547 คาดว่าสหภาพยุโรปคงนำเข้ากุ้งเพิ่มขึ้นเป็น 630,000 ตันหรือประมาณร้อยละ 37.1 ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาจะนำเข้ากุ้งประมาณ 580,000 ตันคิดเป็นร้อยละ 34.1 ส่วนประเทศญี่ปุ่นคิดว่าจะนำเข้ากุ้งทั้งหมด 290,000 ตันคิดเป็นร้อยละ 17.1 ส่วนประเทศอื่นๆ ทั่วโลกรวมกันแล้วประมาณ 200,000 ตันคิดเป็นร้อยละ 11.8

ตารางที่ 8.4 ตลาดส่งออกของกุ้งไทยและสัดส่วนของตลาดระหว่างปี พ.ศ. 2542-2546

หน่วย: ตัน

ตลาด	2542		2543		2544		2545		2546		%
	ตัน	%	ตัน	%	ตัน	%	ตัน	%	ตัน	%	เพิ่ม-ลด
สหรัฐอเมริกา	106,476	44	118,115	47	123,932	48	107,622	51	132,395	56	23
สหภาพยุโรป	16,542	7	14,795	6	14,237	6	6,064	3	4,861	2	-20
ญี่ปุ่น	40,689	17	45,053	18	49,976	20	46,297	22	45,846	20	-1.0
เอเชีย (ยกเว้นญี่ปุ่น)	52,026	22	49,211	20	41,872	16	28,667	13	23,365	10	-18
อื่นๆ	24,796	10	22,459	9	25,551	10	23,442	11	27,811	12	19
รวม (มค.-ธค.)	**240,529**	**100**	**249,632**	**100**	**255,568**	**100**	**212,091**	**100**	**234,277**	**100**	**10**
รวม (ปี)	**240,529**		**249,632**		**255,568**		**212,091**		**234,277**		**10.46**

สำหรับตลาดส่งออกที่สำคัญของกุ้งไทยคือประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2542-2546 โดยมีปริมาณส่งออกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 44 ในปี พ.ศ. 2542 เป็นร้อยละ 56 ในปี พ.ศ. 2546 และจะเห็นได้ว่ากว่าครึ่งของปริมาณการส่งออกในปี พ.ศ. 2546 นั้นถูกส่งไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในขณะเดียวกันปริมาณการส่งออกไปยังสหภาพยุโรปกลับมีปริมาณลดลงมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2546 เนื่องจากถูกตัดสิทธิพิเศษทางศุลกากร (GSP) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณการส่งออกลดลงจากร้อยละ 7 ในปี พ.ศ. 2542 เหลือเพียงร้อยละ 2 ในปี พ.ศ. 2546 สืบเนื่องจากปัญหาเรื่องยาตกค้างที่เกิดขึ้นในช่วงปลายปี พ.ศ. 2545 ส่งผลให้การส่งออกกุ้งไทยไปยังสหภาพยุโรปมีขั้นตอนเพิ่มมากยิ่งขึ้น ส่วนตลาดในประเทศญี่ปุ่นมีปริมาณการส่งออกสูงขึ้นยกเว้นในปี พ.ศ. 2545 เท่านั้นที่มีปริมาณการส่งออกลดลง ส่วนสำหรับในประเทศแถบเอเชีย (ยกเว้นประเทศญี่ปุ่น) มีแนวโน้มการส่งออกลดลงเช่นเดียวกับในสหภาพยุโรป โดยลดลงจากร้อยละ 22 ในปี พ.ศ. 2542 เหลือเพียงร้อยละ 10 ในปีพ.ศ. 2546 และในขณะที่การส่งออกไปประเทศอื่นๆ มีปริมาณเพียงร้อยละ 9-12 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมดเท่านั้น

ตารางที่ 8.5 แสดงภาพรวมการส่งออกกุ้งไทยและส่วนแบ่งในแต่ละตลาด

ตลาด	ปริมาณส่งออกของไทย ปี พ.ศ. 2546	
	ตัน	ส่วนแบ่งตลาด (ของประเทศนำเข้า)
สหรัฐอเมริกา	132,395	24%
ญี่ปุ่น	45,846	16%
สหภาพยุโรป	4,861	1%
เกาหลีใต้	8,000	30%
ออสเตรเลีย	7,860	40%
ไต้หวัน	4,200	42%
อื่นๆ	31,115	37%
รวม	**234,277**	**15%**

จากตารางแสดงปริมาณการส่งออกกุ้งของไทยจะเห็นได้ว่าที่ผ่านมาตลาดที่สำคัญที่สุดเป็นตลาดสหรัฐอเมริกาซึ่งกุ้งไทยมีส่วนแบ่งของตลาดถึงร้อยละ 24 แต่ตลาดสหภาพยุโรปที่เป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุดนั้น ประเทศไทยมีส่วนแบ่งตลาดเพียงร้อยละ 1 คือในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยส่งกุ้งไปตลาดสหภาพยุโรปทั้งหมดเพียง 4,861 ตัน น้อยกว่าที่ประเทศไทยส่งกุ้งไปยังประเทศเกาหลี และประเทศออสเตรเลีย

หลังจากกระทรวงพาณิชย์ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศผลการพิจารณาการไต่สวนการทุ่มตลาดเบื้องต้นจาก 6 ประเทศตามคำฟ้องของกลุ่มพันธมิตรชาวประมงกุ้งภาคใต้ 8 มลรัฐ (Southern Shrimp Alliance หรือ SSA) แล้วนั้น ประเทศไทยถูกเรียกเก็บภาษีตอบโต้การทุ่มตลาด (Anti-dumping หรือ AD) เบื้องต้นในอัตราระหว่างร้อยละ 5.56-10.25 ในขณะที่ประเทศอื่นๆ อีก 5 ประเทศถูกเรียกเก็บภาษีสูงกว่า ตามตารางแสดงอัตราภาษีทุ่มตลาดเบื้องต้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกเก็บ

ตารางที่ 8.6 แสดงอัตราภาษีทุ่มตลาดเบื้องต้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกเก็บจาก 6 ประเทศ

ประเทศ	อัตราภาษีเบื้องต้น (%)	เฉลี่ย (%)
ไทย	5.56-10.25	6.39
เอกวาดอร์	6.08-9.35	7.30
อินเดีย	3.56-27.49	14.20
เวียดนาม	12.11-19.13	16.01
บราซิล	8.41-67.80	36.91
จีน	0.04-112.81	49.09

ที่มา: กระทรวงพาณิชย์ประเทศสหรัฐอเมริกา

ขั้นตอนต่อจากนี้คือ กระทรวงพาณิชย์ประเทศสหรัฐอเมริกาจะประกาศผลการไต่สวน AD ขั้นสุดท้ายในวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2547 และคณะกรรมาธิการการค้าระหว่างประเทศ (ITC) จะประกาศผลการตัดสินความเสียหายขั้นสุดท้ายในวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548 โดยจะประกาศผลอย่างเป็นทางการภายในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 จากการประกาศผลการไต่สวน AD เบื้องต้นที่ประเทศไทยถูกเรียกเก็บภาษีต่ำที่สุดในกลุ่มประเทศคู่แข่งอื่นๆ อีก 5 ประเทศและไม่ถูกเรียกเก็บภาษี AD ย้อนหลัง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการที่สหรัฐอเมริกาไม่พบว่ามีการส่งออกอย่างมากผิดปกติ ดังนั้นคาดว่าประเทศไทยจะสามารถส่งออกกุ้งได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ อีก 5 ประเทศที่ต้องเสียภาษีสูงกว่าประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามผลจากการเก็บภาษี AD จะส่งผลทำให้ราคากุ้งในประเทศสหรัฐอเมริกาพุ่งสูงขึ้น ทำให้ผู้บริโภคต้องจ่ายเงินซื้อกุ้งในราคาที่แพงขึ้น และการบริโภคกุ้งในประเทศสหรัฐอเมริกาอาจได้รับผลกระทบบ้าง เนื่องจากผู้บริโภคอาจจะหันไปบริโภคอาหารทะเลชนิดอื่นๆ แทน ซึ่ง 6 ประเทศที่ถูกกล่าวหาเรื่องการทุ่มตลาดกุ้งมีส่วนแบ่งตลาดประเทศสหรัฐอเมริกาสูงถึงร้อยละ 75

บทที่ 9

การพัฒนาเทคโนโลยีการวินิจฉัยโรคในกุ้งกุลาดำ

วรรณสิกา เกียรติปฐมชัย
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
วิชัย บุญแสง
หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ประเทศไทยถือว่าเป็นแชมป์ในการส่งออกกุ้งกุลาดำมาเป็นเวลาที่ยาวนานกว่าทศวรรษ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในปี พ.ศ. 2529 นั้น เราส่งออกในปริมาณ 28,063 ตัน และมาถึงปี พ.ศ. 2544 นั้นส่งออกสูงถึง 255,568 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 100,000 ล้านบาท ด้วยที่ว่า "กุ้งกุลาดำ" เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ทำรายได้สูงอย่างต่อเนื่องมาหลายสิบปี จึงมีบทบาทต่อเกษตรกรผู้ประกอบการและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกุ้งกุลาดำนี้กว่าล้านคน อย่างไรก็ตามใช่ว่าอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปีต่างๆ ที่ผ่านมาจะเป็นไปด้วยความราบรื่น ศักยภาพของอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งกุ้งกุลาดำได้ลดถอยลงเนื่องจากเกิดปัญหาต่างๆ ในการผลิต ไม่ว่าจะเรื่องโรคระบาดและสายพันธุ์

ในช่วงปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นมาได้เกิดการระบาดอย่างรุนแรงของเชื้อไวรัส ทำให้กุ้งตายเป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว และเกษตรกรไม่สามารถตั้งตัวรับมือหรือหาทางป้องกันและแก้ไขได้ทันท่วงที วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเข้ามามีบทบาทในการแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมกุ้งกุลาดำ โดยนำไปสู่การตรวจวินิจฉัยโรคเพื่อจะสามารถควบคุมและป้องกันโรค นำไปสู่การได้พ่อแม่พันธุ์ที่ปราศจากโรค และได้สายพันธุ์กุ้งกุลาดำที่มีคุณภาพ

เทคโนโลยีการวินิจฉัยโรคไวรัสในกุ้งกุลาดำ

การนำความรู้ทางชีวโมเลกุลของเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคในกุ้งกุลาดำสามารถนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจวินิจฉัยโรคโดยเทคนิคพีซีอาร์ หรือปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (polymerase chain reaction, PCR)

เทคนิคพีซีอาร์เป็นเทคนิคในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอแบบวงจรในหลอดทดลอง โดยอาศัยเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรสที่สามารถทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ เพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ต้องการให้เป็นล้านๆ เท่าภายในระยะเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นวิธีที่มีความจำเพาะและมีความไวในการตรวจสูง โดยเทคนิคพีซีอาร์นี้สามารถใช้ตรวจหาเชื้อไวรัสในกรณีที่มีไวรัสปริมาณน้อยๆ ในขณะที่กุ้งยังไม่แสดงอาการของโรค ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งในการป้องกันโรค นอกเหนือไปจากการจัดการบ่อที่ดีและถูกต้อง เทคนิคพีซีอาร์ช่วยให้เกษตรกรสามารถคัดเลือกลูกกุ้งหรือพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีคุณภาพและปลอดโรคไปเพาะเลี้ยงหรือขยายพันธุ์ เพื่อหยุดยั้งปัญหาหรือช่วยในการป้องกันโรคระบาดเหล่านี้ให้เร็วที่สุดได้ก่อนนำลูกกุ้งลงบ่อ หรือก่อนนำพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ไปขยายพันธุ์ ทำให้ลดความเสียหายในการเลี้ยงกุ้งได้มากกว่าการไม่รู้อะไรเลย

หลักการทั่วไปของเทคนิคพีซีอาร์

เทคนิคพีซีอาร์มีหลักการและวิธีที่ง่าย ในปฏิกิริยาประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้คือ ดีเอ็นเอต้นแบบ ไพรเมอร์ เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส และสารต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับปฏิกิริยา เช่น ดีออกซีนิวคลีโอไซด์ไตรฟอสเฟต (dNTPs) และแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) เป็นต้น การทำงานในแต่ละรอบประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน ซึ่งควบคุมโดยอุณหภูมิต่างๆ กัน คือ

1. ดีเอ็นเอต้นแบบที่เป็นดีเอ็นเอเส้นคู่ถูกแยกเป็นดีเอ็นเอเส้นเดี่ยว ที่อุณหภูมิ 90-95 °C
2. ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อที่ต้องการตรวจ ซึ่งเป็นโอลิโกนิวคลีโอไทด์ขนาด 20-30 เบสที่มีลำดับคู่สมกับลำดับเบสในดีเอ็นเอต้นแบบเข้ามาจับที่อุณหภูมิ 50-60 °C
3. เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเติมเบสที่ปลายด้านหนึ่งของไพรเมอร์ ที่อุณหภูมิ 72 °C

ดังนั้นถ้าเริ่มต้นจากดีเอ็นเอต้นแบบ 1 คู่ และปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปจนสิ้นสุดในรอบแรกจะได้ดีเอ็นเอเส้นคู่ชุดใหม่จำนวน 2 ชุด ต่อมาในรอบที่ 2 ดีเอ็นเอเส้นคู่ 2 ชุด จะแยกเป็นดีเอ็นเอเส้นเดี่ยว 4 เส้น เพื่อทำหน้าที่เป็นดีเอ็นเอต้นแบบ และเมื่อปฏิกิริยาในรอบนี้สิ้นสุดจะได้ดีเอ็นเอชุดใหม่จำนวน 4 คู่ ในรอบที่ 3 จะได้ดีเอ็นเอชุดใหม่จำนวน 8 คู่ โดยที่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดในแต่ละรอบจะได้จำนวนของดีเอ็นเอต้นแบบเข้าสู่ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้ดีเอ็นเอที่ต้องการตรวจเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ลักษณะการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของปฏิกิริยาเป็นการเพิ่มแบบทวีคูณคือ 2^n เมื่อ n เป็นจำนวนรอบของปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ 35 รอบจะได้ดีเอ็นเอชุดใหม่จำนวน 2^{35} ชุด หรือประมาณ 34 พันล้านเท่าของดีเอ็นเอต้นแบบ ซึ่งอธิบายว่าทำไมเทคนิคพีซีอาร์จึงสามารถนำมาใช้ตรวจเชื้อไวรัสได้ถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงการติดเชื้อในวันแรกๆ ซึ่งมีปริมาณของเชื้อไวรัสอยู่น้อยมากก็ตาม โดยผลการตรวจเชื้อไวรัสสามารถดูได้จากการนำผลผลิตพีซีอาร์ไปแยกบนแผ่นวุ้นอะกาโรส และย้อมด้วยสารเอธิเดียมโบรไมด์ (ethidium bromide) จากนั้นนำไปส่องภายใต้แสงอัลตร้าไวโอเลต

ในปัจจุบันวิธีพีซีอาร์ได้รับความนิยมจากเกษตรกรและผู้ประกอบกิจการโรงเพาะฟักกุ้งอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์และลูกกุ้งกุลาดำที่ปลอดเชื้อไวรัสมาเพาะเลี้ยง จากตัวอย่างการศึกษาในภาคสนามจำนวน 43 บ่อดินพบว่า ถ้านำ

ลูกกุ้งที่มีผลพีซีอาร์เป็นบวกไปเลี้ยง กุ้งจะป่วยเป็นโรคตัวแดงดวงขาวตายจำนวน 41 บ่อจาก 43 บ่อ ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ซึ่งมีอายุโดยเฉลี่ย 39 วัน และมีเพียง 2 บ่อจาก 43 บ่อเท่านั้นที่เลี้ยงได้เกิน 100 วัน แต่ก็เป็นโรคตัวแดงดวงขาวตายในที่สุด ในทางกลับกันพบว่าหากผลการตรวจพีซีอาร์เป็นลบ ซึ่งอาจหมายความได้ว่าตรวจไม่พบเชื้อไวรัส เมื่อนำไปเลี้ยงในบ่อดินพบว่าส่วนใหญ่สามารถเลี้ยงต่อไปจนถึงเวลาจับขายได้ซึ่งประมาณ 3-4 เดือน จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นข้อพิสูจน์อย่างดีว่า การใช้ประโยชน์จากการศึกษาวิจัยถึงชีวโมเลกุลของสิ่งมีชีวิตที่ก่อโรคในกุ้งกุลาดำสามารถนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคที่มีคุณประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งได้อย่างมหาศาล

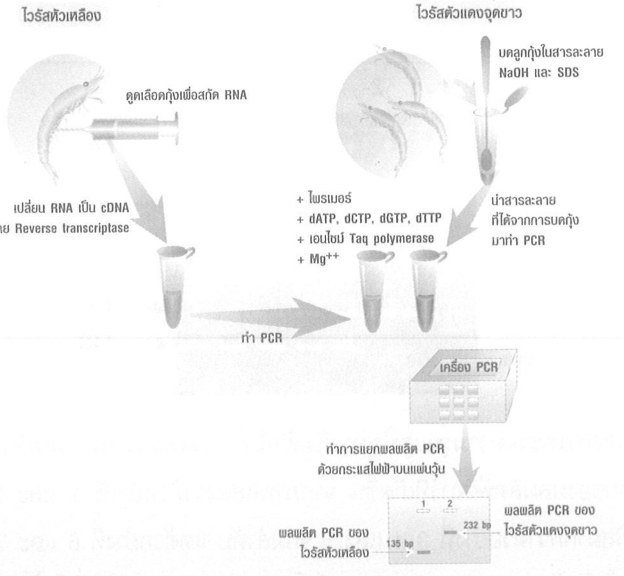
ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาชุดตรวจโรคโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อการตรวจหาการติดเชื้อไวรัสหลายชนิดที่พบในกุ้งกุลาดำ เพราะเป็นเทคโนโลยีที่บุคลากรในห้องปฏิบัติการทั่วไปสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายและรวดเร็ว และมีความไวและจำเพาะสูง

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์เพื่อการตรวจไวรัสตัวแดงดวงขาว

ไวรัสตัวแดงดวงขาวมีการแพร่ระบาดไปทั่วภูมิภาคเอเชีย ไม่ว่าจะเป็นอินเดีย อินโดนีเซีย จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น รวมทั้งประเทศในแถบอเมริกาใต้ สำหรับประเทศไทยนั้นโรคนี้ได้แพร่ระบาดอย่างมากในทั่วพื้นที่ชายฝั่งทะเลรอบอ่าวไทย ชายฝั่งทะเลอันดามัน และบางพื้นที่ทางด้านตะวันออกของประเทศ โดยไวรัสชนิดนี้จะทำให้กุ้งตายอย่างรวดเร็ว ลำตัวของกุ้งที่ติดเชื้อไวรัสชนิดนี้จะมีสีค่อนข้างแดงและมีดวงขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร ติดอยู่บริเวณเปลือกหุ้มส่วนหัวของกุ้ง ซึ่งเป็นที่มาของชื่อไวรัสตัวแดงดวงขาว

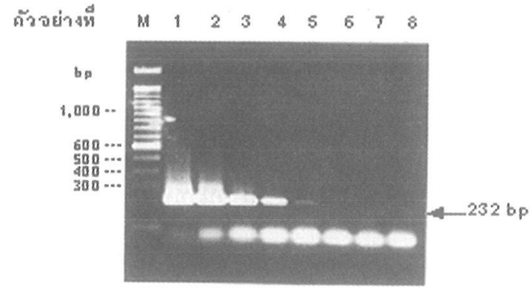
รูปที่ 9.1 แสดงกุ้งติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว

การพัฒนาชุดตรวจไวรัสตัวแดงดวงขาวเริ่มจากการศึกษาสารพันธุกรรมของไวรัส ซึ่งพบว่าเป็นดีเอ็นเอเส้นคู่ จนได้ขั้นตอนการตรวจเชื้อไวรัสด้วยวิธีพีซีอาร์ที่ไวและจำเพาะ วิธีการตรวจจะเริ่มด้วยการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างกุ้ง ถ้าเป็นลูกกุ้งจะใช้ทั้งตัวจำนวน 10-20 ตัว แต่ถ้าเป็นกุ้งขนาดใหญ่สามารถใช้ขาว่ายน้ำเพียง 1 ขา นำมาบดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที นำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำแข็งสักครู่ แล้วนำสารละลายเฉพาะส่วนใสมาทำพีซีอาร์ โดยเติมน้ำยาที่มีส่วนผสมของไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวและสารต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับปฏิกิริยา ต่อจากนั้นทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองโดยอาศัยการทำงานของเครื่องพีซีอาร์ ซึ่งการทำงานในแต่ละรอบของปฏิกิริยาประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ซึ่งควบคุมโดยอุณหภูมิต่างๆ กันคือ 90 °C 30 วินาที 60 °C 30 วินาที และ 72 °C 30 วินาที เป็นจำนวน 35 รอบ ได้ผลผลิตพีซีอาร์หรือชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 232 คู่เบสเพิ่มขึ้นจำนวนมาก เทคนิคดังกล่าวสามารถตรวจเชื้อไวรัสได้ถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงการติดเชื้อในวันแรกๆ ซึ่งมีปริมาณของเชื้อไวรัสอยู่น้อยมากก็ตาม

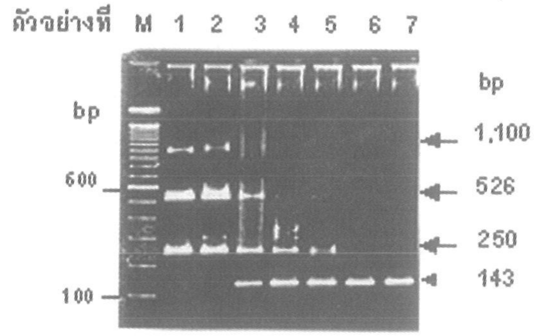


รูปที่ 9.2 ขั้นตอนการตรวจเชื้อไวรัสด้วยวิธีพีซีอาร์

การตรวจเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำด้วยวิธีพีซีอาร์ยังได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถบอกความรุนแรงของการติดเชื้อได้ โดยดูจากจำนวนแถบของผลผลิตพีซีอาร์ที่เกิดขึ้นบนแผ่นวุ้นอะกาโรส ถ้าพบ 3 แถบ (1,100 คู่เบส, 526 คู่เบสและ 250 คู่เบส) แสดงว่ามีการติดเชื้ออย่างรุนแรง ถ้ามี 2 แถบ (526 คู่เบสและ 250 คู่เบส) แสดงว่ามีการติดเชื้อปานกลาง และถ้ามีการติดเชื้อน้อยมากจะพบแถบผลผลิตพีซีอาร์เพียง 1 แถบ (250 คู่เบส) เท่านั้น



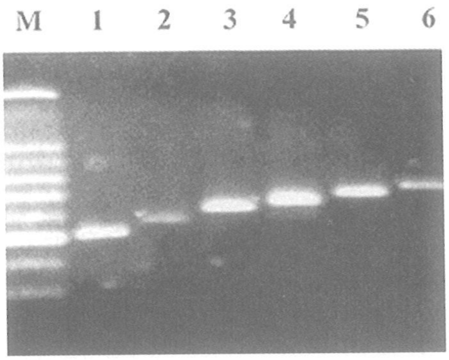
รูปที่ 9.3 แสดงผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 232 คู่เบส ที่เกิดจากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอของไวรัสตัวแดงดวงขาว จากภาพแสดงให้เห็นว่ามีการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในตัวอย่างที่ 1 2 3 4 และ 5 แต่ไม่มีการติดเชื้อในตัวอย่างที่ 6 7 และ 8



รูปที่ 9.4 แสดงการตรวจความรุนแรงในการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว โดยสังเกตจากจำนวนแถบของผลผลิตพีซีอาร์ที่เกิดขึ้น จากภาพแสดงว่าตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีการติดเชื้อไวรัสมากกว่าตัวอย่างที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ แต่ตัวอย่างที่ 6 และ 7 ไม่พบการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวเลย (แถบดีเอ็นเอขนาด 143 คู่เบสที่เห็นในช่องที่ 3-7 เป็นแถบดีเอ็นเอของไวรัสมีปริมาณน้อยหรือไม่มีเลย)

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์นอกจากจะนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพลูกกุ้งและพ่อแม่พันธุ์แล้ว เทคนิคพีซีอาร์ยังสามารถนำไปใช้ตรวจหาพาหะของเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวได้อีกด้วย จากการวิจัยพบว่าปูหลายชนิด เช่น ปูแสม ปูทะเล และปูเปี้ยว ที่พบในบริเวณฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ล้วนแต่เป็นพาหะของเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวทั้งสิ้น ความรู้ที่ได้นี้จึงเป็นประโยน์แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่ต้องเฝ้าระวังและกำจัดปูเหล่านี้ออกจากบ่อเลี้ยงก่อนนำลูกกุ้งลงบ่อ

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาการตรวจเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในเชิงระบาดวิทยา โดยเริ่มจากการศึกษาความแปรผันของยีนในเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในส่วน ORF94 (GenBankAF369029) ซึ่งพบว่ามีลำดับเบสที่ซ้ำกัน (variable number of tandem repeats) โดยมีเบสแกน (core) 54 เบส จากข้อมูลดังกล่าวได้นำไปพัฒนาเป็นชุดตรวจสอบทางระบาดวิทยาโดยเทคนิคพีซีอาร์ ผลของการนำชุดตรวจสอบนี้ไปใช้พบว่า ไวรัสตัวแดงดวงขาวที่ระบาดในประเทศไทยมีจำนวนซ้ำของเบสแกนที่แตกต่างกัน



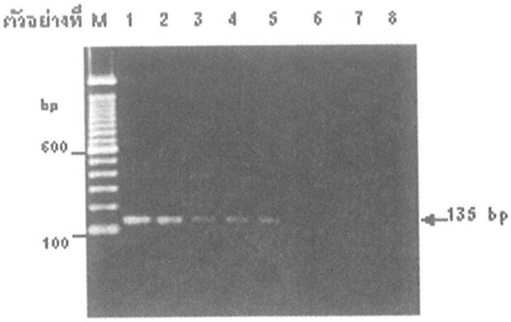
รูปที่ 9.5 แสดงความแตกต่างของจำนวนซ้ำของเบสแกนในยีนของไวรัสตัวแดงดวงขาว โดยจำนวนซ้ำของเบสแกนตั้งแต่ 6-11 ครั้ง จากตัวอย่างกุ้งกุลาดำที่ติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว ตัวอย่างที่ 1-6 ตามลำดับ

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์เพื่อการตรวจไวรัสหัวเหลือง

โรคหัวเหลืองเป็นโรคระบาดที่ร้ายแรงเช่นเดียวกับโรคไวรัสตัวแดงดวงขาว การระบาดของโรคหัวเหลืองเริ่มขึ้นในพื้นที่แถบจังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงคราม และต่อมาโรคนี้ยังได้ระบาดสร้างความเสียหายต่อไปยังจังหวัดในภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี และจังหวัดทางภาคใต้ เช่น นครศรีธรรมราช กุ้งที่ติดเชื้อไวรัสหัวเหลืองนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างจากกุ้งปกติอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ หัวของกุ้งจะมีสีเหลืองอ่อนและบางครั้งพบว่าเหงือกจะกลายเป็นสีเหลืองด้วย กุ้งที่เป็นโรคจะกินอาหารน้อยลง จนกระทั่งตายภายในเวลาเพียง 2-3 วัน ฟาร์มที่ประสบกับโรคระบาดนี้จะเห็นได้ในวันแรกว่ากุ้งจะว่ายอยู่ที่ผิวน้ำและมีตายให้เห็นบ้างประปราย แต่วันต่อมาจำนวนกุ้งที่ตายจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จนกระทั่งตายจนหมดบ่อ

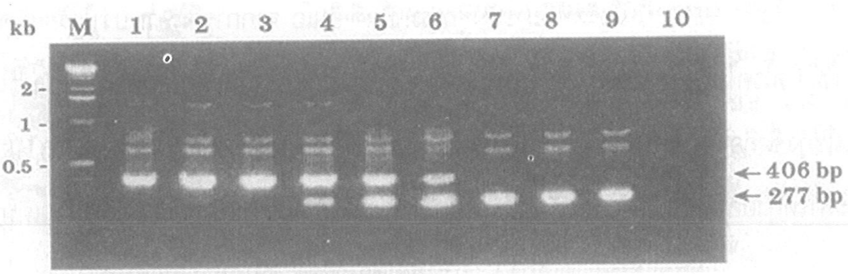
รูปที่ 9.6 แสดงกุ้งติดเชื้อไวรัสหัวเหลืองเปรียบเทียบกับกุ้งปกติ

จากการศึกษาในระดับยีนของไวรัสหัวเหลืองพบว่ามีสารพันธุกรรมเป็น RNA ดังนั้นวิธีการตรวจไวรัสหัวเหลืองจะแตกต่างจากการตรวจไวรัสตัวแดงดวงขาวเล็กน้อย กล่าวคือ จะต้องเพิ่มขั้นตอนการเปลี่ยน RNA ให้เป็น cDNA เสียก่อนแล้วจึงจะทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ตามปกติ วิธีนี้เรียกว่า วิธี RT-PCR (reverse transcription-PCR) โดยกระบวนการตรวจไวรัสหัวเหลืองจะเริ่มจากการสกัด RNA จากตัวอย่างเลือด (haemolymph) หรือเหงือกกุ้ง หรืออวัยวะน้ำเหลืองของกุ้ง แล้วนำ RNA ที่สกัดได้มาเปลี่ยนเป็น cDNA โดยปฏิกิริยาซึ่งอาศัยการทำงานของเอนไซม์ reverse transcriptase แล้วจึงทำการเพิ่มปริมาณของชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 135 คู่เบสด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์

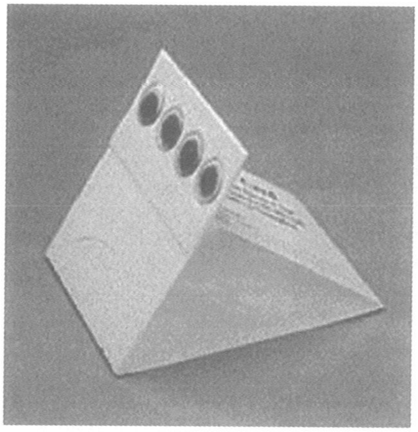


รูปที่ 9.7 แสดงผลผลิต RT-PCR ขนาด 135 คู่เบสจาก RNA ของไวรัสหัวเหลือง จากภาพแสดงว่ามีการติดเชื้อไวรัสหัวเหลืองในตัวอย่างที่ 1 2 3 4 และ 5 แต่ไม่มีการติดเชื้อในตัวอย่างที่ 6 7 และ 8

นอกจากไวรัสหัวเหลืองแล้วยังมีรายงานการพบไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคอีกชนิดหนึ่งในประเทศออสเตรเลียที่มีลักษณะคล้ายไวรัสหัวเหลืองมากชื่อ GAV (gill-associated virus) แต่กุ้งที่ติดเชื้อ GAV จะมีความรุนแรงของโรคน้อยกว่า และเมื่อทำการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่าไวรัส GAV และไวรัสหัวเหลืองมีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ใกล้เคียงกันมาก ข้อมูลดังกล่าวจึงได้ถูกนำไปพัฒนาเป็นชุดตรวจสอบไวรัสทั้งสองชนิดด้วยวิธี multiplex RT-PCR



รูปที่ 9.8 แสดง multiplex RT-PCR ในการตรวจหาเชื้อไวรัสหัวเหลือง (YHV) และไวรัส GAV ผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 277 bp จำเพาะกับไวรัสหัวเหลือง และผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 406 bp จำเพาะกับ GAV



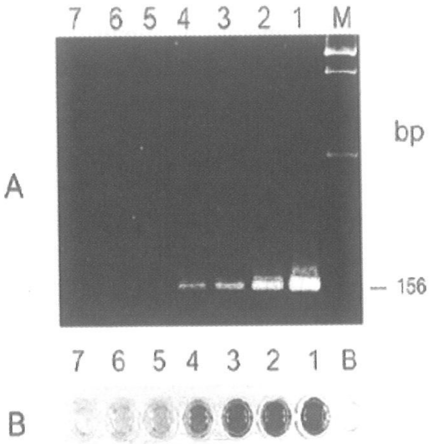
รูปที่ 9.9 แสดงกระดาษกรอง ISOCODE[R] สำหรับเก็บเลือดกุ้ง (Haemolymph) เพื่อการตรวจเชื้อไวรัสหัวเหลือง

คณะผู้วิจัยยังได้พัฒนาเทคโนโลยีการเก็บเลือดกุ้งหรือ haemolymph ไว้บนกระดาษกรองเพื่อประโยชน์ในการตรวจเชื้อหัวเหลืองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ เนื่องจากเชื้อไวรัสหัวเหลืองมีสารพันธุกรรมเป็น RNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย จึงต้องเก็บตัวอย่างเป็นอย่างดีเพื่อรักษาสภาพของ RNA โดยเฉพาะถ้าตัวอย่างอยู่ไกลจากห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างในน้ำแข็งแห้ง คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการเก็บที่ให้มีความง่ายและสะดวกมากขึ้น โดยหยดเลือดกุ้งลงบนกระดาษกรอง ใส่ซองจดหมาย ซึ่งวิธีการนี้สามารถเก็บตัวอย่างไว้ได้นานที่อุณหภูมิปกติ จากนั้นจึงนำส่งไปยังห้องปฏิบัติการได้อย่างง่ายทางไปรษณีย์ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างและการขนส่ง และยังทำให้การตรวจพีซีอาร์มีความถูกต้อง แม่นยำขึ้นด้วย

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์ในการตรวจไวรัส HPV (Hepatopancreatic parvovirus)

ไวรัส HPV เป็นไวรัสที่มีสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอ จากการศึกษาพบว่าไวรัสชนิดนี้ทำให้เกิดโรคในกุ้งหลายชนิดและมีการติดต่อผ่านจากแม่กุ้งเข้าสู่ลูกกุ้งในลักษณะที่ผ่านเข้าไปในไข่กุ้ง ซึ่งถือว่าเป็นการติดต่อโรคในแนวดิ่งโดยตรง (vertical transmission) เชื้อไวรัส HPV จะทำให้กุ้งอ่อนแอ เนื่องจากตับซึ่งทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยและดูดซึมอาหารทำงานไม่เต็มที่ ตับจะค่อนข้างมีสีซีดและขนาดเล็กลง กุ้งที่ติดเชื้อไวรัสชนิดนี้อย่างรุนแรงอาจมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งช้าหรือแคระแกร็น

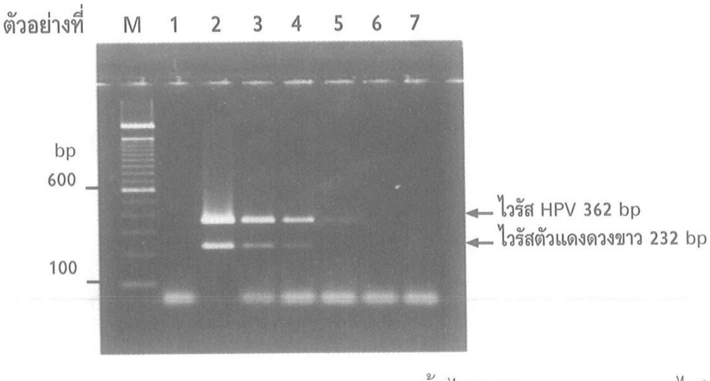
การศึกษาจีโนมของไวรัส HPV นำไปสู่การพัฒนาชุดตรวจสอบไวรัสชนิดนี้ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยไพรเมอร์ที่ออกแบบสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ จะให้ผลผลิตขนาด 156 bp และ



รูปที่ 9.10 แสดงกุ้งการตรวจหาเชื้อไวรัส HPV ด้วยวิธีพีซีอาร์ (A) เปรียบเทียบกับวิธี PCR-ELISA (B) พบว่าวิธีพีซีอาร์สามารถตรวจเชื้อไวรัสได้ไวในระดับ 300 อนุภาคไวรัส (lane 4) ในขณะที่วิธี PCR-ELISA สามารถตรวจได้ไวกว่า 100 เท่า โดยจะเห็นสารละลายสีเขียวในระดับ 3 อนุภาคไวรัส

ยังพัฒนาต่อจนได้เทคนิค PCR-ELISA เพื่อทดแทนการดูผลการตรวจบนแผ่นเจลอะกาโรส กล่าวคือ ถ้ามีการติดเชื้อไวรัส HPV ก็จะเกิดสารละลายสีเขียวขึ้นใน microtiter plate

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาการตรวจเชื้อไวรัส HPV และไวรัสตัวแดงดวงขาวให้สามารถตรวจได้พร้อมกันในครั้งเดียว โดยเรียกวิธีนี้ว่า เทคนิค multiplex PCR ทำให้ประหยัดเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายด้วย

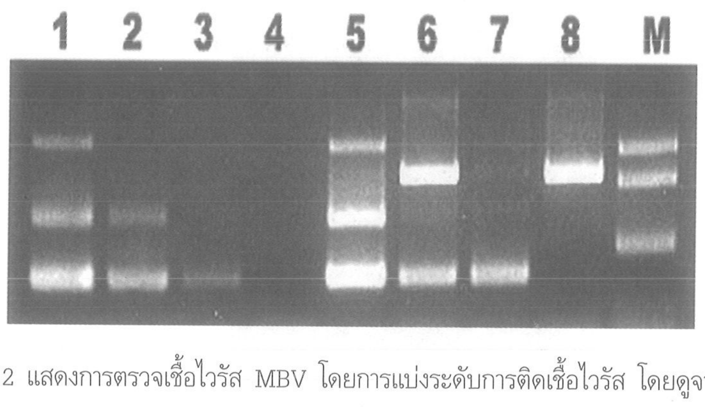


รูปที่ 9.11 แสดง multiplex PCR สำหรับการตรวจเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวและไวรัส HPV พร้อมกัน ถ้าพบผลผลิตพีซีอาร์บนแผ่นวุ้นทั้งสองแถบ (ตัวอย่างที่ 2 3 และ 4) แสดงว่ามีการติดเชื้อไวรัสทั้งสองชนิด ถ้าพบเพียง 1 แถบ ขนาด 362 คู่เบส (ตัวอย่างที่ 5) แสดงว่าติดเฉพาะไวรัส HPV

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์ในการตรวจไวรัส MBV (Monodon baculovirus)

ไวรัส MBV ถูกพบครั้งแรกในประเทศไต้หวันเมื่อ พ.ศ. 2533 และปัจจุบันพบไวรัสชนิดนี้ได้ทั่วไปในฟาร์มกุ้งของประเทศไทย ไวรัส MBV ไม่ทำให้เกิดการตายอย่างเฉียบพลันเหมือนกับไวรัสตัวแดงดวงขาวและไวรัสหัวเหลือง แต่มีรายงานว่าจะทำให้อัตราการกินอาหารและการเจริญเติบโตลดลงเช่นเดียวกับไวรัส HPV การติดเชื้อไวรัส MBV จะพบภายในตับของกุ้ง ไวรัสจะมีการติดต่อผ่านจากแม่กุ้งไปยังลูกกุ้ง โดยเชื้อไวรัสจะปนเปื้อนมากับขี้ของแม่กุ้งและติดต่อไปยังลูกกุ้งอีกทอดหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะของการติดต่อโรคโดยการปนเปื้อน (contamination)

จากการศึกษาจีโนมของไวรัส MBV พบว่ามีสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอในตระกูล baculovirus ปัจจุบันนักวิจัยชาวออสเตรเลียชื่อ C.R. Belcher และ P.R. Young ได้ทำการพัฒนาวิธีการตรวจหาเชื้อ MBV ด้วยวิธี nested PCR ขึ้น โดยได้ผลผลิตพีซีอาร์ ขนาด 361 bp และในปัจจุบันบริษัท Farming IntelliGene Technology Corporation ได้พัฒนาเทคนิคพีซีอาร์ให้สามารถแบ่งแยกความรุนแรงของการติดเชื้อไวรัสชนิดนี้ได้

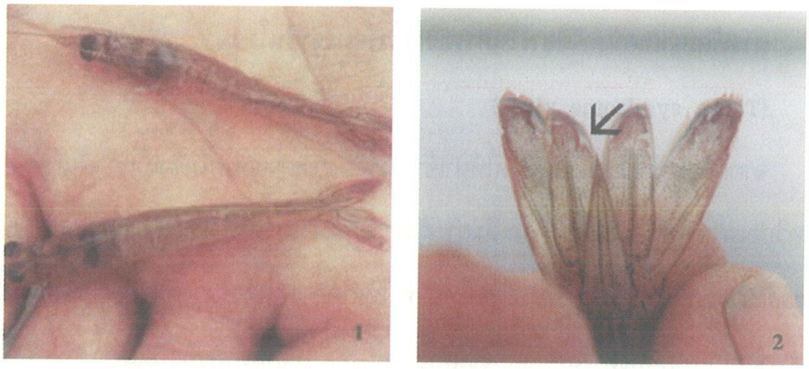


รูปที่ 9.12 แสดงการตรวจเชื้อไวรัส MBV โดยการแบ่งระดับการติดเชื้อไวรัส โดยดูจากจำนวนแถบของผลผลิตพีซีอาร์ที่เกิดขึ้น โดยตัวอย่างที่ 1 5 มีการติดเชื้ออย่างรุนแรง ตัวอย่างที่ 2 มีการติดเชื้อปานกลาง และตัวอย่างที่ 3 6 และ 7 มีการติดเชื้อน้อย

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์ในการตรวจไวรัสทอร่าซินโดรม (Taura syndrome virus)

จากการที่กรมประมงอนุญาตให้นำเข้าและเลี้ยงกุ้งขาวเวนนาไมซึ่งเป็นกุ้งพันธุ์พื้นเมืองของทวีปอเมริกาเหนือและใต้ที่มีชื่อเต็มว่า กุ้งขาวแวนนาไม หรือ Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) ได้ในประเทศไทย ทำให้เกิดการตื่นตัวในวงการเลี้ยงกุ้งพอสมควร มีโรงเพาะฟักหลายแห่งต่างเพาะลูกกุ้งชนิดนี้ออกมาขายให้เกษตรกรทั่วไปแล้ว

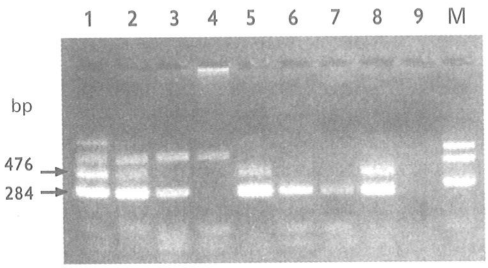
การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ โดยเฉพาะเรื่องโรคประจำตัวของกุ้งชนิดนี้ โรคติดเชื้อไวรัสที่สำคัญคือโรคทอร่า (Taura syndrome) ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัสทอร่าซินโดรม (Taura Syndrome Virus; TSV) ไวรัสชนิดนี้สามารถก่อให้เกิดโรคในกุ้งขาวที่สำคัญของอเมริกาทั้ง 2 ชนิด คือ *Penaeus vannamei* และ *P. stylirostris* แต่ความรุนแรงของโรคกลับต่างกันในกุ้งแต่ละชนิด โดยปกติกุ้ง *P. stylirostris* ทนทานต่อโรคนี้มากกว่า *P. vannamei* และแม้ว่ากุ้ง *P. stylirostris* จะตรวจพบเชื้อไวรัสชนิดนี้ก็ยังสามารถเลี้ยงต่อจนจับขายได้ถ้าเกษตรกรมีการจัดการที่ดีพอ ในทางกลับกัน กุ้ง *P. vannamei* มักมีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 75-80 เมื่อติดเชื้อ ไวรัสชนิดนี้ได้ทำความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างเห็นได้ชัดต่อผลผลิตกุ้งขาวและเคยสร้างความเสียหายให้กุ้งขาวในทวีปอเมริกาใต้กว่า 100 ล้านเหรียญสหรัฐมาแล้ว ในประเทศไทยมีรายงานจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวถึงการพบโรคทอร่าครั้งแรกในช่วงเดือนเมษายนในปี พ.ศ. 2546 ในจังหวัดนครปฐมและฉะเชิงเทรา ซึ่งทำความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวเป็นอย่างมาก โรคทอร่าสามารถพบได้ในกุ้งทุกขนาด แต่จะพบมากและมีความรุนแรงในระยะ 14-40 วันหลังการปล่อยกุ้ง อาการของกุ้งป่วยคือ จะกินอาหารลดลง เปลือกนิ่ม ตัวกุ้งจะมีสีชมพูหรือแดงอมชมพูเรื่อๆ แพนหางและขาว่ายน้ำจะมีสีแดง กุ้งจะทยอยตาย แต่จะตายมากในช่วงที่กุ้งลอกคราบ กุ้งขาวที่รอดตายจากการติดเชื้อไวรัสจะมีแผลเป็นรอยตกสะเก็ดสีดำอยู่ทั่วไปตามลำตัว



รูปที่ 9.13 แสดงกุ้งขาวที่ติดเชื้อไวรัส TSV จะมีสีชมพูหรือแดงอมชมพูเรื่อๆ แพนหางและขาว่ายน้ำจะมีสีแดง

รูปที่ 9.14 แสดงกุ้งขาวที่รอดตายจากการติดเชื้อไวรัส TSV จะมีแผลเป็นรอยตกสะเก็ดสีดำอยู่ทั่วไปตามลำตัว

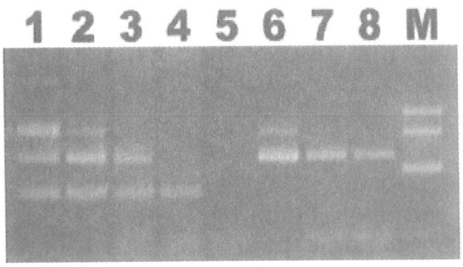
ไวรัสทอร่ามีขนาด 31-34 นาโนเมตร มีสารพันธุกรรมเป็น RNA สายเดียว จัดเป็นพวก พิโคนาไวรัส (picornavirus) ซึ่งจะเข้าไปอาศัยอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์บุผนังของกุ้งที่ติดเชื้อ ปัจจุบันมีการพัฒนาการตรวจไวรัส TSV ด้วยวิธี nested RT-PCR ให้สามารถแยกความรุนแรงในการติดเชื้อไวรัสได้โดยบริษัท Farming IntelliGene Technology Corporation จากประเทศไต้หวัน



รูปที่ 9.15 แสดงการตรวจหาเชื้อไวรัสทอร่าซินโดรมด้วยเทคนิค nested RT-PCR โดยถ้าพบผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 284 bp และ 476 bp แสดงว่ามีการติดเชื้อรุนแรง แต่ถ้าพบเพียงผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 284 bp แสดงว่ามีการติดเชื้อน้อย

การพัฒนาเทคนิคพีซีอาร์ในการตรวจไวรัส IHHNV (Infectious hypodermal and hepatopoietic necrosis virus)

โรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งขาวอีกโรคหนึ่ง คือ โรคเจริญเติบโตช้าและกรีงอในกุ้งขาว *P. vannamei* และก่อให้เกิดการตายในกุ้งขาว *P. stylirostris* ซึ่งเกิดจากการติดเชื้อไวรัสชนิดหนึ่ง ชื่อว่า Infectious Hypodermal and Hepatopoietic Necrosis Virus เชื้อไวรัสชนิดนี้มีสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอกุ้งขาว *P. vannamei* ที่นิยมเลี้ยงกันในประเทศไทยในขณะนี้ถ้าหากติดเชื้อไวรัส IHHNV จะแสดงอาการอย่างเรื้อรังหรือที่เรียกว่า runt-deformity syndrome (RDS) โดยกุ้งในระยะวัยรุ่น (2-3 เดือน) จะมีอาการกรีคดงอ เสียรูปร่าง หนวดงอ เปลือกไม่เรียบและเสียรูปร่าง และ



รูปที่ 9.16 แสดงการตรวจเชื้อไวรัส IHHNV โดยแบ่งระดับการติดเชื้อไวรัส โดยดูจากจำนวนแถบของผลผลิตพีซีอาร์ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างที่ 1 มีการติดเชื้ออย่างรุนแรง ตัวอย่างที่ 2 มีการติดเชื้อปานกลาง และตัวอย่างที่ 3 มีการติดเชื้อน้อย

ไม่โต โดยจะพบกุ้งลักษณะเช่นนี้ถึงร้อยละ 30-50 ของกุ้งภายในบ่อที่เป็นโรค ทำให้กุ้งไม่โตและแตกไซส์อย่างเห็นได้ชัด ปัจจุบันบริษัท Farming IntelliGene Technology Corporation ได้พัฒนาการตรวจเชื้อไวรัสชนิดนี้โดยเทคนิคพีซีอาร์ให้สามารถแบ่งแยกความรุนแรงของการติดเชื้อได้

เทคโนโลยีการผลิตสารต้านโรคไวรัสในกุ้งกุลาดำ

นับจนถึงขณะนี้มีไวรัส 2 ชนิดที่สร้างความเสียหายต่ออุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยอย่างมาก ได้แก่ ไวรัสตัวแดงดวงขาวและไวรัสหัวเหลือง สำหรับไวรัสตัวแดงดวงขาวนั้นนอกจากนักวิจัยไทยแล้วยังมีผู้ทำการศึกษาไวรัสชนิดนี้อีกหลายกลุ่มด้วยกัน โดยการศึกษามุ่งเน้นไปถึงลำดับนิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของยีนที่ทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของไวรัส เป็นตัวกำหนดความรุนแรงในการก่อโรคของไวรัส การศึกษาไวรัสในระดับยีนนำไปสู่ความรู้ว่ายีนใดทำหน้าที่ผลิตโปรตีนอะไร และโปรตีนชนิดนั้นมีกระบวนการหรือความสำคัญต่อการเหนี่ยวนำให้กุ้งเป็นโรคได้อย่างไร เมื่อรู้ถึงกลไกการเกิดโรคในกุ้งแล้วก็จะสามารถหาวิธีการป้องกันการเกิดโรคในกุ้งได้

จากการรวบรวมผลงานวิจัยในการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของไวรัสตัวแดงดวงขาว พบว่า ไวรัสตัวแดงดวงขาวมีขนาดจีโนมที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวน 292-300 กิโลเบส ส่วนไวรัสหัวเหลืองประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวน 26 กิโลเบส ทำให้ไวรัสหัวเหลืองมีขนาดเล็กกว่าไวรัสตัวแดงดวงขาวถึง 12 เท่าตัว ขนาดของจีโนมไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความรุนแรงในการก่อโรคในกุ้ง หากแต่ขึ้นอยู่กับการที่ไวรัสเข้าไปมีบทบาทอย่างไรต่อกุ้ง

ไวรัสตัวแดงดวงขาวประกอบด้วยโปรตีนโครงสร้างหลัก 5 ชนิด และโปรตีนที่ยังไม่สามารถระบุหน้าที่ได้อีกจำนวนหนึ่ง โดยโปรตีนโครงสร้างหลัก 5 ชนิดมีชื่อเรียกตามขนาดของโปรตีนเมื่อนำมาแยกบนแผ่นวุ้นว่า VP28, VP26, VP24, VP19 และ VP 15 เช่น VP28 หมายถึงโปรตีนขนาด 28 กิโลดาลตัน เป็นต้น จากการศึกษาอย่างต่อเนื่องพบว่า

โปรตีน VP28 และ VP19 เป็นโปรตีนที่ฝังตัวอยู่ในเปลือกหุ้มไวรัส (envelope) ส่วนโปรตีน VP26, VP24 และ VP15 เป็นโปรตีนในส่วน nucleocapsid การศึกษาในลำดับต่อมาประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ทำให้เชื่อว่าโปรตีน VP28 และ VP19 อาจจะมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งกุลาดำด้วย

ผลการวิจัยโปรตีนต่างๆ ของไวรัสหัวเหลืองพบว่า ประกอบด้วยโปรตีนโครงสร้างและโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเกิด replication และ transcription โปรตีนโครงสร้างของไวรัสหัวเหลืองมี 3 ชนิด เรียกชื่อตามขนาดของโปรตีนเมื่อนำมาแยกบนแผ่นวุ้นว่า gp116, gp64 และ gp22 โดยโปรตีน gp116 และ gp64 เป็นโปรตีนที่มีการเติมหมู่น้ำตาล (glycoprotein) ทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้างที่อยู่ในส่วนของเปลือกหุ้มไวรัส (envelope) ซึ่งเชื่อกันว่าโปรตีนทั้งสองนี้จะมีบทบาทที่สำคัญในการช่วยให้ไวรัสเข้าสู่ตัวกุ้ง และในขณะเดียวกันโปรตีนอาจมีส่วนในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งได้ สำหรับโปรตีน p22 ยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดแต่คาดว่าอาจจะไม่มีส่วนในการเหนี่ยวนำหรือกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้ง

ปัจจุบันนักวิจัยไทยได้ใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมทำการตัดต่อยีนที่ผลิตโปรตีนโครงสร้าง gp116 และ gp64 ของไวรัสหัวเหลืองเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียเพื่อให้แบคทีเรียทำการผลิตโปรตีนดังกล่าว แต่ข้อเสียที่เกิดจากการผลิตโปรตีนโดยใช้เซลล์แบคทีเรียคือโปรตีนที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากการผลิตโปรตีนตามธรรมชาติที่เกิดในเซลล์กุ้ง อย่างไรก็ดีได้มีรายงานเกี่ยวกับการนำโปรตีนที่ผลิตจากเซลล์แบคทีเรียไปใช้ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลาเทราท์ ผลการทดลองพบว่า สามารถกระตุ้นให้ปลาสร้างแอนติบอดีต่อโปรตีนที่ฉีดเข้าไป และสามารถป้องกันการติดเชื้อจากไวรัสได้ กลุ่มนักวิจัยไทยจึงเกิดแนวความคิดที่จะผลิตโปรตีน gp116 และ gp64 ให้ได้ปริมาณมากและนำไปผสมกับอาหารกุ้ง หรืออาจให้อยู่ในรูปสารแขวนลอยในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งเมื่อกุ้งได้รับการกระตุ้นแล้วโปรตีนดังกล่าวอาจช่วยเหนี่ยวนำให้กุ้งมีการสร้างสารบางอย่างขึ้นมาต่อต้านเมื่อเกิดการรุกรานของไวรัสหัวเหลืองได้

เอกสารอ้างอิง

Wongteerasupaya, C., Vickers, J.E., Sriuraiwatana, S., Nash, G.L., Akarajamorn, A., Boonsaeng, V., Panyim, S., Tassanakajon, A., Withyachumnarnkul, B. and Flegel, T.W. 1995. A non-occluded, systemic Baculovirus that occurs in cells of Ectodermal and Mesodermal origin and causes high mortality in the black tiger prawn, *Penaeus monodon. Diseases of Aquatic Organisms* **21:** 69-77.

Wongteerasupaya, C., Tongchuea, W., Boonsaeng, V., Panyim, S., Tassanakajon, A., Withyachumnarnkul, B. and Flegel, T.W. 1997. Detection of yellow-head virus (YHV) of *Penaeus monodon* by RT-PCR amplification. *Diseases of Aquatic Organisms* **31:** 181-186.

Kanchanaphum, P., Boonsaeng, V., Sittidilokratna, N., Panyim, S., Wongteerasupaya, C., Tassanakajon, A., Withyachumnarnkul, B. and Flegel, T.W. 1998. Experimental transmission of white-spot baculovirus (WSBV) from crabs to shrimp (*Penaeus monodon*). *Diseases of Aquatic Organisms* **34:** 1-7.

Cowley, JA., Dimmock, CM., Wongteerasupaya, C., Boonsaeng, V., Panyim, S and Walker, PJ. 1999. Yellow head virus from Thailand and gill-associated virus from Australia are closely related but distinct prawn viruses. *Diseases of Aquatic Organisms* **36:** 153-157.

Sukhumsirichart, W., Wongteerasupaya, C., Boonsaeng, V., Panyim, S., Sriurairatana, S., Withyachumnarnkul, B and Flegel, T.W. 1999. Characterization and PCR detection of hepatopancreatic parvovirus (HPV) from *Penaeus monodon* in Thailand. *Diseases of Aquatic Organisms* 38: 1-10.

Kiatpathomchai, W., Boonsaeng, V., Tassanakajon, A., Wongteerasupaya, C., Jitrapakdee, S. and Panyim S. 2001. A non-stop, single-tube semi-nested PCR technique for grading the severity of white spot syndrome virus (WSSV) infections in *Penaeus monodon. Diseases of Aquatic Organisms* **47:** 236-239.

Sukhumsirichart, W., Kiatpathomchai, W., Wongteerasupaya, C., Withyachumnarnkul, B., Flegel, T.W., Boonsaeng, V., Panyim, S. 2002. Detection of hepatopancreatic parvovirus (HPV) infection in *Penaeus monodon* using PCR-ELISA. *Molecular and Cellular Probes* **16:** 409-413.

Wongteerasupaya, C., Pungchai, P., Withyachumnrnkul, B., Boonsaeng, V., Panyim, S., Flegel, T.W., Walker, P.J. 2003. High variation in repetitive DNA fragment length for white spot syndrome virus (WSSV) isolates in Thailand. *Diseases of Aquatic Organisms* **54:** 253-257.

Kiatpathomchai, W., Jitrapakdee, S., Panyim, S., Boonsaeng, V. 2004. RT-PCR detection of yellow head virus (YHV) infection in *Penaeus monodon* using dried haemolymph spots. *J Virol Methods* **119:** 1-5.

วรรณสิกา เกียรติปฐมชัย ศราวุฒิ จิตรภักดี สกล พันธุ์ยิ้ม และ วิชัย บุญแสง. การเก็บเลือดกุ้งวิธีใหม่บนกระดาษกรองเพื่อการตรวจหาเชื้อไวรัสหัวเหลืองในกุ้งกุลาดำด้วยเทคนิค RT-PCR. ใน Proceedings การประชุมวิชาการกุ้งทะเลแห่งชาติ ครั้งที่ 5. หน้า 50-57 โดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. วันที่ 29-30 มีนาคม 2547.

วรรณสิกา เกียรติปฐมชัย นุสรา สิทธิดิลกรัตน์ ศราวุฒิ จิตรภักดี วิชัย บุญแสง และ อัญชลี ทัศนาขจร. "จีโนมกุ้ง" ในหนังสือจีโนมิกส์ ภาษาแห่งชีวิต บทที่ 6 หน้า 125-144. โดยมูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ธันวาคม 2545.

วรรณสิกา ทองเชื้อ ชัยณรงค์ วงศ์ธีรทรัพย์ และ วิชัย บุญแสง การตรวจหาระดับการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวและการตรวจหาเชื้อไวรัสหัวเหลืองด้วยวิธี PCR. วารสารริมบ่อ ฉบับที่ 24 เดือนกุมภาพันธ์ 2542 หน้า 38-40

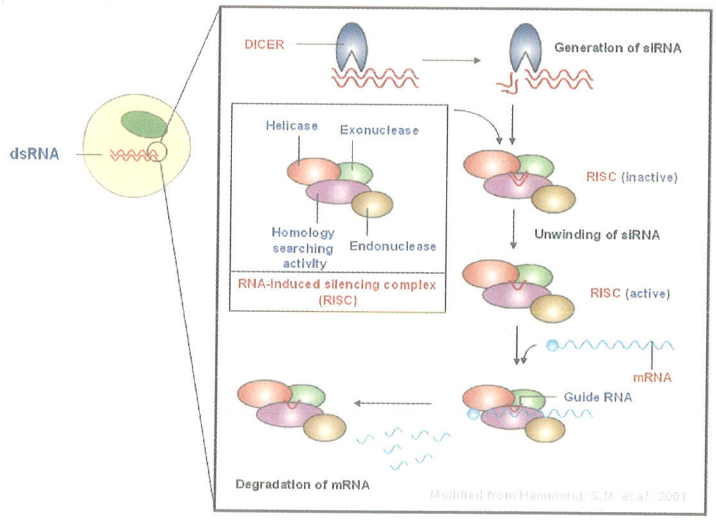
บทที่ 10

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RNAi ในการป้องกันโรคไวรัสในกุ้ง

วิฑูรย์ ถิระโสภณ
กนกพร ไตรวิทยากร
สถาบันอณูชีววิทยาและพันธุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ในช่วงระยะเวลา 3-4 ปีที่ผ่านมา คำศัพท์ใหม่ๆ เช่น RNA interference (RNAi) Post Transcriptional Gene Silencing (PTGS) หรือ Small Interfering RNA (siRNA) เริ่มปรากฏบ่อยขึ้นในแวดวงการวิจัยวิทยาศาสตร์ และเริ่มขยายออกสู่ภาคสาธารณชนมากขึ้น ทั้ง RNAi และ PTGS จัดว่าเป็นกลไกตามธรรมชาติชนิดเดียวกันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ยับยั้งการแสดงออกของยีนอย่างมีความจำเพาะ โดยที่ข้อมูลบนสารพันธุกรรมแบบ RNA ในลักษณะเกลียวคู่ (double-stranded RNA; dsRNA) เป็นตัวกำหนดว่ายีนเป้าหมายที่จะถูกยับยั้งคือยีนใด เหตุที่มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไปนั้นเนื่องจากกระบวนการทั้งสองถูกค้นพบครั้งแรกในสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน PTGS เป็นชื่อกลไกที่พบในพืช โดยที่นักวิทยาศาสตร์ซึ่งพยายามทำการเพิ่มจำนวนยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีในดอกของ

ต้น Petunia พบว่าจำนวนยีนเพิ่มขึ้นกลับทำให้ดอกที่มีสีจางลงจนเกือบเป็นสีขาว ซึ่งแสดงว่าจำนวนยีนที่พืชได้รับเพิ่มขึ้นนั้นไปยับยั้งการแสดงออกของยีนที่มีอยู่เดิม ส่วนกระบวนการ RNAi ได้รับการตั้งชื่อจากการค้นพบการยับยั้งการทำงานของยีนในหนอนตัวกลม *Caenorhabditis elegans* อย่างไรก็ตามขั้นตอนสำคัญของกลไกนี้คือ จะต้องมีการสร้าง dsRNA ขึ้น โดย dsRNA สายยาวที่ปรากฏขึ้นในเซลล์ทั้งจากยีนที่ใส่เพิ่มเข้าไปหรือจากการนำ dsRNA ที่สังเคราะห์เข้าสู่เซลล์โดยตรงจะถูกตัดด้วยเอนไซม์ให้สั้นลงถึงขนาดประมาณ 22-25 คู่เบส (รูปที่ 10.1) ซึ่งเรียก RNA สายสั้นนี้ว่า small interfering RNA (siRNA) จากนั้น siRNA จะรวมตัวกับโปรตีนภายในเซลล์อีกหลายชนิดก่อนจะถูกแยกให้เป็นสายเดี่ยว ข้อมูลลำดับเบสบนสาย siRNA นี้ทำหน้าที่ในการค้นหา messenger RNA (mRNA) เป้าหมายที่มีลำดับเบสคู่สมที่เข้าคู่กับลำดับของ siRNA พอดี ซึ่งหลังจากจับคู่กันแล้วเอนไซม์ ribonuclease จะทำการย่อย mRNA นี้ทิ้งไป ทำให้ไม่สามารถใช้เป็นแม่แบบในการสร้างโปรตีนได้ กระบวนการนี้มีความจำเพาะสูงมาก เช่น หากลำดับเบสใน siRNA ต่างจาก mRNA เพียงหนึ่งตำแหน่งเท่านั้น mRNA เป้าหมายก็จะไม่ถูกทำลาย



รูปที่ 10.1 แสดงกลไกและองค์ประกอบหลักของ RNA interference (RNAi)
(ดัดแปลงจาก Hammond, SM et al. 2001)

ในระยะแรกกลไกนี้ยังไม่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์มากนัก เพราะคาดกันว่าเป็นกลไกที่มีอยู่เฉพาะในสิ่งมีชีวิตเพียงบางชนิดเท่านั้น รวมทั้งในระยะแรกไม่พบกลไกนี้ในเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เนื่องจากผลการทดลองในระยะแรกๆ แสดงว่าเมื่อนำ dsRNA สายยาวเข้าสู่เซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมักก่อให้เกิดการยับยั้งการแสดงออกของยีนแบบไม่จำเพาะและนำไปสู่การตายของเซลล์ในที่สุด แต่ในภายหลังผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหากใช้ dsRNA ที่มีขนาดประมาณ 22-25 คู่เบส จะได้ผลที่จำเพาะและไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ซึ่งแสดงว่ากลไกนี้ทำงานได้ดีในเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเช่นกัน

จากการค้นพบดังกล่าว เทคโนโลยี RNAi จึงเริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างแพร่หลายในการศึกษาหน้าที่การทำงานของยีนแทนที่วิธีการกำจัดยีน (gene knockout) ในสัตว์ทดลอง ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมที่มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ข้อได้เปรียบที่ชัดเจนของการประยุกต์ใช้ RNAi คือ สามารถทำได้ในเวลาที่สั้นและทำได้ในเซลล์เกือบทุกชนิด รวมไปจนถึงในระดับสัตว์ทดลองด้วย จากจุดเด่นที่หลากหลายของ RNAi กลไกนี้จึงถูกนำมาประยุกต์เพื่อการวิจัยมากมาย เช่น ในการทำยีนบำบัด (gene therapy) หรือการใช้ RNAi สำหรับการรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสเอชไอวี (HIV) ซึ่งปัจจุบันกำลังอยู่ในระหว่างการทำการทดสอบในระดับคลินิก และสำหรับประเทศไทยนั้นมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำ RNAi มาประยุกต์ใช้กับปัญหาของประเทศที่ยังไม่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศมากนัก เช่น การแก้ปัญหาโรคไวรัสในฟาร์มกุ้ง

เป็นที่ทราบดีว่าในปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งในประเทศกำลังถูกคุกคามอย่างหนักจากโรคไวรัสหลายชนิด เช่น ไวรัสหัวเหลือง ไวรัสตัวแดงดวงขาว และไวรัสทอร่า เป็นต้น แต่เนื่องจากยังไม่มีวิธีป้องกันหรือรักษาที่ได้ผล โรคไวรัสในกุ้งจึงยังคงก่อให้เกิดความเสียหายต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งและต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างต่อเนื่อง กลุ่มนักวิจัยไทยจากสถาบันอณูชีววิทยาได้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ RNAi ในการป้องกันการติดเชื้อและลดการระบาดของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในกุ้งเลี้ยง ซึ่งจากผลการศึกษาในเบื้องต้นโดยใช้

เซลล์ปฐมภูมิ (primary cells) ของกุ้งกุลาดำพบว่า กลไก RNAi มีอยู่ในเซลล์ของสัตว์ประเภทกุ้งเช่นกัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคาดว่าเทคโนโลยี RNAi จะเป็นหนทางใหม่อีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาโรคไวรัสกุ้งได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Dykxhoorn, DM, Novina, CD and Sharp, PA. 2003. Killing the messenger: short RNAs that silence gene expression. *Nat Rev Mol Cell Biol.* **4:** 457-467.

Gitlin, L, Karelsky, S and Andino R. 2002. Short interfering RNA confers intracellualr antiviral immunity in human cells. *Nature* **418:** 430-434.

Hammond SM, Boettcher S, Caudy AA, Kobayashi R and Hannon GJ. 2001. Argonaute2, a link between genetic and biochemical analyses of RNAi. *Science* **293:** 1146-1150.

Hannon, GJ. 2002. RNA interference. *Nature* **418:** 244-251.

บทที่ 11

พันธุศาสตร์ของกุ้งกุลาดำ: จากความหลากหลายทางพันธุกรรมสู่การศึกษาจีโนม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการทรัพยากร

ศิราวุธ กลิ่นบุหงา

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

อัญชลี ทัศนาขจร

หน่วยวิจัยอณูชีววิทยาและจีโนมกุ้ง ภาควิชาชีวเคมี

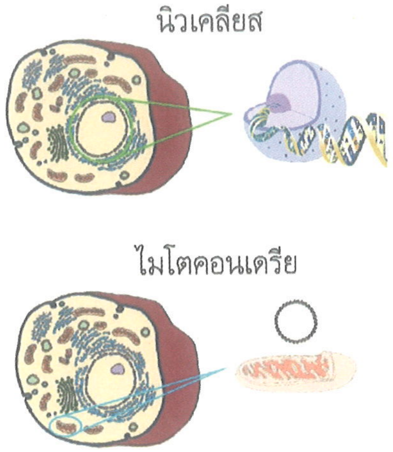
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ช่วยให้มีการวางแผนและจัดการทรัพยากรในธรรมชาติอย่างเหมาะสม ในสัตว์เศรษฐกิจอย่างเช่นกุ้งกุลาดำนั้น การศึกษาและรวบรวมข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมของกุ้งจากแหล่งต่างๆ ในธรรมชาติและจากที่ทำการเพาะเลี้ยง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาพันธุศาสตร์ประชากร (Population genetics) นับได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง ในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะหรือฟีโนไทป์ (phenotype) ที่ต้องการ เช่น โตเร็ว ต้านทานโรค จะเป็นการเพิ่มความแปรผันของยีนหรือยีโนไทป์ (genotype) นั้นในกลุ่มประชากร

ขณะที่ความแปรผันของยีนในประชากรธรรมชาติเกิดจากสาเหตุสำคัญคือ การผ่าเหล่า (mutation) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของวิวัฒนาการ การผ่าเหล่าทำให้เกิดความแตกต่างแปรผันของยีน โดยรูปแบบของยีนหรืออัลลีล (allele) ที่เป็นผลจากการผ่าเหล่าจะมีความถี่สูงขึ้นหรือลดลงจนสูญหายไปจากประชากรนั้นเกิดจากปัจจัยสำคัญคือ การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) ความแปรผันของยีนในประชากรกุ้งกุลาดำสามารถตรวจสอบด้วยเทคนิคทางอณูชีววิทยา โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular markers) ได้แก่ ดีเอ็นเอและเอนไซม์เป็นตัวบ่งชี้ ข้อมูลที่ได้ไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสายพันธุ์ แต่ยังจำเป็นต่อการจัดการพันธุกรรมและการบำรุงพันธุ์เพื่อดำรงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรมในธรรมชาติ

เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA markers)

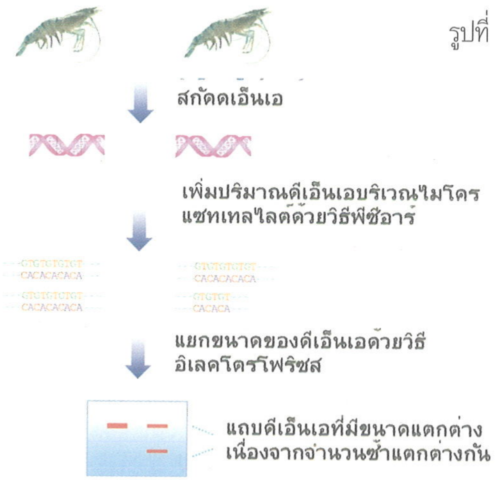
ดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตสามารถบอกความเป็นตัวตนหรือเอกลักษณ์ของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ เครื่องหมายดีเอ็นเอจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ในช่วงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1966 เป็นต้นมา มีการนำวิธีการตรวจความแตกต่างของเอนไซม์ในกลุ่มของไอโซไซม (isozymes) หรืออัลโลไซม์ (allozymes) โดยการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าหรือการทำอิเล็กโตรโฟริซิส (electrophoresis) มาใช้ตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมเพื่อศึกษาวิวัฒนาการและพันธุศาสตร์ประชากร ทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการทำอิเล็กโตรโฟริซิสของเอนไซม์มีข้อจำกัด ทั้งทางด้านการเก็บตัวอย่างให้มีคุณภาพดีและความไว (sensitivity) ของวิธีในการตรวจสอบ เนื่องจากการตรวจเอนไซม์จะพบความแตกต่างที่เกิดเฉพาะส่วนที่เป็นยีนเท่านั้น ภายหลังเมื่อมีการตรวจดีเอ็นเอพบว่าการตรวจมีความไวมากกว่า เพราะสามารถตรวจความแปรผันที่เกิดจากส่วนต่างๆ ของดีเอ็นเอ ไม่เฉพาะส่วนที่เป็นยีนเท่านั้น จึงทำให้การตรวจในระดับดีเอ็นเอได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าใจปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับพันธุศาสตร์มากขึ้น



รูปที่ 11.1 ดีเอ็นเอจากนิวเคลียสและไมโตคอนเดรีย

ดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยส่วนที่อยู่บนโครโมโซม (chromosomal DNA) และส่วนที่ไม่อยู่บนโครโมโซม (extrachromosomal DNA) ซึ่งประกอบด้วย ไมโตคอนเดรียลดีเอ็นเอ (mitochondrial DNA) ในเซลล์สัตว์ (รูปที่ 11.1) และไมโตคอนเดรียลดีเอ็นเอรวมทั้งคลอโรพลาสต์ดีเอ็นเอ (chloroplast DNA) ในเซลล์พืช ดีเอ็นเอในส่วนที่อยู่บนโครโมโซมสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า นิวเคลียร์ดีเอ็นเอ (nuclear DNA) โดยดีเอ็นเอดังกล่าวสามารถแบ่งได้เป็นส่วนที่เป็นยีนคือเป็นรหัสในการสร้างโปรตีน และส่วนที่ไม่ได้เป็นยีนซึ่งดีเอ็นเอส่วนนี้มักมีลักษณะซ้ำๆ กัน (repetitive regions) เรียกว่า แซทเทลไลต์ โดยดีเอ็นเอชนิดไมโครแซทเทลไลต์จะมีความแปรผันสูง และมีอยู่หลายตำแหน่งบนโครโมโซมจึงสามารถใช้เป็นเครื่องหมายตรวจความแตกต่างทางพันธุกรรมได้ดี

ในการใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์เพื่อตรวจความหลากหลายทางพันธุกรรมของกุ้งทำได้โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์เพิ่มปริมาณไมโครแซทเทลไลต์ แล้วนำผลิตผลพีซีอาร์ที่ได้มาแยกความแตกต่างของขนาดด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟริซิส (รูปที่ 11.2) วิธีการตรวจจึงทำได้ง่ายและรวดเร็ว และใช้ตัวอย่างเพียงเล็กน้อยจากส่วนปลายของขาว่ายน้ำหรือจากเลือด (hemolymph) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งที่นำมาตรวจและไม่จำเป็นต้องใช้ดีเอ็นเอคุณภาพดี เนื่องจากดีเอ็นเอบริเวณที่ตรวจความแตกต่างมักเป็นดีเอ็นเอช่วงสั้นๆ ไม่เกิน 200-300 นิวคลีโอไทด์

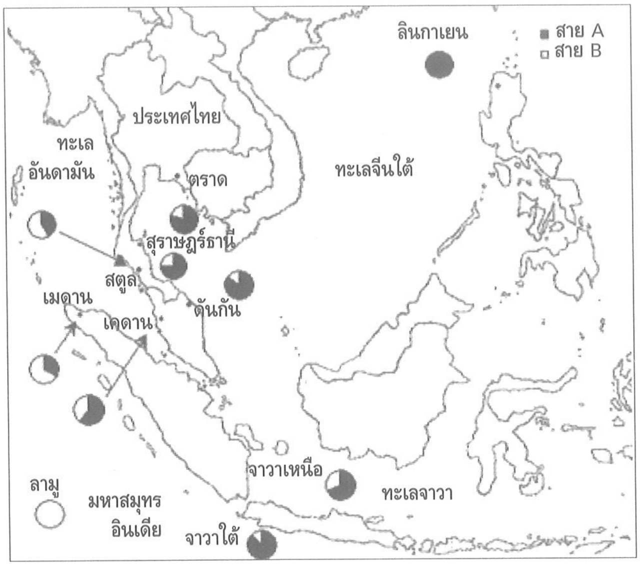


รูปที่ 11.2 การตรวจไมโครแซทเทลไลต์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์

ส่วนดีเอ็นเอจากไมโตคอนเดรียนั้นสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องหมายในการศึกษาพันธุกรรมได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากดีเอ็นเอจากไมโตคอนเดรียนั้นมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับดีเอ็นเอจากนิวเคลียส ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณภายในเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว จึงมีอัตราการวิวัฒนาการของยีนที่รวดเร็วกว่ายีนที่อยู่บนโครโมโซมประมาณ 5-10 เท่า นอกจากนี้ดีเอ็นเอจากไมโตคอนเดรียยังไม่เกิดการรวมกันระหว่างการสืบพันธุ์ (recombination) โดยถ่ายทอดมาจากทางแม่เท่านั้นด้วย ทำให้ดีเอ็นเอจากไมโตคอนเดรียเหมาะที่จะนำมาใช้ศึกษาวิวัฒนาการและพันธุศาสตร์ประชากรของสัตว์

วิวัฒนาการของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่ ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำลึก ห่างออกจากฝั่งและชอบพื้นทะเลที่เป็นดินทราย สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความเค็มต่ำ เช่นบริเวณป่าชายเลน กุ้งชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน ถิ่นอาศัยของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ น่านน้ำแถบไต้หวัน ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และที่พบมาก ได้แก่ ออสเตรเลียและอินเดีย ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้เครื่องหมายไมโตคอนเดรีย พบลักษณะของดีเอ็นเอที่แตกต่างกันถึง 63 รูปแบบที่เรียกว่าไมโตไทป์ (mitotype) จากไมโตไทป์ที่พบทั้งหมด สามารถจัดได้เป็นสายวิวัฒนาการที่ต่างกัน



รูปที่ 11.3 จากการศึกษาไมโตคอนเดรียลดีเอ็นเอของกุ้งกุลาดำ จากแหล่งต่างๆ พบว่า กุ้งกุลาดำมีพันธุกรรมที่มาจาก วิวัฒนาการที่ต่างกัน 2 สายคือ สาย A และ B

จำนวน 2 สายคือ สาย A และ B ซึ่งสัดส่วนความถี่ของไมโตไทป์แบบต่างๆ ในสายวิวัฒนาการ A และ B จะแตกต่างกันไปในกุ้งกุลาดำที่มาจากแหล่งต่างๆ โดยกุ้งกุลาดำจากเคนยา (แอฟริกา) จะมีไมโตไทป์ที่จัดอยู่ในสายวิวัฒนาการแบบ A ทั้งหมด ในขณะที่กุ้งกุลาดำจากฟิลิปปินส์มีไมโตไทป์ที่จัดอยู่ในสายวิวัฒนาการแบบ B ทั้งหมด โดยประชากรกุ้งกุลาดำในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะมีสัดส่วนของพันธุกรรมทั้งแบบ A และ B ที่แตกต่างกันไป สำหรับกุ้งในประเทศไทยนั้นประชากรกุ้งจากทะเลอันดามันมีสัดส่วนของ B มากกว่า A ในขณะที่ประชากรจากฝั่งอ่าวไทยจะมีสัดส่วนของ A มากกว่า B และมีความแตกต่างทางพันธุกรรมที่ชัดเจนระหว่างกุ้งกุลาดำทั้ง 2 ฝั่งทะเล (รูปที่ 11.3)

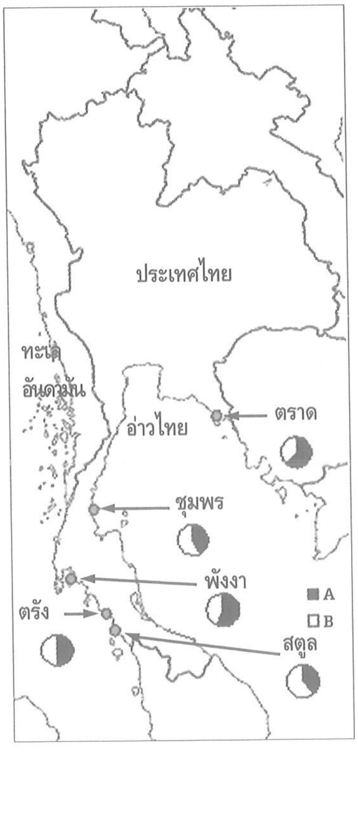
นอกจากนี้ในจำนวนไมโตไทป์ทั้ง 63 แบบที่พบ มี 28 แบบที่พบในประชากรกุ้งจากจังหวัดตราด สุราษฎร์ธานี และสตูล (ร้อยละ 44.44 ของทั้งหมด) แสดงให้เห็นว่าหากมีการอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำในประเทศไทยก็จะสามารถรักษาพันธุกรรมเกือบครึ่งหนึ่งของกุ้งกุลาดำไว้ได้

ความหลากหลายทางทางพันธุกรรมและโครงสร้างประชากรของกุ้งกุลาดำในประเทศไทย

แหล่งพันธุ์กุ้งกุลาดำของไทยในธรรมชาติมาจากทั้ง 2 ฝั่งทะเลคือ อันดามันและอ่าวไทย แต่เกษตรกรนิยมพ่อแม่พันธุ์ที่มาจากฝั่งอันดามัน เพราะเชื่อว่าให้ลูกที่แข็งแรงและมีอัตราการรอดสูงกว่า ทำให้ราคาพ่อแม่พันธุ์จากอันดามันสูงกว่าอ่าวไทยประมาณ 4-5 เท่า เพื่อความชัดเจนจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างกุ้งจากแหล่งต่างๆ ทั้ง 2 ฝั่ง เพื่อตรวจดูความหลากหลายทางพันธุกรรมและโครงสร้างประชากรของกุ้งในประเทศไทยว่ามีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันจริงหรือไม่ และถ้าแตกต่างกันจริงกุ้งฝั่งไหนที่มีความแปรผันทางพันธุกรรมมากกว่ากัน ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เช่น ความยาวของลำตัวและกรี ความกว้างของแพนหาง สีของเปลือก ไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่ากุ้งมีความแตกต่างทางพันธุกรรม แม้ว่าเกษตรกรส่วนหนึ่งจะเชื่อว่าการดูจากลักษณะภายนอกสามารถบอกได้ว่าเป็นกุ้งอันดามันหรืออ่าวไทย (รูปที่ 11.4) เมื่อได้มีการนำเทคนิคทางด้านเอนไซม์อิเล็กโตรโฟริซิสมาใช้ในการแยกความแตกต่างของประชากรกุ้งจากแหล่งต่างๆ ผลจากการศึกษาแสดงความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ต่ำหรือพบความแตกต่างค่อนข้างน้อย แต่เมื่อใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอทั้งในส่วนของนิวเคลียร์ดีเอ็นเอคือเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ และไมโตคอนเดรีย พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกุ้งกุลาดำฝั่งอันดามันและอ่าวไทย

รูปที่ 11.4 กุ้งกุลาดำจากชายฝั่งอันดามันและอ่าวไทย ซึ่งมีลักษณะสัณฐานวิทยาที่ไม่แตกต่างกัน

เพื่อศึกษาโครงสร้างประชากรของกุ้งกุลาดำในประเทศไทยให้ชัดเจนขึ้นได้เก็บตัวอย่างกุ้งกุลาดำในประเทศไทยจำนวน 5 แหล่ง เป็นกุ้งจากฝั่งอันดามัน 3 แหล่งคือ สตูล ตรังและพังงา กุ้งจากฝั่งอ่าวไทย 2 แหล่งคือ ตราดและชุมพร (รูปที่ 11.5) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงปี พ.ศ. 2539-2540 แต่ละแหล่งทำการเก็บกุ้งประมาณ 50 ตัว ตัดส่วนปลายของขาว่ายน้ำมาสกัดดีเอ็นเอ ในส่วนของการใช้เครื่องหมายไมโตคอนเดรียได้ปรับเปลี่ยนวิธีการทดลองมาเป็นวิธี PCR-RFLP โดยการใช้เทคนิคพีซีอาร์ตรวจหาความแตกต่างของไมโตคอนเดรียจากยีน 16S rDNA และ cytochrome oxidase subunit 1 และ 2 (COI-COII) พบว่ามีจำนวนไมโตไทป์ทั้งหมด 37 รูปแบบ ซึ่งสามารถจัดอยู่ในสายวิวัฒนาการแบบ A และ B และมีสัดส่วนความถี่ของไมโตไทป์ในสายวิวัฒนาการแบบ A และ B ที่แตกต่างกันไปในกุ้งกุลาดำแต่ละประชากร (รูปที่ 11.5) โดยกุ้งอันดามันคือ พังงา สตูล และตรัง มีสัดส่วนของพันธุกรรมแบบ B มากกว่า A ขณะที่กุ้งอ่าวไทยคือตราด มีสัดส่วนของพันธุกรรมแบบ A มากกว่า B ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาวิวัฒนาการของกุ้งกุลาดำในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ได้มีการเก็บตัวอย่างไปก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ดีกุ้งชุมพรกลับมีสัดส่วนของพันธุกรรมแบบ B มากกว่า A ซึ่งอาจเกิดจากการปะปนทางพันธุกรรมระหว่างกุ้ง 2 ฝั่งทะเล



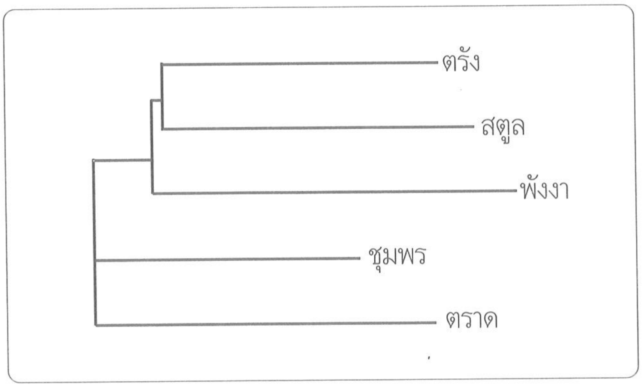
รูปที่ 11.5 ความถี่ของสายวิวัฒนาการ A และ B ของกุ้งกุลาดำในประเทศไทย ที่ศึกษาโดยเทคนิค PCR-RFLP ของยีน 16S rDNA และ COI-COII แสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมของกุ้งจาก 2 ฝั่งทะเล

เมื่อตรวจความแปรผันโดยเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์จำนวน 5 ตำแหน่งพบว่ากุ้งกลุ่มต่างๆ มีความแปรผันของดีเอ็นเอสูง โดยดูจากจำนวนอัลลีลที่พบในแต่ละประชากรและค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ (heterozygosity) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-1 พบว่ากุ้งจากแหล่งต่างๆ ของไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนอัลลีลอยู่ในช่วง 21.0-26.6 และค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ตั้งแต่ 0.71-0.82 โดยกุ้งชุมพรมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงสุด (ตารางที่ 11.1) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกุ้งแต่ละกลุ่มจากค่าความถี่ของอัลลีลที่พบในแต่ละกลุ่มประชากรพบว่า กุ้งจากฝั่งทะเลเดียวกันมีความแตกต่างทางพันธุกรรมค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะกุ้งจากอันดามันไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม ขณะที่กุ้งจากอ่าวไทยคือ ชุมพรและตราดมีความแตกต่างกัน ที่น่าสนใจก็คือระหว่างกุ้งจากอันดามันและอ่าวไทยพบความแตกต่างระหว่างของกุ้งอันดามันกับกุ้งตราด แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกุ้งอันดามันกับกุ้งชุมพร ในกลุ่มกุ้งที่ศึกษาทั้ง 5 แหล่งเมื่อดูจากเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์สามารถแบ่งความแตกต่างทางพันธุกรรมเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กุ้งอันดามัน ซึ่งประกอบด้วยกุ้งจากสตูล ตรัง และพังงา กลุ่มที่ 2 เป็นกุ้งจากอ่าวไทยตอนบนคือ กุ้งตราด และกลุ่มที่ 3 เป็นกุ้งอ่าวไทยตอนกลางคือ กุ้งชุมพร (รูปที่ 11.6) เป็นที่น่าสนใจว่ากุ้งอ่าวไทยตอนล่างได้แก่ กุ้งแถบสุราษฎร์ธานีนั้นจะต่างจากกุ้งจากตราดและชุมพรหรือไม่ ซึ่งน่าเสียดายว่าผู้วิจัยไม่สามารถเก็บตัวอย่างกุ้งในบริเวณนี้ได้ เนื่องจากปัญหาการลดลงของจำนวนกุ้งที่จับได้ในบริเวณนั้น อย่างไรก็ดีความแตกต่างภายในประชากรระหว่างกุ้งชุมพรและตราดคาดว่าจะเกิดจากการที่เกษตรกรนำแม่พันธุ์กุ้งหรือลูกกุ้งจากอันดามันไปเลี้ยงในบริเวณจังหวัดชุมพร ทำให้กุ้งชุมพรมีพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกับกุ้งอันดามันมากกว่ากุ้งตราดที่อยู่ในฝั่งทะเลเดียวกัน

ตารางที่ 11.1 ความหลากหลายทางพันธุกรรมในกลุ่มประชากรกุ้งกุลาดำของไทยที่ตรวจด้วยไมโครแซทเทลไลต์ 5 ตำแหน่ง

ตัวอย่างกุ้ง*	ค่าเฉลี่ยจำนวนอัลลีล	ค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ (Ho)
สตูล	22.0	0.79
ตรัง	23.8	0.71
พังงา	21.0	0.78
ชุมพร	26.6	0.82
ตราด	24.8	0.79

* กลุ่มตัวอย่างละ 40-50 ตัว

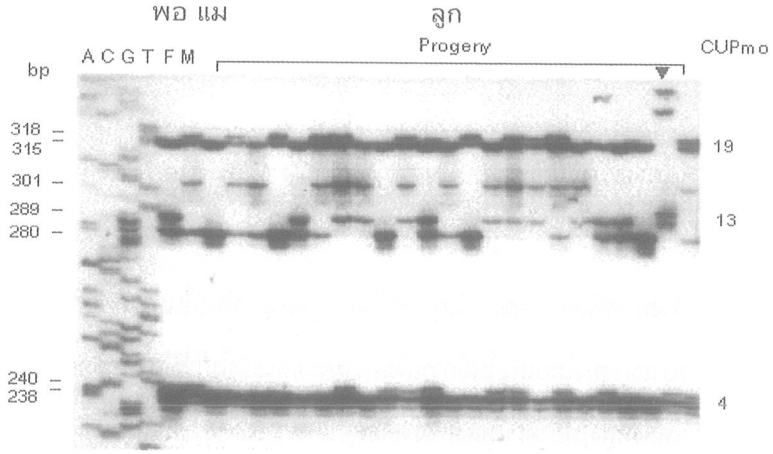


รูปที่ 11.6 แสดงโครงสร้างสัมพันธ์ของประชากรกุ้งกุลาดำทั้ง 5 แหล่งของประเทศไทยที่เปรียบเทียบจากความถี่ของอัลลีลที่พบในแต่ละกลุ่มประชากร

โครงสร้างทางพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำในประเทศไทยที่พบในการศึกษานี้มีประโยชน์ต่อนโยบายการประมงของไทยเพื่อให้มีการเพิ่มความระมัดระวังไม่ให้มีการเคลื่อนย้ายแม่พันธุ์หรือลูกกุ้งจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง ตลอดจนการวางแผนการที่เหมาะสมในการปล่อยลูกพันธุ์กุ้งคืนสู่ธรรมชาติ เพื่อไม่ให้มีการปะปนกันของประชากรที่มีพันธุกรรมต่างกัน รวมทั้งความพยายามที่จะพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กุ้งกุลาดำของไทยจะต้องมีการทดสอบให้ชัดเจนว่าพันธุ์ที่มีอยู่นั้นพันธุ์ใดสามารถให้ผลผลิตที่ดีกว่าเมื่ออยู่ในสภาวะการเลี้ยงในบ่อเลี้ยง ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการจัดการพันธุกรรมที่เหมาะสมต่อไป

เครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อการติดตามสายพันธุ์กุ้งกุลาดำ

เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์แต่ละตำแหน่งมีความผันแปรแตกต่างกัน สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการศึกษาที่แตกต่างกัน เครื่องหมายที่มีจำนวนอัลลีลมากกว่า 10 อัลลีล เหมาะสำหรับใช้จำแนกครอบครัวในการคัดพันธุ์และการสร้างแผนที่ยีน (genetic linkage maps) บางเครื่องหมายที่มีความผันแปรต่ำ (น้อยกว่า 5 อัลลีล) สามารถนำไปใช้ได้ดีในการจำแนกชนิดของกุ้ง เนื่องจากแถบดีเอ็นเอในส่วนของไมโครแซทเทลไลต์มีการถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ติดตามพ่อ-แม่-ลูก เพื่อแยกกลุ่มลูกกุ้งที่เลี้ยงรวมในบ่อเดียวกันได้ (รูปที่ 11.7) วิธีการตรวจไมโครแซทเทลไลต์สามารถปรับปรุงให้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ทั้งในส่วนของการสกัดดีเอ็นเอจากกุ้ง รวมทั้งการพัฒนาวิธีมัลติเพลกซ์พีซีอาร์ เพื่อให้สามารถตรวจความแตกต่างได้พร้อมกันหลายตำแหน่ง และมีความสะดวกและรวดเร็วในการจำแนกครอบครัวและสายพันธุ์



รูปที่ 11.7 การจำแนกครอบครัวกุ้งกุลาดำโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายในส่วนไมโครแซทเทลไลต์ โดยวิธีมัลติเพล็กซ์พีซีอาร์ที่ตำแหน่ง CUPmo4, 13 และ 19 เครื่องหมาย ▼ แสดงลูกกุ้งที่ไม่ได้มาจากครอบครัวนี้ ขนาดของแถบดีเอ็นเอเทียบกับ sequencing ladder ของ M13mp18 (แถว A,C, G, T)

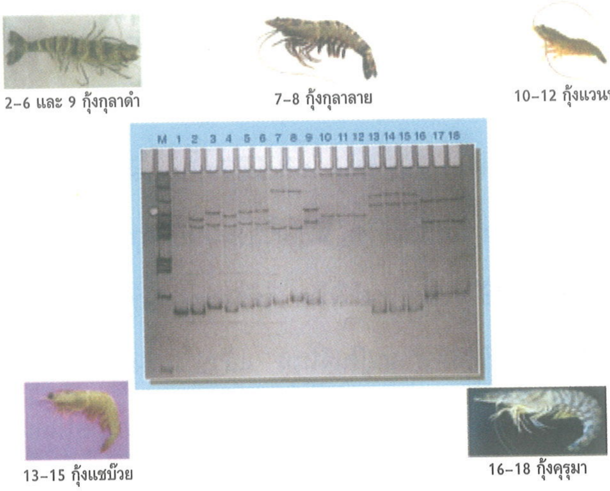
การพัฒนาสายพันธุ์กุ้งกุลาดำเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่โตไว ปลอดโรคและต้านทานโรค และให้มีปริมาณมากพอที่จะนำไปขยายจำนวนพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำได้ สามารถดำเนินการได้โดยการพัฒนาพ่อแม่พันธุ์จากบ่อเลี้ยงหรือการทำ domestication ของกุ้งด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (conventional breeding programs) ควบคู่กับการใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์ โดยเริ่มจากการสร้างสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน และทำการเลี้ยงกุ้งที่มาจากหลายครอบครัวในบ่อเดียวกัน ทำการทดสอบลักษณะฟีโนไทป์ที่ต้องการ เช่น อัตราการเจริญเติบโต และตรวจสอบด้วยรูปแบบของเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์และคัดเลือกว่ากุ้งตัวใด (individual selection approach) หรือครอบครัวใด (family selection approach) ที่มีลักษณะฟีโนไทป์ที่ต้องการ เมื่อกุ้งสมบูรณ์พันธุ์จึงทำการผสมเทียม (artificial fertilization) โดยหลีกเลี่ยงการผสมเลือดชิด (inbreeding) ซึ่งบ่งชี้ได้จากเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์ โปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ (selective breeding program) ที่เหมาะสมจะแก้ปัญหาการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่มีคุณภาพจากธรรมชาติและการเพิ่มผลผลิตของกุ้งกุลาดำอย่างยั่งยืนอีกด้วย

เครื่องหมายดีเอ็นสำหรับจำแนกชนิดของกุ้ง เพื่อความเป็นธรรมทางการค้า

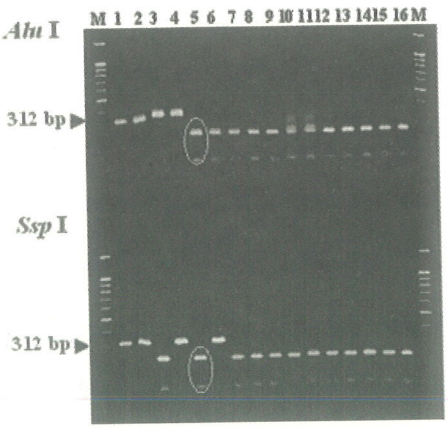
นอกจากความรู้ทางพันธุศาสตร์ประชากรของกุ้งกุลาดำจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทั้งทางด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์แล้ว เครื่องหมายทางดีเอ็นเอยังสามารถนำมาใช้ป้องกันการนำเข้ากุ้งจากต่างประเทศที่ทำให้เกษตรกรไทยถูกเอาเปรียบจากผู้ประกอบการบางราย เช่น กรณีที่มีผู้ประกอบการนำเข้ากุ้งชนิดเดียวกันกับที่มีการเพาะเลี้ยงในประเทศแล้ว และมีการนำเข้าอย่างผิดกฎหมายโดยการหลีกเลี่ยงภาษีทำให้กุ้งนั้นขายได้ในราคาต่ำกว่ากุ้งที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ ทำให้เกษตรกรไทยต้องประสบปัญหาไม่สามารถขายผลผลิตได้ ทางออกของปัญหาดังกล่าวนี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์เพื่อตรวจสอบว่ากุ้งนั้นเป็นกุ้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ หรือเป็นกุ้งที่ผลิตในประเทศ

เนื่องจากการศึกษาชนิดของกุ้งทะเลในอดีตจะอาศัยการจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธาน (Taxonomy) โดยเป็นการตรวจสอบจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว ซึ่งลักษณะภายนอกนี้ไม่สามารถแยกกุ้งบางชนิดที่มีลักษณะคล้ายกันมากออกจากกันได้ชัดเจน จึงมีการพัฒนาการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อจำแนกชนิดของกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยขึ้น (รูปที่ 11.8) เพื่อตรวจสอบการปลอมปนด้วยกุ้งทะเลชนิดอื่นที่มีมูลค่าต่ำกว่า หรือมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่า เช่น การปลอมแปลงลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยลูกกุ้งแชบ๊วย (*Feneropenaeus merguiensis*) ซึ่งมีราคาต่ำกว่ามาก หรือการปลอมแปลงลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ด้วยลูกกุ้งกุลาลายซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่ากุ้งกุลาดำถึง 3 เท่า ทำให้เกษตรกรต้องประสบปัญหาต้นทุนการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้นกว่าเดิม เป็นต้น

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เครื่องหมายพันธุกรรมสำหรับจำแนกชนิดของกุ้งโดยเกษตรกรจากตราดได้ซื้อลูกกุ้งที่ผู้ขายอ้างว่าเป็นกุ้งแชบ๊วยที่มาจากประเทศอินโดนีเซียซึ่งน่าจะมีคุณภาพดีกว่ากุ้งชนิดเดียวกันในประเทศไทย (ตัวอย่างกลุ่มที่ 1) และลูกกุ้งที่มาจากการผสมข้ามชนิด (interspecific hybridization) ระหว่างกุ้งกุลาดำและกุ้งคุรุมาจากประเทศญี่ปุ่น (*Marsupenaeus japonicus*) (ตัวอย่างกลุ่มที่ 2) โดยมีแม่เป็นกุ้งคุรุมาจากคุณสมบัติของเครื่องหมายไมโตคอนเดรียที่มีการถ่ายทอดเฉพาะทางแม่ รูปแบบไมโตไทป์ของกุ้งกลุ่มที่ 1 จึงควรเหมือนกับกุ้งแชบ๊วย ในขณะที่กุ้งกลุ่มที่ 2 ควรมีไมโตไทป์เหมือนกับกุ้งคุรุมา ผลการศึกษาด้วยเครื่องหมายไมโตคอนเดรียแสดงว่ากุ้งทั้ง 2 กลุ่มเป็นกุ้งแชบ๊วย (รูปที่ 11.9)



รูปที่ 11.8 รูปแบบ SSCP ของดีเอ็นเอจากยีน 16S rDNA (ขนาด 312 คู่เบส) ของกุ้งชนิดต่างๆ ประกอบด้วย กุ้งกุลาดำ (ช่องที่ 2-6 และ 9) กุ้งกุลาลาย (ช่องที่ 7-8) กุ้งแวนนาไม (ช่องที่ 10-12) กุ้งแชบ๊วย (ช่องที่ 13-15) กุ้งคุรุมา (ช่องที่ 16-18) ตัวอย่างกุ้งกลุ่มที่ 1 (ช่องที่ 6-10) และตัวอย่างกุ้งกลุ่มที่ 2 (ช่องที่ 11-15)



รูปที่ 11.9 รูปแบบการย่อยของ 16S rDNA (ขนาด 312 คู่เบส) ของกุ้งชนิดต่างๆ ประกอบด้วย กุ้งกุลาดำ (ช่องที่ 3 และ 4) กุ้งแชบ๊วย (ช่องที่ 5) กุ้งคุรุมา (ช่องที่ 6) ตัวอย่างกุ้งกลุ่มที่ 1 (ช่องที่ 7-11) และตัวอย่างกุ้งกลุ่มที่ 2 (ช่องที่ 12- 16) ด้วยเอนไซม์ *Alu* I และ *Ssp* I แสดงให้เห็นว่ากุ้งกลุ่มที่ 1 เป็นกุ้งแชบ๊วยเช่นเดียวกับกุ้งกลุ่มที่ 2 โดยกุ้งกลุ่มที่ 2 ไม่ได้เป็นลูกผสมระหว่างกุ้งกุลาดำและกุ้งคุรุมาดังที่กล่าวอ้าง

การศึกษาจีโนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จีโนม คือ ดีเอ็นเอหรือสารพันธุกรรมทั้งหมดที่อยู่ในสิ่งมีชีวิต ภายในดีเอ็นเอจะมีส่วนของยีนที่กำหนดการสร้างโปรตีนทั้งหมดในสิ่งมีชีวิตนั้น ดังนั้นดีเอ็นเอจึงทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จีโนมของมนุษย์มีการเรียงตัวของเบสทั้งหมด 3 พันล้านตัว ซึ่งถือเป็นรหัสชีวิตของมนุษย์ที่กำหนดตัวตนของเจ้าของรหัสนั้น การทำความเข้าใจความหมายของรหัสที่เรียงตัวกันอยู่ในจีโนม แล้วนำมาสังเคราะห์เพื่อให้ได้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมหาศาลในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยด้านจีโนมจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาชีววิทยาของสิ่งมีชีวิต ซึ่งนอกจากโครงการจีโนมมนุษย์แล้วยังมีโครงการจีโนมอื่นๆ ที่ได้ดำเนินการศึกษาไปแล้ว เช่น หนู ไก่ หมู วัว แมลงหวี่ ผึ้ง ข้าว โครงการเหล่านี้ได้ก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่และข้อมูลเกี่ยวกับรหัสพันธุกรรมจำนวนมหาศาลที่จะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และการทำงานของยีนและโปรตีนในสิ่งมีชีวิต แม้ว่างานวิจัยด้านนี้จะต้องใช้งบประมาณมหาศาล เช่น โครงการจีโนมมนุษย์ ที่ใช้เงินไปหลายพันล้านเหรียญสหรัฐ แต่ข้อมูลที่ได้จะนำไปสู่ความรู้อีกมากมายที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่มนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น ทางการแพทย์และสาธารณสุข เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

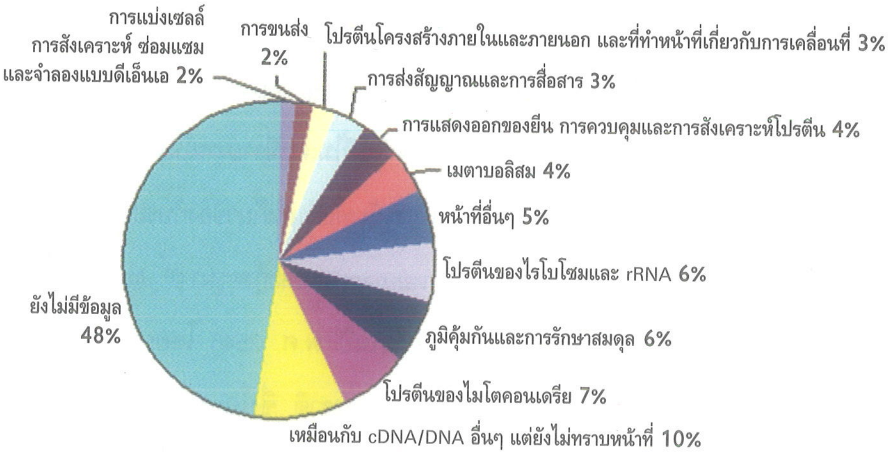
งานวิจัยด้านจีโนมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อเกษตรกรรมเช่นกัน ปัจจุบันเราทราบรหัสพันธุกรรมทั้งจีโนมของข้าว และกำลังมีการศึกษาการเรียงตัวของรหัสพันธุกรรมของพืชและสัตว์เศรษฐกิจอีกหลายชนิด งานวิจัยจีโนมของกุ้งกุลาดำจะช่วยให้เกิดความรู้เกี่ยวกับยีนและโปรตีนที่ควบคุมระบบและกลไกต่างๆ ในกุ้ง จึงเป็นงานวิจัยเป้าหมายที่สำคัญอันหนึ่งของประเทศไทย อย่างไรก็ดีเนื่องจากจีโนมของกุ้งมีขนาดใหญ่ ซึ่งคาดว่ามีขนาดถึงร้อยละ 70 ของจีโนมมนุษย์ และประกอบด้วยโครโมโซมขนาดเล็กจำนวนมากถึง 88 แท่ง หรือ 44 คู่ และยังไม่มีการค้นพบโครโมโซมเพศ ทำให้การศึกษาการเรียงตัวของรหัสพันธุกรรมทั้งจีโนมของกุ้งทำได้ยาก และจะต้องเป็นโครงการที่เกิดจากความร่วมมือจากหลายประเทศ ซึ่งขณะนี้

ได้มีการดำเนินการโครงการแผนที่จีโนมของกุ้ง นำโดยกลุ่มนักวิจัยของประเทศออสเตรเลียร่วมกับอีกหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย ซึ่งโครงการทำแผนที่จีโนมขณะนี้ได้ทำการวางเครื่องหมายดีเอ็นเอจำนวนหนึ่งลงไปบนแผนที่ ซึ่งในอนาคตเครื่องหมายเหล่านี้จะสามารถนำมาใช้คัดเลือกลักษณะที่สำคัญของกุ้งได้

เทคนิค Expressed Sequence Tag หรือ EST เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาจีโนมเฉพาะส่วนที่เป็นยีนเท่านั้น จึงใช้งบประมาณน้อยกว่า แต่ยังช่วยให้พบยีนจำนวนมากได้ในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้สามารถแยกยีนที่สนใจจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของกุ้งได้ ในการค้นหาและแยกยีนจะมีการสุ่มเลือกยีนมาทำการหาลำดับการเรียงตัวของรหัส แล้วเปรียบเทียบรหัสกับข้อมูลยีนที่เคยมีรายงานมาก่อนในกุ้งหรือในสิ่งมีชีวิตอื่นเพื่อทำนายว่ายีนนั้นน่าจะเป็นยีนอะไร โดยวิธีนี้ก็จะสามารถค้นพบยีนเป็นจำนวนมากได้จากการเปรียบเทียบดังกล่าว ในปี ค.ศ. 1999 Lehnert และคณะ ได้ทำการค้นหายีนที่แสดงออกในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ส่วนหัว (cephalothorax) ก้านตา (eyestalk) และขาว่ายน้ำ (pleopod) โดยใช้เทคนิค EST สามารถค้นพบยีนใหม่จำนวน 60 ยีน ในจำนวนนี้เป็นยีนที่ไม่เคยมีรายงานในจำพวกครัสเต-เชียนจำนวน 49 ยีน และเมื่อเร็วๆ นี้ได้มีรายงานการค้นพบยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งสกุลพีเนียสอื่นๆ คือ กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) และกุ้งคุรุมา (*P. Japonicus*)

สำหรับประเทศไทย ได้เริ่มโครงการจีโนมกุ้งในปี พ.ศ. 2546 โดยการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ซึ่งโครงการจะมุ่งค้นหายีนโดยเทคนิค EST เพื่อหายีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการสมบูรณ์พันธุ์ จากเนื้อเยื่อ เช่น ก้านตาและรังไข่ ค้นหายีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันจากเม็ดเลือดและต่อมน้ำเหลือง (lymphoid organ) และยีนของเอนไซม์ต่างๆ จากตับ (hepatopancrease) นอกจากนี้ยังมีการค้นหายีนที่แสดงออกแตกต่างเมื่อกุ้งมีการติดเชื้อ เพื่อดูการตอบสนองการติดเชื้อในเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้ง นอกจากนี้ในการผลิตพ่อแม่พันธุ์จากกุ้งในบ่อเลี้ยงจำเป็นต้องทำการคัดเลือกกุ้งเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดี การพัฒนาสายพันธุ์กุ้งกุลาดำที่ทนโรคและมีอัตราการ

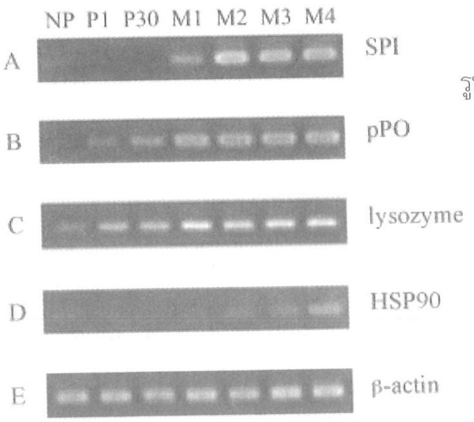
เจริญเติบโตเร็ว ต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเจริญเติบโต ระบบสืบพันธุ์และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำ ในโครงการ EST คาดว่าจะหายีนที่แตกต่างในกุ้งกุลาดำได้ไม่น้อยกว่า 10,000 ยีน ซึ่งขณะนี้พบยีนที่แตกต่างแล้วกว่า 4,000 ยีน และยีนจำนวนมากในกุ้งมีความคล้ายกับยีนที่รายงานในแมลงคือ คล้ายกับยุง (Anopheles) 13% ผึ้ง (Apis) และแมลงหวี่ (Drosophila) อย่างละ 8% โดยเหมือนกับยีนของกุ้งที่เคยมีรายงานเพียง 6% ทั้งนี้เนื่องจากว่าจำนวนยีนของกุ้งที่มีอยู่ในฐานข้อมูลยีนมีจำนวนน้อย เมื่อแบ่งกลุ่มยีนออกตามหน้าที่พบว่า สัดส่วนของยีนที่พบจำนวนมากอยู่ในกลุ่มยีนของโปรตีนที่ยังไม่ทราบหน้าที่ (hypothetical proteins, 9.8%) โปรตีนของไมโตคอนเดรีย (6.8%) โปรตีนของไรโบโซม (6.3%) และยีนในระบบภูมิคุ้มกัน (6.3%) (รูปที่ 11.10)



รูปที่ 11.10 สัดส่วนของยีนที่ค้นพบจากโครงการ EST ของกุ้งกุลาดำ แบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามหน้าที่

ยีนในระบบภูมิคุ้มกัน

ในโครงการจีโนมกุ้งระยะแรกนี้สามารถแยกยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันจำนวน 639 โคลน (ร้อยละ 6.3) เป็นยีนของโปรตีนต่างชนิดกันกว่า 70 ชนิด ซึ่งมีบทบาทในกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง ได้แก่ ยีนของสารที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ยีนของเอนไซม์ในระบบการแข็งตัวของเลือด ยีนของเอนไซม์ในระบบโพรฟีนอลออกซิเดส และยีนของโปรตีนฮีทช็อคหลายชนิด และเมื่อทำการติดตามการแสดงออกของยีนในกุ้งระยะต่างๆ พบว่า ยีนหลายชนิดในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งมีการแสดงออกในระดับต่ำเมื่อกุ้งอยู่ในระยะนอเพลียสและระยะวัยอ่อน (post larvae) แต่เมื่อเข้าสู่ระยะวัยรุ่น (juveniles) มีการแสดงออกของยีนเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่ในกุ้งระยะ 1-4 เดือน (รูปที่ 11.11) การติดตามยีนเหล่านี้ในกุ้งจึงเป็นตัวชี้ความเปลี่ยนแปลงในระบบภูมิคุ้มกันและสุขภาพของกุ้งได้ นอกจากนี้การศึกษาสมบัติและหน้าที่ของโปรตีนในระบบภูมิคุ้มกันเหล่านี้ จะทำให้เข้าใจกลไกการตอบสนองและป้องกันตัวของกุ้งมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาวิธีการควบคุมและป้องกันโรคในกุ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 11.11 การตรวจระดับการแสดงออกของยีนบางตัวในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ ตัวยับยั้งซีรีนโปรติเนส (SPI) (A), โพรฟีนอลออกซิเดส pPO (B), ไลโซไซม์ (C) และโปรตีนฮีทช็อค (HSP90) (D) ในกุ้งระยะต่างๆ ด้วยวิธี RT-PCR โดยมียีน β-actin (E) เป็นยีนควบคุม

NP = กุ้งระยะนอเพลียส
P1 = กุ้งระยะ P1
P30 = กุ้งระยะ P30
M1 = กุ้งระยะ 1 เดือน
M2 = กุ้งระยะ 2 เดือน
M3 = กุ้งระยะ 3 เดือน
M4 = กุ้งระยะ 4 เดือน

ยีนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเพศ

กุ้งกุลาดำเพศเมียจะมีขนาดใหญ่และอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากุ้งกุลาดำเพศผู้ คาดว่าหากสามารถเพาะเลี้ยงเฉพาะกุ้งเพศเมีย จะสามารถเพิ่มผลผลิตมากขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 แต่การแยกเพศของกุ้งขนาดเล็กหรือลูกกุ้งกุลาดำไม่สามารถทำได้จากการดูจากลักษณะภายนอก จึงมีความสนใจที่จะหายีนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารังไข่และอัณฑะ เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายแยกเพศลูกกุ้งกุลาดำ และเพื่อใช้ในการปรับปรุงพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่ให้คุณภาพของไข่และสเปิร์มที่ดีได้ในอนาคต จากการแยกหายีนในรังไข่พบยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศถึง 28 ชนิด ในจำนวนนี้พบยีน 13 ชนิดเหมือนกับยีนกำหนดเพศที่มีรายงานในแมลงหวี่และยุง รวมทั้งยีนไวเทลโลเจนินที่เคยมีรายงานแล้วในกุ้ง

ยีนที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการลอกคราบ

กุ้งกุลาดำจำเป็นต้องลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ทั้งนี้เพราะเปลือกกุ้งเป็นอวัยวะที่ไม่สามารถเพิ่มขนาดได้ ดังนั้นในการเพิ่มขนาดตัวของกุ้งแต่ละครั้งจึงจำเป็นต้องสลัดเอาเปลือกเก่าทิ้งไปแล้วสร้างเปลือกใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าขึ้นมาแทน โดยกุ้งจะเริ่มลอกคราบตั้งแต่ฟักออกจากไข่เพียงไม่กี่ชั่วโมง และจะลอกคราบไปเรื่อยๆ ตลอดชีวิต ก่อนที่กุ้งจะลอกคราบจะมีการสะสมอาหารในร่างกายมากกว่าปกติโดยเฉพาะสารที่สร้างเปลือก เพราะเปลือกจะต้องแข็งตัวโดยเร็วหลังจากลอกคราบแล้ว เมื่อกุ้งสลัดเปลือกออกหมดลำตัวจะขยายใหญ่ขึ้นและเปลือกจะแข็งตัวภายใน 3-8 ชั่วโมง การลอกคราบของกุ้งแต่ละครั้งอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทส่วนกลาง และฮอร์โมนสองชนิดที่อยู่ในก้านตา แต่โดยทั่วไปกุ้งจะลอกคราบช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ หลายอย่างด้วย เช่น วัยของกุ้ง อาหาร แสง และอุณหภูมิ ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับกุ้งจะลอกคราบห่างกันครั้งละประมาณ 20-30 วัน นอกจากนี้ในก้านตากุ้งยังมีฮอร์โมนที่ยับยั้งการเจริญของรังไข่ ดังนั้นถ้ามีการตัดก้านตาออกจะทำให้กุ้งลอกคราบได้เร็วขึ้นและเป็นการกระตุ้นการเจริญของรังไข่ ในงานวิจัยจีโนมจึงสนใจค้นหายีนจากก้านตากุ้งเพื่อจะหาทางยับยั้งฮอร์โมนดังกล่าวด้วยวิธีการยับยั้งยีน

หรือพัฒนาแอนติบอดี้เพื่อจับฮอร์โมนโดยตรง โดยไม่ต้องตัดตากุ้งซึ่งจะทำให้กุ้งเครียดและบอบช้ำจนไม่สามารถวางไข่ได้หลายครั้ง จากการแยกยีนพบยีนที่ยับยั้งการลอกคราบ หรือ molt inhibiting hormone (MIH) ซึ่งจะได้ศึกษาการแสดงออกของยีนในกุ้งระยะต่างๆ ตลอดจนศึกษาสมบัติของฮอร์โมนเพื่อให้เข้าใจการควบคุมการลอกคราบและการเจริญเติบโตในกุ้ง

เอกสารอ้างอิง

Klinbunga, S., Penman, D.J., McAndrew, B.J. and Tassanakajon, A. 1999. Mitochondrial DNA diversity in three populations of the giant tiger shrimp, *Penaeus monodon. Mar. Biotechnol.* **1:** 113-121.

Klinbunga, S., Siludjai, D., Wuthijinda, W., Tassanakajon, A., Jarayabhand, A. and Menasveta, P. 2001. Genetic heterogeneity of the giant tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in Thailand revealed by RAPD and mtDNA-RFLP analyses. *Mar. Biotechnol.* **3:** 428-438.

Supungul, P., Sootanan, P., Klinbunga, S., Kamonrat, W., Jarayabhand, P. and Tassanakajon, A. 2000. Microsatellite polymorphism and the population structure of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in Thailand. *Mar. Biotechnol.* **2:** 339-347.

Supungul, P., Klinbunga, S., Pichayakura, R., Jitrapakdee, S., Hirono, I., Aoki, T. and Tassanakajon, A. 2002. Identification of immune related genes in hemocytes of the black tiger shrimp *Penaeus monodon. Mar. Biotechnol.* **4:** 487-494.

สิริพร พงษ์สมบูรณ์ และ อัญชลี ทัศนาขจร. 2546. โครงการยีโนมกุ้งกุลาดำ. *วารสาร Lab. Today* ปีที่ 2 ฉบับที่ 12. กรกฎาคม หน้า 38-41.

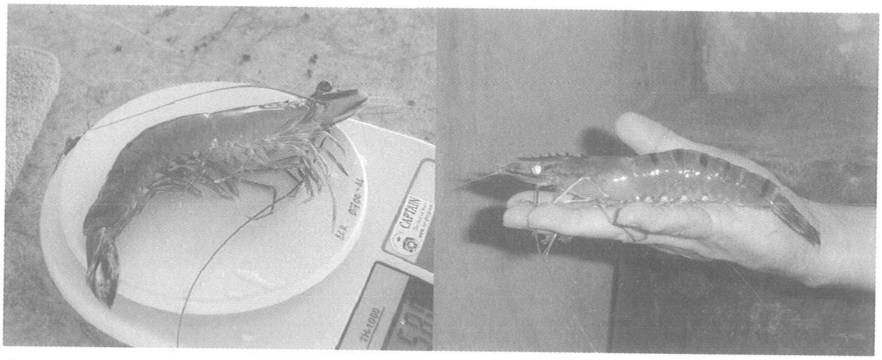
บทที่ 12

การพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง

บุญเสริม วิทยชำนาญกุล
หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

การพัฒนาสายพันธุ์กุ้งคืออะไร มีความสำคัญอย่างไรต่ออุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้ง

สัตว์เลี้ยงที่เป็นอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นไก่ หมู โคหรือแม้แต่ปลา ล้วนแล้วแต่เป็นสัตว์ที่มาจากพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการพัฒนาสายพันธุ์มาแล้วทั้งสิ้น ไม่ใช่เป็นพ่อแม่พันธุ์ตามธรรมชาติ หรือเรียกเป็นภาษาวิชาการว่ากระบวนการ domestication ความต้องการของอุตสาหกรรมคือให้สัตว์ที่เลี้ยงนั้นมีผลผลิตที่ดีกว่าธรรมชาติ นั่นก็คือ โตเร็วขึ้น อัตราการอยู่รอดสูงขึ้นและแข็งแรงทนทานต่อโรคมากขึ้น เมื่อมีความต้องการเช่นนั้นแล้วก็ต้องมีการพัฒนาสายพันธุ์ (genetic improvement) ทั้ง domestication และ genetic improvement จึงควรจะทำไปควบคู่กันเพราะว่าทั้งสองกระบวนการต้องใช้เวลาเป็นปี การพัฒนาด้านสายพันธุ์กุ้งได้เกิดขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2540 โดยเริ่มจากการรวมทุนระหว่างภาครัฐบาลและเอกชน และเจริญเติบโตมาเรื่อยจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีการเปลี่ยนรูปแบบองค์กรที่จัดการในเรื่องนี้ไปมากตามระยะเวลา

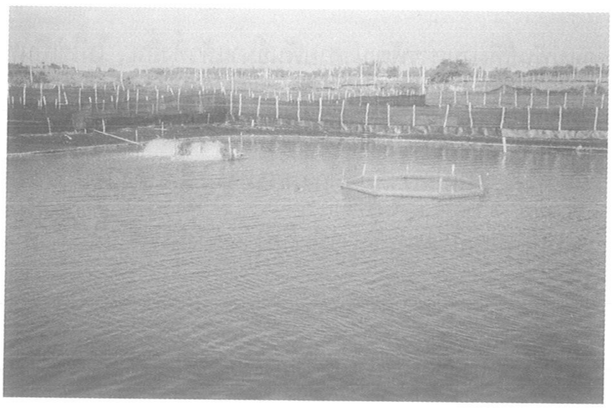


รูปที่ 12.1 กุ้งกุลาดำอายุประมาณ 5 เดือน ในรุ่น F7 ที่มีการเจริญเติบโตดี (58 กรัม) และมีสุขภาพแข็งแรง

หลักการของการพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง

การป้องกันความถดถอยทางพันธุกรรม

วิธีการพัฒนาสายพันธุ์ของกุ้งกุลาดำจะคล้ายกับของกุ้งขาวแวนนาไมคือ เริ่มต้นด้วยสายพันธุ์ที่หลากหลายประมาณ 50 สายพันธุ์ เรียกประชากรกลุ่มนี้ว่าเป็น ผู้ก่อตั้ง (founders) จากนั้นจึงทำการผสมข้ามสายพันธุ์และหลีกเลี่ยงการผสมภายในสายพันธุ์เดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า inbreeding ซึ่งสภาวะนี้จะทำให้ลูกกุ้งอ่อนแอลง โตช้า มีอัตรารอดชีวิตต่ำ ซึ่งจัดว่าเป็นสภาวะของความถดถอยทางพันธุกรรม (inbreeding depression) ถ้า

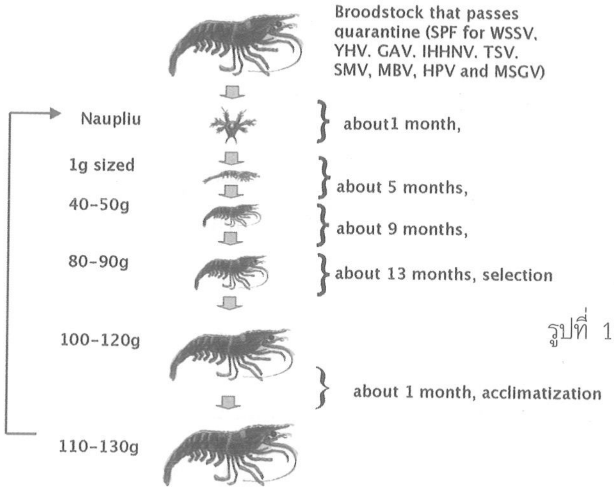


รูปที่ 12.2 บ่อเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้ง มีขนาดประมาณ 0.5 ไร่ และมีอวนล้อมเพื่อเลี้ยงปลา เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำอยู่กลางบ่อ

เริ่มต้นที่ 50 สายพันธุ์ ก็จะมีความเป็นไปได้ของการผสมข้ามพันธุ์โดยไม่เกิด inbreeding ได้ เช่น ผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ 1 และ 2 ผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ 3 และ 4 เรื่อยๆ ไป และเริ่มใหม่ด้วยการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ 1 และ 3 ระหว่างสายพันธุ์ที่ 1 และ 4 เรื่อยๆ ไป เมื่อได้ลูกในรุ่นที่สอง ที่เป็นลูกของสายพันธุ์ที่ 1 และ 2 อาจเรียกว่าสายพันธุ์ 1:2 และอาจมีสายพันธุ์ 3:4 สายพันธุ์ 5:6 สายพันธุ์ 1:3 ต่อไปเรื่อยๆ และในรุ่นที่สามอาจนำสายพันธุ์ 1:2 มาผสมกับสายพันธุ์ 3:5 แต่ไม่ควรนำสายพันธุ์ 1:2 มาผสมกับสายพันธุ์ 1:3 เพราะนับว่าจะเกิด inbreeding ขึ้นแล้ว เนื่องจากมีดีเอ็นเอของสายพันธุ์ 1 ซ้อนกันอยู่ จะเห็นว่าจากการผสมด้วยความระมัดระวังอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ก็จะทำได้สายพันธุ์ใหม่ขึ้นมาตลอดเวลา ในทุกครั้งที่มีการผสมข้ามสายพันธุ์

การคัดเลือกสายพันธุ์

การคัดเลือกสายพันธุ์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นการผสมเพื่อหลีกเลี่ยง inbreeding แต่หากทำเช่นนั้นอย่างเดียว ประโยชน์ที่ได้รับก็จะน้อยไปด้วยเนื่องจากยังไม่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ ดังนั้นขั้นตอนต่อไปที่ต้องทำควบคู่ไปด้วยคือการคัดเลือกสายพันธุ์ ในแต่ละครอบครัวกุ้งที่ได้มานี้จะสังเกตได้ว่าบางครอบครัวโตเร็ว บางครอบครัวโตช้า บางครอบครัวมีอัตรารอดสูง บางครอบครัวมีอัตรารอดต่ำ บางครอบครัวสืบพันธุ์ได้ดี และบางครอบครัวสืบพันธุ์ไม่เก่ง บางครอบครัวมี cholesterol ในเนื้อสูง ในขณะที่บางครอบครัวมีน้อย คุณลักษณะอย่างเรียกกันทั่วไปว่า trait ผู้ผสมพันธุ์จึงต้องเลือกครอบครัวที่มี trait แบบที่ต้องการ เช่น เลือกครอบครัวที่มี trait โตเร็ว ให้ได้ขนาด 30 ตัวต่อกิโลกรัมในระยะเวลา 4 เดือน ที่ความหนาแน่นการปล่อย 30 ตัวต่อตารางเมตร และใช้ครอบครัวนั้นมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ แต่ในการปฏิบัติจริงๆ นั้น จะมีการเรียงลำดับความ "เก่ง" ของแต่ละครอบครัว ใน trait นั้นๆ ก่อน เช่น ถ้าต้องการจะเลือกครอบครัวที่มี trait โตเร็วจะต้องทำการจัดอันดับการเจริญเติบโตที่เร็ว คือ ดูจากการเพิ่มน้ำหนักต่อตัวต่อวัน (average daily growth, ADG) ณ ที่ 4 เดือน เรียงจากมากไปหาน้อย และทำการบันทึกข้อมูลไว้ในขณะเดียวกัน อาจจะจัดระดับความเก่งของ



รูปที่ 12.3 หลักการทำ domestication และการคัดเลือกสายพันธุ์ รวมทั้งการทำให้กุ้งนั้นปลอดเชื้อไวรัสต่างๆ

trait ที่เกี่ยวกับความแข็งแรงคือ อัตรารอดชีวิต (survival rate, SR) ที่อายุ 4 เดือนไว้ด้วย หลังจากจัดอันดับแล้วอาจจะเห็นจากข้อมูลว่า สายพันธุ์ที่อยู่ในอันดับต้นๆ ใน trait โตเร็ว อาจจะอยู่ในอันดับท้ายๆ ใน trait ความแข็งแรงก็ได้ การจัดอันดับนี้ก็จะนำไปสู่การผสมข้ามสายพันธุ์ที่เหมาะสม เช่น อาจจะเลือกความสามารถในการโตเร็วแต่พอประมาณ ตัวอย่างเช่น มีค่า ADG ประมาณ 0.23 แต่อัตรารอดชีวิตประมาณร้อยละ 80 ซึ่งจะดีกว่าการเลือกสายพันธุ์ที่มี ADG 0.35 แต่มีอัตรารอดชีวิตเพียงร้อยละ 20 เช่นนี้ เป็นต้น

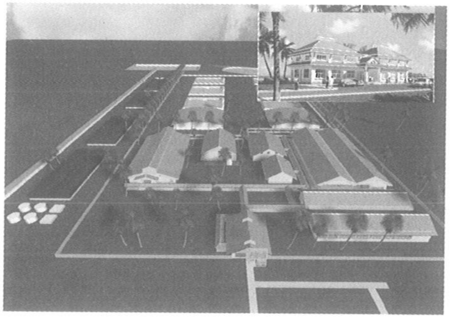
การคัดเลือกเช่นนี้เป็นหลักการของการคัดเลือกระหว่างครอบครัว (between-family selection) จะเห็นว่าในครอบครัวหนึ่งๆ นั้น ยังมีความแตกต่างของกุ้งแต่ละตัว เพราะลูกกุ้งแม้ว่าจะมาจากพ่อแม่เดียวกันก็มีส่วนผสมของดีเอ็นเอที่ต่างกันอยู่บ้าง จะเห็นได้จากลูกกุ้งที่เป็นพี่น้องกันถึงแม้จะสามารถโตได้ใกล้เคียงกัน แต่ก็ยังมีความแตกต่างกันอยู่ ผู้คัดพันธุ์สามารถคัดเลือกกุ้งที่โตเร็วออกมาได้ เช่น ใน 100 ตัวจะคัดตัวที่มีลักษณะดีมากออกมา 5 ตัว เปอร์เซ็นต์ที่คัดออกมานี้ยิ่งต่ำก็ถือว่ายิ่งเป็นการคัดที่เข้มข้น คือดีขึ้น การที่มีเปอร์เซ็นต์การคัดต่ำนี้ จัดว่ามี selection power สูง อย่างไรก็ตามหากการคัด “เข้มข้น” เกินไปก็จะเหลือเฉพาะตัวที่ต้องการจริงๆ ไว้เท่านั้น

การทำเครื่องหมายประจำสายพันธุ์

การคัดเลือกสายพันธุ์กุ้งที่ต้องการนั้นต้องทำในโรงเพาะฟัก และต้องเป็นโรงเพาะฟักที่สามารถแยกลูกกุ้งแต่ละสายพันธุ์ไม่ให้ปนกันได้ โดยต้องแยกตั้งแต่ระยะ nauplius จนถึงกุ้งขนาด 1 กรัมเพื่อให้สามารถฉีดสีพลาสติกที่เรียกว่า elastomer tag เข้าไปในเนื้อกุ้งได้ การฉีดสีเป็นการแสดงเครื่องหมายประจำสายพันธุ์ สายพันธุ์หนึ่งจะมีหนึ่งสีและอาจจะเพิ่มการจำแนกเครื่องหมายโดยการฉีดด้านซ้ายหรือด้านขวาหรือทั้งสองด้าน ซึ่งการใช้สีเพียงสี่สีจะทำให้สามารถแยกสายพันธุ์ได้มากกว่า 50 หลังจากการฉีดสีแล้ว สามารถนำกุ้งนำมาเลี้ยงรวมกันได้จนโตเป็นพ่อแม่พันธุ์ ซึ่งสีนี้จะติดตัวกุ้งไปจนกุ้งโตเป็นพ่อแม่พันธุ์โดยไม่ทำอันตรายต่อกุ้ง นอกจากการฉีดสีเพื่อแยกสายพันธุ์แล้วยังอาจจะทำการตรวจดีเอ็นเอของสายพันธุ์ได้ โดยการดูลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เรียกว่า microsatellite marking ซึ่งจะช่วยเสริมการแยกสายพันธุ์ ในกรณีมองสีที่ฉีดเข้าไปได้ไม่ชัดหลังจากเลี้ยงกุ้งไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง นอกจากนั้นการศึกษาดีเอ็นเอนี้ยังอาจนำไปสู่การค้นพบยีนที่ควบคุม trait ที่ต้องการอีกด้วย

ศูนย์กลางการผสมสายพันธุ์

การเพาะเลี้ยงลูกกุ้งแต่ละสายพันธุ์ตั้งแต่ nauplius จนถึงพ่อแม่พันธุ์นั้นต้องใช้เวลาเลี้ยงอย่างน้อยหนึ่งปี จึงต้องมีโรงเพาะฟักและสถานที่ซึ่งเรียกว่าศูนย์กลางการผสมสายพันธุ์ (nucleus breeding center หรือ NBC) สถานที่นี้เป็นสถานที่ปลอดโรค (biosecure) โดยกุ้งทุกตัวที่อยู่ใน NBC จะได้รับการตรวจเช็คเชื้อไวรัสและแบคทีเรียต่างๆ เช่น ไวรัสดวงขาว ไวรัสหัวเหลืองและไวรัสอื่นๆ รวมกันอีกอย่างน้อย 11 ชนิด หากพบว่ากุ้งมีเชื้อไวรัสก็จะกำจัดออก ในขณะเดียวกันบุคลากรที่ทำงานอยู่ใน NBC จะได้รับการอบรมให้เกิดจิตสำนึกของการป้องกันโรคกุ้งซึ่งนำมาโดยคนหรือสัตว์ หรือสถานการณ์บางอย่างที่อาจเอื้อให้เกิดการติดเชื้อได้ NBC จะประกอบด้วย โรงเพาะฟัก ที่เน้นหนักในการผสมพันธุ์คือมีแท็งก์สำหรับให้แม่กุ้งมีการเจริญเติบโตของรังไข่ (maturation tanks) จำนวนมาก อาคารเลี้ยงลูกกุ้งจนถึงน้ำหนัก 1 กรัม (one-gram growout) อาคารเลี้ยงกุ้ง 1 กรัม จนถึง 100 กรัม



รูปที่ 12.4 ศูนย์คัดเลือกสายพันธุ์ (nucleus breeding center) ที่มีระบบป้องกันทางชีวภาพที่ดี (biosecure)

หรือมากกว่า (broodstock growout) อาคารเตรียมความพร้อมของแม่กุ้งเพื่อให้แม่กุ้งออกไข่ได้มาก (maturity acclimatization) อาคารเพาะเลี้ยงอาหารของลูกกุ้งและแม่กุ้ง (live-feed production) และระบบน้ำ ระบบไฟ ระบบฆ่าเชื้อและป้องกันเชื้อต่างๆ การจัดการ NBC จะต้องระวังไม่ให้มีจำนวนกุ้งที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งโดยทางทฤษฎีแล้วต้องการให้มีสายพันธุ์ละหนึ่งคู่ที่สามารถออกไข่ได้เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติควรจะมีมากกว่าหนึ่งคู่ เช่น มีประมาณ 10 คู่ ดังนั้นหากมีอยู่ 50 สายพันธุ์ ก็จะมีกุ้งเพื่อพร้อมที่จะผสมพันธุ์ได้เพียง 500 คู่เท่านั้น อย่างไรก็ตามในการเลี้ยงให้ได้ 500 คู่ ในระยะสุดท้ายนั้นจะต้องทำการเลี้ยงจำนวนมากกว่านั้นในระยะที่เป็น nauplius ขึ้นมา ส่วนจะเลี้ยงเป็นจำนวนเท่าใดแน่นอนขึ้นอยู่กับอัตราการรอดชีวิตและ selection power ที่กำหนดไว้แต่แรก

ศูนย์เพิ่มจำนวนพ่อแม่พันธุ์

ถ้ามีพ่อแม่กุ้งเพียงไม่กี่ร้อยคู่แล้วจะผลิตลูกกุ้งให้เพียงพอแก่ความต้องการของประเทศซึ่งต้องใช้แม่กุ้งประมาณสี่แสนตัวต่อปีได้อย่างไร ศูนย์เพิ่มจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (broodstock multiplication center หรือ BMC) จึงเป็นโครงสร้างที่จำเป็นสำหรับเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งโดยเฉพาะ โดยเป็นสถานที่ปลอดโรค (biosecure) และเป็นสถานที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่ได้คัดเลือกสายพันธุ์ไว้แล้วว่าเหมาะสมเพียงหนึ่งหรือสองสายพันธุ์ แต่เลี้ยงเป็นจำนวนหมื่นหรือแสนตัว ในภายหลังพ่อแม่พันธ์กุ้งเหล่านี้จะถูกส่งไปตามโรงเพาะฟักต่างๆ เพื่อใช้งานใน BMC จะมี live-feed production และ maturation acclimatization สำหรับเตรียมความพร้อมให้แก่พ่อแม่พันธุ์เช่นกัน

รูปที่ 12.5 แม่เพรียงที่เป็นอาหารสำคัญของพ่อแม่พันธุ์

ด่านกักกันเชื้อโรคกุ้ง

ในบางครั้งจำเป็นต้องหาสายพันธุ์อื่นมาทดแทนสายพันธุ์ที่ไม่มีการผสมพันธุ์ หรือมีอัตราการรอดชีวิตต่ำ สายพันธุ์ที่นำมา "แซม" เป็นครั้งคราวนี้อาจจะมาจากสายพันธุ์ธรรมชาติหรือจากบ่อเลี้ยง การนำกุ้งจากภายนอกซึ่งอาจจะมีเชื้อไวรัสต่างๆ เข้ามาสู่ NBC นั้นเป็นการเสี่ยงต่อการเกิดการติดเชื้อสำหรับกุ้งใน NBC จึงจำเป็นต้องมีการสร้างด่านกักกันเชื้อโรคกุ้ง (quarantine) ซึ่งอยู่นอก NBC และอยู่นอก BMC ด่านกักกันเชื้อโรคกุ้งถูกแบ่งแบบคร่าวๆ ได้เป็นสถานกักกันปฐมภูมิ (primary quarantine) และสถานกักกันทุติยภูมิ (secondary quarantine) โดย primary quarantine เป็นสถานที่กักกันพ่อแม่พันธุ์ที่อาจมีเชื้อโรคไว้ประมาณสองเดือน หากพบว่าปลอดเชื้อจะถูกจัดว่า "สอบผ่าน" primary quarantine และต้องไปผ่านการ "สอบ" ครั้งที่สอง โดยรับการตัดตา ออกไข่และออกลูก (ดังนั้น quarantine ต้องเป็นโรงเพาะฟักด้วย) ถ้าลูกกุ้งที่ได้พบว่าปลอดเชื้อ นับว่าลูกกุ้งนั้น "สอบผ่าน" secondary quarantine กล่าวโดยง่ายได้ว่า ให้ "แม่" สอบครั้งแรก ถ้าผ่าน ก็จะให้ "ลูก" สอบครั้งที่สอง ลูกที่สอบผ่านจึงมีสิทธิ์เข้าสู่ NBC ได้ จะเห็นได้ว่าในการพัฒนาสายพันธุ์กุ้งนั้น ศูนย์ NBC ศูนย์ BMC และศูนย์ quarantine จัดเป็นโครงสร้างที่สำคัญอย่างยิ่ง

กุ้งสายพันธุ์ที่ปลอดเชื้อและต้านทานโรคอยู่ในตัวเดียวกัน

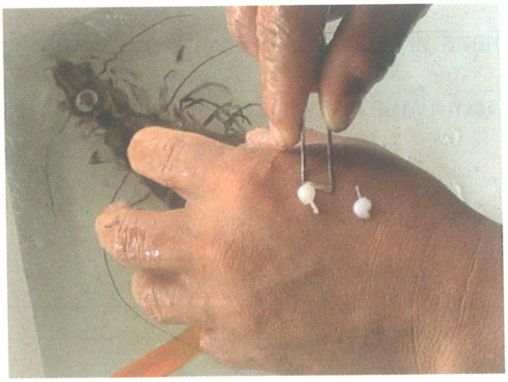
มีความสงสัยกันอยู่ว่ากุ้งปลอดโรค (specific pathogen-free หรือ SPF) นั้นจะดีหรือไม่ เปรียบเหมือนเด็กที่เนื้อตัวสะอาด ไม่เคยเผชิญกับเชื้อโรคเลย เมื่อไปถูกเลี้ยงในแหล่งที่สุขอนามัยไม่ดีนักอาจจะอ่อนแอ ป่วยง่าย ตามความเป็นจริงและการปฏิบัติที่ถูกต้องแล้ว วิธีที่จะให้กุ้ง SPF ซึ่งโตเร็ว ไม่เกิดโรคได้ง่าย จะต้องมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติทนโรคด้วย โดยทดลองนำตัวอย่างกุ้งจากสายพันธุ์นั้นมาทดสอบกับเชื้อไวรัสที่อยากจะให้กุ้งต้านทานได้ เช่น เชื้อไวรัสดวงขาว เมื่อลองทดสอบดูประมาณ 50 สายพันธุ์แล้วน่าจะเห็นว่าแต่ละสายพันธุ์มีอัตรารอดชีวิตต่างๆ กันไป และสามารถจัดอันดับได้เหมือนกับการจัดอันดับการโตเร็วเช่นกัน เมื่อผ่านการจัดอันดับแล้วอาจจะเห็นว่าสายพันธุ์กุ้งที่โตเร็วที่สุดอาจจะไม่ใช่สายพันธุ์ที่แข็งแรงที่สุดก็เป็นได้ ซึ่งเป็นหน้าที่ของศูนย์กลางการผสมสายพันธุ์ที่จะทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมออกมาสู่ตลาด

ความเกี่ยวพันระหว่างการพัฒนาสายพันธุ์กับการตัดต่อยีน

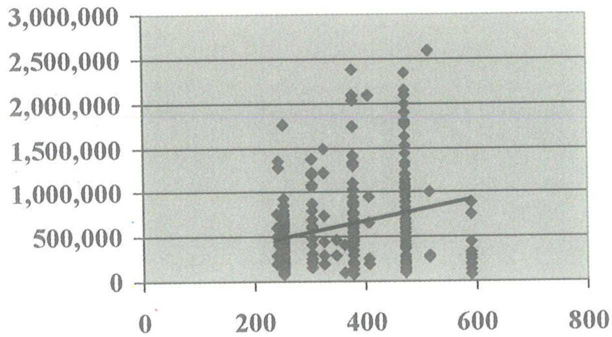
การทำ domestication และคัดเลือกสายพันธุ์ในกุ้งกุลาดำดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็นเรื่องที่ลำบากพอสมควร ส่วนการพยายามพัฒนาสายพันธุ์ในระดับที่ใช้การตัดต่อยีนนั้นนับเป็นเรื่องยากขึ้นไปอีก รวมทั้งต้องใช้ทุนและเวลาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาคือ ความเสี่ยงต่อการยอมรับของตลาด ซึ่งในสถานภาพปัจจุบันนี้การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอยู่หลากหลายแล้วตามธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ยังนับว่าเพียงพออยู่

ความก้าวหน้าของการพัฒนาสายพันธุ์ในปัจจุบัน

จากการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ผ่านมาทำให้ในปัจจุบันมีสายพันธุ์อยู่ประมาณสี่สิบสายพันธุ์ และทุกสายพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในระดับที่ดีคือ มีค่า ADG อยู่ระหว่าง 0.20-0.35 กรัมต่อวัน โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ (30-40 ตัวต่อตารางเมตร) กุ้งสายพันธุ์ที่มาจากแม่เดียวกันนี้มีขนาดใกล้เคียงกันมาก แต่ปัญหาใหญ่คือ ไม่มีกำลังผลิตเพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากอัตราการออกไข่และฟักเป็นตัวยังต่ำ (ร้อยละ 50) โดยที่แม่กุ้งแต่ละตัวจะให้ nauplius ได้ประมาณ 300,000 ตัว และเป็นกุ้ง P15 ประมาณ 100,000 ตัว ซึ่งหากคำนวณดูแล้วจะเห็นว่า ถ้าจะให้ลูกกุ้งเพียงพอต่อความต้องการ ต้องมีกำลังผลิตสูงกว่าปัจจุบัน 50 เท่า!



รูปที่ 12.6 การผสมเทียม (artificial insemination) เป็นวิธีการสำคัญที่จะทำให้ได้ลูกพันธุ์กุ้งที่ดี



รูปที่ 12.7 ปริมาณไข่ที่ได้จากแม่กุ้งแต่ละตัว แม่กุ้งที่ออกไข่ได้ดีควรมีอายุประมาณหนึ่งปี

ปัจจุบัน (พ.ศ. 2548) ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้สนับสนุนงบประมาณเพื่อสร้างศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้งขึ้น โดยใช้สถานที่ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และสถานที่ของกองทัพเรือ ที่อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช และศูนย์นี้อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งคาดว่าจะทำการก่อสร้างเสร็จภายในปี พ.ศ. 2548 ศูนย์นี้จะเป็นทั้งศูนย์วิจัยและสถานที่ผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งและลูกกุ้งที่มีคุณภาพเพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกรต่อไป

บทสรุป

การพัฒนาสายพันธุ์กุ้งคือการผสมสายพันธุ์ให้ได้สายพันธุ์ที่โตเร็ว ต้านทานโรค และมีคุณสมบัติอื่นๆ ตามที่อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งต้องการ ถ้าประเทศไทยไม่รีบทำการพัฒนาในอนาคตอันใกล้นี้ประเทศไทยอาจจะต้องซื้อแม่กุ้งที่มีต้นกำเนิดในประเทศไทยจากต่างประเทศก็ได้

บทที่ 13

บทสรุป

ยอดหทัย เทพธรานนท์
กัญญูวิมว์ กีรติกร
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

ข้าว มันสำปะหลังและกุ้ง เป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญที่สุด ทั้งทางด้านการอุปโภคและบริโภคในประเทศ และการส่งออกเพื่อนำรายได้เข้าประเทศ ประชากรไทยจำนวนมหาศาลมีชีวิตผูกพันอยู่กับผลผลิตทางการเกษตรทั้งสามนี้ นับแต่ขั้นตอนในระดับต้นน้ำ เช่น เกษตรกรผู้ปลูก ผู้เลี้ยง ผู้ค้าปัจจัยการผลิต ไปจนถึงระดับปลายน้ำ เช่น ผู้ทำการแปรรูป ผู้ส่งออก ผู้ที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนถึงผู้บริโภค หากประเทศไทยไม่สามารถรักษาความสามารถในด้านการผลิต หรือแม้แต่การปรับปรุงการผลิตให้ดีกว่าที่เป็นอยู่ในขณะนี้ได้ จะส่งผลถึงความสามารถในการแข่งขันและคนไทยทุกคนจะได้รับผลกระทบทั้งทางตรงหรือทางอ้อม

รายละเอียดในบางบทของหนังสือเล่มนี้ มีการแสดงความกังวลเกี่ยวกับระบบการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยว่า อาจจะเป็นปัจจัยที่ทำลายสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องมาจากเกษตรกรทำการแผ้วถางบริเวณป่าสมบูรณ์ที่เป็นแหล่งต้นน้ำหรือบุกรุกบริเวณป่าสงวนอันเป็นแหล่งรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อใช้พื้นที่ดังกล่าวในการปลูกมัน เหมือนกับที่ป่าอันอุดมสมบูรณ์ถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นแปลงพืชไร่เพื่อการส่งออก เช่น ข้าวโพด หรือการทำลายป่าบนเขาเพื่อการปลูกขิงในปัจจุบัน แต่ในขณะเดียวกันนักวิชาการได้แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดีและขึ้นได้ง่ายในดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำ และแม้กระทั่งในดินทรายที่ปลูกพืชอื่นๆ ได้ไม่ดี ดังนั้นเรื่องของการจัดการพื้นที่ปลูกจึงเป็นเรื่องสำคัญยิ่ง จะต้องมีการดูแลให้มีการเลือกใช้พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันและป้องกันการรุกล้ำทำลายพื้นที่ซึ่งจะเป็นประโยชน์ด้านอื่นๆ

ผลกระทบของอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งในทางลบก็เกิดขึ้นมาแล้วเช่นกันในระยะแรกๆ ที่ผู้เลี้ยงขาดการแนะนำหรือการควบคุมที่ดีจากรัฐบาล ป่าชายเลนอันอุดมสมบูรณ์มีบริเวณลดน้อยลงเพราะถูกเปลี่ยนไปเป็นนากุ้ง รวมทั้งผลกระทบจากการทำนากุ้งที่ไม่มีระบบการจัดการน้ำที่ดี ที่เลวร้ายที่สุดคือการทำนากุ้งในบริเวณที่ไม่ใช่แหล่งน้ำเค็ม แต่อาศัยการขนย้ายน้ำเค็มและการเติมเกลือในบ่อน้ำเพื่อเลี้ยงกุ้ง โดยเชื่อว่าจะเป็นการเพิ่มพื้นที่เพาะเลี้ยงได้โดยไม่ต้องอาศัยชายฝั่ง ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์เหล่านี้ได้ทำลายพื้นที่จำนวนมากที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ดีสำหรับการปลูกพืชอื่นๆ เช่น ข้าว และเกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวมาจนถึงทุกวันนี้ ทั้งยังก่อให้เกิดภาพพจน์ในทางลบต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งแก่ประชาชนคนไทยและในต่างประเทศ เช่นเดียวกับการปลูกมันสำปะหลัง นักวิชาการได้แสดงให้เห็นว่าหากทำการเลี้ยงกุ้งภายใต้คำแนะนำที่เหมาะสม โดยนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การเลี้ยงในระบบปิดที่มีการหมุนเวียนบำบัดน้ำเสียที่ดีมาใช้ จะส่งผลกระทบทางด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

ในขณะเดียวกันผู้ผลิตในประเทศไทยต้องตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของกฎเกณฑ์ต่างๆ ในตลาดโลกอันจะเป็นตัวกำหนดการยอมรับของสินค้าจากบ้านเรา เช่น ข้อกำหนดทางด้านปริมาณหรือชนิดของสารตกค้างจำพวกสารปฏิชีวนะ (antibiotics) ข้อกำหนดทางด้านปริมาณสิ่งเจือปน เป็นต้น เพื่อให้ความคุ้มครองทางด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตลอดจนถึงข้อกำหนดให้กระบวนการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นแนวทางการปฏิบัติที่จำเป็นเช่น Good Agricultural Practice, Good Aquaculture Practice หรือ Code of Conduct เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตจะหลีกเลี่ยงไม่ได้อีกต่อไป ดังนั้นจำเป็นต้องทำความเข้าใจและปฏิบัติให้ถูกต้อง ข้อปฏิบัติเหล่านี้คงจะเป็นปัจจัยที่จะบังคับให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการปลูก การเลี้ยง การผลิต จากวิธีการที่ทำกันมาแต่เดิม เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากประเทศผู้ซื้อ

หน่วยงานวิชาการต่างๆ ในประเทศไทย เช่น กรมวิชาการเกษตร กรมประมง มหาวิทยาลัยต่างๆ สถาบันวิจัย เช่น ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค) แหล่งสนับสนุนทุนวิจัย เช่น สกว. ไบโอเทค ได้ให้ความสำคัญต่อผลผลิตทางการเกษตรทั้งสาม ทั้งทางด้านการค้นคว้าวิจัยและการถ่ายทอดความรู้ออกสู่เกษตรกร เพื่อให้มีความพร้อมและความเข้าใจที่จะปรับใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ให้เป็นประโยชน์อย่างสูงสุด ดังนั้นหน่วยงานต่างๆ เหล่านี้จึงให้การสนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อมตลอดเวลาหลายปีมานี้ อย่างไรก็ตามประเทศไทยจำเป็นจะต้องมีแผนระยะยาวในการรักษาความเป็นผู้นำทางด้านการผลิตและการส่งออก ต้องอาศัยความร่วมมืออย่างพร้อมเพรียงจากทุกหน่วยงาน (concerted effort) การสนับสนุนระยะยาวจากรัฐบาล (long-term commitment) การมีวิสัยทัศน์และเตรียมพร้อมสำหรับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น โรคระบาดใหม่ๆ ที่จำเป็นต้องเตรียมการทางด้านการป้องกัน วินิจฉัย และรักษา มิฉะนั้น**ข้าว-มัน-กุ้ง**อาจจะประสบปัญหาที่เราไม่มีความความพร้อมในการแก้ไข อย่างในกรณีของไข้หวัดนกที่กำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้