บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว (*Oryza sativa* L.)

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (Khao Dawk Mali105)

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวเจ้าหอม ซึ่งได้มาโดย นายสุนทร สีหะเนิน พนักงานเกษตร รวบรวมจากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ. 2493-2494 จำนวน 199 รวง แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure Line Selection) และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง จากนั้นปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึง สถานที่เก็บรวงข้าว คือ อ.บางคล้า เลข 2 หมายถึง พันธุ์ทดสอบที่ 2 คือ ขาวดอกมะลิ และเลข 105 หมายถึง แถวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง และได้รับการรับรองพันธุ์โดยคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ ให้ใช้ขยายพันธุ์ เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 และ ให้ชื่อว่า "ขาวดอกมะลิ105" ลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ สูงประมาณ 140 เซนติเมตร ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะนาปี ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟาง วันเก็บเกี่ยว ประมาณ 25 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง x ยาว x หนา = 2.1 x 7.5 x 1.8 มิลลิเมตร ปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 12-17 คุณภาพข้าวสุก นุ่มหอม ผลผลิตประมาณ 363 กิโลกรัม/ไร่ มีลักษณะเด่นคือ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ปลูกเป็นข้าวไร่ได้เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการขัดสีดี คุณภาพการหุงต้มมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม โรงสีมีความต้องการสูง จำหน่ายได้ราคาดี (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.) โดยกรมวิชาการเกษตร (2547) ได้จัดแบ่งข้าวตามคุณภาพทางกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ในแหล่งปลูกต่างๆ กัน ดังตาราง 1

ตาราง 1 การจัดแบ่งข้าวตามคุณภาพทางกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ดีที่ปลูกในฤดูนาปี 2542

พันธุ์ข้าว	แหล่งปลูก	ความชื้น (%)	อะไมโลส (%)	โปรตีน (%)	ความคงตัวแป้งสุก(มม.)	การสลายเมล็ดในด่าง	อัตรายืดเมล็ด(เท่า)	ต้มเมล็ดสุก (นาที)	Brablender Amyloviscograph			
									GT oC	BD BU	CC BU	SB BU
ขาวดอกมะลิ105	PTT	10.50	16.10	7.70	79	7.00	1.60	15	64.50	770	310	-460
	CNT	13.00	14.10	6.00	80	6.70	1.60	15	66.00	660	380	-280
	KSR	11.90	14.60	9.00	77	6.40	1.70	15	66.00	500	440	-60
	PMI	10.90	16.70	7.50	100	6.60	1.70	15	67.30	440	450	10
	KKN	10.00	16.10	7.80	100	6.30	1.60	15	66.00	720	320	-400
	PAN	12.70	16.40	9.30	77	7.00	1.70	14	64.10	490	470	-20
	PTL	8.60	16.40	9.90	100	7.00	1.80	17	66.50	400	460	60
ชัยนาท1	PTT	10.90	26.60	8.92	63	5.00	1.66	20	72.20	790	790	440
	HTA	10.70	28.80	8.82	49	5.00	1.64	21	74.50	830	830	450
	CNT	12.53	27.70	7.44	65	5.00	1.62	20	74.00	780	780	310
	KSR	11.50	29.90	7.06	64	4.90	1.66	19	73.50	820	820	340
	PTL	8.80	28.00	8.05	40	5.10	1.73	20	74.00	930	930	550
	NSR	9.10	29.70	7.67	45	5.00	1.96	21	73.00	870	870	630
พิษณุโลก2	CNT	12.80	28.10	7.60	79	7.00	1.70	19	66.50	480	480	-20

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2547

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทางระหว่าง F1 ของสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-194-2-1 กับ IR56 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ในปี พ.ศ. 2533-2534 คัดเลือกแบบสืบตระกูล ตั้งแต่ F1-F5 ในปี พ.ศ. 2535-2538 ได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-5-1 นำเข้าศึกษาพันธุ์ในปี พ.ศ. 2538-2539 เปรียบเทียบผลผลิตในสถานี ระหว่างสถานีและในนาเกษตรกรในปี พ.ศ. 2540-2542 ศึกษาเสถียรภาพในการให้ผลผลิตเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในปี พ.ศ. 2540-2542 และได้รับการพิจารณารับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยมีลักษณะเด่นคือ ให้ผลผลิตสูงซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 807 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท1 ที่ให้ผลผลิต 716 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีเสถียรภาพร้อยละ 15 ในการให้ผลผลิตดีสม่ำเสมอ มีคุณภาพเมล็ดดี รูปร่างเรียวยาว มีท้องไข่น้อยและคุณภาพการสีดีมาก (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ได้มาจากการผสม 3 ทางระหว่างข้าวสายพันธุ์ IR13146-158-1 กับ IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 ในปี พ.ศ. 2525 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ในปี พ.ศ. 2525-2529 ปลูกข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ถึงชั่วที่ 6 จนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-2-1 ปี พ.ศ. 2530-2535 เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ระหว่างสถานี และในนาราษฎร์ ปี พ.ศ. 2535 พิจารณาเป็นสายพันธุ์ข้าวดีเด่น และรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2536 โดยกรมวิชาการเกษตร และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าชัยนาท1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุประมาณ 119 วันเมื่อปลูกฤดูฝน และ 130 วันในฤดูแล้ง สูงประมาณ 113 เซนติเมตร มีลักษณะทรงกอตั้ง ใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างยาวตั้งตรง ใบแก่ข้า รวงยาวและแน่น คอรวงสั้น ระแง้ค่อนข้างถี่ เมล็ดยาวเรียว เปลือกเมล็ดสีฟาง ท้องไข่น้อย เมล็ดข้าวสารเรียวยาว ขาวใส คล้ายข้าวขาวดอกมะลิ105 ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือ ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดี ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคใบหงิกและค่อนข้างต้านทานโรคไหม้ ให้ผลผลิตเฉลี่ยในฤดูฝน 725 กิโลกรัม/ไร่ และในฤดูแล้ง 754 กิโลกรัม/ไร่ และมีคุณภาพการสีดี ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ข้าวประเภทนี้นำไปแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เส้นกวยจั๊บ และเส้นขนมจีนได้ (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท, ม.ป.ป.)

ข้าวคุณภาพดีที่ผลิตในประเทศไทยต้องเป็นข้าวที่เมล็ดยาวและรูปร่างเรียว ดังนั้นข้าวที่ซื้อขายกันในตลาดจึงมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน แต่คุณลักษณะของข้าวสุกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการรับประทานอาจแตกต่างกันเช่น บางคนนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน แต่บางคนชอบข้าวร่วนหุงขึ้นหม้อ เนื่องจากรูปร่างเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมักเกิดปัญหาการ

ปนกันระหว่างข้าวต่างคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้นอกจากกระทบต่อการบริโภคทั่วไปยังก่อความยุ่งยากต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากข้าว ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกันได้แก่ ปริมาณอะไมโลส ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก โปรตีน และความเก่าของข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12-18)

ปริมาณอะไมโลส (amylose content)

เมล็ดข้าวสารมีแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับธัญพืชชนิดอื่นๆ แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญคือ อะไมโลเพกติน (amylopectin) และอะไมโลส (amylose) แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลสปนเล็กน้อย ข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะไมโลสประมาณร้อยละ 7-33 ในข้าวสาร หรือ ร้อยละ 9-37 ในแป้ง ส่วนที่เหลือร้อยละ 63-91 จะเป็นอะไมโลเพคติน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันคือ ข้าวอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่าง การหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำและทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียว และนุ่มกว่า ได้มีการจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสารเป็น 5 ประเภท (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12) และ 3 ประเภท (งามชื่น คงเสรี, 2546, หน้า 88) ดังแสดงในตาราง 2 และ 3 และได้แสดงปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในข้าวบางสายพันธุ์ดังตาราง 4

ตาราง 2 ประเภทและปริมาณของอะไมโลสในข้าวสาร

ประเภท (อะไมโลส)	ปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ต่ำมาก	2-9	เหนียว-นุ่ม
ต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ปานกลาง	20-25	นุ่ม-ค่อนข้างเหนียว
สูง	26-33	ร่วน-แข็ง

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ตาราง 3 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ขาวดอกมะลิ105	10-19	เหนียว-นุ่ม
ปทุมธานี1	10-19	เหนียว-นุ่ม
หอมคลองหลวง	10-19	เหนียว-นุ่ม
กข7	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
สุพรรณบุรี60	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ชัยนาท1	26-34	ร่วน-แข็ง
สุพรรณบุรี1	26-34	ร่วน-แข็ง
พิษณุโลก2	26-34	ร่วน-แข็ง

ที่มา: งามชื่น คงเสรี, 2546

ตาราง 4 ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้อง

พันธุ์	ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Khao Dawk Mali105	0.07	0.20
Malakit Sungsong	0.09	0.02
Basmati370	0.07	0.17
Azucena	0.04	0.16
Taxas long Grain (ข้าวไม่หอม)	< 0.008	-
Carose (ข้าวไม่หอม)	< 0.006	-

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวโดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute: IRRI) ได้แบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกเป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง	ต่ำกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะไมโลสซึ่งพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันก็ยังมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ปัจจัยข้อนี้จึงอาจใช้คาดคะเนคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวที่มีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งกว่าย่อมจะมีข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ซึ่งการเก็บรักษาข้าวนั้นมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12)

อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)

แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งแป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิแป้งสุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุกซึ่งอาจแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภทดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

ประเภทของข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก	อุณหภูมิที่แป้งสุก (°C)
ต่ำ	55-69.5
ปานกลาง	70-74
สูง	74.5-79

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง การคาดคะเนระดับอุณหภูมิที่แป้งสุกอาจทำโดยการหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali spreading value) (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 13)

โปรตีน (protein)

ในเมล็ดข้าวแม้จะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งมากแต่ปริมาณโปรตีนมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสุกเล็กน้อย เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงจะมีข้าวสุกที่กระด้างและมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 18)

ความเก่าของข้าว

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน หลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวขาวจะแกร่งขึ้นทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากขบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ แป้ง ไขมันและโปรตีน ดังแสดงในภาพ 1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ของไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและทำให้สารกลุ่ม carbonyl เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นสาบในข้าวเก่า กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของอะไมโลสกลายเป็นสารประกอบกรดไขมัน-อะไมโลส และมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของข้าวสุกแข็งมากขึ้นและความเหนียวลดลง สำหรับส่วนของโปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนกับกรดอะมิโน ทำให้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเช่นเดียวกับกรดไขมัน นอกจากนี้ ผลของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนยังทำให้สารระเหยที่ได้จากกรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบลดลง ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป นอกจากนี้โปรตีนยังทำให้เกิดปฏิกิริยา non enzymatic browning และมีผลให้สีของข้าวคล้ำลง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้

ทำให้ข้าวเก่ามีคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุกแตกต่างจากข้าวใหม่ คือ ข้าวเก่าต้องการเวลาในการหุงต้มนานกว่า มีความสามารถในการดูดน้ำ (water absorption) และขยายปริมาตร (volume expansion) ได้มากกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่น้ำข้าวจะมีของแข็ง (total solid) ลดลงและข้าวสุกร่วนและแข็งขึ้น กลิ่นหอมของข้าวลดลง เมล็ดข้าวเก่ามีสีคล้ำลงเนื่องจากความเหนียวของข้าวสุกลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 24)

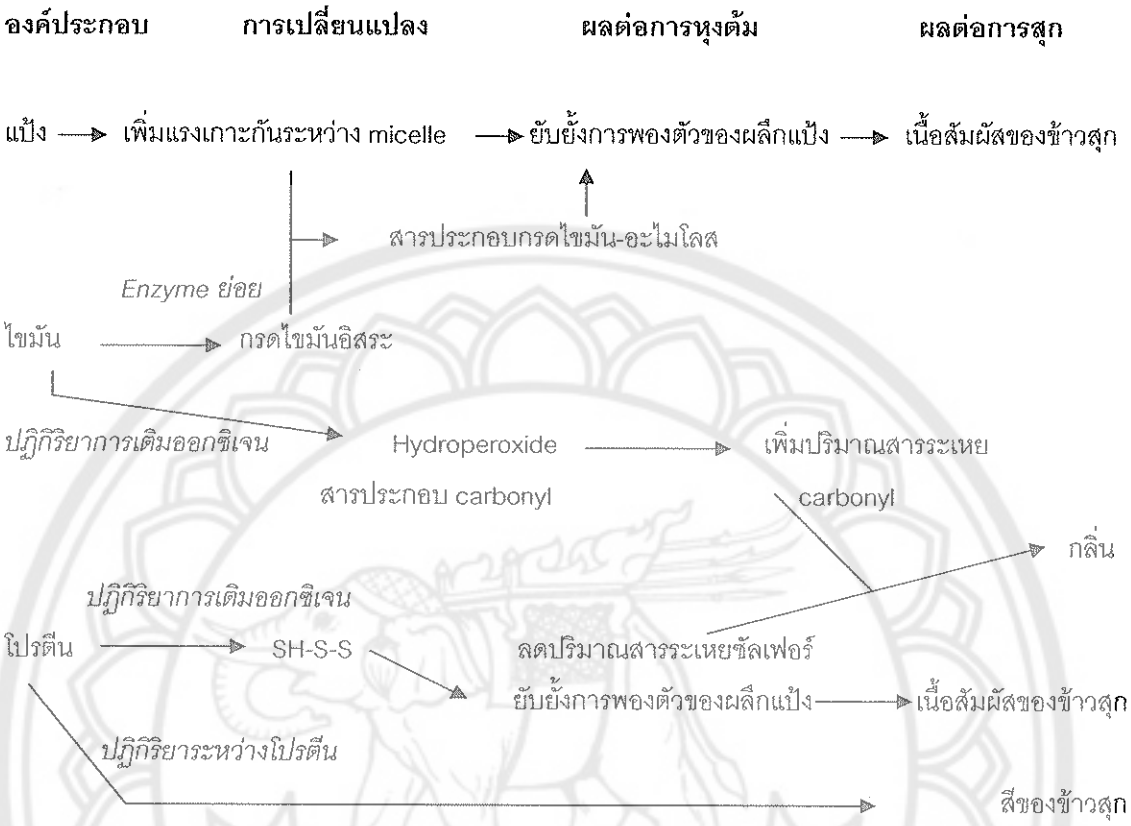
กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษาสามารถสรุปได้ดังภาพ 1

การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดมี 2 ลักษณะ คือ คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการหุงต้มตลอดจนการรับประทาน คุณภาพทางกายภาพประกอบด้วย (1) ขนาดและรูปร่างของเมล็ด การวัดขนาดเมล็ดนิยมใช้เวอร์เนียร์วัดจากเมล็ดที่สุ่มมาอย่างน้อย 10 เมล็ด ข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดีควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 7.2 มิลลิเมตร (2) ท้องไข่ (chalkiness) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดซึ่งเกิดจากผลึกแป้งภายในเมล็ดอัดกันไม่แน่นพอเกิดเป็นช่องอากาศเล็กๆ ขึ้น การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดต้องคัดเลือกข้าวที่มีท้องไข่น้อย (3) คุณภาพการสี คือ ปริมาณข้าวสารและต้นข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 26)

สำหรับคุณภาพการหุงต้มของข้าวสารขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีในเมล็ดดังนี้ (1) ปริมาณอะไมโลส การหุงต้มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องการปริมาณน้ำมากและเมื่อสุกจะได้ข้าวร่วนพู่ ได้ข้าวปริมาตรมากและขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้าวอะไมโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนและไม่ขึ้นหม้อ (2) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ข้าวที่มีค่าความคงตัวอ่อนเมื่อสุกแล้วจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแข็ง หากข้าวทั้งสองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับเดียวกัน (3) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เช่น เมล็ดข้าวจะขยายตัวด้านยาวช่วยให้เป็นข้าวขึ้นหม้อ (งามชื่น คงเสรี, 2542, หน้า 46)

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร เพลงพิณ ศิวพรรัก และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย (2547) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของข้าวที่เก็บไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากับ 0.9-7.8 และ 0.9-9.6 U/100 กรัม ตามลำดับ น้ำตาลรีดิวส์ของข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวสารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา คุณสมบัติความหนืดวัดโดยเครื่องวัดความหนืด Rapid Visco Amylogramp (RVA) ของแป้งข้าวสารพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง



ภาพ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

Kaur and Singh (2000) ศึกษาการรวมตัวอย่างซับซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน ระหว่างการหุงต้มแป้งข้าวเจ้า กรดไขมันที่พบคือ กรด myristic, palmitic และ stearic และได้ศึกษาคุณสมบัติการละลายและการเกิดเป็นน้ำแป้ง ปริมาณกรดไขมันที่เติมเข้าไปคือร้อยละ 1.5, 3 และ 4.5 ทำการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30, 60 และ 90 นาที ปรากฏว่า การรวมตัวของอะไมโลส-ไขมัน เพิ่มขึ้น สำหรับความสามารถในการละลายนั้นลดลงเมื่อเพิ่มระดับของกรดไขมัน ส่วนการรวมตัวของอะไมโลสและกรดไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหุงต้ม และการเพิ่มกรดไขมันทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มขึ้น

Leelayuthsoontorn and Thipayarat (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของข้าวหอมมะลิในสภาวะการหุงต้มต่างๆ คือ ใช้อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ความดัน 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 kPa ข้าวที่หุงต้มด้วยอุณหภูมิสูงจะนุ่ม เมล็ดข้าว

เกาะกัน เมื่อส่องด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่ารูมีขนาดใหญ่ขึ้นและหนาขึ้นบริเวณชั้นในเนื้อเยื่อ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเนื้อเยื่อชั้นนอกจะเป็นรูเล็ก การต้มมีผลต่อลักษณะภายนอก เช่น สี เนื้อสัมผัส ในขณะที่ความดันมีผลเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลย

Rehman (2006) ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการในข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว โดยอุณหภูมิที่ใช้คือ 10, 25 และ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 3 และ 6 เดือน พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนและแป้งเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 6 เดือน ไลซีนและไทอะมีนสูญเสียเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45 องศาเซลเซียส น้ำตาลสูญเสียที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 6 เดือน กล่าวคือไม่ควรเก็บข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

คุณภาพการรับประทานของข้าว (eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้เพราะความชอบของผู้บริโภคแตกต่างกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 41) คุณภาพการรับประทานของข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสข้าวตามคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, หน้า 174) คุณภาพการรับประทานอาจศึกษาในด้านความเหนียว และความแข็ง โดยใช้เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron food tester) แต่การตรวจสอบที่ตรงประเด็นที่สุดคือ การตรวจสอบโดยใช้ประสาทสัมผัส (sensory) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินคือ กลิ่น (aroma), กลิ่นรส (flavour) หรือรสชาติ (taste), ความนุ่ม (tenderness) หรือความแข็งหรือกระด้าง (hardness), ความเกาะตัวกัน (cohesiveness) หรือความเหนียวติดกัน (stickiness), ลักษณะปรากฏ (appearance) และความขาว (whiteness) หรือสี (colour) โดยให้คะแนนในช่วง 2-11 สำหรับผู้ชิมที่ฝึกฝน และ 6 คะแนน สำหรับผู้บริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, หน้า 174)

Lee, et al. (1995) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเสริมแคลเซียม พบว่าข้าวที่มีการเสริมและไม่เสริมแคลเซียมนั้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกันโดยเฉพาะค่าความแข็งและค่าความแน่นเนื้อซึ่งในข้าวที่มีการเสริมแคลเซียมมีค่ามากกว่า แต่ค่าการไหลของแป้งเปียกพบว่าในข้าวเสริมแคลเซียมมีค่าน้อยกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกพบว่าข้าวที่เสริมแคลเซียมมีคะแนนด้านความนุ่มและความเหนียวติดกันมากกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม

Dipti, et al. (2002) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการหุงต้มของข้าว 6 สายพันธุ์ในประเทศบังกลาเทศ คือพันธุ์ Superfast, Basmati 4488, Khazar, Basmati PNR, Badshabhog และ BRRidhan 28 พบว่าข้าวที่มีสมบัติทางเคมีและเปอร์เซ็นต์การขัดสีสูงที่สุดคือ

พันธุ์ BRRIdhan 28 ส่วนข้าวพันธุ์ Khazar มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดซึ่งทั้งสองพันธุ์นี้มีลักษณะปรากฏดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น การศึกษาสมบัติในการหุงต้ม พบว่าข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์มีอัตราการยืดตัวของเมล็ด และอัตราการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันมาก ส่วนเวลาที่ใช้ในการหุงต้มนั้นต่างกันโดยพบว่าพันธุ์ Basmati 44 88 ใช้เวลาในการหุงต้มนานที่สุด

Singh, et al. (2005) ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ โดยใช้วิธี Pearson correlation พบว่าปริมาณของอะไมโลสมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการหุงสุกในทิศทางตรงกันข้ามแต่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง ส่วนค่าการเกาะติดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับปริมาณอะไมโลสและค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็งแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับเวลาที่ใช้ในการหุงสุก

Yau and Haung (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก 4 สายพันธุ์ คือพันธุ์ TNu 67, TNu 70, TC 189 และ TC Sen 10 ใช้การทดสอบเชิงพรรณนาและให้คะแนนในช่วง 1-15 แบ่งเป็น 1 = อ่อน, 7 = ปานกลาง และ 15 = แข็งมาก โดยนำตัวอย่าง 2 อุณหภูมิ ให้ผู้ทดสอบชิม คือ 18 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง) และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วชิมตัวอย่างทันที) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินได้แก่ กลิ่นของข้าวสุก (hot-rice aroma), ความแข็งหรือกระด้าง, ความเกาะตัวกัน, ความหลวม (looseness), กลิ่นของข้าวกล้อง (brown-aroma rice), ความหวาน (sweetness), กลิ่นของข้าวสุกเมื่อเย็น (cold-rice aroma) และลักษณะการเคี้ยว (chewiness) ปรากฏว่าลักษณะข้าวหุงสุกที่ผู้ชิมให้คะแนนประเมินสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คือ ความหลวม, กลิ่นของข้าวสุก, กลิ่นของข้าวกล้อง และความหวาน

Qingyun, et al. (2006) ต้องการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้างหุงสุก 90 สายพันธุ์ โดยวิธี Four-samples sensory test ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ประเมินคุณลักษณะ 7 ประการคือ กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความสว่าง และการชิม ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –5 ถึง 5 ส่วนความเหนียว และความแข็งหรือกระด้าง ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –3 ถึง 3 การหุงใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.4 แช่ในน้ำ 30 นาที ก่อนนำไปหุงเป็นเวลา 20 นาทีและอุ่นไว้ก่อน 10 นาที จึงนำไปให้ผู้ทดสอบชิมโดยทดสอบช่วงเช้าเวลา 10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 15.30 น. การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงผลออกมาเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยวิธี Regession เส้นตรงแบบหลายตัวแปร ซึ่งผลที่ได้นั้นมีความชอบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งภูมิลำเนาหรือที่อยู่อาศัย

เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

เตยหอมเป็นพืชในตระกูล screw pine วงศ์ Pandanaceae ลักษณะทั่วไปของเตยหอม คือ เป็นพืชในเขตร้อน มีประมาณ 600-700 ชนิด เช่น *P. amaryllifolius*, *P. odoratissimus* Linn., *P. testorius* Bl. และ *P. latifolius* เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักขึ้นเป็นกอในบริเวณชื้นแฉะ ใบเรียวคล้ายใบหอก ปลายใบแหลมและมีหนาม ตามขอบใบ บริเวณกลางใบเว้าลึก ถ้ามองด้านท้องใบจะมีลักษณะเป็นสันคล้ายกระดูกงูเรือ (นิจศิริ เรืองรังษี และพะยอม ตันติวิวัฒน์, 2534) กลิ่นของใบเตยมีกลิ่นหอมนิยมใช้ในการแต่งกลิ่นอาหารอย่างแพร่หลายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ในอดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์นิยมนำใบเตยหอมมาใช้ในการประกอบอาหาร ทำขนมหวาน และใช้ในการแต่งกลิ่น นอกจากนั้นยังมีการนำมาใช้ทำยารักษาโรค ซึ่งตามตำรายาแผนโบราณกล่าวว่า ใบเตยมีสรรพคุณในการเป็นยาบำรุงหัวใจ ช่วยลดการกระหายน้ำ ส่วนรากใช้เป็นยาขับปัสสาวะ และรักษาโรคเบาหวาน (ใบเตยหอม, 2551)

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา และคณะ (2530, 2533) พบว่าเตยหอมมีคุณสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง ทั้งในส่วนของ ราก ลำต้นใต้ดิน และใบ ในขณะที่ รัชวรรณ ลิ้มวิวัฒน์กุล และวีระนุช นิลนนท์. (2542, 2543) พบว่าสารสกัดจากใบเตยมีผลในการเพิ่มความแรงและการเต้นของหัวใจ ซึ่งส่งผลความดันเลือดด้วย นอกจากนั้นใบเตยยังมีคุณสมบัติในการทำให้ร่างกายสดชื่น ลดอาการไข้และยังช่วยบรรเทาอาการอาหารไม่ย่อย ท้องอืดท้องเฟ้อ (Cheeptham and Towers, 2002)

นอกจากสรรพคุณทางยาของเตยหอมแล้ว การที่เตยหอมมีลักษณะของกลิ่นเฉพาะตัวจึงทำให้เตยหอมได้รับความนิยมนำกลิ่นที่สกัดได้จากใบเตยไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน

วิมลมาศ พวงนาค และสุนทรี วรผลึก (2524) ได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดสารจากใบเตยเพื่อนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งบุหรี่ โดยการสกัดใบเตยด้วยตัวทำละลายหลายชนิด ได้แก่ ether, petroleum ether, chloroform pentane และ benzene และวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย thin layer chromatography (TLC) และ gas chromatography (GC) พบว่าตัวทำละลายทุกชนิดมีการตรวจพบสารคล้ายกัน ได้แก่ สาร linalyl acetate, benzyl acetate, linalool และ geraneol ส่วน cumarin และ ethylvanillin ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญในการปรุงกลิ่นของยาสูบ พบ chromatogram ไม่ชัดเจน แต่เมื่อนำใบเตยมาสกัดด้วย ethyl alcohol และสกัดซ้ำด้วย chloroform และวิเคราะห์ด้วย GC และ TLC พบว่ามีปริมาณน้อยมองเห็นไม่ชัดเจน

น้องนุช เจริญกูล, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และดุษฎี อุตภาพ (2545) ได้ศึกษาการนำสารที่สกัดจากใบเตยด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์พร้อมกัน (simultaneous steam distillation and extraction) มาใช้ในการผลิตเจลปรับอากาศ โดยพิจารณาที่ปริมาณสาร

2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ร่วมกับผลทางประสาทสัมผัส ซึ่งส่วนผสมที่เหมาะมี 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 คือ 1.5:2:20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) สูตรที่ 2 คือ 2: 3: 20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) และ สูตรที่ 3 คือ 2.5: 3: 20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) จากนั้นนำเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มาเปิดทิ้งไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 69 พบว่า หลังจากผ่านไป 4 ชั่วโมง ปริมาณสาร 2AP ลดลงไปร้อยละ 77.90, 56.43 และ 12.29 ตามลำดับ เมื่อทิ้งไว้ 2 วันพบว่าไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณ 2AP ได้ และเมื่อใช้ทดสอบด้วยการดมพบว่า ยังมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของใบเตย ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ พบว่า สีของเจลทั้ง 3 สูตรเพิ่มตามอายุการใช้งาน และในช่วงวันที่ 10 ของการใช้งาน เจลทั้ง 3 สูตรจะมีการสูญเสียรูปทรงและสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 90 และ ร้อยละ 50 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเจลปรับอากาศที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้จริง เนื่องจากกลิ่นของเจลลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเจลปรับอากาศทางการค้าที่ใช้น้ำหอมสังเคราะห์ซึ่งอายุการใช้งาน 15-20 วัน

นัยวิท เฉลิมนนท์ (2543) ศึกษาการสกัดสารสีเขียวจากเตยหอม โดยการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ตัวละลาย อุณหภูมิ และ pH ที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดสารสีเขียวจากใบเตยหอมด้วยเอทานอล ร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ที่ช่วง pH 7 ถึง 8 สามารถสกัดสารสีเขียวที่มีปริมาณของคลอโรฟิลล์สูงสุด คือ 3,141.73 mg/L และจากการผลิตผงสีเขียวโดยการทำแห้ง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยปัจจัย 3 ปัจจัย คือ สารตัวกลาง อุณหภูมิลมร้อนเข้า และค่าการวัดแรงดันหัวฉีด พบว่า สภาวะที่ใช้กัมอาราบิกเป็นสารเจือปน อุณหภูมิลมร้อนเข้า 200 องศาเซลเซียส และค่าการวัดแรงดันหัวฉีด 1.0 bar สามารถผลิตผงสีเขียวที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด 101.10 mg/L ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ร้อยละ 1.0 ค่า pH 4.47 ค่าการละลาย 0.064 ค่าการดูดความชื้น ร้อยละ 1.047 การเปลี่ยนแปลงค่า pH 0.64 และปริมาณความชื้นร้อยละ 4.36 และเมื่อนำสีเขียวที่ได้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับการใช้สารสะลายสีเขียวเข้มข้น ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงสีเขียวที่เติมกัมอาราบิกสูงที่สุด

Nor, et al. (2008) ได้ทำการศึกษาพบว่าสารสกัดจากใบเตยสามารถนำมาใช้ในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidative properties) ป้องกันการเหม็นหืนของน้ำมันปาล์ม คือ นำใบเตยมาสกัดด้วย ethanol ด้วยอัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเติมในน้ำมันปาล์ม (ร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 8, 16, 24 และ 32 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจหา antioxidant

activity ในรูปของ DDPH radicals ผลการทดลองพบว่า การเติมสารสกัดจากใบเตยที่ ร้อยละ 0.2 สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเหม็นหืนได้ดีที่สุด และการที่สารสกัดใบเตยสามารถยับยั้งการเกิดการเหม็นหืนก็เนื่องจาก ในสารสกัดใบเตยมีสาร polyphenol อยู่ประมาณ 102 mg/g ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้

กลิ่นของใบเตย

สารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตยมีหลายชนิดโดยกลิ่นของใบเตยจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการนำใบเตยมาแปรรูปซึ่งทำให้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นเปลี่ยนแปลง ในใบเตยสดสารระเหยที่วิเคราะห์พบเป็นปริมาณหลักโดยร้อยละ 73 ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดคือ 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งให้กลิ่นในลักษณะฉุน หวานคล้ายยา และจะพบสารให้กลิ่นเหม็นเขียวซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอมได้แก่ 3-haxanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone (Jiang, 1999) ทำให้กลิ่นของใบเตยสดแตกต่างไปจากใบเตยแปรรูปซึ่งโดยมากเป็นการนำไปผ่านความร้อน ใบเตยแปรรูปจะมีกลิ่นของ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (กลิ่นข้าวโพดคั่ว, กลิ่นใบเตย) แรงขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีกลิ่นใบพืชต้มและกลิ่นใบยาสูบเกิดขึ้นในลักษณะเป็น undertone กลิ่นต้ม (boiled flavor) ในพืชโดยมากเป็นกลิ่นของสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น methional (กลิ่นมันฝรั่งต้ม), thiazole (กลิ่นหอมหัวใหญ่สุก) และ 3-methylthiobutanal (มะเขือเทศสุก) เป็นต้น สารระเหยเหล่านี้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์หลังจากที่มีการแปรรูป สำหรับสารระเหยที่คล้ายกลิ่นใบยาสูบมีหลายชนิดเช่น β-damascenone (กลิ่นใบยาสูบ, กลิ่นหวาน, กลิ่นขนมปัง) และ trimethylcyclohexenedione (กลิ่นยาสูบ, กลิ่นฟาง, กลิ่นชา) เป็นต้น กลิ่นยาสูบที่เกิดขึ้นในพืชส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปซึ่งจะเปลี่ยนสารที่ไม่ระเหยให้กลายเป็นสารให้กลิ่นเช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นต้มในอาหาร

1. สารให้กลิ่นสำคัญในใบเตย

แม้ว่ากลิ่นของอาหารจะเกิดจากสารระเหยหลายชนิดแต่จะมีสารระเหยเพียงบางชนิดที่เป็นสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นอาหารชนิดนั้นๆ ซึ่งจะเรียกสารระเหยเหล่านั้นว่าเป็น **สารระเหยที่มีความสำคัญ** (key odour compounds) สำหรับในใบเตยสารระเหยที่เป็นสารให้กลิ่นสำคัญได้แก่สารระเหยดังต่อไปนี้

1.1 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)

2AP เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตยและข้าวหอม โดยในใบเตยมี 2AP ปริมาณ 1 ppm โดยน้ำหนักแห้งซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าในข้าวหอมถึง 10 เท่า (Laksanalamai and Ilangantilek, 1993) 2AP จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนในกลุ่ม

heterocyclic compounds มีสูตรโครงสร้าง C_6H_9NO น้ำหนักโมเลกุล 111 สารประกอบชนิดนี้มีคำบรรยายลักษณะกลิ่นสำหรับชาวตะวันตกว่าคล้ายกลิ่นข้าวโพดคั่ว (popcorn) ส่วนชาวเอเชียให้คำอธิบายว่าคล้ายกลิ่นใบเตย (Paule and Power, 1989) นอกจากจะให้กลิ่นที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแล้ว 2AP ยังเป็นสารที่มีค่า odour threshold ค่อนข้างต่ำ คือมีค่าอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ppb และนอกจากในใบเตยและข้าวหอมแล้วยังสามารถพบ 2AP ในอาหารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดเช่น ขนมปัง แครกเกอร์ งา มันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่วและเนื้อวัว เป็นต้น 2AP เป็นสารที่ไม่เสถียรแม้เก็บในสภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยจะเปลี่ยนจากของเหลวใสไม่มีสีไปเป็นของเหลวสีแดงและสีจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น สีที่เข้มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยา condensation ของหมู่คาร์บอนิลจนได้ conjugated pyridine polymer ดังนั้นการเก็บ 2AP จึงควรเก็บไว้ในสภาพสารละลายในน้ำ

1.2 Aldehyde compounds

กลิ่นเหม็นเขียวของใบเตยมาจากอัลดีไฮด์สายสั้นได้แก่ hexenal (กลิ่นใบไม้), nonenal (กลิ่นเหม็นเขียว), nonadienal (กลิ่นหญ้า), และ n-hexanal (กลิ่นใบไม้) สารระเหยเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้แก่ linoleic acid และ linolenic acid ผ่าน lipoxygenase pathway กระบวนการเกิดสารให้กลิ่นเหม็นเขียวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดการฉีกขาด กรดไขมันไม่อิ่มตัวของพืชอาจอยู่ในรูป triglycerides, phospholipids หรือ glycolipids ซึ่งจะถูกปลดปล่อยเป็นกรดไขมันอิสระโดยเอนไซม์ acylhydrolase จากนั้นกรดไขมันอิสระเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงเป็นสารให้กลิ่น เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้เป็นสารให้กลิ่นในพืชได้แก่เอนไซม์ lipoxygenase, lyase, cis-3,trans-2 isomerase และ alcohol dehydrogenase

1.3 3-methyl-2(5H)-furanone

โดยทั่วไป 3-methyl-2(5H)-furanone เกิดในอาหารที่ผ่านการแปรรูป เช่น พบในเนยแข็ง birch syrup และ fermented soy hydrolysate เป็นต้น กลิ่นของ 3-methyl-2(5H)-furanone จะคล้ายลักษณะของกลิ่นคาราเมล กลิ่นหวาน กลิ่นคล้ายยาและกลิ่นน้ำผึ้ง แต่สำหรับในใบเตย มีรายงานว่าพบสารระเหยชนิดนี้ในใบเตยสด (Jiang, 1999) โดยเป็น secondary metabolite และคาดกันว่าสารชนิดนี้อาจเป็นสารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารกลุ่มอัลคาลอยด์ที่พบในใบเตยซึ่งได้แก่ pandamarilactonine-A และ -B เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของอัลคาลอยด์เหล่านี้มีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างของ 3-methyl-2(5H)-furanone ประกอบกับมีการศึกษาพบว่าสามารถเตรียม pandamarilactonine-B ซึ่งเป็นสารตัวกลางของ

กระบวนการสังเคราะห์ โดย pandamarilactonine-B ได้จากการทำปฏิกิริยาของ 3-methyl-2(5H)-furanone กับ 2-pyrrolidinone (Busque, et al., 2002; Takayama, et al., 2001)

1.4 β-damascenone

การแปรรูปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น การเกิด β-damascenone ซึ่งเป็นสารระเหยให้กลิ่นที่มีลักษณะกลิ่นคล้ายดอกไม้ สารชนิดนี้พบในพืชหลายชนิดและมักพบในพืชที่ผ่านการแปรรูป เช่น ในแอปเปิ้ลที่ผ่านความร้อน หรือในไวน์องุ่น (Naiker, 2001; Zhou, et al., 1993) สารตั้งต้นของ β-damascenone ในพืชคือ xanthophylls ซึ่งพบมากที่สุดในพืชใบเขียวคือ neoxanthin กลไกการเกิด β-damascenone เริ่มจาก neoxanthin เกิดการสลายตัวตามธรรมชาติได้ norisiprenoid glycosides (grasshopper ketone) จากนั้นจะเกิดกระบวนการ enzymatic reduction ได้ 9(or 3)-α-L-arabinofuranosyl-(1,6)-β-D-glucopyranoside acetylenic diol (allene triol) ซึ่งสารชนิดนี้ถือว่าเป็น key intermediate ในการเกิด β-damascenone (Skouroumounis and Mark, 2000) จากขั้นตอนนี้ allene triol จะจัดเรียงตัวใหม่ เป็นสารประกอบ 3 ชนิดคือ acetylenic diol, 3-hydroxy-damascenone (ไม่มีกลิ่น) และ β-damascenone อย่างรวดเร็วในสภาวะกรด โดย acetylenic diol เป็นสารที่เกิดในปริมาณมากที่สุด สารชนิดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในสภาวะกรดได้เป็น 3-hydroxy-damascenone และ β-damascenone

Bhattacharjee, Kshirsagar and Singhal (2005) ศึกษาการใช้ Supercritical carbon dioxide สกัดสาร 2AP จากใบเตย โดยใช้สารละลาย ether เป็นตัวสกัด สภาวะที่ใช้ในการสกัดมี 3 ตัวแปรคือ ความดัน 2 ระดับคือ 125 และ 450 บาร์ อุณหภูมิ 2 ระดับคือ 40 และ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 2 ระดับคือ 2 และ 3 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะที่สกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline ดีที่สุด คือ ที่ความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 3 ชั่วโมง ได้ 7.163 mg/kg และประยุกต์ใช้สารสกัดนี้กับกลิ่นในอาหาร

Wongpornchai, et al. (2004) ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อกลิ่นและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีสภาวะการทำแห้ง 6 สภาวะ ดังนี้ วิธีปกติคือ ปรับอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ใช้ลมร้อน 40, 50 และ 70 องศาเซลเซียส และ การตากแดด เก็บตัวอย่างไว้ 10 เดือน ดูปริมาณกลิ่นหอมของ 2-acetyl-1-pyrroline และกลิ่นอับ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran ที่คงเหลือ ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บ 2-acetyl-1-pyrroline ลดลงแต่ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran เพิ่มขึ้น และที่สภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเหลือ 2-acetyl-1-pyrroline น้อยมาก

Laohakunjit and Kerdchoechuen (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นระหว่างการเก็บรักษาที่เคลือบด้วยสารสกัดจากธรรมชาติในข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non aromatic rice) โดยสกัดกลิ่นจากธรรมชาติ ข้าวที่ไม่มีกลิ่น 3 สายพันธุ์คือ RD 23, SP 1 และ SPR 90 เคลือบโดย Modified spouted bed กับ sorbital ร้อยละ 30 และ สารสกัดจากใบเตยร้อยละ 25 มีตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่างคือ เป็นข้าวไม่มีกลิ่น 6 ตัวอย่าง โดย 3 ตัวอย่างเคลือบกลิ่นและอีก 3 ตัวอย่างไม่เคลือบ อีก 2 ตัวอย่างคือ ข้าวมีกลิ่นที่ไม่ต้องเคลือบกลิ่น ระยะเวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า การเคลือบข้าวที่ไม่มีกลิ่นยังคงเหลือกลิ่นของ 2AP นานกว่าข้าวที่มีกลิ่น และการเคลือบยังช่วยลด *n*-hexanal ในระหว่างการเก็บอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดีในการปรับปรุงและพัฒนาข้าวหอมต่อไป แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นตัวทำปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว

แววตา ชี้ทางดี (2547) พบว่าสารหอมที่ให้กลิ่นใบเตยมีหลายชนิด สำหรับสารหอมที่พบเป็นปริมาณหลักในใบเตยสด คือสาร 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นในลักษณะกลิ่นฉุน หวาน และกลิ่นคล้ายยา และยังพบสารที่ให้กลิ่นเหม็นเขียว เช่น 3-hexanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ส่วนสาร 2AP จะพบมากขึ้นในใบเตยที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนพร้อมกับมีกลิ่นใบพืชต้มหรือกลิ่นใบยาสูบ สำหรับสารที่มีกลิ่นคล้ายใบยาสูบ คือ β-damascenone, 4-hydroxy-3-pentanoic acid lactone และ trimethylcyclohexanedione

Lee, et al. (2004) พบว่าในใบเตยจะประกอบด้วยน้ำมัน essential oil, carotenoids, tocopherols และ tocotrienols และยังพบว่าใบเตยมีสารประกอบพวก quercetin (Miean and Mohamed, 2004) สารประกอบพวก alkaloids (Busquercetin, et al., 2002) ซึ่ง Salim, et al. (2004) ได้ตรวจพบสารประกอบ alkaloids ชนิดใหม่ในใบเตย ถึง 2 ชนิด ในขณะที่อีก 5 ชนิดเป็นสารประกอบ alkaloids ที่เป็นที่รู้จักอยู่แล้ว ซึ่งสารประกอบ alkaloids ชนิดใหม่ที่พบมีหมู่ alpha-methyl alpha, beta-unsaturated gamma-lactone moieties 2 หมู่ โดยที่สารประกอบ alkaloids บางองค์ประกอบจะพบว่ามี seven-membered ring

Zainuddin (2001) พบว่าในใบเตยมีสารประกอบพวก fatty acids และ ester ในขณะที่ Ooi, et al. (2006) ตรวจพบสาร non-specific lipid transfer protein ในใบเตย นอกจากนั้นยังมีการตรวจพบสาร 2AP ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมหลักในใบเตย และยังเป็นสารชนิดเดียวกับที่ให้กลิ่นหอมในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (น้องนุช เจริญกูล และคณะ, 2545) จึงทำให้มีหลายงานวิจัยที่ทำการศึกษาหาสารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตย

Jiang (1999) ได้ศึกษาสารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตย พบว่าในใบเตยมีสารประกอบให้กลิ่นหลายชนิดโดยเฉพาะสาร 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งให้กลิ่นในลักษณะฉุน หวาน และคล้ายยา ซึ่งเป็นสารหอมที่พบเป็นปริมาณหลักโดยคิดเป็น ร้อยละ 73 ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ และยังพบสารให้กลิ่นเหม็นเขียวซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ได้แก่ 3-hexanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone นอกจากนั้นยังพบสารพวก alcohol, carboxylic acid, ester, hydrocarbon และ furanone

Byrne, et al. (1992) ได้ศึกษาสารที่ได้จากการสกัดใบเตย ศึกษาโดยใช้เทคนิค X-ray diffraction ซึ่งตรวจพบสารประกอบประเภท alkaloids คือ (+/-)-Pandamarine นอกจากนั้น Nonato, et al. (1993) ยังศึกษาสารจากใบเตยที่แยกด้วยวิธีการโครมาโตกราฟี ตรวจพบสาร piperidine alkaloids 3 ชนิด ซึ่งก็คือ pandamarilactone-1, pandamarilactone-31 และ pandamarilactone-32 และเมื่อนำสารเหล่านี้ไปศึกษาลักษณะทางด้านโครงสร้างด้วยเทคนิค Inverse-detected 2D NMR พบว่าลักษณะโครงสร้างจะประกอบด้วย α, β- unsaturated five-membered ring และ enol ester

Gasser and Grosch (1988) ได้ศึกษาสารระเหยในเนื้อวัวที่ผ่านกระบวนการหุงต้ม ซึ่งตรวจพบว่ามีสารประกอบ 2AP ด้วย และยังพบว่าสาร 2AP เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหลักในกระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยเฉพาะในกระบวนการทำอาหารให้สุกด้วยความร้อน เช่น ใน Baguette crusts (Zehentbauer and Grosch, 1998) กุ้งนางสายพันธุ์ *Procambarus clarkill* (Cadwallader and Baek, 1998) ต้นมันฝรั่งต้ม (Mutti and Grosch, 1999) เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สายพันธุ์ *Irvingia gabonensis* (Tairu, et al., 2000) ไส้กรอกเทียมสไตล์อิตาลีและแฮมที่ผ่านความร้อน (Blank, et al., 2001) และกุ้งก้ามกราม (*Homarus americans*) (Lee, et al., 2001) เป็นต้น

สุกัญญา มหาธีรานนท์ (2540) ได้รายงานการสกัดดอกชมนาด 50 กรัม โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำ นำสารสกัดที่ได้มาสกัดต่อด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ไดคลอโรมีเทน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย GC-MS พบว่ามีสาร 2AP เป็นองค์ประกอบหลักในสารที่สกัดได้

กรรณานุช เลาห์เรณู นุสรา เมธาพิพัฒน์ และศรีสุรางค์ ปิ่นแสงมณี (2541) ได้ศึกษาสาร 2AP ในมะพร้าว พบว่ามีการตรวจพบสาร 2AP ทั้งในส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำมะพร้าวด้วย

การกลั่น (Distillation)

การกลั่นเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหย หลักการของการกลั่นคือ ใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำเข้าไปแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาจากพืช โดยการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช ความร้อนจะทำให้สารละลายออกมากลายเป็นไอ ปนมากับน้ำร้อนหรือไอน้ำ อย่างไรก็ดี การกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดีนั้น ต้องอาศัยเทคนิคและขบวนการทางเคมีและกายภาพหลายอย่างมาประกอบกัน โดยทั่วๆ ไปเทคนิคการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้กันมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ (จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์, ม.ป.ป.)

1. การกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation or Hydro-distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นด้วยวิธีนี้ตัวอย่างจะจุ่มในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบใช้กับพืชชนิดบางเบา การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีนี้ใช้กับของที่ติดกันง่ายๆ เช่น ใบไม้บางๆ กลีบดอกไม้อ่อนๆ สำหรับการเลือกใช้วิธีการกลั่นนี้ต้องดูชนิดของพืชที่จะนำมากลั่นด้วย

2. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and stream distillation) การกลั่นด้วยวิธีนี้ตัวอย่างจะจุ่มในน้ำเดือดและมีการเพิ่มการผลิตไอน้ำเพื่อให้ไอน้ำผ่านตัวอย่าง เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุดให้คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าการกลั่นด้วยน้ำ การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

3. การกลั่นด้วยไอน้ำ (Stream distillation) วิธีนี้วางตัวอย่างที่จะกลั่นบนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่ ไอน้ำจะถูกผลิตจากภายนอกและถูกส่งไปตามท่อให้สัมผัสกับตัวอย่างบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาจากตัวอย่าง ข้อดีของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถทำการกลั่นได้อย่างรวดเร็วและได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าด้วย

การกลั่นลำดับส่วนเป็นการแยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่างกันเล็กน้อย (ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส) ในหอกลั่น ซึ่งหอกลั่นนี้จะทำหน้าที่ให้สารระเหยออกมาได้ช้าลง โดยหอกลั่นยิ่งมีความสูงเพิ่มขึ้น สารที่ออกมาก็จะมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นด้วยแต่ก็จะทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย (เอกดนัย ก้อนคำ, 2550)

วิธีการกลั่นเป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ พนิดา รุ่งรัตนกุล และคณะ (2545) ได้รายงานการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบ ผลและราก ของตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Pers.) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ พบว่าเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหย และสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลคิดเป็นร้อยละ 9.3 ของน้ำหนักผลสด จากใบและราก คิดเป็นร้อยละ 2.8 และ 0.5 ของน้ำหนักสด ตามลำดับ

Szarka, et al. (2006) ได้ศึกษาการสกัดสารจากส่วนของดอก ใบ และราก ของ *Tagetes patula* L. ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่า ส่วนของดอกสกัดได้สาร β-caryophyllene (ร้อยละ 53.5) ส่วนของใบสกัดได้สาร terpinolene (ร้อยละ 21.1) ส่วนของรากพบว่ามีสาร 5-(3-buten-1-ynyl)-2, 2'-bithienyl (BBT) ร้อยละ 28.5 และ ร้อยละ 44.0 ในส่วนของรากฝอย (hairy roots) และรากแก้ว (intact root)

Wang, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบซินนามอล ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) มีการตรวจพบสารหอมระเหย 20 ชนิด โดยมีสาร trans-cinnamaldehyde, 3-methoxy-1, 2-propanediol เป็นสารหอมหลักที่พบในสายพันธุ์ *Cinnamomum cassia* ในขณะที่สายพันธุ์ *Cinnamomum zeylanicumand*, *Cinnamomum puaciflorum*, และ *Cinnamomum burmannii* มีสาร eugenol เป็นสารหอมหลัก ส่วนสาร 5-(-2-ropenyl)-1, 3-benzodioxole เป็นสารหอมหลักที่พบในสายพันธุ์ *Cinnamomum tamala*

Khajeh, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจาก *Nepeta persics* ด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำ พบว่ามีสารหอมมากกว่า 20 ชนิด ซึ่งสารหอมที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ 4α, β, 7α, 7aα-nepetalactone ร้อยละ 26.5, cis-β-farnesene ร้อยละ 4.4 และ 3, 4α-dihydro-4aα, 7α, 7aα-nepetalactone ร้อยละ 3.5

Tungsakul, et al. (2007) ได้ศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นรส (oleoresin) จากหัวหอมใหญ่ โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซนที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 พบว่าสามารถสกัดสารหอมระเหยมากกว่า 15 ชนิด แต่สารประกอบหลักที่พบ คือ 2,4-dimthylthiophene (ร้อยละ 10.45), dimethyl sulfide (ร้อยละ 17.17), dipropyl disulfide (ร้อยละ 4.03) และ dimthyl trisulfide (ร้อยละ 7.33) การสกัดที่อัตราส่วน 75:25, 50:50 และ 25:75 ให้ปริมาณสารที่สกัดได้ 30.6, 23.0 และ 14.0 ตามลำดับ การสกัดด้วยเฮกเซน (0:100) ให้ปริมาณสารสกัดที่สกัดได้น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 3.0 ส่วนการสกัดด้วยเอทานอล (100 : 0) ให้ปริมาณสารที่สกัดได้มากที่สุด

Laksanalamai and Ilangantileke (1993) ทำการเปรียบเทียบการสกัดสารหอมระเหยจากใบเตย ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่เก็บไว้ไม่นานและเก็บไว้นาน และข้าวพันธุ์ไม่หอม ด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าองค์ประกอบสารหอมระเหยที่พบในใบเตยมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสาร 2AP และเป็นองค์ประกอบที่พบในข้าวพันธุ์หอมทั้งที่เก็บไว้นานและที่เก็บไว้ไม่นาน แต่ในข้าวที่เก็บไว้นานจะพบในปริมาณที่น้อยกว่าส่วนในข้าวพันธุ์ไม่หอมตรวจไม่พบสารประกอบที่คล้ายสาร 2AP

Ferhat, et al. (2007) ได้ทำการสกัดสารหอมจาก *Zygophyllum album* L. ด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าสารหอมที่สกัดได้ประกอบด้วย monoterpenes hydrocarbons (ร้อยละ 0.2, 2 องค์ประกอบ), oxygenated monoterpenes (ร้อยละ 10.3, 22 องค์ประกอบ), sesquiterpenes hydrocarbons (ร้อยละ 2.8, 6 องค์ประกอบ), oxygenated sesquiterpenes (ร้อยละ 2.1, 12 องค์ประกอบ), alkanes and alkynes (ร้อยละ 3.2, 13 องค์ประกอบ), และสารประกอบอื่น ๆ (ร้อยละ 74.2, 56 องค์ประกอบ) และยังพบอีกว่าหากมีการนำเอาไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วยจะทำให้ใช้เวลาและปริมาณสารที่ใช้ตัวทำละลายลดลง ในขณะที่ปริมาณสารประกอบที่สกัดได้ไม่แตกต่างกัน

Singkhomart, et al. (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช 5 ชนิด คือ กะเพราแดง ขมิ้นชัน แมงลัก มะกรูด และโหระพา โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 5 ชนิด มีค่า refractive index เท่ากับ 1.52, 1.51, 1.48, 1.51 และ 1.47 ตามลำดับ สำหรับมะกรูดจะให้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด (ร้อยละ 0.45) รองลงมาคือ ขมิ้นชัน กะเพราแดง โหระพา และแมงลัก (ร้อยละ 0.36, 0.09, 0.05 และ 0.04 ตามลำดับ)

Khajeh, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ใน *Nepeta persica* พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ ที่สภาวะความดัน 20.3 MPa อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลา 50 นาที สามารถสกัดสาร 4α, β, 7α, 7aα-nepetalactone ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักออกมาได้มากที่สุด ปริมาณสารที่สกัดได้ คือ ร้อยละ 0.22-8.90 ซึ่งสกัดได้มากกว่าการสกัดวิธีทั่วไปคือการกลั่นด้วยไอน้ำ (ปริมาณสารที่สกัดได้ คือ ร้อยละ 0.08)

Laohakunnjit and Noomhorm (2004) ศึกษาเปรียบเทียบการสกัดใบเตยด้วยวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว การสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง และการสกัดโดยใช้เอทานอล พบว่าวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว มีปริมาณสาร 2AP และ 3-methyl-2(5H)-furanone ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าวิธีการอื่น และการใช้สภาวะในการสกัดที่แตกต่างกันปริมาณสารที่ได้ก็แตกต่างกันด้วย และยังพบสารองค์ประกอบอื่น ๆ อีก 14 ชนิด สำหรับสภาวะในการสกัดที่ดีที่สุดคือ ที่ความดัน 200 bar อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 20 นาที

สุวิมล ศรีเทวฤทธิ์ (2526) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารหอมจากใบเตยโดยศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารที่ได้จากการสกัดใบเตยสดและใบเตยที่ทำแห้งด้วยวิธีการตากในร่มและ

ตากแดด พบว่าใบเตยสดให้ปริมาณสารที่สกัดได้มากกว่าใบเตยแห้ง คือนำสารสกัดที่ได้มาตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 220 nm พบว่าสารสกัดจากใบเตยสดมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.61-0.74 ซึ่งมากกว่าค่าการดูดกลืนแสงของใบเตยที่ทำแห้งด้วยวิธีการตากในที่ร่มและตากแดด ซึ่งอยู่ในช่วง 0.49-0.55 และ 0.55-0.68 ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการในการสกัด โดยเลือกใบเตยสดมาใช้ในการศึกษา ซึ่งวิธีการสกัดที่ทำการศึกษาคือ การสกัดโดยการต้มกลั่น สกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ สกัดโดยตัวทำละลายต่าง ๆ สกัดโดยใช้สารละลาย surfactant สกัดโดยใช้ไขมันสัตว์ สกัดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว สกัดโดยใช้ activated carbon และสกัดโดยใช้ porapak Q พบว่าการสกัดด้วยการต้มกลั่น และสกัดด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำซึ่งมีการใช้ความร้อน สารสกัดที่ได้มีกลิ่นหอมแรงแต่กลิ่นไม่เหมือนใบเตยธรรมชาติ การสกัดโดยใช้สารละลายซึ่งไม่มีการใช้การความร้อนจะให้กลิ่นที่เหมือนธรรมชาติมากกว่าการสกัดโดยใช้สารละลาย surfactant จะให้กลิ่นที่ไม่หอมและไม่เหมือนธรรมชาติ การสกัดโดยใช้ไขมันสัตว์กลิ่นที่ได้มีลักษณะเหมือนกลิ่นใบเตยแต่มีกลิ่นไม่คงทน การสกัดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว สารที่ได้ออกมาเพียงกลิ่นอ่อน ๆ ส่วนการสกัดโดยใช้ activate carbon และสกัดโดยใช้ porapak Q พบว่าการสกัดไม่ได้ผล ได้สารออกมาน้อยและระเหยเร็วมาก

บรรจุภัณฑ์พลาสติก

โพลิโพรพิลีน (Polypropylene-PP)

PP มักจะรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตาม การป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิดเนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟิล์มประเภท Oriented polypropylene (OPP) ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือมีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (Hot-fill)

การใช้งานของ PP กับผลิตภัณฑ์อาหาร

1. ใช้บรรจุอาหารร้อน เช่น ถุงร้อนชนิดใส

2. ใช้บรรจุอาหารที่ต้องผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยที่ PP จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัตถุที่ใช้ผลิตซองประเภทนี้ ซึ่งนิยมเรียกว่า Retort Pouch ซองนี้จะสามารถใช้แทนกระป๋องโลหะได้บางครั้งจึงเรียกว่า Flexible Can

ป.
S8
ท๗
.R5
ค63ท๓
2553 1518534

สำนักหอสมุด
14 SEP 2018

3. ใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้

4. ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมันอายุการเก็บรักษาไม่สูง เช่น คุกกี้ ถั่วทอด เป็นต้น

5. ใช้ทำกล่องอาหาร ลัง ถาด และตะกร้า

โพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate-PET)

PET เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเพื่อการบรรจุน้ำอัดลม โดยเฉพาะคุณสมบัติเด่นทางด้านความใสแวววับเป็นประกายทำให้ได้รับความนิยมในการบรรจุน้ำมันพืชและน้ำดื่ม นอกจากขวดแล้ว PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทก เสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกอื่นๆ

นอกจากขวดและฟิล์มแล้ว PET ยังสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นถาด ด้วยการพัฒนา PET ให้โมเลกุลตกผลึก (Crystalline) กลายมาเป็น CPET หรือ Crystallized วัสดุ PET จะสามารถทนอุณหภูมิได้สูง จึงเหมาะสำหรับทำเป็นถาดบรรจุภัณฑ์อาหารใช้ได้ทั้งเตาอบและเตาไมโครเวฟ

พิจารณาจากในแง่ของสิ่งแวดล้อม PET นับได้ว่าเป็นพลาสติกเพียงไม่กี่ประเภทที่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นเม็ดพลาสติกที่เป็นโมโนเมอร์ (Monomer) และทำการผลิตใหม่ได้ด้วยการใช้กระบวนการ Depolymerising วัสดุ PET ที่มีคุณภาพดีและมูลค่าค่อนข้างสูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตสินค้าอย่างอื่นได้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 63-65)