บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผักโขม (Amaranth)

ผักโขมจัดอยู่ในสกุล (genus) Amaranthus ซึ่งมีมากกว่า 60 ชนิด (species) พบโดยทั่วไปในหลายๆ พื้นที่ทั่วโลก ส่วนใหญ่จะขึ้นเป็นวัชพืช มีเพียงประมาณ 12 ชนิดเท่านั้น ที่เพาะปลูกเป็นพืชทางการเกษตร (Tucker, 1986) เมื่อประมาณ 6000 ปีมาแล้วผักโขมเคยเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญของชาวพื้นเมือง Aztec ในแถบประเทศเม็กซิโกในปัจจุบัน แต่ได้สูญหายไปพร้อมกับการยึดครองอาณาจักร Aztec ของสเปน (สมชาย ชคตระการ, 2537)

ผักโขมนั้นเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ทั้งใบและเมล็ดนำมาบริโภคเป็นผักและธัญพืช (cereal) ได้ ซึ่งมีพืชเพียงไม่กี่ชนิดที่มีข้อดีทั้ง 2 อย่างนี้อยู่รวมกัน (Oke, 1983) ดังนั้นความสนใจในผักโขมในปัจจุบันจึงมาจากการที่ใบผักโขมนั้นมีคุณค่าทางอาหารสูงเมื่อบริโภคเป็นผัก เมล็ดซึ่งนำมาใช้เป็นแหล่งของแป้งในลักษณะของธัญพืช และต้นผักโขมทั้งต้นที่เป็นอาหารสัตว์ที่ดีมาก นอกจากนี้ตัวผักโขมเองยังสามารถปรับตัวเองให้เจริญเติบโตได้ในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย, เติบโตอย่างรวดเร็ว, ให้มวลแห้ง (biomass) สูง และทนต่อความแห้งแล้ง, อากาศร้อน และศัตรูพืชต่างๆ (Bressani, 1993)

นอกจากนี้ผลผลิตของผักโขมยังสูงมาก Teutonico และ Knorr (1985) อ้างถึงผลการวิจัยของ Grubben และ van Stolen (1981) ซึ่งรายงานว่าผลผลิตที่เป็นเมล็ดมีค่า 3 ตันต่อ hectare เมื่อปลูกเป็นธัญพืช และผลผลิตเป็นมวลแห้ง 4.5 ตันต่อ hectare เมื่อปลูกเป็นผัก Grubben (1993) ก็กล่าวไว้เช่นกันว่าผักโขมพันธุ์ผักให้ผลผลิตเฉลี่ย 1-2 kg ต่อ m^2

2.1.1 ประเภทของผักโขมแบ่งตามการใช้ประโยชน์

จากการที่ทั้งใบและเมล็ดผักโขมนำมาบริโภคได้ ผักโขมจึงสามารถแบ่งตามการนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็น 2 กลุ่ม (สมชาย ชคตระการ, 2541) คือ

- ผักโขมพันธุ์ธัญพืช (grain amaranth) ซึ่งส่วนใหญ่นำมาสกัดแป้งออกมาใช้ แต่ก็มีการสกัดเอาน้ำมันออกมาใช้เช่นกัน
- ผักโขมพันธุ์ผัก (vegetable amaranth) นำมาบริโภคเป็นผัก

Teutonico และ Knorr (1985) อ้างถึงรายงานของ Martin และ Ruberte (1979) และของ Saunders และ Becker (1984) เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของผักโขมชนิดต่างๆ ในการนำมาบริโภค รวมทั้งชื่อพ้องของแต่ละชนิด, ลักษณะที่พบ และถิ่นกำเนิดไว้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชื่อพ้อง, ลักษณะที่พบ, การใช้ประโยชน์ และถิ่นกำเนิดของผักโขมชนิดต่างๆ

ชนิด	ลักษณะที่พบ	การใช้ประโยชน์	ถิ่นกำเนิด
A. blitum (A. lividus, A. oleraceus)	พืชปลูก	ผัก	เอเชีย
A. caudatus (A. edulis, A. mategazzianus)	พืชปลูก	ธัญพืช, ผัก	อเมริกาใต้
A. cruentus (A. panuculatus)	พืชปลูก	ธัญพืช, ผัก	อเมริกาใต้
A. dubius	วัชพืช, พืชปลูก	ผัก	อเมริกาใต้
A. hybridus	วัชพืช	ผัก	อเมริกาใต้
A. hypochondriacus, (A. leucocarpus, A. leucosperma, A. flavus)	พืชปลูก	ธัญพืช, ผัก	อเมริกาเหนือ
A. retroflexus	วัชพืช	ผัก	อเมริกาเหนือ
A. spinosus	วัชพืช	ผัก	เอเชีย
A. tricolor (A. gangeticus, A. mangostanus)	พืชปลูก	ผัก	เอเชีย
A. viridis (A. ascendens, A. gracilis)	วัชพืช	ผัก	แอฟริกา

ที่มา : Teutonico และ Knorr (1985)

2.1.2 ผักโขมพันธุ์ผัก

ผักโขมเป็นพืชกินใบที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดชนิดหนึ่งในเขตร้อน ซึ่งคุณค่าทางอาหารที่ยอดเยี่ยมจะทำให้ผักโขมเป็นผักที่มีความสำคัญมากทั้งในเขตเมืองและในชนบท (Grubben, 1993) นอกจากนี้สมชาย ชคตระการ (2541) กล่าวว่า ผักโขมนั้นจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง และแม้จะยังไม่มีตัวเลขข้อมูลมายืนยันการบริโภคใบและต้นอ่อนของผักโขมที่แน่นอน แต่ก็สามารถกล่าวได้ว่า ผักโขมเป็นพืชที่สำคัญและได้รับความนิยมในการบริโภคของประชาชนในแถบยุโรปและอเมริกาใต้

การใช้ใบผักโขมมาบริโภคเป็นผักมีมากมายในหลายประเทศ ชนิดที่สำคัญในเอเชีย คือ *A. tricolor* ในแอฟริกาและอเมริกาใต้ คือ *A. hybridus* และ *A. cruentus* เนื่องจากผักโขมเจริญได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อนชื้น เช่น แอฟริกา, เอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จีนตอนใต้ และอินเดีย ซึ่งในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าผักโขมที่บริโภคนั้นอยู่ในรูปของผักมากกว่าการนำเมล็ดมาใช้ประโยชน์ (Bressani, 1993)

นอกจากผักโขมชนิดที่มีการเพาะปลูกแล้ว ชนิดที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ (wild) หลายๆ ชนิด ก็มีการนำมาบริโภคเป็นผัก เช่น *A. viridis*, *A. spinosus* (ผักโขมหนาม), *A. retroflexus* และ *A. hybridus* ในอเมริกาใต้, อินเดีย และเนปาล มีการนำต้นอ่อนของ *A. hypochondriacus* ซึ่งเป็นผักโขมพันธุ์ธัญพืชมาบริโภคเป็นผักด้วย (Grubben, 1993) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าส่วนใหญ่ของพืชในสกุลผักโขมมีใบที่นำมาบริโภคได้ (National Research Council, 1984) เช่นเดียวกันกับ Peredes-López (1994) ซึ่งกล่าวว่าใบของพืชสกุลผักโขม 50 จาก 60 ชนิดนั้นบริโภคได้

ผักโขมยังถือว่าเป็นพืชผักพื้นเมืองของไทยชนิดหนึ่ง ปัทมา วิตยากร (2530) กล่าวว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือชาวบ้านคุ้นเคยกับผักโขมเป็นอย่างดี ในฐานะที่เป็นอาหารธรรมชาติที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นโดยไม่ต้องปลูก และอ้างถึงรายงานของ Valyasevi และ Dhanamitta (1974) ซึ่งพบว่าผักโขมที่บริโภคในหมู่ชาวบ้านในจังหวัดอุบลราชธานี คือ *A. gangeticus*

สำหรับส่วนที่บริโภคได้ของผักโขม *(A. tricolor)* นั้น คือ ส่วนใบและลำต้น ซึ่งถ้าคิดเป็นร้อยละของส่วนที่กินได้ (edible portion) จะมีค่าเท่ากับ 89 สำหรับส่วนที่บริโภคไม่ได้นั้น คือ ส่วนที่เป็นลำต้นตอนล่าง (lower stem) (Wills et al., 1984) เช่นเดียวกัน Teutonico และ Knorr (1985) ได้อ้างถึงผลการวิจัยของ Oke (1980) ที่รายงานว่าส่วนที่กินได้ของต้นผักโขม (หลายๆ ชนิด) มีค่าอยู่ระหว่าง 50-80% โดยต่างจากผักชนิดอื่นที่บริโภคกันในสหรัฐอเมริกาที่มีค่าเพียง 20-30% (Kramer และ Kwee, 1977)

ผักโขมที่มีอายุในช่วง 4-8 สัปดาห์นั้นเหมาะที่จะนำมาบริโภค (Grubben, 1993) เช่นเดียวกับที่ สมชาย ชคตระการ (2541) กล่าวว่าอายุการเก็บเกี่ยวของผักโขม คือ 3-6 สัปดาห์หลังปลูก เพื่อบริโภคใบและลำต้นอ่อน หากปล่อยให้เจริญเติบโตนานเกินไปจนเริ่มแก่จะมี fiber มาก

2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักโขม

Grubben (1993) อธิบายถึงพืชสกุลผักโขม (*Amaranthus* L.) เอาไว้ ดังนี้

วงศ์ : Amaranthaceae

ชื่อพื้นเมือง : amaranth (อังกฤษ), ผักโขมสวน (ไทย)

ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ : พืชสกุลผักโขมมีการกระจายพันธุ์ทั่วไป ชนิดที่บริโภคเป็นผัก ได้แก่ *A. tricolor*, *A. dubius* และ *A. blitum* มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่กระจายไปยังบริเวณอื่นๆ โดยผู้อพยพต่างๆ *A. cruentus* เป็นผักโขมที่ใช้บริโภคแบบธัญพืช มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ และปลูกเป็นพืชผักสำคัญในแอฟริกา ผักโขมชนิดที่สำคัญที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ *A. tricolor* รองลงมา คือ *A. dubius* และ *A. cruentus*

คำบรรยายลักษณะ : ผักโขมเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านแข็งแรง และสูงเต็มที่ได้ถึง 2.5 m มีรากแก้วที่แข็งแรงและแตกแขนงดี ใบเดี่ยว เรียงสลับ ก้านใบยาว และ

ขอบใบเรียบ ออกดอกเป็นกระจุกตรงซอกใบและซอกกิ่ง ช่วงใกล้ยอด กระจุกดอกมักไม่มีใบรองรับ ดอกมีเพียงเพศเดียว แต่ละดอกอยู่ที่ซอกใบประดับ มีใบประดับย่อย 1 คู่ มีกลีบ 3-5 กลีบ ดอกเพศผู้มีเกสรเพศผู้แยกกันเป็นอิสระ จำนวนเท่ากับกลีบ ส่วนดอกเพศเมีย มีรังไข่รูปขอบขนานหรือรูปไข่ และยอดเกสร 2-4 แฉก ผลเป็นผลแห้งแตกหรือไม่แตกเมื่อแก่ เมล็ดเล็กๆ สีน้ำตาลหรือดำเป็นมัน

สำหรับ *A. tricolor* เป็นพืชปลูก ชนิดพืชล้มลุกฤดูเดียว ลำต้นตั้งตรง สูงเต็มที่ 1.5 m ใบรูปรี, รูปใบหอก หรือรูปไข่กว้างๆ สีเขียวเข้ม, เขียวอ่อน หรือสีแดง ดอกเป็นกระจุกกลมๆ ตรงซอกใบซอกกิ่ง ที่ปลายยอดมักเป็นช่อลดรูป มีเพียงบางครั้งที่พบว่าช่อดอกที่ยอดเจริญดี (ดังรูปที่ 2.1) ดอกมี 3 กลีบ ผลแตกเมื่อแก่โดยแตกแบบเปิดฝาตลับ เมล็ดสีดำ ขนาดใหญ่พอสมควร จำนวน 1200-2900 เมล็ด ต่อ g

การเติบโตและพัฒนาการ : เมล็ดจะงอกภายใน 3-5 วัน ส่วนลำต้นและใบจะเจริญอย่างรวดเร็ว เริ่มออกดอกภายใน 4-8 สัปดาห์ แล้วแต่พันธุ์ปลูก (cultivar), ช่วงการรับแสง และวิธีการดูแล สำหรับ *A. tricolor* เมล็ดจะแก่ใน 3-4 เดือน จากนั้นต้นจะตาย

รูปที่ 2.1 ภาพลายเส้นของผักโขมชนิด *A. tricolor*

ที่มา : Grubben (1993)

นอกจากนี้ Grubben (1993) ยังกล่าวว่า ข้อมูลทางอนุกรมวิธานของพืชในสกุลนี้ยังคงสับสนอยู่ เช่น *A. hybridus* มักใช้ผิดๆ ว่าเป็นผักโขมที่ปลูกกินใบทุกแบบ ผักโขมที่ปลูกเป็นการค้าในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ส่วนใหญ่ คือ *A. tricolor* การจำแนกพันธุ์ปลูกจะดูจากลักษณะ เช่น รูปร่างใบ, สีใบ, อัตราส่วนใบต่อลำต้น, ความอวบน้ำ, ความแข็งแรงในการเจริญเติบโต, การทนต่อเชื้อราและแมลงศัตรูพืช, การทนความแล้ง และการไวต่อแสง เป็นต้น

2.2 ประโยชน์ของผักโขมในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผักโขมพันธุ์ผัก (vegetable amaranth) นั้นมีประโยชน์สูงในการนำมาบริโภคเป็นอาหาร เนื่องจากมีองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกายอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าผักกินใบชนิดอื่นๆ Bressani (1993) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของใบผักโขมแสดงให้เห็นว่าผักโขมนั้นมีคุณค่าทางอาหารที่ดี โดยปริมาณเหล็กและวิตามินเอที่ร่างกายนำไปใช้ได้มีอยู่สูง นอกจากนี้โปรตีนในใบผักโขมนั้นมีปริมาณกรดอะมิโน lysine อยู่สูง จึงเป็นแหล่งโปรตีนเสริมให้กับข้าวโพดและข้าวเจ้าที่ขาด lysine ได้อย่างดีมาก สำหรับผักโขมที่จะกล่าวถึงต่อไปจะเน้นที่ชนิด *A. tricolor* หรือ *A. gangeticus* ซึ่งเป็น ชนิดที่พบมากในประเทศไทย

2.2.1 องค์ประกอบที่สำคัญของผักโขม

องค์ประกอบของใบผักโขมชนิด *A. tricolor* มีรายงานไว้ในงานวิจัยของ Wills และคณะ (1984), Teutonico และ Knorr (1985), กระทรวงสาธารณสุข (2530) และสมชาย ชคตระการ (2541) ดังตารางที่ 2.2

Wills และคณะ (1984) ได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนาการของผักชนิดต่างๆ ที่มีต้นกำเนิดในประเทศจีน (Chinese vegetable) กับผักโขม (Chinese spinach) ที่นิยมบริโภคเป็นผักกินใบกันมากที่สุดในแถบเอเชีย พบว่าผักโขมนั้นมีปริมาณโปรตีน, dietary fiber และเถ้าสูงกว่าผักชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 2.3

นอกจากนี้ สมชาย ชคตระการ (2541) กล่าวว่าผักโขมนั้นมีปริมาณโปรตีน, fiber และเถ้าสูงกว่า spinach (ปวยเล้ง) และ Swiss chard รวมทั้งจากข้อมูลองค์ประกอบของผักโขม ตามรายงานของกระทรวงสาธารณสุข (2530) ก็แสดงให้เห็นว่าผักโขมมีปริมาณโปรตีน, fiber และเถ้าสูงกว่าผักกินใบหลายๆ ชนิดที่นิยมบริโภคกันในประเทศไทยเช่นกัน

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบในใบผักโขมชนิด *A. tricolor*

องค์ประกอบ	ที่มาของข้อมูล			
	Will และคณะ (1984)	Teutonico และ Knorr (1985)	กระทรวงสาธารณสุข (2530)	สมชาย ชคตระการ (2541)
ความชื้น*	91.7	85.7	85.8	86.9
โปรตีน (N x 6.25)**	34.9	32.7	34.5	26.7
ไขมัน**	4.8	3.5 – 10.6	3.5	3.8
crude fiber**	-	7.0	-	9.9
crude ash**	22.9	-	-	19.8

* % โดยน้ำหนักสด

** % โดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบในใบผักโขมชนิด *A. tricolor* และผักกินใบบางชนิด (ต่อน้ำหนักสด 100 g)

ชนิดของผักกินใบ	องค์ประกอบ				
	ความชื้น	โปรตีน (N x 6.25)	ไขมัน	dietary fiber	crude ash
ผักโขม	89.3	3.2	0.5	4.5	2.3
กุยไช่	90.6	2.7	0.5	3.2	0.9
ผักกวางตุ้ง	94.2	1.3	0.3	2.8	1.1
ผักกาดขาว	95.5	1.1	0.2	2.7	0.7
ผักกาดขาวปลี	95.7	1.1	0.0	1.1	0.4
ผักกาดเขียว	93.8	2.3	0.3	1.8	1.6
ผักตั้งโอ๋	93.9	1.7	0.2	2.4	1.5
ผักบุ้ง	92.2	2.9	0.5	3.0	1.4

ที่มา : Wills และคณะ (1984)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับผักโขมพันธุ์ผักชนิดอื่นๆ Teutonico และ Knorr (1985) ได้รวบรวมจากผลการวิจัยของผู้วิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาองค์ประกอบของใบผักโขมพันธุ์ผักหลายๆ ชนิดไว้ ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งก็จะพบว่าทุกชนิดมีปริมาณโปรตีน, fiber และเถ้า อยู่ในเกณฑ์ที่สูง เช่นเดียวกันกับชนิด *A. tricolor*

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบในใบผักโขมพันธุ์ผักชนิดต่างๆ ยกเว้น *A. tricolor*

ชนิด	ปริมาณองค์ประกอบ				
	ความชื้น*	โปรตีน (N x 6.25)**	ไขมัน**	crude fiber**	crude ash**
A. cruentus	-	20.9 – 33.0	1.6 – 6.7	8.6 – 13.1	16.1 – 21.6
A. edulis	-	18.0	1.6	12.4	22.0
A. hypochon-driacus	-	21.6	2.0	11.8	21.2
A. retroflexus	-	21.1 – 21.2	1.6	13.1 – 13.5	20.4 – 22.2
A. caudatus	70.1 – 90.9	17.4 – 29.7	1.0 – 2.8	5.4 – 9.2	19.3 – 21.0
A. spinosus	79.0 – 83.0	28.4 – 31.0	1.8 – 4.5	9.4	22.1
A. viridis	94.0	38.3	1.7	13.3	-
A. graecizans	84.0	23.2	1.7 – 3.2	14.5	21.7
A. hybridus	-	22.1 – 33.5	1.3 – 6.5	10.5 – 24.6	7.6 – 19.0

* % โดยน้ำหนักสด

** % โดยน้ำหนักแห้ง

ที่มา : Teutonico และ Knorr (1985)

โปรตีนในใบผักโขมแห้งนั้นมีมากกว่า 27% ซึ่งการบริโภคผักกินใบชนิดอื่นๆ จะได้รับโปรตีนไม่มากนัก (สมชาย ชคตระการ, 2541) ซึ่งได้มีการนำเอาข้อดีส่วนนี้ไปประยุกต์ใช้ เช่น Hill และ Rawate (1982) ได้ผลิต protein isolate จากส่วนต้นที่อยู่เหนือดิน (aerial part) ของผักโขม เป็นต้น สำหรับปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) ในผักโขมนั้นมีรายงานไว้โดย Bressani (1993) ดังตารางที่ 2.5 โดยมีครบทุกชนิดและแต่ละชนิดมีอยู่ในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบกับปริมาณที่ร่างกายต้องการ (Teutonico และ Knorr, 1985)

ส่วนไขมันในผักโขมซึ่งมีไม่มากนักจะประกอบด้วย ไขมันไม่มีขั้ว (non-polar lipid) 53.6%, glycolipid 12.6% และ phospholipid 12.6% (Bressani, 1993) โดยกรดไขมันในใบและ

ก้านส่วนใหญ่ คือ linolenic acid (42%) และ linoleic acid (49%) (Teutonico และ Knorr, 1985)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณ (mg ต่อ 100 g ไนโตรเจน) ของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในผักโขมพันธุ์ผัก

กรดอะมิโน	ปริมาณ
leucine	421 ± 76.5
isoleucine	327 ± 38.7
lysine	300 ± 34.9
methionine	78 ± 43.6
cysteine	21 ± 8.1
phenylalanine	314 ± 78.0
tyrosine	232 ± 48.7
threonine	356 ± 75.9
tryptophan	80
valine	355 ± 31.4

ที่มา : Bressani (1993)

องค์ประกอบทางเคมีของผักโขมจะมีความแปรปรวนพอสมควร เช่น ปริมาณความชื้นอาจแปรผันได้ตั้งแต่ 70-94% ซึ่งเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในผักโขมมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะอากาศในฤดูกาลต่างๆ, อาหารที่พืชได้รับ, วิธีการเพาะปลูก, physiological stage, ชนิด, พันธุ์ปลูก (cultivar) และตำแหน่งของใบบนต้นที่เก็บมาวิเคราะห์ สำหรับปริมาณ crude fiber จะแปรผันมากเช่นกัน ตั้งแต่ 5.4-24.6% ขึ้นกับอายุของผัก โดยใบอ่อนและยอดจะมีปริมาณสูงสุด (Bressani, 1993)

2.2.2 วิตามินและแร่ธาตุในผักโขม

ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุในใบของผักโขมชนิด *A. tricolor* มีรายงานไว้ในงานวิจัยของ Wills และคณะ (1984), Teutonico และ Knorr (1985), กระทรวงสาธารณสุข (2530) และสมชาย ชคตระการ (2541) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ในใบผักโขมชนิด *A. tricolor* (ต่อน้ำหนักแห้ง 100 g)

องค์ประกอบ	ที่มาของข้อมูล			
	Will และคณะ (1984)	Teutonico และ Knorr (1985)	กระทรวงสาธารณสุข (2530)	สมชาย ชคตระการ (2541)
แร่ธาตุ				
calcium (g)	1.3	3.5	3.5	2.0
magnesium (g)	1.0	1.7	-	-
iron (g)	0.05	-	0.15	0.03
phosphorus (g)	-	0.7	0.7	0.5
วิตามิน				
เอ; β-carotene (mg)	19.2	12.0	28.5	27.9
บี1; thiamin (mg)	0.01	0.02	0.03	0.08
บี2; riboflavin (mg)	2.4	2.1	0.7	1.2
บี3; niacin (mg)	10.8	8.4	6.3	10.7
ซี; ascorbic acid (mg)	663	693	1218	611

โดยในงานวิจัยของ Wills และคณะ (1984) ได้เปรียบเทียบปริมาณวิตามินในใบผักโขมกับผักกินใบบางชนิดที่พบในประเทศจีน ดังตารางที่ 2.7 พบว่าผักโขมมีปริมาณของวิตามินสูงกว่าผักชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะวิตามินเอ (β-carotene) จึงถือได้ว่าผักโขมเป็นแหล่งของวิตามินเอที่สำคัญ และจากการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินเอและระหว่างผักโขมและผักกินใบหลายชนิดที่มีการบริโภคกันในประเทศไทย ตามรายงานของกระทรวงสาธารณสุข (2530) ก็พบว่าผักโขมมีปริมาณวิตามินเอที่สูงกว่าผักกินใบชนิดอื่นมาก

สมชาย ชคตระการ (2541) กล่าวว่าผักโขมเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินเอ และได้เปรียบเทียบปริมาณวิตามินในผักโขม, spinach และ Swiss chard ไว้ ซึ่งพบว่าผักโขมมีวิตามินเอสูงเช่นกัน นอกจากนี้ได้อ้างถึงผลการวิจัยของ Grubben (1976) ที่กล่าวว่าได้มีการใช้ผักโขม ชนิด *A. tricolor* ในการแก้ปัญหาการขาดสารอาหารในเขตร้อนและปัญหาทางสายตาแก่เด็กนับพันคนในแต่ละปี

วิตามินซีในผักโขมก็มีปริมาณสูงเช่นกัน แต่วิตามินซีมักจะสูญเสียไปการต้มเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังผลการวิจัยของผู้วิจัยหลายๆ ท่านซึ่งได้มีการอ้างถึงไว้โดย Teutonico และ Knorr (1985)

แร่ธาตุซึ่งมีปริมาณสูงในผักโขม คือ calcium รวมทั้งเหล็ก, magnesium และ phosphorus โดยมีค่าสูงกว่าในผักกินใบอื่นๆ เช่นเดียวกับปริมาณวิตามิน ดังรายงานการวิจัยของ Wills และคณะ (1984) ในตารางที่ 2.7 รวมทั้งงานวิจัยของกระทรวงสาธารณสุข (2530) และ สมชาย ชคตระการ (2541) แต่ calcium จำนวนมากในผักโขมนั้นอาจอยู่ในรูปของ calcium oxalate ซึ่งร่างกายนำไปใช้ไม่ได้ เนื่องจากในผักโขมนั้นมีปริมาณ oxalic acid อยู่สูง (Wills et al., 1984)

ตารางที่ 2.7 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ในใบผักโขมชนิด *A. tricolor* และผักกินใบบางชนิด (ต่อน้ำหนักสด 100 g)

ชนิดของผักกินใบ	แร่ธาตุ			วิตามิน	
	calcium (mg)	magnesium (mg)	iron (mg)	เอ; β-carotene (μg)	ซี; ascorbic acid (mg)
ผักโขม	110	85	3.9	1,710	55
กุยไช่	52	20	2.4	3,260	55
ผักกวางตุ้ง	70	12	1.7	1,360	46
ผักกาดขาว	60	8	1.3	490	29
ผักกาดขาวปลี	25	8	0.3	190	20
ผักกาดเขียว	130	11	0.7	1,550	100
ผักตั้งโอ๋	100	25	3.2	1,440	19
ผักบุ้ง	68	29	2.4	1,180	28

ที่มา : Wills และคณะ (1984)

ผักโขมพันธุ์ผักชนิดอื่นๆ นอกจากชนิด *A. tricolor* ก็มีปริมาณแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ เช่น calcium, magnesium, เหล็ก, วิตามินเอ และวิตามินซี สูงเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 2.8 โดยหลายชนิดมีรายงานว่าพบในประเทศไทย (Grubben, 1993) เพียงแต่ลักษณะที่พบมักจะเป็นพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่ได้มีการเพาะปลูกเพื่อการค้า แต่ก็นิยมบริโภคกันตามชนบท ดังนั้นจึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกับชนิด *A. tricolor*

ตารางที่ 2.8 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ในใบผักโขมพันธุ์ผักชนิดต่างๆ (ต่อน้ำหนักแห้ง 100 g) ยกเว้นชนิด *A. tricolor*

ชนิด	แร่ธาตุ			วิตามิน	
	calcium (g)	magnesium (g)	iron (g)	เอ; β-carotene (mg)	ซี; ascorbic acid (mg)
A. cruentus	1.9 – 2.6	1.1 – 2.2	0.03	-	-
A. edulis	6.2	2.2	0.02	-	-
A. hypochon-driacus	2.6	1.2	0.02	-	-
A. retroflexus	3.0	1.4 – 1.7	0.05	-	-
A. caudatus	2.3 – 2.6	1.1 – 1.3	0.02	15.2	210
A. spinosus	1.1 – 1.8	2.2	0.01	32.5	250
A. viridis	2.3	-	0.01	28.8	147
A. graecizans	1.8	1.5	-	-	-
A. hybridus	3.3	-	0.00	-	-

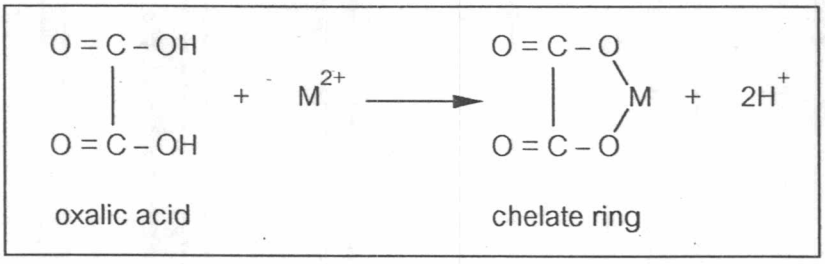
ที่มา : Teutonico และ Knorr (1985)

2.3 อุปสรรคในการใช้ผักโขมในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผักโขมจะมีการสะสมของ oxalate เช่นเดียวกับผักใบเขียวชนิดอื่นๆ ซึ่ง oxalate นั้นมีความสำคัญทางด้านโภชนาการเนื่องจากสามารถจับกับแร่ธาตุชนิดชนิด divalent ที่มีความจำเป็นต่อร่างกายได้ โดยเฉพาะ calcium ซึ่งทำให้ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ผักโขมยังมีการสะสมของ nitrate เนื่องจากเป็นพืชที่โตเร็ว (Bressani, 1993) ซึ่งถึงแม้ว่า nitrate เกือบจะไม่มีโทษต่อร่างกาย แต่ผลในระยะยาวอาจได้จากสารที่เปลี่ยนมาจาก nitrate คือ สารในกลุ่ม N-nitroso compound ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Marais, 1997) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ oxalate และ nitrate ในผักโขมและผลที่มีต่อร่างกายด้วย

2.3.1 Oxalate

oxalic acid เป็น dicarboxylic acid ที่มีความแรงมากที่สุดที่พบทั่วไปในสิ่งมีชีวิต และจับกับโลหะชนิด monovalent เช่น potassium และ sodium ได้เป็นเกลือที่มีสมบัติเป็นกลางหรือกรดและละลายน้ำได้ (soluble oxalate) และจับกับไอออนบวกชนิด divalent เช่น calcium ได้เป็นเกลือที่ละลายน้ำน้อยมาก (insoluble oxalate) (Marais, 1997) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเกิด insoluble oxalate

ที่มา : Marais (1997)

2.3.1.1 ปริมาณ oxalate ในผักโขม

Der Marderosian และคณะ (1980) ศึกษาปริมาณของ oxalate ในใบและลำต้นผักโขมพันธุ์ผักหลายชนิดที่เก็บเกี่ยวในช่วง 2-3 เดือน พบว่าสำหรับชนิด *A. gangeticus* จะมีปริมาณ oxalate อยู่ในช่วง 0.34 – 1.82 และ 0.0104 – 0.0277% โดยน้ำหนักสด ในใบและลำต้นตามลำดับ หรือปริมาณ oxalate ในใบจะมากกว่าในลำต้นประมาณ 10 เท่า โดยปริมาณจะแตกต่างกันในตัวอย่างที่ปลูกในแต่ละปี และช่วงของค่าจะกว้างมากจากความแปรผันในตัวอย่างผักที่ใช้ ดังตารางที่ 2.9

Wills และคณะ (1984) วิเคราะห์ปริมาณ oxalic acid ในผักโขม (Chinese spinach) เปรียบเทียบกับผักกินใบชนิดอื่นหลายชนิด พบว่าในผักโขมมีปริมาณ oxalic acid 0.16 g/100 g ของส่วนที่กินได้ (ตารางที่ 2.9) ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าผักชนิดอื่น และกล่าวว่า oxalic acid นี้น่าจะจับอยู่กับ calcium ซึ่งมีอยู่มากในผักโขม ในรูปของ calcium oxalate

Meena และคณะ (1987) ได้ทำการศึกษาปริมาณ total และ soluble oxalate รวมทั้งปริมาณ calcium ในผักโขม 2 ชนิด คือ *A. gangeticus* (amaranth) และ *A. tricolor* (kilkeeria) ดังตารางที่ 2.10 พบว่าปริมาณ total oxalate ในผักโขมมีค่าอยู่ในช่วง 0.60 – 0.73% โดยน้ำหนักสด ปริมาณ soluble oxalate อยู่ในช่วง 37-52% ของปริมาณ total oxalate โดย oxalate ส่วนนี้สามารถแตกตัวเป็น free oxalic acid และจับกับ calcium ในอาหารอื่นที่บริโภคเข้าไปพร้อมกันได้

ตารางที่ 2.9 ปริมาณ oxalate ในใบผักโขม (ต่อน้ำหนักสด 100 g)

ที่มาของข้อมูล	ปริมาณ (g)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
Der Marderosian และคณะ (1980)	0.34 – 1.82	1.08
Wills และคณะ (1984)	-	0.16
Meena และคณะ (1987)	0.60 – 0.73	0.67

ตารางที่ 2.10 ปริมาณ calcium และ total และ soluble oxalate ในใบผักโขม (ต่อน้ำหนักสด 100 g)

ชนิด	ปริมาณ (mg)			soluble oxalate (% เทียบกับ total oxalate)	อัตราส่วน calcium ต่อ oxalate
	calcium	oxalate			
		total	soluble		
amaranth (*A. gangeticus*)	363 ± 9	598 ± 57	313 ± 8	52	0.6
kilkeerai (*A. tricolor*)	424 ± 25	732 ± 57	274 ± 40	37	0.6

ที่มา : Meena และคณะ (1987)

ค่าอัตราส่วน calcium ต่อ oxalate ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.6 หมายถึง มีปริมาณ total oxalate มากกว่าปริมาณ calcium ดังนั้นร่างกายจึงไม่สามารถนำ calcium ที่มีอยู่ในผักไปใช้ได้ แต่ถ้าหากคิดอัตราส่วนโดยเทียบปริมาณ calcium เทียบกับปริมาณ insoluble oxalate เนื่องจากส่วน insoluble นั้นเป็นส่วนที่จับกับ calcium แต่ส่วนที่เป็น soluble ไม่จับกับ calcium จะพบว่ามี calcium บางส่วนที่ร่างกายนำไปใช้ได้ เพราะ อัตราส่วนมีค่ามากกว่า 1.0

2.3.1.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณ oxalate ในผักโขม

Der Marderosian และคณะ (1980) ใช้วิธีวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธี colorimetric method ของ Burrows (1950) และวิธี calcium titration method ของ Hodgkinson และ Williams (1972) ทั้ง 2 วิธี ให้ปริมาณ oxalate ในตัวอย่างเดียวกันเท่ากัน แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณ soluble และ insoluble oxalate ได้ วิเคราะห์ได้เพียงปริมาณ total oxalate เท่านั้น

สำหรับ Meena และคณะ (1987) ใช้วิธีของ Baker (1952) สามารถวิเคราะห์หาปริมาณ total, soluble และ insoluble oxalate ได้ โดยปริมาณ insoluble oxalate คำนวณได้จากปริมาณ total ลบด้วย soluble oxalate วิธีของ Baker นี้ ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้เฉพาะกับตัวอย่างพืชสด (fresh plant materials) เท่านั้น เนื่องจากปริมาณ oxalate จะสูญเสียไปอย่างสังเกตได้ หลังจากการอบแห้งที่ 100°C นาน 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามในเชิงคุณภาพ วิธีนี้ก็อาจจะปรับไปใช้กับตัวอย่างแห้งได้ ซึ่งถ้าเทียบกับวิธีของ Burrows (1950) กับ Hodgkinson และ Williams (1972) วิธีทั้ง 2 นี้ใช้กับตัวอย่างแห้งได้ เพราะการเตรียมตัวอย่างจะต้องอบแห้งตัวอย่างสดก่อน

หลักการของวิธีของ Baker (1952) คือ สกัด oxalate จากตัวอย่างที่บดละเอียดในรูปของ oxalic acid ด้วย hydrochloric acid ร้อน แล้วตกตะกอนโดยเติม calcium chloride ใน acetic

acid buffer pH 4.5 เติม deproteinising agent คือ phosphoric-tungstate reagent ซึ่งทำงานได้ที่ pH ต่ำพอที่จะเก็บ (retain) calcium oxalate ไว้ได้ในสารละลาย และไม่แย่ง calcium จับกับ oxalic acid จากนั้นล้างตะกอนด้วย acetic acid แล้วละลายในกรด sulfuric เจือจาง ขั้นสุดท้าย titrate กับสารละลาย potassium permanganate มาตรฐานสำหรับการคำนวณหาปริมาณ oxalate จะใช้หลักการ คือ potassium permanganate 1 ml จะ equivalent กับ oxalate 0.00090 g และ deproteinized extract 20 ml จะ equivalent กับตัวอย่าง 2 g

2.3.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ oxalate ในผักโขม

ปริมาณ oxalate ในผักโขมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย Singh และ Saxena (1972) อ้างถึงผลการวิจัยของผู้วิจัยหลายท่านที่กล่าวว่า การสังเคราะห์ oxalate ในพืชนั้นขึ้นกับสารอาหารในดิน, ความเข้มของแสง, ความแก่ (maturity), ฤดูกาล, อุณหภูมิ และลักษณะทางพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิด National Research Council (1984) กล่าวว่าปริมาณ oxalate จะสูงเมื่อปลูกผักโขมภายใต้อากาศแห้ง และปริมาณจะมีผลกระทบจากความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยที่เติมลงไป เช่นเดียวกันกับ Bressani (1993) ที่รายงานว่า การแปรผันของปริมาณ oxalate เป็นผลมาจากทั้งลักษณะทางพันธุกรรมของพืชและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ จึงมีงานวิจัยที่สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้ว่ามีผลอย่างไรต่อปริมาณ oxalate ในผักโขม ซึ่งจะช่วยในการเลือกผักโขมที่มีปริมาณ oxalate ต่ำ และเหมาะสมต่อการบริโภคได้

Singh และ Saxena (1972) ศึกษาผลของความแก่ที่มีต่อปริมาณ oxalate และปริมาณ cations ในผักโขมชนิด *A. gangeticus* ซึ่งเป็นพันธุ์ในท้องถิ่นและปลูกกันมากในประเทศอินเดีย โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 15 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณ total, soluble และ insoluble oxalate ทั้งในใบและลำต้น พบว่าปริมาณ oxalate ในใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยปริมาณสูงสุดอยู่ที่อายุ 60 วัน ปริมาณ cations ในใบก็เพิ่มขึ้นตามอายุ และมีค่าสูงสุดที่อายุ 60 วันเช่นกัน ซึ่งจากการที่ oxalic acid สามารถจับกับ cations ของแร่ธาตุต่างๆ เหล่านี้ และทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าคุณค่าของแร่ธาตุเหล่านี้จะไม่เพิ่มขึ้นตามอายุของผักจากการที่มีปริมาณแร่ธาตุเหล่านี้เพิ่มขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโต ทั้งปริมาณ oxalate และ cations เกือบจะกระจายอยู่เท่าๆ กันในใบและลำต้น แต่หลังจาก 1 เดือน ปริมาณ oxalate ในลำต้นจะลดลง และในช่วงหลังของการเจริญ ปริมาณจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด การลดลงของปริมาณ cations ก็เช่นกันแต่ไม่ชัดเจนเท่ากับกรณีของปริมาณ oxalate

ปริมาณ soluble oxalate ในใบจะสูงสุดที่อายุ 15 วัน และทั้งปริมาณ soluble และ insoluble oxalate ในใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ส่วนในลำต้นจะลดลง ปริมาณ insoluble oxalate ที่

เพิ่มขึ้นนี้ทำให้สังเกตได้ว่า อายุของผักที่เพิ่มขึ้นจะเร่งให้ calcium และ magnesium จับกับ oxalic acid มากขึ้น ดังนั้นแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้จะลดลงตามอายุของผัก

ปริมาณ cations ของแร่ธาตุทุกชนิดในใบและลำต้น ยกเว้น calcium และ magnesium ในลำต้น ไม่แสดงลักษณะที่สัมพันธ์กับอายุของผักอย่างเห็นได้ชัด แต่ ปริมาณ total oxalate ในใบจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ total cations ในใบ และปริมาณ insoluble oxalate ในใบจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ calcium รวมกับ magnesium ในใบ ส่วนปริมาณอื่นๆ นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Singh และ Saxena สรุปว่า ผักโขมที่ยังอ่อนอยู่นั้นมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการบริโภคมากกว่าผักโขมที่มีอายุมาก เนื่องจากมีปริมาณ oxalate ต่ำ

Der Marderosian และคณะ (1980) ศึกษาผลของความแก่และการให้ปุ๋ย nitrogen ต่อปริมาณ oxalate ในผักโขม พบว่า ปริมาณ oxalate มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างช่วงของฤดูกาลปลูก ส่วนการให้ปุ๋ย nitrogen นั้นไม่มีผลต่อปริมาณ oxalate อย่างเห็นได้ชัด โดยผักโขมที่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณ oxalate สูงกว่าเล็กน้อย

2.3.1.4 ผลของ oxalate ทางด้านโภชนาการ

oxalic acid หรือ oxalate นั้นมีผลกระทบทางด้านโภชนาการต่อผู้บริโภค เนื่องจาก oxalic acid นั้นถือว่าเป็นสารต้านโภชนาการ (antinutrient) ชนิดหนึ่ง ซึ่งสารต้านโภชนาการหมายถึง สารประกอบเคมี ที่มีคุณสมบัติในการขัดขวางสารอาหาร ไม่ให้สามารถให้ผลดีแก่ร่างกายตามศักยภาพของสารอาหารนั้นได้ การมีสารเหล่านี้อยู่จะทำให้คุณภาพของอาหารนั้นลดลง กลไกที่ oxalic acid ขัดขวางการทำงานของสารอาหาร คือ ทำปฏิกิริยากับสารอาหารเกิดเป็นสารประกอบที่ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ (ปัทมา วิตยากร, 2529)

Meena และคณะ (1987) อ้างถึงผลการวิจัยของผู้วิจัยหลายท่านที่กล่าวว่า เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า oxalic acid ที่มีอยู่ในอาหารจะทำให้ร่างกายนำ calcium ไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง โดย soluble oxalate ที่แตกตัวเป็น oxalic acid ได้จะขัดขวางการดูดซึม calcium จากอาหารอื่นๆ ในระหว่างขั้นตอนการย่อย ส่วน insoluble oxalate ซึ่งเกิดจาก oxalic acid จับกับ calcium ที่มีอยู่ในอาหารอยู่แล้ว และจะทำให้ร่างกายไม่สามารถนำ calcium ที่มีอยู่ในอาหารนั้นไปใช้ได้

นอกจากนี้ Bressani (1993) ยังกล่าวอีกว่าปัญหานี้จะเกิดกับประชากรที่มีการบริโภค calcium ต่ำได้มาก ดังนั้นจึงควรจะได้มีการศึกษาวิจัยถึงผลกระทบที่มีต่อการใช้ calcium โดยร่างกายของผู้บริโภค เมื่อมีการบริโภคอาหารที่มีปริมาณ oxalate สูง

Pingle และ Ramasastri (1978a) ได้ศึกษาการดูดซึมของ calcium จากผักโขมชนิด *A. gangeticus* ที่มีปริมาณ oxalate สูง จากการเปรียบเทียบปริมาณ calcium ที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ในใบผักโขมและในนม โดยให้ผู้ทดลองบริโภคอาหารที่มี calcium ต่ำ (basal diet) และอาหารที่มีเฉพาะใบของผักโขม (amaranthus diet) ซึ่งมีปริมาณ oxalate 7.4 – 10.63 g/kg โดย 50% อยู่ในรูป soluble oxalate การวัดปริมาณ calcium ที่ร่างกายดูดซึมเข้าไป ได้จากการวัดปริมาณ calcium ในปัสสาวะ (calcium excretion) ซึ่งพบว่าปริมาณ calcium excretion ระหว่าง basal และ amaranthus diet นั้นไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ calcium ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ในผักโขมมีอยู่น้อย หรือหมายความว่า calcium ในผักโขมนั้นร่างกายดูดซึมได้น้อย

นอกจากนี้เขายังได้ศึกษาปริมาณ calcium ในนมที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้เมื่อบริโภคพร้อมกับผักโขม โดยให้ผู้ทดลองบริโภคอาหาร 3 ชนิด คือ basal diet, milk diet และนมรวมกับใบผักโขม (amaranthus+milk diet) พบว่าปริมาณ calcium excretion ระหว่าง basal และ amaranthus+milk diet นั้นต่างกันน้อยกว่าระหว่าง basal และ milk diet ส่วนระหว่าง milk และ amaranthus+milk diet ก็ต่างกันเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าผักโขมจะขัดขวางการที่ร่างกายจะดูดซึม calcium ในนม เมื่อบริโภคพร้อมกัน

ดังนั้นจึงได้สรุปว่า oxalic acid หรือ oxalate ในผักโขมนั้น สามารถลดการนำ calcium ไปใช้ประโยชน์โดยร่างกายของคนได้จริง โดยเฉพาะ soluble oxalate ที่ขัดขวางการดูดซึม calcium เข้าสู่ร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยไม่ได้แนะนำให้เลิกบริโภคผักกินใบ เนื่องจากยังเป็นแหล่งที่สำคัญของวิตามินที่จำเป็นอยู่ โดยเฉพาะวิตามินเอ (β-carotene)

2.3.1.5 ผลของ oxalate ที่มีต่อสุขภาพโดยตรง

นอกจากผลของ oxalate ทางด้านโภชนาการแล้ว ยังมีผลที่เกิดต่อสุขภาพหรือร่างกายโดยตรงอีกด้วยโดยเฉพาะการเกิดโรคนิ่วซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นในระยะยาว

Andrews และ Viser (1951) รายงานว่า การที่ร่างกายดูดซึม soluble oxalate เข้าไปในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้เกิดภาวะที่ปัสสาวะมีปริมาณ oxalate มากกว่าปกติ (oxaluria) ผลที่ตามมา คือ จะทำให้เกิดนิ่วในไตและกระเพาะปัสสาวะได้ ซึ่งประมาณ 1 ใน 3 ของนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder calculi) จะเป็นผลึก calcium oxalate บริสุทธิ์ และประมาณครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าจะมีอย่างน้อยส่วนหนึ่งที่เป็น calcium oxalate

Singh และ Saxena (1972) อ้างถึงผลการวิจัยของผู้วิจัยหลายท่านที่กล่าวว่า oxalate ในอาหารนั้นเกี่ยวข้องกับความผิดปกติทางคลีนิค (clinical disorder) หลายประการ นอกจากการขัดขวางการใช้ประโยชน์จากแร่ธาตุบางชนิดในทางเดินอาหารแล้ว oxalate ที่บริโภคเข้าไปยังถูกดูดซึมและเชื่อว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่เป็นสาเหตุของนิ่วในทางเดินปัสสาวะ (urinary bladder) นอกจากนี้การบริโภคอาหารที่มีปริมาณ oxalate สูงเป็นเวลานาน ยังแสดงให้เห็นการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับ calcium ในเลือดต่ำ (hypocalcaemia), โรคกระดูกอ่อนในเด็ก (rickets) และการสะสมของผลึก calcium oxalate ในไตอีกด้วย

Singh และคณะ (1972) ยังได้กล่าวถึงผลการวิจัยของ Lonsdale และคณะ (1968) และของ Sutor และ Wooley (1971) ที่พบว่าประมาณ 1 ใน 3 ของนิ่วในไต (renal calculi) จะมี oxalate เป็นองค์ประกอบอยู่ รวมทั้งผลการวิจัยของ Ackermann และ Gebauer (1957) ซึ่งพบว่า toxic effect จากการบริโภค oxalate ในสัตว์จะเกิดเมื่ออัตราส่วนระหว่าง calcium ต่อ oxalic acid มีค่าต่ำกว่า 2.0 โดย Singh และคณะ แนะนำว่าน่าจะใช้ได้กับคนด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังกล่าวถึงผลการวิจัยของผู้วิจัยอีกหลายท่านที่รายงานว่า orthophosphate และโปรตีนที่มีคุณภาพสูงในอาหารมีฤทธิ์ในการป้องกันและรักษาปริมาณของ oxalate ในปัสสาวะให้อยู่ในระดับต่ำได้

2.3.1.6 การกำจัด oxalate ออกจากผักโขม

Pingle และ Ramasastri (1978b) ศึกษาผลของการต้มใบผักโขม แล้วทิ้งน้ำที่ต้มไป ต่อการสูญเสีย oxalate และสารอาหารที่สำคัญอื่นๆ (ตารางที่ 2.11) สภาวะที่ใช้ในการต้ม คือ ใช้เวลานาน 15 นาที และปริมาณน้ำเป็น 15 เท่าของปริมาณใบผักที่ใช้ พบว่าปริมาณ soluble oxalate ลดลง 91-95% ส่วนปริมาณ insoluble oxalate นั้นไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับปริมาณวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ เช่น riboflavin, folic acid และ ascorbic acid จะสูญเสียไปในช่วง 86-94% อย่างไรก็ตามจะพบว่าไม่มีการสูญเสียของ β-carotene และนอกจาก calcium แล้ว ปริมาณแร่ธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก จะลดลง แสดงให้เห็นว่า calcium นั้นอยู่ในรูปของ insoluble oxalate และไม่ถูกกำจัดออกไประหว่างการต้ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.11 ปริมาณ oxalate, แร่ธาตุและวิตามินบางชนิด ในผักโขมก่อน และหลังต้มในน้ำเดือดปริมาณ 15 เท่าของน้ำหนักผัก นาน 15 นาที (ต่อน้ำหนักสด 100 g)

องค์ประกอบ	ก่อนต้ม		หลังต้ม		การสูญเสียระหว่างการต้ม (%)	
	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย
oxalate						
soluble (mg)	378 – 527	446	26 – 32	30	91 – 95	93
insoluble (mg)	850 – 1058	956	958 – 1076	1009	-	-
แร่ธาตุ						
calcium (mg)	285 – 626	455	298 – 723	473	-	-
iron (mg)	5.4 – 19.5	9.5	2.8 – 10.5	5.2	35 – 50	45
phosphorus (mg)	58 – 107	89	15 – 37	26	64 – 76	70
วิตามิน						
เอ; β-carotene (mg)	3.10 – 7.28	5.19	3.55 – 7.96	5.75	-	-
บี2; riboflavin (μg)	280 – 433	356	40 – 55	47	86 – 87	87
ซี; ascorbic acid (mg)	80 – 120	100	5 – 9	6	93 – 94	94
folic acid (μg)	253 – 275	264	31 – 46	38	83 – 88	86

ที่มา : Pingle และ Ramasastri (1978b)

นอกจากนี้ Pingle และ Ramasastri (1978b) ยังได้ศึกษาผลของ water-soluble oxalate ในใบผักโขม (*Amaranthus* spp.) ที่มีต่อการดูดซึมของ calcium ในนม วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ ก็คือ ถ้าสามารถกำจัด soluble oxalate ที่มีในใบผักโขมออกไปได้แล้ว ก็น่าที่จะกำจัดการที่ oxalate เข้าไปขัดขวางการดูดซึม calcium ที่มีอยู่ในนมของร่างกายได้ โดยให้ผู้ทดลองบริโภคอาหารต่างกัน 3 ชนิด คือ อาหารที่มี calcium ต่ำ ที่เติมนมลงไปด้วย (milk diet), milk diet ที่เติมใบผักโขมที่ต้มโดยไม่ทิ้งน้ำ (milk+amaranthus with cooking water) สภาวะที่ใช้ในการต้ม คือ ใช้เวลานาน 15 นาที และปริมาณน้ำเป็น 15 เท่าของปริมาณใบผักที่ใช้ และ milk diet ที่เติมใบผักโขมที่ต้มโดยทิ้งน้ำที่ต้มออก (milk+amaranthus without cooking water) โดยสภาวะในการต้มเหมือนเดิม พบว่าปริมาณ calcium excretion ระหว่าง milk และ milk+amaranthus with cooking water นั้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า soluble oxalate ในผักโขมขัดขวางการดูดซึม calcium ในนม ส่วนระหว่าง milk และ milk+amaranthus without cooking water นั้น

ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่า soluble oxalate ถูกกำจัดออกไประหว่างการต้ม โดยออกไปกับน้ำที่ทิ้งไป จึงทำให้ calcium ที่มีอยู่ในนมไม่ถูกขัดขวางจากการดูดซึมของร่างกาย โดย soluble oxalate ที่มีอยู่ในผักโขม

Hill และ Rawate (1982) ได้ทดลองผลิต protein isolate จากส่วนต้นที่อยู่เหนือดิน (aerial part) คือ ใบและลำต้นของผักโขมพันธุ์ผัก คือ *A. caudatus*, *A. hybridus* และ *A. retroflexus* โดยการผลิตจะมีการกำจัด oxalate ออกไปก่อน วิธีที่ใช้ คือ นำผักโขมมาสับและต้มในน้ำกลั่นปริมาณ 7 เท่า โดยน้ำหนักของผักโขม นาน 15 นาที แล้วทิ้งน้ำที่ต้มไป พบว่าการต้มสามารถสกัด soluble oxalate ให้ออกมาอยู่ในน้ำที่ต้มได้ และ oxalate ประมาณ 40% อยู่ในรูปของ soluble oxalate

Bressani (1993) กล่าวว่า ในระหว่างกระบวนการต้มในน้ำ oxalate จะถูกกำจัดออกไปเมื่อมีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้ต้ม ดังนั้นถ้าบริโภคผักโขมที่สุกแล้ว 100 g ร่างกายจะได้รับ oxalic acid 0.2-1.0 g ถ้าคิดว่า oxalate 40% นั้นอยู่ในรูปที่อิสระ (soluble) และสูญเสียไประหว่างการต้ม ปริมาณ oxalic acid จะลดลงมาอยู่ที่ 0.12-0.6 g ซึ่งไม่เป็นอันตราย (non-toxic) โดยระดับที่เป็นอันตราย (toxic level) สำหรับคนจะอยู่ที่ 2-5 g ต่อวัน

สมชาย ชคตระการ (2541) อ้างถึงผลการวิจัยของ Kauffman และ Gilbert (1981) ซึ่งกล่าวว่า ไม่ควรบริโภคผักโขมสดๆ เนื่องจากในใบและลำต้นมี oxalate อยู่ ซึ่งถ้าบริโภคปริมาณมากจะเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงควรทำให้สุกก่อนบริโภค เพราะ จะลดปริมาณ oxalate ให้ต่ำลงมาจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค และผลการวิจัยของสมชาย ชคตระการ (2537) ได้สรุปว่า oxalate ในผักโขมสามารถทำให้ลดลงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคได้เมื่อนำไปต้มให้สุก เพราะ oxalic acid สามารถละลายในน้ำได้เมื่อผ่านความร้อน

จากผลการวิจัยข้างต้นจะเห็นว่า oxalate ส่วนที่กำจัดได้จะเป็นส่วนที่เป็น soluble oxalate เท่านั้น เนื่องจากวิธีที่ใช้ในการกำจัดจะใช้น้ำเข้าไปละลายเอา oxalate ออกมา ซึ่งส่วนที่ละลายน้ำได้ก็จะมีเฉพาะส่วนที่เป็น soluble oxalate ส่วนที่เป็น insoluble oxalate จึงไม่สามารถกำจัดออกได้ แต่ถ้าพิจารณาระหว่าง soluble และ insoluble oxalate แล้วจะพบว่า soluble oxalate มีผลต่อสุขภาพที่ร้ายแรงกว่า คือ ในด้านโภชนาการจะขัดขวางการดูดซึม calcium จากอาหารอื่นๆ ได้ ในขณะที่ insoluble oxalate นั้นเพียงแต่ทำให้ calcium ที่มีอยู่ในผักโขมจำนวนมากนั้น ร่างกายไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด ส่วนผลที่มีต่อสุขภาพโดยตรง เช่น การเกิดโรคนิ่วนั้น จะเกิดจาก oxalate ที่ถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกาย ซึ่ง soluble oxalate เท่านั้นที่มีการดูดซึมเข้าไป ส่วน insoluble oxalate นั้น Hill และ Rawate (1982) กล่าวว่าไม่น่าจะถูกดูดซึมเข้าไป ดังนั้นการกำจัด oxalate ในผักโขมจึงกำจัดเฉพาะส่วนที่เป็น soluble เท่านั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องกำจัดส่วนที่เป็น insoluble oxalate ออกไปด้วย

2.3.2 Nitrate

nitrate ที่มีอยู่ในพืชตามธรรมชาติได้จากการนำเข้าไปจากดินที่พืชขึ้นอยู่ และ/หรือจากน้ำที่ให้กับพืช ทั้งนี้ nitrate ที่อยู่ในดินและน้ำโดยธรรมชาติเป็นผลจากวัฏจักรของ nitrogen และเป็นผลจากการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น การทำเกษตรกรรม, ปศุสัตว์ และอุตสาหกรรมบางประเภท นอกจากนี้ยังมีแหล่งที่สำคัญของ nitrate ในพืช ก็คือ การใส่ปุ๋ยอย่างฟุ่มเฟือยและมากเกินไป (ลักขณา อมรสิน, 2540) ซึ่งพบว่าผักมักจะเป็นแหล่งที่มาหลักของ nitrate ในอาหารของคน และอาจมีมากถึง 75-80% ของปริมาณ nitrate ที่บริโภคต่อวัน (Marais, 1997)

2.3.2.1 ปริมาณ nitrate ในผักโขม

Der Marderosian และคณะ (1980) ศึกษาปริมาณ nitrate ในใบและลำต้นของผักโขมพันธุ์ผักหลายชนิด พบว่าเฉพาะชนิด *A. gangeticus* จะมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.047 – 0.19 และ 0.06 – 0.18% โดยน้ำหนักสด ในใบและลำต้นตามลำดับ (0.30 – 0.73 และ 0.63 – 2.10% โดยน้ำหนักแห้ง) ดังตารางที่ 2.12 ปริมาณ nitrate ในลำต้นจะมากกว่าในใบประมาณ 2 เท่า โดยปริมาณ nitrate เกือบจะเท่ากันในตัวอย่างที่ปลูกในแต่ละปี

งานวิจัยของ Hill และ Rawate (1982) ซึ่งทดลองผลิต protein isolate จากผักโขม ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณ nitrate ในใบและลำต้นของผักโขมพันธุ์ผักชนิด *A. edulis* และ *A. retroflexus* พบว่าปริมาณ nitrate ในลำต้นมีค่าอยู่ในช่วง 3.17 – 4.68% โดยน้ำหนักแห้ง สูงกว่าในใบซึ่งอยู่ในช่วง 0.76 – 1.65% โดยน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ปริมาณ nitrate ในใบผักโขม (ต่อน้ำหนักแห้ง 100 g)

ที่มาของข้อมูล	ปริมาณ (g)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
Der Marderosian และคณะ (1980)	0.30 – 0.73	0.52
Hill และ Rawate (1982)	0.76 – 1.65	1.21

2.3.2.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณ nitrate ในผักโขม

ในงานวิจัยของ Der Marderosian และคณะ (1980) ใช้วิธีวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธี standard distillation technique ของ Heisler และคณะ (1973) และวิธี ion specific electrode technique ซึ่งใช้เครื่องวัด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hill และ Rawate (1982) ที่วัดปริมาณ nitrate ด้วย Orion nitrate electrode สำหรับวิธี standard distillation technique ของ Heisler และคณะ (1973) พัฒนาจากวิธี nitroxylenol method โดยมีหลักการ คือ ให้ nitrate ทำปฏิกิริยากับ

3,4-dimethyl phenol ได้เป็น nitroxylenol ที่แยกออกมาได้โดยการกลั่น และเป็นสารที่มีสี จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ และเทียบกับค่าที่ได้จากสารละลายมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณ nitrate

2.3.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ nitrate ในผักโขม

Der Marderosian และคณะ (1980) ศึกษาผลของการให้ปุ๋ย nitrogen ต่อปริมาณ nitrate ในผักโขม พบว่าตัวอย่างที่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณ nitrate มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้รับปุ๋ย 2-3 เท่า ซึ่งแสดงว่าการให้ปุ๋ย nitrogen จะเพิ่มการสะสมของ nitrate ในผักโขม และปริมาณ nitrate จะเปลี่ยนแปลงไม่มากระหว่างช่วงของฤดูกาลปลูก

Walters, Coffey และ Sams (1988) ศึกษาผลของการให้ปุ๋ย nitrogen ซึ่งอยู่ในรูป ammonium nitrate และอายุของผักโขมที่มีต่อปริมาณ nitrate ผักโขมที่ใช้มีหลายชนิด เฉพาะที่เป็นพันธุ์ผัก คือ *A. dubius* พบว่า การเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ให้จะทำให้ปริมาณ nitrate ในใบเพิ่มขึ้น ซึ่งผักที่ได้ปุ๋ยจะมีปริมาณ nitrate สูงกว่าที่ไม่ได้ปุ๋ยเกือบ 2 เท่า แต่ที่อายุของผักมากขึ้น ปริมาณ nitrate กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สังเกตในช่วงอายุมากๆ จะพบว่าปริมาณ nitrate มีน้อยมาก จนตรวจไม่พบเลย แต่จากผลการวิจัยของ Der Marderosian และคณะ (1980) ปริมาณ nitrate จะเปลี่ยนแปลงไม่มากตามอายุของผัก ทั้งนี้อาจเกิดจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างมาห่างกันไม่มากพอ การเปลี่ยนแปลงจึงน้อย

Bressani (1993) กล่าวว่า มีการแปรผันของปริมาณ nitrate ระหว่างพันธุ์ปลูก (cultivar) รวมทั้งขึ้นกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งสังเกตจากการที่ผักโขมพันธุ์เดียวกันจะมีปริมาณ nitrate ต่างกันในแต่ละปีที่ปลูก และการให้ปุ๋ย nitrogen จะเพิ่มการสะสมของ nitrate ในผักโขม

2.3.2.4 ผลของ nitrate ที่มีต่อสุขภาพ

ผลของ nitrate ที่มีต่อสุขภาพ ไม่ได้มาจาก nitrate โดยตรง แต่จะมาจาก nitrite ซึ่งเปลี่ยนมาจาก nitrate อีกทอดหนึ่ง Marais (1997) กล่าวว่า nitrate นั้นเกือบจะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่พร้อมที่จะถูก reduce ไปเป็น ammonia โดยมี nitrite ซึ่งเป็นสารพิษเป็นสาร intermediate ของปฏิกิริยา ดังรูปที่ 2.3

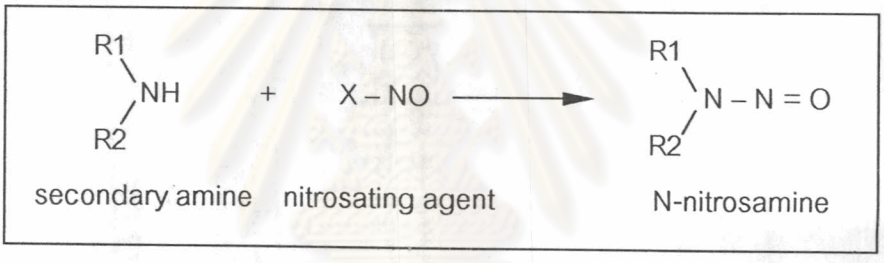
$$NO_3 \xrightarrow{\text{nitrate reductase}} NO_2 \xrightarrow{\text{nitrate reductase}} NH_3$$

รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลง nitrate เป็น ammonia

ที่มา : Marais (1997)

ผลโดยตรงของ nitrate ที่มีต่อร่างกาย คือ การเกิดภาวะที่โลหิตมี methemoglobin (MetHb) สูง (methemoglobinemia) สาเหตุเกิดจาก nitrite ที่ได้จากการ reduce ของ nitrate เข้าไป oxidize เหล็กที่เป็นองค์ประกอบของ hemoglobin (Hb) จาก Fe^{2+} ไปเป็น Fe^{3+} ดังนั้น Hb จึงเปลี่ยนเป็น MetHb ซึ่งไม่สามารถขนส่ง oxygen ไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายได้ จึงเกิดภาวะที่ผิวหนังเป็นสีเขียวหรือน้ำเงิน เนื่องจากขาด oxygen (cyanosis) โดยในกรณีที่อาการรุนแรงอาจเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ nitrite ยังทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตต่ำ (hypotension) ด้วย (Marais, 1997) แต่ผลโดยตรงดังกล่าวนั้นเกิดได้น้อยมาก เนื่องจากต้องบริโภค nitrate ในปริมาณมากๆ เท่านั้น

ผลทางอ้อมของ nitrate เกิดจาก nitrite เช่นกัน คือ การเกิดสารก่อมะเร็งประเภท N-nitroso compound เช่น N-nitrosamine ซึ่งเกิดจากการที่ nitrite ถูก oxidize ไปเป็น nitrosating agent ซึ่งมีหลายชนิด เช่น N_2O_3, N_2O_4, H_2ONO^+ หรือ NO^+ เป็นต้น โดย nitrosating agent ดังกล่าวทำปฏิกิริยากับ secondary amine ได้เป็น N-nitrosamine (Marais, 1997) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาการเกิด N-nitrosamine

ที่มา : Marais (1997)

จากความสนใจในผลระยะยาวของ nitrate ที่มีต่อสุขภาพ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้กำหนดปริมาณการบริโภคสูงสุดที่ยอมรับได้ต่อวัน (ADI) สำหรับ nitrate ไว้ที่ 3.7 mg/kg ของน้ำหนักตัว แต่ค่าดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้กับเด็กทารกที่มีอายุต่ำกว่า 3 เดือน (WHO, 1995) สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดปริมาณดังกล่าว มีเพียงแต่ปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ในอาหาร จากการใช้ sodium nitrate เป็นวัตถุเจือปนในอาหารประเภทเนื้อสัตว์แปรรูป ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขเอาไว้ที่ 500 ppm (กระทรวงสาธารณสุข, 2527)

2.3.2.5 การกำจัด nitrate ออกจากผักโขม

nitrate นั้นต่างจาก oxalate เนื่องจาก nitrate ที่มีอยู่ในผักโขมนั้น อยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมด การต้มในน้ำจึงสามารถกำจัด nitrate ออกไปได้

Bressani (1993) กล่าวว่า nitrate นั้นไม่ค่อยเกิดปัญหากับผู้บริโภคผักโขม เนื่องจากระหว่างการต้ม nitrate จะละลายไปกับน้ำที่ต้ม เช่นเดียวกันกับ สมชาย ชคตระการ (2537) ที่รายงานว่า เนื่องจากใบผักโขมสดมี nitrate อยู่ด้วย จึงไม่ควรบริโภคขณะที่ยังสดอยู่ การทำให้สุกก่อนบริโภค จะช่วยลดปริมาณของ nitrate ให้ต่ำลงจนถึงระดับที่บริโภคแล้วจะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายของคน

จากงานวิจัยของ Hill และ Rawate (1982) ที่ผลิต protein isolate จากผักโขม ดังที่กล่าวมาแล้วว่าในตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณ nitrate สูง ดังนั้นจึงต้องกำจัด nitrate ออกไปก่อน โดยวิธีที่ใช้ คือ นำผักโขมมาสับและต้มในน้ำกลั่นปริมาณ 7 เท่า โดยน้ำหนักของผักโขม นาน 15 นาที แล้วทิ้งน้ำที่ต้มไป เช่นเดียวกันกับการกำจัด oxalate แล้ววัดปริมาณ nitrate โดยใช้ Orion nitrate electrode ซึ่งจะพบว่าการต้มสามารถกำจัด nitrate ออกไปจากผักโขมได้ สังเกตจากปริมาณ nitrate ที่เหลืออยู่เพียงเล็กน้อยในผักที่ผ่านการต้มแล้วทิ้งน้ำไป (ตารางที่ 2.13) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโปรตีนจะสูญเสียไปน้อยมากจนละทิ้งได้

ตารางที่ 2.13 ปริมาณ nitrate ที่สกัดได้จากใบผักโขม และในใบผักโขม หลังต้มในน้ำเดือดปริมาณ 15 เท่าของน้ำหนักผัก นาน 15 นาที (ต่อน้ำหนักแห้ง 100 g)

ชนิด	ปริมาณ (g)	
	ในน้ำที่ต้ม	ในใบผักหลังต้ม
A. retroflexus	1.59	0.15
A. hybridus	2.90	0.27

ที่มา : Hill และ Rawate (1982)

2.4 ผลิตภัณฑ์ผักอบแห้ง

การอบแห้งเป็นการถนอมอาหารเพราะจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียไม่สามารถเจริญได้ และเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีก็ไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน (Geankoplis, 1993) ดังนั้นปริมาณน้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร แต่ปริมาณความชื้นเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำนายเสถียรภาพของอาหารได้ จึงใช้ค่าปริมาณน้ำที่นำไปใช้ได้โดยจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาทางเคมี คือ ค่า water activity (a_w) แทน โดย a_w เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารและความดันไออิ่มตัวของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาณความชื้นของอาหารจะเปลี่ยนแปลงจนสมดุลกับความดันไอของน้ำในอากาศที่อยู่รอบๆ ซึ่งค่าความชื้นนี้ คือ ปริมาณความชื้นสมดุล และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของ

อากาศขณะนั้น คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล ซึ่ง water sorption isotherm ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง อาหารแต่ละชนิดและแต่ละอุณหภูมิจะมี sorption isotherm ที่ต่างกัน รูปทรงที่แน่นอนของ sorption isotherm ขึ้นกับความแตกต่างกันของลักษณะทางกายภาพ, องค์ประกอบทางเคมี และสารที่ยึดจับกับน้ำในอาหาร แต่โดยทั่วไปจะมีรูปทรงเป็น sigmoidal shape sorption isotherm ใช้ทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อค่า a_w ซึ่งก็คือ เสถียรภาพของอาหาร อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ใน sorption isotherm จะต่างกันขึ้นกับว่าอยู่ในช่วง absorption หรือ desorption ความแตกต่างนี้ เรียกว่า hysteresis ซึ่งมีความสำคัญในการป้องกันการดูดน้ำเข้าไปในผลิตภัณฑ์แห้ง (Fellows, 2000)

ผักอบแห้งมักจะมีความชื้น 5% และค่า a_w 0.20 (Fellows, 2000) สำหรับการใช้ cabinet หรือ tray dryer นั้นเหมาะกับวัตถุซึ่งเป็นของแข็งที่มีลักษณะเป็นก้อนไม่เรียบ (lumpy) หรือมีลักษณะเป็น paste โดยเกลี่ยวัตถุที่จะอบลงบนถาดโลหะให้มีความหนา 10-100 มิลลิเมตร (Geankoplis, 1993)

Lakshmi และ Vimala (2000) ศึกษาผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าทางอาหารของผักโขมชนิด *A. gangeticus* พบว่าการใช้ cabinet drying ที่อุณหภูมิในช่วง 60-70°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณวิตามินเอเหลืออยู่ถึง 84% ส่วนปริมาณวิตามินซีจะเหลือเพียง 37% สำหรับปริมาณองค์ประกอบอื่นๆ เกือบไม่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นปริมาณ fiber จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Negi และ Roy (2001) ได้ศึกษาผลของวิธีอบแห้ง, บรรจุภัณฑ์ และสภาวะในการเก็บ ต่อปริมาณวิตามินเอและซี รวมทั้งการเกิดสีน้ำตาล (browning) ในผักโขมชนิด *A. tricolor* พบว่าการใช้ cabinet dryer จะมีการสูญเสียของวิตามินเอและซี และคลอโรฟิลล์ น้อยกว่าการใช้ solar dryer และการเก็บที่อุณหภูมิต่ำในถุง HDPE แบบสองชั้น จะช่วยยับยั้งการสูญเสียวิตามิน, คลอโรฟิลล์ และการเกิดสีน้ำตาลได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย