บทที่ 2
ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 พริก

พริกเป็นพืชที่มีความสัมพันธ์และมีความสำคัญกับชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทยมาช้านาน เพราะคนไทยชอบรับประทานอาหารที่มีรสเผ็ด ซึ่งเราจะเห็นได้จากอาหารที่รับประทานกันในแต่ละวัน ประกอบกับพริกเป็นพืชที่สามารถทำการเพาะปลูกได้ดีในเขตร้อนและปลูกเพื่อจำหน่ายเป็นการค้า (สมโภช, 2531)

พริกมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ นักโบราณคดีค้นพบพริกในหลุมศพของชาวเปรูในยุคก่อนประวัติศาสตร์ การแพร่กระจายของพริกในสมัยนั้นเกิดขึ้นได้โดยนก เมื่อนกคาบพริกไปณ ที่ต่างๆ เมล็ดพริกที่ตกลงมาทำให้พริกต้นใหม่งอกขึ้น ชนเผ่าดั้งเดิมในทวีปอเมริกาใต้และอเมริกากลางรับประทานพริกมานานหลายพันปี ก่อนที่ คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส จะสำรวจพบทวีปอเมริกา แถวหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และเขาได้นำพืชนี้กลับไปยังประเทศสเปนแทนพริกไทยพืชที่เขากำลังไปค้นหา โดยโคลัมบัสเรียกชื่อพืชใหม่ของเขาว่า พริกแดง (red pepper) ตามลักษณะสีของผลเพื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยดำ (black pepper) ต่อมาพริกก็มีการแพร่กระจายไปปลูกยังประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย และแอฟริกา เมื่อชาวยุโรปนำเข้าไปยังประเทศนั้นๆ ทั้งในลักษณะล่าอาณานิคมและมีการติดต่อทางการค้า พริกที่พบมากในประเทศไทยได้แก่ พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L.) พริกขี้หนู (*Capsicum frutecens* L.) และพริกขี้หนูสวน (*Capsicum minimum* R.) ซึ่งแต่ละชนิดก็แบ่งย่อยเป็นหลายพันธุ์ (มณีฉัตร, 2541) ดังแสดงในภาพ 1

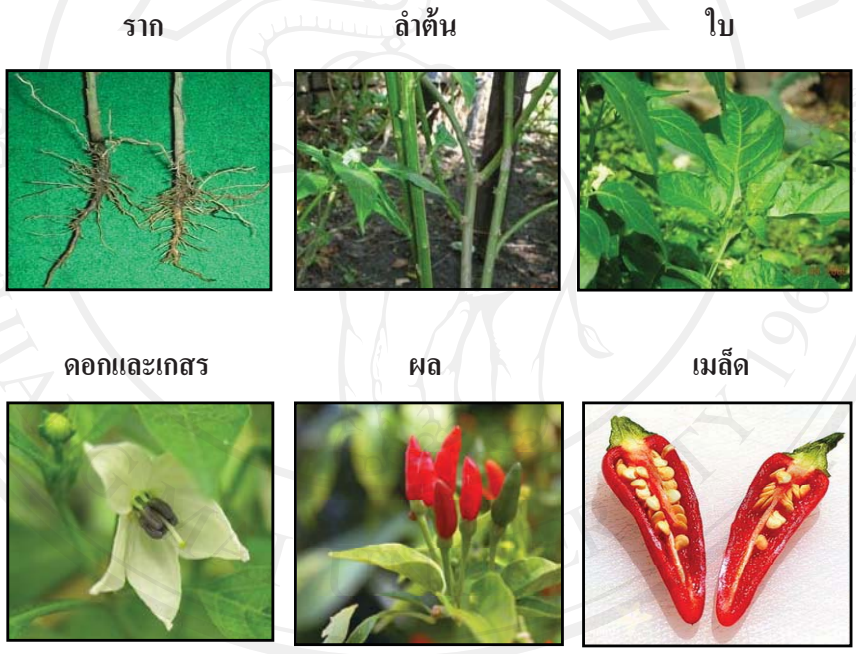
ภาพ 1 พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.)

ที่มา : http://traditional4fun.blogspot.com/2008_01_06_archive.html

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกเป็นพืชที่มีอายุได้หลายฤดู ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1-2.5 ฟุต ใบแบนเรียบมีขนบ้างเล็กน้อย และเป็นมัน ใบรูปร่างกลมรีปลายใบแหลม ใบออกตรงข้ามกัน ดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดเล็กก้านดอกตรงหรือโค้งกลีบดอกจะมีสีขาวหรือสีม่วง เกสรตัวผู้มี 1-10 อัน เกสรตัวเมียมี 1-2 รังไข่ ผลมีหลายขนาด พริกขี้หนูจะมีผลขนาดเล็กยาวประมาณ 1-1.5 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4-2/3 นิ้ว เมื่ออ่อนสีเขียวเข้มและเมื่อเจริญเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือเหลือง ในแต่ละผลจะมีเมล็ดจำนวนมากเรียงตัวกันหนาแน่น ขนส่วนของรากมีสีขาว (มณีฉัตร, 2541) แสดงดังภาพ 2



ภาพ 2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริก

ที่มา : http://www.krudung.com/webpage/webst_2551/web_501_07/page05.html

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 การเพาะปลูก (มณีฉัตร, 2541)

พริกสามารถปลูกได้ดีในเขตร้อน ดีกว่าปลูกในเขตอบอุ่น ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ปลูกพริกได้ผลผลิตดี สภาพที่เหมาะกับการปลูก คือ ดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีอินทรียวัตถุปานกลางถึงสูง มีความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ประมาณ 6.0-6.8 ต้นทุนการผลิต/ไร่ ในสภาพไร่ จะมีราคาถูกกว่าต้นทุนการผลิต/ไร่ในสภาพสวน พริกมีการปลูกโดยทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย จังหวัดที่มีการปลูกพริกมาก คือ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ ขอนแก่น เลย กาฬสินธุ์ นครสวรรค์ อุตรดิตถ์ เชียงใหม่ ลพบุรี พระนครศรีอยุธยา กาญจนบุรี นครปฐม ตราด สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช

การเพาะปลูกเริ่มจากการเตรียมดิน ระหว่างไถพรวน ดินให้รองพื้นด้วยปูนขาว อัตรา 75 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ย ไบ.โอ.ฮิวมิค.พลัส. อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ แล้วรดน้ำตาม หรือจะใช้ปุ๋ยดิน ทองอัตรา 1 แกลลอน (5 ลิตร)/1 ไร่ รองพื้น เพื่อปรับสภาพดินและป้องกันกำจัด เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีอยู่ในดิน บ่ม ดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน จึงยกร่องกว้าง 1 เมตร สูง 20 เซนติเมตร แล้วจึงคลุมผ้ายาง ทำการเจาะรูผ้ายางให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตร เพื่อป้องกันกำจัดวัชพืชในแปลงพริก

การเพาะกล้า ทำการแช่เมล็ดพริกโดย ใช้สารชีวภาพที่เร่งรากและใบ อัตรา 3-5 ซีซี./น้ำ 20 ลิตร เพื่อเร่งการงอกรากของเมล็ด เมล็ดพริกที่ใช้ปลูกให้แช่ทิ้งไว้ 1 คืน หลังจาก นั้นนำเมล็ดพริกขึ้นจากน้ำ แล้วห่อด้วยผ้า ขาวบางชุบน้ำอีก 1 คืน จึงหว่านเมล็ดลงบน แปลงเพาะ เมื่อต้นกล้าแตกใบแรกหรือ ประมาณ 7 วันหลังหว่าน จึงย้ายมาเพาะต่อ ในถาดหลุมอีกประมาณ 25-30 วัน จึงย้ายกล้ามาปลูกลงแปลงที่เตรียมไว้ การย้ายกล้าลงแปลงปลูก ก่อนนำต้นกล้าลงแปลงปลูก ให้ใช้ปุ๋ยชีวภาพรองก้นหลุม อัตรา 1 ช้อนแกง/หลุม คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน เพื่อป้องกัน โรครากเน่า โคนเน่า แล้วรดน้ำตามทันที

การบำรุงต้นและผล เพื่อกระตุ้นให้ต้น พริกเจริญเติบโตเร็ว ออกดอกสม่ำเสมอ ให้ผลดก ผลมีขนาดใหญ่ ไม่มีโรคแมลงมา รบกวน ให้ใช้ปุ๋ยฉีดพ่น โดยฉีดพ่น ต้นพริก 7-10 วัน/ครั้ง แต่ถ้ามีโรคแมลงมารบกวน อาจฉีดพ่นทุก 3-5 วันและก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 สัปดาห์

การใช้ปุ๋ย หลังย้ายต้นกล้าแล้ว 5 วัน อาจมีการใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ร่วมกับ 15-15-15 อย่างละ 1 กิโลกรัม ผสมน้ำ 20 ลิตร หยอดบริเวณโคนต้น เพื่อเร่งการเจริญเติบโต หลังจากนั้น 7 วัน หยอดปุ๋ยซ้ำอีกครั้ง โดยเพิ่ม ปริมาณปุ๋ยอีกอย่างละ 1 กิโลกรัม จนต้นพริกมี อายุ 30 วัน ให้ทำการฝังปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร่วมกับ 13-21-0 อัตรา 1 ช้อนแกง/หลุม โดยฝังให้ห่างโคนต้น 1 ฝ่ามือ เพื่อเร่งการออกดอก พอต้นพริกอายุได้ 45-50 วัน ให้ทำการฝังปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 1 ช้อนแกง/หลุม เพื่อบำรุงเมล็ดพริก ปัญหาเรื่องโรค และแมลงจะมีการทำลายน้อยมาก ถ้ามีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอย่างสม่ำเสมอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และถูกต้อง ส่วนมากปัญหาที่พบคือ ยอดหงิก ซึ่งมีสาเหตุมาจากเพลี้ยไฟ ก็อาจจะมีการป้องกันด้วยการถอนทำลายต้นทิ้ง หรืออาจมีการใช้สารเคมีบ้างในยามที่จำเป็น

2.1.3 ศัตรูพืชที่สำคัญของพริก (มณีฉัตร, 2541)

1) โรคกุ้งแห้ง หรือแอนแทรคโนส เกิดจุดฉ่ำน้ำเล็กๆ บนผลพริก ต่อมาแผลขยายขนาดออกไปในลักษณะเป็นวงรีหรือกลม เกิดเป็นวงซ้อนๆกันเป็นชั้นๆ บริเวณกลางแผลมีส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสีดำ หรือสีส้มอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อสาเหตุ ในสภาพที่มีการระบาดของโรครุนแรงมากๆ เชื้อสาเหตุจะเข้าทำลายกิ่ง เกิดอาการกิ่งแห้งได้

2) โรคผลพริกแห้งสีน้ำตาล เป็นอาการขาดธาตุแคลเซียมบนผล อาการฉ่ำน้ำบนผลพริกในส่วนที่ใกล้ๆปลายผล บริเวณที่เกิดอาการฉ่ำน้ำนั้น ต่อมาเนื้อเยื่อจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนแห้งคล้ายๆหนัง เป็นแถบสีขาวเทา ด้านข้างผลพบมากในผลพริกสียังเขียวอยู่

3) โรคใบด่างและใบหงิก พริกแสดงอาการใบด่าง ใบหงิก บิดเบี้ยวลดรูป ผลด่างบิดเบี้ยว ต้นแคระแกรน และให้ผลิตผลต่ำ ไวรัสนี้แพร่ระบาดได้ง่ายและรวดเร็ว โดยมีเพลี้ยอ่อนหลายชนิดเป็นพาหะ

4) โรคราแป้ง โรคนี้จะเกิดที่ใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างๆของลำต้น หรือใบที่ในๆของทรงพุ่ม แล้วค่อยลามไปยังส่วนบนอาการที่สังเกตได้ง่ายคือ ด้านหน้าใบมีสีเหลือง เมื่อพลิกด้านใต้ใบส่วนที่ตรงกับสีเหลือง ด้านหน้าใบจะมีผงละเอียดสีขาวคล้ายผลแป้งเกาะอยู่บางๆ หรือจะมองไม่เห็นผงใต้ใบแต่จะเห็นเป็นรอยขีดเล็กๆสีน้ำตาลอ่อนกระจายเป็นหย่อมๆ ซึ่งใบที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจะร่วงหล่นไปในที่สุด ทำให้ต้นทรุดโทรมอย่างรวดเร็ว

5) โรคตากบ เกิดบนใบ แผลมีลักษณะกลม ตรงกลางแผลมีสีขาวอมเทา ขอบแผลมีสีน้ำตาลเข้มรอบๆแผล เนื้อใบอาจจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือไม่เปลี่ยนก็ได้และร่วงหล่นไป นอกจากนี้โรคตากบยังสามารถระบาดไปตามกิ่งและก้านผลได้แต่ไม่รุนแรงเหมือนบนใบ

6) โรคเหี่ยว โรคเหี่ยวของพริกอาจจะเกิดได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และไส้เดือนฝอย อาการเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราต้น แสดงอาการเหี่ยวอย่างช้าๆ ใบที่อยู่ โคนต้นเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และร่วง ต่อมาจะเหี่ยวทั้งต้นและแห้งตาย อาการเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียต้นพริกแสดงอาการเหี่ยวโดยเริ่มจากใบส่วนยอดก่อน ต่อมาอาการเหี่ยวเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่มีอาการใบเหลืองเกิดขึ้น ในที่สุดจะเหี่ยวทั้งต้นภายในเวลาไม่กี่วัน อาการเหี่ยวที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนฝอย อาการเหี่ยวที่สังเกตเห็นได้นั้น จะมีลักษณะเหมือนอาการเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา ใบส่วนล่างเหลืองร่วงเมื่อถอนต้นดูจะพบว่ารากของต้นพริกมีปม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 การเก็บเกี่ยวและปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว

พริกจะเริ่มให้ผลผลิตหรือเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 60-90 วันหลังจากย้ายกล้า การเก็บควรเก็บทุกๆ 5-7 วัน โดยใช้วิธีเด็ดทีละผล อย่าเก็บทั้งช่อ เพราะผลในแต่ละช่อแก่ไม่พร้อมกัน เก็บเกี่ยวผลิตผลอย่างระมัดระวัง ไม่ทำให้ผลิตผลเสียหาย ซึ่งในการเก็บผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำหน่ายหรือนำไปใช้ ถ้าต้องการเก็บมาเพื่อทำเป็นพริกแห้งหรือพริกป่นจะต้องเลือกเก็บผลที่มีสีแดงเรื่อๆ ถึงแดงจัด พริกที่เก็บมาทำพริกป่น ถ้าสียังแดงไม่สม่ำเสมอก็สามารถบ่มไว้ให้ผลสุกโดยบ่มไว้ในเข่งหรือกองสุมประมาณ 2 วัน แต่ต้องให้มีอากาศถ่ายเทเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มพริก เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้พริกเกิดการเน่าเสียได้ (พิทักษ์, 2540)

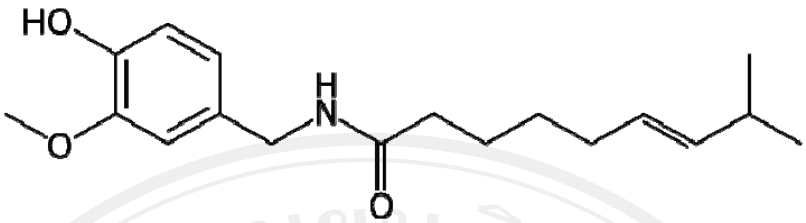
2.1.5 สรรพคุณทางยา (วิทย์, 2536)

พริกมีวิตามินซีสูง เป็นแหล่งของกรด ascorbic ซึ่งสารเหล่านี้ ช่วยขยายเส้นโลหิตในลำไส้และกระเพาะอาหารเพื่อให้ดูดซึมอาหารดีขึ้น ช่วยร่างกายขับถ่าย ของเสียและนำธาตุอาหารไปยังเนื้อเยื่อของร่างกาย สำหรับพริกขี้หนูสดและพริกชี้ฟ้าของไทย มีปริมาณวิตามินซี 87.0-90 มิลลิกรัม /100 กรัม นอกจากนี้พริกยังมีสารเบต้าแคโรทีนหรือวิตามินเอสูง

พริกยังมีสารสำคัญอีก 2 ชนิด ได้แก่ Capsaicin และ Oleoresin โดยเฉพาะสาร Capsaicin ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และผลิตภัณฑ์รักษาโรค ในอเมริกามีผลิตภัณฑ์จำหน่ายในชื่อ Cayenne สำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร สาร Capsaicin ในพริกซึ่งมีรสเผ็ดร้อน ทำให้เกิดการระคายเคืองในปากและทางเดินหายใจ กระตุ้นให้เกิดการขับเสมหะ ทำให้เมือกที่ติดบริเวณหลอดลมหรือทางเดินหายใจขับออกมาได้ง่าย ช่วยให้หายใจสะดวกขึ้น

สาร Capsaicin ยังมีคุณสมบัติในการลดความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ หัวไหล่ แขน บั้นเอว และส่วนต่างๆ ของร่างกาย และมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายทั้งชนิดเป็นโลชั่นและครีม (Thaxtra-P Capsaicin) แต่การใช้ในปริมาณที่มากเกินไป อาจมีผลกระทบต่ออาการหยุดชะงักการทำงานของกล้ามเนื้อได้เช่นกัน เพื่อความปลอดภัย US FDA ได้กำหนดให้ใช้สาร capsaicin ได้ ที่ความเข้มข้น 0.75% สำหรับเป็นยารักษาโรค โครงสร้างทางเคมีของ Capsaicin แสดงดังภาพ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3 โครงสร้างทางเคมีของ Capsaicin

ที่มา : http://upload.wikipedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/Kapsaicyna.svg/500px-Kapsaicyna.svg.png

2.2 พริกแห้ง

พริกแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชสกุลพริก (*Capsicum* sp.) เช่น พริกขี้หนูสวน (*Capsicum frutecens* L.) และพริกอ่อนหรือพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L.) ที่สุกหรือแก่จัด เมื่อนำมาทำแห้งอาจมีก้านติดอยู่หรือไม่ก็ได้ หรือเป็นพริกสดที่สุก มีสีแดงสม่ำเสมอ ผ่านการคัดเลือกคุณภาพ การทำความสะอาด การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การลวกในน้ำร้อนและผ่านการอบหรือตากแดดจนแห้งสนิท โดยคุณลักษณะของพริกแห้งที่ต้องตาม มอก. 456-2526 กำหนดไว้ดังนี้

1) มีผลที่มีลักษณะลีบแบนเล็กน้อย และมีสีแสดถึงแดงแก่ ภายในผลมีเมล็ดสีเหลือง

2) ผลพริกชนิดเดียวกันต้องมีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกัน

3) ต้องมีกลิ่นและสรตามธรรมชาติของพริก ไม่มีกลิ่นหืน หรือกลิ่นรสแปลกปลอม

4) ต้องไม่มีเชื้อรา แมลง หรือมูลสัตว์ ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า

5) ความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

6) อะฟลาทอกซินไม่เกินร้อยละ 20 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของตัวอย่าง

7) มีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $5x10^5$ โคโลนี/กรัม

8) มีเชื้อราและยีสต์ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พริกแห้งมักจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาด้วยในปริมาณมาก ทั้งจากกระบวนการก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บเกี่ยวมีการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสม (อนงค์, 2546) อีกทั้งสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยยังเป็นเขตร้อนชื้น อาจทำให้พริกดูดความชื้นจากสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษาและมีความชื้นเพิ่มขึ้นหลังจากนั้น จึงเป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา จะสามารถเจริญเติบโตและสร้างสารพิษขึ้นมา การที่ผลิตผลถูกเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายนั้น

ก่อให้เกิดการสูญเสียทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินมากกว่า 20 ppb ซึ่งเกินจากค่ามาตรฐานที่ Codex (Codex Alimentarius Commission) กำหนดไว้ให้มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงไม่เกิน 15 ppb ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่จะนำมาอ้างอิงในการคุ้มครองผู้บริโภคจากการซื้อขายสินค้าระหว่างประเทศในอนาคต

ปัจจุบันการยืดอายุการเก็บรักษาในพริกแห้งซึ่งใช้วิธีการล้างหรือลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การฉายรังสี คลอรีน การลวกน้ำร้อน และการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้สูญเสียสารสำคัญ (active constituents) และประสิทธิภาพของแต่ละวิธีนั้นยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความปลอดภัย และอาจพบสิ่งปลอมปนหรือเชื้อราเมื่อเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง

2.3 พริกป่น

พริกป่น คือ พริกแห้งที่มีสีแดง ไม่มีกลิ่นอับและเหม็นหืน ผ่านการบดจนมีขนาดเล็ก และผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนเบอร์ 20 Mesh เพื่อให้มีขนาดเล็กเท่ากัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์พริกป่นมีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค และเพื่อยกระดับคุณภาพของพริกป่น สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกป่น (มอก. 457-2526) โดยกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ คือ

1) ต้องเป็นผงแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน
2) ต้องมีกลิ่นและสรตามธรรมชาติของพริก ไม่มีกลิ่นหืน หรือกลิ่นรสแปลกปลอม
3) ต้องไม่มีเชื้อรา แมลง หรือมูลสัตว์ ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า
4) ความชื้นไม่เกินร้อยละ 11
5) อะฟลาทอกซินไม่เกินร้อยละ 20 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของตัวอย่าง
6) มีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $5x10^5$ โคโลนี/กรัม
7) มีเชื้อราและยีสต์ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม

2.4 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร

สภาพแวดล้อมในประเทศไทย ซึ่งเป็นแบบร้อนชื้นนั้น เหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย แบคทีเรียที่สำคัญ ได้แก่ *Salmonella* spp. และ *Clostridium* spp. และเชื้อราที่พบส่วนใหญ่เป็นเชื้อราในโรงเก็บ (storage fungi) ได้แก่ เชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ซึ่งนอกจากทำให้คุณภาพของสมุนไพรเสื่อมแล้วอาจสร้างสารพิษทิ้งเอาไว้ได้อีก สมุนไพรที่เป็นประโยชน์อาจแฝงโทษเอาไว้ด้วยก็ได้ถ้าไม่มีการจัดการที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถูกต้อง จากการนำผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมาตรวจสอบจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อน โดยเก็บตัวอย่างที่วางขายทั้งแบบผงเครื่องดื่มละลายน้ำและแบบถุงชงและแบบแคปซูล จำนวน 350 ตัวอย่าง มาตรวจโดยวิธี Direct Plate Method ทำการวางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose Agar (PDA) จำนวน 5 จุด/จานเลี้ยงเชื้อ และ 10 จานเลี้ยงเชื้อ/ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่นำมาตรวจมีการปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรีย ถึง 90% โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์แบบแคปซูล และแบบถุงชง ส่วนผลิตภัณฑ์แบบผงเครื่องดื่ม จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่ คือแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรหลายชนิดพบว่ามีการปนเปื้อนของรากลุ่ม *Aspergillus* เช่น *A. flavus A. niger A. tamari* และ *A. aculeatus* เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ในผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรเมื่อตรวจนับโดยวิธี Direct plate count[1/]

ชนิดสมุนไพร	จำนวนตัวอย่าง	*Aspergillus* spp.
ขิง	21	*A. flavus* (44%), *A. niger* (4%), *A tamarii* (24%), *A. aculeatus* (4%)
ขมิ้นชัน	27	*A flavus* (17.5%), *A niger* (61%), *A. tamarii* (40%), *A. chevalieri* (4%)
ตะไคร้	12	*A. flavus* (33%), *A. niger* (77.5%)
ขี้เหล็ก	16	*A. flavus* (8%), *A. niger* (22%), *A. aculeatus* (5%)
มะขามแขก	7	*A. flavus* (39%), *A. niger* (48%), *A. tamarii* (10%), *A. aculeatus* (15%)
ฟ้าทะลายโจร	31	*A. flavus* (21%), *A. niger* (20.5%), *A. tamarii* (4%), *A. aculeatus* (7%)
บอระเพ็ด	19	*A. flavus* (13.1%), *A. niger* (32.7%), *A. tamarii* (2.3%), *A. aculeatus* (48%)
หญ้าหนวดแมว	22	*A. flavus* (54%), *A. niger* (42%), *A. tamarii* (8%)
บัวบก	12	*A. flavus* (19%), *A. niger* (56%)
มะตูม	15	*A. flavus* (49%), *A. niger* (39.3%), *A. aculeatus* (11.7%)
รางจืด	25	*A. flavus* (13%), *A. niger* (18.5%), *A. aculeatus* (34%)
ลูกใต้ใบ	15	*A. flavus* (30.5%), *A. niger* (67%), *A. tamarii* (16%), *A. aculeatus* (24%)
ใบหม่อน	23	*A. flavus* (8%), *A. niger* (4.7%), *A. tamarii* (16%)
ดอกคำฝอย	22	*A. niger* (23%)
เก๊กฮวย	10	*A. flavus* (8%), *A. niger* (60%), *A. tamarii* (4%)
ส้มแขก	7	*A. niger* (20%)
ทองพันชั่ง	3	*A. flavus* (6%), *A. niger* (100%), *A. aculeatus* (5%)

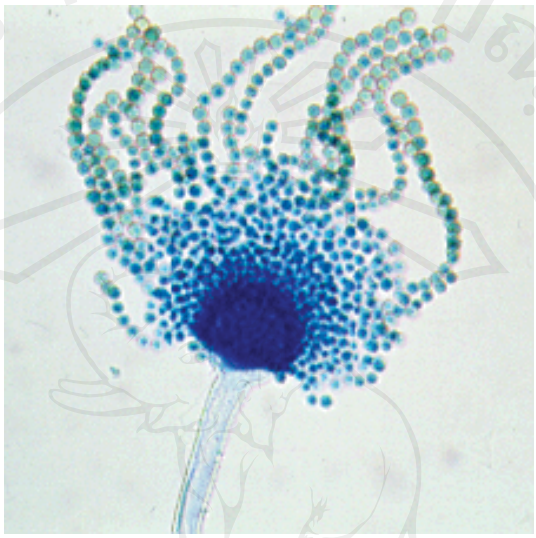
[1/]เปอร์เซ็นต์จากจำนวนจุดที่ทดสอบ จำนวน 5 จุด/จานเลี้ยงเชื้อ 50 จานเลี้ยงเชื้อ/ตัวอย่าง

ที่มา : ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 อะฟลาทอกซิน (พิพัฒน์, 2532)

เชื้อราชนิด *Aspergillus flavus* เจริญเติบโตได้ดีในอาหารพวกถั่วลิสง ข้าว มันสำปะหลัง องุ่นแห้ง เครื่องเทศ ได้แก่ หัวหอม กระเทียม ข้าวโพด พริกแห้ง เป็นต้น แสดงดังภาพ 4

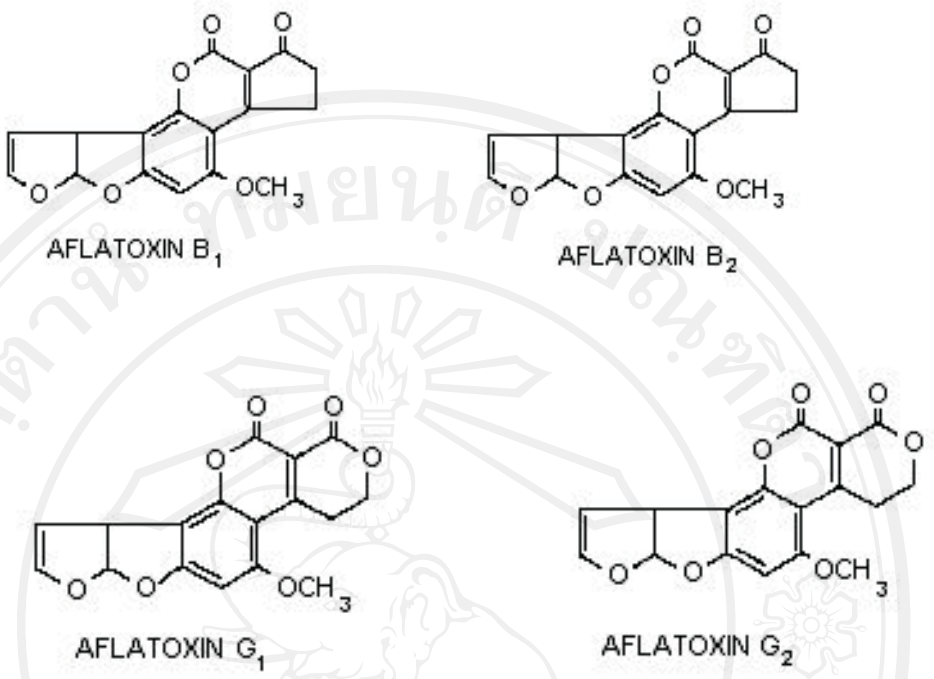


ภาพ 4 เชื้อราชนิด *Aspergillus flavus*

ที่มา : http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Aspergillus/flavus.html

อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราที่มีในผักผลไม้ตามธรรมชาติ เกิดจากเชื้อรามีชื่อว่า *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* อะฟลาทอกซินในธรรมชาติมีอยู่ 4 ชนิด คือ อะฟลาทอกซินชนิด B_1, B_2, G_1 และ G_2 โครงสร้างทางเคมีของอะฟลาทอกซิน แสดงดังภาพ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 5 โครงสร้างทางเคมีของอะฟลาทอกซิน 4 ชนิด

ที่มา : http://www.food-info.net/images/aflatoxins.jpg

จากภาพ 5 อะฟลาทอกซินชนิด B_1 เป็นสารพิษที่พบมาก และมีความเป็นพิษสูงที่สุด พบในวัตถุดิบต่างๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และพบมากที่สุดในพืชตระกูลถั่ว อาการเป็นพิษของอะฟลาท็อกซินนั้นออกฤทธิ์ได้กว้าง ถ้ารับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในปริมาณมากๆ จะทำให้อาเจียน ท้องเดิน หากรับประทานน้อยแต่บ่อยครั้ง อะฟลาทอกซินจะไปสะสมทำให้เกิดพิษเรื้อรัง โดยไปยับยั้งไม่ให้ร่างกายสร้างโปรตีน ส่งผลให้ร่างกายสร้างเซลล์ผิดเพี้ยน หรือทำให้เกิดมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งตับ หากเด็กได้รับสารอะฟลาทอกซิน จะมีอาการชัก หมดสติ เกิดความผิดปกติของเซลล์ตับและเซลล์สมอง เด็กอาจจะเสียชีวิตภายในเวลา 2–3 วัน ซึ่งนับว่าเป็นภาวะเฉียบพลัน เนื่องจากอะฟลาทอกซินเป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ การควบคุมคุณภาพของอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็น มาตรฐานองค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (FDA) กำหนดระดับสูงสุดของอะฟลาทอกซินในอาหารคนที่ 20 ppb (ยกเว้นผลิตภัณฑ์นม) และอาหารสัตว์ที่ 20 ppb (ยกเว้นข้าวโพดและเมล็ดฝ้าย)

นอกจากนี้ปริมารการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในผลิตผลทางการเกษตรยังถูกนำมาใช้เป็นเครื่องต่อรองราคาในการซื้อขายผลิตผลดังกล่าวทั้งในระดับประเทศและระหว่างประเทศ ทำให้แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในอาหารต่างๆไม่เท่ากัน การกำหนดดังกล่าวทำให้เกิดความสับสนและการได้เปรียบเสียเปรียบทางการค้าระหว่างประเทศ ในปัจจุบันองค์การระหว่างประเทศที่มีชื่อเรียกย่อๆว่า Codex (Codex Alimentarius Commission) กำหนดให้มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่ต้องนำไปผ่านขบวนการต่อไปได้ไม่เกิน 15 ppb ทั้งนี้เพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค และให้ความเป็นธรรมในด้านการค้าระหว่างประเทศซึ่งองค์การการค้าโลกหรือ WTO (World Trade Organization) ได้ใช้ค่าดังกล่าวเป็นบรรทัดฐานในการเจรจาเมื่อเกิดปัญหาทางการค้าระหว่างประเทศ

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา (พิพัฒน์, 2532)

1. ชนิดของเชื้อรา เชื้อราแต่ละชนิดมีความสามารถในการสร้างสารพิษแตกต่างกันทั้งปริมาณสัดส่วน และชนิดของสารพิษ เชื้อ *Aspergillus flavus* บางสายพันธุ์สามารถสร้างอะฟลาทอกซินได้ครบทุกชนิดคือ B_1, B_2, G_1 และ G_2 บางสายพันธุ์สร้างเฉพาะ B_1 หรือ G_1 ส่วนใหญ่สายพันธุ์ที่สร้าง G_1 มักสร้าง B_1 ด้วย

2. อาหารที่เชื้อราเจริญ (substrate) การเจริญของเชื้อราเกี่ยวข้องกับ

- สภาพของ substrate เช่น มีความชื้นสูง

- ชนิดของ substrate แต่ละชนิดมีองค์ประกอบของอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา และการสร้างสารพิษแตกต่างกัน บางชนิดเหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา แต่ไม่เหมาะสำหรับการสร้างสารพิษ ขณะที่บางชนิดเจริญได้ไม่ดีแต่สามารถสร้างสารพิษได้มาก

3. สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อราและสร้างสารพิษได้แก่

- อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดสำหรับสร้างอะฟลาทอกซินจากเชื้อ *A. flavus* ได้แก่ 12 องศาเซลเซียส และ 40-42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และที่เหมาะสมคือ 27 องศาเซลเซียส

- ความชื้น (Moisture content) ปริมาณความชื้นขั้นต่ำที่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 85% สำหรับการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และการสร้างอะฟลาทอกซินในธัญพืชที่ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ เช่น ข้าวสาลี, ข้าวโอ๊ต, บาร์เล่ย์, ข้าวเจ้า, ข้าวฟ่าง และข้าวโพด คือ 18.3-18.5% สำหรับในพวกธัญพืชที่มีองค์ประกอบสวนใหญ่เป็นน้ำมัน เช่น ถั่วลิสง, ถั่วอื่นๆ, มะพร้าวแห้ง, เมล็ดดอกทานตะวัน และเมล็ดดอกคำฝอย ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 9-10%

- แสง ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อราและมีผลต่อการสร้างสารพิษ

- ปริมาณออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ จากการทดลองกับเชื้อ *A. flavus* พบว่าถ้าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นจากเดิม 20% เชื้อรายังเจริญได้ดีแต่ความสามารถในการสร้างอะฟลาทอกซินลดลง 75% ขณะเดียวกันการลดปริมาณออกซิเจนใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาพแวดล้อมให้เหลือเพียง 1% พบว่าเชื้อรายังคงเจริญได้ แต่ความสามารถในการสร้างสปอร์และสารพิษลดลง

- ระยะเวลาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เวลาในการเจริญของเชื้อหรือสร้างสารพิษสั้นกว่าในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

2.4.3 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน

1) วิธี Thin Layer Chromatography (TLC) เป็นวิธีที่ให้ผลค่อนข้างแน่นอนและแม่นยำ แต่เป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และมีราคาแพงมากจึงไม่ค่อยนิยม (ศรีสิทธิ์และคณะ, 2526)

2) วิธี Minicolumn เป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด และให้ผลแม่นยำ สามารถใช้แทนวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงได้ (ประวัติ, 2529)

3) การใช้เครื่อง Velasco Toxin Meter วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) แต่มีข้อจำกัดคือ มีช่วงการวัดได้แค่ 0-50 ppb เท่านั้น (ธรรมศักดิ์, 2536)

4) วิธี Tube Fluorescence (TF) เป็นวิธีที่ให้ผลแม่นยำ สะดวก และรวดเร็ว เสียค่าใช้จ่ายน้อย จากการทดลองของ Xiao (1992) รายงานว่าวิธีที่ให้ผลใกล้เคียงกับวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) (r=0.999) จึงสามารถใช้แทนกันได้

5) วิธี ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) เป็นวิธีที่ใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำ สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากๆ ได้ภายในระยะเวลาอันสั้น และที่สำคัญเป็นวิธีที่มีราคาถูก จากการเปรียบเทียบกับการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธี HPLC และ TLC พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าสามารถตรวจวิเคราะห์สารพิษอะฟลาทอกซินได้ในปริมาณต่ำสุดถึง 0.04 ppb (อมรา, 2547)

2.4.4 การควบคุมและการกำจัดสารพิษอะฟลาทอกซิน

เชื้อรา *Aspergillus flavus* เจริญได้ในอากาศแห้ง ที่เก็บไว้นานๆ และอยู่ในสภาวะการเจริญที่เหมาะสมจะสร้างสารพิษ ซึ่งเชื้อราชนิดนี้ต้องการความชื้นสัมพัทธ์ 80-85% และอุณหภูมิที่สูงกว่า 26.6 องศาเซลเซียส จึงมีโอกาสพบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ปรุงด้วยพริกแห้งและพริกป่น เช่น ก๋วยเตี๋ยว ผัดไทย ลาบอีสาน ดังแสดงในภาพ 6 อะฟลาทอกซินที่มีการปนเปื้อนในอาหารไม่สามารถทำลายด้วยวิธีการหุงต้มที่ใช้กันในบ้านเรือนได้ เพราะอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 270 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการปนเปื้อนจากอะฟลาทอกซิน คือการป้องกันไม่ให้เชื้อราเจริญเติบโต นอกจากนี้ควรมีการควบคุมปัจจัยอื่นๆที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวข้องกับการเจริญของเชื้อราด้วย ได้แก่ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ชนิดของอาหาร และตัวยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (วิเชียรและคณะ, 2548)

ภาพ 6 การปนเปื้อนของเชื้อราในพริกแห้ง

ปัจจุบันการยืดอายุการเก็บรักษาในพริกแห้งซึ่งใช้วิธีการล้างหรือลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การฉายรังสี การใช้คลอรีน การลวกน้ำร้อน และการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้สูญเสียสารสำคัญ (active constituents) และประสิทธิภาพของแต่ละวิธีนั้นยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความปลอดภัย และอาจพบสิ่งปลอมปนหรือเชื้อราเมื่อเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง

การปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในเครื่องเทศซึ่งใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารให้มีความอร่อยและช่วยในการเจริญอาหาร เครื่องเทศดังกล่าวได้แก่ พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า พริกไทย กระเทียม หอมแดง น้ำพริกเผา ซีอิ๊ว น้ำจิ้มสะเต๊ะ เป็นต้น เมื่อเก็บเครื่องเทศดังกล่าวอย่างไม่ถูกวิธีเช่นเก็บในที่มีความชื้นสูง เก็บในที่อุณหภูมิสูง เก็บไว้นานเกินไป เมื่อมีเชื้อราขึ้นก็จะเกิดการสร้างอะฟลาทอกซินปนเปื้อนในเครื่องเทศและรวมไปถึงอาหารต่างๆ ที่ปรุงขึ้นจากเครื่องเทศดังกล่าวด้วย เมื่อบริโภคอาหารเหล่านั้นเป็นประจำทำให้เกิดมะเร็งตับได้ ดังแสดงในตาราง 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 การวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องเทศที่ใช้ในการปรุงอาหาร เพื่อตรวจหาปริมาณอะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อน

เครื่องเทศ	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจ			ปริมาณอะฟลาทอกซินที่พบ (ppb)	
	ทั้งหมด	พบอะฟลาทอกซิน	ร้อยละ	ต่ำสุด	สูงสุด
พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้าทั้งเมล็ด	35	4	11	12.26	61.28
ป่นละเอียด	29	3	10	7.84	14.40
พริกไทย	37	-	-	-	-
กระเทียม	27	1	4	6.59	-
หอมแดง	17	-	-	-	-
น้ำจิ้มสะเต๊ะ	2	-	-	-	-
ซีอิ๊ว	5	-	-	-	-
อื่น ๆ	11	-	-	-	-
รวม	160	8	5	6.59	61.28

ที่มา : ดวงจันทร์, (2545)

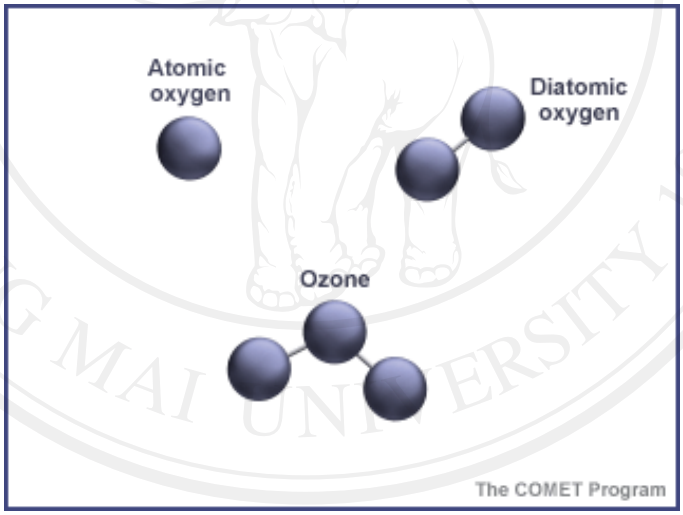
จากตาราง 2 จะเห็นได้ว่าเครื่องเทศทั้งหมด 160 ตัวอย่าง ตรวจพบอะฟลาทอกซินปนเปื้อนเพียง 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 6.59-61.28 ppb โดยจะพบในพริกทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 12.26-61.28 ppb พริกป่น 3 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 7.84, 12.94 และ 14.40 ppb และกระเทียมชนิดผง 1 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 6.59 ppb ในจำนวนนี้มีเพียงพริกทั้งเมล็ด 3 ตัวอย่างเท่านั้นที่พบเกินมาตรฐาน 20 ppb ที่ประกาศโดยกระทรวงสาธารณสุข ปริมาณที่พบคือ 23.73, 30.70 และ 61.28 ppb ส่วนเครื่องเทศชนิดอื่นตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 โอโซน (ozone; O_3)

2.5.1 หลักการทั่วไปของโอโซน

โอโซนเป็นก๊าซสีฟ้า มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 จุดเดือดที่ 111.9 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลวที่ -192.7 องศาเซลเซียส (ที่ 1 atmosphere) โอโซนมีน้ำหนักประมาณ 0.135 ปอนด์/ตารางฟุต โอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติ อยู่ในชั้นบรรยากาศ stratosphere ทำหน้าที่ช่วยกรองรังสีอุตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 240 นาโนเมตร โอโซนเกิดจากการแตกตัวของโมเลกุลออกซิเจน (O_2) ได้ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว 2 อะตอม เมื่ออะตอมเดี่ยวของออกซิเจนมารวมกับโมเลกุลออกซิเจน (O_2) จะเกิดเป็นโอโซน โอโซนสามารถสังเคราะห์ได้จากออกซิเจนในอากาศทั่วไป หรือจากออกซิเจนที่ได้จากการเตรียมขึ้นมาเฉพาะ แต่ในที่สุดโอโซนก็สามารถแตกตัวกลับไปเป็นโมเลกุลของออกซิเจนได้ (อรุโณทัย, 2546) การเกิดปฏิกิริยาแสดงดังภาพ 7 และข้อมูลเฉพาะของโอโซนเปรียบเทียบกับออกซิเจน แสดงดังตาราง 3



ภาพ 7 การรวมตัวกันของออกซิเจนอะตอมเดี่ยวกับโมเลกุลออกซิเจน

ที่มา : http://library.thinkquest.org/03oct/01277/causes.html

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3 ข้อมูลเฉพาะของโอโซนเปรียบเทียบกับออกซิเจน

Properties	Ozone	Oxygen
Molecular formula:	O_3	O_2
Molecular weight:	48 g/mol	32 g/mol
Smell:	- clothes after being outside on clothesline - photocopy machines - smell after lightning storms	odorless
Color:	light blue	colorless
Boiling point:	-111.3 deg C (-168.4 deg F)	-183 deg C (-297.4 deg F)
Density:	2.141 kg/m^3 (0.133 lb/ft3)	1.429 kg/m^3
Electrochemical potential:	2.07	1.23
Specific gravity @ STP (air = 1):	1.612	1.105
Solubility in water (0-deg C):	190 mg/l	14.6 mg/l
CAS number	10028-15-6	7782-44-7
Odor Threshold:	5-20 PPB (0.005 - 0.02 PPM)	odorless

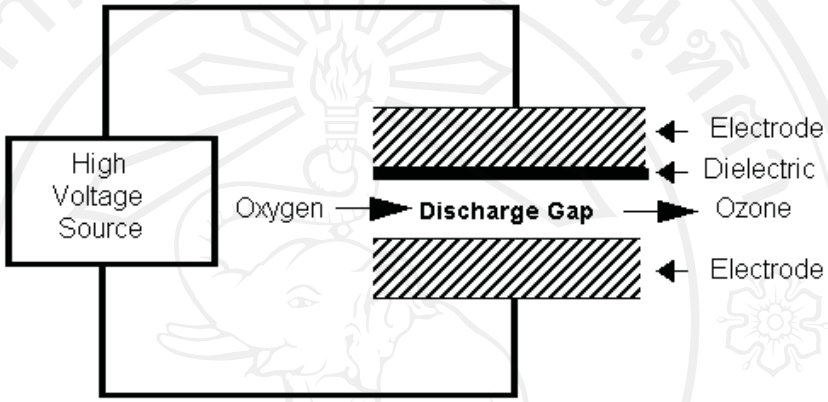
ที่มา : http://www.ozonesupplies.com/Ozone_Properties.html

2.5.2 การผลิตโอโซน

การผลิตโอโซนใช้หลักของพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ที่เรียกทั่วไป คือ โอโซนเนเตอร์ (ozonator) ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถผลิตและควบคุมระดับของก๊าซโอโซนได้ หลักการทั่วไปคือ อะตอมของออกซิเจนจะได้รับการถ่ายพลังงานจนทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เร่งสภาพหรือมีพลังงานสูง และในที่สุดก็เกิดการรวมเป็นโมเลกุลของโอโซน ทฤษฎีของการทำ corona discharge หรือการเร่งประจุไฟฟ้าให้ออกมาเป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นประกายในบรรยากาศ จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา และเร่งปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจน ดังแสดงในภาพ 8 ดังนั้นทฤษฎีของ corona discharge จึงใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตอุปกรณ์โอโซน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) เพราะแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถควบคุมปริมาณได้ และจะมีการผลิตได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องผลิตโอโซน คือเครื่องที่ทำหน้าที่ผลิตโอโซนออกมาเพื่อนำไปใช้งาน ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้เรียกเป็นหน่วยมิลลิกรัม/ชั่วโมงขึ้นอยู่กับขนาดความสามารถ และประสิทธิภาพของเครื่อง มีประโยชน์มากมายทั้งใช้ในชีวิตประจำวัน ด้านเกษตรกรรม ประมง อุตสาหกรรมต่างๆ และวงการแพทย์เป็นต้น



ภาพ 8 corona discharge

ที่มา : http://www.valdosta.edu/~tmanning/research/ozone/intro.html

2.5.3 ลักษณะที่สำคัญของก๊าซโอโซน

1. ฆ่าเชื้อโรคได้รวดเร็วโดยเฉพาะแบคทีเรีย (ทำให้เกิดโรคและกลิ่นเหม็น) ที่ความเข้มข้นเพียง 0.01-0.04 ppm

2. ทำลาย กลิ่น สารเคมี และก๊าซพิษได้ดีเยี่ยม

3. ไม่ทิ้งพิษตกค้าง เพราะเมื่อทำปฏิกิริยากับมลพิษเสร็จทุกครั้ง จะได้ ออกซิเจน (O_2) จึงเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี

4. สามารถ ผลิตขึ้นได้จากอากาศทั่วไป และบริเวณที่มีไฟฟ้าใช้

5. สามารถควบคุมได้ง่ายอย่างอัตโนมัติ

6. ค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษาต่ำมากและใช้ได้ตลอดไป ไม่ต้องคอยเปลี่ยนอันใหม่เหมือนสารเคมีดับกลิ่นอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากโอโซนมีข้อดีต่างๆมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการฆ่าเชื้อ กำจัดมลพิษ จึงทำให้เราพบเห็นการนำโอโซนไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น โรงงานผลิตน้ำดื่มผ่านการฆ่าเชื้อด้วยน้ำโอโซน เครื่องฟอกอากาศ เครื่องปรับอากาศในบ้าน เป็นต้น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการกำจัดมลพิษในอากาศด้วยโอโซนแสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการกำจัดมลพิษในอากาศด้วยโอโซน

มลพิษ	HEPA Filter	Electrostatic Filter	Carbon Filter	Electrostatic Precipitator Media Filter	Negative Ion Generator	Ozone	UV Light
ฝุ่นขนาดเล็ก	ดี	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ดี	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้
ฝุ่นขนาดกลาง	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้
ฝุ่นขนาดใหญ่	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้
แบคทีเรีย	พอใช้	พอใช้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ดี	ดี
ไวรัส	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ดี
รา	ดี	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ดี
ก๊าซ	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	พอใช้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	พอใช้
กลิ่น	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ดี	ใช้ไม่ได้

ที่มา : http://student.mahidol.ac.th/~u4903031/pha1.html

2.5.4 ประโยชน์ของก๊าซโอโซน

ด้วยคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ โอโซนจึงมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่เหนือกว่าสารเคมีจำพวกคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สาร oxidizing ชนิดต่างๆ และค่า oxidation potential แสดงดังตาราง 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5 สาร oxidizing ชนิดต่างๆ และค่า oxidation potential

Oxidizing agents	Oxidation potential (mV)
Fluorine	3.06
Ozone	2.07
Permanganate	1.67
Chlorine dioxide	1.50
Hypochorus acid	1.49
Chlorine gas	1.36

ที่มา : http://www.ozonesupplies.com/Ozone_Properties.html

โดยประโยชน์ของโอโซนมีดังนี้

1) การควบคุมสาหร่าย ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศตามฤดูกาล การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปนเปื้อนของสารอาหารในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย โอโซนจะช่วยยับยั้งระบบเผาผลาญอาหารของสาหร่ายหลายชนิด โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับส่วนประกอบของสารอินทรีย์นั้น

2) การควบคุมกลิ่นและรสชาติ โดยปกติส่วนประกอบของรสและกลิ่นเป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการปะปนของสารอินทรีย์บางตัวเป็นพวกซัลไฟต์ซึ่งทำให้กลิ่นอย่างรุนแรง สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดก่อให้เกิดรสชาติที่ไม่สามารถยอมรับได้ โอโซนสามารถใช้ลดกลิ่นดังกล่าวได้ เช่นเดียวกับกลิ่นที่เกิดการสะสมจากการเน่าเปื่อยของบรรดาพืชผักในธรรมชาติ

3) โอโซนมีความสามารถในการใช้ทดแทนสารเคมีหลายๆชนิดในการกำจัดโลหะหนัก โดยออกซิไดซ์โลหะหนักให้อยู่ในรูปตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดสาร organic surfactant ที่พบมากในน้ำเสียจากบ้านเรือน ทั้งพวก anionic, cationic และ non-ionic เช่น sodium alkyl benzene sulfonate และ alkyl benzene dimethylammonium chloride เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถกำจัดสาร polynuclear aromatic hydrocarbons, chlorinated hydrocarbon, cyanide, sulfate ยาฆ่าแมลง รวมถึงกลิ่นและสี

4) การกำจัดกลิ่นและอากาศเสีย ซึ่งโมเลกุลของโอโซนมีความไวค่อนข้างสูงทำให้มีความสามารถในการทำความสะอาดได้อย่างดีประมาณ 99% ของอากาศเสีย กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ และก๊าซต่างๆ นั้นเกิดขึ้นจากโมเลกุลไม่อิ่มตัว โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวนี้มีความต้องการที่จะจับโมเลกุลหรืออะตอม หรือประจุไฟฟ้าเพื่อให้อิ่มตัว เช่นเดียวกับโมเลกุลของโอโซนซึ่งมีความไวสูงโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธรรมชาติ ก็ต้องการที่จะรวมกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของอากาศเสียถูกจับโดยโอโซน ความไม่อิ่มตัวของโมเลกุลนั้นๆ ก็จะถูกย่อยและถูกทำลายในที่สุด

5) การกำจัดเชื้อโรค แบคทีเรียเป็นบ่อเกิดของกลิ่นอันไม่พึงประสงค์หลายชนิด รวมถึงเชื้อราต่างๆ สัตว์เลี้ยงและอาหารแบคทีเรียเหล่านี้จะถูกกำจัดหมดไป เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโอโซน ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการทำลายมลพิษ ผนังห่อหุ้มของแบคทีเรีย ประกอบไปด้วยโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวเรียกว่า เยื่อหุ้มเซลล์ เพื่อส่งผ่านอาหารไปให้เชื้อแบคทีเรีย โอโซนทำหน้าที่ในการทำลายผนังห่อหุ้มนี้ และทำให้แบคทีเรียไม่มีชีวิตต่อไปได้ และสิ่งที่หลงเหลืออยู่ก็จะกลายเป็นเพียงส่วนประกอบธรรมชาติของแร่ธาตุออกซิเจน โอโซนกำจัดและทำลายเชื้อโรค รวมทั้งเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรียทั้งชนิดหายในไม่ใช้ออกซิเจน(anaerobic bacteria) และชนิดหายใจโดยใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ โอโซนยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ รวมทั้งฆ่าสปอร์ของแบคทีเรียได้ด้วย ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของโอโซนขึ้นอยู่กับความเข้มของโอโซน ระยะเวลาที่สัมผัสกับเชื้อแบคทีเรีย และสภาพ pH ที่เป็นกรดของ medium จะช่วยให้โอโซนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้น สำหรับเชื้อยีสต์จะ sensitive กับโอโซนมากกว่าเชื้อรา นอกจากนี้โอโซนยังสามารถใช้โอโซนในการลดแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงกุ้ง เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น โดยประสิทธิภาพขึ้นกับเวลาและความเข้มข้นของโอโซน

6) มีการนำไปใช้เพื่อลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์ ลดค่า BOD (Biological Oxygen Demand) และ COD (Chemical Oxygen Demand) ในสภาพแวดล้อม โอโซนสามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เป็นไปเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ โมเลกุลของโอโซนจะแตกตัวเป็นออกซิเจนได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นการใช้โอโซนจะช่วยลดการสะสมของอินทรีย์สารในสภาพแวดล้อมได้ (สิริพร, 2543)

ทั้งนี้โอโซนเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับเกินกว่า 4 ppm มนุษย์สามารถได้กลิ่นในช่วงความเข้มข้น 0.01-0.04 ppm สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดระดับสูงสุดของก๊าซโอโซนไว้ 0.1 ppm สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานที่สมาคม American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังได้มีมาตรฐานช่วงระยะเวลาสั้นๆ คือ อนุญาตให้สัมผัสได้ 0.3 ppm ในช่วงระยะเวลา 15 นาที นอกจากนี้โอโซนสามารถสลายตัวได้เองเป็นโมเลกุลออกซิเจน และไม่มีสารพิษตกค้าง (Inan *et al*., 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

กานดา (2552) ศึกษาผลของก๊าซโอโซนในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินในมะขามแขก โดยนำไปรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 60 และ 120 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม แล้วนำมาตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ รา และแบคทีเรีย พบว่าการรมด้วยโอโซนเป็นเวลา 120 นาที สามารลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด นอกจากนี้โอโซนยังมีผลทำให้สารอะฟลาทอกซินในมะขามแขกลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษามะขามแขกในถุงพลาสติกเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าโอโซนไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) และสารอะฟลาทอกซิน

กานดาและจำนงค์ (2551) ศึกษาผลของโอโซนต่อการลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ์ โดยนำลิ้นจี่มาแช่ในสารละลายคลอไพริฟอส (Chlorpyrifos) เข้มข้น 2 มิลลิลิตร/ลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นไปรมด้วยก๊าซโอโซน และแช่ด้วยน้ำโอโซนอัตรา 1,000 มิลลิกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 10, 20 , 30 และ 60 นาที พบว่าการรมด้วยก๊าซโอโซนและการแช่น้ำโอโซนสามารถสลายสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้ โดยการรมด้วยก๊าซโอโซนได้ผลดีกว่าการแช่น้ำโอโซน และการรมเป็นเวลา 60 นาทีมีประสิทธิภาพในการลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้ดีที่สุด คือ 45% เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ด้วยน้ำโอโซน สามารถลดสารตกค้างได้เพียง 10.25%

เจษฎา (2549) ศึกษาผลของโอโซนต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันหอมระเหยในสมุนไพรชงดื่มบางชนิด พบว่าการรมโอโซน 60 นาทีให้ผลดีที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยหลังรมโอโซนและเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน มีค่าลดลง

ธนะชัย (2544) ทำการศึกษาลำไยกับลิ้นจี่ซึ่งรมด้วยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 90 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้ แต่ยังไม่เพียงพอต่อการฟอกสีผล

เพ็ญแขและคณะ (2550) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำโอโซน (ความเข้มข้น 0.4, 3 และ 5 ppm เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที) และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm เป็นเวลา 5, 10, 20 และ 30 นาที) ในการล้างพริกขี้หนูสดต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มบนผิวพริกสดเปรียบเทียบกับผลการล้างด้วยน้ำเปล่าในสภาพกวนตลอดเวลานาน 5-30 นาที พบว่าทุกวิธีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้นเมื่อเวลาในการล้างนานขึ้น ปริมาณเชื้อมักจะลดลงไม่มากนักหรือคงที่เมื่อเวลาในการล้างนานกว่า 10 นาที โดยน้ำเปล่าสามารถลดจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ได้ 0.57-1.15 log CFU/g ยีสต์และรา 0.16-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0.87 log CFU/g และโคลิฟอร์ม 0.9-1.24 log CFU/g ส่วนการล้างพริกด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้น 200 ppm นาน 30 นาที สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มได้ 2.14, 1.98 และ 2.22 log CFU/g ตามลำดับ ขณะที่น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 5 ppm นาน 10 นาที สามารถลดเชื้อได้มากที่สุดเทียบกับน้ำเปล่าและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ทุกความเข้มข้นและเวลาในการสัมผัส โดยสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์ ราและโคลิฟอร์มได้ 2.61, 2.07 และ 2.59 log CFU/g ตามลำดับ โดยค่า aw ความชื้นและค่าสี (L*, a*, b*) ของพริกตัวอย่างไม่ต่างจากการล้างด้วยน้ำเปล่า

พรทิพย์และคณะ (2550) ศึกษาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปสินค้าเกษตรเบื้องต้น การควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพดโดยใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร นำสมุนไพรพื้นบ้าน 16 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยวิธี Poison Food Method โดยเปรียบเทียบเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราในจานทดลองที่มีสารสกัดสมุนไพร และไม่มีสารสกัด พบว่า สารสกัดกานพลู กระ-เพรา กระเทียม ตะไคร้ เพชรสังฆาต หอมแดง และโหระพา สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 50-100% เมื่อนำสารสกัดสมุนไพรมาทดสอบโดยวิธี Tip Culture Method เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดทั้งด้านการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา และยับยังการสร้างสารอะฟลา-ทอกซิน พบว่าสมุนไพรที่นำมาทดสอบสามารถแยกออกได้เป็น 3 กลุ่มตามประสิทธิภาพของการยับยั้ง กลุ่มที่ 1 ไม่สามารถยับยั้งทั้งการเจริญของเส้นใยและการสร้างสารอะฟลาทอกซิน ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ชะพลู เพชรสังฆาต หอมแดง ฟ้าทะลายโจร กลุ่มที่ 2 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราต่ำ แต่เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูง ได้แก่ กระชายดำ ขมิ้นดำ ขิง ลูกใต้ใบ รางจืด โหระพา กลุ่มที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราสูง และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงเช่นกัน ได้แก่ กระเทียม กระเพรา การพลู ตะไคร้ ข่า

พรรณวลัย (2551) ได้ใช้โอโซนในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในสมุนไพรอบแห้ง ได้แก่ พริกขี้หนู มะตูม และมะขามแขก พบว่าการรมโอโซนที่เวลา 60 และ 120 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด โดยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพริกขี้หนูลดลง 39.1% มะตูมลดลง 54.5% และมะขามแขกลดลง 66.2%

รัตนาภรณ์ (2546) ทดลองปรับปรุงคุณภาพของพริกป่นโดยใช้ พริกสดและพริกแห้งพันธุ์จินดา ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพริกป่นจากพริกสด คือ แช่พริกสดที่คัดเลือกแล้วในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 70 ppm นาน 30 นาที ลวกที่อุณหภูมิ 100 องศา-เซลเซียส นาน 10 นาที อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 ชั่วโมง ส่วนที่ผลิตจากพริกแห้ง คือ แช่พริกแห้งที่คัดแล้วในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 70 ppm นาน 30 นาที อบที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปบดเป็นพริกป่นมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 20 Mesh ได้ผลผลิต 80% เมื่อตรวจสอบคุณภาพ พบว่าพริกป่นที่ผลิตจากพริกสด มีค่าสี L* = 49.72, a* = 33.05, b* = 36.55 ค่า aw = 0.26 ความชื้น 5.93% เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.9x10(pow3) โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา น้อยกว่า 10(pow2) โคโลนีต่อกรัม พริกป่นที่ผลิตจากพริกแห้ง มีค่าสี L* = 49.98, a* = 28.66, b* = 29.81 ค่า aw = 0.25 ความชื้น 5.37% เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8x10(pow3) โคโลนี/กรัม ยีสต์และราน้อยกว่า 10(pow2) โคโลนี/กรัม พริกป่นจากพริกทั้ง 2 ชนิด พบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/กรัม ไม่พบ *E. coli* และ *Clostridium perfringens*

วัชรพรรณ (2552) ศึกษาผลของโอโซนต่อการลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในข้าวโพดฝักอ่อน (*Zea mays* L.) โดยการนำข้าวโพดฝักอ่อนมาแช่ในสารละลายคลอไพริฟอส (Chlorpyrifos) จากนั้นไปรมด้วยก๊าซโอโซน และแช่ด้วยน้ำโอโซน เป็นเวลา 10, 20 , 30 และ 60 นาที พบว่าการรมด้วยก๊าซโอโซนและการแช่น้ำโอโซนสามารถสลายสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้ โดยการรมด้วยก๊าซโอโซนได้ผลดีกว่าการแช่น้ำโอโซน และการรมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาทีมีประสิทธิภาพในการลดสารฆ่าแมลงได้ดีที่สุด คือ 68.35% เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ด้วยน้ำโอโซน สามารถลดสารตกค้างได้เพียง 31.87% และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน พบว่าข้าวโพดฝักอ่อนทุกชุดการทดลอง มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเกิดสีน้ำตาล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

อมราและคณะ (2547) จากการศึกษาผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ ที่ใช้เป็นอาหารสำหรับบริโภค พบว่างาดำมีการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* มากที่สุด คือ 68% รองลงมาได้แก่ เม็ดบัว 60% พริกป่นหยาบ 36% และในถั่วลิสง 20% แต่ผลิตผลเกษตรที่พบว่ามีการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินปริมาณสูงที่สุด ได้แก่ ถั่วลิสง โดยพบตั้งแต่ 0.4-38, 731.4 ppb และมีจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของสารพิษเกินมาตรฐานที่กำหนดสูงถึง 19.63% รองลงมาได้แก่ พริกป่นละเอียด มีเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเกินมาตรฐาน 13.68% พริกป่นหยาบ 3.53% การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างจาก FAPAS ผลการวิเคราะห์โดยใช้ชุดทดสอบนี้ได้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงความจริงมาก คือมีค่า Z-score อยู่ที่ -0.1 และ-0.3

Benitez *et al.* (2002) ศึกษาการสลายตัวของสาร carbofuran โดยใช้โอโซนและรังสียูวี พบว่าโอโซนและอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฆ่าแมลง โดยพิจารณาจากการสลายตัวของ hydroxyl radicals พบว่าการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีมีประสิทธิภาพในการลดสาร carbofuran ได้

Cataldo (2008) ศึกษาการใช้โอโซนเพื่อสลายสารพิษ patulin และการปนเปื้อนของอาหารในน้ำสาลี่และน้ำแอปเปิล พบว่าโอโซนสามารถสลายหรือลดสารพิษ patulin ในน้ำแอปเปิลได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Inan *et al*. (2007) ศึกษาการใช้ก๊าซโอโซนในการลดความเป็นพิษของอะฟลาทอกซิน B_1 ในพริกแดง พบว่าสามารถลดได้ 80% และ 93% เมื่อได้รับโอโซนความเข้มข้น 33 และ 66 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 60 นาที ตามลำดับ โดยไม่มีผลต่อคุณภาพและสี

Ong *et al.* (1995) ศึกษาการใช้คลอรีนและโอโซนในการกำจัดยาฆ่าแมลง (azinphos-methyl, captan, formetanate hydrochloride) ออกจากผลแอปเปิล พบว่าคลอรีนที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาคือ โอโซนที่ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากโอโซนมีประสิทธิภาพในการสลายสารพิษตกค้าง เช่น สารกำจัดแมลงและศัตรูพืช หรือสารพิษที่พืชสร้างขึ้นอย่าง aflatoxin

Palou *et al*. (2001) ศึกษาผลของการได้รับก๊าซโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm กับส้มพันธุ์วาเลนเซีย (Valencia) ในภาชนะบรรจุต่างๆกัน พบว่าสามารถชะลอการเกิดโรคราสีเขียวและราสีน้ำเงิน (green and blue mold)

Whangchai *et al.* (2006) พบว่าการให้ก๊าซโอโซนร่วมกับกรดออกซาลิก สามารถลดการเกิดโรคของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวได้

Wu *et al*. (2006) ได้ศึกษาถึงการกำจัดสารปราบศัตรูพืชตกค้างในผักกวางตุ้งโดยใช้น้ำโอโซนที่ความเข้มข้นต่ำ (1.4-2.0 มิลลิกรัม/ลิตร) พบว่ามีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์สารปราบศัตรูพืชทั้ง 4 ชนิดคือ methyl-parathion, cypermethrin, parathion และ diazinon ได้มากกว่า 60% ซึ่งประสิทธิภาพจะขึ้นกับความเข้มข้นของโอโซนและอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved