

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการถนอมอาหารโดยการหมักดอง

2.1.1 การหมักดอง เป็นวิธีการถนอมอาหาร โดยใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยจุลินทรีย์นั้นจะสร้างสารบางอย่างขึ้นมาในอาหารซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ได้ ผลของการหมักดองจะทำให้อาหารปลอดภัยจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ และยังทำให้เกิดอาหารชนิดใหม่ๆ ที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิมเป็นการเพิ่ม กลิ่นและรสชาติของอาหารให้แปลกออกไปมนุษย์รู้จักวิธีการหมักดองโดยบังเอิญจากการตั้งน้ำผลไม้ทิ้งไว้แล้วทำให้เกิดกลิ่นของแอลกอฮอล์น้ำผลไม้เน่าเสีย และพบว่าถ้านวดแป้งทำขนมปังแล้วปล่อยให้ค้างคืนเมื่อนำไปอบในเตาอบจะได้ขนมปังที่มีเนื้อนุ่มและขึ้นฟูน่ารับประทานการค้นพบนี้ทำให้เกิดมีอาหารหมักดองประจำชาติของคนชาติต่างๆ ในโลกได้แก่ ผักกะหล่ำปลีหมัก ที่เรียกว่า เซาเวอร์เคร้าท์ เป็นอาหารประจำชาติของชาติชาวเยอรมัน อาหารหมักจากถั่วเหลืองพวกซิว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ และซอสปรุงรสต่าง ๆ ของชาวจีนซึ่งเป็นประเภทเดียวกันกับมิโซะของญี่ปุ่น และเทมเป้ของชาวอินโดนีเซีย ชาวเกาหลีนิยมนำผักหลายชนิดมาหมักรวมกันเรียกว่า กิมจิ และสำหรับอาหารหมักของคนไทยที่รู้จัก และใช้กันมานาน คือ น้ำปลาที่ได้จากการหมักปลา กะปิที่ได้จากการหมักกุ้ง แหนม ไส้กรอกอีสานจากการหมักหมู ไข่เค็มจากการดองไข่กับเกลือ รวมทั้งผักและผลไม้ดองชนิดต่าง ๆ และอาหารหมักที่คนทั่วโลกรู้จักดี คือ เหล้า และน้ำส้มสายชู

2.1.2 อาหารประเภทผักและผลไม้ดอง จุลินทรีย์ที่ใช้ คือ แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดแลคติก และตัวที่รู้จักกันดีมีชื่อว่า “แบคทีเรียแล็กโทบาซิลลัส” ตัวเดียวกับที่ใส่ลงในยาคูลท์ ในขั้นตอนการทำ จะเติมเกลือ ลงในอาหารเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้แบคทีเรียชนิดที่ต้องการแบคทีเรียพวกนี้จะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในผักและผลไม้ให้กลายเป็นกรดแลคติกจะได้แอลกอฮอล์ออกมาด้วย ตัวอย่างอาหารที่ได้ คือ ผักกาดดอง แดงกวาดอง มะนาวดอง ถั่วงอกดอง หน่อไม้ดองเป็นต้นอาหารที่ได้เหล่านี้จะมีรสเปรี้ยวและสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสีย เนื่องจากแบคทีเรียชนิดอื่นที่ทำให้เกิดการเน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และเมื่อมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นถึงระดับหนึ่ง แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติกก็จะหยุดการเจริญเติบโตด้วย การเก็บอาหารประเภทนี้ไว้นาน ๆ แม้จะไม่เกิดการเน่าเสีย แต่อาจทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวจัดเกินไป และอาจมีสีสันทนและกลิ่นเปลี่ยนไปทำให้ไม่น่ารับประทาน (เปรมใจ อารี, 2540)

2.2.ลี

2.2.1 สีสผสมอาหาร สีสผสมอาหารจัดเป็นวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้ หรือใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหาร สีสผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ หมายความว่า อาหารที่รัฐมนตรีประกาศในราชกิจจานุเบกษา ให้เป็นอาหารที่อยู่ในการควบคุมคุณภาพหรือมาตรฐานสีผสมอาหารมิใช่มาตั้งแต่โบราณกาลใช้กันทุกชาติ

ทุกภาษาทั่วโลก อาหารส่วนใหญ่จะมีสีผสมอยู่ชวนให้รับประทานมากขึ้นอาหารบางประเภทคนบางคนเป็นเพียงเครื่องประทังชีวิตให้อยู่รอดเท่านั้นสำหรับผู้มีอันจะกินมีฐานะดี จะมีการเลือกสรรพิถีพิถันเป็นพิเศษมีการประดิษฐ์ประคองหรือแกะสลักเป็นรูปลักษณะต่างๆแต่งแต้มสีสรรเพิ่มรสชาติให้อร่อยยิ่งขึ้นสีที่ใช้ผสมในอาหารนั้นมีทั้งสีสังเคราะห์และสีที่ได้จากธรรมชาติ โดยการสกัดจากพืชและสัตว์ สีธรรมชาติที่ใช้กันมากได้แก่ สีเหลืองจาก ขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย ดอกโสน ลูกตาล และดอกกรรณิการีสีแดงจาก ครั่ง มะเขือเทศสุก กระเจี๊ยบ คำแสด ผ่าง หัวผักกาดแดง พริกแดง อังคัก สีม่วงจาก ดอกอัญชัน สีน้ำเงินจากการบีบมะนาวใส่ดอกอัญชัน สีเขียวจากใบเตย ใบย่านางสีน้ำตาลจากน้ำตาลเตียวไหม้ เป็นต้น

(ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 21 พ.ศ. 2522)

2.2.2 ประเภทของสีผสมอาหาร แบ่งสีผสมอาหารออกเป็นสีอินทรีย์ สีอนินทรีย์ และสีที่ได้จากธรรมชาติโดยการสกัดจากพืชและสัตว์

สีอินทรีย์ได้จากการสังเคราะห์จำพวกสีแดงได้แก่ บองโซ 4 อาร์ คาร์โมอิซินหรือเอโซรูบิน เออร์โรซิน จำพวกสีเหลืองได้แก่ คาร์ตราซิน ชันเซตเยล โลว์เอ็ฟซีเอ็ฟ โรโบฟลาวิน จำพวกสีเขียวได้แก่ ฟาสต์กรีนเอ็ฟซีเอ็ฟ จำพวกสีน้ำเงินได้แก่อินดิโกคาร์มิน อินดิโกตินบริดเลียนท์บลูเอ็ฟซีเอ็ฟ สีอนินทรีย์ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช ไตเตเนียมออกไซด์ สีที่ได้จากธรรมชาติโดยการสกัดจากพืชและสัตว์เป็นสีที่ใช้บริโภคได้โดยไม่เกิดอันตราย สีที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น โคชินิล สีจากคาร์โรตินอยด์ คลอโรฟิลล์ คลอโรฟิลล์คอปเปอร์คอมเพล็กซ์ ไม่มีใครคิดว่าสีผสมอาหารจะเกิดพิษได้ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1950 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา พบผู้ป่วยเด็กมีอาการท้องร่วง เนื่องจากกินลูกกวาดสีเข้มเข้าไปมาก ลูกกวาดนั้นย้อมด้วยสี FD&C Orange No.1 และผู้ป่วยเด็กอีกกลุ่มหนึ่งได้กินข้าวโพดคั่วที่ย้อมสี FD&D Red No.32 และเกิดอาการท้องร่วงเช่นกัน เนยและมาร์การีนที่ใช้ย้อมด้วยสี FD&C Yellow No.4 นักวิทยาศาสตร์จึงเริ่มให้ความสนใจสีผสมอาหาร เพราะอาจทำให้เกิดพิษภัยได้ ต่อมามีการทดสอบในสัตว์ทดลอง และพบว่ามียีสื่อมากมายหลายตัว สามารถก่อให้เกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งตับ มะเร็งไตได้ สีบางตัวทำให้เกิดความผิดปกติต่อระบบประสาทส่วนกลาง เด็กๆที่ชอบรับประทานขนมสีเข้ม สีสดมักจะมีอาการคันแค้น อยู่ไม่สุข ไม่นิ่ง ไม่มีความอดทน นอนไม่ค่อยหลับ และสำคัญกว่านั้นคือ การพัฒนาเรียนรู้ช้าไม่คิดแม้ว่าจะมี IQ สูงหรือปกติก็ตาม พิษภัยจากสีผสมอาหารจะไม่แสดงทันที อาจใช้เวลาเป็นสิบปี ที่จะก่อให้เกิดปัญหาคนส่วนใหญ่มองข้าม ไม่ค่อยระมัดระวังหรือให้ความสำคัญเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม กระทรวงสาธารณสุขได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์ว่า อาหารใดควรจะใส่หรือไม่ใส่สี และควรอยู่ในระดับใดจึงจะปลอดภัย โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 21 พ.ศ.2522 เรื่องกำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก ภายหลังมีข้อแก้ไขเพิ่มเติม ในฉบับที่ 55 พ.ศ.2524 และ ฉบับที่ 66 พ.ศ.2525 ซึ่งข้อความโดยย่อของประกาศกำหนดว่า อาหารทารก นม อาหารเสริมสำหรับเด็ก ไม่ให้ใช้สีทุกชนิด ผลไม้สด ผลไม้ดอง/ผักดอง เนื้อ ปลาเค็ม กุ้งแห้ง ลูกชิ้น แหนม กุนเชียง ไส้กรอก หมูยอ ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ทอดมัน กะปิ น้ำพริกแกง ไม่ให้ใช้สี แม้แต่กะหมึกสำเร็จรูป เส้นกะหมึก แผ่นเกี้ยว มักกะโรนี สปาเก็ตตี้ ไม่ให้ใส่สียกเว้น ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน ใส่สีผสมอาหารได้ไม่เกิน 50 มก.หรือ 70 มก.ต่อกิโลกรัมอาหารแล้วแต่ละชนิด ถึงแม้ว่า

กระทรวงสาธารณสุขจะออกประกาศไม่ให้ใส่สีในกึ่งแห้ง ลูกชิ้น กุนเชียง ไส้กรอก ข้าวเกรียบกุ้ง บะหมี่ กะปิ ทอดมัน น้ำพริกแกง แต่อาหารดังกล่าวยังพบว่ามีส่วนประกอบโดยใช้สีในปริมาณที่มากเกินไป หรือใช้สีผิดประเภท ใช้สีย้อมผ้าแทนสีผสมอาหาร คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค เคยสำรวจเรื่องพบว่า มีผู้ใช้สีผสมอาหารที่ได้รับอนุญาตร้อยละ 40 ใช้สีย้อมผ้าร้อยละ 28 ใช้สีธรรมชาติร้อยละ 14 และไม่ทราบว่าใช้สีอะไร เพราะรับช่วงมาจากขายร้อยละ 18 และในสีจำพวกย้อมจะมีพวกโลหะหนักผสมอยู่ด้วย (<http://61.19.145.7/student/science401/chem/chem1/related.html>)

2.3 โลหะหนัก

2.3.1 ความหมาย

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตั้งแต่ 5 ธาตุขึ้นไปมีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7 มี 68 ธาตุ จากจำนวนทั้งหมด 150 ธาตุ โลหะหนักส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันแต่สมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้โลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันไปเป็นสารปริมาณน้อยมีความสำคัญในการดำรงชีวิตแต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดพิษ ในอดีตโลหะหนักพบปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก แต่ในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ทำให้เกิด สารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิมและสามารถสะสมได้ในสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดไปตามทางโซ่อาหาร ในที่สุด จะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป โลหะหนักเป็นสารอันตรายแต่มนุษย์ยังจำเป็นต้องนำมาใช้ในอุตสาหกรรมและชีวิตประจำวันอยู่เสมอ โลหะหนักที่นิยมนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมได้แก่ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ ซึ่งโลหะหนักดังกล่าวจะถูกกำจัดทิ้งทางน้ำเสียและเขม่าควันไฟจากโรงงาน สำหรับอุตสาหกรรมถลุงแร่และเหมืองแร่ก็อาจมีการปล่อยอนุภาคเล็กของตะกั่วและแคดเมียมด้วย นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิง ถ่านหินก็สามารถทำให้เกิดอนุภาคล่องลอยไปในอากาศได้ เช่น ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น โลหะที่ปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมแล้วมีผลกระทบมาถึงห่วงโซ่อาหาร โลหะที่เป็นปัญหาและปนเปื้อนสู่อาหาร ได้แก่ ตะกั่ว, แคดเมียม,ปรอท, สารหนู และตะกั่ว

2.3.2 คุณสมบัติของตะกั่ว

คุณสมบัติทางกายภาพของตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงินหรือแกมมน้ำเงิน มีจุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส ตะกั่วยังถูกนำมาใช้ในการเชื่อมบัดกรี การผลิตสีย้อมเป็นต้น

คุณสมบัติทางเคมีตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะสีเทาเงินหรือแกมมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก ตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะมลพิษดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่เป็นด่างเนื่องจากอินทรีย์สาร ในดินอาจทำปฏิกิริยากับสารตะกั่วที่มีอยู่สารตะกั่วที่อยู่ในรูปสารประกอบ อินทรีย์เช่น ไนเตรต คลอไรด์ และสารประกอบอินทรีย์ซึ่งใช้เป็นสารเคมีในน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น เบนซิน สารตะกั่วในบรรยากาศมาจากตะกั่วที่ใช้ผสม ในน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในการจุดระเบิดของ

น้ำมัน เมื่อน้ำมันเผาไหม้ในรถยนต์สารตะกั่วจะออกมาด้วยไอเสียสารประกอบตะกั่วในน้ำมันสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลหลายกิโลเมตร และอาจทำให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อยู่ห่างไกลความเจริญเกิดการปนเปื้อนได้ นอกจากนี้สารตะกั่วสามารถถูกชะล้างออกจากบรรยากาศได้โดยฝน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจเอาอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่วบรรยากาศ เข้าทางผิวหนังได้สารตะกั่วมีพิษมาก โดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมอง พิจารส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ (www.school.net.th)

2.3.3 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานสาธารณสุข กำหนดให้อาหารทั่วไปมีตะกั่วได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานการปนเปื้อนของตะกั่วในอาหาร

ประเภทอาหาร	เกณฑ์กำหนด(มก./กก.)
ผลไม้	0.1
ผลไม้ดอง	0.1
ผัก	0.1
ธัญพืช	0.2
เนื้อสัตว์(หมู วัว ไก่)	0.1
เครื่องใน(หมู วัว ไก่)	0.5
ปลา	0.2
กุ้ง	0.5
หอย	1.0
น้ำผลไม้	0.05
ไวน์	0.2
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา: www.charpa.co.th

ราชพฤกษ์ โพล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รายงานถึงอันตรายจากการบริโภคอาหารว่างในโรงเรียน ในเขตกรุงเทพมหานครได้มีการเก็บตัวอย่างอาหารว่างหลายประเภท เช่น ลูกกวาด ขนมหวาน ผลไม้ดอง จากโรงเรียน 17 เขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานครจากผลการวิจัยยังพบตะกั่วปนเปื้อนอยู่ ตัวอย่างอาหารที่สุ่มเก็บมาทั้งหมดอยู่ในระดับที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้รวมปริมาณตะกั่วที่เด็กอาจได้รับจากการบริโภคอาหารหลักอื่นๆรวมถึงจากบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมของแต่ละวันจึงนับได้ว่าการรับประทานอาหารว่างของเด็กนักเรียนมีโอกาสเสี่ยงในการได้รับการปนเปื้อนของสารตะกั่วตกค้างอาจมีผลทำให้เกิดสภาวะเป็นกรดในร่างกายอย่างรุนแรงทำให้เส้นเลือดในสมอง โป่งพองหรือเลือดออกในชั้นต่าง ๆ ของสมองได้ (www.kalathai.com)

2.3.4 อันตรายจากตะกั่วพิษเฉียบพลัน พิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่อยๆ แสดงอาการออกมาภายหลังจากรับสารตะกั่ว ที่ละลายเข้าสู่ของเหลวในร่างกาย และค่อยๆ สะสมในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่งอาจนานเป็นปีจึงแสดงอาการ ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพสัมผัสกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดง แทนที่เหล็ก ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วนไปสะสมในกระดูก ตะกั่ว จะเข้าไปแทนที่ แคลเซียม ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างกระดูกและฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟัน ทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) ฟันหลุดได้ง่าย มีผู้วิจัยพบว่า ตะกั่วสามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 วัน และยังคงสะสมในไขมัน ระบบประสาทสมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบคือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาทและสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้

(นันทวัฒน์ ไชคณาพิทักษ์, 2544)

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับตะกั่วที่เป็นพิษ

ระดับตะกั่ว	ระดับปกติ	ระดับเริ่มเป็นพิษ	ระดับแสดงอาการ
ระดับตะกั่วในเลือด μg/100 ml	10 - 20	100	7 - 10
ระดับตะกั่วใน ปัสสาวะ μg/lit	10 - 70	100	200 - 400
Coproporphyrin หน่วย/μg	80/ปริมาณปัสสาวะ 1 วัน	200/ปริมาณปัสสาวะ 1 ลิตร	600/ปริมาณปัสสาวะ 1 ลิตร
Delta-ALA (mg/ ปัสสาวะ 1 วัน)	2 - 3	5 - 10	10 - 20

ที่มา: นันทวัฒน์ โชคคณาพิทักษ์, 2544

2.3.5 แหล่งที่พบสารตะกั่ว แหล่งที่พบตะกั่วที่สำคัญ ได้แก่

1. ในดิน สารตะกั่วที่พบในดินส่วนใหญ่มาจากขี้เถ้าแมลงชนิดต่าง ๆ ในรูปของตะกั่วอาร์ซีเนต (Lead arsenate)
2. ในอากาศ แหล่งกำเนิดของตะกั่วในบรรยากาศ คือ ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสม โดยตะกั่วเจือปนออกมากับไอเสียรถยนต์ เนื่องจากตะกั่วถูกเติมลงในน้ำมันเบนซินในรูปของ lead alkyl compounds ซึ่งได้แก่ tetraethyl lead และ tetraethyl lead เพื่อช่วยป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ (antiknock) เมื่อน้ำมันเกิดการเผาไหม้ อุณหภูมิและความดันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ tetraalkyl lead ถูกเปลี่ยนไปเป็น oxide ของตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์นี้จะถูกรีดิวส์ให้กลายเป็นโลหะตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจไปเกาะอยู่ในเสื้อสูบของเครื่องยนต์ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาจึงมีการเติมสารอินทรีย์ของโปรไมด์ และคลอไรด์ลงไปด้วย สารที่เติมโดยทั่วไป ได้แก่ ethylene dibromide และ ethylene dichloride ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้ของ tetraethyl lead และ tetramethyl lead จะเปลี่ยนไปเป็นตะกั่วคลอไรด์ และตะกั่วโปรไมด์ ซึ่งเป็นสารที่เสถียร และระเหยง่าย ถูกขับออกมาจากเครื่องยนต์ทางท่อไอเสีย สำหรับปริมาณสารตะกั่วที่เติมลงไป ในน้ำมันเบนซินนั้น ตั้งแต่ปี พ.ศ.2512 ถึง พ.ศ.2527 ประเทศไทยได้กำหนดปริมาณตะกั่วในน้ำมันเบนซินไม่สูงกว่า 0.84 กรัม/ลิตร ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2527 ให้มีได้ไม่เกิน 0.45 กรัม/ลิตร ในปี พ.ศ.2532 ไม่เกิน 0.4 กรัม/ลิตร และปี พ.ศ.2536 ไม่เกิน 0.15 กรัม/ลิตร ระดับของตะกั่วในบรรยากาศขึ้นกับสถานที่ โดยในเมืองกับบริเวณที่ห่างไกลออกไปจะมีปริมาณตะกั่วที่แตกต่างกันและมีความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มของปริมาณยานพาหนะที่แล่นบนถนน (ความคับคั่งของการจราจร) บริเวณที่พบว่ามีปริมาณเข้มข้นของตะกั่วสูงสุด คือ บริเวณใกล้กับแหล่งตะกั่วในปี พ.ศ.2524 สำนักงานคณะกรรมการ

ถึงแควดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดมาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ ให้ความเข้มข้นตะกั่วเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่นเกิน 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรของอากาศ

1. ในน้ำ สารตะกั่วที่พบในน้ำที่สำคัญที่สุด คือ galena หรือ สารตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งอยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ แต่จะถูกออกซิไดซ์จากอากาศอย่างช้า ๆ ทำให้ได้สารละลายของตะกั่วซัลเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ แหล่งสำคัญของตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำ คือ ระบบในการจัดส่งน้ำ ท่อส่งน้ำที่ทำด้วยตะกั่ว หรือ lead-lined cisterns หรือ lead water pipes ที่ใช้ ดังนั้นตะกั่วอาจปนเปื้อนมากับน้ำที่ใช้ได้

2. โรงงานอุตสาหกรรมไม่เป็นที่น่าประหลาดใจว่าระดับตะกั่วสูงสุดในบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันมีอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้ปล่อยตะกั่วในรูปของสารมลภาวะที่เป็นพิษเป็นปริมาณมหาศาล โรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งแพร่กระจายของ สารตะกั่วได้ดี คือ โรงงานแบตเตอรี่โดยจะมีควันที่เกิดจากการหลอมตะกั่วบริเวณที่ใกล้กับแหล่งตะกั่ว เช่น โรงถลุงแร่พบว่ามีตะกั่วในระดับ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่บริเวณห่างไกลออกไปพบตะกั่ว 0.000076 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ดินในตัวเมืองมีตะกั่วสูงถึง 17 เท่าของดินในชนบทการกระจายของตะกั่วจากแหล่งธรรมชาติสู่ภาวะแวดล้อมมีความสำคัญในด้านมลภาวะที่เป็นพิษน้อย เมื่อเทียบกับการแพร่กระจายเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ การถลุงแร่ ทำให้ตะกั่วกระจายไปสู่อากาศ น้ำ และพื้นผิวดิน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีตะกั่วอยู่ เช่น gasoline สีหมึกพิมพ์ ระเบิดบัตกรีท่อน้ำทำด้วยตะกั่ว battery casings เหล่านี้ล้วนมีส่วนต่อการแพร่กระจายของตะกั่ว

2.3.6 การเข้าสู่ร่างกาย ในสภาวะปกติตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. ระบบทางเดินหายใจเนื่องจากสารตะกั่วในอากาศส่วนใหญ่มาจากควันเสียของรถยนต์และควันจากโรงงานอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ ดังนั้นอากาศในเมืองที่มีการจราจรคับคั่ง หรือมีโรงงานอุตสาหกรรมมากจึงมีตะกั่วมากด้วย ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายทางหายใจประมาณ 40% จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

2. ทางผิวหนังตะกั่วที่เข้าทางผิวหนังจะมีเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วบางชนิดเท่านั้นเช่น tetraethyl lead ซึ่งมักจะพบในคนงานที่ทำหน้าที่ผสมสารประกอบชนิดนี้กับน้ำมันถ้าผิวหนังส่วนที่เป็นแผลหรือมีรอยถลอกถูกต้องหรือสัมผัสกับสารตะกั่วที่มีปริมาณมาก ๆ เป็นเวลานาน ๆ สารตะกั่วบางตัวจะซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังส่วนนั้นได้

3. ระบบทางเดินอาหารตะกั่วอาจเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยปนเปื้อนมากับน้ำอาหารมีอาหารหลายประเภทซึ่งสารตะกั่วปะปนมาด้วยโดยที่การปะปนนี้เกิดได้หลายกรณีทั้งได้รับโดยตรงหรือจากกรรมวิธีในการผลิต โดยทั่วไปอาหารที่คนบริโภคแต่ละวันประมาณ 55-85% จะมีการปนเปื้อนของตะกั่วการดูดซึมผ่านระบบทางเดินอาหารเมื่อตะกั่วอยู่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำได้ การดูดซึมส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ตะกั่วในอาหารจะถูกดูดซึมเข้าไปเพียงร้อยละ 5 ไมโครกรัม ส่วนที่เหลือจะถูกขับออกมาทางอุจจาระและปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ Schaffner ได้แสดงข้อมูลการ ได้รับตะกั่วจากแหล่งต่าง ๆ สำหรับเด็กอายุ 11-47 เดือน ได้รับตะกั่วจากอาหาร 6-18 ug. ต่อวัน และจากน้ำ 1.4 - 2.8 ug. ต่อวัน (หรือคิดเป็น 15% ของตะกั่วที่ได้รับ) และมีรายงานว่า จากการประเมินในระยะ 5 ปี (ค.ศ.1976-1980) พบว่าในแต่ละวัน

ผู้ใหญ่และเด็กจะได้รับตะกั่วจากอาหาร 250/300 ug. และ 75-100 ug. ตามลำดับอย่างไรก็ตาม ปริมาณตะกั่วที่มนุษย์ได้รับต่อวันนั้น เกิดจากการดูดซึมโดยทางเดินอาหารมากกว่าการดูดซึมโดยทางเดินหายใจ

2.3.7 แหล่งที่มาของตะกั่วในอาหาร ตะกั่วที่พบในอาหารมีที่มาจาก 2 แหล่งที่สำคัญ คือ

1. ตะกั่วที่ติดมากับอาหารตะกั่วที่ติดมากับอาหารนี้ อาจเป็นตะกั่วที่มีอยู่ตามธรรมชาติในดิน น้ำที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต และ/หรือ เป็นตะกั่วที่ปนเปื้อนจากมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำทิ้งจากเหมือง ตะกั่ว จากการถลุงแร่ การใช้ยาฆ่าแมลงบางชนิดที่มีตะกั่ว อาจไปเพิ่มระดับตะกั่วในผัก ผลไม้บางชนิด ดังนั้นพืชผลทางเกษตรที่ปลูกใกล้กับถนนที่มียานพาหนะมาก หรือใกล้กับแหล่งอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วในพืชผลเหล่านี้จะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Zook และคณะ ได้สำรวจหาปริมาณของตะกั่วในปลา และสัตว์ทะเลอื่น ๆ จากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 34 ชนิด 334 ตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วที่พบในปลาสดทั้งหมด 0.46 ppm. ปลากระป๋อง (tuan และ salmon) 0.84 ppm. ปริมาณตะกั่วพบสูงที่สุด ในสัตว์ทะเลในการทดลองนี้ คือ blue crab (*Callinectes sapidus*) พบ 0.79 ppm. และที่ต่ำสุดคือ bay callops (*Aequipecten irradians*) พบ 0.24 ppm. โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณตะกั่วที่พบมีเพียงไม่กี่ species ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.6 ppm. และไม่มี species ไหนที่มีค่าเฉลี่ยเกินกว่า 1 ppm.

ในค่านของพืช ผัก ผลไม้ ตามปกติพืชไม่ absorb ตะกั่วจากดินมากนัก แม้ว่าปริมาณตะกั่ว ในดินจะเพิ่มขึ้นจาก sewage sludge แต่แหล่งสำคัญของการปนเปื้อนคือตะกั่วในอากาศ โดยแหล่งที่มาที่ได้รับ ความสนใจมากที่สุดคือ ตะกั่วที่แพร่กระจายจากยานพาหนะที่ใช้ tetra ethyl lead ในน้ำมัน เพื่อป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์

การเจือปนของตะกั่วจากไอเสียยานพาหนะเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ทำให้ปริมาณตะกั่วในพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติมาก Favretto และคณะ รายงานว่า จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในอรุ่นที่ปลูกห่างจากถนนใหญ่ ระยะต่าง ๆ กันพบว่า ปริมาณตะกั่วที่พบโดยทั่วไป จะลดลงเมื่อระยะทางห่างจากถนนใหญ่มากขึ้น นอกจากนี้ Mclean และ Shield พบว่าพืช ผักที่ปลูกในบริเวณใกล้ถนนจะมีตะกั่วมากและจะลดลงเกือบคงที่เมื่อห่างจากถนนไปมาก โดยปริมาณตะกั่วในพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะห่างจากถนน 20 ถึง 50 เมตรขึ้นไป ตะกั่วจากพืช ผัก จะมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างคงที่ ในทำนองเดียวกัน จากการทดลองของ Beavington พบว่า ระยะทางที่ห่างจากโรงถลุงแร่กับปริมาณ ตะกั่วและโลหะหนักชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณจะยังเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ลดลง

Ward และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืช ผักต่างๆ ที่ปลูกในระยะภายใน 100 เมตร จาก highway พบว่า ปริมาณของตะกั่วในพืช ผัก จะลดลงเป็น exponential function กับระยะทางปริมาณ ตะกั่วที่เจือปนเข้าสู่พืช ผัก ทางบรรยากาศนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความใกล้ไกล จากแหล่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่ว และระยะเวลาที่พืชได้รับตะกั่วแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นตัวกำหนดปริมาณของตะกั่วที่จะเจือปนเข้าสู่ผักอีกหลายปัจจัย โดย Karamanos ได้สรุปรวบรวมปัจจัยเหล่านี้ไว้ ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ ระดับความหนาแน่นของจราจร หรือความมากน้อยของตะกั่วที่ฟุ้งกระจายออกจากแหล่งต้นกำเนิด

ลักษณะทางภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้น ๆ ทิศทางลม ชนิดของรถยนต์ อายุของถนน ลักษณะภายนอกของพืช (เช่น ผิวเรียบ หรือ ผิวหยาบ) พื้นที่ที่พืชชนิดนั้นแผ่ตัวออกในแนวระนาบตะกั่วที่ปนเปื้อนบนพืชเหล่านี้ พืชจะไม่ absorb เข้าไปแต่จะเกาะอยู่ที่ผิว และสามารถ จะลดปริมาณตะกั่วเหล่านี้ลงได้โดยการล้างหรือลวก อย่างไรก็ตาม การล้างพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารแม้จะลดปริมาณตะกั่วที่เจือปนอยู่ออกไปได้บ้าง แต่ส่วนใหญ่ยังคงค้างอยู่ ทั้งนี้จากการทดลองของ Iserman และคณะ โดยใช้ น้ำ สารละลาย Ca EDTA และ สารละลาย Na polyphosphate ล้างพืชที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วจากไอเสียรถยนต์ สามารถล้างออกได้ 27, 38 และ 36% ตามลำดับ นอกจากมลภาวะดังกล่าวแล้ว ตะกั่วอาจติดมากับวัตถุพิษในรูปของยาฆ่าแมลง เช่น lead arsenate อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันนี้มีการใช้ lead arsenate ในทางเกษตรกรรมน้อยลง นอกจากนี้ตะกั่วที่พบในอาหารอาจติดมากับ ingredients ที่ใช้ เช่น น้ำตาล ทั้งนี้จากการศึกษาของ Morris และคณะ ได้นำตัวอย่างน้ำตาลมาตรวจวิเคราะห์ พบว่า มีสารตะกั่วปนเปื้อนในน้ำตาลแต่ปริมาณที่พบต่ำ กล่าวคือ น้ำตาลทรายดิบพบตะกั่ว 0.102 ppm. และ refined sugar พบตะกั่ว 0.034 ppm. นอกเหนือจากมลภาวะและสิ่งแวดล้อมแล้ว ตะกั่วอาจติดมากับอาหารกระป๋อง ในระหว่าง canning process ได้อีกด้วย สำหรับกรณีของอาหารที่มีการแปรรูปนั้น ตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารอาจเกิดขึ้นในระหว่างขบวนการแปรรูป ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วซึ่งอาจติดอยู่ตามท่อ กระทะ หรือหม้อต้ม อาจปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (นิยม บุญยโชติมงคล, 2537)

2.4 บอแรกซ์

2.4.1 ความหมาย

บอแรกซ์ (Borax) มีสูตรทางเคมีว่า $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมบอเรต (Sodium borate) โซเดียมเตตราบอเรต (Sodium tetraborate) โซเดียมไบบอเรต (Sodium bitorate) โซเดียมพัยโรบอเรต (Sodium pyroborate) โซเดียมเตตราบอเรต เดคาไฮเดรท (Sodium tetraborate decahydrate) ไดโซเดียมเตตราบอเรต เดคาไฮเดรท (Disodium tetraborate decahydrate) เป็นสารเคมีที่เป็นเกลือของสารประกอบโบรอน ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะละลายเป็นผงได้ หลอมเหลวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 75°C สามารถละลายได้ในน้ำเดือดและกลีเซอรอล แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ เมื่อละลายน้ำมี pH ประมาณ 9.5 โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า “ผงกรอบหรือผงเนื้อนุ่ม” เนื่องจากบอแรกซ์เป็นวัตถุเจือปนที่ห้ามใช้ในอาหารทุกชนิดสารนี้เป็นพิษทำให้เกิดระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินอาหาร ถ้ารับประทานมากๆ เป็นประจำยังมีผลก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อร่างกายและอาจถึงตายได้นอกจากบอแรกซ์จะมีคุณสมบัติทำให้อาหารกรอบหรือทำให้เหนียวแล้ว ยังระงับการเจริญเติบโตหรือการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย ในวงการแพทย์สมัยก่อนเคยมีผู้นำสารนี้มาใช้ชำระล้างแผล ทั้งภายนอกและภายใน เช่น ใช้ล้างช่องคลอดที่เกิดอักเสบ แต่ปัจจุบันในวงการแพทย์เลิกใช้แล้ว เนื่องจากมีสารอื่นที่มีคุณภาพดีกว่าและปลอดภัยกว่า ถ้าร่างกายได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณ 5-10 กรัม จะมีผลทำให้ท้องเสีย ท้องร่วง อาเจียนรุนแรง ซึ่อกและตายในที่สุด

ในประเทศไทยห้ามใช้บอแรกซ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 พ.ศ.2522 เนื่องจากเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

2.4.2 การควบคุมสารบอแรกซ์ ในประเทศไทยได้มีการตรวจพบการใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารมานาน จนกระทั่งในปี พ.ศ.2498 กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ประกาศชี้แจงให้ประชาชนทราบถึงพิษภัยของบอแรกซ์เป็นครั้งแรก ต่อมากองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้รายงานการตรวจพบบอแรกซ์ในผงชูรส พบว่ามีบอแรกซ์ปลอมปนอยู่มากถึงร้อยละ 78.75 ของตัวอย่างผงชูรสทั้งหมด ดังนั้น กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ออกประกาศกำหนดให้กรคบอริคและบอแรกซ์เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 22 พ.ศ.2507 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร พ.ศ.2507 ซึ่งต่อมาได้ปรับปรุงแก้ไขให้เป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2522) และประกาศฉบับที่ 151 (พ.ศ.2536) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 ตามลำดับนอกจากนั้น กระทรวงอุตสาหกรรมได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 41 (พ.ศ.2531) จัดให้บอแรกซ์เป็นวัตถุมีพิษ และสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค สำนักนายกรัฐมนตรี ได้ประกาศกำหนดให้ระบุบนฉลากของสารบอแรกซ์ว่า “บอแรกซ์ อันตราย ห้ามใช้ผสมอาหาร” ด้วยตัวอักษรสีแดง บนพื้นสีขาว ในปี พ.ศ.2527 และในปีเดียวกันนั้นเอง กระทรวงสาธารณสุขประกาศให้ยาที่มีกรคบอริค และบอแรกซ์ผสมอยู่ ต้องแสดงคำเตือน ห้ามใช้ยานี้มากเกินไป หรือนานเกินไป เพราะอาจเกิดอันตรายได้ ห้ามใช้กับผิวหนังของเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 3 ปี ห้ามใช้กับผิวหนังที่แตก ถลอก หรือเป็นแผล ในส่วนของกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดให้สารบอแรกซ์เป็นโทษภัณฑ์ควบคุม ตามกฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 18 (พ.ศ.2528) ซึ่งผู้ผลิตหรือผู้นำเข้า และมีสารบอแรกซ์ไว้ในครอบครองจะต้องทำรายงานประจำเดือนแสดง ชนิด ประเภท ปริมาณ สถานที่เก็บรายชื่อ และที่อยู่ของผู้ซื้อ ต่อมาภายหลังปี พ.ศ.2534 ทางกระทรวงพาณิชย์ได้มีพระราชกฤษฎีกา ยกเลิกพระราชกฤษฎีกาควบคุมโทษภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีการระบาดของสารบอแรกซ์ในอาหารขึ้นอีกจากข้อมูลของกรมศุลกากร พบว่าภายหลังจากที่มีการยกเลิกพระราชกฤษฎีกาควบคุมโทษภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ได้มีการนำเข้าสารบอแรกซ์เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย โดยเฉพาะข้อมูลนับจากปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2542 ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวเลขจำนวนและมูลค่าการนำเข้าบอแรกซ์ปี พ.ศ.2539 - พ.ศ.2542

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)
2539	10,940,799	171,773,166
2540	12,764,857	212,298,700
2541	12,112,974	264,654,633
2542	7,259,449	141,453,583

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2543

ในการนี้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างอาหารตรวจสอบบอแรกซ์อย่างสม่ำเสมอ และได้มีการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ ห้ามใช้สารบอแรกซ์ในอาหารด้วย การใช้สารบอแรกซ์ผสมอาหาร ผู้ผลิตมีโทษฐานผลิตอาหารไม่บริสุทธิ์ มีโทษจำคุกไม่เกิน 2 ปี หรือปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ซึ่งในรอบหกเดือนแรกของปี พ.ศ.2541 มีผู้ฝ่าฝืนกระทำผิดจำนวน 5 ราย

2.4.3 การปนเปื้อนของบอแรกซ์ในกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากสารบอแรกซ์มีคุณสมบัติทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) กับสารประกอบอินทรีย์โพลีไฮดรอกซี (Organic polyhydroxy compound) ทำให้เกิดลักษณะหุ่่น กรอบ และยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย จึงเกิดการนำเอาสารบอแรกซ์ผสมลงไปในกลุ่มชั้น หมูยอ ทอดมัน ไส้กรอก แป้งกรอบ ลอดช่อง ผงวุ้น ทั้บติมกรอบ ผักและผลไม้ดอง เพื่อให้อาหารเหล่านั้นมีลักษณะกรอบ แข็ง คงตัวอยู่ได้นานและพบว่ามี การนำเอาบอแรกซ์ไปละลายน้ำแล้วทาหรือชุบลงในเนื้อหมู เนื้อวัว เพื่อให้ดูสด นอกจากนี้ยังใช้ปลอมปนในผงชูรส เนื่องจากสารบอแรกซ์มีลักษณะภายนอกเป็นผลึกคล้ายคลึงกับผลึกของผงชูรส

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการตรวจพบแบคทีเรียในอาหารต่างๆ ของกองอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ชนิดอาหาร	ปี 2541 ตย.ทั้งหมด/ตรวจพบ (%)	ปี 2542 ตย.ทั้งหมด/ตรวจพบ (%)	ปี 2543 (ถึง ก.ค.) ตย.ทั้งหมด/ตรวจพบ (%)
1. เนื้อหมู, เนื้อวัว และผลิตภัณฑ์	62/43 (69.35)	84/46 (54.76)	37/1 (2.70)
2. เนื้อไก่และ ผลิตภัณฑ์	8/5 (62.5)	16/9 (56.25)	10/6 (60.00)
3. เนื้อปลาและ ผลิตภัณฑ์	15/13 (86.7)	32/24 (75.00)	27/7 (25.93)
4. ขนมหวาน, ผลไม้ ดอง	24/22 (91.67)	164/57 (34.76)	5/3 (60.00)

ที่มา: www.charpa.co.th

2.4.4 อันตรายจากสารบอแรกซ์ สารบอแรกซ์มีชื่ออื่นว่าผงกรอบ นำไปประสานทอง สารข้าวตอก ผงกันบูด และแป้งเซ เป็นวัตถุต้องห้ามใช้ในอาหาร แต่ในปัจจุบันบอแรกซ์ยังคงเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจากพ่อค้า แม่ค้า มีปัญหาเกี่ยวกับการถนอมอาหาร เพราะจะต้องเตรียมอาหารไว้จำหน่ายตลอดวันและต้องคำนึงถึงราคา จึงเกิดการใช้ส่วนประกอบอาหารคุณภาพต่ำ นอกจากนี้สภาพอากาศที่ร้อนชื้นทำให้อาหารเสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้นจึงต้องหากรรมวิธีในการถนอมอาหารให้ดูใหม่ สด กรอบ อยู่นาน และสามารถกลบเกลื่อนรูปลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ของอาหาร เช่น เศษหมูติดมันบดให้ดูแข็งเป็นก้อนเหมือนเนื้อหมูแดงบดซึ่งสารบอแรกซ์มีคุณสมบัติทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารประกอบอินทรีย์ในอาหาร ทำให้อาหารนั้นมีลักษณะหยุ่น กรอบ คงตัวอยู่ได้นานและยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย บอแรกซ์ เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร หากบริโภคเข้าไป จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย โดยเฉพาะไต จะเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ทำให้เกิดกรวยไตอักเสบ เนื่องจากการสะสมของบอแรกซ์ และหากร่างกายได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณมาก จะทำให้เกิดภาวะอาหาร และไตอักเสบ มีอาการคลื่นไส้อาเจียน ปวดท้อง อุจจาระร่วง ตับถูกทำลาย อาจชัก หมดสติ โดยเฉพาะในเด็ก และคนชราอาจถึงตายได้ ผู้ฝ่าฝืนใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารจะมีความผิดตามกฎหมายโทษฐานผลิตอาหาร ไม่บริสุทธิ์ มีโทษปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือจำคุก 1 ปี หรือทั้งจำทั้งปรับ (www.anamai.moph.go.th)

2.4.5 กลไกการเกิดพิษของบอแรกซ์ สารบอแรกซ์สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ได้รับสารนี้เป็นประจำ พิษของบอแรกซ์มีผลต่อเซลล์ของร่างกายเกือบทั้งหมด เมื่อร่างกายได้รับเข้าไปทำให้เกิดความ

ผิดปกติรุนแรงมากขึ้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของบอแรกซ์ที่ร่างกายได้รับและเกิดการสะสมในอวัยวะ โดยเฉพาะไตเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดอาการจะปรากฏให้เห็นภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนกระเพาะอาหาร ถ้าใส่จะอักเสบ ตับถูกทำลาย สมองบวมซ้ำและมีอาการคันของเลือด อาการทั่วไปมีไข้ ผิวหนังมีลักษณะแตกเป็นแผลบวมคล้ายถูกน้ำร้อนลวก อาจมีปัสสาวะออกน้อยหรือไม่ออกเลย เนื่องจากสมรรถภาพการทำงานของไตล้มเหลว โดยแบ่งพิษจากปริมาณที่ได้รับดังนี้

กรณีได้รับบอแรกซ์ในปริมาณมากทำให้เกิดอาการเฉียบพลัน โดยมีอาการดังนี้ คลื่นไส้ อาเจียน ถ้าใส่และกระเพาะเกิดการระคายเคือง อูจจาระบางครั้งอาจมีเลือดปนออกมากับอุจจาระอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ หงุดหงิด มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติได้เนื่องจากประสาทส่วนกลางถูกกด และตายได้ ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผม่ว่ง หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตลดลง อาจมีอาการช็อกหมดสติได้ มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติ ตับและไตอักเสบ ปัสสาวะน้อย จนกระทั่งไม่มีปัสสาวะ

กรณีได้รับบอแรกซ์ในปริมาณไม่มากแต่ได้รับบ่อยเป็นเวลานานอาจมีอาการเรื้อรังดังนี้อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร น้ำหนักลด คลื่นไส้ อาเจียน ปากเปื่อย เยื่อเมือกภายในปากแห้ง ผิวหนังแห้ง อักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผม่ว่ง หนังตาบวม เยื่อตาอักเสบ ระบบสืบพันธุ์เสื่อมสมรรถภาพ ตับและไตอักเสบ ปัสสาวะน้อย จนกระทั่งไม่มีปัสสาวะ

- ในผู้ใหญ่ ขนาดที่ทำให้เกิดพิษ 5-10 กรัม ขนาดที่ทำให้ตาย 15 -30 กรัม
- ในเด็ก ขนาดที่ทำให้เกิดพิษและตาย 4.5-14 กรัม โดยการเกิดจะเกิดขึ้นภายใน 2 - 3 วัน

(www.fda.moph.go.th)

2.5 ทฤษฎีเครื่องมือ

2.5.1 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry:AAS)

เทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี หรือ AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุชนิดหนึ่งที่สามารถทำได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ ซึ่งได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ และมีสภาพไวสูง เป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมากเพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆได้ถึง 67 ธาตุในสารตัวอย่างเกือบทุกชนิด ตัวอย่างธาตุเหล่านี้ได้แก่ Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Fe, Co, Mn, Ni, Ag, Au, Pb, Ca, Sn, As, Ge, Se, Te, Ru, Hg, Si ฯลฯ นับว่าใช้งานได้กว้างขวางและมีประสิทธิภาพสูง

ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีต่างๆ ของการใช้ อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมในการวิเคราะห์ทางสเปกโทรสโคปี ได้แก่ เทคนิคคลอริเมตรี (Colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี (Atomic Absorption Spectrophotometry) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี ขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอิมิสชัน ที่ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

2.5.1.1 หลักการของอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี

อะตอมมิคแอบซอร์พชันเป็นขบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุที่ดูดกลืนแสงได้ดี ที่ความยาวคลื่น โดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ ความยาวของคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของอะตอม โซเดียมเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็นเส้นสเปกโทรสโคปิก (spectroscopic line) ของอะตอมมิคสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องเกิดการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนไปเป็นไอ (vaporition) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม (atomization) หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้นหรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

เมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกฉีกเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองของแก๊สผสมของเหลว (gas-liquid aerosol) กลายเป็นละอองของแก๊สผสมของ (solid-gas aerosol) แก๊สและสารโมเลกุลของสารตัวอย่างตามลำดับ เมื่อโมเลกุลได้รับความร้อนที่เหมาะสมจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสงจากแหล่งภายนอกที่มีความยาวคลื่นเฉพาะสำหรับอะตอมนั้นๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระดังสมการ

$$A = \log I_0/I_t = Knt$$

โดย

A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

K = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของอะตอมที่มีความยาวคลื่นที่

กำหนด

n = จำนวนอะตอมที่มีพลังงานต่ำ/มล.

t = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มข้นของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกินไปทำให้อะตอมอิสระบางส่วนกลายเป็นอะตอมพลังงานสูง และแตกตัวเป็นไอออนซึ่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ยังมาจากแสงจากสีของเปลวไฟ แสงที่ปล่อยจากอะตอมของสารรบกวนแสงที่ปล่อยออกมาจากอะตอมอิสระพลังงานสูง ตลอดจนการดูดกลืนแสงจำเพาะโดยสารรบกวน ดังนั้นจึงลดความผิดพลาดเหล่านี้ โดยเทคนิคต่างๆ ตามความเหมาะสมต่อไป

2.5.1.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้เทคนิคเฟลมอะตอมไมเซชัน (Flame Atomicization Technique) เทคนิคนี้ใช้ขบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้เทคนิคอะตอมไมเซชันแบบไร้เปลวไฟ (Flameless Atomicization Technique และ Non-Flame Atomicization Technique) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้ขบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถใช้โปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆ กัน และใช้เวลาต่างๆ กันได้

3. ใช้เทคนิคไฮไดรด์เจเนเรชัน (Hydride Generation Technique) เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่กลายเป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้

4. ใช้เทคนิคไอเย็น (Cold Vapor Generation Technique) สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ตัวอย่างเช่นปรอท จึงใช้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

2.5.1.3 ลักษณะของเปลวไฟ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเปลวไฟค่อนข้างซับซ้อน ควรศึกษาถึงลักษณะของเปลวไฟ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกชนิดของเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศและเชื้อเพลิง ความสูงของเปลวไฟเหนือตะเกียง (burner) ที่ใช้เป็นแหล่งของอะตอมอิสระ (atom reservoir) และชนิดของตะเกียง

เปลวไฟทำหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. ใช้ในการเปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์ของเหลวหรือของแข็งที่อยู่ในรูปซัลเฟนชันไปเป็นแก๊ส

2. ใช้ในการย่อยสลายประกอบของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็นอะตอมอิสระ

3. ใช้ในการผลิตอะตอมอิสระที่ภาวะเร้า เช่น ใช้ในเฟลมโฟโตเมตริ

เปลวไฟที่ดีจะต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุแต่ละอย่าง

2. เฟลมแบคกราวนด์ (flame background) ต้องไม่รบกวนในการวัดความยาวคลื่นที่สนใจ

เปลวไฟที่นิยมใช้โดยทั่วไปในเฟลมโฟโตเมตริและอะตอมมิโกบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ได้แก่ อากาศ/โพรเพน (อากาศ/บิวเทน) อากาศ/อะเซทีลีน ไนตรัสออกไซด์/อะเซทีลีน และอากาศ/ไฮโดรเจน (อาร์กอน/ไฮโดรเจน)

อากาศ/โพรเพน ให้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ ประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนพอที่จะทำให้อะตอมอิสระของธาตุได้หลายธาตุ ถ้าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ดำรงอยู่ในของผสมที่มีส่วนประกอบหรือ โครงสร้างซับซ้อน ธาตุนั้นอาจเกิดสารประกอบทนไฟ เช่น รีแฟรกทอริกออกไซด์ (refractory oxide) อยู่ภายในเปลวไฟเมื่อเปลวไฟนั้นร้อนไม่พอที่จะทำให้สารประกอบนั้นแตกตัวอย่างสมบูรณ์

อากาศ/อะเซทิลีน เป็นเปลวไฟที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน AAS เปลวไฟชนิดนี้มีอุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุทรานซิชัน สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

ในครัสออกไซด์/อะเซทิลีน เป็นเปลวไฟที่ให้ความร้อนมากที่สุด มีอุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส นิยมใช้เปลวไฟชนิดนี้สำหรับการเกิดอะตอมอิสระของธาตุที่สามารถเปลี่ยนเป็นอะตอมได้ยาก และธาตุที่หายาก (rare-earth element)

เปลวไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโดรเจน หรืออาร์กอน-ไฮโดรเจน เปลวไฟนี้ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง แก๊สไฮโดรเจนเองติดไฟได้โดยมีอากาศเป็นตัวช่วย เปลวไฟนี้จะใช้ในกรณีที่ใช้เทคนิคไฮโดรเจนเนชัน หรือใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Zn, Pb, Cd, และ Sn ซึ่งใช้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น แบบการรบกวนแอมบอร์พชัน (Background Absorption) จะต้องค่าเปลวไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโดรเจนจึงเหมาะสมที่สุด แต่มีข้อเสียที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำทำให้มีการแทรกสอดมากขึ้น

2.5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ใน AAS

การวิเคราะห์ปริมาณ โดยเครื่องอะตอมมิกแอมบอร์พชันคล้ายกับเครื่องสเปกโทรสโคปีในรูปแบบอื่นๆ โดยกฎของเบียร์อธิบายว่า ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนนั้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของสารตัวอย่างของส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิกแอมบอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้แก่ แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ โมโนโครมาเตอร์ ดีเทคเตอร์ เครื่องประมวลผลและอ่านผล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1.4.1 แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ (light source)

โดยการใช้แหล่งของคลื่นแสงที่คายเส้นสเปกตรัมซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับเส้นสเปกตรัมที่ถูกดูดกลืน โดยสารนั้นนอกจากนี้ความกว้างของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งของแสงยังใกล้เคียงกับความกว้างที่ได้จากการดูดกลืนของแสงนั้น โมโนโครมาเตอร์ที่ใช้ในการกระจายแสง จึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถแยกคลื่นแสงสูง แหล่งของคลื่นแสงที่คิดค้น โดย Walsh มีชื่อว่า หลอดขอลโลแคโทด (Hollow cathode lamp ; HCLS) ยังเป็นที่นิยมกันใช้มากในปัจจุบัน

ลักษณะของหลอดขอลโลแคโทดจะประกอบด้วยขั้วแคโทดซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวง หรือรูปถ้วยแล้วฉาบด้วยโลหะและผงโลหะที่ต้องการจะให้ถูกกระตุ้นเพื่อจะให้ได้สเปกตรัมที่มีเส้นเรโซแนนซ์ (resonance line) ส่วนขั้วแคโทดทำด้วยโลหะนิกเกิลและทังสเตน หรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเล็กๆ ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยน็อนหรืออาร์กอนที่มีความดันประมาณ 4-10 torr. ส่วนวินโดว์ (window) อาจเป็นแก้วไพเร็กซ์หรือควอร์ตซ์ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวีวินโดว์ต้องทำด้วยควอร์ตซ์และที่สำคัญวินโดว์จะต้องสะอาดเสมอ การใช้หลอดขอลโลแคโทดควรจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-30 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้ามากๆ จะทำให้อายุของหลอดสั้น แต่ได้แสงที่มีความเข้มสูง

2.5.1.4.2 ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (The Atomization Process หรือ Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นจะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมอิสระของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอมอิสระเป็นตัวดูดกลืนแสงที่จะทำการวัดโดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้ได้ผลดีเพียงใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับเกิดการอะตอมอิสระภายใต้เปลวไฟประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เนบิวไลเซชัน (Nebulization) เป็นขบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็กๆ ด้วยเครื่องที่เรียกว่า เนบิวไลเซอร์ (Nebulizer)
2. ครอพเพิลตพรีซิพิตชัน (Droplet precipitation) เป็นขบวนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโคโมไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง
3. มิกซิง (Mixing) เป็นขบวนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิแดนซ์ (oxidant) ในสเปรย์แชมเบอร์ (spray chamber)
4. ดีโซลเวชัน (Desolvation) เป็นขบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ
5. สารประกอบแตกตัว (Compound decomposition) เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์ เป็นโมเลกุล เป็นอะตอมอิสระ บางครั้งเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชัน

โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่องแก๊สที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิแดนซ์จะผ่านเวนจูรี (venturi) เข้าไปในเนบิวไลเซอร์จะทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราเร็วตามที่ต้องการ เพื่อให้สารละลายที่พ่นไปกับลูกแก้วกลม (glass bead) ละอองเล็กๆ ซึ่งเป็นแบบเดียวกันจะเข้าไปยังเปลวไฟเพื่อเผาให้สลายตัวเป็นอะตอมอิสระของธาตุ

2.5.1.4.3 โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) หรือฟิลเตอร์ (Filter)

เครื่องมือที่ใช้เทคนิคนี้จะต้องประกอบด้วยเครื่องกระจายแสงหรือแยกคลื่นแสงที่มีคุณภาพดีให้แถบคลื่นที่แคบสามารถแยกสเปกตรัมของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมอิสระของธาตุที่วิเคราะห์ได้ ปกติมักใช้เกรตติ้งโมโนโครเมเตอร์ (grating monochromator) แต่ในการวิเคราะห์ธาตุอัลตราไวโอเล็ตซึ่งมีสเปกตรัมที่แคบมีไม่กี่เส้นปรากฏในช่วงวิสิเบิลอาจใช้ฟิลเตอร์ที่ทำด้วยแก้วแทนโมโนโครเมเตอร์ได้ และนิยมใช้ตัวกรองแบบแทรกสอด

2.5.1.4.4 ดีเทคเตอร์ (Detector)

ใช้วัดความเข้มแสงที่ผ่านออกมาจากสารตัวอย่างที่วิเคราะห์มักนิยมใช้หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เป็นเครื่องวัดความเข้มแสง

2.5.1.4.5 เครื่องประมวลผลและอ่านผล (Data system and read-out units)

เป็นส่วนแสดงค่าแอมพลิจูดเบนซ์ที่วัดได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในพ.ศ.2530 ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์,เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และเรวัต ทักษิณะมณี ได้ทำการศึกษา การตรวจสอบวัด โลหะและสารพิษในอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจากการตรวจวัดปริมาณ nitrite โดยวิธี Colorimetry การตรวจวัด arsenic(As) calciu(Ca), magnesium(Mg), manganese(Mn), zinc(Zn), copper(Cu), iron(Fe), potassium(K), sodium(Na), และlead(Pb)โดยใช้ atomic absorption spectrophotometer ในอาหารที่ซุ่มเก็บในทุกจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมเป็นอาหาร 56 ชนิดรวม 1978 ตัวอย่างพบสารอาหารและสารพิษในอาหารสดดังนี้ As พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดแดง (321.11 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในเส้นขนมจีน(1.26 มก./กก.) Ca พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (23.56 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในกระเทียมสด (0.มก./กก.) Cu พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (3521.26 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในผักกาดหอม (45.84 มก./กก.) Fe พบมากที่สุดในเส้นขนมจีน (18.97 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในองุ่นแดง (0.27 มก./กก.) K พบมากที่สุดในปลาช่อนแห้ง (664 มก./กก.) พบ น้อยที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (11.8 มก./กก.) Mg พบมากที่สุดในกะปิ (164.41 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในเส้นขนมจีน (35.82 มก./กก.) Mn พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (536.76 มก./กก.) พบมากที่สุดใน หมูแผ่น (0.86มก./กก.) Na พบมากที่สุดในกะปิ (2229.26 มก./กก.)พบน้อยที่สุดในกล้วยตาก (9.86 มก./กก.) nitrite พบมากที่สุดใน ซอสแดง (17.มก./กก.) พบมากที่สุดในปลาป่น (0.22 มก./กก.) Pb พบมากที่สุดใน ปูนกินหมากชนิดขาว (8.15 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในน้ำปลา (0.19 มก./กก.) Zn พบมากที่สุดในกะปิ (183.95 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (11.13 มก./กก.)

ในพ.ศ.2531 ทิพวัลย์ คำเหม็ง ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในอาหารที่ผลิตจากภาค ตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย พบว่าในกุ้งเชียงมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง (0.16 ± 0.2)-(1.81 ± 0.21) ppm ในแหนมมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง (0.08 ± 0.06)-(1.29 ± 0.19) ppm จากตัวอย่างอาหารทั้งหมด 51 ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์พบว่า อาหารจำนวน 43 ตัวอย่างมีตะกั่วอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า 1 ppm และมีเพียง 8 ตัวอย่างที่มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 1 ppm คือ กุ้งเชียง 7 อย่างและในแหนม 1 อย่าง สำหรับในหมูยอทุกอย่าง มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 1 ppm จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่แล้วปริมาณตะกั่วในอาหารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กำหนด คือในอาหารจะมีตะกั่วได้ไม่เกิน 1 ppm

ในพ.ศ. 2532 ศิริมาศ รัตนวรรณกุล ได้ทำการศึกษาโลหะหนักในอาหารของเด็กวัยก่อนเรียนพบ ว่าเมื่อนำตัวอย่างอาหาร ที่ใช้ในการวิจัยมาจัดแยกเป็น 3 ประเภท ตามขนาด โรงเรียนอนุบาลขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ปรากฏว่าปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในตัวอย่างอาหารมีปริมาณไปในแนว เดียวกัน คือ มีปริมาณแมงกานีส > ตะกั่ว > ทองแดง > แคดเมียม และปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในตัวอย่างอาหาร มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอาหารของประเทศไทยและต่างประเทศ

ในพ.ศ.2534 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ทำการ ศึกษา สีสังเคราะห์ในขนมอบกรอบ พบว่าจาก ตัวอย่างขนมอบกรอบจำนวน 476 ตัวอย่าง พบใช้สีสังเคราะห์ 398 ตัวอย่างไม่เข้ามาตรฐาน 20 ตัวอย่าง เนื่องจากใช้สีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหาร 3 ตัวอย่าง และอีก 17 ตัวอย่าง จัดเป็นอาหารที่ห้ามผสมสี (ได้แก่อาหารประเภทข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ฯลฯ ซึ่งห้ามใช้สีสังเคราะห์เพราะถือว่าเป็นการ

หลดอกวางให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดในผลิตภัณฑ์) คิดเป็นปริมาณที่พบสีสังเคราะห์ร้อยละ 84 พบอาหารห้ามผสมสีร้อยละ 1 และพบสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารร้อยละ 4

ในพ.ศ.2535 สมจิต นิยม ได้ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักของอาหารหาบเร่ แผงลอยที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร พบว่า อาหารคาวประเภทลูกชิ้นเนื้อปิ้ง ของหวานประเภทขนมเบื้องและเครื่องคัมประเภทน้ำส้มคั้นมีค่าสูงสุดของตะกั่วเป็น 1.85, 1.51 และ 0.44 มก./กก. ตามลำดับ อาหารคาวประเภทไส้กรอกอีสาน ของหวานประเภทขนมเบื้องและเครื่องคัมประเภทโอเลี้ยง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของเหล็กเป็น 23.53, 80.08 และ 6.67 มก./กก.ตามลำดับ อาหารคาวประเภทน้ำพริกกะปิ ของหวานประเภทถั่วคัมและเครื่องคัมประเภทโอเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียมเป็น 0.18, 0.17 และ 0.03 มก./กก. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารคาว จำนวน 6 ชนิด จาก 14 ชนิด และของหวาน 3 ชนิด จาก 7 ชนิด มีปริมาณตะกั่วเกินกว่า 1 มก./กก. ขณะที่เครื่องคัมทุกชนิดที่วิเคราะห์มีปริมาณตะกั่วต่ำกว่า 1 มก./กก.

ในพ.ศ.2531 ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล, ลัดดาวัลย์ โรจน์พันทิพย์ และประกาย บริบูรณ์ ได้ทำการศึกษาโลหะหนักในอาหารไทย พบว่า ปริมาณในอาหารทั่วไปที่ไม่ใช่อาหารทะเลสูงเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 20 อย่าง (3.6%) พบในตะกั่วสูงเกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 97 อย่าง (17.2%) และพบทองแดงสูงเกิน 20.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 5 ตัวอย่าง (0.9%) และพบการปนเปื้อนของโลหะตะกั่วและแคดเมียมในอาหารไทยสูงกว่าอาหารฟินแลนด์ นอกจากนี้พบว่า Daily Dietary Intake ของโลหะหนักเป็นพิเศษ (ปรอท, ตะกั่ว, สารหนูและแคดเมียม) ในอาหารไทยต่ำกว่าของสหรัฐอเมริกา (FDA)

ในพ.ศ.2531 ชุติมา กุญ์สมุทร, อนุชิต โอสถาเลิศ และ คงศักดิ์ ชัยรัตนศักดิ์ ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณบอแรกซ์ ในเนื้อสัตว์แปรรูปประเภทลูกชิ้นตามท้องตลาดเขต อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ฆีมันสด พบว่าตรวจพบบอแรกซ์จำนวน 26 ตัวอย่าง ปริมาณที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.6081- 4.4626 มก./ กก. และพบตัวอย่างลูกชิ้นเนื้อวัวจะมีปริมาณบอแรกซ์สูงสุด รองลงไปเป็นลูกชิ้นปลา ตัวอย่างลูกชิ้นปลาและเนื้อวัวจากตลาดทั้ง 3 แห่งและสหกรณ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบบอแรกซ์ทุกตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างลูกชิ้นจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยขอนแก่น และซูเปอร์มาร์เก็ตตรวจไม่พบ

ในพ.ศ.2534 รัตนา มหาชัย และวิรัช ว่องพัฒนากุล ได้ทำการศึกษาการศึกษาสมบัติทางเคมีของสีผสมอาหารและการวิเคราะห์สีในอาหารบางชนิด พบว่าเมื่อวิเคราะห์สีในตัวอย่างอาหารทั้งหมด 65 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างน้ำหวาน 35 ตัวอย่าง พบว่าเกือบทุกตัวอย่างมีการใส่สีและเป็นสีผสมอาหารทั้งหมด ปริมาณสีที่ตรวจพบในหัวน้ำหวาน และน้ำหวานดงมีค่า 27.0-162.0 และ 2.9-39.5 มิลลิกรัมต่อ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณสีในหัวน้ำหวานมีค่าค่อนข้างสูงมากแต่เวลารับประทานเรามักเจือจางก่อน และสีที่ตรวจพบสีแดงเป็นสีคาร์เมอรินหรือปองซ์ 4 อาร์สีเหลืองหรือซันเซทเยล โกว์เอฟซีเอฟ หรือทาร์ทราซีนนอกนั้น เป็นสีผสมของแม่สีต่างๆ ในตัวอย่างผลไม้ดองและแช่อิ่มพบว่ามียู 33 เปอร์เซนต์ที่ใส่สีในอาหารกลุ่มนี้และเป็นสีผสมอาหารคิดเป็น 80 เปอร์เซนต์ ที่เหลือเป็นสีย้อมผ้าซึ่งจะเป็นอันตรายต่อร่างกายปริมาณสีมีค่า 18.6-232.2 มิลลิกรัมของอาหาร และได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะบางตัว ได้แก่ เหล็ก โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ในตัวอย่างอาหารทั้งหมดเช่นเดียวกับในตัวอย่างสี

พบว่าโลหะที่ตรวจพบในตัวอย่างที่สกัดจากผลไม้ดองและแช่อิ่มมีปริมาณธาตุเหล่านี้บ้างอาจเป็นเพราะธาตุเหล่านี้พืชใช้เป็นธาตุอาหาร

ในพ.ศ.2531 อุดมเกียรติ พรพรรณประเทศ ได้ทำการศึกษาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้สด ดอง และแช่อิ่มจากการสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้สด ดองและแช่อิ่ม พบว่าจำนวน 229 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี Modified Rankine พบว่ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 55 ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณที่พบในผักและผลไม้สด มีตั้งแต่ 4.5-180.8 มก. / กก. พบปริมาณสูงสุดในจิงหั่นฝอย ในผักผลไม้ดองและแช่อิ่มมีปริมาณตั้งแต่ 0.4-1229.2 มก. / กก. พบปริมาณสูงสุดในสับปะรดเชื่อมแห้ง

