

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการถอนอาหารโดยการหมักดอง

2.1.1 การหมักดอง เป็นวิธีการถอนอาหารโดยใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยจุลินทรีย์นั้นจะสร้างสารบางอย่างขึ้นมาในอาหารซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ได้ ผลของการหมักดองจะทำให้อาหารปลดภัยจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ และยังทำให้เกิดอาหารชนิดใหม่ ๆ ที่มีถักรสชาติเดียวกันเป็นการเพิ่ม กลิ่นและรสชาติของอาหารให้เปลี่ยนไปเป็นอย่างไรเป็นนุษย์รู้จักวิธีการหมักดองโดยมังเอิญจากการตั้งน้ำปลาไม่ว่าที่ไหนแล้วทำให้เกิดกลิ่นของแอลกอฮอล์น้ำปลาไม่นั้นไม่น่าเสีย และพบว่าถ้ารวดเป็นทำนมปั้งแล้วปล่อยไว้ค้างคืนเมื่อนำไปอบในเตาอบจะได้ขนมปังที่มีเนื้อนุ่มและขึ้นฟูரับประทานการคั้นพนี้ทำให้เกิดมืออาหารหมักดองประจำชาติของคนชาติต่างๆ ในโลกได้แก่ ผักกะหล่ำปลีหมัก ที่เรียกว่า เตาเวอร์เคราร์ท เป็นอาหารประจำชาติของชาวยุโรปนั้น อาหารหมักจากถั่วเหลืองพากซีอิว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ และซอสปรุงรสต่าง ๆ ของชาวจีนซึ่งเป็นประเภทเดียวกันกับมิโซของญี่ปุ่น และเหنمเป็นของชาวอินโด네เซีย ชาวเกาหลินนิยมน้ำผักหลายชนิดมาหมักรวมกันเรียกว่า กิมจิ และสำหรับอาหารหมักของคนไทยที่รู้จัก และใช้กันมานาน คือ น้ำปลาที่ได้จากการหมักปลา กะปิที่ได้จากการหมักกุ้ง แห่นม ไส้กรอกอีสานจากการหมักหมู ไก่คุ้มจากการคงไข่กับเกลือ รวมทั้งผักและผลไม้คงชนิดต่าง ๆ และอาหารหมักที่คุณหัวโภครู้จักดี คือ เหล้า และน้ำส้มสายชู

2.1.2 อาหารประเภทผักและผลไม้คง จุลินทรีย์ที่ใช้ คือ แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดแลกติก และตัวที่รู้จักกันคือซีอิ๊ว “แบคทีเรียแลกโทนาซิลลัส” ตัวเดียวกับที่ใส่ลงในยาคูลท์ ในขั้นตอนการทำ จะเติมเกลือลงในอาหารเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้แบคทีเรียชนิดที่ต้องการแบคทีเรียพกนีจะเปลี่ยนน้ำตาลกสูโคสในผักและผลไม้ให้กลายเป็นกรดแลกติกจะได้แอลกอฮอล์ออกม้าด้วย ตัวอย่างอาหารที่ได้คือ ผักกาดดอง แตงกวาดอง มะนาวดอง ถั่วงอกดอง หน่อไม้ดองเป็นต้นอาหารที่ได้เหล่านี้จะมีรสเปรี้ยวและสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสีย เนื่องจากแบคทีเรียชนิดอื่นที่ทำให้เกิดการเน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และเมื่อมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นถึงระดับหนึ่ง แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลกติกนี้จะหยุดการเจริญเติบโตด้วย การเก็บอาหารประเภทนี้ไว้นาน ๆ แม้จะไม่เกิดการเน่าเสีย แต่อาจทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวจัดเกินไป และอาจมีสีสันและกลิ่นเปลี่ยนไปทำให้ไม่น่ารับประทาน (เปร็มใจ อารี, 2540)

2.2. สีผสมอาหาร

2.2.1 สีผสมอาหาร สีผสมอาหารจัดเป็นวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้ หรือใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหาร สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ หมายความว่า อาหารที่รัฐมนตรีประกาศในราชกิจจานุเบกษาให้เป็นอาหารที่อยู่ในการควบคุมคุณภาพหรือมาตรฐานสีผสมอาหารนี้ใช้มาตั้งแต่โบราณกาลใช้กันทุกชาติ

ทุกภาษาทั่วโลก อาหารส่วนใหญ่จะมีสีผสมอยู่ช่วนให้รับประทานมากขึ้นอาหารบางประเภทคนบางคนเป็นเพียงเครื่องประทังชีวิต ให้อยู่รอดเท่านั้นสำหรับผู้มีอันจะกินมีฐานะคือ จะมีการเลือกสรรพิถีพิถันเป็นพิเศษนี้ การประดิษฐ์ประดอยหรือแกะสลักเป็นรูปลักษณ์ต่างๆแต่งแต้มสีสรรเพิ่มรสชาติให้อร่อยยิ่งขึ้นสีที่ใช้ผสมในอาหารนั้นมีทั้งสีสังเคราะห์และสีที่ได้จากการธรรมชาติ โดยการสักด JACK พิชและสัตว์ สีธรรมชาติที่ใช้กันมากได้แก่ สีเหลืองจาก ขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย ดอกโสน ลูกตาล และดอกกรรณิการ์สีแดง ฯลฯ ครั้ง มะเขือเทศสุก กระเจี๊ยบ คำแสด ฝาง หัวผักกาดแดง พริกแดง อ้งคั่ว ส้ม่วงจาก ดอกอัญชัน สีน้ำเงินจากการบีบมะนาวใส่ ดอกอัญชัน สีเขียวจากใบเตย ใบย่านางสีน้ำตาลจากน้ำตาลเคียวไหన เป็นต้น

(ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 21 พ.ศ. 2522)

2.2.2 ประเภทของสีผสมอาหาร แบ่งสีผสมอาหารออกเป็นสีอินทรีย์ สีอนินทรีย์ และสีที่ได้จากธรรมชาติโดยการสักด JACK พิชและสัตว์

สีอินทรีย์ได้จากการสังเคราะห์จำพวกสีแดง ได้แก่ บองโซ 4 อาร์ คาร์โนมิซินหรือเอ โซโรบิน เออริโธรซิน จำพวกสีเหลือง ได้แก่ สารตราเซ็น ชันเช็ตเยลโลว์เอฟชีเอฟ ไวไฟวิน จำพวกสีเขียว ได้แก่ พาสต์กรีนเอฟชีเอฟ จำพวกสีน้ำเงิน ได้แก่ อินดิโกคิโนบริคลีบินท์บลูเอฟชีเอฟ สีอนินทรีย์ ผงถ่านที่ได้จากการเผาพิช トイเตเนี่ยบออกไซด์ สีที่ได้จากการธรรมชาติโดยการสักด JACK พิชและสัตว์ เป็นสีที่ใช้ บริโภค ได้โดยไม่เกิดอันตราย สีที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น โคชินิล สีจากสารโกรดินอยด์ คลอโรฟิลล์ คลอโรฟิลล์คอปเปอร์คอมเพล็กซ์ ไม่มีโครคิดว่าสีผสมอาหารจะเกิดพิษได้ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1950 ที่ประเทศไทย สร้างเมือง พบผู้ป่วยเด็กมีอาการท้องร่วง เนื่องจากกินลูกกวาวาสีเข้มเข้าไปมาก ลูก gwaw นั้นย้อมด้วยสี FD&C Orange No.1 และผู้ป่วยเด็กอีกกลุ่มหนึ่ง ได้กินข้าวโพดคั่วที่ย้อมสี FD&D Red No.32 และเกิดอาการท้องร่วง เช่นกัน แน่และนาร์การินที่ใช้ย้อมด้วยสี FD&C Yellow No.4 นักวิทยาศาสตร์จึงเริ่มให้ความสนใจ สีผสมอาหาร เพราะอาจทำให้เกิดพิษก็ได้ ต่อมามีการทดสอบในสัตว์ทดลอง และพบว่ามีสีอีกนากมาย หลายตัว สามารถก่อให้เกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งตับ มะเร็งไต ได้ สีบางตัวทำให้เกิดความผิดปกติคือระบบประสาทส่วนกลาง เด็กๆที่ชอบรับประทานขนมสีเข้ม สีส้ม กจะมีอาการตื้นตัน อยู่ไม่สุข ไม่นิ่ง ไม่มีความอุดหนู นอนไม่ค่อยหลับ และสำคัญกว่านั้นคือ การพัฒนาเรียนรู้ช้า ไม่คิดแม้ว่าจะมี IQ สูง หรือปกติก็ตาม พิษกัยจากสีผสมอาหารจะไม่แสดงทันที อาจใช้เวลาเป็นสิบปี ที่จะก่อให้เกิดปัญหาคนส่วนใหญ่จึงมองข้าม ไม่ค่อยระวังหรือให้ความสำคัญเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม กระทรวงสาธารณสุขได้ ตระหนักถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จึงได้มีการกำหนดกฎหมายว่า 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 ปลา เก็บ กุ้ง แห้ง ลูกชิ้น แห Dunn กุนเชียง ได้กรอก หมูยอ ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา หอยดัน กะปิ น้ำพริกแกง ไม่ให้ใช้สี แม้แต่บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เส้นบะหมี่ แผ่นเกี๊ยว มักกะโรนี สาลาเก็ตตี้ ไม่ให้ใส่สียกเว้น ไอศกรีม ลูก gwaw ขันหมาก ใส่สีผสมอาหาร ได้ไม่เกิน 50 มก.หรือ 70 มก.ต่อ กิโลกรัมอาหารแล้วแต่ละชนิด ถึงแม้ว่า

กระทรวงสาธารณสุขจะออกประกาศไม่ให้ใส่สีในกุ้งแห้ง ลูกชิ้น กุนเชียง ไส้กรอก ข้าวเกรียบกุ้ง บะหมี่ กะปี ทอคัมัน น้ำพริกแกง แต่อาหารดังกล่าวยังพบว่ามีสีเจือปนโดยใช้สีในปริมาณที่มากเกินไป หรือใช้สีผิดประเภท ใช้สีข้อมผ้าแทนสีพิสูจน์อาหาร คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค เคยสำรวจเรื่องพบว่า มีผู้ใช้สีพิสูจน์อาหารที่ได้รับอนุญาตร้อยละ 40 ใช้สีข้อมผ้าร้อยละ 28 ใช้สีธรรมชาติร้อยละ 14 และ ไม่ทราบว่าใช้สีอะไร เพราะรับซ่าวงน้ำขายร้อยละ 18 และ ในสีจำพวกข้อมจะมีพวก โลหะหนักผสมอยู่ด้วย (<http://61.19.145.7/student/science401/chem/chem1/related.html>)

2.3 โลหะหนัก

2.3.1 ความหมาย

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตึ้งแต่ 5 ธาตุขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7 มี 68 ธาตุ มากจำนวนทั้งหมด 150 ธาตุ โลหะหนักส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันแต่สมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้โลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันไปเป็นสารปริมาณน้อย มีความสำคัญในการดำรงชีวิตแต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินก็จะทำให้เกิดพิษ ในอดีต โลหะหนักพบปนเปื้อน ในสิ่งแวดล้อม ไม่นานก็แต่ในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้มีการบันทึกของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ทำให้เกิดสารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิมและสามารถสะสมได้ในสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดไปตามทางโซ่ออาหาร ในที่สุด จะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินควร โลหะหนักเป็นสารอันตรายแต่มนุษย์ยังจำเป็นต้องนำมาใช้ในอุตสาหกรรมและชีวิตประจำวันอยู่เสมอ โลหะหนักที่นิยมนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ ซึ่ง โลหะหนักดังกล่าวจะซุกกำจัดทึ่งทางน้ำเสียและเขม่าควันไฟจากโรงงาน สำหรับอุตสาหกรรมถุงแร่และเหมืองแร่ก็อาจมีการปล่อยอนุภาคเล็กของตะกั่วและแคดเมียมด้วย นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิง ถ่านหินก็สามารถทำให้เกิดอนุภาคล่องลอยไปในอากาศได้ เช่น ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น โลหะที่ปัจจุบันมาจากสิ่งแวดล้อมแล้วมีผลกระทบมากถึงห่วงโซ่ออาหาร โลหะที่เป็นปัจจัยและปัจจุบันเป็นสู่อาหาร ได้แก่ ตะกั่ว, แคดเมียม, ปรอท, สารหนู และตะกั่ว

2.3.2 คุณสมบัติของตะกั่ว

คุณสมบัติทางกายภาพของตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงินหรือแกรนน้ำเงิน มีจุดหลอมเหลว 32.7 องศาเซลเซียส ตะกั่วยังถูกนำมาใช้การเชื่อมบัคกรี การผลิตสีข้อมเป็นต้น

คุณสมบัติทางเคมีของตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะสีเทาเงินหรือแกรนน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก ตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะลดพิษดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่เป็นค่างเนื่องจากอินทรีย์สารในดินอาจทำปฏิกิริยากับสารตะกั่วที่มีอยู่สารตะกั่วที่อยู่ในรูปสารประกอบ อินทรีย์ เช่น ในtered คลอรีต และสารประกอบอินทรีย์ซึ่งใช้เป็นสารเติมในน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น เบนซิน สารตะกั่วในบรรยายอาหารจากตะกั่วที่ใช้ผสม ในน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในการจุดระเบิดของ

น้ำมัน เมื่อน้ำมันเผาไหม้ในรถยนต์สารตะกั่วจะออกมากับไออกซีสารประกอบตะกั่วในน้ำมันสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลหลายกิโลเมตร และอาจทำให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อยู่ห่างไกลความจริงเกิดการปนเปื้อนได้นอกจากนี้สารตะกั่วสามารถถูกชะล้างออกจากบรรยายการได้โดยฝน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่วบรรยายการ เข้าทางผิวนาน ได้สารตะกั่วมีพิษมาก โดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมอง พิการส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้มีค่าเดือดแดงอายุ สั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไฟ ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ (www.school.net.th)

2.3.3 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานสากลและสุข กำหนดให้อาหารที่รับไว้มีตะกั่วให้ไม่เกิน 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
ไข่	0.2
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา: www.charpa.co.th

ราชพุกษ์โพล คณะสารารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รายงานถึงอันตรายจากการบริโภคอาหารว่างในโรงเรียน ในเขตกรุงเทพมหานคร ได้มีการเก็บตัวอย่างอาหารว่างหลายประเภท เช่น ลูก瓜ด ขันหมาก ผลไม้ดอง จากโรงเรียน 17 เขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานครจากผลการวิจัยยังพบตะกั่วปนเปื้อนอยู่ตัวอย่างอาหารที่สูงเกินมาตรฐานทั้งหมดอยู่ในระดับที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้รวมปริมาณตะกั่วที่เด็กอาจได้รับจากการบริโภคอาหารหลักอื่นๆรวมถึงจากบรรยายอาหารและถึงเวลาดื่มน้ำ ได้ว่าการรับประทานอาหารว่างของเด็กนักเรียนมีโอกาสเสี่ยงในการได้รับการปนเปื้อนของสารตะกั่ว ตกค้างอาจมีผลทำให้เกิดสภาวะเป็นกรดในร่างกายอย่างรุนแรงทำให้เส้นเลือดในสมองโป่งพองหรือเลือดออกในชั้นต่างๆ ของสมองได้ (www.kalathai.com)

2.3.4 อันตรายจากตะกั่วพิษเมียบพลัน พิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่ออยา แสดงอาการออกมาน้ำภายหลังจากได้รับสารตะกั่ว ที่จะไถอยเข้าสู่ของเหลวในร่างกาย และค่ออยา สะสมในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปีจึงแสดงอาการ ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพสัมผัสกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าทางใดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดง แทนที่เหล็ก ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วนไปสะสมในกระดูก ตะกั่ว จะเข้าไปแทนที่ แคลเซียม ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างกระดูกและฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟันทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) ฟันหดุด ได้ง่าย มีผู้วิจัยพบว่า ตะกั่วสามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 วัน และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาทสมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบคือ คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื้องอาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาทและสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาಥลอน ซึ่งไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าคล เป็นอัมพาต слับ และอาจตายได้

(นันทวัฒน์ โชคญาพิทักษ์, 2544)

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับตะกั่วที่เป็นพิษ

ระดับตะกั่ว	ระดับปกติ	ระรับเริ่มเป็นพิษ	ระดับแสดงอาการ
ระดับตะกั่วในเลือด μg/100 ml	10 - 20	100	7 - 10
ระดับตะกั่วใน ปัสสาวะ μg/lit	10 - 70	100	200 - 400
Coproporphyrin หน่วย/mg	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

- ในดิน สารตะกั่วที่พบในดินส่วนใหญ่มาจากยาฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ ในรูปของตะกั่วอาร์ซีเนต (Lead arsenate)

2. ในอากาศ แหล่งกำเนิดของตะกั่วในบรรยากาศ คือ ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสม โดยตะกั่วเจือปนออกมากับ ไอเสียรถยนต์ เนื่องจากตะกั่วถูกเติมลงในน้ำมันเบนซินในรูปของ lead alkyl compounds ซึ่งได้แก่ tetraethyl lead และ tetraethyl lead เพื่อช่วยป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ (antiknock) เมื่อน้ำมันเกิดการเผาไหม้อุณหภูมิและความดันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ tetraalkyl lead ถูกเปลี่ยนไปเป็น oxide ของตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์นี้จะถูกกรีดไว้ให้กล้ายเป็นโลหะตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจไปเกาะอยู่ในเสื้อสูบของเครื่องยนต์ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้จึงมีการเติมสารอินทรีย์ของไประโนï และคลอร์ไรด์ลงไปด้วยสารที่เติมโดยทั่วไป ได้แก่ ethylene cibromide และ ethylene dichloride ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้ของ tetraethyl lead และ tetramethyl lead จะเปลี่ยนไปเป็นตะกั่วคลอร์ไรด์ และตะกั่วไประโนï ซึ่งเป็นสารที่เสถียร และระหว่างการเผาไหม้จะขับออกมากจากเครื่องยนต์ทางท่อ ไอเสีย สำหรับปริมาณสารตะกั่วที่เติมลงไปในน้ำมันเบนซินนี้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2512 ถึง พ.ศ.2527 ประเทศไทยได้กำหนดปริมาณสารตะกั่วในน้ำมันเบนซินไว้สูงกว่า 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 โดยในเมืองกับบริเวณที่ห่างไกลออกไปจะมีปริมาณสารตะกั่วที่แตกต่างกันและมีความเข้มข้นของปริมาณสารตะกั่วในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มของปริมาณยานพาหนะที่แฉ่นบนถนน (ความคับคั่งของการจราจร) บริเวณที่พบว่ามีความเข้มของตะกั่วสูงสุด คือ บริเวณใกล้กับแหล่งที่เป็นพิษในปี พ.ศ.2524 สำนักงานคณะกรรมการ

สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดมาตรฐานตะกั่วในบรรยายการ ให้ความเข้มข้นตะกั่วเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรของอากาศ

1. ในน้ำ สารตะกั่วที่พบในน้ำที่สำคัญที่สุด คือ galena หรือ สารตะกั่วชัลไฟด์ (PbS) ซึ่งอยู่ ในสภาพไม่คล้ายน้ำ แต่จะถูกออกซิไดซ์จากอากาศอย่างช้าๆ ทำให้ได้สารละลายของตะกั่วชัลไฟด์ ซึ่งคล้ายน้ำได้ แหล่งสำคัญของตะกั่วที่ป่นเปี้ยนในน้ำ คือ ระบบในการจัดส่งน้ำ ท่อส่งน้ำที่ทำด้วยตะกั่ว หรือ lead - lined cisterns หรือ lead water pipes ที่ใช้ ดังนั้นตะกั่วอาจป่นเปี้ยนมากกับน้ำที่ใช้ได้

2. โรงงานอุตสาหกรรม ไม่เป็นที่น่าประหลาดใจว่าระดับตะกั่วสูงสุดในบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันมีอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ตะกั่วเป็นวัตถุคุณภาพมาก จานวนมาก อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้ปล่อยตะกั่วในรูปของสารมลภาวะที่เป็นพิษเป็นปริมาณมาก โรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งแพร่กระจายของ สารตะกั่วได้ คือ โรงงานแบตเตอรี่ โดยจะมีคุณวัสดุที่เกิดจากการหลอมตะกั่วบริเวณที่ใกล้กับแหล่งตะกั่ว เช่น โรงงานรุ่งเรืองร่วมวัสดุตะกั่วในระดับ 10 ในโครงการต่อสู้ภัยตะกั่วในประเทศไทย ขนาด 0.000076 ในโครงการต่อสู้ภัยตะกั่วในประเทศไทย ขนาดนี้ยังพบว่า คุณในตัวเมืองมีตะกั่วสูงถึง 17 เท่าของคุณในชนบทการกระจายของตะกั่วจากแหล่งธรรมชาติสู่สภาวะแวดล้อมมีความสำคัญในด้านมลภาวะที่เป็นพิษน้อย เมื่อเทียบกับการแพร่กระจายเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ การผลิตเช่น การทำตะกั่วกระดาษไปสู่อากาศ น้ำ และพื้นผิวดิน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีตะกั่วอยู่ เช่น gasoline สีหมึกพิมพ์ กระป๋องบัดกรีท่อน้ำทำด้วยตะกั่ว battery casings เหล่านี้ล้วนมีส่วนต่อการแพร่กระจายของตะกั่ว

2.3.6 การเข้าสู่ร่างกาย ในสภาวะปกติตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. ระบบทางเดินหายใจเนื่องจากสารตะกั่วในอากาศส่วนใหญ่มาจากควันเสียงของรถยนต์และควันจากโรงงานอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ ดังนั้นอากาศในเมืองที่มีการจราจรคับคั่ง หรือมีโรงงานอุตสาหกรรมมากจึงมีตะกั่วมากด้วย ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจประมาณ 40% จะถูกคุกซึ่มเข้าสู่ร่างกาย

2. ทางผิวหนังตะกั่วที่เข้าทางผิวหนังจะมีเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วบางชนิดเท่านั้น เช่น tetraethyl lead ซึ่งมักจะพบในคุณงานที่ทำหน้าที่ผสมสารประกอบชนิดนี้กับน้ำมันถั่วผิวหนังส่วนที่เป็นแพลงหรือมีรอยแตกถูกต้องหรือสัมผัสกับสารตะกั่วที่มีปริมาณมาก ๆ เป็นเวลานาน ๆ สารตะกั่วบางส่วนจะซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังส่วนนั้นได้

3. ระบบทางเดินอาหารตะกั่วอาจเข้าสู่ร่างกายมุขย์ได้โดยป่นเปี้ยนมากกับอาหารมีอาหารหลายประเภทซึ่งสารตะกั่วปะปนมาด้วยโดยที่การปะปนนี้เกิดได้หลายกรณีทั้งได้รับโดยตรงหรือจากกรรมวิธีในการผลิต โดยทั่วไปอาหารที่คนบริโภคแต่ละวันประมาณ 55-85% จะมีการป่นเปี้ยนของตะกั่วคุกซึ่มผ่านระบบทางเดินอาหารเมื่อตะกั่วอยู่ในรูปเกลือที่คล้ายน้ำได้ การคุกซึ่มส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณลำไส้เด็กและลำไส้ใหญ่ ตะกั่วในอาหารจะถูกคุกซึ่มเข้าไปเพียงร้อยละ 5 ในโครงการ ส่วนที่เหลือจะถูกขับออกทางอุจจาระและปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ 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 เกิดจากการคุกซึมโดยทางเดินอาหารมากกว่าการคุกซึมโดยทางเดินหายใจ

2.3.7 แหล่งที่มาของตะกั่วในอาหาร ตะกั่วที่พบในอาหารมีที่มาจาก 2 แหล่งที่สำคัญ คือ

1. ตะกั่วที่ติดมากับอาหารตะกั่วที่ติดมากับอาหารนี้ อาจเป็นตะกั่วที่มีอยู่ตามธรรมชาติในดิน น้ำที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต และ/หรือ เป็นตะกั่วที่ปนเปื้อนจากมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำทึบจากเหมือง ตะกั่ว จากการถลุงแร่ การใช้ยาเม็ดลงบนชนิดที่มีตะกั่ว อาจไปเพิ่มระดับตะกั่วในผัก ผลไม้บางชนิด ดังนั้นพืชผลทางเกษตรที่ปลูกใกล้กับถนนที่มีyanพาหนะมาก หรือใกล้กับแหล่งอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วในพืชผลเหล่านี้จะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Zook และคณะ ได้สำรวจหานปริมาณของตะกั่วในปลา และสัตว์ทะเลอื่น ๆ จากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 34 ชนิด 334 ตัวอย่าง พบร่วม ค่าเฉลี่ยของตะกั่วที่พบในปลาสตัฟท์หมด 0.46 ppm. ปลากระป่อง (tuan และ salmon) 0.81 ppm. ปริมาณตะกั่วพบสูงที่สุด ในสัตว์ทะเลในการทดสอบนี้ คือ blue crab (*Callinectes sapidus*) พ布 0.79 ppm. และที่ต่ำสุดคือ bay callops (*Aequipecten irradians*) พบ 0.24 ppm. โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณตะกั่วที่พบมีเพียงไม่กี่ species ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.6 ppm. และไม่มี species ในนั้นที่มีค่าเฉลี่ยเกินกว่า 1 ppm.

ในด้านของพืช ผัก ผลไม้ ตามปกติพืชไม่ absorb ตะกั่วจากดินมากนัก แม้ว่าปริมาณตะกั่ว ในดินจะเพิ่มขึ้นจาก sewage sludge แต่แหล่งสำคัญของการปนเปื้อนคือตะกั่วในอากาศ โดยแหล่งที่มาที่ได้รับความสนใจมากที่สุดคือ ตะกั่วที่แพร่กระจายจาก yanพาหนะที่ใช้ tetra ethyl lead ในน้ำมัน เพื่อป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์

การเจือปนของตะกั่วจากไฮเดรียนพาหนะเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ทำให้ปริมาณตะกั่วในพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติมาก Favretto และคณะ รายงานว่า จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในอุ่นที่ปลูกห่างจากถนนใหญ่ ระยะต่าง ๆ กันพบว่า ปริมาณตะกั่วที่พบโดยทั่วไปจะลดลงเมื่อระยะทางห่างจากถนนใหญ่มากขึ้น นอกจากนี้ Mclean และ Shield พบร่วมพืช ผักที่ปลูกในบริเวณใกล้ถนนจะมีตะกั่วมากและจะลดลงก็ออบคงที่เมื่อห่างจากถนนไปมาก โดยปริมาณตะกั่วในพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะห่างจากถนน 20 ถึง 50 เมตรขึ้นไป ตะกั่วจากพืช ผัก จะมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างคงที่ ในทำนองเดียวกัน จากการทดลองของ Beavington พบร่วม ระยะทางที่ห่างจากโรงถุงแร่กับปริมาณตะกั่วและโลหะหนักชนิดอื่น ๆ อิก Helvetica นิมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณจะยิ่งเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ลดลง

Ward และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืช ผักต่างๆ ที่ปลูกในระยะภายใน 100 เมตร จาก highway พบร่วม ปริมาณของตะกั่วในพืช ผัก จะลดลงเป็น exponential function กับระยะทางปริมาณตะกั่วที่เจือปนเข้าสู่พืช ผัก ทางบรรยายการนี้ นอกจากจะชี้นัยสำคัญกับความใกล้ไกล จากแหล่งที่มีการเจือปนแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นตัวกำหนดปริมาณของตะกั่วที่จะเจือปนเข้าสู่พืชอิก Helvetica ปัจจัยเหล่านี้ไว้ ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ ระดับความหนาแน่นของรถ หรือความมากน้อยของตะกั่วที่ฝุ่นละอองกระจายออกจากแหล่งต้นกำเนิด

ลักษณะทางภูมิประเทศของห้องถังน้ำ ๆ ที่คงทน ชนิดของรถยก อายุของถังน้ำ ลักษณะภายนอกของพืช (เช่น พิวเรียบ หรือ พิวหายาบ) พื้นที่ที่พืชชนิดนั้นแผ่ตัวออกในแนวระนาบทะกั่วที่ปูเปื้อนบนพืชเหล่านี้ พืชจะไม่ absorb เข้าไปแต่จะเกาะอยู่ที่พิว และสามารถ จัดประมวลตะกั่วเหล่านี้ลง ได้โดยการล้าง หรือลวก อย่างไรก็ตาม การล้างพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารแม่จะจัดประมวลตะกั่วที่เจือปนอยู่ออกไปได้บ้าง แต่ส่วนใหญ่ยังคงค้างอยู่ ทั้งนี้จากการทดลองของ Iserman และคณะ โดยใช้น้ำ สารละลายน้ำ Ca EDTA และสารละลายน้ำ polyphosphate ล้างพืชที่มีการปูเปื้อนของตะกั่วจาก ไอเดียรัตน์ สามารถล้างออกได้ 27, 38 และ 36% ตามลำดับ นอกจากน้ำแล้ว ตะกั่วอาจติดมากับวัตถุคิบในรูปของยาฆ่าแมลง เช่น lead arsenate อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันนี้มีการใช้ lead arsenate ในทางเกษตรกรรมอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ตะกั่วที่พบในอาหารอาจติดมากับ ingredients ที่ใช้ เช่น น้ำตาล ทั้งนี้จากการศึกษาของ Morris และคณะ ให้น้ำตัวอย่างน้ำตาลมาตรวจสอบว่า พบร่วมกับปูเปื้อนในน้ำตาลแต่ปริมาณที่พบต่ำ ก่อตัวคือ น้ำตาลทรายคิบพบต่ำกว่า 0.102 ppm. และ refined sugar พบร่วมกับ 0.034 ppm. นอกจากน้ำแล้วสารละลายน้ำและสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่วอาจติดมากับอาหารกระป๋อง ในระหว่าง canning process ได้อีกด้วย สำหรับกรณีของอาหารที่มีการแปรรูปปั้น ตะกั่วที่ปูเปื้อนในอาหารอาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วซึ่งอาจติดอยู่ตามห่อ กระทะ หรือหม้อต้ม อาจปูเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (นิยม บุญยิโภติมมงคล, 2537)

2.4 บอร์แอกซ์

2.4.1 ความหมาย

บอร์แอกซ์ (Borax) มีสูตรทางเคมีว่า $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ มีชื่อทางเคมีว่าโซเดียมบอร์ต (Sodium borate) โซเดียมเตตราบอร์ต (Sodium tetraborate) โซเดียมไบบอร์ต (Sodium bitorate) โซเดียมพัยโรบอร์ต (Sodium pyroborate) โซเดียมเตตราบอร์ต เดคาไฮเดรต (Sodium tetraborate decahydrate) ไดโซเดียมเตตราบอร์ต เดคาไฮเดรต (Disodium tetraborate decahydrate) เป็นสารเคมีที่เป็นเกลือของสารประกอบโบราณ ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ตึ้งทึ้งไว้ในอากาศจะละลายเป็นผงได้ หาก曬แห้งอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ 75°C สามารถละลายได้ในน้ำเดือดและเกิดเชื้อรอด แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ เมื่อละลายน้ำมี pH ประมาณ 9.5 โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า “ผงกรอบหรือผงเนื้อนิ่ม” เนื่องจากบอร์แอกซ์เป็นวัตถุเจือปนที่ห้ามใช้ในอาหารทุกชนิดสารนี้เป็นพิษทำให้เกิดระคายเคืองต่อผิวหนังเดินอาหาร ถ้ารับประทานมากๆ เป็นประจำยังมีผลก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อร่างกายและอาจถึงตายได้หากจากนบอร์แอกซ์จะมีคุณสมบัติทำให้อาหารกรอบหรือทำให้เหนียวแล้ว ยังรับการเจริญเติบโตหรือการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย ในการแพทช์สมัยก่อนเคยมีผู้นำสารนี้มาใช้ชำระล้างแพลงท์ภายนอกและภายใน เช่น ใช้ล้างห้องคลอดที่เกิดอักเสบ แต่ปัจจุบันในการแพทช์เด็กใช้แล้ว เนื่องจากมีสารอื่นที่มีคุณภาพดีกว่าและปลอดภัยกว่า ถ้าร่างกายได้รับสารบอร์แอกซ์ในปริมาณ 5-10 กรัม จะมีผลทำให้ท้องเสีย ท้องร่วง อาเจียนrunny ซื้อกและตายในที่สุด

ในประเทศไทยห้ามใช้บอแรกซ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 พ.ศ.2522 เนื่องจากเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

2.4.2 การควบคุมสารบอแรกซ์ ในประเทศไทยได้มีการตรวจพบการใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารนานา จนกระทั่งในปี พ.ศ.2498 กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุดรธานีได้ประกาศชี้แจงให้ประชาชนทราบถึงพิษภัยของบอแรกซ์เป็นครั้งแรก ต่อมากองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้รายงานการตรวจพบบอแรกซ์ในผงชูรส พบร่วมบอแรกซ์ปลอมปนอยู่มากถึงร้อยละ 78.75 ของตัวอย่างผงชูรสทั้งหมด ดังนั้น กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ออกประกาศกำหนดให้กรรมบอร์ดและบอแรกซ์เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 22 พ.ศ.2507 ออกรายความในพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร พ.ศ.2507 ซึ่งต่อมาให้ปรับปรุงแก้ไขให้เป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2522) และประกาศฉบับที่ 151 (พ.ศ.2536) ออกรายความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 ตามลำดับนอกจากนั้น กระทรวงอุดรธานีได้ออกประกาศกระทรวงอุดรธานี ฉบับที่ 41 (พ.ศ.2531) จัดให้บอแรกซ์เป็นวัตถุนิยม และสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค สำนักนายกรัฐมนตรี ได้ประกาศกำหนดให้ระบุบนฉลากของสารบอแรกซ์ว่า “บอแรกซ์ อันตราย ห้ามใช้ผสมอาหาร” ด้วยตัวอักษรสีแดง บนพื้นสีขาว ในปี พ.ศ.2527 และในปีเดียวกันนั้นเอง กระทรวงสาธารณสุขประกาศให้ยาที่มีกรรมบอร์ด และบอแรกซ์ผสมอยู่ ต้องแสดงคำเตือน ห้ามใช้ยานี้มากเกินไป หรือนานเกินไป เพราะอาจเกิดอันตรายได้ ห้ามใช้กับผู้ที่มีเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 3 ปี ห้ามใช้กับผู้ที่แพ้ ถลอก หรือเป็นแพลง ในส่วนของกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดให้สารบอแรกซ์เป็นโภคภัณฑ์ควบคุม ตามกฎหมาย ฉบับที่ 18 (พ.ศ.2528) ซึ่งผู้ผลิตหรือผู้นำเข้า และมีสารบอแรกซ์ไว้ในครอบครองจะต้องทำรายงานประจำเดือนแสดง ชนิด ประเภท ปริมาณ สถานที่เก็บรายชื่อ และที่อยู่ของผู้ซื้อ ต่อมากายหลังปี พ.ศ.2534 ทางกระทรวงพาณิชย์ได้มีพระราชบัญญัติฯ ยกเลิกพระราชบัญญัติควบคุมโภคภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีการระบาดของสารบอแรกซ์ในอาหารขึ้นอีกจากข้อมูลของกรมศุลกากร พบร่วมกับภัยหลังจากที่มีการยกเลิกพระราชบัญญัติควบคุมโภคภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ได้มีการนำเข้าสารบอแรกซ์เพิ่มขึ้นอย่างมากนาย 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 และ ได้มีการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ ห้ามใช้สารบอแรกซ์ในอาหารด้วย การใช้สารบอแรกซ์ผสมอาหาร ผู้ผลิตมีโทษฐานผลิตอาหาร ไม่นิรสุทธิ์ มีโทษจำคุกไม่เกิน 2 ปี หรือปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ซึ่งในรอบหกเดือนแรกของปี พ.ศ.2541 มีผู้ฝ่าฝืนกระทำผิดจำนวน 5 ราย

2.4.3 การปนเปื้อนของบอแรกซ์ในกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากสารบอแรกซ์มีคุณสมบัติทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) กับสารประกอบอินทรีย์โนลีไซครอกซ์ (Organic polyhydroxy compound) ทำให้เกิดลักษณะหยุ่น กรอบ และยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย จึงเกิดการนำเอาสารบอแรกซ์ผสมลงไปในถุงขี้นม หมูยอ หอดมัน ไส้กรอก แบ่งกรอบ ลอดช่อง ผงรุ้น ทับทิมกรอบ ผักและผลไม้สดลง เพื่อให้อาหารเหล่านี้มีลักษณะกรอบ แข็ง คงตัวอยู่ได้นานและพบว่ามีการนำเอาบอแรกซ์ไปคล้ายน้ำแล้วทาหรือชุบลงในเนื้อหมู เนื้อวัว เพื่อให้ดูสด นอกจากนี้ยังใช้ปอกมันในผงชูรส เนื่องจากสารบอแรกซ์มีลักษณะภายนอกเป็นผลึกคล้ายคลึงกับผลึกของผงชูรส

**ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการตรวจบอแรกซ์ในอาหารต่างๆ ของกองอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข**

ชนิดอาหาร	ปี 2541 ต.y.ทั้งหมด/ตรวจพบ (%)	ปี 2542 ต.y.ทั้งหมด/ตรวจพบ (%)	ปี 2543 (ถึง ก.ค.) ต.y.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 รวม	24/22 (91.67)	164/57 (34.76)	5/3 (60.00)

ที่มา : www.charpa.co.th

2.4.4 อันตรายจากสารบอแรกซ์ สารบอแรกซ์มีชื่ออื่นว่าพงกรอบ นำประสาททอง สารข้าวตอก พงกันบูด และเปงเซ เป็นวัตถุต้องห้ามใช้ในอาหาร แต่ในปัจจุบันบอแรกซ์ยังคงเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจาก พ่อค้า แม่ค้า มีปัญหาเกี่ยวกับการถอนอาหาร เพราะจะต้องเตรียมอาหาร ไว้จำหน่ายตลอดวันและต้อง คำนึงถึงราคา จึงเกิดการใช้ส่วนประกอบอาหารคุณภาพต่ำ นอกจานนี้สภาพอาการที่ร้อนชื้นทำให้อาหาร เสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้นจึงต้องห้ามรมว.ใน การถอนอาหารให้คุ้นใหม่ สด กรอบ อยู่นาน และสามารถกลับ เกลี้ยงรูปลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ของอาหาร เช่น เศษหนูติดมันบดให้คุ้นแจ้งเป็นก้อนเหมือนเนื้อหมูแดงบดซึ่ง สารบอแรกซ์มีคุณสมบัติทำให้เกิดสารประกอบเชิงชั้นกับสารประกอบอินทรีย์ในอาหาร ทำให้อาหารนั้นมี ลักษณะหยุ่น กรอบ คงตัวอยู่ได้นานและยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย บอแรกซ์ เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร หากบริโภคเข้าไป จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย โดยเฉพาะ ไต จะเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ทำให้ เกิดรายได้อักเสบ เมื่อจากการสะสมของบอแรกซ์ และหากร่างกายได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณมาก จะ ทำให้เกิดกระเพาะอาหาร และลำไส้อักเสบ มีอาการคลื่นไส้อเจียน ปวดท้อง อุจจาระร่วง ตับถูกทำลาย อาจ ชัก หมัดสติ โดยเฉพาะในเด็ก และคนชราอาจถึงตายได้ ผู้ฝ่าฝืนใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารจะมีความผิดตาม กฎหมายไทยฐานผลิตอาหาร ไม่บริสุทธิ์ มีไทยปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือจำคุก 1 ปี หรือทั้งจำทั้งปรับ (www.anamai.moph.go.th)

2.4.5 กลไกการเกิดพิษของบอแรกซ์ สารบอแรกซ์สามารถถูกทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ได้รับสารนี้เป็น ประจำ พิษของบอแรกซ์มีผลต่อเซลล์ของร่างกายเกือบทั้งหมด เมื่อร่างกายได้รับเข้าไปทำให้เกิดความ

ผิดปกติรุนแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของบอร์ดเรกซ์ที่ร่างกายได้รับและเกิดการสะสมในอวัยวะ โดยเฉพาะ ไตเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดอาการประปากวูให้เห็นภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนกระเพาะอาหาร ลำไส้จะอักเสบ ตับถูกทำลาย สมองบวมช้ำและมีอาการคันของเลือด อาการทั่วไปมีไข้ ผิวหนังมีลักษณะแตกเป็นแผลบวมคล้ายถุงน้ำร้อนลวก อาจมีปัสสาวะออกน้อยหรือไม่ออกเลย เนื่องจากสมรรถภาพการทำงานของไตล้มเหลว โดยแบ่งพิษจากปริมาณที่ได้รับดังนี้

กรณีได้รับบอร์ดเรกซ์ในปริมาณมากทำให้เกิดอาการเฉียบพลัน โดยมีอาการดังนี้ คลื่นไส้อาเจียน ลำไส้และกระเพาะเกิดการระคายเคือง อุจจาระบางครั้งอาจมีเลือดปนออกมากับอุจจาระอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ หงุดหงิด มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติได้เนื่องจากประสาทส่วนกลางถูกกด และตายได้ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผดร่วง หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตลดลง อาจมีอาการช็อกหมดสติໄจ มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติ ตับและไตอักเสบ ปัสสาวะน้อย จนกระทั้งไม่มีปัสสาวะ

กรณีได้รับบอร์ดเรกซ์ในปริมาณไม่น่าแต่ได้รับบ่อยเป็นเวลานานอาจมีอาการเรื้อรังดังนี้อ่อนเพลีย เปื่อยอาหาร น้ำหนักลด คลื่นไส้อาเจียน ปากเปื่อย เมื่อเมื่อภัยในปากแห้งผิวหนังแห้ง อักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผดร่วง หนังตาบวม เมื่อตากลาง ระบบสืบพันธุ์เสื่อมสมรรถภาพ ตับและไตอักเสบ ปัสสาวะน้อย จนกระทั้งไม่มีปัสสาวะ

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

(www.fda.moph.go.th)

2.5 กฎภัยเครื่องมือ

2.5.1 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโนมิตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry:AAS)

เทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโคปี หรือ AAS เป็นเทคนิควิเคราะห์ธาตุชนิดหนึ่งที่สามารถทำได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ ซึ่งได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น และมีสภาพไวสูง เป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะคิมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมากเพรำสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 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 ของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโคปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมในการวิเคราะห์ทางสเปกโตรสโคปี ได้แก่ เทคนิคคัลเลอริเมตري (Colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโคปี (Atomic Absorption Spectrophotometry) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอัตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโคปี ขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ ได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอินิสชัน ที่ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

2.5.1.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโคป

อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นขบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุที่คุณลักษณะแสงได้ดี ที่ความยาวคลื่นโดยเฉลี่ยซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะคุณลักษณะแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ความยาวของคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมโซเดียมเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะตี่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็นเส้นสเปกโตรสโคปิก (spectroscopic line) ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องเกิดการคุณลักษณะ พลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเบลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนไปเป็นไอก (vaporization) หรือ อาจแตกตัวเป็นอะตอม (atomization) หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้นหรือจากลายเป็นไออกอนก์ได้

เมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกฉีกเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละของของแก๊ส พสมของเหลว (gas-liquid aerosol) ลายเป็นละของของแก๊สพสมของ (solid-gas aerosol) แก๊สและสารไม่เกลูลของสารตัวอย่างตามคำนับ เมื่อไม่เกลูล ได้รับความร้อนที่เหมาะสมจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสงจากแหล่งภายนอกที่มีความยาวคลื่นเฉพาะสำหรับอะตอมนั้นๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกคุณลักษณะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระดังสมการ

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

โดย

A = ค่าการคุณลักษณะแสง (absorbance)

K = สัมประสิทธิ์การคุณลักษณะแสง (absorption coefficient) ของอะตอมที่ความยาวคลื่นที่

กำหนด

t = จำนวนอะตอมที่มีพลังงานต่ำ/มล.

n = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มข้นของแสงที่เหลือจากการคุณลักษณะโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโตรไฟโตรมิเตอร์ ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกิน ทำให้อะตอมอิสระบางส่วนลายเป็นอะตอมพลังงานสูง และแตกตัวเป็นไออกอนซึ่งทำให้เกิดการผิดพลาด ในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ขึ้นมาจากการส่องเปลวไฟ แสงที่ปล่อยจากอะตอมของสารควบคุมแสงที่ปล่อยออกมากจากอะตอมอิสระพลังงานสูง ตลอดจนการคุณลักษณะแสงจำเพาะโดยสารควบคุม ดังนั้นจึงลดความผิดพลาดเหล่านี้ โดยเทคนิคต่างๆ ตามความเหมาะสมต่อไป

2.5.1.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนี้สามารถทำได้หลายวิธี คือ

- ใช้เทคนิคเฟลมอะตอมไนเซชัน (Flame Atomicization Technique) เทคนิคนี้ใช้ขบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้เทคนิคตะตอมไม่ใช้ชันแบบไร้เปลวไฟ (Flameless Atomicization Technique และ Non-Flame Atomicization Technique) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้ขั้นตอนการทำให้สารตัวอย่างถ่ายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถใช้โปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผาเมื่อค่าต่างๆ กัน และใช้เวลาต่างๆ กันได้

3. ใช้เทคนิคไฮไคร็เดเจเนเรชัน (Hydride Generation Technique) เมื่อจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยายกาศที่ปราศจากออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้ถูกลายเป็นสารที่ถูกลายเป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวช์ช์ให้เป็นไฮไคร็ด แล้วให้ไฮไคร็ตนี้ผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮไคร์เจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮไคร์เจนจะทำให้ธาตุถูกลายเป็นอะตอมเสร็จได้

4. ใช้เทคนิคไอเย็น (Cold Vapor Generation Technique) สำหรับเทคนิคนี้หมายความว่าที่จะใช้มีวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ตัวอย่างเช่น proto จึงใช้วิธีวิเคราะห์protoที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

2.5.1.3 ลักษณะของเปลวไฟ

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

เปลวไฟทำหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. ใช้ในการเปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์ของเหลวหรือของแข็งที่อยู่ในรูปชั้นเพนซันไปเป็นแก๊ส

2. ใช้ในการย่อยสารประกอบของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็นอะตอมอิสระ

3. ใช้ในการผลิตอะตอมอิสระที่ภาวะเร้าแห่ง ใช้ในเฟลม ไฟโตรนิตรี

เปลวไฟที่ดีจะต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุแต่ละอย่าง

2. เฟลมแบคกราวน์(flame background) ต้องไม่รบกวนในการวัดความยาวคลื่นที่สนใจ

เปลวไฟที่นิยมใช้โดยทั่วไปในเฟลม ไฟโตรนิตรีและอะตอมนิกอบชอร์พชั้นสเปก trost โคลี ได้แก่ อากาศ/ไฟรเคน (อากาศ/บิวเทน) อากาศ/อะเซทิลีน ในครั้งสองใช้ค์/อะเซทิลีน และอากาศ/ไฮไคร์เจน (อาร์กอน/ไฮไคร์เจน)

อากาศ/ไฟรเคน ให้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ ประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนพอที่จะทำให้เคอะคอมอิสระของธาตุได้ถ่ายธาตุ ถ้าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ดำรงอยู่ในของผสมที่มีส่วนประกอบหรือโครงสร้างซับซ้อน ธาตุนี้อาจเกิดสารประกอบทนไฟ เช่น รีแฟร์กทอร์ออกไซด์ (refractory oxide) อยู่ภายในเปลวไฟเมื่อเปลวไฟนั้นร้อนไม่พอที่จะทำให้สารประกอบนั้นแตกตัวอย่างสมบูรณ์

อากาศ/อะเซทิลีน เป็นเพลวไฟที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน AAS เปลาไฟชนิดนี้มีอุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุранซิชั่น สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

ในครั้งแรก/อะเซทิลีน เป็นเพลวไฟที่ให้ความร้อนมากที่สุด มีอุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส นิยมใช้เพลาไฟชนิดนี้สำหรับการเกิดอะตอมอิสระของธาตุที่สามารถเปลี่ยนอะตอมได้ยาก และธาตุที่หายาก (rate-rarth element)

เพลาไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโคลเรน หรืออาร์กอน-ไฮโคลเรน เพลาไฟนี้ใช้ไฮโคลเรน เป็นเชื้อเพลิง แก๊สไฮโคลเรนเองติดไฟได้โดยมีอากาศเป็นตัวช่วย เพลาไฟนี้จะใช้ในกรณีที่ใช้เทคนิคไฮไคร็คเจเนชัน หรือใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Zn, Pb, Cd, และ Sn ซึ่งใช้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น แบ่งคราวน์แอบซอร์พชัน (Background Absorption) จะต้องคำนึงเพลาไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโคลเรนจึงเหมาะสมที่สุด แต่เมื่อเสียที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำทำให้มีการแทรกสอดมากขึ้น

2.5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ใน AAS

การวิเคราะห์ปริมาณ โดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันคล้ายกับเครื่องสเปกโตรสโคปในแบบอื่นๆ โดยกฎของเบียร์อธิบายว่า ปริมาณแสงที่ถูกคูคูลีนน์เป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของสารตัวอย่างของส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตร โพโนมิเตอร์ ได้แก่ แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ ส่วนที่ทำให้ธาตุกลা�ญชีเป็นอะตอมอิสระ ในในโคมมิเตอร์ ดีเกกเตอร์ เครื่องประมวลผล และอ่านผล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1.4.1 แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ (light source)

โดยการใช้แหล่งของคลื่นแสงที่ภายในสเปกตรัมซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับสีที่ต้องการ ที่ถูกคูคูลีน์ โดยสารนั้นนอกจากความกว้างของสีแล้วสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งของแสงยังใกล้เคียงกับความกว้างที่ได้จากการคูคูลีนของแสงนั้น ในในโคมมิเตอร์ที่ใช้ในการกระจายแสง จึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถแยกคลื่นแสงสูง แหล่งของคลื่นแสงที่คิดขึ้น โดย Walsh มีชื่อว่า หลอดซอลโลแคนโทด (Hollow cathode lamp ; HCLS) ซึ่งเป็นที่นิยมกันใช้มากในปัจจุบัน

ลักษณะของหลอดซอลโลแคนโทดจะประกอบด้วยขั้วแคโทดซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกคล่อง หรือรูปถ้วยแล้วฉาบด้วยโลหะและผงโลหะที่ต้องการจะให้ถูกกระตุ้นเพื่อจะให้ได้สเปกตรัมที่มีสีเดียว ใช้แนวซีรีส์ (resonance line) ส่วนขั้วแคโทดทำด้วยโลหะนิกเกิลและทังสเตน หรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเด็กๆ ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยนีโอนหรืออาร์กอนที่มีความดันประมาณ 4-10 torr. ส่วนวินโดว์ (window) อาจเป็นแก้วไฟเบรคซ์หรือ ควอร์คถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวีwin ควอร์ต้องทำด้วยควอร์ต และที่สำคัญในควอร์จะต้องสะอาดเสมอ การใช้หลอดซอลโลแคนโทดควรจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ถูกต้องโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-30 mA ซึ่งเป็นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้ามากๆ จะทำให้อายุของหลอดสั้น แต่ได้แสงที่มีความเข้มสูง

2.5.1.4.2 ส่วนที่ทำให้ธาตุลายเป็นอะตอนอิสระ (The Atomization Process หรือ Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นจะประสบความสำเร็จย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอนอิสระของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอนอิสระเป็นตัวถูกกลืนแสงที่จะทำการวัด โดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้ได้ผลดีเพียงใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับการเกิดอะตอนอิสระภายในเปลวไฟประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เนบูลาเซชัน (Nebulization) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็กๆ ด้วยเครื่องที่เรียกว่า เนบูลาizer (Nebulizer)

2. ครอพเพลตพริซิพิตেชัน (Droplet precipitation) เป็นขั้นตอนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลาย โดยไม่สามารถอยู่ในอากาศได้ จึงคงมานแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง

3. มิกซิng (Mixing) เป็นขั้นตอนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง และออกซิเจนท์ (oxidant) ในสเปรย์ชamber (spray chamber)

4. ดีโซลเวชัน (Desolvation) เป็นขั้นตอนการที่ตัวละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ

5. สารประกอบแตกตัว (Compound decomposition) เป็นขั้นตอนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์ เป็นโนเลกุล เป็นอะตอนอิสระ บางครั้งเกิดการกระตุนหรือเกิดการ ไอออไนเซชัน

โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่องแก๊สที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิเจนส์จะผ่านเวนจูรี (venturi) เข้าไปในเนบูลาizer จะทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราเร็วตามที่ต้องการ เพื่อให้สารละลายที่พ่นไปชนกับลูกแก้วกลม (glass bead) ละอองเล็กๆ ซึ่งเป็นแบบเดียวกันจะเข้าไปยังเปลวไฟเพื่อเผาให้ถูกตัวเป็นอะตอนอิสระของธาตุ

2.5.1.4.3 โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) หรือฟิลเตอร์ (Filter)

เครื่องมือที่ใช้เทคนิคนี้จะต้องประกอบด้วยเครื่องกรราชายแสงหรือแยกคลื่นแสงที่มีคุณภาพดีให้แนบคลื่นที่แนบสามารถแยกสเปกตรัมของแสงที่ถูกดูดคลื่น โดยอะตอนอิสระของธาตุที่วิเคราะห์ได้ปกติมักใช้เกรตติง โนโนเมเตอร์ (grating monochromator) แต่ในการวิเคราะห์ธาตุอัลคาไลซึ่งมีสเปกตรัมที่แนบมีไม่กี่เส้นปรากฏในช่วงวิสิเบิลอาง ใช้ฟิลเตอร์ที่ทำด้วยแก้วแทนโนโนโครเมเตอร์ได้ และนิยมใช้ตัวกรองแบบแทรกสอด

2.5.1.4.4 ดีเทคเตอร์ (Detector)

ใช้วัดความเข้มแสงที่ผ่านออกมานาจากสารตัวอย่างที่วิเคราะห์นั้นกันยึดใช้หลอดไฟคอมบัสติฟ ลายเออร์ เป็นเครื่องวัดความเข้มแสง

2.5.1.4.5 เครื่องประมวลผลและอ่านผล (Data system and read-out units)

เป็นส่วนแสดงค่าตอบขอร์พแบบที่วัดได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในพ.ศ.2530 ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์, เปรวนใจ อารีจิตรานุสรณ์ และเรวต์ หักมิณะนลี ได้ทำการศึกษาการตรวจสอบวัดโลหะและสารพิษในอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจากการตรวจวัดปริมาณ nitrite โดยวิธี Colorimetry การตรวจวัด arsenic(As) calcium(Ca), magnesium(Mg), manganese(Mn), zinc(Zn), copper(Cu), iron(Fe), potassium(K), sodium(Na), และ lead(Pb) โดยใช้ atomic absorption spectrophotometer ในอาหารที่ซุ่มเก็บในทุกจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมเป็นอาหาร 56 ชนิดรวม 1978 ตัวอย่างพับสารอาหารและสารพิษในอาหารสดดังนี้ 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.) พบน้อยที่สุดในอยุ่งคง (0.27 มก./กก.) K พบมากที่สุดในปลาช่อนแห้ง (664 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (11.8 มก./กก.) Mg พบมากที่สุดในกะปี (164.41 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในเส้นขนมจีน (35.82 มก./กก.) Mn พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (536.76 มก./กก.) พบมากที่สุดในหมูแผ่น (0.86มก./กก.) Na พบมากที่สุดในกะปี (2229.26 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในกล้วยตาก (9.86 มก./กก.) nitrite พบมากที่สุดใน ซอสแครง (17.มก./กก.) พบมากที่สุดในปลาป่น (0.22 มก./กก.) Pb พบมากที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (8.15 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในน้ำปลา (0.19 มก./กก.) Zn พบมากที่สุดในกะปี (183.95 มก./กก.) พบน้อยที่สุดในปูนกินหมากชนิดขาว (11.13 มก./กก.)

ในพ.ศ.2531 ทิพวัลย์ คำเหมือง ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในอาหารที่ผลิตจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย พบว่าในคุณเชียงมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง (0.16 ± 0.2)-(1.81 ± 0.21) ppm ในแทนนมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง (0.08 ± 0.06)-(1.29 ± 0.19) ppm จากตัวอย่างอาหารทั้งหมด 51 ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์พบว่า อาหารจำนวน 43 ตัวอย่างมีตะกั่วอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า 1 ppm และมีเพียง 8 ตัวอย่างที่มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 1 ppm คือ กุนเชียง 7 อย่างและในแทนน 1 อย่าง สำหรับในหมูอย่างกุนเชียง มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 1 ppm จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่แล้วปริมาณตะกั่วในอาหารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือในอาหารจะมีตะกั่วได้ไม่เกิน 1 ppm

ในพ.ศ. 2532 ศรีนาส รัตนวรรณนูกุล ได้ทำการศึกษาโลหะหนักในอาหารของเด็กวัยก่อนเรียนพบว่าเมื่อนำตัวอย่างอาหาร ที่ใช้ในการวิจัยมาจัดแยกเป็น 3 ประเภท ตามขนาด โรงเรียนอนุบาลขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ปรากฏว่าปริมาณเหลี่ยงของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในตัวอย่างอาหารมีปริมาณไปในแนวเดียวกัน คือ มีปริมาณແມກกานีส > ตะกั่ว > ทองแดง > แคลดเมียม และปริมาณเหลี่ยงของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในตัวอย่างอาหาร มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอาหารของประเทศไทยและต่างประเทศ

ในพ.ศ.2534 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ทำการ ศึกษา สีสังเคราะห์ในขันนอบกรอบ พบว่าจากตัวอย่างขันนอบกรอบจำนวน 476 ตัวอย่าง พบใช้สีสังเคราะห์ 398 ตัวอย่างไม่เข้ามาตรฐาน 20 ตัวอย่าง เนื่องจากใช้สีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหาร 3 ตัวอย่าง และอีก 17 ตัวอย่าง จัดเป็นอาหารที่ห้ามผสมสี (ได้แก่อาหารประเภทข้าวเกรียบถุง ข้าวเกรียบปลา ฯลฯ ซึ่งห้ามใช้สีสังเคราะห์ เพราะถือว่าเป็นการ

หลอกลงให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดในผลิตภัณฑ์) คิดเป็นปริมาณที่พบสีสังเคราะห์ร้อยละ 84 พนอาหารห้ามผสมสีร้อยละ 1 และพบสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารร้อยละ 4

ในพ.ศ.2535 สมจิต นิยม ได้ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักของอาหารหารเร' แผลอยที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร พบว่า อาหารความประทัยลูกชิ้นเนื้อปู ของหวานประทัยขนมเบื้องและเครื่องดื่มประทัย น้ำส้มคั้นมีค่าสูงสุดของตะกั่วเป็น 1.85, 1.51 และ 0.44 มก./กг. ตามลำดับ อาหารความประทัยไส้กรอก อีสาน ของหวานประทัยขนมเบื้องและเครื่องดื่มประทัย โอลีเย่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของเหล็กเป็น 23.53, 80.08 และ 6.67 มก./กг. ตามลำดับ อาหารความประทัยน้ำพริกกะปิ ของหวานประทัยถั่วต้มและเครื่องดื่มประทัย โอลีเย่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคลเมียมเป็น 0.18, 0.17 และ 0.03 มก./กг. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าอาหาร คาว จำนวน 6 ชนิด จาก 14 ชนิด และฯลฯ ของหวาน 3 ชนิด จาก 7 ชนิด มีปริมาณตะกั่วเกินกว่า 1 มก./กг. ขณะที่เครื่องดื่มทุกชนิดที่วิเคราะห์มีปริมาณตะกั่วต่ำกว่า 1 มก./กг.

ในพ.ศ.2531 ทวีศักดิ์ บุญยิโฉติมิงคล, ลักษณ์ โรจน์พันธุพย์ และประกาย นริบูรณ์ ได้ทำการศึกษาโลหะหนักในอาหารไทย พบว่า PROT ในอาหารทั่วไปที่ไม่ใช้อาหารทะเลสูงเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม จำนวน 20 อย่าง (3.6%) พบในตะกั่วสูงเกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม จำนวน 97 อย่าง (17.2%) และพบทองแดงสูงเกิน 20.00 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม จำนวน 5 ตัวอย่าง (0.9%) และพบการปนเปื้อนของโลหะตะกั่วและแคลเมียมในอาหารไทยสูงกว่าอาหารฟินแลนด์ นอกจากนี้พบว่า Daily Dietary Intake ของโลหะหนักเป็นพิเศษ (PROT, ตะกั่ว, สารนูนและแคลเมียม) ในอาหารไทยต่ำกว่าของสหรัฐอเมริกา (FDA)

ในพ.ศ.2531 ชุดามา คุณสมุทร, อนุชิต โอสถาเลิศ และ คงศักดิ์ ชัยรัตนศักดิ์ ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณบอร์กซ์ ในเนื้อสัตว์แปรรูปประทัยลูกชิ้นตามห้องทดลอง เอ็กซ์เพอร์เมิ่ง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ขึ้นสีสด พบว่าตรวจพบบอร์กซ์จำนวน 26 ตัวอย่าง ปริมาณที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.6081- 4.4626 มก./ กก. และพบตัวอย่างลูกชิ้นเนื้อวัวจะมีปริมาณบอร์กซ์สูงที่สุด รองลงมาเป็นลูกชิ้นปลา ตัวอย่างลูกชิ้นปลาและเนื้อวัวจากคลาดทั้ง 3 แห่งและสหกรณ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบบอร์กซ์ทุกตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างลูกชิ้นจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยขอนแก่น และชูปเปอร์มาร์เก็ตตรวจไม่พบ

ในพ.ศ.2534 รัตนา มหาษัย และวิรช ว่องพัฒนาภูกุล ได้ทำการศึกษาการศึกษาสมบัติทางเคมีของสีผสมอาหารและการวิเคราะห์สีในอาหารบางชนิด พบว่า เมื่อวิเคราะห์สีในตัวอย่างอาหารทั้งหมด 65 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างน้ำหวาน 35 ตัวอย่าง พบว่าเกือบทุกตัวอย่างมีการใส่สีและเป็นสีผสมอาหารทั้งหมด ปริมาณสีที่ตรวจพบในหัวน้ำหวาน และน้ำหวานถุงมีค่า 27.0-162.0 และ 2.9-39.5 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมばかり เช่นดิเมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณสีในหัวน้ำหวานมีค่าต่ำกว่าข้างสูงมากแต่เวลาปรับประมาณเรนักเจือ จางก่อน และสีที่ตรวจพบสีแดงเป็นสีкар์เมอร์เรนหรือปองชัว 4 อาร์สีเหลืองหรือชันเซทเยล โลว์เอฟซีเอฟ หรือทาร์ตราเซ็นนอกนั้น เป็นสีผสมของแมสต์ต่างๆ ในตัวอย่างผลไม้ดองและแซ่บมีน้ำอ้อย 33 เปอร์เซ็นต์ ที่ใส่สีในอาหารกลุ่มนี้และเป็นสีผสมอาหารคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นสีย้อมผ้าซึ่งจะเป็นอันตรายต่อร่างกายปริมาณสีมีค่า 18.6-232.2 มิลลิกรัมของอาหาร และได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะบางตัวไว้แก่ เหล็ก โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง แคลเมียม และตะกั่ว ในตัวอย่างอาหารทั้งหมดเช่นเดียวกับในตัวอย่างสี

พบว่า โลหะที่ตรวจสอบในตัวอย่างสีที่สกัดจากผลไม้ดองและแซ่บอิมมีปริมาณธาตุเหล่านี้น้ำหนักอาจเป็นเพียง ธาตุเหล่านี้พืชใช้เป็นธาตุอาหาร

ในพ.ศ.2531 อุดมเกียรติ พระชนປະເທດ ได้ทำการศึกษาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้ สต ดอง และแซ่บอิมจากการสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้สต ดองและแซ่บอิม พบร้าจำนวน 229 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี Modified Rankine พบร้ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เจือปน คิดเป็นร้อยละ 55 ของตัวอย่าง ทั้งหมด ปริมาณที่พบในผักและผลไม้สต มีตั้งแต่ 4.5-180.8 มก. / กก. พบรปริมาณสูงสุดในขิงหันฟอย ในผัก ผลไม้ดองและแซ่บอิมมีปริมาณตั้งแต่ 0.4-1229.2 มก. / กก. พบรปริมาณสูงสุดในสับปะรดเชื่อมแห้ง

