ภาคผนวกที่ 1

แบบเสนอโครงการวิจัย

แบบเสนอโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาหาปริมาณตะกั่วและสารบอแรกซ์ในผลไม้ดองในตลาดสดเทศบาลนครสงขลาบริเวณสถานีรถไฟเก่า
(Determination of Lead and Borax in Preserved fruit of Songkhla market Municipality at Fresh market train station)

2. ปีการศึกษาที่ขอรับทุน 2547

3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย เคมี

4. อาจารย์ที่ปรึกษา เมสันต์ สังขมณี

5. ประวัติผู้วิจัย

5.1 นางสาวสุภาวรรณ ทองคำ กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
(Miss Suphawan Thongkam , Education of Bachelor degree 3, Environmental Science , Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University)

5.2 นางสาวเอมวิกา หัดเลาะ กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
(Miss Amvika Hadloh , Education of Bachelor degree 3 , Environmental Science, Faculty of Science and Technology , Songkhla Rajabhat University)

6. รายละเอียดของโครงการวิจัย

6.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลไม้นับได้ว่าเป็นอาหารยอดนิยมชนิดหนึ่งและมักจะมีวิธีในการถนอมผลไม้ให้สามารถรับประทานได้นาน เช่น การแช่อิ่มการกวน การดอง สำหรับการดองผลไม้นั้นเพื่อเป็นการทำให้ผลไม้ดองกรอบอร่อยจึงได้มีการนำสารบอแรกซ์มาใช้เพื่อเพิ่มความกรอบให้กับผลไม้ เนื่องจากว่าสารบอแรกซ์หาซื้อง่ายราคาถูกทำให้เป็นที่นิยมนำมาผสมในผลไม้ดองหลายชนิดเพื่อให้เกิดความเหนียวหรือมีลักษณะกรอบน่ารับประทาน นอกจากนี้ได้มีการนำสีมาใช้ในการทำให้ผลไม้ดองมีสีสันน่ารับประทานยิ่งขึ้น แต่ถ้าสีที่ใช้เป็นจำพวกสีย้อมผ้าซึ่งราคาถูกและให้สีจัดจ้านในขณะเดียวกันก็เป็นอันตรายกับผู้บริโภคโดยมีโลหะส่วนก่อมะเร็งทำความเสียหาย

ในระบบทางเดินอาหารยังมีการปนเปื้อนของขัณฑสกรทำให้ผลไม้มีรสหวานแต่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และพบว่ายังการปนเปื้อนของโลหะหนักอย่างตะกั่วและปรอทอีกด้วย ผลไม้ดองจึงนับได้ว่าเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่รวมสารพิษหลายชนิดอยู่ด้วยกันสารพิษเหล่านี้นอกจากจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์จากการได้รับโดยตรง มนุษย์ยังได้รับผ่านการสะสมในห่วงโซ่อาหาร

กระทรวงสาธารณสุขระบุห้ามมิให้อาหารมีการปนเปื้อนของบอแรกซ์และตะกั่วในอาหาร แต่ยังไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมดเพราะแม่ค้าบางรายยังคงกระทำอยู่ซึ่งนับเป็นปัญหาที่สำคัญมากเพราะบอแรกซ์และตะกั่ว เมื่อร่างกายรับเข้าไปแล้วก็สามารถส่งผลต่อร่างกายทั้งระยะสั้นและระยะยาว ขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับเข้าไปดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณตะกั่วและบอแรกซ์ที่ปนเปื้อนอยู่ในผลไม้ดองในตลาดสดเทศบาลนครสงขลาเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการบริโภคอาหารของผู้บริโภค

6.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณบอแรกซ์และตะกั่วในผลไม้ดองในตลาดสดเทศบาลนครสงขลาบริเวณสถานีรถไฟเก่า
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขในผลไม้ดองในตลาดเทศบาลนครสงขลาบริเวณสถานีรถไฟเก่า

6.3 ขอบเขตของการวิจัย

หาปริมาณตะกั่วและบอแรกซ์ในผลไม้ดอง 5 ชนิด ได้แก่ มะม่วง ฝรั่ง องุ่น พุทรา มะยม ที่ตลาดบริเวณสถานีรถไฟเก่าหลังสำนักงานป่าไม้จังหวัดสงขลา โดยเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากแม่ค้าขายส่งรายใหญ่ทั้งหมดในตลาดเป็นจำนวน 3 ร้าน ร้านละ 5 ชนิด

6.4 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทราบปริมาณตะกั่วและบอแรกซ์ที่สะสมอยู่ในผลไม้ดองในตลาดสดเทศบาลนครสงขลาบริเวณสถานีรถไฟเก่า
2. เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้มีความระมัดระวังในการบริโภคอาหารประเภทผลไม้ดอง
3. เพื่อเป็นประโยชน์ในการหามาตรการป้องกันและควบคุมการปนเปื้อนของตะกั่วและบอแรกซ์

6.5 ขอบเขตของการวิจัย

หาปริมาณตะกั่วและบอแรกซ์ในผลไม้ดอง 5 ชนิด ได้แก่ มะม่วง ฝรั่ง องุ่น พุทรา และมะยม ที่ตลาดบริเวณสถานีรถไฟเก่าหลังสำนักงานป่าไม้จังหวัดสงขลา โดยเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากแม่ค้าขายส่งรายใหญ่ทั้งหมดในตลาดเป็นจำนวน 3 ร้าน ร้านละ 5 ชนิด

6.6 สมมุติฐาน

1. มีการปนเปื้อนของบอแรกซ์และตะกั่วในผลไม้ดอง 5 ชนิด ได้แก่ มะม่วง ฝรั่ง องุ่น พุทรา และมะยม ในตลาดสดเทศบาลนครสงขลา บริเวณสถานีรถไฟเก่า

2. มีการปนเปื้อนของบอแรกซ์และตะกั่วเกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข

7. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตั้งแต่ 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ขึ้นไปมีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23– 92 อยู่ในคาบที่4 - 7 มี 68 ธาตุ จากจำนวนทั้งหมด 150 ธาตุ โลหะหนักส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกันแต่สมบัติทางเคมีแตกต่างกันทำให้โลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันไป เป็นสารปริมาณน้อยมีความสำคัญในการดำรงชีวิตแต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินก็จะทำให้เกิดพิษในอดีตโลหะหนักพบปนเปื้อน ในสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก แต่ในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ทำให้เกิด สารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิมและสามารถสะสมได้ในสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดไปตามทางโซ่อาหารซึ่งในที่สุด จะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินควร โลหะหนักเป็นสารอันตรายแต่มนุษย์ยังจำเป็นต้องนำมาใช้ในอุตสาหกรรมและชีวิตประจำวันอยู่เสมอ โลหะหนักที่นิยมนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ ซึ่งโลหะหนักดังกล่าวจะถูกกำจัดทิ้งทางน้ำเสียและเขม่าควันไฟจากโรงงาน สำหรับอุตสาหกรรมถลุงแร่และเหมืองแร่ก็อาจมีการปล่อยอนุภาคเล็กของตะกั่วและแคดเมียมด้วย นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิง ถ่านหินก็สามารถทำให้เกิดอนุภาคล่องลอยไปในอากาศได้ เช่น ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น โลหะที่ปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมแล้วมีผลกระทบมาถึงห่วงโซ่อาหาร โลหะที่เป็นปัญหาและปนเปื้อนสู่อาหารได้แก่ ตะกั่ว, แคดเมียม, ปรอท, สารหนู เป็นต้น

2.3.2 คุณสมบัติของตะกั่ว

คุณสมบัติทางกายภาพของตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน มีจุดหลอมเหลว 32.7 องศาเซลเซียส ตะกั่วยังถูกนำมาใช้ในการเชื่อมบัดกรี การผลิตสีย้อมเป็นต้น

คุณสมบัติทางเคมีตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลกตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะมลพิษดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่เป็นด่าง เนื่องจากอินทรีย์สารในดินอาจทำปฏิกิริยากับสารตะกั่วที่มีอยู่ สารตะกั่วที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนเตรดคลอเรด และสารประกอบอินทรีย์ซึ่งใช้เป็นสารเติมในน้ำมันเชื้อ เช่นเบนซิน สารตะกั่วในบรรยากาศมาจากตะกั่วที่ใช้ผสมในน้ำมันเบนซิน เพื่อใช้ในการจุดระเบิดของน้ำมัน เมื่อน้ำมันเผาไหม้ในรถยนต์สารตะกั่วจะออกมากับไอเสียสารประกอบตะกั่วในน้ำมันสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลหลายกิโลเมตร และอาจทำให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อยู่ห่างไกลความเจริญเกิดการปนเปื้อนได้นอกจากนี้สารตะกั่วสามารถถูกชะล้างออกจากบรรยากาศได้โดยฝน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจ เอาอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่ว

อินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่วในบรรยากาศ เข้าทางผิวหนังได้ สารตะกั่วมีพิษมากโดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ (www.school.net.th)

2.3.3 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานสาธารณสุข กำหนดให้อาหารทั่วไปมีตะกั่วได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 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

ราชพฤกษ์โพล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รายงานถึงอันตรายจากการบริโภคอาหารว่างในโรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร ได้มีการเก็บตัวอย่างอาหารว่างหลายประเภท เช่น ลูกกวาด ขนมหวาน ผลไม้ดอง จากโรงเรียน 17 เขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร จากผลการวิจัยยังพบตะกั่วปนเปื้อนอยู่ตัวอย่างอาหารที่สุ่มเก็บมาทั้งหมดอยู่ในระดับที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้รวมปริมาณตะกั่วที่เด็กอาจได้รับจากการบริโภคอาหารหลักอื่นๆ รวมถึงจากบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมของแต่ละวันจึงนับได้ว่าการรับประทานอาหารว่างของเด็กนักเรียนมีโอกาสเสี่ยงในการได้รับการปนเปื้อนของสารตะกั่วตกค้าง อาจมีผลทำให้เกิดสภาวะเป็นกรดในร่างกายอย่างรุนแรงทำให้เส้นเลือดในสมองโป่งพองหรือเลือดออกในชั้นต่าง ๆ ของสมองได้ (www.kalathai.com)

2.3.4 อันตรายจากตะกั่วพิษเฉียบพลัน พิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่อยๆ แสดงอาการออกมาภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อยเข้าสู่ของเหลวในร่างกาย และค่อยๆ สะสมในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปีจึงแสดงอาการ ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพสัมผัสกับตะกั่ว เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าทางใดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดง แทนที่เหล็ก ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็น ในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วนไปสะสมในกระดูก ตะกั่วจะเข้าไปแทนที่แคลเซียม ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างกระดูกและฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟันทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) ฟันหลุดได้ง่าย มีผู้วิจัยพบว่า ตะกั่วสามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 วัน และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาทและสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้
(นันทวัฒน์ โชคคณาพิทักษ์, 2544)

ตารางที่ 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/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 สารตะกั่วที่พบในดินส่วนใหญ่มาจากยาฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ ในรูปของตะกั่วอาร์ซิเนต (Lead arsenate)

2. ในอากาศ แหล่งกำเนิดของตะกั่วในบรรยากาศ คือ ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสม

โดยตะกั่วเจือปนออกมากับไอเสียรถยนต์ เนื่องจากตะกั่วถูกเติมลงในน้ำมันเบนซินในรูปของ lead alkyl compounds ซึ่งได้แก่ tetraemthyl lead และ tetraethyl lead เพื่อช่วยป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์ (antiknock) เมื่อน้ำมันเกิดการเผาไหม้อุณหภูมิและความดันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ tetraalkyl lead ถูกเปลี่ยนไปเป็น oxide ของตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์นี้จะถูกรีดิวส์ให้กลายเป็นโลหะตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจไปเกาะอยู่ในเสื้อสูบของเครื่องยนต์ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้จึงมีการเติมสารอินทรีย์ของไบรไมด์ และคลอไรด์ลงไปด้วย สารที่เติมโดยทั่วไป ได้แก่ ethylene cibromide และ ethylene dichloride ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้ของ tetraethyl lead และ tetramethyl lead จะเปลี่ยนไปเป็นตะกั่ว คลอไรด์ และตะกั่วโปร์ไมด์ ซึ่งเป็นสารที่เสถียร และระเหยง่าย ถูกขับออกมาจากเครื่องยนต์ทางท่อไอเสีย สำหรับปริมาณสารตะกั่วที่เติมลงไปในน้ำมันเบนซินนั้น ตั้งแต่ปี 2512 ถึง 2527 ประเทศไทยได้กำหนดปริมาณตะกั่วในน้ำมันเบนซินไม่สูงกว่า 0.84 กรัม/ลิตร ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2527 ให้มีได้ไม่เกิน 0.45 กรัม/ลิตร ในปี 2532 ไม่เกิน 0.4 กรัม/ลิตร และปี 2536 ไม่เกิน 0.15 กรัม/ลิตร ระดับของตะกั่วในบรรยากาศขึ้นกับสถานที่ โดยในเมืองกับบริเวณที่ห่างไกลออกไปจะมีปริมาณตะกั่วที่แตกต่างกันความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มของปริมาณยานพาหนะบนถนน (ความคับคั่งของการจราจร) บริเวณที่พบว่ามีความเข้มของตะกั่วสูงสุด คือ บริเวณใกล้กับแหล่งตะกั่วในปี 2524 สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดมาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ ให้ความเข้มข้นตะกั่วเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ของอากาศ

1. ในน้ำ สารตะกั่วที่พบในน้ำที่สำคัญที่สุด คือ galena หรือ สารตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งอยู่ ในสภาพไม่ละลายน้ำ 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 โรงงานแบตเตอรี่ โดยจะมีควันที่เกิดจากการหลอมตะกั่วบริเวณที่ใกล้กับแหล่งตะกั่ว เช่น โรงถลุงแร่พบว่ามีตะกั่วในระดับ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่บริเวณห่างไกลออกไป พบตะกั่ว 0.000076 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ดินในตัวเมืองมีตะกั่วสูงถึง 17 เท่าของดินในชนบท การกระจายของตะกั่วจากแหล่งธรรมชาติสู่สภาวะแวดล้อมมีความสำคัญในด้านมลภาวะที่เป็นพิษน้อย เมื่อเทียบกับการแพร่กระจายเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ การถลุงแร่ ทำให้ตะกั่วกระจายไปสู่อากาศ น้ำ และพื้นผิวดิน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีตะกั่วอยู่ เช่น gasoline สี หมึกพิมพ์ กระป๋องบัดกรี ท่อน้ำทำด้วยตะกั่ว battery casings เหล่านี้ล้วนมีส่วนต่อการแพร่กระจายของตะกั่ว

2.3.6 การเข้าสู่ร่างกาย ในสภาวะปกติตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. ระบบทางเดินหายใจเนื่องจากสารตะกั่วในอากาศส่วนใหญ่มาจากควันเสียของรถยนต์และควันจากโรงงานอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ ดังนั้นอากาศในเมืองที่มีการจราจรคับคั่ง หรือมีโรงงานอุตสาหกรรมมากจึงมีตะกั่วมากด้วย ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจประมาณ 40% จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

2. ทางผิวหนังตะกั่วที่เข้าทางผิวหนังจะมีเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วบางชนิดเท่านั้นเช่น tetraethyl lead ซึ่งมักจะพบในคนงานที่ทำหน้าที่ผสมสารประกอบชนิดนี้กับน้ำมันถ้าผิวหนังส่วนที่เป็นแผลหรือมีรอยถลอกถูกต้องหรือสัมผัสกับสารตะกั่วที่มีปริมาณมากๆ เป็นเวลานานๆ สารตะกั่วบางส่วนจะซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังส่วนนั้นได้

3. ระบบทางเดินอาหารตะกั่วอาจเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยปนเปื้อนมากับน้ำอาหารมีอาการหลายประเภทซึ่งสารตะกั่วปะปนมาด้วยโดยที่การปะปนนี้เกิดได้หลายกรณีทั้งได้รับโดยตรงหรือจากกรรมวิธีในกาผลิต โดยทั่วไปอาหารที่คนบริโภคแต่ละวันประมาณ 55 - 85% จะมีการปนเปื้อนของตะกั่วการดูดซึมผ่านระบบทางเดินอาหารเมื่อตะกั่วอยู่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำได้ การดูดซึมส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ตะกั่วในอาหารจะถูกดูดซึมเข้าไปเพียงร้อยละ 5 ไมโครกรัม ส่วนที่เหลือจะถูกขับออกมาทางอุจจาระและปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ Schaffner ได้แสดงข้อมูลการ ได้รับตะกั่วจากแหล่งต่างๆ สำหรับเด็กอายุ 11 - 47 เดือน ได้รับตะกั่วจากอาหาร 6 – 18 ug.ต่อวัน และจากน้ำ 1.4 - 2.8 ug.ต่อวัน (หรือคิดเป็น 15% ของตะกั่วที่ได้รับ) และมีรายงานว่า จากการประเมินในระยะ 5 ปี (1976 - 1980) พบว่าในแต่ละวันผู้ใหญ่และเด็กจะได้รับตะกั่วจากอาหาร 250 / 300 ug. และ 75 – 100 ug. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณตะกั่วที่มนุษย์ได้รับต่อวันนั้นเกิดจากการดูดซึมโดยทางเดินอาหารมากกว่าการดูดซึมโดยทางเดินหายใจ

2.3.7 แหล่งที่มาของตะกั่วในอาหาร ตะกั่วที่พบในอาหาร มีที่มาจาก 2 แหล่งที่สำคัญ คือ

1. ตะกั่วที่ติดมากับอาหารตะกั่วที่ติดมากับอาหารนี้ อาจเป็นตะกั่วที่มีอยู่ตามธรรมชาติในดิน น้ำ ที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต และ/หรือ เป็นตะกั่วที่ปนเปื้อนจากมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำทิ้งจากเหมืองตะกั่ว 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 ในสัตว์ทะเลในการทดลองนี้คือ blue crab (Callinectes sapidus) พบ 0.79 ppm. และที่ต่ำสุดคือ bay scallops (Aequipecten irradians) พบ 0.24 ppm. โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณตะกั่วที่พบมีเพียงไม่กี่ species ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.6 ppm. และไม่มี species ไหนที่มีค่าเฉลี่ยเกินกว่า 1 ppm.ในด้านของพืช ผัก ผลไม้ ตามปกติพืชไม่ absorb ตะกั่วจากดินมากนัก แม้ว่าปริมาณตะกั่ว ในดินจะเพิ่มขึ้นจาก sewage sludge แต่แหล่งสำคัญของการปนเปื้อนคือตะกั่วในอากาศ โดยแหล่งที่มาที่ได้รับ

ความสนใจมากที่สุดคือ ตะกั่วที่แพร่กระจายจากยานพาหนะที่ใช้ tetra ethyl lead ในน้ำมัน เพื่อป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์

การเจือปนของตะกั่วจากไอเสียยานพาหนะเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ทำให้ปริมาณตะกั่วในพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติมาก Favretto และคณะ รายงานว่า จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในองุ่นที่ปลูกห่างจากถนนใหญ่ ระยะต่างๆ กันพบว่า ปริมาณตะกั่วที่พบโดยทั่วไปจะลดลงเมื่อระยะทางห่างจากถนนใหญ่มากขึ้น นอกจากนี้ Mclean และ Shield พบว่า พืช ผักที่ปลูกในบริเวณใกล้ถนนจะมีตะกั่วมากและจะลดลงเกือบคงที่เมื่อห่างจากถนนไปมาก โดยปริมาณตะกั่วในพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะห่างจากถนน 20 ถึง 50 เมตรขึ้นไป ตะกั่วจากพืช ผัก จะมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างคงที่ ในทำนองเดียวกัน จากการทดลองของ Beavington พบว่า ระยะทางที่ห่างจากโรงถลุงแร่กับปริมาณตะกั่วและโลหะหนักชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณจะยิ่งเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ลดลง

Ward และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืช ผักต่างๆ ที่ปลูกในระยะภายใน 100 เมตรจาก highway พบว่า ปริมาณของตะกั่วในพืช ผัก จะลดลงเป็น exponential function กับระยะทางปริมาณตะกั่วที่เจือปนเข้าสู่พืช ผัก ทางบรรยากาศนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความใกล้ ไกล จากแหล่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่ว และระยะเวลาที่พืชได้รับตะกั่วแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นตัวกำหนดปริมาณของตะกั่วที่จะเจือปนเข้าสู่ผักอีกหลายปัจจัย โดย Karamanos ได้สรุปรวบรวมปัจจัยเหล่านี้ไว้ ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ ระดับความหนาแน่นของจราจร หรือความมากน้อยของตะกั่วที่ฟุ้งกระจายออกจากแหล่งต้นกำเนิด ลักษณะทางภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้นๆ ทิศทางลม ชนิดของรถยนต์ อายุของถนน ลักษณะภายนอกของพืช (เช่น ผิวเรียบ หรือ ผิวหยาบ) พื้นที่ที่พืชชนิดนั้นแผ่ตัวออกในแนวระนาบตะกั่วที่ปนเปื้อนบนพืชเหล่านี้ พืชจะไม่ absorb เข้าไปแต่จะเกาะอยู่ที่ผิว และสามารจะลดปริมาณตะกั่วเหล่านี้ลงได้ โดยการล้างหรือลวก อย่างไรก็ตาม การล้างพืช ผัก ที่ใช้เป็นอาหารแม้จะลดปริมาณตะกั่วที่เจือปนอยู่ออกไปได้บ้าง แต่ส่วนใหญ่ยังตกค้างอยู่ ทั้งนี้จากการทดลองของ Iserman และคณะ โดยใช้น้ำ สารละลาย Ca EDTA และสารละลาย Na polyphosphate ล้างพืชที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วจากไอเสียรถยนต์ สามารถล้างออกได้ 27, 38 และ 36% ตามลำดับ นอกจากมลภาวะดังกล่าวแล้ว ตะกั่วอาจติดมากับวัตถุดิบในรูปของยาฆ่าแมลง 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 ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วซึ่งอาจติดอยู่ตามท่อกระทะ หรือหม้อต้ม อาจปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (นิยม บุญยโชติมงคล,2537)

2.4 บอแรกซ์

2.4.1 ความหมาย

บอแรกซ์ (Borax) มีสูตรทางเคมีว่า $Na_2B_4O_7.10H_2O$ มีชื่อทางเคมีว่าโซเดียมบอเรต (Sodium borate)โซเดียมเตตราบอแรต (Sodium tetraborate) โซเดียมไบบอเรต (Sodium bitorate) โซเดียมพัยโรบอเรต (Sodium pyroborate) โซเดียมเตตราบอเรต เดคาไฮเดรท (Sodium tetraborate decahydrate)ไดโซเดียมเตตราบอเรต เดคาไฮเดร (Disodium tetraborate decahydrate) เป็นสารเคมีที่เป็นเกลือของสารประกอบโบรอนลักษณะเป็นผลึกสีขาว ตั้งทิ้งไว้ในอากาศจนละลายเป็นผงได้ หลอมเหลวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 75°C สามารถละลายได้ในน้ำเดือดและกลีเซอรอล แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ เมื่อละลายน้ำมี pH ประมาณ 9.5 โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า "ผงกรอบหรือผงเนื้อนิ่ม" เนื่องจากบอแรกซ์เป็นวัตถุเจือปนที่ห้ามใช้ในอาหารทุกชนิดสารนี้เป็นพิษทำให้เกิดระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินอาหาร ถ้ารับประทานมากๆ เป็นประจำยังมีผลก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อร่างกายและอาจถึงตายได้ นอกจากบอแรกซ์จะมีคุณสมบัติทำให้อาหารกรอบหรือทำให้เหนียวแล้ว ยังระงับการเจริญเติบโตหรือการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย ในวงการแพทย์สมัยก่อนเคยมีผู้นำสารนี้มาใช้ชำระล้างแผล ทั้งภายนอกและภายใน เช่น ใช้ล้างช่องคลอดที่เกิดอักเสบ แต่ปัจจุบันในวงการแพทย์เลิกใช้แล้ว เนื่องจากมีสารอื่นที่มีคุณภาพดีกว่าและปลอดภัยกว่า ถ้าร่างกายได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณ 5 - 10 กรัม จะมีผลให้ท้องเสีย ท้องร่วง อาเจียนรุนแรง ช็อกและตายในที่สุด ในประเทศไทยห้ามใช้บอแรกซ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 พ.ศ.2522 เนื่องจากเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

2.4.2 การควบคุมสารบอแรกซ์ ในประเทศไทย ได้มีการตรวจพบการใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารมานาน จนกระทั่งในปี พ.ศ.2498 กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ประกาศชี้แจงให้ประชาชนทราบถึงพิษภัยของบอแรกซ์เป็นครั้งแรก ต่อมากองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้รายงานการตรวจพบบอแรกซ์ในผงชูรส พบว่ามีบอแรกซ์ปลอมปนอยู่มากถึงร้อยละ 78.75 ของตัวอย่างผงชูรสทั้งหมด ดังนั้น กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ออกประกาศกำหนดให้กรดบอริคและบอแร็กซ์เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 22 พ.ศ.2507 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร พ.ศ.2507 ซึ่งต่อมาได้ปรับปรุงแก้ไขให้เป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2522) และประกาศฉบับที่151 (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 กระทรวงสาธารณสุขประกาศให้ยาที่มีกรดบอริค และบอแรกซ์ผสมอยู่ ต้องแสดงคำเตือน "ห้ามใช้ยานี้มากเกินไปหรือนานเกินไป เพราะอาจเกิดอันตรายได้ ห้ามใช้กับผิวหนังของเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 3 ปี ห้ามใช้กับผิวหนังที่แตก ถลอก หรือเป็นแผล" ในส่วนของกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดให้สารบอแรกซ์เป็นโภคภัณฑ์ควบคุม

ตามกฎกระทรวงฯ ฉบับที่18 (พ.ศ.2528) ซึ่งผู้ผลิตหรือผู้นำเข้า และมีสารบอแรกซ์ไว้ในครอบครอง จะต้องทำรายงานประจำเดือนแสดง ชนิด ประเภท ปริมาณ สถานที่เก็บ รายชื่อ และที่อยู่ของผู้ซื้อ ต่อมาภายหลังปี พ.ศ.2534 ทางกระทรวงพาณิชย์ได้มีพระราชกฤษฎีกา ยกเลิกพระราชกฤษฎีกาควบคุมโภคภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2528) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีการระบาดของสารบอแร็กซ์ในอาหารขึ้นอีกจากข้อมูลของกรมศุลกากร พบว่าภายหลังจากที่มีการยกเลิกพระราชกฤษฎีกาควบคุมโภคภัณฑ์ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ได้มีการนำเข้าสารบอแรกซ์เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย โดยเฉพาะข้อมูลนับจากปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2542 ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวเลขจำนวนและมูลค่าการนำเข้าบอแร็กซ์ปี 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) กับสารประกอบอินทรีย์โมลีไฮดรอกซี่ (Oraanic polyhydroxy compond) ทำให้เกิดลักษณะหยุ่น กรอบ และยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย จึงเกิดการนำเอาสารบอแรกซ์ผสมลงไปในลูกชิ้น หมูยอ ทอดมัน ไส้กรอก แป้งกรอบ ลอดช่อง ผงวุ้น ทับทิมกรอบ ผักและผลไม้ดอง เพื่อให้อาหารเหล่านั้นมีลักษณะกรอบ แข็ง คงตัวอยู่ได้นานและพบว่ามีการนำเอาบอแรกซ์ไปละลายน้ำแล้วทาหรือชุบลงในเนื้อหมู เนื้อวัว เพื่อให้ดูสด นอกจากนี้ยังใช้ปลอมปนในผงชูรส เนื่องจากสารบอแรกซ์มีลักษณะภายนอกเป็นผลึกคล้ายคลึงกับผลึกของผงชูรส

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการตรวจบอแรกซ์ในอาหารต่างๆ 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.chaipa.co.th

2.4.4 อันตรายจากสารบอแรกซ์ สารบอแรกซ์มีชื่ออื่นว่าผงกรอบ น้ำประสานทอง สารข้าวตอก ผงกันบูด และเป่งเซ เป็นวัตถุต้องห้ามใช้ในอาหาร แต่ในปัจจุบันบอแรกซ์ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากพ่อค้า แม่ค้า มีปัญหาเกี่ยวกับการถนอมอาหาร เพราะจะต้องเตรียมอาหารไว้จำหน่ายตลอดวันและต้องคำนึงถึงราคา จึงเกิดการใช้ส่วนประกอบอาหารคุณภาพต่ำ นอกจากนี้สภาพอากาศที่ร้อนชื้นทำให้อาหารเสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้นจึงต้องหากรรมวิธีในการถนอมอาหารให้ดูใหม่ สด กรอบ อยู่นาน และสามารถกลบเกลื่อนรูปลักษณ์ที่ไม่สมบูรณ์ของอาหาร เช่น เศษหมูติดมันบดให้ดูแข็งเป็นก้อนเหมือนเนื้อหมูแดงบดซึ่งสารบอแรกซ์มีคุณสมบัติทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารประกอบอินทรีย์ในอาหาร ทำให้อาหารนั้นมีลักษณะหยุ่น กรอบ คงตัวอยู่ได้นานและยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย บอแรกซ์ เป็นวัตถุห้ามใช้ในอาหาร หากบริโภคเข้าไป จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย โดยเฉพาะไต จะเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ทำให้เกิดกรวยไตอักเสบ เนื่องจากการสะสมของบอแรกซ์ และหากร่างกายได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณมาก จะทำให้เกิดกระเพาะอาหาร และลำไส้อักเสบ มีอาการคลื่นไส้อาเจียน ปวดท้อง อุจจาระร่วง ตับถูกทำลาย อาจชักหมดสติโดยเฉพาะในเด็กและคนชราอาจถึงตายได้ ผู้ฝ่าฝืนใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารจะมีความผิดตามกฎหมายโทษฐานผลิตอาหารไม่บริสุทธิ์มีโทษปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือจำคุก 1 ปี หรือทั้งจำทั้งปรับ (www.anamai.moph.go.th)

2.4.5 กลไกการเกิดพิษของบอแรกซ์ สารบอแรกซ์สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ได้รับสารนี้เป็นประจำได้ พิษของบอแรกซ์มีผลต่อเซลล์ของร่างกายเกือบทั้งหมด เมื่อร่างกายได้รับเข้าไปทำให้เกิดความผิดปกติรุนแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของบอแรกซ์ที่ร่างกายได้รับและเกิดการสะสมในอวัยวะ โดยเฉพาะไต เป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดอาการจะปรากฏให้เห็นภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนกระเพาะอาหาร ลำไส้จะอักเสบ ตับถูกทำลาย สมองบวมช้ำและมีอาการคั่งของเลือด อาการทั่วไปมีไข้ ผิวหนังมีลักษณะแตกเป็นแผลบวมคล้ายถูกน้ำร้อนลวก อาจมีปัสสาวะออกน้อยหรือไม่ออกเลย เนื่องจากสมรรถภาพการทำงานของไตล้มเหลว โดยแบ่งพิษจากปริมาณที่ได้รับดังนี้

กรณีได้รับบอแรกซ์ในปริมาณมากทำให้เกิดอาการเฉียบพลัน โดยมีอาการดังนี้ คลื่นไส้ อาเจียน ลำไส้และกระเพาะเกิดการระคายเคือง อุจจาระบางครั้งอาจมีเลือดปนออกมากับอุจจาระอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ หงุดหงิด มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติได้เนื่องจากประสาทส่วนกลางถูกกด และตายได้ ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผมร่วง หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตลดลง อาจมีอาการช็อกหมดสติได้ มีอาการทางประสาท อาจชักหมดสติ ตับและไตอักเสบ ปัสสาวะน้อย จนกระทั่งไม่มีปัสสาวะ

กรณีได้รับบอแรกซ์ในปริมาณไม่มากแต่ได้รับบ่อยเป็นเวลานานอาจมีอาการเรื้อรังดังนี้อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร น้ำหนักลด คลื่นไส้อาเจียน ปากเปื่อย เยื่อเมือกภายในปากแห้ง ผิวหนังแห้งอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผมร่วง 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)

8. ระเบียบวิธีการวิจัย

- กลุ่มตัวอย่าง คือ ผลไม้ดองในเขตเทศบาลนครสงขลา ได้แก่ มะม่วง มะยม ฝรั่ง องุ่น พุทรา
- เครื่องมือที่ใช้ คือ Atomic Absorbtion Spectrophotometer

8.1 การดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับตะกั่วและบอแรกซ์จากหนังสือและเอกสารต่างๆ ที่ เกี่ยวข้อง

2. วางแผนดำเนินงานโดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ ของตะกั่วและบอแรกซ์ในตัวอย่าง

8.2 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

8.2.1 การเก็บตัวอย่างและการรักษาตัวอย่างชนิดต่างๆ

การเก็บตัวอย่างผลไม้ดองทำการเก็บแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเก็บตัวอย่างจากแม่ค้าขายส่งรายใหญ่ทั้งหมดในตลาดสดบริเวณสถานีรถไฟเก่าหลังสำนักงานป่าไม้จังหวัดสงขลาเป็นจำนวน 3 ร้าน ร้านละ 5 ชนิด ได้แก่ มะม่วง ฝรั่ง องุ่น พุทรา และมะยม

โดยในการเก็บตัวอย่างจะคัดเลือกตามชนิดแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างจะเก็บครั้งละ 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง หลังจากนั้นนำตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติก ม้วนถุงไล่อากาศออกให้หมด แล้วนำไปใส่ถุงพลาสติกอีกชั้น มัดปากถุงให้แน่นแล้วแช่เย็นไว้ทำการวิเคราะห์ทันทีเมื่อถึงห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ยังไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทันทีให้เก็บรักษาตัวอย่างโดยการนำไปแช่แข็ง

8.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การหาปริมาณตะกั่ว

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับเก็บรักษา อบ และชั่งตัวอย่าง

- ตู้อบ
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง อ่านตัวเลขโดยตรง
- บิกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
- หลอดย่อยชนิดคอยาว (Kjeldahl's flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับย่อยตัวอย่าง

- เตาไฟฟ้าชนิดแผ่นความร้อน (hot plate
- เตาไฟฟ้าชนิดหลุม (electrothermal statistical control)
- ปิเปต ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร
- เครื่องปั่นตกตะกอน (centrifuge) พร้อมด้วยหลอด
- ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร
- ขวดพลาสติกใส่สารละลายตัวอย่างขนาด 30 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับวัดหาปริมาณโลหะหนัก

- เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer 372)
- Air-acetylene gas
- ขวดพลาสติกสำหรับเจือจางสารละลายตัวอย่างขนาด 30 มิลลิลิตร
- ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐาน

- บิกเกอร์ ขนาด 20 มิลลิลิตร
- ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร

- ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- ขวดพลาสติกใส่สารละลายมาตรฐานขนาด 30 มิลลิลิตร

สารเคมี

- กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3 Conc[n] 65%)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30%
- น้ำกลั่น 2 ครั้ง (double distilled water)
- สารละลายมาตรฐาน 1000 ppm.

วิธีการทดลอง

การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และพลาสติก

- นำเครื่องแก้วหรือขวดพลาสติกที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์ ล้างด้วยทีโพล แล้วล้างด้วยน้ำประปา
- แช่ในกรดไนตริก 5% (ชนิด commercial grade) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น (ที่กลั่น) 2 ครั้งอีก 1 ครั้ง
- อบให้แห้ง เก็บไว้ในที่ปราศจากฝุ่นละออง และกันการปนเปื้อนของโลหะจากสิ่งอื่นๆ

วิธีการย่อยตัวอย่าง

- ผลไม้ดองจากที่แช่เย็นนำมาอบได้เลยที่อุณหภูมิ 60 ซ. จนแห้งสนิท
- ชั่งผลไม้ดอง (0.5-0.6 กรัม) ด้วยเครื่องชั่งละเอียด
- ใส่ตัวอย่างที่ชั่งแล้วลงในหลอดย่อยชนิดคอยาว
- เติมกรดไนตริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
- ตั้งบนเตาชนิดแผ่นความร้อน ชั่งใส่ทรายไว้ ปรับอุณหภูมิประมาณ 40-50 ซ. ประมาณ 4-8 ชั่วโมง
- นำแต่ละหลอดย่อยต่อในเตาหลุม โดยเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ จนสารละลายเริ่มเดือด และตั้งต่อไปจนเหลือสารละลายประมาณ 2-3 มิลลิลิตร
- เติมน้ำกลั่น 2 ครั้งลงไปเล็กน้อยขณะร้อนๆ เพื่อให้เกิดการออกซิไดส์ (oxidize) เพิ่มขึ้น ช่วยให้ย่อยได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- ได้สารละลายสีเหลืองอ่อน ปริมาตรประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ยกลง- เทใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่น 2 ครั้ง ชะล้างข้างๆ หลอดให้หมด และปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร พอดี
- นำสารละลายที่ได้ไปปั่นให้ตกตะกอนด้วยความเร็วประมาณ 2,500 รอบต่อนาที ประมาณ 10 นาที
- ค่อยๆ เทสารละลายใส่ในขวดพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็นรอวัดหาปริมาณโลหะหนัก

ตัวเปรียบเทียบ (blank)

- ทำเช่นเดียวกันกับการย่อยตัวอย่าง เพียงแต่ไม่ใส่ตัวอย่างเท่านั้น

การวัดหาปริมาณโลหะหนัก

วัดหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Aborption Spectr - ophotometer (AAS) รุ่น Pertein – Elmer 372 โดยวัดหาปริมาณตะกั่ว โดยใช้หลอดไฟและความยาวคลื่นแสง (wavelength) ตะกั่ว ใช้ความยาวคลื่นแสง 217.0 nm. และใช้ airacety – lene gas เป็นเชื้อเพลิงแล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

การหาปริมาณบอแรกซ์

เครื่องมือและอุปกรณ์

- Spectrophotometer , UV-visible
- ตู้อบ
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง อ่านตัวเลขโดยตรง
- เครื่องปั่นตกตะกอน (centrifuge) พร้อมด้วยหลอด
- หลอดทดลองสำหรับปั่น (centrifuge tube) ขนาด 15 มล.
- ammonium sulfate 5.0 มล.
- แท่งแก้ว
- ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10 มล.
- บิกเกอร์ (beaker)ขนาด 100 มล.
- กระดาษกรอง

สารเคมี

- Ammonium sulfate , 4 กรัม %

ละลาย ammonium sulfate 4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำให้เป็น 100 มล.

- Activated charcoal
- Sulfate acid , concentrated
- Carminic acid reagent , 25 มก. %

ละลาย carminic acid 62.5 กรัม ใน sulfuric acid , conc. 250 มล.

- Boric acid stock solution , 29 มก. %

ละลาย orthoboric acid 145 มก. ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 500 มล.

- Boric acid reference solutions

ใช้ boric acid stock solution 1.0,2.0 และ 4.0 มล. มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เพื่อให้ได้สารละลาย boric acid ที่มีความเข้มข้น 29,58 และ 116 ไมโครกรัม ซึ่งเทียบเท่า กับปริมาณ boron 5,10 และ 20 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์

- ใส่สารละลาย ammonium sulfate 5.0 มล. ลงในหลอดทดลอง ขนาด 15 มล.
- เติมตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ 1 กรัม ซึ่งบดละเอียดแล้วคนด้วยแท่งแก้ว
- ใส่แท่งแก้วทิ้งไว้ในหลอดทดลองนั้น
- นำหลอดทดลองไปวางไว้ในน้ำเดือดนาน 15 นาที คนเบาๆ เป็นระยะๆ
- นำหลอดทดลองไปปั่นที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 10 นาที
- เทส่วนน้ำใส ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 10 มล.
- ล้างส่วนตะกอน ด้วยน้ำกลั่น 1-2 มล.
- คนด้วยแท่งแก้วแล้วนำไปปั่นเช่นเดียวกับข้างต้น
- เทส่วนน้ำใสลงในขวดวัดปริมาตรข้างต้น
- ทำซ้ำเช่นนี้จนปริมาตรครบ 10 มล.
- เติม activated charcoal ประมาณ 0.1 กรัม ลงใน flask ขนาด 10 มล.
- ผสมให้เข้ากันโดยเขย่าเป็นระยะเป็นเวลา 10 นาที
- ปล่อยให้ถ่านตกตะกอนเป็นเวลาอีก 5 นาที
- กรองส่วนน้ำใส (supernatant) ด้วยกระดาษกรอง
- ใส่สารละลายที่กรองได้ 1.0 มล. ลงใน beaker ขนาด 100 มล.
- เติม conc. Sulfuric acid และ carminic acid อย่างละ 5 มล.
- คนตลอดเวลา เขย่าให้เข้ากัน
- นำสารละลายเทใส่ cuvette ปิดฝาไว้นาน 10 นาที
- วัดการดูดกลืนแสง (adsorbance) ที่ความยาวคลื่น 600 nm
- คำนวณความเข้มข้นเทียบกับ reference solution

Reagent blank

ใช้น้ำกลั่น 1 มล. (เป็น reagent blank) และ boric acid reference solution แต่ละความเข้มข้น อย่างละ 1 มล. เติม sulfuric acid และ carminic acid 5.0 มล.เช่นเดียวกับข้างบน

9. ระยะเวลาการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2547 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2548

10. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการทำงาน	ปี 2547			ปี 2548			
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย
1. สำรวจและศึกษาข้อมูล	←→						
2. เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ		←→					
3. สุ่มตัวอย่างและทดลอง			←→	←→			
4. เก็บรวบรวมข้อมูล					←→		
5. ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล					←→	←→	
6. สรุปและเรียบเรียงผลการวิจัย						←→	
7. พิมพ์และจัดทำรูปเล่มรายงาน							←→

11. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

12. งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

1. ค่าใช้สอย

- ค่าถ่ายเอกสารสี 200 บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร 100 บาท
- ค่าจ้างพิมพ์งาน 1,000 บาท
- ค่าถ่ายเอกสารเข้าปกเย็บเล่ม 700 บาท

2. ค่าวัสดุ

- ค่าวัสดุสำหรับวิจัย 5,000 บาท

รวมงบประมาณทั้งหมด 7,000 บาท

ภาคผนวกที่ 2

เครื่องมือและอุปกรณ์

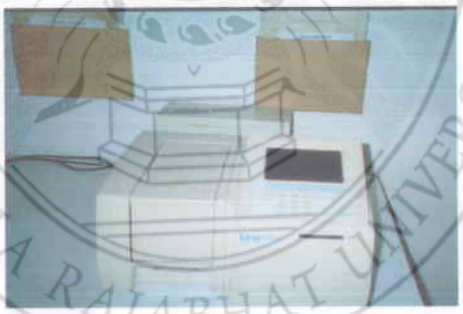
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพที่ 1. ตู้อบ

ภาพที่ 2. เตาไฟฟ้าชนิดหลุม

ภาพที่ 3. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ภาพที่ 4. เครื่องปั่นตกตะกอน



ภาพที่ 5. เครื่อง Spectrophotometer UV- visible

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวกที่ 3

จุดเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ 1. จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1

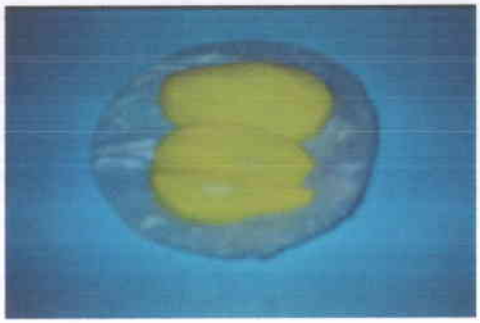
ภาพที่ 2. จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 2

ภาพที่ 3. จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 3

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

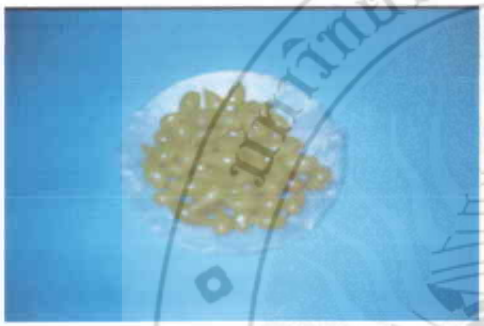
ภาคผนวกที่ 4

ตัวอย่างผลไม้

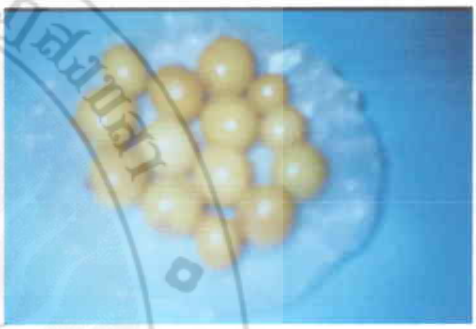


ภาพที่ 1. มะม่วงดอง

ภาพที่ 2. มะยมดอง



ภาพที่ 3. องุ่นดอง



ภาพที่ 4. พุทราดอง

ภาพที่ 5. ฝรั่งดอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY