มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ร่วมกับ เครือข่ายความร่วมมือ
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6

เรื่อง

สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศ
สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนในยุค
Thailand 4.0

(วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตรนวัตกรรม)

18 ตุลาคม 2017
ณ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยฟาฏอนี

การตรวจหาบอแร็กซ์ในผลไม้ดองและของหวานในเขตเทศบาลนครยะลาด้วย ยูวี-วิซิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ฮูดา ดีเยาะ[1], การีสมะห์ มะแซ[1], ประยูร ดำรงรักษ์[2], อิมรอน มีชัย[3]

[1]วท.บ. (เคมี), นักศึกษาสาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, จังหวัดยะลา
[2]กศ.ม. (เคมี), ผู้ช่วยศาตราจารย์, รองผู้อำนวยการสถานศึกษา, วิทยาลัยชุมชนสงขลา, จังหวัดสงขลา
[3]ปร.ด. (เคมี), อาจารย์สาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, จังหวัดยะลา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในผลไม้ดองและของหวานในเขตเทศบาลนครยะลาทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการย้อมสีตัวอย่างด้วยสารละลายเคอร์คูมินได้สารประกอบ rosocyanine ที่มีสีแดง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารด้วย ยูวี-วิซิเบิล สเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผลการวิเคราะห์พบว่าในน้ำมะยมดองมีปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์สูงที่สุดคือ 13.4846 ppm และตัวอย่างของหวานพบว่าในตัวอย่างน้ำเฉาก๊วยมีปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์สูงที่สุดคือ 0.1449 ppm นอกจากนี้ตัวอย่างทั้งหมดยังพบสารบอแรกซ์ ซึ่งอาจก่ออันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 151) ที่กำหนดให้บอแรกซ์เป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร

คำสำคัญ : บอแรกซ์, ผลไม้ดอง, ของหวาน, ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

UV-Visible Spectrophotometric Determination of Borax content in pickled fruits and desserts in Yala Municipality

Hooda deeyoh[1], Karismah Masae[1], Prayoon Damrongrak[2], Imron Meechai[3]

[1]B.Sc. (Chemistry), Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala Province

[2]M.Ed. (Chemistry), Assistance Professor, Songkhla Community College, Songkhla Province

[3]Dr. (Chemistry), Lecturer of Chemistry, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala Province

Abstract

The objective of this research was to determine the borax content in the twenty pickled fruits and desserts in Yala municipality. The samples were reacted with curcumin solution to provide the red color of rosocyanine. It was analyzed by using UV-Visible spectrophotometer at 550 nm. The result showed that the highest borax value of pickled fruit and dessert were pickled star gooseberry juices and grass jelly drinks with 13.4846 ppm and 0.1449 ppm, respectively. In addition, all the samples also were found the borax content. Hence, these samples may be harm to the consumer health following by the notification of the Ministry of Public Health (No. 151) that borax is prohibited in food.

Keywords: Borax, Pickled fruits, Desserts, UV-Visible Spectrophotometer

บทนำ (Introduction)

ปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหาร ล้วนสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้บริโภค เนื่องจากอาหารที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมักมีการเติมสารเจือปนลงไป เพื่อทำให้อาหารกรอบมีสีสันน่ารับประทานและเก็บไว้ได้นาน สารที่ใช้เติมแต่งในอาหารโดยทั่วไป ได้แก่ สีผสมอาหาร สารกันบูด สารปรุงแต่งรส ซึ่งสารเติมแต่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคและนำไปสู่โรคภัยไข้เจ็บได้ ในบรรดาสารพิษที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคนั้นบอแรกซ์ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมาก (กนกวรรณ วีรดุลยฤทธิ์, 2552) อาหารที่มักพบการปนเปื้อนของบอแรกซ์ได้แก่ เนื้อสัตว์บด ขนมจากแป้ง และผักผลไม้ดอง ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 151 (พ.ศ. 2536) บอแรกซ์เป็นสารที่ห้ามใช้เจือปนในอาหารเพราะสารบอแรกซ์มีโทษต่อร่างกายโดยไปสะสมที่สมองและไปลดการรับออกซิเจนของร่างกาย การสร้างแอมโมเนีย และการสังเคราะห์กรดกรูตาลมิค ทำให้เป็นพิษต่อไตและระบบทางเดินอาหาร

ที่ผ่านมาได้มีการทำวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณบอแรกซ์ในผักกาดดองที่จำหน่ายในเขตเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี จากการทดลองสามารถพบว่าบอแรกซ์ที่ตรวจพบในผักกาดดองของแต่ละร้านมีปริมาณตั้งแต่ 4.589-17.595 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่ามีบอแรกซ์ในปริมาณสูง (สุพัฒรา บำรุงเชื้อ, 2540) จากงานวิจัยดังกล่าวอาจบ่งชี้ให้เห็นว่าผู้ประกอบการยังคงมีการใช้บอแรกซ์ผสมลงในอาหารอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความตระหนักและสนใจที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารบอแรกซ์ในผลไม้ดองและของหวานที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครยะลา เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงปริมาณบอแรกซ์ในผลไม้ดองและของหวานมีปริมาณมากน้อยเท่าใด นอกจากนี้ยังจะเป็นข้อมูลออกมาเผยแพร่ให้ผู้บริโภคได้ทราบและเป็นแนวทางในการเลือบริโภคอาหารที่ถูกสุขลักษณะและปราศจากสารพิษ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)

1. เพื่อตรวจหาสารบอแรกซ์ ในผลไม้ดองและของหวานที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครยะลา โดยใช้ UV –VIS Spectrophotometer
2. เพื่อทราบถึงข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์ในผลไม้ดองและของหวานที่จำหน่ายในเขตเทศบาลจังหวัดยะลา
3. เพื่อเป็นข้อมูลเผยแพร่ให้ชุมชนถึงปริมาณสารบอแรกซ์ที่พบในผลไม้ดองและของหวาน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

คุณสมบัติโดยทั่วไปของสารบอแรกซ์

บอแรกซ์ (Borax $Na_2B_4O_7 : 10H_2O$) มีชื่อทางเคมีว่าโซเดียมบอเรต (Sodium borate) มีสูตรทางเคมีว่าเป็นเกลือของกรดบอริก หรือชาวบ้านเรียกว่า ผงกรอบ น้ำประสานทอง หรือภาษาจีนเรียกว่าเพ่งแซ่ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย จุดหลอมเหลว ($75^{\circ}C$) จุดเดือด ($320^{\circ}C$) น้ำหนักโมเลกุล 381.42 ละลายได้ในน้ำแต่ไม่ละลายในเอทานอล บอแรกซ์เป็นสารประกอบของธาตุโบรอน ซึ่งเป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับการเจริญเจริญเติบโตและการให้ดอกของพืช บอแรกซ์จึงเป็นสินค้านำเข้าเพื่อใช้เร่งประสิทธิภาพของปุ๋ย ในเชิงการค้านำไปใช้เป็นสารเจือปนในอาหารทำให้เกิดความกรอบ และชุบเนื้อสัตว์เพื่อให้ดูสดนาน (สารศิริราช, 2541)

บอแรกซ์ในสารอาหารได้รับการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2522 ถึงปี พ.ศ. 2527 เป็นระยะเวลา 5 ปี โดยกองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเป็นการศึกษา

วิเคราะห์ปริมาณตามธรรมชาติในวัตถุประกอบอาหารรวม 180 ชนิด และพบว่าวัตถุที่ใช้ประกอบอาหารส่วนใหญ่มีปริมาณบอแรกซ์ตามธรรมชาติถึง 0.08-39.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ไม่รวมพืชตระกูลถั่วและเครื่องเทศซึ่งมีปริมาณสูงกว่าพืชชนิดอื่น ในการตรวจสอบบอแรกซ์ที่ปนเปื้อนในอาหารคงต้องคำนึงถึงระดับธรรมชาติของวัสดุแต่ละชนิดด้วยระดับปริมาณสูงของบอแรกซ์ในธรรมชาติที่เคยมีผู้กำหนดไว้ คือในพืชผักผลไม้ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใบมะกรูดและแอปเปิ้ล 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถั่วและเครื่องเทศ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นในการแนะนำประชาชนให้บริโภคอาหารแต่ละชนิดอย่างถูกต้องโดยอาศัยระดับปริมาณที่เป็นพิษต่อร่างกายของวัสดุที่นำมาใช้ปรุงอาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกันและต้องคำนึงถึงปริมาณที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากกรรมวิธีประกอบอาหารโดยเฉพาะความร้อนด้วย (สารศิริราช, 2541)

บอแรกซ์มีน้ำหนักโมเลกุล 381.4 มีจุดหลอมเหลว 75 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาโครงสร้างด้วยเทคนิค X-Ray พบว่าอยู่ในรูปใน Borate ion $[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$
(ทิพวรรณ ปาปะไพ และนิตยา คะเชนมาตย์, 2542)

ประโยชน์ของบอแรกซ์

1. การใช้บอแรกซ์ในทางอุตสาหกรรม

บอแรกซ์เป็นสารเคมี ที่นำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมทำแก้ว เพื่อช่วยให้เกิดความเหนียวแข็งแรง ใช้เป็นส่วนผสมในการฉาบภาชนะเครื่องเคลือบดินเผาให้มีความมันและแววววาวใช้ในเครื่องสำอางเป็นวัตถุกันเสียช่วยหยุดยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในแป้งทาตัว ใช้ในทางยา เป็นยาฝาดสมาน (Astringent) ใช้เป็นส่วนผสมในยาทารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อโรคยากลั้วคอ ยาล้างตา นอกจากนี้ ยังใช้เป็นสารประสานในการเชื่อมทอง ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ใช้เป็นยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อรา เพื่อรักษาเนื้อไม้ ยากำจัดตะไคร่น้ำในสระว่ายน้ำ ใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า ใช้ชุบและเคลือบโลหะใช้ในการผลิตถ่านไฟฉาย ใช้ทำสบู่น้ำยาดัดผม

2. การใช้บอแรกซ์ในทางเกษตร

ทำปุ๋ยโดยใช้บอแรกซ์ผสมกับปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ผสมดินที่อยู่ในแถบร้อนหรือดินที่มีความเป็นกรดมากๆ เพื่อเพิ่มธาตุโบรอน เพื่อให้พืชใช้ในกระบวนการแบ่งเซลล์และส่งเสริมขบวนการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุไปยังส่วนต่างๆของลำต้นอีกด้วย

3. การใช้บอแรกซ์ในทางโภชนาการ

. สารบอแรกซ์นั้น มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารประกอบอินทรีย์โพลีไฮดรอกซี่ (organic polyhydroxy compound) ทำให้เกิดลักษณะ หยุ่น กรอบ และยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย ทำให้เกิดการนำเอาสารบอแรกซ์ผสมลงไปในลูกชิ้นหมูยอ ทอดมัน ไส้กรอก แป้งกรอบ ลอดช่องวุ้นผง ผงวุ้น ทับทิมกรอบ มะม่วงดอง ผักกาดดอง ผักกาดเค็ม เพื่อให้อาหารเหล่านั้นมีลักษณะกรอบแข็ง คงตัวอยู่ได้นานและยังพบว่า มีการนำเอาสารบอแรกซ์ไปละลายน้ำ แล้วทาหรือชุบลงในเนื้อหมูเนื้อวัว เพื่อให้ดูสดตลอดเวลา นอกจากนี้ยังใช้ปลอมปนในผงชูรสเนื่องจากบอแรกซ์มีลักษณะภายนอกเป็นผลึกคล้ายครึ่งกับผลึกของผงชูรส

กลไกการเกิดพิษของบอแรกซ์

สารประกอบโบรอนที่นิยมใช้กันมาก คือ กรดบอริก (boric acid) และบอแรกซ์ (borax) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ได้รับเป็นประจำได้ พิษของบอแรกซ์ มีผลต่อเซลล์ของร่างกายเกือบทั้งหมดเมื่อร่างกายได้รับเข้าไปทำให้เกิดความผิดปกติรุนแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของบอแรกซ์ที่ร่างกายได้รับ และเกิดการสะสมในอวัยวะนั้นโดยเฉพาะไตเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด

อาการจะปรากฏให้เห็นภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนกระเพาะอาหารและลำไส้จะอักเสบ ตับถูกทำลาย สมองจะบวมช้ำ และมีการคั่งของเลือด อาการทั่วไปมีไข้ ผิวหนังมีลักษณะแตกเป็นแผลบวมแดงคล้ายถูกน้ำร้อนลวก อาจมีปัสสาวะออกน้อยหรือไม่ออกเลยเนื่องจากสมรรถภาพการทำงานของไตล้มเหลว ซึ่งเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานอาหารจะดูดจะถูกดูดซึมได้เกือบทั้งหมดจากทางเดินอาหาร ส่วนกลไกทางชีวเคมีในร่างกายซึ่งทำให้เกิดอาการพิษนั้นพบว่าบอแรกซ์ที่รับประทานเข้าไปนั้น ไปสะสมในสมองส่วนกลาง (central-nervous system) และไปลดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน, การเกิดแอมโมเนีย, การสังเคราะห์กลูตามิก แปลเป็นไทย บอแรกซ์นั้นมีพิษต่อเซลล์ของร่างกายเกือบทั้งหมดและมีผลโดยตรงต่ออวัยวะของร่างกาย บอแรกซ์จะถูกขับผ่านไตออกมากับปัสสาวะมีส่วนน้อยเท่านั้นที่ขับออกมากับเหงื่อ และส่วนที่ถูกขับทิ้งผ่านไตนั้น จะใช้เวลาหลายวันกว่าจะขับถ่ายหมดถึงแม้จะได้รับสารประกอบโบรอนเข้าไปเพียงครั้งเดียวในจำนวนมากๆหรือได้รับติดต่อกันหลายครั้ง พบการสะสมของโบรอนได้ในสมองและตับ ระบบประสาทส่วนกลางถูกรบกวน สมองบวมช้ำ มีการคั่งของโลหิต (หัทยา แย้มไสว, 2547)

อาการเป็นพิษของบอแรกซ์

จากการศึกษาและทดลองในคนโดยใช้อาสาสมัครชายจำนวน 12 คน รับประทานบอแรกซ์เป็นเวลา 30 ถึง 70 วัน โดยเริ่มรับประทานวันละ 4-5 กรัม และลดปริมาณลงมาเป็น 3 กรัมต่อวัน ต่อมาลดลงเหลือ 0.5 กรัมต่อวัน ผลจากการศึกษาปรากฏว่าอาสาสมัครเหล่านั้นมีอาการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร

จากการศึกษาและทดลองในหนู ปรากฏว่าหนูที่ได้รับบอแรกซ์หรือกรดบอริกในปริมาณสูงๆ ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะทำให้การเจริญเติบโตของหนูลดลงกินอาหารได้น้อย หลังลอกและถ้าให้บอแรกซ์ขนาด 1750-5250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอาหารที่ให้หนูกิน 90 วันติดต่อกันจะมีผลทำให้อัณฑะฝ่อ การตกไข่ลดลง น้ำหนักไข่ลดลง และถ้าให้บอแรกซ์ขนาด 1000-2000 มิลลิกรัมต่อลิตรนาน 60 วันติดต่อกัน จะมีผลทำให้สเปริมลดน้อยลง

จากการทดลองศึกษาฤทธิ์และพิษของแอลกอฮอล์ร่วมกับบอแรกซ์ในน้ำดื่มของหนูที่ผสมแอลกอฮอล์ 20% รวมกับบอแรกซ์ 1.5% (1750 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าหนูเหล่านั้นเกิดอาการพิษรุนแรงถึงตายได้และพบว่าหนูที่ได้รับบอแรกซ์เหล่านั้นมีโบรอนสะสมที่ตับและสมอง (หัทยา แย้มไสว, 2547)

ขนาดของบอแรกซ์ที่เป็นอันตราย

ขนาดที่ทำให้เกิดพิษในผู้ใหญ่คือ 5-10 กรัม ส่วนขนาดที่ทำให้เกิดพิษและเสียชีวิตในเด็กคือ 3-10 กรัม โดยการเสียชีวิตนั้นจะเกิดขึ้นภายใน 1-3 วัน การที่ได้รับสารบอแรกซ์ในปริมาณมากๆ ในคนจะมีอาการเฉียบพลันเกิดขึ้นสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องลำไส้และกระเพาะอาหาร อุจจาระร่วงบางครั้งอาจมีเลือดปนออกมากับอุจจาระ
2. อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ หงุดหงิด มีอาการทางประสาทอาจชักหมดสติเนื่องจากประสาทส่วนกลางถูกกดและตายได้
3. ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน ผมร่วง
4. หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตลดลง อาจช็อคหมดสติได้
5. ตับ และไตอักเสบ ปัสสาวะน้อยจนกระทั่งไม่มีปัสสาวะ
6. หนังตาบวม เหยื่อตาอักเสบ

7. ระบบสืบพันธุ์เสื่อมสมรรถภาพ

การขับถ่ายบอแรกซ์ออกมาจากร่างกาย

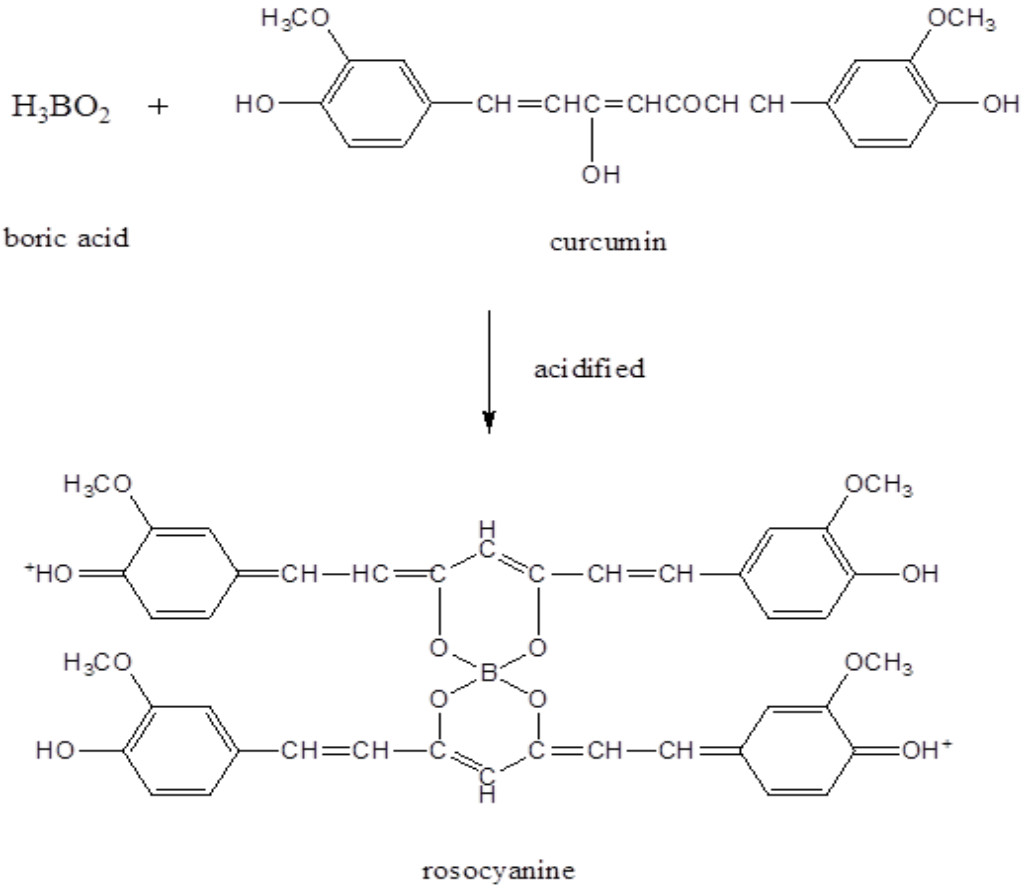
บอแรกซ์ที่เข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานนั้นถูกดูดซึมได้เกือบทั้งหมดที่จะทางเดินอาหาร การขับถ่ายส่วนใหญ่ผ่านทางไตออกมากับปัสสาวะ มีส่วนน้อยเท่านั้นที่ออกมากับเหงื่อปริมาณครึ่งหนึ่งของบอแรกซ์ที่ร่างกายได้รับ จะถูกขับออกมากับปัสสาวะภายในเวลา 12 ชั่วโมงแรก จากนั้นในช่วง 2-3 วันแรก จะถูกขับออกมาได้มากที่สุด และใช้เวลานานกว่า 7 วัน จึงจะขับถ่ายออกหมด ถึงแม้ว่าจะได้รับสารประกอบโบรอน (บอแรกซ์) เข้าไปเพียงครั้งเดียวก็ตามและจะตรวจพบโบรอนในปัสสาวะโดยวิธีทดสอบด้วยกระดาษขมิ้น ซึ่งเป็นการตรวจสอบทางคุณภาพ (จิรายุส รัตนสกุล, 2556)

การวิเคราะห์บอแรกซ์ในอาหาร

การวิเคราะห์บอแรกซ์ในอาหารจะเปลี่ยนบอแรกซ์ให้เป็นกรดบริกดังแสดงในปฏิกิริยา

$$B_4O_7^{2-} - 7H_2O \longrightarrow 4H_3BO_3 + 2OH^-$$

จากนั้นทำให้เกิดสีโดยทำปฏิกิริยากับสารละลายเคอร์คูมิน ได้สารประกอบ Rosocyanine ที่มีสีชมพูหรือสีแดง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร (มาลี เจริญวิทย์วรกุล, 2543)



ปฏิกิริยาแสดงการเกิด Rosocyanine (มาลี เจริญวิทย์วรกุล, 2543)

มาลินี ฉินนานนท์ (2560). การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมูและลูกชิ้นที่วางจำหน่ายในตลาดเขตอำเภอเมืองตรังจังหวัดย้อมสีตัวอย่างด้วยสารละลายเคอร์คูมิน ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่ามี ปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมูตัวอย่างทุกร้านในลูกชิ้นทุกตัวอย่างปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมูตัวอย่างอยู่ในช่วง 2.039-5.340 ppm ปริมาณบอแรกซ์ในลูกชิ้นตัวอย่างอยู่ในช่วง 1.608-2.572 ppm ซึ่งไม่ปลอดภัยในการบริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 151) ซึ่งกำหนดให้บอแรกซ์เป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร

ชวัลรัตน สมนึก (2559) การศึกษาและเปรียบเทียบการปนเปอนสารบอแรกซในตัวอยางอาหาร 5 ชนิด คือ หมูบด ลูกชิ้นหมู ไสกรอกหมู เฉากวย และผักดอง จากพื้นที่ตลาดสด กับหางสรรพสินคา ในเขตชุมชนเมืองจันทบุรี โดยทำการเก็บตัวอยางอาหารสัปดาหละหนึ่งครั้ง เปนเวลา 1 เดือน ผลการตรวจสอบไมพบการปนเปอนสารบอแรกซในอาหารจากหางสรรพสินคา แตพบสารบอแรกซซึ่งผลการปนเปอนสารบอแรกซในอาหารบริเวณเขตชุมชนเมืองจันทบุรีโดยเฉลี่ยมีคาเทากับรอยละ 5.83 จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงใหเห็นวายังมี การลักลอบใชบอแรกซใสในอาหารทั้งที่บอแรกซถูกกำหนดใหเปนวัตถุหามใชในอาหาร ดังนั้นหนวยงานที่เกี่ยวของควรมีการ ตรวจติดตามการปนเปอนสารบอแรกซอยางเขมงวดเพื่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยที่ดีของผูบริโภค

กมลทิพย์ ปัญจพิภูษณะ (2539). การตรวจสอบวิเคราะห์หากรดบอริคและบอแรกซ์นี้ใช้วิธี Qualitative โดยใช้การทดสอบกับ Turmeric paper โดยตัวอย่างที่นำมาทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ เนื้อสัตว์ แป้ง ผลไม้ จากการทดลองการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด 153 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่มีกรดบอริคและบอแรกซ์ผสมอยู่มี 14 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างอาหารประเภทแป้งและผลไม้ที่มีลักษณะกรอบเป็นพิเศษ ดังนั้น จึงเตือนผู้บริโภคให้ระมัดระวังในการบริโภคอาหารที่มีความกรุบกรอบเป็นพิเศษ และควรเผยแพร่ให้ความรู้แก่ผู้บริโภคถึงโทษของการบริโภคอาหารที่มีกรดบอริคและบอแรกซ์ผสมอยู่

หัทยา แย้มไสว (2547) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในผลิตภัณฑ์หมูยอ โดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี ในเขตเทศบาลอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งสุ่มเก็บผลิตภัณฑ์หมูยอจำนวน 7 ตัวอย่าง โดยย้อมสีตัวอย่างด้วยสารละลายเคอร์คูมิน ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณบอแรกซ์ในตัวอย่างหมูยออยู่ในช่วง 1.819-3.523 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าร้อยละของบอแรกซ์ในหมูยอ 100 กรัม อยู่ในช่วง 90.95-176.15 โดยหมูยอตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณบอแรกซ์และค่าร้อยละของบอแรกซ์ในหมูยอ 100 กรัมเป็น 3.523 มิลลิกรัมต่อลิตร และร้อยละ 176.15 ตามลำดับ ส่วนหมูยอตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณบอแรกซ์และค่าร้อยละของบอแรกซ์ในหมูยอ 100 กรัมเป็น 1.819 มิลลิกรัมต่อลิตร

มาลี เจริญวิทย์วรกุล (2543) ทำการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณกรดบอริกในอาหารด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี โดยการปรับตัวอย่างให้มีสภาพเป็นกรด จากนั้นให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายเคอร์คูมินในสารละลายที่เป็นกรดได้สารประกอบสีแดงเรียกว่า Rosocyanine ซึ่งละลายได้ในอะซิโตน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานและค่าการดูดกลืนแสงเป็นเส้นตรงตลอดช่วงความเข้มข้น 0.5 ถึง 6.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9995 เมื่อนำวิธีนี้ไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณกรดบอริกในอาหารต่างๆ จำนวน 45 ตัวอย่าง พบว่ามีตัวอย่างจำนวน 20 ตัวอย่าง มีตรวจพบบอแรกซ์ในช่วง 5.1 ถึง 789.0 ไมโครกรัมต่อกรัม

ดวงธิดา ก้อนทอง (2547) ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในทับทิมกรอบและรวมมิตรที่จำหน่ายในตลาดสด เขตเทศบาลนครปฐม โดยวิธียูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่าในทับทิมกรอบและรวมมิตรที่นำมาตรวจสอบ มีสารบอแรกซ์ปนเปื้อนอยู่ ทั้งสองร้านซึ่งร้านที่ 1 ปริมาณบอ

แรกซ์ที่พบในทับทิมกรอบส่วนที่เป็นไส้อยู่ในช่วง 0.0873-0.2521 มิลลิกรัมต่อลิตร ทับทิมกรอบส่วนที่เป็นแป้งมีปริมาณบอแรกซ์อยู่ในช่วง 0.0278-0.1061 มิลลิกรัมต่อลิตร และในรวมมิตรมีปริมาณบอแรกซ์อยู่ในช่วง 0.2133-0.2615 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับร้านที่ 2 ทับทิมกรอบส่วนที่เป็นไส้มีปริมาณบอแรกซ์อยู่ในช่วง 0.0799-0.21331 มิลลิกรัมต่อลิตร และในทับทิมกรอบส่วนที่เป็นแป้งมีปริมาณบอแรกซ์อยู่ในช่วง 0.0332-0.1194 มิลลิกรัมต่อลิตร และในรวมมิตรมีปริมาณบอแรกซ์อยู่ในช่วง 0.0397-0.5170 มิลลิกรัมต่อลิตร

บัลลังก์ หันทะรักษ์ และกุสุมา นาแถมทอง (2546) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมักของเนื้อย่างเกาหลีจำนวน 10 ร้าน ในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยวิธีเปลี่ยนรูปของบอแรกซ์ให้อยู่ในรูปของกรดบริกด้วยสารละลายกรดซึ่งสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายขมิ้นและกรดออกซาลิกในสภาวะที่เป็นกรด สารที่เกิดขึ้นคือสารประกอบเชิงซ้อน Rubrocurcumine แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 547 นาโนเมตร จากการทดลองพบว่าสามารถพบบอแรกซ์ในตัวอย่างและพบว่ามีปริมาณบอแรกซ์อยู่ระหว่าง 1.4340+0.3028 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

รัตนา มหาชัย และวีรัช ว่องพัฒนากุล (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาบอแรกซ์ในผลไม้ดองและแช่อิ่ม การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์บอแรกซ์โดยใช้วิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี โดยการทำให้เกิดสีกับสารละลายเคอร์คูมิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 543 นาโนเมตร ช่วงกราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง 0.05-2.0 ppm จากการศึกษาความถูกต้องของการวิจัย (Accuracy) พบว่าความเที่ยงมีค่า (%RECOVERY) 84% การวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ตัวอย่างผลไม้ดองและแช่อิ่มรวม 60 ตัวอย่างพบว่ามีปริมาณบอแรกซ์คิดเป็น 31 . 67 %

วีรวัฒน์ มหัทธนตระกูล (2541). จากการสำรวจตรวจสอบหาสารบอแรกซ์ในอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดในเขตจังหวัดสงขลา จำนวน 60 ตัวอย่าง พบบอแรกซ์จำนวน 10 ตัวอย่าง ซึ่งคิดเป็น 16.7% โดยปริมาณที่ตรวจพบอยู่ระหว่าง 2.5-35.4 มก./100 กรัมอาหาร ซึ่งแสดงว่าผู้ผลิตอาหารยังคงมีการใช้สารนี้ปรุงแต่งในอาหารเป็นจำนวน ดังนั้น จึงเห็นควรประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนผู้บริโภคได้ทราบตลอดจนแจ้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือรับผิดชอบในเรื่องนี้ต่อไป ทั้งนี้เพื่อวางมาตรการในการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะในเด็กซึ่งไวต่อการเกิดพิษจากสารนี้มากกว่าในผู้ใหญ่

การดี อาษา (2549). ศึกษาการปนเปื้อนสารบอแรกซ์ในอาหารของร้านในโรงเรียน และรอบบริเวณโรงเรียน ซึ่งเป็นโรงเรียนสังกัดสำนักงานประถมศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างโดยสุ่มเลือกตัวทั้งหมด 411 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ตรวจสอบเบื้องต้นด้วยกระดาษขมิ้น พบสารบอแรกซ์จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 2.92 โดยแบ่งเป็นกลุ่มอาหารในโรงเรียนจำนวน 26.3 ตัวอย่าง พบสารบอแรกซ์จำนวน 5 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.90 ส่วนกลุ่มอาหารรอบบริเวณโรงเรียนจำนวน 148 ตัวอย่าง พบสารบอแรกซ์จำนวน 7 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4.73 ประเภทของอาหารที่พบสารบอแรกซ์มากที่สุด คือ อาหารชุบแป้งทอดรองลงมาคือผลไม้ดองและเนื้อหมูบด

ปธานิน แสงอรุณ (2557). การทดสอบการปนเปื้อนของอาหารบริเวณชุมชน ซอยจรัญสนิทวงศ์ 57 และตลาดพงษ์ทรัพย์ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร โดยทำการทดสอบสารบอแรกซ์ สารฟอกขาว ฟอร์มาลีน สารกันรา ที่ปนเปื้อนในอาหารจำนวน 40 ร้านโดยวิธีทำแบบสอบถามแบบสังเกตและทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร พบว่าผู้ประกอบกิจการอาหารเป็นเพศหญิงและเพศชายมีร้อยละ 50 อายุช่วง 30-35 ปี ร้อยละ 50 สถานภาพสมรสร้อยละ 72.5 ระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษาร้อยละ 45 รายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 10,000-15,000 บาท ร้อยละ 70 เวลาประกอบกิจการในช่วงเวลา 1-5 ปี ร้อยละ 45

และการทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร พบว่าการปนเปื้อนสารบอแร็กซ์ สารฟอกขาว ฟอร์มาลีน และสารซาลิซิลิค ในตัวอย่างอาหารร้อยละ 3.33, 17.5, 3.33 และ 4.17 ตามลำดับ

วิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

1. ตัวอย่างผลไม้ดองและของหวาน

ประเภทผลไม้ดอง

พุทรา องุ่น มะม่วง มะปราง มะยม น้ำพุทรา น้ำองุ่น น้ำมะม่วง น้ำมะปราง และน้ำมะยม

ประเภทของหวาน

เฉาก๊วย น้ำเฉาก๊วย ลอดช่อง ทับทิมกรอบ ขนมอะลัว ขนมถ้วยฟู ขนมชั้น ขนมเปียนปูน วุ้น และมะพร้าวแก้ว

2. อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

2.1 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น JASGO 730
2.2 เครื่องอังไอน้ำ
2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า
2.4 เตาเผาอุณหภูมิสูง
2.5 ครกบด
2.6 ปิเปต
2.7 บีกเกอร์
2.8 ขวดวัดปริมาตร
2.9 แท่งแก้วคน
2.10 ช้อนตักสาร
2.11 กระบอกตวง
2.12 ชุดกรองสาร
2.13 กระดาษกรอง
2.14 ครูซิเบิล
2.15 ชามกระเบื้อง

3. สารเคมี

3.1 กรดบอริก (boric acid) AR Grade
3.2 กรดออกซาลิก (Oxalic acid) AR Grade
3.3 เคอร์คูมิน (Curcumin)
3.4 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) AR Grade
3.5 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) AR Grade
3.6 95% เอทานอล (Ethanol)) AR Grade
3.7 น้ำกลั่น (Distilled water)

4. แนวทางการดำเนินงาน

4.1 สารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์

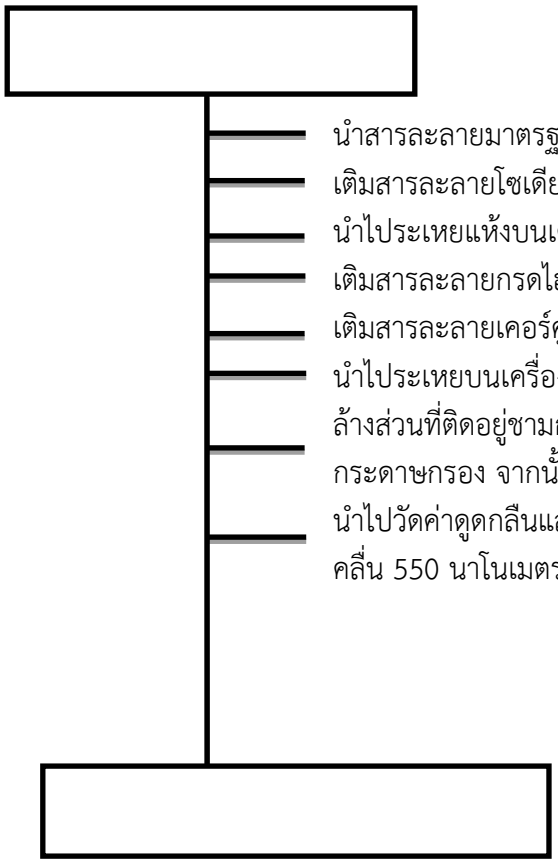
สารละลายกรดบอริกมาตรฐานกรดบอริกที่ความเข้มเข้ม 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 6.0, 9.0, 1.2 และ 1.5 ppm ด้วยน้ำกลั่น

สารละลายเคอร์คูมิน 0.04% w/v โดยผสมเคอร์คูมินมา 0.04 กรัม กรดออกซาลิก 5.00 กรัม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย 95% เอทานอล ในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร (เก็บสารละลายเคอร์คูมินไว้ในตู้เย็นสารละลายที่เตรียมได้ดังกล่าวมีอายุการใช้งาน 2-3 วัน)

สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1% โดยมวลต่อปริมาตรในน้ำกลั่น

สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2.4 โมลาร์ในน้ำกลั่น

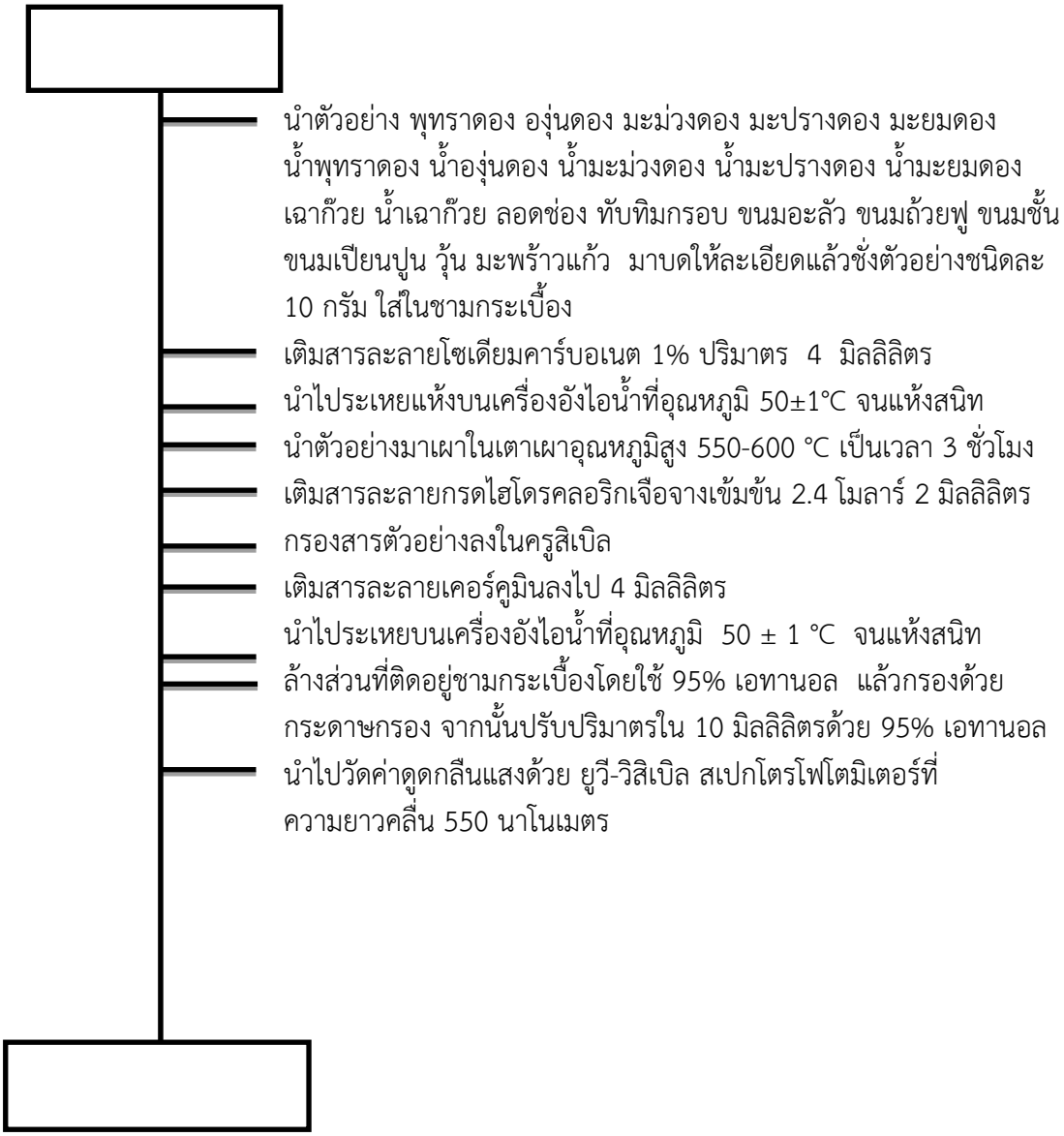
4.2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดบอริกมาตรฐาน



4.3 สารละลายแบล็งค์ (Blank)

เตรียมเช่นเดียวกันในข้อ 4.2 แต่เปลี่ยนจากสารละลายมาตรฐานกรดบอริกเป็นน้ำกลั่น

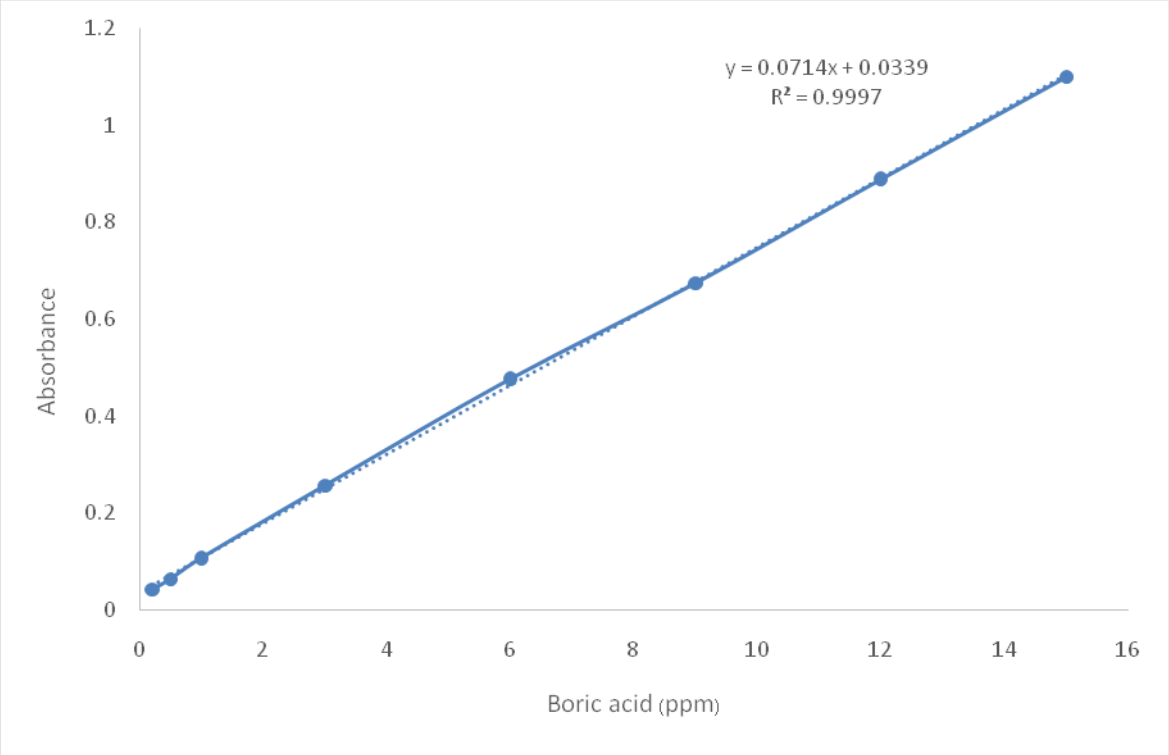
4.4 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณบอแรกซ์



ผลการวิจัย (Results)

การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ด้วย ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตเมตรี อาศัยพื้นฐานของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารวิเคราะห์และรีเอเจนต์ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่ง ความเข้มแสงที่ถูกดูดกลืนจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารวิเคราะห์นั้น การคำนวณหาปริมาณสารวิเคราะห์จากค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่วัดได้ใช้กราฟมาตรฐานซึ่งสร้างขึ้นโดยการนำสารละลายมาตรฐานกรดบอริกที่ความเข้มข้น 0.2 0.5 1.0 3.0 6.0 9.0 12.0 และ 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ซึ่งให้ค่าสมการเชิงเส้น $y=0.0714x+0.0339$ และ $R^2 = 0.9997$

กราฟที่ 1 กราฟสารละลายมาตรฐานกรดบอริก



การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในตัวอย่างผลไม้ดองและของหวาน

ตัวอย่างผลไม้ดองและขนมหวานซื้อถูกซุ่มซื้อจากร้านค้าที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครยะลา ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณของสารบอแรกซ์ในผลไม้ดองและของหวาน (n=3)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของ boric acid (ppm) ± SD
พุทรา	0.6779 ± 0.0024
องุ่น	1.2409 ± 0.0202
มะม่วง	2.4118 ± 0.0010
มะปราง	8.056 ± 0.0053
มะยม	6.339 ± 0.0022
น้ำพุทรา	4.1092 ± 0.0017
น้ำองุ่น	2.3893 ± 0.0086
น้ำมะม่วง	2.916 ± 0.0084
น้ำมะปราง	5.8852 ± 0.0077
น้ำมะยม	13.4846 ± 0.0301
เฉาก๊วย	0.1250 ± 0.0397
น้ำเฉาก๊วย	0.1449 ± 0.0036
ลอดช่อง	0.1117 ± 0.0126
ทับทิมกรอบ	0.1264 ± 0.0018
ขนมอะลัว	0.0789 ± 0.0133
ขนมถ้วยฟู	0.0790 ± 0.0073
ขนมชั้น	0.0757 ± 0.0112
ขนมเปียนปูน	0.1424 ± 0.0109
วุ้น	0.0711 ± 0.0120
มะพร้าวแก้ว	0.1068 ± 0.0234

จากตารางที่ 1 พบว่าในน้ำมะยมดองมีปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์สูงที่สุดคือ 13.4846 ppm และในพุทราดองมีปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์น้อยที่สุดคือ 0.6779 ppm ตัวอย่างของหวาน พบว่าในตัวอย่างน้ำเฉาก๊วยมีปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์สูงที่สุดคือ 0.1449 ppm และในตัวอย่างวุ้นมี ปริมาณการปนเปื้อนสารบอแรกซ์น้อยที่สุดคือ 0.0711 ppm นอกจากนี้ตัวอย่างทั้งหมดยังพบสารบอแรกซ์ ดังตาราง

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในรูปของโบรอนมีหลายวิธีด้วยกัน ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทำให้เกิดสีกับสารละลายคือ curcumin ได้สารประกอบ Rosocyanine ที่มีสีแดง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบที่เกิดขึ้นด้วย ยูวี-วิซิ เบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

จากการหาปริมาณบอแรกซ์ในตัวอย่างผลไม้ดองและของหวานโดยสุ่มตัวอย่างในเขตเทศบาลนครยะลา จำนวน 20 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างในช่วงเดือน เมษายน-กรกฎาคม 2560 โดยแยกเป็นค่าตัวอย่างแต่ละชนิดได้คือ พุทราดองมีค่า 0.6779 ppm องุ่นดองมีค่า 1.2409 ppm มะม่วงดองมีค่า 2.4118 ppm มะปรางดองมีค่า 8.056 ppm มะยมดองมีค่า 6.339 ppm น้ำพุทราดองมีค่า 4.1092 ppm น้ำองุ่นดองมีค่า 2.3893 ppm น้ำมะม่วงดองมีค่า 2.916 ppm น้ำมะปรางดองมีค่า 5.8852 ppm น้ำมะยมดองมีค่า 13.4846 ppm เฉาก๊วยมีค่า 1.276 ppm น้ำเฉาก๊วยมีค่า 1.5546 ppm ลอดช่องมีค่า 1.0896 ppm ทับทิมกรอบมีค่า 1.2955 ppm ขนมอะลัวมีค่า 0.6303 ppm ขนมถ้วยฟูมีค่า 0.6317 ppm ขนมชั้นมีค่า 0.5854 ppm ขนมเปียกปูนมีค่า 1.5196 ppm วุ้นมีค่า 0.521 ppm มะพร้าวแก้วมีค่า 1.021 ppm

จะเห็นได้ว่าตัวอย่างทุกชนิดจะมีการปนเปื้อนสารบอแรกซ์ ถึงแม้ว่าจะมีการประกาศบังคับห้ามใช้บอแรกซ์ผสมในอาหารก็ยังมีผู้ประกอบการใช้อยู่บ้าง อาจเป็นเพราะไม่ทราบหรือไม่คำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นแก่ผู้บริโภคได้ ในด้านการปกป้องกันก็คือ ประชาชนควรให้ความร่วมมือถ้าสงสัยให้แจ้งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาทราบ หรืออาจเก็บตัวอย่างส่งไปให้กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตรวจสอบ

วีรวัฒน์ มหัทธนตระกูล (2541) บอแรกซ์ (borax หรือ sodium borate) เป็นสารปรุงแต่งในอาหาร ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุขได้มีประกาศห้ามใช้ผสมในอาหารทุกชนิด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2517 แต่อย่างไรก็ดีพบว่ายังคงมีการใช้สารนี้ในอาหารบางชนิดดังรายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณะสุข และงานวิจัยจากสถาบันการศึกษาต่างๆ ซึ่งมีการตรวจพบบอแรกซ์เจือปนในอาหารตั้งแต่ 17.3-91.2 % ในปริมาณระหว่าง 0.00-107.88 มก/100 กรัม ของอาหาร

ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

1. หน่วยงานของรัฐควรมีการตรวจสอบการใช้ สารบอแรกซ์ให้ละเอียดและเข้มงวดขึ้น
2. ควรสร้างจิตสำนึกให้กับร้านค้าต่างๆ ในการใช้สารเคมี
3. หาวิธีในการทำผลไม้ดองและของหวาน โดยการหลีกเลี่ยงใช้บอแรกซ์หรือสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณทางสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

กมลทิพย์ ปัญจพิภูษณะ และอธิพร ดุมแก้ว. (2539). การตรวจหากรดบอริคและบอแรกซ์ในอาหารในตลาด เมืองไทย.มหาลัยวิทยามหิดล.

การดี อาษา. (2549). การปนเปื้อนสารบอแรกซ์ในอาหารของร้านในโรงเรียน และรอบบริเวณโรงเรียน ซึ่งเป็นโรงเรียนสังกัดสำนักงานประถมศึกษาอำเภอ (สปอ.) เมือง จังหวัดชลบุรี มหาวิทยาบูรพา.

กนกวรรณ วีรดุลยฤทธิ์. (2552).การวิเคราะห์ปริมาณบอแรกซ์ในผักและผลไม้ดองโดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี.มหาวิทยาลัยบูรพา.

จิรายุส รัตนสกุล. (2556).พิษภัยจากสารบอแรกซ์. แหล่งที่มา http://jilayut.blogspot.com/2013/02/blog-post_3508.html. ค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2560.

ชวัลรัตน์ สมนึก ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และปัญญา เต็มเจริญ. (2559). การปนเปื้อนสารบอแรกซ์ในตัวอย่างอาหารบริเวณเขตชุมชนเมืองจันทบุรี.มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณ.

ดวงธิดา ก้อนทอง. (2547). การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในทับทิมกรอบและรวมมิตร ที่จำหน่ายในตลาดสด เขตเทศบาลนครปฐมด้วยวิธียูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตเมตรี. นครปฐม: ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ทิพวรรณ ปาปะไพ และนิตยา คะเชนมาตย์. (2542). การศึกษาปริมาณบอแรกซ์ในผักและผลไม้ดอง และผักดอง. มหาสารคาม: ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

บัลลังก์ หันทะรักษ์ และกุสุมา นาแถมทอง. (2546). การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมักของเนื้อย่างเกาหลีโดยเทคนิคอัตราไวโอเลต-และวิสิเบิลสเปคโทรคโคปี. มหาสารคาม: ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 151 (2536). เรื่องกำหนดวัตถุที่หามใช้ในอาหาร.

ปธานิน แสงอรุณ (2557). การปนเปื้อนของอาหารและการปฏิบัติตามมาตรการสุขาภิบาลอาหารของกิจการอาหารริมบาทวิถี. วิทยาลัยนครราชสีมาวิทยาคารกรุงเทพฯ

มาลี เจริญวิทย์วรกุล. (2543). การวิเคราะห์ปริมาณกรดบริกในอาหาร.วารสากรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 42: 72-81.

แม้น อมรสิทธิ์และอมร เพรชสม. (2535). Principle and techniques Instrumental Analysis. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลินี ฉินนานนท์ (2560). การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อหมูและลูกชิ้นที่วางจำหน่ายในตลาดเขตอำเภอเมืองตรังจังหวัดตรัง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

รัตนา มหาชัย และวิรัช ว่องพัฒนากุล. (2536). บอแรกซ์ในผลไม้ดองและแช่อิ่ม. ขอนแก่น: งานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

.วีรวัฒน์ มหัทธนตระกูล (2541). การสำรวจหาปริมาณสารพิษ (บอแรกซ์) ในอาหารที่จำหน่ายในเขตจังหวัด สงขลา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริราช. (2541). พิษภัยจากบอแรกซ์. คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล. กรุงเทพฯ.

สุพัตรา บำรุงเชื้อ. (2540). การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในผักกาดดอง. เพชรบุรี. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

หัทยา แย้มไสว. (2547). การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในผลิตภัณฑ์หมูยอโดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี. นครปฐม: ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.