



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้น

โดย ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม และคณะ

สิงหาคม 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้น

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. นางสาวสุพรรณิ ัญญะภู

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ: การพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางธรรมชาติข้น

(Simple method development for Zinc determination in latex concentrate)

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่:

ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จ.ปัตตานี 94000

นักศึกษา 1. นางสาวสุพรรณิ ชัญญะภู

ระยะเวลาดำเนินการ.....8.....เดือน ตั้งแต่วันที่...1 ธันวาคม 2548... ถึงวันที่...31 สิงหาคม 2549...

ปัญหาที่ท้าวิจัยและความสำคัญ

ยางธรรมชาติเป็นผลผลิตจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีขาวกลายน้ำนม เรียกว่า “น้ำยางสด” ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้ของประเทศไทยพื้นที่ในการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก น้ำยางธรรมชาติเป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีสภาพเป็นสารแขวนลอยหรือคอลลอยด์ มีทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น น้ำตาล โปรตีน ฟอสโฟไลปิดและอื่น ๆ ซึ่งสารเหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ทั่วไปในอากาศภายหลังการกรีดยาง ผลของการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้น้ำยางเกิดการบูดเน่าส่งกลิ่นเหม็น น้ำยางจึงเสียสภาพและเกิดการจับตัวเป็นก้อน

น้ำยางสดมีเนื้อยางประมาณ 25 – 40 % ซึ่งมีปริมาณเนื้อยางน้อยจึงไม่เหมาะในการทำผลิตภัณฑ์ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จึงต้องมีการปั่นเอาน้ำออกจากน้ำยางสดจนมีเนื้อยาง 60 % น้ำยางที่ได้นี้เรียกว่า “น้ำยางข้น” และมีการเน่าเสียได้ ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจึงต้องมีการเติมสารแอมโมเนียลงไป เพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง น้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียอย่างเดียวจะต้องใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงถึง 0.7 % น้ำยางข้นชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า High Ammonia Latex หรือ HA Latex และถ้ายังต้องการเก็บรักษาน้ำยางข้นไว้นานก็ต้องใช้แอมโมเนียปริมาณมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นผลต่อการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางในภายหลังและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงงาน จึงมีการใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยมีการใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.2% ร่วมกับสารเคมีอื่น เช่น ZnO (Zinc Oxide) 0.025 % และ TMTD (Tetramethylthiuram disulphide) 0.025 % สามารถเก็บรักษาน้ำยาง ได้

เป็นอย่างดี โดยเชื่อกันว่าสารนี้จะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และได้ใช้กันแพร่หลายมาเป็นระยะเวลาช้านาน เรียกน้ำยางข้นประเภทนี้ว่า Low Ammonia Latex หรือ LA Latex (เสาวนีย์, 2545)

อย่างไรก็ตามสารนี้อยู่ในกลุ่มของสารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent or curing agent) โดยซิงค์ออกไซด์ที่ใช้เป็นสารกระตุ้นในกระบวนการคงรูป (Vulcanization) ถ้ามีปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ยางอยู่ในสถานะยืดหยุ่นได้สูง การขาดซิงค์ออกไซด์ หรือใช้ปริมาณน้อยเกินไปทำให้ยางไม่แข็งแรง การยืดหยุ่นของยางต่ำ หรือหากปริมาณซิงค์ออกไซด์มาก จะไม่ละลายในน้ำยางและทำให้น้ำยางข้นขาวได้

ปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางข้นจึงมีผลต่อกระบวนการคงรูปของน้ำยาง และมีผลต่อคุณภาพและสมบัติของผลิตภัณฑ์ยาง การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในน้ำยางข้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อเป็นข้อมูลในการออกสูตรน้ำยางกับสารเคมีต่าง ๆ ให้เหมาะสม และนำไปสู่การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางที่มีคุณภาพต่อไป

เทคนิคด้านเคมีวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ธาตุสังกะสีในตัวอย่างชีวภาพโดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรี ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยง ความแม่นยำ เนื่องจากตรวจสอบการวัดการดูดกลืนแสงจำเพาะของธาตุสังกะสี รวมทั้งมีความไววิเคราะห์สูง อย่างไรก็ตามการที่จะได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือดังกล่าว ต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ที่เหมาะสม การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ยังต้องใช้ทักษะความรู้ความเชี่ยวชาญสูง เครื่องมือราคาสูงโดยทั่วไปสูงกว่าหนึ่งล้านบาท จึงเหมาะที่จะเป็นวิธีตรวจสอบวิธีที่มีความจำเพาะต่ำกว่าต่อธาตุสังกะสีแต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในโรงงานทั่วไปเนื่องจากมีราคาสูงและเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

โครงการการวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์หาธาตุสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางข้น โดยพัฒนาควบคู่ไปกับเทคนิคที่มีเป็นที่ยอมรับในทางเคมีสำหรับการวิเคราะห์โลหะคือเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติข้น

2. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาวิธีการหาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติข้นด้วยการพัฒนาเทคนิคการเตรียมด้วยการย่อยตัวอย่างน้ำยางข้นโดยการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง พบสารละลายต่างสามารถย่อยตัวอย่างน้ำยางข้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมและวิเคราะห์หา

ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางขึ้นด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรสโกปีแบบใช้เปลวไฟ พบปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางขึ้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียในปริมาณต่ำที่มีการเติมเตตระเมทิลไทยูเรมไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ (Low Ammonia TMTD/ZnO, LATZ) ในช่วงร้อยละ 0.02 - 0.03 ซึ่งเป็นระดับที่ใช้เดิมในโรงงานทั่ว ๆ ไป ในขณะที่ตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียปริมาณสูง (High Ammonia, HA) มีปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางระดับที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัดและยังมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นชนิด LATZ

ในการศึกษาประสิทธิภาพการเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรีแบบใช้เปลวไฟนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการฉีดสารเพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเที่ยง (Precision) ในการวัดแต่ละครั้งทำให้ค่าใกล้เคียงกันเพียงใด โดยค่าดังกล่าวพบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับวิเคราะห์แบบ within run อยู่ใน ช่วง ร้อยละ 2.3-2.4 และการวิเคราะห์แบบ between run อยู่ในช่วง ร้อยละ 3.1-4.7 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับค่าที่แสดงถึงความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีการวิเคราะห์ที่ได้ศึกษาจากร้อยละการกู้คืน (% Recovery) พบร้อยละการกู้คืนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ ร้อยละ 98.43-100.50 ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสังกะสีในน้ำยางขึ้นกับช่วงความเข้มข้นของสารที่ทำการวิเคราะห์ พบมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $y = 0.3072x$ และค่า coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9989 นอกจากนี้ยังทำการศึกษาช่วงของความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ ซึ่งความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถวิเคราะห์ได้สำหรับการหาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขึ้นด้วยเทคนิค Flame-AAS เท่ากับ 0.072 ppm จากการหาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเตรียมการย่อยตัวอย่างน้ำยางขึ้นและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Flame-AAS ที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ผลในช่วงที่ยอมรับได้และเมื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางยังพบปริมาณสังกะสีในระดับที่มีใช้งานกันในโรงงานน้ำยางขึ้น อย่างไรก็ตามน่าจะมีการพัฒนาวิธีที่ได้ต่อไปเพื่อให้ได้วิธีที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

สำหรับการศึกษาการเตรียมและวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขึ้นด้วยเทคนิควิสซิเบิลสเปกโทรเมตรี พบมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาต่อไปเป็นชุดน้ำยาทดสอบ โดยมีผลการศึกษาที่สำคัญคือ การศึกษาตัวทำละลายไดโทโซนและตัวสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารเชิงซ้อนของสังกะสีกับไดโทโซน โดยเลือกศึกษาตัวทำละลายโทลูอิน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เบนซีน เอทานอล และ กลอโรฟอร์ม พบคลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายและในขณะเดียวกันเป็นตัวสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารเชิงซ้อนของสังกะสีกับไดโทโซนในตัวอย่างน้ำยางขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก สารไดโทโซนละลายได้ดีในคลอโรฟอร์ม เกิดการจับตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับโลหะสังกะสีได้ดี สังเกตการแยกชั้นได้ ง่าย การแยกชั้นของตัวอย่างน้ำยางกับตัวทำละลายใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที อย่างไรก็ตามการใช้ตัวทำละลายนี้ต้อง

ทำด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ หรืออาจศึกษาหาตัวทำละลายอื่น ที่มีความมีขั้วคล้ายคลึงกัน แต่มีอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้น้อยกว่า

เพื่อเป็นการยืนยันการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างสังกะสีกับสารไดโทโซน จึงได้ทำการศึกษาสเปกตรัมของสารเชิงซ้อนสีชมพูซึ่งคาดว่าจะเป็สารเชิงซ้อนระหว่างสังกะสีและสารไดโทโซน พบว่าไดโทโซนเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีชมพูเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการเติมปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้น โดยสารเชิงซ้อนมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 535 นาโนเมตร ในขณะที่น้ำยาไดโทโซนมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ประมาณ 600 นาโนเมตร

เพื่อให้สามารถได้สีของสารเชิงซ้อนของสังกะสีที่ในเบื้องต้นสามารถบอกความแตกต่างระหว่างระดับของสังกะสีในน้ำยางชันชนิด HA ซึ่งไม่มีการเติมสารประกอบของสังกะสี และระดับของสังกะสีในน้ำยางชันชนิด LATZ ซึ่งมีการเติมสารประกอบสังกะสีที่ระดับประมาณ 0.025% จึงได้ทำการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางชัน ความเข้มข้นและปริมาตรของน้ำยาไดโทโซนที่ใช้ต่อตัวอย่าง

ในการเจือจางตัวอย่างน้ำยางชันที่ระดับประมาณ 1250 และ 2500 เท่า อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากไม่พบสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีเหลืออยู่ในชั้นของน้ำยาง และมีการแยกชั้นของตัวทำละลายกับน้ำยางชัดเจน แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไดโทโซนที่ใช้อยู่ในระดับที่สามารถสกัดสังกะสีออกจากชั้นของน้ำยางได้ดี

การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำยาไดโทโซนที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 5 และ 10 ppm พบความเข้มข้นที่ 5 ppm มีสีชมพูในชั้นของตัวสกัดชัดเจน แต่ที่ 1 และ 2 ppm น้ำยาไดโทโซนเจือจางเกินไป ทำให้สังเกตสีได้ไม่ชัดเจน และที่ความเข้มข้น 10 ppm มีความเข้มข้นของน้ำยาไดโทโซนสูงเกินไป หากใช้ในการสกัดจะให้ระดับการดูดกลืนแสงที่สูงกว่า 0.8 Abs ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานการวัดการดูดกลืนแสงตามทฤษฎีของเบียร์-แลมเบิร์ต

ปริมาตรของน้ำยาที่ใช้ทดสอบของสารไดโทโซนที่ 5 ppm ในคลอโรฟอร์มช่วงปริมาตร 3 ถึง 5 mL มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการสกัดสังกะสีในน้ำยางที่ระดับการเจือจาง 2500 เท่า ในขณะที่ที่ 1 และ 2 mL มีปริมาตรน้ำยาหรือตัวสกัดน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถเห็นรอยต่อของการแยกชั้นอย่างชัดเจน

เมื่อได้ทำการใช้วิธีที่พัฒนาขึ้นในการตรวจสอบระดับปริมาณของสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางสองชนิด คือ ชนิดที่มีแอมโมเนียสูง (HA latex) และ ชนิดที่มีแอมโมเนียต่ำและมีการเติมสังกะสีร่วมกับสารที่เอมทีดี (LATZ latex) พบว่าน้ำยาและสภาวะที่พัฒนาขึ้นสามารถให้สีชมพูที่มีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำยางสองชนิดดังกล่าวโดยน้ำยาง LATZ ให้สีชมพูของสารเชิงซ้อนสังกะสีสูงกว่าในน้ำยาง

HA ในทุกคู่ของตัวอย่างน้ำยางชั้นทั้งสองชนิดจากทุกโรงงาน จำนวน 3 โรงงาน ในจังหวัด สงขลา พัทลุง และตรัง

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิธีการอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาต่อไปเป็นชุดน้ำยาทดสอบ (Test kit) สำหรับตรวจสอบปริมาณสังกะสีในน้ำยางชั้น ซึ่งใช้เวลา น้อยกว่า 10 นาทีต่อตัวอย่าง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านต่าง ๆ เช่น ชนิดของ สารประกอบสังกะสี ต่อประสิทธิภาพการสกัด ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการสกัด ความ แม่น ความเที่ยงของวิธี ช่วงความเข้มข้นในการใช้งานของชุดน้ำยา ความเสถียร และการออกแบบชุด น้ำยา และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการทำวิจัย

และที่จะขาดเสียมิได้คือขอขอบพระคุณโรงงานต่าง ๆ ด้วยความจริงใจ ที่ให้การสนับสนุนตัวอย่างน้ำยางข้น รวมทั้งให้และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการใช้สารเคมีต่าง ๆ ในการควบคุมคุณภาพน้ำยางข้น

ดร.วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

หัวหน้าโครงการฯ

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ: การพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางธรรมชาติข้น

(Simple method development for Zinc determination in latex concentrate)

หัวหน้าโครงการ ดร. วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม

ได้ทำการพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์ธาตุสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติข้น ได้ผลการศึกษาเป็นที่น่าพอใจคือได้วิธีอย่างง่ายเบื้องต้นในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีที่ใช้เวลาน้อยกว่า 10 นาที ต่อหนึ่งตัวอย่าง โดยใช้หลักการการทำให้สีด้วยสารประกอบเชิงซ้อน โดยวิธีการในเบื้องต้นนี้สามารถบอกระดับที่แตกต่างของปริมาณสังกะสีที่มีอยู่ในน้ำยางข้นชนิด HA และ LATZ โดยได้ทำการพัฒนาวิธีอย่างง่ายควบคู่ไปกับการศึกษาวิธีการวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางข้นด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันในงานเคมีวิเคราะห์ พบการเจือจางตัวอย่างน้ำยางแล้วย่อยด้วยสารละลายต่างให้ผลดีกว่าการย่อยด้วยกรด จากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีที่ศึกษาพบว่ามีความเที่ยงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนแบบ within run และ between run ร้อยละ 2.3-2.4 และร้อยละ 3.1-4.7 ตามลำดับ ค่าความแม่นยำคือค่าร้อยละการกู้คืน อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือร้อยละ 98.43-100.50 ในช่วงความเข้มข้นของสังกะสี 0.1 – 1 ส่วนในล้านส่วนมีสัมพันธเป็นเส้นตรงดังสมการ $y = 0.338x$ และ $R^2 = 0.9982$ จัดจำกัดของการตรวจวัด เท่ากับ 0.072 ส่วนในล้านส่วนและเมื่อใช้วิธีที่ศึกษานี้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำยางข้น 15 ตัวอย่าง พบปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางข้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโนเนียในปริมาณต่ำที่มีการเติมซิงค์ออกไซด์ร่วมด้วย (LATZ) ในช่วงร้อยละ 0.02 - 0.03 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้เติมในโรงงานทั่ว ๆ ไป

Abstract

Title: Simple method development for Zinc determination in latex concentrate

Author: Dr. Wilairat Cheewasedtham

The simple method for zinc determination in natural rubber latex concentrate has been developed. The satisfied simple method in which take analysis time shorter than 10 min per sample, has been achieved. The developed method is based on color complexation. At this preliminary stage, the color of different level of zinc in HA and LATZ latex could be distinguished. The atomic absorption spectrometry (AAS) technique which commonly used for zinc analysis in analytical chemistry was also investigated for zinc in latex sample. The basic digestion was found better than acidic digestion. This AAS method validation was also investigated with satisfied within-run and between run coefficient of variation at 2.3-2.4 and 3.1-4.7%, respectively. While the accuracy as %recovery was found in the range of 98.43-100.50%. The linearity concentration range at 0.1-1.0 ppm zinc with the relationship of $y = 0.338x$ and $R^2 = 0.9982$ was found. The detection limit of zinc analysis was found at 0.072 ppm. The AAS technique was applied with 15 latex concentrate samples from factory with zinc concentration was found in the range of 0.02-0.03% which is the level used in latex industry.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อไทย	ii
Abstract	iii
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญรูปภาพ	vii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	13
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	13
3.2 วิธีการศึกษา	14
3.1.1 การเตรียมและวิเคราะห์สั้กะสีในน้ำยางชั้นด้วยเทคนิคอะตอมมิก- แอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี	14
3.1.2 การเตรียมและวิเคราะห์สั้กะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้นด้วยเทคนิค วิสซิเบิ้ลสเปกโตรเมตรี	19
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
4.1 ผลการศึกษาการเตรียมตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้นและการวิเคราะห์สั้กะสีด้วย เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี	21
4.2 ผลการเตรียมและวิเคราะห์สั้กะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้นด้วยเทคนิควิสซิเบิ้ล- สเปกโตรเมตรี	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	37

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นระดับการเจือจาง 100 เท่าด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอ็บซอร์ปชันสเปกโตรเมตรีแบบ GF-AAS	21
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นระดับการเจือจาง 1000 เท่าด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอ็บซอร์ปชันสเปกโตรเมตรีแบบ GF-AAS	21
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวัดการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ สารละลายสังกะสีมาตรฐาน	24
ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้น ที่วิเคราะห์ซ้ำๆ ในวันเดียวกัน (Within-run)	26
ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้น ที่วิเคราะห์ซ้ำๆ ที่เวลาต่าง ๆ กัน (Between-run)	26
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการกู้คืน (% Recovery) ของสังกะสีใน ตัวอย่างน้ำยางชั้น	27

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.1.1 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้น (Non-dilution) ด้วย 2% HNO_3	22
รูปที่ 4.1.2 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้น (Non-dilution) ด้วย 10 M NaOH	22
รูปที่ 4.1.3 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเจือจาง ระดับ 1000 เท่าด้วย 2% HNO_3	23
รูปที่ 4.1.4 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเจือจาง ระดับ 1,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH	23
รูปที่ 4.1.5 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเจือจาง ระดับ 5,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH	23
รูปที่ 4.1.6 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเจือจาง ระดับ 10,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH	24
รูปที่ 4.2.1 การแยกชั้นของน้ำยางตัวอย่างกับน้ำยาไคโทโซนในโทลูอิน	29
รูปที่ 4.2.2 การแยกชั้นของน้ำยางตัวอย่างกับน้ำยาไคโทโซนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์	29
รูปที่ 4.2.3 สเปกตรัมของสารเชิงซ้อนระหว่างธาตุสังกะสีและน้ำยาไคโทโซน	31
รูปที่ 4.2.4 การให้สีในระดับที่แตกต่างกันของน้ำยาที่พัฒนาขึ้นต่อน้ำยา HA และ LATZ	32
รูปที่ 4.2.5 การให้สีของสารประกอบสังกะสีต่อน้ำยาและวิธีการที่พัฒนาขึ้น	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ยางธรรมชาติเป็นผลผลิตจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีขาวคล้ายน้ำมัน เรียกกันว่า “น้ำยางสด” ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้ของประเทศไทยพื้นที่ในการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก น้ำยางธรรมชาติเป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีสภาพเป็นสารแขวนลอยหรือคอลลอยด์ มีทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น น้ำตาล โปรตีน ฟอสโฟไลปิดและอื่น ๆ ซึ่งสารเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ทั่วไปในอากาศภายหลังการกรีดยาง ผลของการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้น้ำยางเกิดการบูดเน่าส่งกลิ่นเหม็น น้ำยางจึงเสียสภาพและเกิดการจับตัวเป็นก้อน

น้ำยางสดมีเนื้อยางประมาณ 25 – 40 % ซึ่งมีปริมาณเนื้อยางน้อยจึงไม่เหมาะในการทำผลิตภัณฑ์ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จึงต้องมีการปั่นเอาน้ำออกจากน้ำยางสดจนมีเนื้อยาง 60 % น้ำยางที่ได้นี้เรียกว่า “น้ำยางข้น” และมีการนำเสียได้ ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจึงต้องมีการเติมสารแอมโมเนียลงไป เพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง น้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียอย่างเดียวจะต้องใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงถึง 0.7 % น้ำยางข้นชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า High Ammonia Latex หรือ HA Latex และถ้ายังต้องการเก็บรักษาน้ำยางข้นไว้นานก็ต้องใช้แอมโมเนียปริมาณมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นผลต่อการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางในภายหลังและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงงาน จึงมีการใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำซึ่งใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.2 % ร่วมกับสารเคมีอื่นเช่น ZnO (Zinc Oxide) 0.025 % และ TMTD (Tetramethylthiuramdisulphide) 0.025 % สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้เป็นอย่างดีโดยเชื่อกันว่าสารนี้จะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และได้ใช้กันแพร่หลายมาเป็นระยะเวลายาวนาน เรียกน้ำยางข้นประเภทนี้ว่า Low Ammonia Latex หรือ LA Latex (เสาวนีย์, 2545)

อย่างไรก็ตามสารนี้อยู่ในกลุ่มของสารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent or curing agent) โดยซิงค์ออกไซด์ที่ใช้เป็นสารกระตุ้นในกระบวนการคงรูป (Vulcanization) ถ้ามีปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ยางอยู่ในสถานะยืดหยุ่นได้สูง การขาดซิงค์ออกไซด์ หรือใช้ปริมาณน้อยเกินไป

ทำให้ยางไม่แข็งแรง การยืดหยุ่นของยางต่ำ หรือหากปริมาณซิงค์ออกไซด์มาก จะไม่ละลายในน้ำยางและทำให้น้ำยางข้นขาวได้

ปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่มีอยู่เดิมในน้ำยางชั้นจึงมีผลต่อกระบวนการคงรูปของน้ำยาง และมีผลต่อคุณภาพและสมบัติของผลิตภัณฑ์ยาง การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในน้ำยางชั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อเป็นข้อมูลในการออกสูตรน้ำยางกับสารเคมีต่างๆให้เหมาะสม และนำไปสู่การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางที่มีคุณภาพต่อไป

เทคนิคด้านเคมีวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ธาตุสังกะสีในตัวอย่างชีวภาพโดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยง ความแม่นยำ เนื่องจากตรวจสอบการวัดการดูดกลืนแสงจำเพาะของธาตุสังกะสี รวมทั้งมีความไววิเคราะห์สูง อย่างไรก็ตามการที่จะได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือดังกล่าว ต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ที่เหมาะสม การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ยังต้องใช้ทักษะความรู้ความเชี่ยวชาญสูง เครื่องมือราคาสูงโดยทั่วไปสูงกว่าหนึ่งล้านบาท จึงเหมาะที่จะเป็นวิธีตรวจสอบวิธีที่มีความจำเพาะต่ำกว่าต่อธาตุสังกะสีแต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในโรงงานทั่วไปเนื่องจากมีราคาสูงและเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

โครงการการวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์หาธาตุสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้น โดยพัฒนาควบคู่ไปกับเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยาง

น้ำยางสดเป็นส่วนของไซโตพลาสซึมที่อยู่ภายในท่อน้ำยางของต้นยางพาราสามารถทำให้ไหลออกจากท่อน้ำยางได้โดยวิธีการกรีดหรือเจาะ จะพบนิวเคลียสจำนวนมากติดอยู่ข้างๆ ท่อน้ำยางแต่ไม่ค่อยพบปะปนอยู่ในส่วนของน้ำยางหลังกรีด เป็นไปได้ว่านิวเคลียสนี้มีส่วนสำคัญในการควบคุมกระบวนการสร้างน้ำยางขึ้นมา

สำหรับส่วนของไมโทคอนเดรียสามารถตรวจพบปริมาณจำนวนมากติดอยู่ภายในส่วนของท่อน้ำยางที่ยังอ่อนอยู่ แต่มีปริมาณลดลงเมื่อท่อน้ำยางอายุมากขึ้น ในน้ำยางซึ่งกรีดได้จากต้นยางจะพบไมโทคอนเดรียปริมาณน้อยมาก

ส่วนของท่อน้ำยางมีลักษณะเป็นท่อที่เกิดจากเซลล์ต่อกันโดยตรงปลายของแต่ละเซลล์จะทะลุถึงกันและมีส่วนเชื่อมโยงถึงกันเป็นตาข่าย หากดูตามแนวตัดขวางของท่อน้ำยาง จะเห็นเป็นรูปค่อนข้างกลมเรียงอยู่รอบแกนของลำต้น แต่ถ้าดูตามแนวลำต้นจะพบท่อน้ำยางเรียงเป็นแนวยาวเชื่อมติดกันหลายๆท่อซึ่งท่อน้ำยางจากท่อหนึ่งสามารถไหลไปอีกท่อหนึ่งได้ และท่อน้ำยางจะไหลเวียนจากขวาไปซ้าย เมื่อท่อน้ำยางถูกตัดจากการกรีดยาง น้ำยางจะไหลออกมาสู่ภายนอกเป็นน้ำยางสด

1) สมบัติทั่วไปของน้ำยางสด

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนสีนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975 ถึง 0.980 กรัม ต่อ มิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5 ถึง 7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 เซนติพอยส์) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง เป็นต้น

2) ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางธรรมชาติ เป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ (บุญธรรมและคณะ, 2539)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	27-48
เนื้อยางแห้ง	25-45
สารพวกโปรตีน	1-1.5
สารพวกเรซิน	1-1.25
จีเล้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100

เมื่อกรีดยางมาจากต้นยาง มีปริมาณของเนื้อยางแห้งอยู่ระหว่าง 25 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งและสารที่เป็นเนื้อยางแห้งประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ (แต่เมื่อนำน้ำยางมาปั่นด้วยเครื่องเซ็นติฟิวจ์แล้ว ความแตกต่างจะลดลงเหลือเพียงประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนประกอบต่างๆในน้ำยางสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35 เปอร์เซ็นต์
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65 เปอร์เซ็นต์
 - 2.1 ส่วนที่เป็นน้ำ 55 เปอร์เซ็นต์
 - 2.2 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่น 10 เปอร์เซ็นต์

สำหรับส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
เนื้อยางไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำที่กระจายอยู่ในเนื้อยาง	10
สารโปรตีน	1
สารพวกไขมัน	3

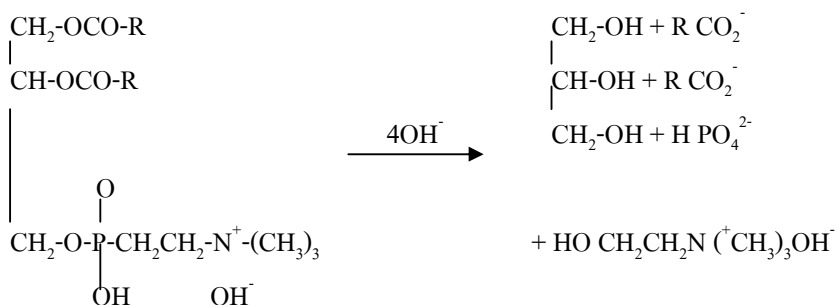
3) การเก็บรักษาน้ำยาง

เสาวนีย์ (2545) ได้รวบรวมข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการรักษาสภาพน้ำยางสดหลังจากกรีดยางต้นยางดังนี้ น้ำยางสดจะคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งไม่เกิน 6 ชั่วโมง ต่อจากนั้นน้ำยางจะเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดพริก แล้วค่อยๆ หนืดขึ้นอนุภาคยางจะเริ่มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นเซรุ่ม ในเวลาต่อมา น้ำยางจะเริ่มเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ คือ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง ความเสถียรของน้ำยางแต่ละพันธุ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุโลหะไอออนที่มีอยู่ในน้ำยางและการแตกของสารลิวทอยด์หลังการกรีดยาง

หลังการกรีดยางและน้ำยางไหลออกจากต้นยางแล้ว แบคทีเรียในอากาศและจากเปลือกของต้นยางจะลงไปอยู่ในน้ำยางเพื่อกินสารอาหารที่ไม่ใช่ยาง เช่น น้ำตาล และโปรตีน เป็นต้น ปริมาณแบคทีเรียในน้ำยางจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการที่แบคทีเรียกินสารอาหารในน้ำยาง และเกิดการย่อยสลายให้สารซึ่งเป็นกรดที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่มีความยาวโซ่สั้นซึ่งเป็นกรดระเหยง่าย กรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นนี้มีจำนวนมากทำให้มีผลต่อค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนไปด้วย น้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพ อนุภาคยางรวมตัวกันเป็นก้อน

สารประกอบพวกไลปิดซึ่งอยู่ในน้ำยาง สามารถถูกไฮโดรไลซิสกลายเป็นอนุมูลของกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ความยาวของโซ่มาก เช่น พวกฟอสโฟไลปิดชนิดแอลฟาเลซิดิน ซึ่งเกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยางเกิดการไฮโดรไลซิส ดังสมการ



อนุมูลกรดที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ กรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดอะมิโน เป็นต้น จะเข้าไปแทนที่โปรตีนซึ่งห่อหุ้มตรงผิวของอนุภาคยาง ต่อจากนั้นโลหะไอออนซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง เช่น แคลเซียมไอออน หรือ แมกนีเซียมไอออนจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตรงผิวของอนุภาคยาง

ทำให้เกิดเป็นเกล็ดของโลหะซึ่งไม่ละลายน้ำ น้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพอนุภาคยางรวมตัวเป็นก้อน การสูญเสียสภาพของน้ำยาง อาจเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่สลายโปรตีนซึ่งเรียกว่า Coagulase เมื่อสารนี้ทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวของอนุภาคยางจนเกิดการสลายตัวไป ทำให้ผิวของอนุภาคยางเกิดการสูญเสียสภาพ อนุภาคยางรวมตัวกันเป็นก้อน

ดังนั้น เพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยาง ไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางในน้ำยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงใส่สารเคมีลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยาง (พรพรรณ, 2528)

ก. สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง

(1) มีความสามารถหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง อาจเรียกสารนี้ว่า แบคทีริไซด์ (Bactericide)

(2) เป็นสารที่เพิ่มความเสถียรของอนุภาคยางให้อยู่ในสภาพของคอลลอยด์ได้โดยการเพิ่มประจุระหว่างอนุภาคยางและน้ำที่อยู่รอบๆผิวอนุภาคยาง ผิวของอนุภาคยางมีสภาพของประจุเป็นลบ มีฤทธิ์เป็นด่าง ดังนั้นสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางจึงควรมีฤทธิ์เป็นด่าง หรือเป็นสารที่เพิ่มความเสถียรแก่น้ำยาง (Stabilizer)

(3) เป็นสารซึ่งสามารถทำให้อนุผลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา หรือเกิดการตกตะกอนเป็นเกล็ดที่ไม่ละลายน้ำ เช่น อนุผลของโลหะแคลเซียม หรือแมกนีเซียม เป็นต้น

(4) มีความสามารถทำปฏิกิริยากับสารพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีอยู่ในน้ำยางทำให้ไม่มีสารที่เป็นอาหารของแบคทีเรียเหลืออยู่

(5) ไม่ทำให้คุณภาพของยาง เช่น สีของยางเปลี่ยนไป

(6) ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ กลิ่นไม่รุนแรงจนเกินไป สะดวกและปลอดภัยในการเก็บรักษาและขนส่ง

(7) ราคาถูก

ข. ชนิดของสารเคมีเก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา คือ

(1) สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะสั้น (Short Term Preservative)

การเก็บรักษาน้ำยางโดยวิธีนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาน้ำยางให้คงสภาพในช่วงระยะเวลานั้นๆซึ่งอาจเป็นเวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น ก่อนที่จะนำน้ำยางนั้นมาแปรรูปเป็นน้ำยางแห้งหรือน้ำยางข้นต่อไป

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่

แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ ฟอรัมาลดีไฮด์ เป็นต้น

(2) สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะเวลานาน (Long Term Preservative)

สารเคมีชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อเก็บรักษาน้ำยางขึ้น ให้คงสภาพเป็นของเหลวไม่ให้เกิดการบูดเน่าหรือมีกลิ่นเหม็น น้ำยางอาจต้องลำเลียงไปในระยะทางไกลๆ เช่น ส่งออกสู่ต่างประเทศ หรือน้ำยางที่เก็บไว้ในสต็อก ก่อนนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางนี้ เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservative) ได้แก่ แอมโมเนีย และ แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น สารเคมีที่ใช้ร่วมกันเป็นสารช่วยรักษาสภาพน้ำยางตัวที่สอง (Secondary preservative) ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ ไทอูเรมไดซัลไฟด์ กรดบอริก โซเดียมเพนตะกลอโรฟิเนต เป็นต้น

สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางขึ้น

น้ำยางสดสำหรับทำน้ำยางขึ้น จำเป็นต้องมีวิธีการเก็บและรวบรวมน้ำยางให้ดี ไม่ให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในบรรยากาศหรือตามเปลือกของต้นยางเข้าไปในน้ำยาง การป้องกันน้ำยางสูญเสียสภาพโดยการใส่แอมโมเนียลงไปในน้ำยาง หรือการใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น

ก. แอมโมเนีย

แอมโมเนียสำหรับเก็บรักษาน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางขึ้น จำเป็นต้องมีปริมาณสูงพอที่จะระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ โดยใช้ปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หากใส่ต่ำกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสูงขึ้น และ VFA ของน้ำยางสูงขึ้นด้วยการเพิ่มแอมโมเนียปริมาณเพียงเล็กน้อย ทำให้น้ำยางธรรมชาติ ซึ่งปกติมีค่า pH เท่ากับ 6.5 เพิ่มขึ้นจนมีค่า pH สูงประมาณ 8 มีผลทำให้น้ำยางอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในทางปฏิบัติจะใส่ปริมาณ 0.3 -0.5 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มปริมาณของแอมโมเนียในน้ำยาง มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยางลดลง ทำให้กรดที่ระเหยง่ายซึ่งซึ่งเกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอาหารในน้ำยางจะมีค่าต่ำด้วย

ปริมาณการใช้ :

- ใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาน้ำยางได้ 5 วัน หลังจากนั้น VFA จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- หากเพิ่มปริมาณแอมโมเนียเป็น 0.4 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาน้ำยางได้นานถึง 1 เดือน โดย VFA มีค่าอยู่ในระดับต่ำ สามารถนำน้ำยางนี้มาทำน้ำยางขึ้นได้ดี

เมื่อทำน้ำยางสดเป็นน้ำยางขึ้นแล้ว จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้แอมโมเนียในปริมาณสูงขึ้น เช่น

- ใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำยาง เรียกน้ำยางชั้นนี้ว่า High Ammonia (HA)
- ใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยาง ร่วมกับสารเคมีช่วยอื่น เรียกน้ำยางชั้นนี้ว่า Low Ammonia (LA)

ข. แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น

การใช้แอมโมเนียปริมาณต่ำร่วมกับสารเคมีอื่น ซึ่งเรียกสารเคมีนี้ว่า Secondary preservative ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต กรดบอริก ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต (ZDC) เตตระเมทิลไทูเรมไดซัลไฟด์ (TMTD) เป็นต้น

โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต (Sodium pentachlorophenate, SPP)

สารนี้สามารถใช้มาแบคทีเรียได้ดี มีชื่อทางการค้าว่า Santobrite ของบริษัทมอนซานโต (Monsanto)

SPP เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง มานานตั้งแต่ปี พ.ศ.2481 และเริ่มมีการจำหน่ายใช้ในทางการค้าในปี พ.ศ. 2504 สามารถป้องกันการจับตัวของน้ำยางได้ดี โดยใช้เก็บรักษาน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย

ปริมาณการใช้ :

ก. ใช้ SPP ปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแอมโมเนีย 0.1 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยางสามารถเก็บรักษาน้ำยางสดได้นาน 120 วัน

ข. ใช้ SPP ปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแอมโมเนียปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยาง สำหรับเก็บน้ำยางชั้นเป็นระยะเวลานาน

การเก็บรักษาน้ำยางชั้นด้วยแอมโมเนียร่วมกับ SPP นั้น สามารถเก็บรักษา น้ำยางได้นาน น้ำยางมีความเสถียรสูงมาก จนอาจมีปัญหาในการนำน้ำยางนี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทำให้ยางมีสีคล้ำ นอกจากนั้นสารเคมี SPP ยังเป็นอันตรายต่อการนำมาทำผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารและยาด้วย จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

กรดบอริก (Boric acid)

กรดบอริกใช้เป็นสารเก็บรักษาน้ำยางมานาน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2499 ใช้ร่วมกับแอมโมเนียในการเก็บรักษาน้ำยางชั้น โดยจะเติมกรดบอริกลงไปในน้ำยางด้วย เพื่อให้มีน้ำยางมีความเสถียรขึ้น

ปริมาณการใช้ :

ก. ใช้ปริมาณแอมโมเนีย 0.2 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกรดบอริก 0.2 เปอร์เซ็นต์ และใส่กรด ลอริกลองไปอีก 0.05 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาน้ำยาเป็นเวลานาน

ข. ใช้ปริมาณแอมโมเนีย 0.25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดบอริก 0.25 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาน้ำยาสดได้นานเช่นเดียวกัน

น้ำยาชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้ จะได้อย่างแผ่นสีจาง สวย แต่มีข้อเสีย คือ ความเสถียรของน้ำยาต่อซิงค์ออกไซด์จะต่ำ ทำให้เมื่อน้ำยาชั้นนี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วจะวัดค่าในซิงค์ เพราะว่าเป็นกรดในยางทำให้การวัดค่าในซิงค์

ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บอเนต (Zinc dimethyl dithiocarbamate, ZDC)

สารเคมีนี้เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยามานาน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2491 และมีการผลิตขึ้นเพื่อใช้ทางการค้า ในปี พ.ศ.2497 ใช้เก็บรักษาน้ำยาชั้นร่วมกับแอมโมเนียปริมาณต่ำและใส่กรดลอริกไป เพื่อให้ความเสถียรของน้ำยาเพิ่มขึ้น

ปริมาณการใช้ : แอมโมเนียปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้ร่วมกับ ZDC 0.2 เปอร์เซ็นต์ และใส่กรดลอริก 0.2 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาน้ำยาได้นาน

น้ำยาชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้ มีความเสถียรต่ำ ไม่สามารถเก็บได้นาน(ยกเว้นหากใส่กรดลอริกลงไปมาก)

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO)

ซิงค์ออกไซด์มีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษาน้ำยามานานแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ.2508 เนื่องจากพบว่า การใช้แอมโมเนียปริมาณที่ต่ำเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถควบคุมให้มี VFA คงที่ในระดับต่ำได้ จำเป็นต้องใส่สารเคมีอื่นร่วมด้วย

ปริมาณการใช้ : ซิงค์ออกไซด์ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ใช้ร่วมกับแอมโมเนีย 0.15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาน้ำยาสดได้นานประมาณ 2 เดือน โดยปริมาณกรดที่ระเหยได้จะคงที่ในระดับต่ำ

ซิงค์ออกไซด์ ร่วมกับ เตตระเมทิล ไทยูเรมไดซัลไฟด์ (ZnO + TMTD)

สารเคมีนี้เริ่มมีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษาน้ำยามานาน ตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ.2518 โดยใช้ร่วมกับแอมโมเนีย

ปริมาณการใช้ : แอมโมเนียปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้ร่วมกับ ซิงค์ออกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ TMTD 0.025 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาน้ำยาได้นาน ดังนี้

การเก็บรักษาน้ำยาชั้นโดยใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเพิ่มเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยใช้ปริมาณของซิงค์ออกไซด์และเตตระเมทิลไทยูเรมไดซัลไฟด์ ปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อย เช่น ใช้ปริมาณของแอมโมเนีย 0.2 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ 0.05 เปอร์เซ็นต์และเตตระเมทิล

ไทอยูแรม 0.05 เปอร์เซ็นต์และจะต้องใส่กรดลอริกลงไปด้วยอีก 0.04 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ความเสถียรของน้ำยางชั้นสูงขึ้น

การใช้ TMTD/ZnO ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อเก็บรักษาน้ำยางสดจะต้องมีความระมัดระวังเนื่องจาก สาร TMTD และ ZnO เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะทางเคมีได้ โดยหากใส่ปริมาณสูงเพียงพอจะทำให้ยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำยางที่อุณหภูมิสูง

2.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับธาตุสังกะสี

ในน้ำยางธรรมชาติน่าจะมีธาตุสังกะสีอยู่ระดับหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสังกะสีเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้เรียกว่า ธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุ (Macronutrients) โดยสังกะสี (Zn) มีหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของออกซิน (Auxin) ซึ่งเป็นสารที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และยังมีหน้าที่ในการสร้างนิวคลีโอไทด์อีกด้วย ธาตุสังกะสีที่มีอยู่ในดินจะเป็นประโยชน์กับยางพาราได้ต้องอยู่ในรูปสารละลายน้ำและรากพืชดูดไปใช้ได้ ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีที่มีอยู่ในดินจะลดลงเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น การขาดธาตุสังกะสีอาจเกิดขึ้นได้ ถ้าใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากเกินไป เนื่องจากสังกะสีในดินจะกลายเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ การขาดธาตุสังกะสีมีผลทำให้น้ำยางลดลง เนื่องจากทำให้ latex vessel index ลดลง นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับการเกิดโรคของยางพาราอีกด้วย พบว่าการขาดสังกะสีจะทำให้ปริมาณ metabolite ไม่เพียงพอ ทำให้ต้นยางไม่ต้านทานต่อเชื้อ oidium และชะงักการเจริญเติบโต ใบมีขนาดเล็ก สีซีดถึงเหลือง (Pushparajah *et al.*, 1988)

ระดับสังกะสีในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ระดับต่ำจนถึงถือว่าขาด น้อยกว่า 1.0-1.5 $\mu\text{g/g}$

ระดับที่สูงมากจนอาจเป็นพิษ มากกว่า 20-30 $\mu\text{g/g}$

ปริมาณสังกะสีที่พบในพืชทั่วไปโดยเฉลี่ย น้อยกว่า 20 $\mu\text{g/g}$ อยู่ในระดับต่ำมาก

ระดับความเข้มข้นพอเหมาะ 25-150 ppm

ระดับที่เป็นพิษ มากกว่า 400 ppm

ที่มา: ออมทรัพย์ (2540) ดัดแปลงจาก Soil Bulletin 63

โดยทั่วไปพืชดูดสังกะสีรูปไอออนแอสเคอไอออน (Zn^{2+}) แต่ในสภาพที่ pH สูงก็อาจใช้โมโนแอสเคอไอออน (ZnOH^+) ได้ อัตราการดูดสังกะสีของรากพืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมในเครื่องปลูก หากมีแคลเซียมสูงเกินไปอาจยับยั้งการดูดสังกะสีพืชจึงใช้ธาตุนี้ได้น้อยลง

เมื่อรากพืชดูดเข้าไปในเซลล์แล้วจะลำเลียงสู่ส่วนเหนือดินทางไซเลมได้สองรูป คือ สังกะสีส่วนหนึ่งรวมกับอินทรีย์สารและเคลื่อนย้ายในรูปคีเลต แต่อีกส่วนหนึ่งยังเป็นแคตไอออนตามเดิม ในน้ำเลี้ยงโพมเอ็มมีสังกะสีความเข้มข้นค่อนข้างสูง และอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างต่ำ สำหรับการทำหน้าที่ในพืชนั้นเนื่องจากสังกะสีมีได้มีรูปออกซิไดส์และรูปรีดิวซ์เหมือนเหล็ก แมงกานีส หรือทองแดง จึงไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน แต่จากการเป็นโคเวเลนต์แคตไอออนที่มีสมบัติพิเศษ จึงเข้าร่วมกับอินทรีย์สารกลายเป็นเททราฮีดรอลคอมเพล็กซ์ (Tetrahedral complexes) เป็นเหตุให้สังกะสีมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด นอกจากนั้นยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับโปรตีนและดีเอ็นเออีกด้วย (Coleman, 1992)

สังกะสีมีบทบาทร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ เมื่อพืชขาดสังกะสีเซลล์คุมจะไม่เต่งและปากใบปิด บทบาทของสังกะสีที่ทำให้ปากใบเปิดมีดังนี้คือ 1) สังกะสีเป็นองค์ประกอบในเอนไซม์คาร์บอนิก แอนไฮเดรสซึ่งเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชันของ CO_2 เป็น HCO_3^- และสะสมในเซลล์คุมเป็นตัวละลายส่วนหนึ่งและ 2) สังกะสีเป็นธาตุที่ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์คุมโครงสร้างที่ดีและมั่นคงกลไกการดูดโพแทสเซียมเข้าไปสะสมในเซลล์คุมก็ดำเนินไปได้ตามปกติ นอกจากนี้โพแทสเซียมภายในเซลล์คุมก็ไม่รั่วไหลออกไปยังเซลล์ข้างเคียงด้วยจึงมีศักย์ออสโมซิสเพียงพอที่จะเกิดความเต่งและเปิดปากใบสำหรับพืชที่ขาดสังกะสีจะมีฟลักซ์ขาออก (efflux) ของโพแทสเซียมจากเซลล์คุมเป็นเหตุให้ปากใบปิด (Sharma *et al.*, 1995)

2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้อง

Aleixo *et al.* (2003) วิเคราะห์โลหะหนักและซิลิเนียมในตัวอย่างน้ำนมวัวด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรีแบบเตาความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ตัวอย่างน้ำนมมีปริมาณสารอินทรีย์สูงในการวิเคราะห์จำเป็นต้องย่อยสารเหล่านี้แต่ผลของการย่อยทำให้เกิดความเสียหายและเกิดการปนเปื้อนกับตัวอย่างน้ำนมได้ ในการศึกษาจึงทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนมวัวโดยปราศจากการย่อยตัวอย่างน้ำนมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบเตาความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

Iyengar *et al.* (1982) วิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก โปรทแมงกานีส พลวง ซิลิเนียม และสังกะสี ในตัวอย่างน้ำนมด้วยการเตรียมตัวอย่างนมมาตรฐานแบบ IAEA ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นที่น่าเชื่อถือ โดยทองแดง แมงกานีส และสังกะสี สามารถวิเคราะห์ได้โดยอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรี โปรทและ ซิลิเนียม วิเคราะห์โดย neutron activation analysis (NAA)

Nascentes *et al.* (2004) วิเคราะห์โลหะทองแดงและสังกะสีในตัวอย่างน้ำผลไม้และน้ำมันวัวด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอ็บซอร์บชันสเปกโทรเมตรีแบบ thermospray flame furnace โดยปราศจากการเตรียมตัวอย่างเบื้องต้น วิเคราะห์ปริมาณที่เหมาะสมของการฉีดตัวอย่างและหาสถานะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ การเตรียมตัวอย่างโดยการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำหรือเจือจางด้วย water-soluble tertiary amines ค่าความแม่นยำของการวิเคราะห์โลหะทองแดงและสังกะสีตรวจสอบได้โดยการทดลอง addition-recovery โดยเทียบกับการวิเคราะห์ในตัวอย่างอ้างอิง ได้แก่ นมผง นมผงพร่องมันเนย ร้อยละการกู้คืนกลับของโลหะทั้งสองชนิดในตัวอย่างที่ใช้ทดสอบยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Sikiric *et al.* (2003) วิเคราะห์โลหะในตัวอย่างน้ำมันวัวด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอ็บซอร์บชันสเปกโทรเมตรีแบบใช้เปลวไฟ โดยวิเคราะห์หาโลหะที่จำเป็น (แคลเซียม ทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี) และโลหะที่เป็นพิษ (ตะกั่วและแคดเมียม) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันจากฟาร์มใกล้เมือง Kriz ในเขต Zagreb จำนวน 15 ตัวอย่าง ในขวดพลาสติก (เพื่อป้องกันการปนเปื้อน) ตัวอย่างน้ำมันวัวที่ได้ผ่านการย่อยแบบ MLS-1200 Mega Microwave Digestion System ด้วย MDR Technology ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วจะนำไปตรวจวิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบใช้เปลวไฟ ผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ ผลการวิเคราะห์โลหะทั้งหมดจะนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมันวัวในประเทศต่างๆ

Silva *et al.* (2003) ศึกษาโมเลกุลขนาดใหญ่ ธาตุอาหารรอง และ คาร์โบไฮเดรต ในน้ำยาง *Himatanthus sucuuba* โดยวิเคราะห์ cis-polyisoprene ด้วยเทคนิคสเปกโทรเมตรี วิเคราะห์ธาตุอาหารรอง ด้วย ICP-MS ซึ่งพบว่าเป็นปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมมีมากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในน้ำยางด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้ Photo Diode Array Detector (PAD) พบว่ามีองค์ประกอบของ อะราบิโนส กลูโคส ไซโลส แรมโนส และกาแลกโตส

Yagami *et al.* (2000) ศึกษาความสามารถในการย่อย allergens ที่สกัดได้จากน้ำยางธรรมชาติและผัก ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดการแพ้ โดยสารนี้เป็นสารพวกโปรตีนที่ด้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมีสมบัติด้านการย่อย การทดสอบความสามารถในการย่อยด้วยการสกัดโปรตีนจากน้ำยางธรรมชาติและผัก 5 ชนิด ใช้ Simulated gastric fluid (SGF) และ Simulated intestinal fluid (SIF) ในการย่อย aliquot ที่ได้จะทำไปทดสอบต่อไป ซึ่งผลการศึกษาพบว่าโปรตีนในน้ำยางและผักถูกย่อยด้วย SGF ภายในเวลา 4 นาที allergens ย่อยด้วย SGF ภายในเวลา 8 นาที ในผักมีความเสถียรต่อ SIF allergens ในกวีที่ย่อยด้วย SIF ภายใน 16 ชั่วโมง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
- 2) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น AA680 (Shimudzu, Japan)
- 3) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Analysis 100 (Perkin Elmer, USA)
- 4) ชุดเกรฟไฟต์เฟอร์เนซ รุ่น GFA4B (Shimudzu, Japan)
- 5) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น TC-254 (Denver Instrument Company, U.S.A.)
- 6) เครื่องผสม Vortex mixture (Fisher Scientific, U.S.A.)
- 7) เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส รุ่น MP200 (WTW, Germany)
- 8) เครื่องแก้วและอุปกรณ์พื้นฐานห้องปฏิบัติการเคมี

3.1.2 สารเคมี

- 1) Conc. HNO_3 , A.R. grade (Merck, Germany)
- 2) Zinc standard solution 1,000 ppm (Fisher Scientific, U.S.A.)
- 3) ZnO standard
- 4) NaOH, A.R. grade (Merck, Germany)
- 5) Boric acid
- 6) Complexing agent
- 7) Chloroform
- 8) Dichloromethane
- 9) Benzene
- 10) Toluene

- 11) Ammonia solution
- 12) น้ำกลั่นปราศจากไอออน
- 13) น้ำยางธรรมชาติชนิด HA และ LATZ

3.2 วิธีการศึกษา

3.2.1 การเตรียมและวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางชั้นด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี

1) การทำความสะอาดเครื่องแก้วและภาชนะบรรจุตัวอย่าง

การทำความสะอาดภาชนะไม่ให้มีสารปนเปื้อนหรือสารตกค้างในภาชนะซึ่งเป็นตัวรบกวนการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่าง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทำความสะอาดที่ได้ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2001) โดยใช้ทำความสะอาดอุปกรณ์ประเภทเครื่องแก้วและภาชนะบรรจุตัวอย่างที่เป็นพลาสติก

- กลั้วด้วยน้ำประปา 2-3 ครั้ง
- ล้างด้วยน้ำยาล้างขวดแก้ว (Teepol, Thailand)
- ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปาอีกครั้ง
- ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง
- นำไปคว่ำให้แห้งหรืออบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C

2) วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้น

จากการตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธีการเตรียมตัวอย่างทางชีวภาพที่มีลักษณะคล้าย ๆ น้ำยาง การศึกษานี้ได้เลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้นโดยการเจือจาง เนื่องจากหากทำการย่อยด้วยกรดหรือด่างลงในตัวอย่างโดยตรงแบบที่ใช้กับตัวอย่างทั่วไป จะน้ำยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนซึ่งอาจทำให้สังกะสีถูกห่อหุ้มไว้ภายในก้อนอนุภาคยาง ไม่ออกมาอยู่ในส่วนของสารละลายที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

ก. การเจือจางตัวอย่างน้ำยาง

- เขย่าตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียในปริมาณสูง (High ammonia latex, HA) และชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียในปริมาณต่ำที่มีการเติมเตตระเมทิลไททุเรมไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ (Low ammonia TMTD/ZnO latex, LATZ) เปรียบ 5 นาที่น้ำยางธรรมชาติชั้นผสมเข้ากัน

- ชั่งตัวอย่างน้ำยางชั้น 0.1xxx กรัม ใส่หลอดทดลองขนาดกลาง เติมน้ำกลั่นจนได้น้ำหนักรวม 10.00xx หรือ 100.00xx กรัม เขย่าให้เข้ากันดีด้วยเครื่องเขย่าแบบสั่น (Vortex mixer) จะได้น้ำยางเจือจางที่ระดับ 100 และ 1000 เท่าตามลำดับ

ตัวอย่างน้ำยางชั้น(กรัม)	น้ำหนักน้ำกลั่น (กรัม)	ระดับการเจือจาง (เท่า)
0.1xxx	9.9	100
0.1xxx	99.9	1000

ข. การย่อยตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติชั้น (Latex sample digestion)

นำตัวอย่างน้ำยางเจือจางมาทำการย่อยเป็นสารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้ว (Digested solution) ที่ระดับ 1000 และ 5000 เท่า ดังนี้

ที่ระดับ 1000 เท่า

- 14) ชั่งน้ำยางเจือจางที่ระดับ 100 เท่า มา 1.xxxx กรัม
- 15) ย่อยตัวอย่างด้วยการเติม 10 M NaOH ที่ละลายพร้อมเขย่าจนกระทั่งตัวอย่างใส (ประมาณ 10-15 หยด)
- 16) ปรับ pH ของตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วด้วย 5 M HNO₃ ให้ pH < 2 (ประมาณ 1 mL)
- 17) ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 10.xxxx กรัม จะได้สารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้ว (Digested solution) ที่ระดับ 1000 เท่า

ที่ระดับ 5000 เท่า

ความเข้มข้นของ น้ำยางเจือจาง	น้ำหนักน้ำยางเจือจาง (กรัม)	ปริมาตรสุดท้าย (กรัม)	ระดับการเจือจาง ตัวอย่างที่ย่อยแล้ว (เท่า)
100	1.00xx	10.00xx	100
1000	2.xxxx	10.00xx	5000
1000	1.00xx	10.00xx	10000

3) การวิเคราะห์สังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้นด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี

1. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำยางระดับการเจือจางระดับต่าง ๆ ที่ไม่ได้ทำการย่อยด้วยเทคนิค Graphite furnace atomic absorption spectrometry

Conditions for Zinc Analysis: AA680-GFA4B (Shimadzu, Japan)

Wavelength 213.9 nm Slit 0.5 nm

Injection Volume 10 μ L

Stage	Temperature ($^{\circ}$ C)	Time (s)
Drying	120	20
Ashing	300	20
Atomization	1300	4

2. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำยางระดับการเจือจางระดับต่าง ๆ ผ่านการย่อยด้วยเทคนิค Flame atomic absorption spectrometry, Flame - AAS

Conditions for Zinc Analysis: Analysis 100 (Perkin Elmer, USA)

Wavelength 213.9 nm Slit 0.7 nm

Relative Noise 1.0 Characteristic Concentration 0.018 ppm

Characteristic Concentration Linear Range 1.0 ppm

Check 1.0 ppm

Flame: air-acetylene

Flow Rate of Fuel & Oxidant: 2:4

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

4) การทดสอบความน่าเชื่อถือของวิธีวิเคราะห์ (Validation method)

ก. การทดสอบความเที่ยง (Precision)

เพื่อตรวจสอบว่าการวัดแต่ละครั้งนั้นให้ค่าเข้าใกล้กันเพียงใด เมื่อนิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันซ้ำ ๆ กัน ภายใต้สภาวะเดียวกัน ซึ่งจะมีการรายงานเป็นค่า Reproducibility และ ค่า Repeatability สามารถทำได้ดังนี้

การหาค่า Reproducibility คือการนิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ ๆ กัน ภายใต้สภาวะเดียวกันโดยนิเคราะห์ต่างวันกันเป็นเวลา 3 วัน และนำผลค่าการดูดกลืนของสังกะสีที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relation standard deviation, RSD)

การหาค่า Repeatability คือการนําค่าตัวอย่างซ้ำ ๆ กัน ภายใต้สภาวะเดียวกันโดยนําค่าเดียวกันเป็นจำนวน 10 ครั้ง และนำผลค่าการดูดกลืนของสังกะสีที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relation standard deviation, RSD)

$$\%RSD = SD/X * 100$$

X = Average absorbance value

ข. การทดสอบความเป็นเส้นตรงและช่วงของการวิเคราะห์ (Linearity and Range)

เพื่อแสดงให้เห็นว่าช่วงความเข้มข้นของสารที่ทำการวิเคราะห์สัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าการ Response จากเครื่องหรือไม่ โดยศึกษาระดับความสอดคล้องของสมการเชิงเส้นตรงกับข้อมูล Regression coefficient (R^2) ซึ่งควรมีค่าสูงกว่า 0.995 นอกจากนี้ยังทำการศึกษาช่วงของความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

การหาค่าสัมพัทธ์เป็นเส้นตรง (Linearity Range) สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. เจือจางสารละลายมาตรฐานจากสารละลายมาตรฐานเข้มข้น เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 และ 1 ส่วนในล้านส่วน (part per million, ppm)
2. ปรับปริมาตรโดยนําน้ำปราศจากไอออนให้ได้ 25 มิลลิลิตร
3. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame-AAS
4. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสังกะสีกับค่าการดูดกลืน
5. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Regression Line)

ค. การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

เริ่มจากทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์โดยหาร้อยละการกู้คืน (% Recovery) ตามวิธีการเตรียมตัวอย่างข้างต้นในข้อ 3.2.3 โดยทดสอบที่ความเข้มข้นของสังกะสี 0.4 ppm จากนั้นนำไปวิเคราะห์กับเครื่อง flame-AAS และคำนวณหาร้อยละการกู้คืน (% Recovery)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Absorbance}_{(\text{spiked sample})} - \text{Absorbance}_{(\text{sample})}}{\text{Absorbance}_{(\text{standard})}} \times 100$$

ง. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (Detection Limit, DL)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์จะให้สัญญาณที่เชื่อถือในความเข้มข้นช่วงหนึ่งเท่าที่เป็นช่วงที่ความเข้มข้นมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับสัญญาณการตรวจวัด การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้เป็นการบอกถึงขีดความสามารถของเครื่องมือ และเป็นการชี้ให้เห็นว่าการไม่มีสัญญาณไม่ได้มีความหมายถึงไม่มีสารนั้น จึงมีการใช้สัญลักษณ์ ND (non-detectable) เมื่อสัญญาณตรวจวัดต่ำกว่าสัญญาณของความเข้มข้นที่ต่ำกว่า DL

1. เตรียมสารละลายเบลงค์ที่มีกรดและด่างในปริมาณเดียวกับที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้น
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นต่าง ๆ
3. ฉีดสารละลายเบลงค์เข้าเครื่อง Flame-AAS จำนวน 20 ครั้ง
4. นำผลที่ได้ไปคำนวณตามสูตร (Skoog, 1984)

$$S_m = S_{bl} + kSD$$

$$C_m = S_m + S_{bl}$$

$$C = (S_m + S_{bl})/m$$

S_m = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนที่เกิดจากระดับความเข้มข้นเท่ากับ DL

S_{bl} = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนของ blank

k = ค่าคงที่เท่ากับ 3 (ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 %)

SD = ค่าความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนของ blank

m = ค่าความชันของสารละลายมาตรฐาน

C = ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Detection limit concentration)

3.2.1 การเตรียมและวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นด้วยเทคนิควิสซิมัลสเปกโตรเมตรี

จากการตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีโดยวิธีการอื่น ๆ ที่รวดเร็วและใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่าเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชัน พบว่าวิธีการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารไดไทโซน (Dithizone, Dz) วิธีการหาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นโดยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะสังกะสีในน้ำยางด้วย สาร Dz ซึ่งจะได้สารประกอบเชิงซ้อนสังกะสีในรูป $Zn(Dz)_2$ ให้ผลการเปลี่ยนแปลงสีที่สามารถสังเกตได้

ก. การเตรียมสารละลาย Dithizone

1. ชั่ง Dithizone 0.01 g
2. ละลายด้วยตัวทำละลายที่ต้องการศึกษาและปรับปริมาตรเป็น 10.00 mL จะได้สารละลาย Dithizone ระดับความเข้มข้น 1000 ppm
3. เจือจางสารละลาย Dithizone ที่ ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ

ข. วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำยาง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำยาง 0.1 g ใส่หลอดทดลองขนาดใหญ่
2. เจือจางด้วยน้ำกลั่นในระดับการเจือจาง 100 เท่า
3. เติมน้ำยา Dithizone เข้มข้น 5 ppm ในตัวทำละลายที่ต้องการศึกษา ปริมาตร 5 mL เขย่าด้วย Vortex mixer 1 นาที เพื่อ Dz ให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสังกะสีในตัวอย่างน้ำยาง
4. ตั้งสารผสมให้เกิดการแยกชั้น 5 นาที
5. สังเกตการแยกชั้นและสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีกับสาร Dz ที่เกิดขึ้น

1) การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเชิงซ้อนของสังกะสี

ทำการทดลองตามข้อ ก และ ข โดยศึกษาตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โทลูอิน (Toluene) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride) เบนซีน (Benzene) เอทานอล (Ethanol) คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

2) สเปกตรัมของสารเชิงซ้อนของสังกะสีและสารไดไทโซน

เพื่อเป็นการศึกษายืนยันการเกิดสารเชิงซ้อนของน้ำยาไดไทโซนกับสังกะสีในน้ำยางและศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น เพื่อใช้งานด้านการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีต่อไป จึงได้ทำการศึกษาสเปกตรัมหรือแผนภาพการดูดกลืนแสงของสารประกอบที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำยาง LATZ มาเติมสารละลายสังกะสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0.001, 0.005, 0.01,

0.03 และ 0.05% เปรียบเทียบกับน้ำยาไคโทโซน ก่อนเดิม และตัวอย่างน้ำยาที่ไม่มีการเติมสารละลายสังกะสีเพิ่ม

3) ระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางข้น

ก่อนทำการเตรียมสารเชิงซ้อนของสังกะสีด้วยสารไคโทโซน ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการเจือจางตัวอย่างน้ำยาง เพื่อให้เกิดสียอยู่ในระดับที่น้ำยางชนิด HA และ LATZ ให้สีในช่วงที่แตกต่างกัน โดยทำการเจือจางตัวอย่างน้ำยางข้นทั้งสองชนิดด้วยน้ำกลั่น ที่อัตราส่วนเจือจาง 10, 100, 250, 1250, 2500 และ 6250 เท่า จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ ข และสังเกตผลการทดลอง

4) ความเข้มข้นของน้ำยาไคโทโซน

ได้ทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำยาไคโทโซน เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับระดับของสังกะสีในน้ำยางข้น โดยเลือกศึกษาช่วงของความเข้มข้นของไคโทโซนที่อยู่ในช่วงของการดูดกลืนแสง 0.2-0.8 ซึ่งเป็นช่วงที่มีความแม่นยำในระดับที่แนะนำโดยทฤษฎีของ Beer-Lambert จึงเลือกทำการศึกษาความเข้มข้นของสารไคโทโซนในช่วง 1, 2, 5 และ 10 ppm

5) ปริมาตรของน้ำยาไคโทโซน

ปริมาตรน้ำยาทดสอบความเข้มข้น 5 ppm ในตัวทำละลาย 1 ในคลอโรฟอร์ม ควรเลือกใช้ ในปริมาณที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับสังกะสีที่ระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางที่เหมาะสม

6) การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขึ้นด้วยเทคนิคการเกิดสารเชิงซ้อน

ทำการศึกษาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขึ้นชนิด HA และ LATZ โดยเลือกใช้สถานะต่าง ๆ ที่ศึกษาข้างต้น โดยในเบื้องต้นมีเป้าหมายที่จะให้เห็นสีของสารเชิงซ้อนที่ระดับที่แตกต่างกันในน้ำยางข้นทั้งสองชนิด ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำยางข้นทั้งสองชนิดมีระดับสารสังกะสีแตกต่างกัน โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างน้ำยางข้น 0.1 g
2. เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจนได้น้ำหนัก 25.00 กรัม (250 เท่า) ผสมให้เข้ากันดี
3. ไปเปิดของผสมดังกล่าวมา 1.00 mL
4. เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 10.00 mL (2500x dilution)
5. เติมน้ำยาทดสอบ 5 mL (5 ppm Dz in CHCl_3) เขย่าผสมตัวอย่าง 1 นาที
6. ตั้งให้เกิดการแยกชั้น 5 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาการเตรียมตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขั้นและการวิเคราะห์สังกะสีด้วยเทคนิค

อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี

4.1.1 ผลการศึกษาการเตรียมตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขั้นและการวิเคราะห์สังกะสีด้วยเทคนิค

อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีแบบแกรไฟต์เฟอร์เนซ

ผลการวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางชั้นที่ไม่ผ่านการย่อย (Non-digestion) ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีโดยใช้น้ำยางชั้นตัวอย่างเจือจางในระดับ 100 และ 1000 เท่าด้วยน้ำกลั่นปราศจากกำจัดไอออนวัดค่าการดูดกลืนแสงของสังกะสีในตัวอย่างน้ำยาง ค่าการดูดกลืนแสงแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าการวัดการดูดกลืนแสงมีค่ามากกว่า 1 Absorbance จึงควรเจือจางน้ำยางอีก เพื่อให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.2-0.8 Abs ตามทฤษฎีของเบียร์-แลมเบิร์ต อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องมือมีปัญหาทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ต่อไปได้

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นระดับการเจือจาง 100 เท่าด้วยเทคนิค

อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีแบบแกรไฟต์เฟอร์เนซ

ชนิดของตัวอย่างน้ำยาง	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)	สัญญาณการดูดกลืนของสารละลายแบลงค์
น้ำยางชั้น HA	1.395	0.061
น้ำยางชั้น LATZ	1.556	0.043
น้ำยางชั้น HA + Zn 100 ppb	1.717	0.013

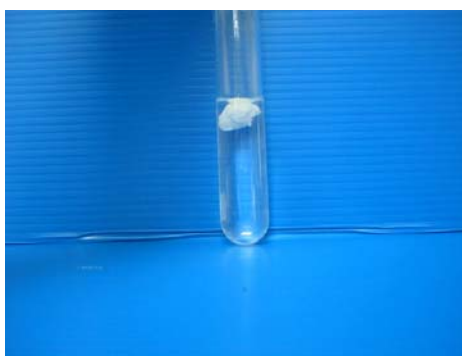
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นระดับการเจือจาง 1000 เท่าด้วยเทคนิค

อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีแบบแกรไฟต์เฟอร์เนซ

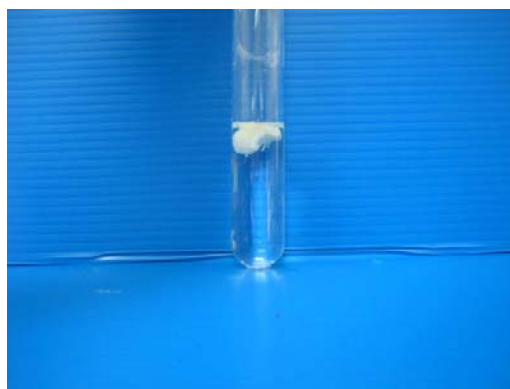
ชนิดของตัวอย่างน้ำยาง	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)	สัญญาณการดูดกลืนของสารละลายแบลงค์
น้ำยางชั้น HA	1.436	-0.008
น้ำยางชั้น LATZ	1.522	0.087
น้ำยางชั้น HA + Zn 100 ppb	1.739	0.037

4.1.2 ผลการศึกษาการย่อยตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นแบบ wet-digestion สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีแบบเปลวไฟ

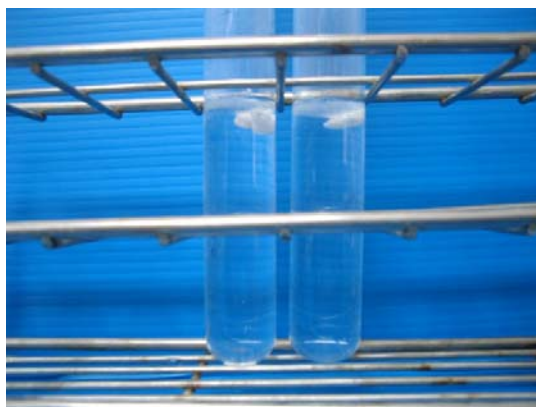
การเตรียมตัวอย่างน้ำยางขึ้นสำหรับการวิเคราะห์สังกะสีด้วยกรดไนตริก (เข้มข้น 2 %) หรือด่าง (10 M NaOH) ด้วยเทคนิค Flame-AAS พบว่าเมื่อทำการเจือจางในระดับ 1000 เท่าก็ยังไม่สามารถย่อยตัวอย่างได้ แต่เมื่อเจือจางเพิ่มขึ้นและย่อยด้วยด่างสามารถย่อยตัวอย่างน้ำยางขึ้นได้ดีขึ้น ลักษณะตัวอย่างน้ำยางที่ผ่านการย่อยในระดับการเจือจางต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.1-4.6



รูปที่ 4.1.1 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางขึ้น (Non-dilution) ด้วย 2% HNO_3



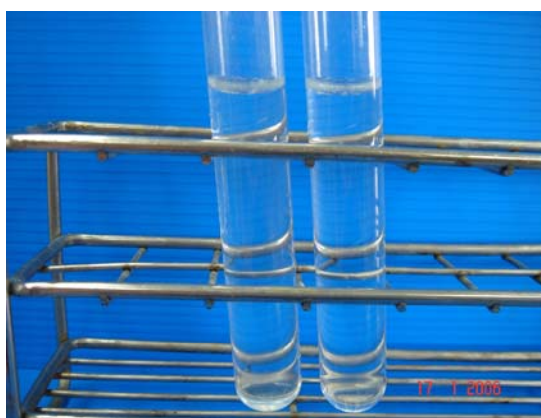
รูปที่ 4.1.2 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางขึ้น (Non-dilution) ด้วย 10 M NaOH



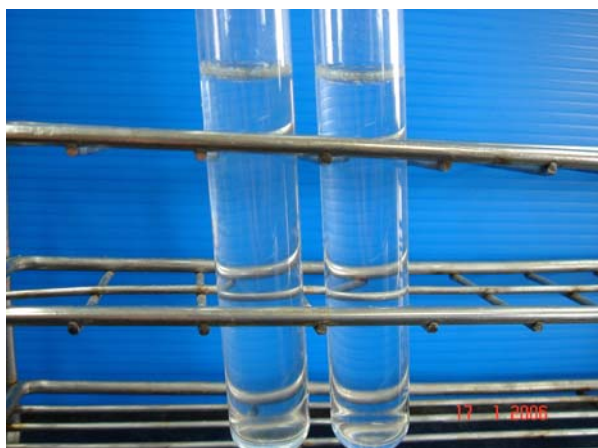
รูปที่ 4.1.3 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเผื่อจางระดับ 1000 เท่า ด้วย 2% HNO_3



รูปที่ 4.1.4 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเผื่อจางระดับ 1,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH



รูปที่ 4.1.5 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเผื่อจางระดับ 5,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH



รูปที่ 4.1.6 ลักษณะการย่อยแบบ wet-digestion ของตัวอย่างน้ำยางข้นที่ถูกเจือจางระดับ 10,000 เท่า ด้วย 10 M NaOH

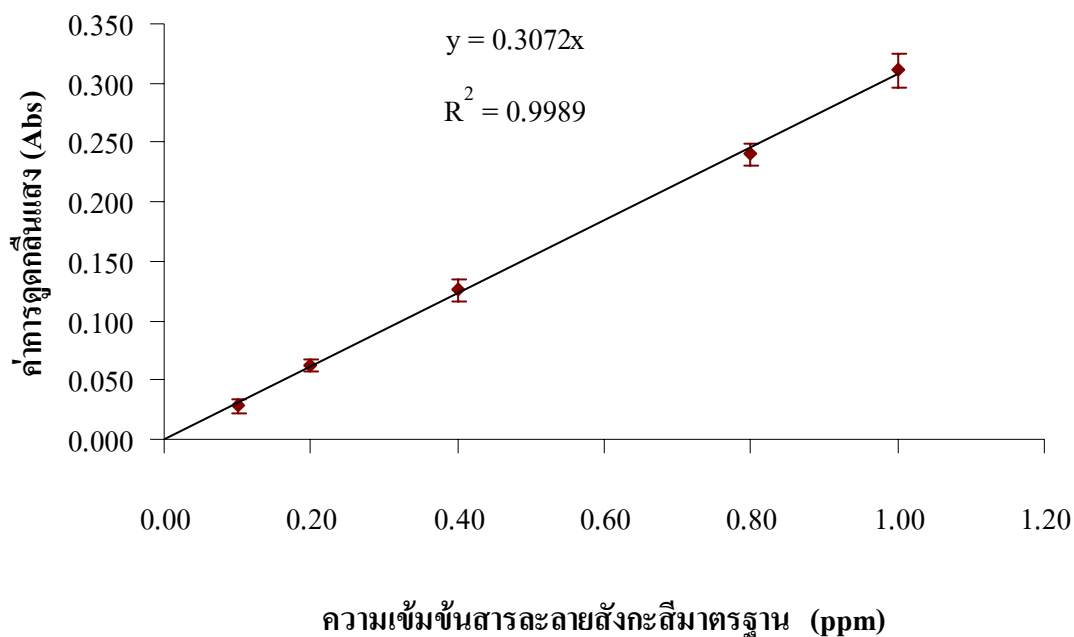
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรีแบบใช้เปลวไฟ

4.3.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวัดการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ สารละลายสังกะสีมาตรฐาน

ความเข้มข้นสังกะสี (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)
0.100	0.028
0.200	0.062
0.400	0.126
0.800	0.240
1.000	0.311

**กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น
ของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน**



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Abs) กับความเข้มข้นของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน (ppm)

4.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าสถิติ

การทดสอบความน่าเชื่อถือของวิธีวิเคราะห์ (Validation method)

1) การทดสอบความเที่ยง (Precision)

เพื่อตรวจสอบว่าการวัดแต่ละครั้งนั้นให้ค่าเข้าใกล้กันเพียงใด เมื่อนิบัติสารตัวอย่างเดียวกันซ้ำ ๆ กัน ภายใต้สภาวะเดียวกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้น
ที่วิเคราะห์ในซ้ำๆ ในวันเดียวกัน (Within-run)

n=3	ปริมาณสังกะสี (%) Mean ± SD	% CV
LATZ1_PL	0.022 ± 0.001	2.3
LATZ2_PL	0.022 ± 0.001	2.4

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้น
ที่วิเคราะห์ในซ้ำๆ ที่เวลาต่าง ๆ กัน (Between-run)

n=3	ปริมาณสังกะสี (%) Mean ± SD	% CV
LATZ1_PL	0.025 ± 0.001	3.1
LATZ2_PL	0.031 ± 0.001	4.7

2) การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

ทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์โดยหาร้อยละการกู้คืน (% Recovery) ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น คือ 0.4 ppm จากนั้นนำไปวิเคราะห์กับเครื่อง Flame-AAS และคำนวณหาร้อยละการกู้คืน (% Recovery)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Absorbance}_{(\text{spike sample})} - \text{Absorbance}_{(\text{sample})}}{\text{Absorbance}_{(\text{standard})}} \times 100$$

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการกู้คืน (% Recovery) ของสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางข้น

ตัวอย่างน้ำยาง	Zn in No-added in latex (ppm)	Zn Conc. <u>n</u> Found (ppm)	% Recovery (n=2)
LATZ 1_PL	0.032	0.432	99.98
LATZ 2_PL	0.020	0.420	100.11
LATZ 3_PL	0.019	0.418	100.24
LATZ 4_PL	0.019	0.421	99.59
LATZ 5_PL	0.024	0.422	100.50
LATZ 6_PL	0.025	0.426	99.85
LATZ 7_PL	0.042	0.442	99.98
LATZ 8_PL	0.053	0.451	100.50
LATZ 9_SL	0.046	0.453	98.43

ร้อยละการกู้คืน (% Recovery) ของการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางด้วยวิธีการเตรียมและการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นนี้อยู่ในช่วง 98.43-100.50 %

3) การหาค่าต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (Detection Limit, DL) ของเครื่อง

ผลการศึกษาค่าขีดความจำกัดของเครื่อง Flame AAS

จากความสัมพันธ์ (Skoog, 1984)

$$\begin{aligned}
 S_m &= S_{bl} + kSD \\
 &= 0.005 + (3 \cdot 0.003) \\
 &= 0.005 + 0.009 \\
 &= 0.014 \\
 C &= (S_m - S_{bl})/m \\
 &= (0.014 - 0.005)/0.338 \\
 &= 0.027
 \end{aligned}$$

S_m = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนที่เกิดจากระดับความเข้มข้นเท่ากับ DL

S_{bl} = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนของ blank

k = ค่าคงที่เท่ากับ 3 (ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 %)

SD = ค่าความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนของ blank

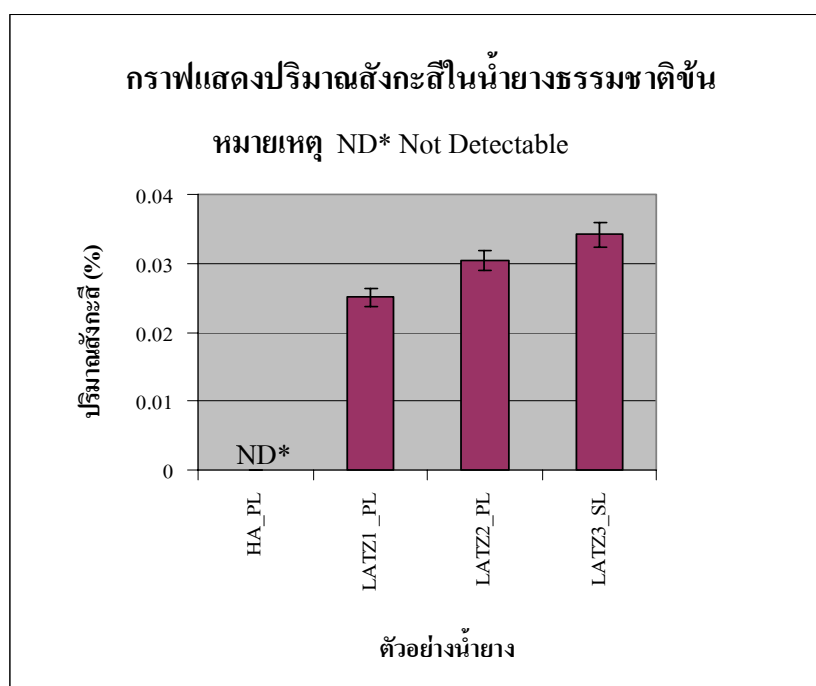
m = ค่าความชันของสารละลายมาตรฐาน

C = ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องที่สามารถวิเคราะห์ได้

ค่าขีดจำกัดของเครื่องที่สามารถตรวจวัดค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ของสังกะสีในน้ำยางเท่ากับ 0.027 ppm

4.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้นโดยเทคนิค Flame AAS

จากการวิเคราะห์พบปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางชั้นชนิด LATZ อยู่ในช่วง 0.02 - 0.03 % โดยปริมาณสังกะสีที่ตรวจพบในโรงงานอยู่ในช่วงที่มีการรายงานว่ามีการใช้กันโรงงานและปริมาณสังกะสีในน้ำยางชั้นชนิด HA ต่ำกว่า Detection Limit และต่ำกว่าระดับความเข้มข้นของสังกะสีที่ตรวจพบในน้ำยางชั้น LATZ



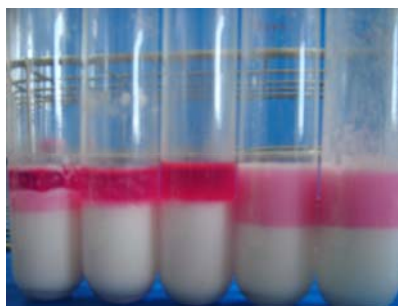
รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างน้ำยางชั้นชนิดต่าง ๆ

4.2.1 ผลการเตรียมและวิเคราะห์สังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้นด้วยเทคนิควิสซิมัลสเปกโตรเมตรี

1) การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเชิงซ้อนของสังกะสี

ก. โทลูอิน (Toluene)

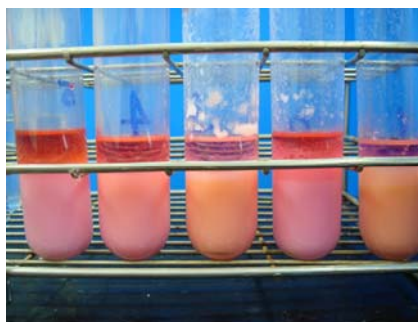
สารไดไทโชนละลายได้ดีในโทลูอินแต่เมื่อเติมสารละลายนี้ลงในน้ำยางเพื่อให้สารไดไทโชนเกิดการจับเป็นสารเชิงซ้อนกับโลหะสังกะสี พบของผสมของน้ำยางเกิดเป็นอิมัลชัน (Emulsion) อันเนื่องมาจากเกิดการละลายของอนุภาคยางโดยโทลูอิน ทำให้ชั้นของตัวทำละลายซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสกัด ไม่สามารถแยกชั้นออกจากชั้นของตัวอย่างน้ำยางอย่างชัดเจนและรวดเร็วจึงไม่เหมาะกับการใช้เป็นตัวทำละลายในการศึกษานี้



รูปที่ 4.2.1 การแยกชั้นของน้ำยางตัวอย่างกับน้ำยาไดไทโชนในโทลูอิน

ข. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride)

Dz ละลายได้ค่อนข้างยากใน Carbon tetrachloride (CCl_4) เมื่อเติมลงในตัวอย่างน้ำยางเพื่อให้กับตัวกับโลหะสังกะสี พบการเกิดปฏิกิริยาไม่สม่ำเสมอจึงยังคงไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการศึกษานี้ แม้จะมีรายงานหลาย ๆ ชิ้นมีการใช้ตัวทำละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์กับสารไดไทโชน



รูปที่ 4.2.2 การแยกชั้นของน้ำยางตัวอย่างกับน้ำยาไดไทโชนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์

ก. เบนซีน (Benzene)

Dz ละลายได้ดีในเบนซีนและเกิดการจับตัวเป็นสารเชิงซ้อนได้ดีกับโลหะสังกะสี และสังเกตการแยกชั้นได้ง่าย แต่การแยกชั้นของตัวอย่างกับตัวทำละลายใช้ระยะเวลา นานกว่า 30 นาที และในชั้นน้ำยังมีสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีกับไดไทโชน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการสกัดสารเชิงซ้อนของเบนซีนยังไม่เพียงพอในการแยกสารเชิงซ้อนแม้จะใช้เวลานานถึงกว่า 30 นาที จึงไม่เหมาะสำหรับการศึกษาตัวอย่างน้ำยางในกรณีอื่นเช่นกัน

ง. เอทานอล (Ethanol)

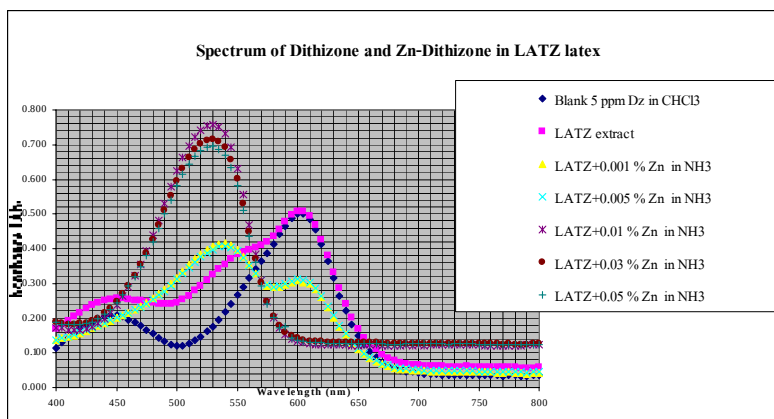
Dz ละลายค่อนข้างยากในเอทานอล เกิดการจับตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับโลหะสังกะสีได้ดี สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและเกิดสารเชิงซ้อนดี แต่การแยกชั้นของตัวอย่างกับตัวทำละลายไม่ดี จึงไม่เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษานี้

จ. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

Dz ละลายได้ดีในคลอโรฟอร์ม เกิดการจับตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับโลหะสังกะสีได้ดี สังเกตการแยกชั้นได้ง่าย การแยกชั้นของตัวอย่างน้ำยางกับตัวทำละลายใช้ระยะเวลา น้อยกว่า 10 นาที เป็นตัวทำละลายและตัวสกัดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำยางที่ต้องการความสะอาดและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้ตัวทำละลายนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้

2) สเปกตรัมของสารเชิงซ้อนของสังกะสีและสารไดไทโชน

จากการศึกษาสเปกตรัมหรือแผนภาพการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำยาไดไทโชนและธาตุสังกะสีในน้ำยาง พบน้ำยาไดไทโชนเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีชมพูเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการเติมปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้น เมื่อนำน้ำยาง LATZ มาเติมสารละลายสังกะสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0.001, 0.005, 0.01, 0.03 และ 0.05% โดยสีชมพูของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 535 นาโนเมตร ในขณะที่น้ำยาไดไทโชนมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ประมาณ 600 นาโนเมตร



รูปที่ 4.2.3 สเปกตรัมของสารเชิงซ้อนระหว่างธาตุสังกะสีและน้ำยาไดไทโชน

3) ระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางข้น

หลังทำการเจือจางตัวอย่างน้ำยางข้นและทำปฏิกิริยากับ Dz ในคลอโรฟอร์ม พบที่ระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางข้นด้วยน้ำกลั่นที่ 10, 100 และ 250 เท่า ยังมีปริมาณสังกะสีในน้ำยางมาก เนื่องจากหลังตั้งให้เกิดการแยกชั้นกว่า 10 นาที ยังคงมีสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีในชั้นของตัวอย่างน้ำยาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสังกะสียังถูกสกัดออกมาไม่หมด

ที่ระดับการเจือจางที่ 1250 และ 2500 เท่า ไม่พบสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีในชั้นของน้ำยาง และมีสีชมพูอยู่ในชั้นของตัวทำละลายชัดเจน แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของ Dz ที่ใช้อยู่ในระดับที่สามารถสกัดสังกะสีออกจากชั้นออกน้ำยางได้ดี

สำหรับระดับการเจือจางตัวอย่างน้ำยางที่ 6250 เท่า พบอยู่ที่ระดับต่ำเกินไป จึงมีปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้อยมาก ไม่สามารถสังเกตเห็นสีชมพูของสารเชิงซ้อนของสังกะสีที่เกิดขึ้นได้

4) ความเข้มข้นของน้ำยาไดไทโชน

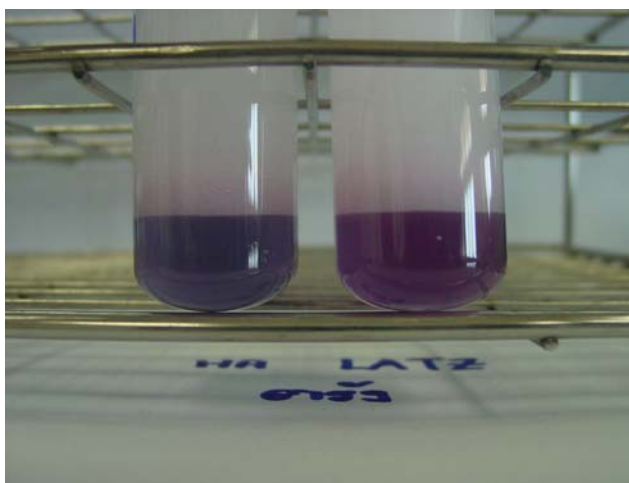
จากการศึกษา การใช้สารละลายหรือน้ำยาไดไทโชนที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 5 และ 10 ppm พบความเข้มข้นที่ 5 ppm มีสีชมพูในชั้นของตัวสกัดชัดเจน แต่ที่ 1 และ 2 ppm น้ำยาไดไทโชนเจือจางเกินไป ทำให้สังเกตสีได้ไม่ชัดเจน และที่ความเข้มข้น 10 ppm มีความเข้มข้นของ Dz สูงเกินไป หากใช้ในการสกัดจะให้ระดับการดูดกลืนแสงที่สูงกว่า 0.8 Abs ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานการวัดการดูดกลืนแสง

5) ปริมาตรของน้ำยาที่ใช้ทดสอบ

จากการศึกษาพบ ปริมาตรของ 5 ppm Dz ในคลอโรฟอร์มที่ 3 ถึง 5 mL มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการสกัดสังกะสีในน้ำยางที่ระดับการเจือจาง 2500 เท่า ในขณะที่ที่ 1 และ 2 mL มีปริมาตรน้ำยาหรือตัวสกัดน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถเห็นรอยต่อของการแยกชั้นอย่างชัดเจน

6) การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขั้น

ได้ทำการใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้นในการทดสอบปริมาณของสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางสองชนิด คือ ชนิดที่มีแอมโมเนียสูง (HA) และ ชนิด ที่มีแอมโมเนียต่ำและมีการเติมสังกะสีร่วมกับสารที่เอมที่ดี (LATZ) พบน้ำยาและสถานะที่พัฒนาขึ้นสามารถให้สีชมพูที่มีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำยางสองชนิดดังกล่าวโดยน้ำยาง LATZ ให้สีชมพูของสารเชิงซ้อนสังกะสีสูงกว่าในน้ำยาง HA ในตัวอย่างน้ำยางจากโรงงานในจังหวัดต่าง ๆ จำนวน 3 โรงงาน ดังตัวอย่างภาพที่ 4.2.4 นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบสีของสารเชิงซ้อนในน้ำยาง LATZ ที่เติมสังกะสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบ สีชมพูเข้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสังกะสีที่เพิ่มขึ้น ดังตัวอย่างภาพที่ 4.2.5



รูปที่ 4.2.4 การให้สีในระดับที่แตกต่างกันของน้ำยาที่พัฒนาขึ้นต่อน้ำยา HA และ LATZ



รูปที่ 4.2.5 การให้สีของสารประกอบสังกะสีต่อน้ำยาและวิธีการที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการหาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นด้วยการพัฒนาเทคนิคการเตรียมตัวอย่างน้ำยางขึ้นโดยการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง พบการใช้สารละลายด่างสามารถย่อยตัวอย่างน้ำยางขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมและวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางขึ้นด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรสโกปีแบบใช้เปลวไฟ พบปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางขึ้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียในปริมาณต่ำที่มีการเติมเตรอะเมทริลไทูเรมไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ (Low Ammonia TMTD/ZnO, LATZ) ในช่วงร้อยละ 0.02 - 0.03 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้เดิมในโรงงานทั่ว ๆ ไป ในขณะที่ตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นชนิดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียปริมาณสูง (High Ammonia, HA) มีปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำยางระดับที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัดและยังมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติขึ้นชนิด LATZ

ในการศึกษาประสิทธิภาพการเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรเมตรีแบบใช้เปลวไฟนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการฉีดสารวิเคราะห์ในเครื่อง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเที่ยง (Precision) เพื่อตรวจสอบว่าการวัดแต่ละครั้งนั้นให้ค่าเข้าใกล้กันเพียงใด โดยค่าดังกล่าวพบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับวิเคราะห์แบบ within run อยู่ในช่วงร้อยละ 2.3-2.4 และการวิเคราะห์แบบ between run อยู่ในช่วง ร้อยละ 3.1-4.7 สำหรับค่าที่แสดงถึงความแม่นยำ (Accuracy) โดยทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์จากร้อยละการกู้คืน (% Recovery) โดยการเติมปริมาณสังกะสีในปริมาณที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนลงในตัวอย่างน้ำยางนำตัวอย่างน้ำยางไปเจือจางและย่อยตามวิธีที่พัฒนาขึ้น จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีคำนวณหาค่าส่วนต่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีในการกู้คืน พบร้อยละการกู้คืนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ ร้อยละ 98.43-100.50 ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นกับช่วงความเข้มข้นของสารที่ทำการวิเคราะห์สัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าการดูดกลืนแสงของสังกะสีในน้ำยางขึ้นของเครื่อง Flame-AAS โดยบอกเป็นความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง $y = 0.3072x$ และค่า coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9989 นอกจากนี้ยังทำการศึกษาช่วงของความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ ซึ่งความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถวิเคราะห์ได้สำหรับการหาปริมาณสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติขึ้นด้วยเทคนิค Flame-AAS เท่ากับ 0.072 ppm จากการหาความน่าเชื่อถือของการ

วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเตรียมการย่อยตัวอย่างน้ำยางขึ้นและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Flame-AAS ที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ผลในช่วงที่ยอมรับได้และเมื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในน้ำยางยังพบ ปริมาณสังกะสีในปริมาณที่มีการเติมทั่วไปในโรงงานน้ำยางขึ้น แต่อย่างไรก็ตามน่าจะมีการพัฒนา วิธีที่ได้ต่อไปเพื่อให้ได้วิธีที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ข้อดีของวิธีนี้อยู่ตรงที่มีความน่าเชื่อถือของวิธี สูง ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ได้เกิดจากอะตอมของสังกะสีโดยตรง อย่างไรก็ตามการตรวจวัดด้วย วิธีการนี้ต้องใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่าง และเครื่องมือและการดูแลรักษาเครื่องมือมีราคาแพง รวมทั้งต้องมีบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทาง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของการผลิตสูงเกินความจำเป็น

สำหรับการพัฒนาวิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีโดยใช้เทคนิคการเตรียมธาตุ สังกะสีให้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี พบว่าสารโคไทโชนสามารถให้สีที่จำเพาะต่อ ธาตุสังกะสี อีกทั้งยังสามารถให้ความเข้มของสีในระดับที่แตกต่างกันระหว่างน้ำยาง HA และ LATZ และมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปเป็นวิธีการอย่างง่ายและรวดเร็วในการหาปริมาณสังกะสีใน ตัวอย่างน้ำยางที่สามารถใช้ได้ทั้งกับการเทียบสีด้วยสายตาและหรือ การตรวจวัดด้วยเครื่อง สเปกโตรมิเตอร์ ทั้งนี้ในเบื้องต้นพบสามารถใช้ระดับสีที่เกิดขึ้นบอกระดับความเข้มข้นที่แตกต่าง กันของสังกะสีได้ที่ระดับ $\pm 0.005\%$ อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มี ผลต่อการบอกปริมาณสังกะสี เช่น ชนิดของตัวทำละลาย ตัวสกัด ระดับความเข้มข้นของสารโคไท โชน ความแม่นยำ ความเที่ยงของวิธี เป็นต้น ข้อดีของวิธีนี้คือใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บ ชัน ราคาต่อการวิเคราะห์ต่ำกว่า และไม่จำเป็นต้องจ้างบุคลากรที่มีทักษะสูงเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ข้อด้อยคือความจำเพาะของวิธีน้อยกว่าวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชัน อย่างไรก็ตามสามารถทำการ ควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้มีความจำเพาะในระดับที่น่าเชื่อถือได้

เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2539. เทคโนโลยีน้ำยางข้น. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี: 5-9.
- พงษ์ธร แซ่ฮ้อย. 2547. ยาง: ชนิดสมบัติและการใช้งาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ: 4.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528. สารเคมีสำหรับยาง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี: 103-110.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 316-327.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิภูรังษ์. 2545. การผลิตยางธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี: 67-96.
- Aleixo, P.C. and Nobrega, J.A. 2003. Direct determination of iron and selenium in bovine milk by graphite furnace atomic absorption spectrometry. Food Chemistry, 83: 457-462.
- Iyengar, G.V., Kasperek, K., Feinendegen, L.E., Wang, Y.X. and Weese, H. 1982. Determination of Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Sb, Se and Zn in milk samples. The Science of The Total Environment, 24: 267-274.
- Nascentes, C.C., Arruda, M.A.Z., Nogueira, A.R.A. and Nobrega, J.A. 2004. Direct determination of Cu and Zn in fruit juices and bovine milk by thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry. Talanta, 64: 912-917.
- Scotta, D. J., Bernardo M.T. da Costa^b, Stephanie C. Espy^b, Jay D. Keasling^b and Katrina Cornisha. 2003. Activation and inhibition of rubber transferases by metal cofactors and pyrophosphate substrates. Phytochemistry, 64: 123-134.
- Sikilic, M., Brajenovic, N., Pavlovic, I., Havranek, J.L. and Plavljanic., N. 2003. Determination of metals in cow's milk by flame atomic absorption spectrophotometry. Czech J. Anim. Sci., 11: 481-486.
- Silva, J.R.D.A., Amaral, A.C.F., Siani, A.C., Rezende, C.M., Felcman, J. and Pinto, A.C. 2003. Contribution to the study of *Himatanthus sucuuba*: latex macromolecule, microelements and carbohydrates. Acta Amazonia., 33: 105-110.
- Yagami, T., Haishima, Y., Nakamura, A., Osuna, H. and Ikezawa, Z. 2000. Digestibility of allergens extracted from natural rubber latex and vegetable foods. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 106: 752-762.

ตอบสรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการ

“การพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาสังกะสีในน้ำยางธรรมชาติชั้น” RDG4950025

1. วัตถุประสงค์ควรระบุตามสัญญาฉบับ <u>ตอบ</u> ได้ดำเนินการแล้ว
2. การแสดงภาพที่ระบุเกี่ยวกับ “สี” ขอให้ใช้ภาพสี <u>ตอบ</u> ได้ดำเนินการแล้ว
3. ขอให้นักวิจัยเพิ่มเติมรายละเอียดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่อ 1 ตัวอย่างของแต่ละวิธี และขอให้เปรียบเทียบข้อดี/ข้อเสียของแต่ละวิธีด้วย <u>ตอบ</u> - ราคาค่าวิเคราะห์ต่อหนึ่งตัวอย่าง หากคำนวณราคาโดยใช้ฐานการคิดของราคาสารเคมีที่ใช้ ณ ปี พ.ศ. 2549 สำหรับสารละลายมาตรฐาน 1 ชุด และการวิเคราะห์ 10 ตัวอย่างแรกจะเป็นเงินประมาณ 200 บาทต่อหนึ่งตัวอย่าง - ได้ดำเนินการเพิ่มข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีในบทที่ 5
4. ขอให้นักวิจัยจัดทำข้อเสนอโครงการที่จะพัฒนาวิธีการทดสอบในรูปของ test kit ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นโครงการ SPR ให้เสนอในรูปแบบโครงการปกติและสามารถจ้างนักวิจัยได้ <u>ตอบ</u> ได้ดำเนินการและส่งไปยัง สกว. แล้ว
5. ควรแสดงผลการทดลองจากการวัดปริมาณสังกะสีของน้ำยางจากโรงงานในรูปแบบตาราง แทนการสรุปว่าอยู่ในช่วง 0.02-0.03% และควรระบุว่าการวัดตัวอย่างจากโรงงานซ้ำกี่ครั้ง ในแผนการดำเนินงานระบุว่าทำการวัดตัวอย่างจากโรงงานอย่างน้อย 5 โรงงานๆ ละ 3 ครั้ง แต่ในรายงานมีตัวอย่างจาก 3 โรงงานและไม่ได้ระบุจำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง <u>ตอบ</u> - ได้แสดงผลการทดลองจากการวัดปริมาณสังกะสีของน้ำยางจากโรงงานในรูปแบบตาราง แต่การสรุปว่าอยู่ในช่วง 0.02-0.03% เป็นการบอกช่วงปริมาณสังกะสีของน้ำยางจากโรงงาน - เนื่องจากเวลาและงบประมาณไม่เพียงพอ ตั้งงบประมาณน้อยเกินไป จึงทำได้เพียง 3 โรงงาน
6. มีการพิมพ์ผิด เช่น หน้า 15 (ข้อ17), หน้า 16 (atomization), หน้า 17 (บรรทัดแรก), หน้า 20 (ข้อ6)และหน้า 19 (ข้อ ข.(3)) <u>ตอบ</u> ได้ดำเนินการแล้ว
7. %CV ควรบอกชื่อเต็มไว้ได้ตาราง (หน้า26) <u>ตอบ</u> ได้ดำเนินการแล้ว
8. ควรบรรยายลักษณะของตัวอย่างเมื่อทำการย่อยด้วยสารต่างๆในระดับการเจือจางต่างๆ ในหน้า 22-24 (ดังได้อธิบายในหัวข้อ 4.2.1) <u>ตอบ</u> ตรวจไม่พบในหน้าที่แจ้งมา
9. ในแผนการดำเนินงานได้ระบุที่จะใช้ AAS แบบ graphite furnace และเครื่องวัดการนำไฟฟ้า แต่ในการทำวิจัยระบุว่าเครื่อง AAS แบบ graphite furnace มีปัญหาจึงไม่ได้ทำการทดลองในส่วนนี้ ส่วนเครื่องวัดการนำไฟฟ้าผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงในรายงาน <u>ตอบ</u> - ในแผนการดำเนินงานได้ระบุที่จะใช้ AAS แบบ graphite furnace แต่ในการทำวิจัยพบว่าเครื่อง AAS แบบ graphite furnace มีปัญหาจึงไม่ได้ทำการทดลองในส่วนนี้ อย่างไรก็ตามพบว่าระดับความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำยางหลังเจือจางกว่า 1000 เท่า อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อ

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS แบบใช้เปลวไฟแล้ว หากเจือจางลงไปอีก 1000 เท่า เพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์แบบ graphite furnace จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดได้สูง จึงไม่ได้ดำเนินการในส่วนของการวิเคราะห์แบบ graphite furnace เพิ่ม

– ในแผนงานเบื้องต้นได้ระบุที่จะเปรียบเทียบผลกับการใช้เครื่องมือทางไฟฟ้าเคมี แต่เนื่องจากพบว่าการใช้เครื่อง AAS เปรียบเทียบกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ในโครงการระยะเริ่มต้นสั้น ๆ นี้ จึงได้ตัดวิธีการที่จะใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้าออกไป

10. ในบทคัดย่อ ใช้ข้อความซ้ำซ้อน

ตอบ ได้ดำเนินการแก้ไขแล้ว

11. บทสรุปผู้บริหารส่วนของผลการดำเนินงาน ไม่ได้เกริ่นถึงความเข้มข้นของสังกะสี Dz มาก่อน แต่มากล่าวถึงตอนท้ายเลย

ตอบ เกิดความผิดพลาดด้านการพิมพ์ ที่ถูกควรเปลี่ยนจาก “ความเข้มข้นของสังกะสี Dz” เป็น “ความเข้มข้นของไดโทโซน”

12. หน้า 10 ข้อมูลเกี่ยวกับสังกะสี ที่กล่าวว่าในน้ำยางธรรมชาติน่าจะมีธาตุสังกะสีอยู่ระดับหนึ่ง ควรหา reference มาสนับสนุนข้อมูลมากกว่านี้

ตอบ ได้เพิ่มเติมข้อมูลในส่วนของบทที่ 2 แล้ว ดังนี้

“Scotta *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาปริมาณของโลหะชนิดต่าง ๆ ในน้ำยาง *Hevea brasiliensis* ด้วยเทคนิค Inductively coupled plasma และพบโลหะชนิดต่าง ๆ ได้แก่ K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu และ Zn ที่ปริมาณรวมเท่ากับ 120.93 มิลลิโมลาร์ โดยพบปริมาณโลหะสังกะสีสูงสุดที่ 413.82 ไมโครโมลาร์ ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าธาตุอื่น ๆ ทุกชนิดถึงประมาณ 10 เท่า” ซึ่งสรุปมาจากข้อมูลในตาราง ก ต่อไปนี้

ตาราง ก. Metal concentrations in the latex of *Hevea brasiliensis* and *Ficus belastica* determined by inductively coupled plasma (Scott *et al.*, 2003)

Metal	Wavelengths (nm)	Metal content (Latex)			
		<i>Hevea brasiliensis</i>		<i>Ficus elastica</i>	
		mM	S.E.	mM	S.E.
Na	589.592, 588.995	42.00	0.43	3.17	0.14
Mg	279.679, 280.27, 285.213, 279.553	12.04	0.07	53.45	0.32
K	766.491	65.91	0.55	2.81	0.07
Ca	317.933, 306.847, 422.673, 315.887	0.46	0.01	1.29	0.01
		μ M		μ M	S.E.
Mn	257.61, 260.569, 294.92	14.18	1.78	1.63	0.27
Fe	238.204, 259.562	63.21	4.91	32.46	4.44
Cu	259.94, 234.349	25.94	1.69	9.28	1.19
Zn	214.83, 238.863, 273.955	413.82	6.97	153.12	6.89
		mM		mM	
Total		120.93		60.92	

13. หน้า 14 การเจือจางตัวอย่างน้ำยาง ให้ตัดคำว่าน้ำยางธรรมชาติออกเหลือแต่คำว่าน้ำยาง

ตอบ ได้ดำเนินการแล้ว

14. หน้า 15 การเขียน 0.1xxx กรัม ให้ตรวจสอบวิธีการเขียนแบบ scientific No. และในตารางให้ระบุหน่วยของความเข้มข้นของน้ำยางเจือจางด้วย

ตอบ การเขียนในรูป 0.1xxx กรัม เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ วิธีนี้เหมาะกับการใช้งานที่ทศนิยมตัวแรก คือน้ำยาง 0.1 กรัม ทศนิยมที่สองถึงสี่ จะเป็นเลขใดก็ได้ เพื่อจะได้ประหยัดเวลาในการชั่งสาร

15. หน้า 26 การทดสอบความแม่นยำที่ระดับความเข้มข้น 0.4 ppm ถ้าความเข้มข้นอื่นเท่ากับเท่าไร

ตอบ การทดสอบความแม่นยำ โดยทั่วไปเลือกทำที่ระดับความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับในตัวอย่าง ไม่สามารถทำได้ทุก

ความเข้มข้นได้
16. หน้า 30 คลอโรฟอร์ม ปัจจุบันเป็นสารควบคุม หาซื้อได้ยากต้องขออนุญาตจากกระทรวงกลาโหม <u>ตอบ</u> ทางผู้วิจัยทราบปัญหานี้แล้ว และในวิธีรวดเร็วที่จะพัฒนาต่อไป ไม่มีการใช้คลอโรฟอร์ม
17. ยังไม่เห็นความสัมพันธ์ว่า การใช้ Dz ปริมาณเท่าใดจะสามารถ refer ถึงปริมาณ Zn ที่แม่นยำหรือใกล้เคียง น่าจะเอาผลมาวิเคราะห์เพิ่มเติม <u>ตอบ</u> การศึกษานี้พยายามที่จะหาแนวทางก่อน การได้แนวทางว่าจะใช้สารใดท่ามกลางสารหลากหลายชนิดในโลกนี้เป็นเรื่องยากมาก ในขั้นต่อไปจึงจะดำเนินการขอทุนทำการวิจัยในส่วนของรายละเอียด
18. วิธีนี้ทำได้เพียง qualitative ยังไม่เป็น quantitative <u>ตอบ</u> วิธีนี้ทำได้แบบ quantitative โดยการเทียบกับชุดของสารละลายมาตรฐาน หรือวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์

19. น่าจะเปลี่ยนชื่อเรื่องให้เหมาะสม <u>ตอบ</u> ขอคงไว้ตามสัญญา อีกประการหนึ่ง จะเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งหากผู้ทรงคุณวุฒิระบุให้ชัดเจนกว่านี้
20. ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ด้วย AA ให้เสียเวลา ถ้าทำเฉพาะ Dz น่าจะได้ผลที่ลึกกว่านี้ <u>ตอบ</u> หากตรวจค้นเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ ในงานวิเคราะห์ทางเคมี นักวิทยาศาสตร์จะดำเนินการเปรียบเทียบกับวิธีที่มีมาตรฐานสูงกว่าเสมอ เพื่อลดข้อกังขาและยืนยันด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นว่าแม้ใช้วิธีอื่นที่มีมาตรฐานก็ตรวจพบสารตัวนั้น ในความเห็นของผู้วิจัย จึงขอเลือกที่จะดำเนินการเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ คือตรวจสอบยืนยันการวิเคราะห์สังกะสี ด้วยเทคนิค AAS หลังจากนั้นหากขยายโครงการต่อไป อาจตรวจสอบด้วยวิธี AAS เฉพาะส่วนสำคัญ ๆ อีกประการหนึ่งผลของ Dz ที่ได้ก็เป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก สำหรับโครงการระยะสั้นแบบนี้
21. นักวิจัยปรับปรุงรายงานตามรูปแบบที่ระบุไว้ในสัญญาโครงการ <u>ตอบ</u> จะดำเนินการตามข้อเสนอแนะ