

## บทที่ 5

### บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ได้วิธีที่พัฒนาขึ้นคือ วิธีซีโร-ครอสซิง สเปกโทรโฟโตเมตรีเชิงอนุพันธ์ (DZS) ที่สำหรับหาวิเคราะห์หาปริมาณเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีนพร้อมกันในตัวอย่างเครื่องดื่ม วิธีนี้ง่าย มีความเที่ยง มีความแม่นยำ ลดขั้นตอนในการเตรียม และลดปริมาณการใช้สารเคมี ซึ่งจากการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวได้ทำการศึกษาหาสภาวะการทดลองที่เหมาะสม อาทิเช่น การศึกษาอิทธิพลของ pH ของสารละลายที่ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างเครื่องดื่ม และที่มีผลต่อแอมพลิจูดของสเปกตรัมการศึกษาหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมจุดซีโร-ครอสซิง ( $\lambda_{zero}$ ) การศึกษาอิทธิพลของสารรบกวน เป็นต้น

จากผลการศึกษาอิทธิพลของ pH ของสารละลายที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงและค่าความยาวคลื่นสูงสุดของแอมพลิจูดของสเปกตรัมของสารละลายมาตรฐานของเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน พบว่าแอมพลิจูดของสเปกตรัมของสารละลายมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด ในน้ำปราศจากไอออน มีการซ้อนทับกันอย่างมาก และพบว่า pH ของสารละลายที่ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างเครื่องดื่มมีผลต่อลักษณะและค่าความยาวคลื่นสูงสุดของแอมพลิจูดของสเปกตรัมของกรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก เพราะเป็นกรดอ่อน แต่ไม่มีผลต่อเอซีซัลเฟม-เค และคาเฟอีน ดังนั้นเพื่อควบคุม pH ของสารละลายจึงเลือกใช้สารละลาย 0.05 mol/L ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH=2.3) สำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างเครื่องดื่มดังกล่าว ซึ่งพบว่าในสารละลายนี้ เอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีนมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 227, 230, 263 และ 273 nm ตามลำดับ

จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวน คือ กรดซิตริก กลูโคส และ ซูโครส ที่มีผลต่อค่าแอมพลิจูดของสเปกตรัมของสารละลายมาตรฐานเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ในสารละลาย 0.05 mol/L ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH=2.3) จากผลการทดลองพบว่าสารรบกวนสามารถดูดกลืนแสงที่มีค่าต่ำมากในช่วง อัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นน้อยกว่า 240 nm ซึ่งไม่รบกวนหรือรบกวนน้อยมากต่อค่าการดูดกลืนแสงของเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ที่ความยาวคลื่นสูงสุด 227, 230, 263 และ 273 nm ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก

และค่าเฟ้นที่ความยาวคลื่นสูงสุดดังกล่าวได้ และเมื่อใช้ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 227, 230, 263 และ 273 nm นี้สำหรับหาปริมาณเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และค่าเฟ้นตามลำดับในตัวอย่างสังเคราะห์โดยได้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงในช่วง 0.25-20 mg/L เอซีซัลเฟม-เค, 0.5-40 mg/L กรดเบนโซอิก, 0.5-15 mg/L กรดซอร์บิก และ 0.5-40 mg/L ค่าเฟ้นพบว่าปริมาณเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และค่าเฟ้นที่ตรวจพบมีค่ามากกว่าปริมาณที่เดิมของเกือบทุกตัวอย่าง โดยมีค่าร้อยละการกลับคืนมากกว่า 100 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลของการรบกวนซึ่งกันและกัน เพราะมีแอบซอร์พชันสเปกตรัมซ้อนทับกันอย่างมากในช่วงที่ศึกษา (190-330 nm) ยกเว้นการวิเคราะห์หาปริมาณค่าเฟ้น ซึ่งมีค่าร้อยละการกลับคืนในช่วง  $100 \pm 2-117 \pm 1$  ซึ่งไม่มีสัญญาณรบกวน หรือรบกวนน้อยมากจากเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิกนั่นเอง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้ข้อมูลจากแอบซอร์พชันสเปกตรัมไม่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และค่าเฟ้นในตัวอย่าง

ดังนั้นจึงได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณของวัตถุเจือปนอาหารทั้ง 4 ชนิด พร้อมกับด้วยวิธีซีโร-ครอสซิง สเปกโทรโฟโตเมตรีเชิงอนุพันธ์ จากวิธีการศึกษาหาจุดซีโร-ครอสซิงด้วยสารละลายมาตรฐานแบบคู่ (หรือกรณีตัวอย่างมีองค์ประกอบ 2 ชนิด) แบบสาม (หรือกรณีตัวอย่างมีองค์ประกอบ 3 ชนิด) และแบบสี่ (หรือกรณีตัวอย่างมีองค์ประกอบ 4 ชนิด) พบว่าไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณในตัวอย่างที่มีองค์ประกอบมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไปได้ เนื่องจากไม่สามารถหาจุด  $\lambda_{zero}$  ได้ และ/หรือให้ค่าสัญญาณอนุพันธ์ที่ต่ำ ณ จุด  $\lambda_{zero}$  เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ของสารละลายมาตรฐานแบบคู่สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของสารทั้ง 4 ชนิด ดังนี้ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเอซีซัลเฟม-เค จะทำการตรวจวัดสารตัวอย่าง ณ ความยาวคลื่นที่จุดซีโร-ครอสซิง ( $\lambda_{zero}$ ) เท่ากับ 261 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_1$  สเปกตรัม ที่มีกรดเบนโซอิกผสมอยู่ด้วย) 222 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม ที่มีกรดซอร์บิกผสมอยู่ด้วย) และ 234 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_3$  สเปกตรัม ที่มีค่าเฟ้นผสมอยู่ด้วย) สำหรับกรดเบนโซอิกสามารถตรวจวัดที่  $\lambda_{zero}$  เท่ากับ 257 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม ที่มีเอซีซัลเฟม-เคผสมอยู่ด้วย) 225 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม ที่มีกรดซอร์บิกผสมอยู่ด้วย) และ 244 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_1$  สเปกตรัม ที่มีค่าเฟ้นผสมอยู่ด้วย), สำหรับกรดซอร์บิกสามารถตรวจวัดที่  $\lambda_{zero}$  เท่ากับ 280 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_1$  สเปกตรัม ที่มีเอซีซัลเฟม-เคผสมอยู่ด้วย) 278 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_3$  สเปกตรัม ที่มีกรดซอร์บิกผสมอยู่ด้วย) และ 259 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_2$  สเปกตรัม ที่มีค่าเฟ้นผสมอยู่ด้วย) และสุดท้ายสำหรับค่าเฟ้น สามารถตรวจวัดที่  $\lambda_{zero}$  เท่ากับ 293 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม

ที่มีเอซีซัลเฟม-เคผสมอยู่ด้วย) 295 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม ที่มีกรดเบนโซอิกผสมอยู่ด้วย) และ 277 นาโนเมตร (สำหรับ  $D_4$  สเปกตรัม ที่มีซอร์บิกผสมอยู่ด้วย) ได้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงในช่วง 0.25-20, 0.5-40, 0.5-15 และ 0.5-40 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ตามลำดับ และมีขีดจำกัดต่ำสุดของเอซีซัลเฟม-เค คือ 0.12, 0.13 และ 0.08 mg/L (เมื่อมีกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน เป็นสารผสมคู่ตามลำดับ) สำหรับกรดเบนโซอิก คือ 0.30, 0.25 และ 0.36 mg/L (เมื่อมีเอซีซัลเฟม-เค กรดซอร์บิก และคาเฟอีน เป็นสารผสมคู่ตามลำดับ) สำหรับกรดซอร์บิก คือ 0.31, 0.40 และ 0.32 mg/L (เมื่อมีเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก และคาเฟอีน เป็นสารผสมคู่ตามลำดับ) และสำหรับคาเฟอีน คือ 0.42, 0.30 และ 0.39 mg/L (เมื่อมีเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก เป็นสารผสมคู่ตามลำดับ)

เมื่อนำวิธีซีโร-โครอซิง สเปกโทรโฟโตเมตรีเชิงอนุพันธ์ ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ เอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ในตัวอย่างแบบต่างๆ คือ ตัวอย่างสังเคราะห์ที่เตรียมจากสารละลายผสมแบบคู่ พบว่ามีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง  $93 \pm 2$ - $111 \pm 1$ ,  $94 \pm 1$ - $110 \pm 1$ ,  $94 \pm 1$ - $104 \pm 1$  และ  $94 \pm 1$ - $109 \pm 3$  สำหรับเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างสังเคราะห์ที่มีการเติมสารละลายมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด ลงในตัวอย่างเครื่องดื่มพบว่ามีการกลับคืนของเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีนอยู่ในช่วง  $92 \pm 2$ - $104 \pm 2$ ,  $99 \pm 3$ - $107 \pm 1$ ,  $103 \pm 5$ - $106 \pm 4$ , และ  $98 \pm 2$ - $100 \pm 4$  ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และเครื่องดื่มบำรุงกำลัง (จำนวน 19 ตัวอย่าง) พบว่าตัวอย่าง A-1 และ A-2 มีสารเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก และคาเฟอีน (ซึ่งเป็นแบบสารละลายผสมแบบสาม) นั้นให้ผลการทดลองที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ส่วนในตัวอย่างอื่น ๆ จะมีเพียงสองสาร (ซึ่งเป็นแบบสารละลายผสมแบบคู่) เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี DZS กับวิธี HPLC พบว่าทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ลิมิตความเชื่อมั่นร้อยละ 98) แต่ที่ลิมิตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนด้วยวิธีทั้ง 2 จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

### ข้อเสนอแนะ

วิธีซีโร-โครอซิง สเปกโทรโฟโตเมตรีเชิงอนุพันธ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเอซีซัลเฟม-เค กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และคาเฟอีน ในตัวอย่างที่มีองค์ประกอบเพียง 2 ชนิดได้เท่านั้น ดังนั้นควรมีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีองค์ประกอบมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป