มติชน

ก 6265

วันเสาร์ที่ 30 เมษายน พุทธศักราช 2548 ปีที่ 28 ฉบับที่ 9912 หน้า 3

การประยุกต์แสงซินโครตรอนของไทยในย่านรังสีเอ็กซ์ (พลังงานต่ำ) สำหรับงานเคมีวิเคราะห์ในระดับอะตอม

(เรียบเรียงโดย ดร. วันทนา คล้ายสุบรรณ์ นักวิจัยศูนย์ฯ)

กำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) และฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุมวลเบาที่มีความสำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตและธรรมชาติ อะตอมของธาตุเหล่านี้โดยปกติไม่ได้อยู่เป็นอิสระแต่จะสร้างพันธะเคมีกับอะตอมชนิดอื่นๆ เกิดเป็นโมเลกุลเคมีที่มีหน้าที่การทำงานแตกต่างกันออกไป เช่น ฟอสเฟส (PO_4) เป็นสารประกอบที่พบอยู่ใน DNA backbone และในแหล่งพลังงาน ATP สำหรับสิ่งมีชีวิต ส่วนกำมะถันนั้นก็เป็นองค์ประกอบสำคัญในกรดอะมิโน โปรตีน และเอนไซม์ หลายชนิด โครงสร้างของโมเลกุลและสถานะทางเคมีของธาตุเหล่านี้เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันให้ความสนใจ เนื่องจากเชื่อว่าเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดบทบาทและหน้าที่ของโมเลกุลในระบบต่างๆ ตลอดช่วงเวลาสิบกว่าปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับอะตอม S และ P จากสารตัวอย่างทั้งจากธรรมชาติและที่สังเคราะห์ได้ในหลายสาขาวิชา เพื่อนำผลการศึกษามาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในที่นี้ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเฉพาะการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับธาตุกำมะถันเท่านั้น ซึ่งได้แก่

1. การศึกษาแบคทีเรียและพืชที่มีคุณสมบัติดูดซึมมลพิษในดินและแหล่งน้ำ เพื่อนำไปสู่เทคโนโลยีการบำบัดสิ่งแวดล้อมโดยวิธีธรรมชาติ (Bioremediation)

2. การศึกษาหน้าที่การทำงานของโปรตีนและเอนไซม์จากกระบวนการออกซิเดชันของโมเลกุลที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น cyst(e)ine methionine และ glutathione และอนุพันธ์อื่นๆ

3. การศึกษาระบบนิเวศวิทยาและผลกระทบจากมนุษย์โดยอาศัยการตรวจสอบสถานะออกซิเดชันของกำมะถันที่อยู่ในดิน

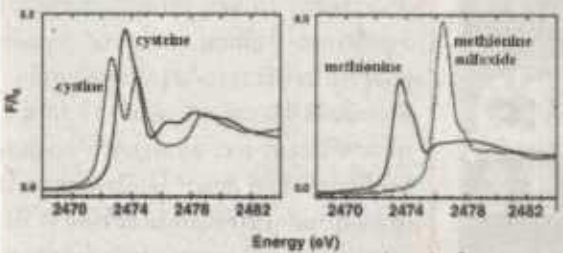
4. การศึกษาพันธะเคมีของสารอินทรีย์กำมะถันเพื่อการพัฒนาคุณภาพของข้าวสาลี กาแฟ ยาง ฯลฯ

การศึกษาดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยเคมีวิเคราะห์จากมุมมองในระดับโมเลกุลและข้อมูลโครงสร้างในระดับอะตอม เทคนิคการทดลองที่จะสามารถให้ข้อมูลเคมีในรายละเอียดระดับอะตอมได้มีเพียงหนึ่งเดียวเท่านั้นคือเทคนิคที่เรียกว่า X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy (XAFS)

หลักการของเทคนิค XAFS คือการกระตุ้นอะตอมที่สนใจศึกษา (เช่น S และ P) ด้วยแสงซินโครตรอนในย่านพลังงานรังสีเอ็กซ์ช่วง 2000-4000 eV เนื่องจากแสงในย่านพลังงานดังกล่าวไม่สามารถผลิตขึ้นได้จากหลอดรังสีเอ็กซ์ทั่วไป แสงซินโครตรอนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการศึกษาอะตอมของธาตุมวลเบาเหล่านี้ การกระตุ้นอะตอมด้วยแสงซินโครตรอนจะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้กับนิวเคลียสของอะตอมย้ายระดับขั้นพลังงาน เกิดการดูดกลืนแสงทำให้ความเข้มแสงเปลี่ยนไป สเปกตรัมของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในรูปแบบของ XAFS ที่วัดได้จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อค้นหาโครงสร้างของโมเลกุลจากศูนย์กลางของอะตอม (ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงหรือดูดกลืนแสง) และบริเวณโดยรอบได้ถึงระยะประมาณ 10 อังสตรอม หรือ 1 นาโนเมตร เช่น ถ้าเป็น XAFS สเปกตรัมจากโมเลกุล AB_n เราจะสามารถตรวจสอบระยะห่าง (โดยเฉลี่ย) ระหว่างอะตอม A กับ B จำนวนของอะตอม B ที่อยู่รอบๆ อะตอม A (หรือค่า n) และสถานะออกซิเดชันของอะตอม A ได้

ในกลางปี 2548 นี้ ห้องปฏิบัติการแสงสยาม ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ จ.นครราชสีมา กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะทำการเพิ่มพลังงานของเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจาก 1 GeV เป็น 1.2 GeV เพื่อให้ได้แสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอ็กซ์พลังงานต่ำ (2000-4000 eV) และพร้อมกันนี้จะดำเนินการติดตั้งระบบลำเลียงแสงใหม่ ซึ่งเป็นระบบลำเลียงแสงที่สองของห้องปฏิบัติการแสงสยาม สำหรับรองรับงานวิจัยที่ต้องใช้เทคนิค XAFS ในย่านพลังงานแสงซินโครตรอนดังกล่าว โดยจะสามารถวัดสเปกตรัม XAFS ที่ K-edge ของธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ z = 15 ถึง 20 เรียงตามลำดับ คือ ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ คลอรีน อาร์กอน โปแทสเซียม และแคลเซียม และ L-edge ของธาตุโลหะหนักบางชนิด ระบบลำเลียงแสงใหม่นี้จะสามารถให้บริการแก่นักวิจัยได้ในหลายสาขาเช่น วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, วิทยาศาสตร์การเกษตร, ธรณีวิทยา, ชีวะเคมี, วัสดุศาสตร์ การวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาและสารสังเคราะห์ที่มีอนุภาคขนาดนาโนเมตร เป็นต้น นักวิจัยท่านใด มีความสนใจข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแสงซินโครตรอน เทคนิค XAFS และการประยุกต์ในงานวิจัยสาขาต่างๆ หรือต้องการคำปรึกษาด้านเทคนิคการทดลองสามารถติดต่อผู้เขียนได้ทาง e-mail: wantana@nsrc.or.th

ดร. วันทนา คล้ายสุบรรณ์



• ตัวอย่างสเปกตรัม XAFS จากการทดลองซึ่งวัดที่ช่วงการดูดกลืนพลังงานแสงซินโครตรอนของอะตอมกำมะถันในกรดอะมิโนชนิดต่างๆ (A. Rompel et al., Biophysics, Vol. 95 (1998), 6122-6127.)

• ภาพถ่ายปัจจุบันของแสงซินโครตรอน (ในย่านความถี่ที่ตามองเห็น) ณ ห้องปฏิบัติการแสงสยาม

• โมโนโครมเมเตอร์ หรือเครื่องคัดเลือกพลังงานแสงซินโครตรอนในย่านพลังงาน 2000 ถึง 4000 eV ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญของระบบลำเลียงแสงเทคนิค XAFS