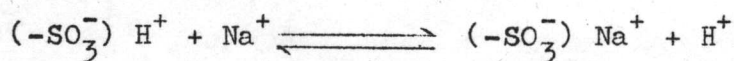


2.1 หลักการทั่วไป

เรซิน (resin) คือ สารประกอบโมเลกุลใหญ่ (polymer) แบบสามมิติ (three dimensional network) ที่ได้จากการรวมตัวกันทางเคมีของสารประกอบโมเลกุลเดี่ยว (monomer) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ cation exchange resin ซึ่งมี cation exchange group อาจเป็น sulfonic acid group phenolic group, carboxylic acid group หรือ anion exchange resin ซึ่งมี anion exchange group เช่น quaternary ammonium group

ปฏิกิริยาแลกเปลี่ยน (exchange reaction) ที่เกิดระหว่างไอออนของเรซินกับไอออนในสารละลายที่สัมพันธ์กับเรซิน เป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ (reversible) เช่น เมื่อเรซินที่มี sulfonic acid group เป็นกลุ่มที่ทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนสัมพันธ์กับ Na^+ ไอออนจะเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนดังนี้



สำหรับ cation exchange resin นั้น เนื่องจาก สัมพรรคภาพ (Affinity) ต่อไอออนบวกเพิ่มขึ้น เมื่อวาเลนซ์ของไอออนเพิ่มขึ้น เพียงแต่ให้สารละลายที่มีไอออนวาเลนซ์ต่าง ๆ ผสมกันอยู่ไหลผ่านคอลัมน์ (column) ของ cation exchange resin ก็ จะเกิดการแยกกันโดยไอออนต่างวาเลนซ์ จะไปเกาะอยู่ตามตำแหน่งที่แตกต่างกัน ส่วนแร่เอิร์ททั้ง 16 ตัวนั้นเนื่องจากสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกัน มีวาเลนซ์เหมือนกัน จึงไม่อาจแยกจากกันได้ง่าย ๆ และมีความจำเป็นต้องใช้สารประกอบประเภท complexing agent ช่วยโดย complexing agent จะทำปฏิกิริยากับแร่เอิร์ทได้ rare earth metal complex ซึ่งมีเสถียรภาพ (stability) ต่างกัน สัมพรรคภาพต่อเรซินก็แตกต่างกันด้วย

ในการแยกแอร์เจอร์ที่ปริมาณน้อย complexing agent ที่นิยมใช้มี 1M. lactate ที่ pH 3.25, 0.25M. glycolate ที่ pH 3.5, 0.25M. citrate ที่ pH 3.0, 0.5M. malate pH 3.25 และ 0.3M. α-hydroxy isobutyrate ที่ pH 4.6 ส่วนการแยกแอร์เจอร์ที่ปริมาณนั้น นิยมใช้พวก polyamino polycarboxylate เช่น N(2-hydroxy ethyl) ethylenediamine-N,N,N'-triacetic acid (HEDTA), nitrolotriactic acid (NTA), 1:2 diaminocyclohexane N,N,N',N'-tetraacetic acid (DETA) และ ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) โดยที่สารประกอบเหล่านี้ รวมตัวกับแอร์เจอร์ในอัตราส่วน 1:1 (1:1 Chelate Species)

ประสิทธิภาพในการแยกธาตุ โดยเรขาคณิตได้จากค่า separation factor ซึ่งก็คือ อัตราส่วนระหว่างค่า distribution coefficient ของไอออน A ต่อ distribution coefficient ของไอออน B ซึ่งต้องการจะแยกออกจากกัน นั่นก็คือ separation factor $\alpha = \frac{K_{dA}}{K_{dB}}$ เมื่อ K_{dA} และ K_{dB} คือ distribution coefficient ของไอออน A และไอออน B ตามลำดับ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์นี้ขึ้นอยู่กับสัมพรรคภาพเรขาคณิตของไอออนซึ่งได้จากอัตราส่วนความเข้มข้นของไอออนในเรซิน ต่อความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย นั่นคือ

$$K_d = \frac{A_r / \text{มวลของเรซิน}}{A_s / \text{ปริมาตรของสารละลาย}}$$

เมื่อ A_r และ A_s เป็นมวลของไอออน A ใน

เรซิน และในสารละลายตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่า stability constant และค่า separation factor ของแอร์เจอร์ 2 ตัว ที่อยู่ติดกัน เมื่อใช้ EDTA¹ DETA² NTA³ และ HEDTA⁴

¹ G. Schwarzenbach, R. Gut and G. Andery; Helv. Chem. Acta 37, 397 (1954)

² R.H. Karraker; Doctoral Dissertation. Iowa State University, Ames Iowa (1962)

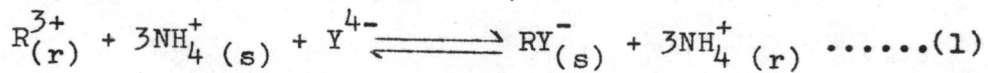
³ S.C. Levy and J.E. Powell; US.AEC Report IS-421 (1961)

⁴ T. Moeller and R. Ferrus; J. Inorg. Chem. 20, 261 (1961)

NTA และ HEDTA เหมาะที่จะใช้แยกแรร์เอิร์ทกลุ่มเบาเท่านั้น ในขณะที่ EDTA และ DCTA แยกแรร์เอิร์ทกลุ่มเบาและกลุ่มหนักได้ดีพอ ๆ กัน ข้อดีอีกประการหนึ่งของ EDTA คือราคาถูก จึงเป็นที่นิยมใช้ในการแยกแรร์เอิร์ทปริมาณมาก

2.2 จลนะ (kinetics) ของปฏิกิริยาเคมี ในการแยกแรร์เอิร์ท โดยการชะล้าง จากคอลัมน์คาวสารละลาย EDTA

การแยกแรร์เอิร์ทโดย Ion exchange chromatography นั้น อาจแบ่งขั้นตอนได้เป็นสองขั้นคือ ขั้นแรกเป็นขั้นของการดูดซับ (adsorption) เกิดขึ้นเมื่อให้สารละลายผสมของแรร์เอิร์ท ในกรดเจือจางไหลผ่าน cation exchange column อีออนของแรร์เอิร์ทจะไปอยู่ที่อีออนบวกของเรซิน แล้วถูกดูดซับไว้ในคอลัมน์ ส่วนขั้นที่สองนั้น เป็นขั้นชะล้าง (elution) เกิดขึ้นเมื่อให้สารละลายชะล้าง ซึ่งในที่นี้คือ สารละลาย EDTA ในน้ำไหลผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอีออนบวกของแรร์เอิร์ท เมื่อ EDTA สัมผัสกับแรร์เอิร์ทจะเกิดปฏิกิริยาให้ rare-earth-EDTA complex ซึ่งจะหลุดจากการเกาะกุมกับเรซิน โดยมี NH₄⁺ เข้าไปแทนที่ ดังปฏิกิริยา

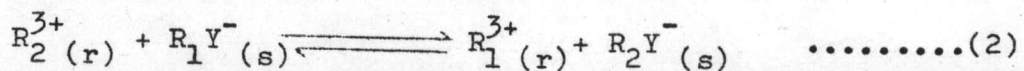


เมื่อ r คือ อัศภาคของเรซิน (resin phase)

s คือ อัศภาคของสารละลาย (solution phase)

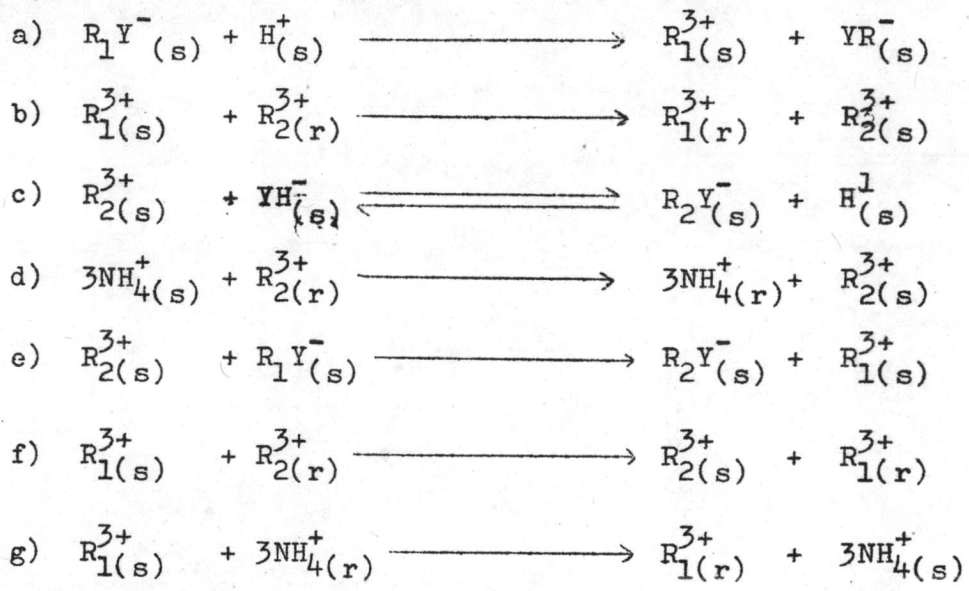
Y⁻ คือ EDTA

ปฏิกิริยานี้ ค่า equilibrium constant จะเพิ่มขึ้น เมื่อ pH ของสารละลายชะล้างสูงขึ้น เมื่อ rare earth-EDTA complex ที่เกิดมาสัมผัสกับแรร์เอิร์ทที่ตำแหน่งถัดไป ในคอลัมน์จะเกิด dynamic equilibrium ระหว่างเรซินและสารละลาย โดยมีการแลกเปลี่ยน และเกิดการประกอบเป็นสารเชิงซ้อนที่เสถียรกว่า สารเชิงซ้อนของแรร์เอิร์ทที่เสถียรกว่าจะอยู่ในอัศภาคของสารละลาย (solution phase) ส่วนสารเชิงซ้อนที่เสถียรน้อยกว่าจะอยู่ในอัศภาคของเรซิน (resin phase) ดังปฏิกิริยา

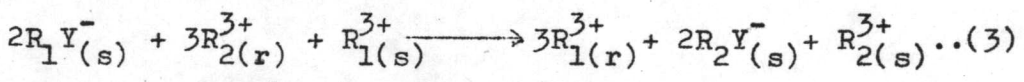


stability constant ของ RE-EDTA complex จะเพิ่มขึ้น เมื่ออะตอมมิกนัมเบอร์เพิ่มขึ้น ดังนั้นธาตุแรร่เอิร์ทกลุ่มเบาจะถูกสะสมอยู่ในช่วงหลังของคอลัมน์ โดยมีแรร่เอิร์ทกลุ่มหนักอยู่ช่วงหน้า เมื่อการแยกแรร่เอิร์ทสมบูรณ์แล้วธาตุต่าง ๆ จะออกมาจากคอลัมน์ตามลำดับอะตอมมิกนัมเบอร์จากสูงไปต่ำ

Bhat⁵ ได้ศึกษาจลนะ (kinetics) ของปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนที่เกิดขึ้นในคอลัมน์ พบว่า อัตราความเร็วของปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่าง rare earth-EDTA complex กับ rare earth ในเรซินจะเพิ่มขึ้น เมื่อ pH ของสารละลายขณะอยู่ในสมมูลลดลง และโคแฉกแรงปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนที่เกิดขึ้นเป็นชั้น ๆ ดังนี้



ปฏิกิริยารวม (Total Reaction)

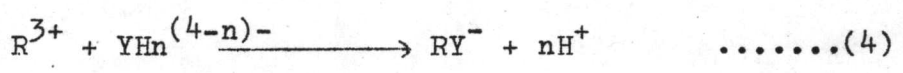


ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การแยกแรร่เอิร์ทด้วยวิธี ion-exchange โดยมี EDTA เป็นตัวชะลานั้น อัตราความเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA pH ของสารละลาย EDTA และ pH ของสารละลายขณะอยู่ในสมมูล

⁵T.R. Bhat; Ph.D. Thesis, Banaras Hindu University (1963)

เนื่องจากความสามารถในการละลาย (solubility) ของ rare earth-EDTA complex คำคือ จะผันแปรระหว่าง 0.015M ถึง 0.05M ขึ้นอยู่กับธาตุ และ pH ของสารละลาย ดังนั้น สารละลาย EDTA ที่ใช้จึงมีความเข้มข้นสูงไม่ไต่ พบว่า ถ้าสารละลาย EDTA มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.02M แล้ว แร่เอิร์ทกลุ่มเบา (La Ce Pr Nd) จะตกตะกอนในคอลัมน์ ทำให้การแยกดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว

ในขณะที่ EDTA ทำปฏิกิริยากับไอออนของธาตุแร่เอิร์ทในคอลัมน์ ค่า pH ในสารละลายที่สมดุลจะลดลง เนื่องมาจากการปล่อย H⁺ (proton) ไอออนออกมาดังปฏิกิริยา



เช่นหากชะล้าง โดยใช้สารละลาย EDTA ที่มี pH ประมาณ 8 ค่า pH ของสารละลายที่สมดุลจะลดลง มีค่าระหว่าง 2.8-3.2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธาตุ และ pH จะเพิ่มขึ้นตามลำดับจาก Lu ถึง La ถ้า pH ของสารละลายชะล้างต่ำกว่า 8 แล้ว ประสิทธิภาพในการเกิด complex จะลดลง กล่าวคือ การไล่ที่แร่เอิร์ทต่อจำนวนโมล (mole) ของ EDTA ที่อัตรากของเรซิน (resin phase) จะลดลง การเกิด complex จะมีค่าสูงสุดที่ pH ประมาณ 9 โดยที่ EDTA จะแตกตัวอย่างสมบูรณ์ แต่ในกรณีนี้ pH ของสารละลายที่สมดุลจะสูงถึง 5 คือไม่มีการปล่อย H⁺ ไอออนในปฏิกิริยาสมการ (4) ทำให้ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนในชั้นต่อ ๆ ไปดำเนินไปช้า ดังนั้น ในการแยกแร่เอิร์ท ค่า pH ของสารละลายชะล้างที่เหมาะสม จึงควรจะอยู่ในช่วง 8.3-8.6⁶ ในช่วงนี้ประสิทธิภาพของการเกิด complex มีค่ามากกว่า 90 % ของค่าสูงสุด และ pH ของสารละลายที่สมดุลก็ต่ำพอสมควรคือ อยู่ระหว่าง 2.5-3.2 อันเป็นช่วงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนเกิดได้ดี

⁶T.R. Bhat, T.V. Rao, G.M. Phatak. Pilot Plant Studies on The Separation of Rare Earths by Ion-Exchange. Atomic Energy Establishment Tromby Bombay, India 1964. p.p.10

สำหรับพวกแรร์เอิร์ทชนิดหนักนั้น เนื่องจากมีค่า complexing stability constant สูง ดังนั้น สารละลายชะล้างอาจมี pH ต่ำลงคืออยู่ในช่วง 7.8-8.0 ได้

เนื่องจาก EDTA ไม่ละลายน้ำ ดังนั้น เรซินที่ใช้จะอยู่ในรูป H^+ ไม่ได้ มิฉะนั้นจะเกิดการตกตะกอนของ EDTA ในคอลัมน์ การแยกแรร์เอิร์ทจึงจำเป็นต้องเลือก retaining ion ที่ไม่ใช่ H^+ ในการพิจารณาว่า อีออนบวกใด สามารถใช้เป็น retaining bed ในการแยกสารผสมอันหนึ่งนั้น จะต้องพิจารณาถึง

ก. Stability constant ของสารเชิงซ้อนระหว่างอีออนบวกนั้นกับ complexing agent

ข. Ion exchange equilibrium constant ของ Uncomplex cations

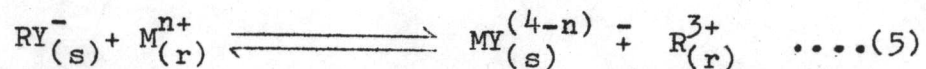
T.R. Bhat⁷ ได้ทำการทดลองชะล้างไอวาเลนซ์ (divalence) และ ไตรวาเลนซ์ (trivalence) อีออน จาก cation resin column ภาย 0.015M. EDTA pH 8.3 พบว่าธาตุเหล่านี้ได้ออกมาตามลำดับก่อนหลังดังนี้ Fe^{3+} Cu^{2+} Ni^{2+} Th^{4+} Pb^{2+} Lu^{3+} Yb^{3+} Zn^{2+} Tm^{3+} Co^{2+} Er^{3+} Cd^{2+} Ho^{3+} Dy^{3+} Y^{3+} Tb^{3+} Gd^{3+} Sm^{3+} Fe^{2+} UO_2^{2+} Nd^{3+} Pr^{3+} Mn^{2+} Ce^{3+} La^{3+} Ca^{2+} Mg^{2+} Sr^{2+} และ Ba^{2+} จากลำดับ cation ต่าง ๆ ข้างบนนี้ สรุปได้ว่า Cu^{2+} Ni^{2+} Pb^{2+} และ Fe^{3+} สามารถใช้เป็น retaining bed ในการแยกแรร์เอิร์ทได้หมดทั้งกลุ่ม ส่วน Zn^{2+} และ Co^{2+} สามารถใช้แยกได้ แต่เฉพาะแรร์เอิร์ทชนิดเบา

อีออนที่สามารถใช้เป็น retaining bed ions ในการแยกแรร์เอิร์ทนั้นต่างมีข้อเสียคือ Co^{2+} และ Ni^{2+} ราคาแพงมาก Fe^{3+} นั้นอาจเกิดปฏิกิริยา photochemical reduction ขึ้นในคอลัมน์ ทำให้เกิด Fe^{2+}

⁷ Ibid p.p. 7

ซึ่งจะทำให้เกิดตกตะกอนในคอลัมน์ Zn^{2+} สามารถใช้แยกได้เฉพาะแต่แร่
 เอิรท์ที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์ต่ำกว่า 64 และ Pb^{2+} นั้น ไม่นิยมใช้เนื่องจากเป็นพิษ
 ดังนั้น จะเห็นได้ว่า Cu^{2+} นั้นเหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็น retaining bed ในการ
 แยกแร่เอิรท์ให้ได้มีความบริสุทธิ์สูง ๆ เมื่อใช้ EDTA เป็นตัวชะล้าง

ปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่าง RE-EDTA-complex กับ retaining ion
 เป็นไปดังสมการ(5)



ปฏิกิริยานี้ถ้าค่า equilibrium constant สูง แถบของแร่เอิรท์จะคมชัด อัตรา-
 ความเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เมื่อ pH ของสารละลายลดลง และเมื่ออิออน NH_4^+
 เพิ่มขึ้น

2.3 เทคนิคทั่วไปเกี่ยวกับการแยกโดยวิธีอิออน-เอกซ์เชนจ์ (Technique of Simple Ion-exchange Separation)

องค์ประกอบสำคัญที่ต้องการพิจารณาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกธาตุ
 โดยวิธี ion-exchange มีดังนี้

2.3.1 เรซิน (Resin)

คุณสมบัติของเรซินขึ้นอยู่กับชนิด, crosslinking และขนาด
 อาจแบ่งเรซินออกได้ 2 ชนิดคือ cation exchange resin สำหรับแยกอิออน
 บวก และ anion-exchange resin สำหรับแยกอิออนลบ cation resin
 ที่นิยมใช้จะเป็นแบบ sulfonic acid type ซึ่งใช้ได้กว้างกว่าแบบ phenolic
 type กล่าวคือ มีความคงทนต่อสารละลายที่เป็นกรด ค้าง และสารละลายพวก
 oxidizing agent สามารถใช้ที่อุณหภูมิสูงได้ถึง $100^{\circ}C$. โดยเฉพาะเรซิน
 แบบ sulfonic acid สามารถทนต่อรังสีเบตา (β) และแกมมา (γ) ได้
 พอสมควรดีกว่าพวก anion resin เรซินสามารถใช้ได้นานเป็นปี ๆ โดยไม่
 เสีย ซึ่งอาจจะทดสอบประสิทธิภาพของเรซินได้จากกราฟวัดหาความจุ (capacity)

และการพองตัว (swelling) ของเรซิน เรซินแบบ phenolic type มีสีดำ และมีขนาดไม่คอยสม่ำเสมอ ส่วนเรซินแบบ sulfonic มีลักษณะเป็นรูปทรงกลม บางชนิดมีสีเข้ม (amberite) บางชนิดมีสีเหลืองอ่อน ๆ (Dowex 50 w) การที่เรซินมีสีอ่อน มีข้อดีคือ ในการแยกไอออนที่มีสีจะมองเห็นแถบสีในคอลัมน์ได้ชัด

sulfonated polystyrene resin ที่ใช้ในปัจจุบันมีคี่กรีของ crosslinking ต่าง ๆ กันที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในการวิเคราะห์ทางเคมีคือ ชนิดที่มีคี่กรีของ crosslinking ขนาดปานกลางคือ ขนาด (X8) ซึ่งหมายถึงมี divinyl benzene 8 % ในกรณีที่ใช้เรซินที่มี crosslinking สูงมาก ขนาด (X16) นั้น จะทำให้ selectivity สูงขึ้น แต่อัตราการแพร่กระจาย (diffusion rate) ภายในเรซินจะต่ำลง ส่วนเรซินที่มี crosslinking ต่ำ (1-4 % divinyl benzene) นั้น สภาวะสมดุลจะเกิดเร็วขึ้น เรซินชนิดนี้เหมาะสำหรับจับไอออนขนาดใหญ่

Ketelle และ Boyd (1947) ได้ศึกษาผลของขนาดเรซินที่มีต่อกราฟ การชะล้าง (elution curve) พบว่า ลักษณะของกราฟการชะล้างที่ใช้เรซินขนาดเล็กนั้นแคบ และไม่มี tailing effect โดยทั่วไปขนาดของเรซินไม่ควรใหญ่กว่า 0.5 มม. และไม่ควรเล็กกว่า 0.04 มม. หากเรซินมีขนาดเล็กเกินไป สารละลายจะไหลผ่านคอลัมน์ได้ช้า

2.3.2 สารละลายชะล้าง (Eluant)

สารละลายที่ใช้เป็นตัวชะล้าง มีความสำคัญต่อการแยกธาตุด้วยวิธี ion-exchange เช่นเดียวกับการเลือกเรซิน สารละลายชะล้างที่เหมาะสมจะช่วยให้ค่า separation factor ทำให้การแยกมีประสิทธิภาพ และรวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแยกแอร์ไธท์ทั้ง 16 ตัว ซึ่งมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกัน Nervick (1955) ได้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลง pH ของตัวชะล้าง โดยทำการแยกแอร์ไธท์ผสม โดยใช้สารละลายซีเตรท เป็นตัวชะล้าง และเพิ่ม pH ไล่สูงขึ้น 0.017 หน่วยต่อชั่วโมง พบว่า การแยกแอร์ไธท์จาก Lu ถึง La ใช้เวลาเพียง 8 ชั่วโมง ในขณะที่ถ้าไม่เพิ่ม pH (pH คงที่ 3.19) จะต้องใช้เวลามากกว่า 100 ชั่วโมง

ในการแยกสารกัมมันตภาพรังสี โดยวิธี ion-exchange จะต้องคำนึงถึงรังสีที่จะทำลาย และเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารละลายที่เป็นตัวชะล้าง จากการศึกษาของ Blanco, Higgins และ Kibby (1953) โดยการเอาสารละลาย EDTA และ acetate อาบรังสีแกมมา ขนาด 5,400 และ 14,000 เรินทเกนต่ออนาที โดยใช้ Co-60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา พบว่า EDTA ถูกทำลายไปในอัตรา 0.6 มิลลิโมลต่อวัตต์-ชั่วโมง ของพลังงานที่รับไว้ต่อ 1 กรัมของสารละลาย (เท่ากับ G-value ประมาณ 1.7) เกิดสารพวกไนไตรท์ และสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และ pH จะสูงขึ้น

G-value คือ จำนวนโมเลกุลที่เกิดขึ้นหรือถูกทำลายไป ต่อพลังงานดูดซับ (absorb) 100 eV.

2.3.3 อัตราการไหลของสารละลาย (Flow rate)

อัตราการไหล คือ อัตราความเร็วที่สารละลายผ่านเรซินออกมาจากคอลัมน์ มีหน่วยเป็น $\text{ml. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ อัตราการไหลขึ้นอยู่กับความสูง ของเรซินในคอลัมน์, ความหนืด และความสูงของสารละลายในคอลัมน์ และที่สำคัญที่สุดคือขนาดของอนุภาคของเรซิน ในการเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายให้สูง โดยใช้เรซินที่มีขนาดใหญ่ จะทำให้ break through capacity ต่ำ และต้องใช้เรซินจำนวนมากกว่าปกติ ในขั้นของการดูดซับไอออน และจำทำให้กราฟการชะล้าง (elution curve) มีรูปร่าง ทำให้เกิดการซ้อนกันระหว่างไอออนที่ต้องการแยก และทำให้เกิด tailing edge โดยปกติมักจะใช้อัตราการไหลที่ต่ำ เช่น ขนาด 3-10 $\text{ml. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

2.3.4 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกโดยวิธี ion-exchange เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การแยกมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ การแยกด้วยวิธี ion-exchange ที่อุณหภูมิสูงจะช่วยเพิ่มอัตราการแพร่กระจาย (rate of diffusion) ของสาร

ละลาย และช่วยทำให้สารละลาย ถึงสภาวะสมดุลเร็วขึ้นด้วย นอกจากนี้ชั้นคอน-
 ตาง ๆ เช่น การดูดซับอิมมูโน, การล้าง และการ regenerate ก็ทำได้ง่าย และ
 รวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิห้อง Berg และ Senn. Jr.⁸ รายงานว่า อุณหภูมิมีผล
 ต่อกราฟของการชะล้าง (elution curve) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูง ความต้าน
 ทานของการไหลจะลดลง ทำให้กราฟของการชะล้างแคบ และคมชัด ผลที่ตามมาคือ
 ทำให้ใช้สารละลายชะล้างน้อยลง ในทางปฏิบัตินิยมให้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิคงที่ ไหลวน
 (circulate) คอลัมน์

2.3.5 ขนาดของคอลัมน์ (Column Dimension)

ขนาดของคอลัมน์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารและชนิดของธาตุที่ต้องการ
 แยก เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 คอลัมน์ ซึ่งมีปริมาตรเรซินเท่ากัน คอลัมน์ยาว
 จะสามารถแยกธาตุออกจากกันได้ดีกว่าคอลัมน์ที่สั้น คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์
 ทั่ว ๆ ไป มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในระหว่าง 8 ถึง 15 มม. หรือมีสูตรทั่วไป
 คือ คอลัมน์ที่ใช้จะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 20 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของ
 เรซินที่ใช้ทดลอง โดยทั่วไปขนาดของคอลัมน์ที่ใช้จะมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่า-
 ศูนย์กลาง ในช่วงระหว่าง 10:1 ถึง 100:1 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของการทดลอง
 สำหรับคอลัมน์ที่ยาวและเล็กมาก ๆ จะเกิดปัญหาเรื่อง channelling และ
 wall effect

⁸ E.W. Berg, and W.L. Senn Jr. Anal. Chem., 27, 1255 (1955)