



บทที่ 2

บททวนเอกสาร

2.1 ความเป็นมาของการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

มนุษย์เรารู้จักวิธีการทำให้น้ำใสสะอาดกว่าสภาพธรรมชาติมาตั้งแต่ครั้งอดีตกาลแล้ว จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ เช่น ในพระคัมภีร์ไบเบิลได้บรรยายถึงต้นไม้อันสามารถเปลี่ยนน้ำที่มีรสขมให้กลายเป็นหวานได้ แต่มิได้บอกชื่อของต้นไม้นั้นไว้ คาดว่ากระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยกรรมวิธีต่าง ๆ เริ่มต้นมาจากมนุษย์ที่อาศัยอยู่ตามริมฝั่งแม่น้ำ เช่น ในทวีปอาฟริกา มีแม่น้ำไนล์ ซึ่งเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่หล่อเลี้ยงมนุษย์และสัตว์โลกอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่รอบบริเวณนั้น ชาวมุสลิมที่อาศัยอยู่ริมฝั่งแม่น้ำพอใจที่จะใช้น้ำจากแม่น้ำไนล์ในการอุปโภค บริโภค หรือนำมาประกอบพิธีกรรมทางศาสนา มากกว่าน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติอื่น ๆ เพราะมีความเชื่อว่าแม่น้ำไนล์เป็นแม่น้ำที่ไหลมาจากสวรรค์ แต่ในช่วงฤดูฝนน้ำในแม่น้ำมักจะมีความขุ่นสูง มีสีและรสชาติไม่ชวนดื่ม ชาวบ้านก็จะใช้น้ำจากแม่น้ำน้อยลงเพราะตระหนักดีว่า น้ำสกปรกย่อมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วย ด้วยความจำเป็นในการอุปโภค บริโภค จึงแสวงหาน้ำจากแหล่งอื่น ๆ มาทดแทน แต่ในบางพื้นที่ก็ไม่สามารถหาน้ำจากแหล่งอื่นได้ และในบางพื้นที่ก็ไม่นิยมใช้น้ำจากแหล่งน้ำอันมาประกอบพิธีกรรมทางศาสนาซึ่งต้องการน้ำที่สะอาด ด้วยเหตุนี้มนุษย์จึงเกิดแรงจูงใจในการคิดค้นหาวิธีต่าง ๆ ที่จะปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น โดยเริ่มจากวิธีการง่าย ๆ จนพัฒนามาเป็นระบบประปาในปัจจุบัน

2.2 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระดับพื้นบ้าน

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระดับพื้นบ้านมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น กระบวนการกรอง การเก็บกักให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติหรือกระบวนการโคแอกกูเลชันอย่างง่าย ๆ แต่โดยทั่วไปแล้ว จะมีเป้าหมายหลักเพียงเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือทำให้น้ำตกตะกอนจนดูใสขึ้นเท่านั้น ซึ่งกรรมวิธีต่าง ๆ ย่อมผิดแผกกันไปตามสภาพพื้นที่และวัฒนธรรมความเป็นอยู่ของประชาชน รูปแบบต่าง ๆ ของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระดับพื้นบ้าน มีดังนี้

2.2.1 การเก็บกักให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ

ชนพื้นเมืองในทวีปแอฟริกาแถบประเทศ ไนจีเรีย และซูดาน จะเก็บกักน้ำที่ได้จากแม่น้ำไนเจอร์ในช่วงฤดูฝน ซึ่งมักจะมี ความขุ่นสูงมากจนเกือบจะเป็นน้ำโคลน ไว้ในหม้อดิน ขนาดความจุประมาณ 50 ลิตร โดยบรรจุน้ำลงไปจนเต็มหม้อและปิดปากหม้อด้วยดินเหนียวสด ๆ แล้วนำไปฝังไว้ในดินนานถึง 5 เดือน จึงจะนำน้ำดังกล่าวมาใช้ ซึ่งน้ำดังกล่าวจะตกตะกอนเองตามธรรมชาติและใสจนสามารถนำมาใช้ดื่มกินได้ (Egbuniwe, 1978)

2.2.2 กระบวนการกรอง

ชนพื้นเมืองทั่วไปรู้จักกระบวนการกรองอย่างง่าย ๆ โดยมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น ชนพื้นเมืองแถบแอฟริกาในประเทศมาลี จะกรองน้ำผ่านตะแกรงลวดเพื่อกรองเอาใบไม้ กิ่งไม้ หรือโคลนออกจากน้ำนั้น ในประเทศซูดานจะกรองน้ำผ่านผ้าเช่นเดียวกับชนพื้นเมืองในประเทศอินเดียที่รู้จักการกรองน้ำผ่านผ้า ซึ่งมักจะใช้ผ้าลินิน โดยจะทำการกรองซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนได้น้ำใสเป็นที่น่าพอใจ

นอกจากนี้ทางตอนใต้ของรัฐ Kerala ในประเทศอินเดียจะกรองน้ำผ่าน ภาชนะดินเผาที่มีความพรุน หรือมีช่องเปิดให้น้ำสามารถไหลผ่านได้อย่างช้า ๆ คล้ายการกรองซ้ำ โดยจะนำต้นพืชชนิดหนึ่งที่เรียกว่า "Malayalam" หรือชื่อภาษาไทยว่า "หญ้าแฝกหอม" (*Vetiveria zizanoides*) รองที่ก้นภาชนะ น้ำที่กรองผ่านภาชนะดินเผา นี้ นอกจากจะใสขึ้นแล้วยังมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ซึ่งเป็นกลิ่นของหญ้าชนิดนี้ด้วย

ชาวเกาะบาหลีในประเทศอินโดนีเซีย จะทำการกรองน้ำที่ได้จากคลองชลประทาน โดยใช้หินชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะพรุนที่เรียกว่า Cades โดยสร้างเป็นบ่อเล็ก ๆ (ดูรูปที่ 2-1) ทำการดักน้ำจากคลองชลประทานเข้ามาแล้วให้น้ำไหลผ่านหินชนิดนี้ โดยบ่อดังกล่าวจะสร้างเป็นรูปทรงกลม กว้างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูงประมาณ 60 เซนติเมตร กรูรอบ ๆ บ่อด้วยหินชนิดดังกล่าวหนาประมาณ 10-12 เซนติเมตร น้ำซึ่งซึมผ่านชั้นหินเข้ามาในบ่อจะมีความใสจนสามารถนำไปใช้ดื่มกินได้ บ่อน้ำชนิดนี้เรียกกันว่า "Jempeng Stone Filter" (Jahn, 1981)

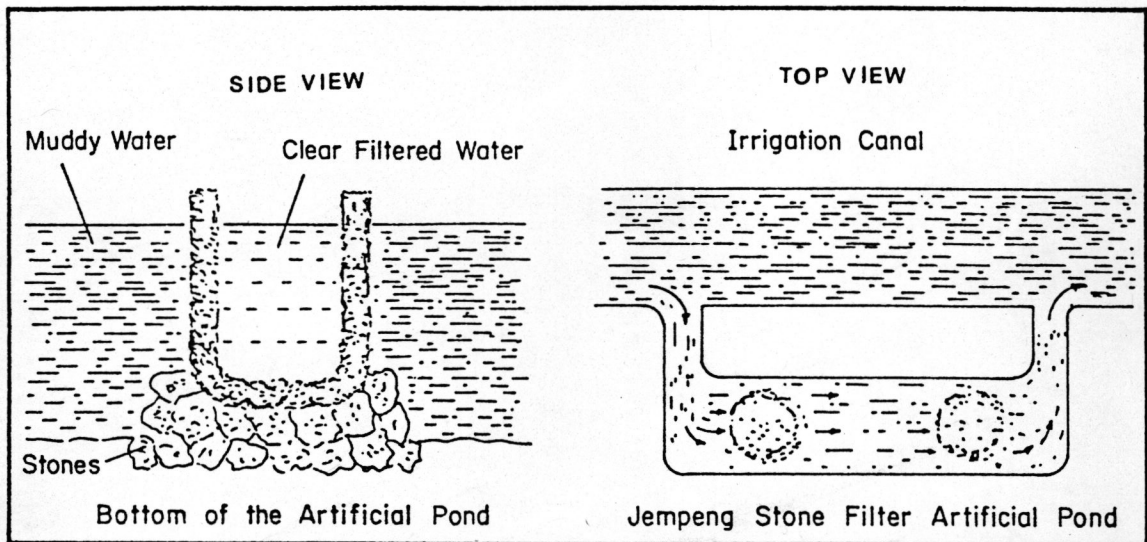


Fig. 1 : Jempeng Stone Filter

รูปที่ 2-1 บ่อกรองน้ำ "Jempeng Stone Filter" ในบาห์ลี อินโดนีเซีย (Jahn, 1981)

2.2.3 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

กระบวนการโคแอกกูเลชันแบบพื้นบ้านมีหลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละแบบก็จะใช้โคแอกกูแลนต์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติชนิดต่าง ๆ โดยมีวิธีการนำมาใช้ไม่เหมือนกัน อาทิเช่น ชาวประมงในประเทศเคนยา ใช้น้ำเมือกจากตัวปลาที่จับขึ้นมาใหม่ ๆ ซึ่งเรียกกันว่า "Lenda" เป็นโคแอกกูแลนต์ในการตกตะกอนพวกน้ำโคลน โดยการรีดน้ำเมือกดังกล่าวจากลำตัวปลา นำมาผสมลงในน้ำ และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเอง และนอกจากนี้ยังใช้อย่างมะละกอเป็นโคแอกกูแลนต์ โดยการใช้หนามแหลมกรีดที่ผิวของผลมะละกอดิบ แล้วนำผลมะละกอนี้ไปแกว่งในน้ำที่ต้องการตกตะกอน ซึ่งน้ำใสที่ได้จะนำไปใช้ในการอาบ และชำระล้าง

ชาวไนจีเรีย จะใช้กระดูกส่วนขาของสัตว์จำพวกแพะหรือแกะที่นำมาอย่างเป็นอาหารแล้ว นำมาควนผสมในน้ำดิบที่มีความขุ่นสูงๆ ซึ่งก็จะสามารถทำให้น้ำใสขึ้นได้ แต่น้ำใสที่ได้จะมีกลิ่นของสัตว์ปนอยู่ จึงนำมาใช้ในการปรุงอาหาร หรือชำระล้างทั่วไปเท่านั้น เช่นเดียวกับชาวอัฟริกันบางเผ่าที่ใช้ก้างปลาที่เหลือจากการรับประทานมาเป็นโคแอกกูแลนต์ โดยมีวิธีการใช้เหมือนกับกระดูกสัตว์ดังกล่าว (Jahn, 1981)

ในประเทศไทยเองเมื่อ 30 ปีก่อน (ในราว พ.ศ.2500) แถบภาคอีสานตอนล่างคือจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ เป็นจังหวัดที่แห้งแล้งและขาดแคลนน้ำมาก ชาวบ้านต้องอาศัยน้ำที่ขังอยู่ตามแอ่งดิน ซึ่งบางแห่งก็เป็นที่ตั้งถิ่นของสัตว์ เช่น น้ำจากปลักวัว ปลักควายมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ชาวบ้านแถบนั้นรู้จักวิธีการทำให้น้ำใสโดยการใช้โคแอกกูแลนต์จากดินวิธีการนี้ทำกันอย่างแพร่หลายในชนบทซึ่งขณะนั้นยังไม่มีการทำน้ำประปาเรียกกันว่า"การต้ำน้ำกิน" โดยนำดินชนิดหนึ่ง ซึ่งพบมากบริเวณทุ่งนามาตำให้ละเอียด แล้วเตรียมน้ำที่ได้จากแอ่งดินดังกล่าวมากรองผ่านผ้า เพื่อแยกเอาเศษวัสดุขนาดใหญ่ เช่น ใบไม้แห้ง เศษไม้ หรือเศษขยะออกเสียก่อน จากนั้นจึงนำดินที่ตำแล้วควนผสมลงไปให้ทั่วถึง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน น้ำที่ได้เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะใสมากและมีรสชาติค่อนข้างหวานสามารถใช้ดื่มได้ (ข้อมูลจากสำนักงานปฏิรูปที่ดิน จังหวัดบุรีรัมย์)

2.2.4 กระบวนการฆ่าเชื้อโรคและปรุงแต่งคุณภาพน้ำ

ชาวอินเดียเชื่อว่า การเผาหินแกรนิตหรือหินบะซอลต์ให้ร้อนแดงแล้วจุ่มลงไปในน้ำจะช่วยฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ แต่โดยทั่วไป การต้มน้ำให้เดือดเป็นวิธีการฆ่าเชื้อโรคที่ง่ายและแพร่หลายที่สุด ซึ่งบางที่จะมีการเติมพืชบางชนิดลงไปในขณะที่ต้ม เช่น รากของหญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanoides*) หรือเมล็ดยี่ห่วย (*Cuminum cyminum*) เพื่อช่วยให้น้ำที่ต้มแล้วมีกลิ่นหอมและรสชาติดีขึ้น (Jahn, 1981)

ชาวเผ่าอะบอริจินส์ ในออสเตรเลียจะนำก้อนซุง หรือต้นไม้ที่มีโพรงอยู่ตรงกลาง มาฉาบด้วยดินเหนียวชนิดหนึ่งก่อนนำไปใช้บรรจุน้ำ และเก็บไว้นานถึง 9 เดือนหรือมากกว่า โดยเชื่อว่าน้ำที่ได้จะเป็นน้ำที่สะอาดบริสุทธิ์มาก เนื่องจากดินเหนียวดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อโรค เช่นเดียวกับชาวไมรอดโค ที่ใช้น้ำยางซึ่งกลิ่นได้จากต้นสน (*Juniperus oxycedrus*) หยดลงไปในน้ำดื่มประมาณ 2 หยด ต่อน้ำ 1 ลิตร โดยเชื่อว่าน้ำยางจากต้นสนมีคุณสมบัติช่วยฆ่าเชื้อโรคได้ (Nauroy, 1954) และในปากีสถานจะนำก้อนกำมะถันใส่ลงไปในก้นภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำ โดยเชื่อว่าหากบริโภคน้ำที่มีกำมะถันเจือปนอยู่จะทำให้มีสุขภาพแข็งแรง และป้องกันโรคภัยไข้เจ็บได้ ซึ่งวิธีการนี้พบในอีกหลายประเทศ เช่น บราซิล และมอริเชียส (Jahn, 1976)

ในด้านการศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติของน้ำนั้นพบว่าชาวไนจีเรียใช้ใบและลำต้นตะไคร้ (Cymbopogon nervatus) หรือรากของหญ้าแฝกหอมส่วนชาวอินโดนีเซียนิยมใช้ใบชา และในอินเดียจะใช้กิ่งของต้นมะขามป้อม (Phyllanthus emblica) แช่ลงไปใต้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว โดยทิ้งไว้นานตั้งแต่ 1 ถึง 24 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้น้ำที่ได้มีกลิ่นและรสชาติที่ชวนดื่มยิ่งขึ้น (Jahn, 1981)

2.3 ทัศนคติของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบพื้นบ้าน

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรสิ่งแวดล้อมในหลายประเทศ ได้ให้ความสนใจต่อกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบพื้นบ้านมากขึ้น โดยมีการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงวิธีการต่าง ๆ ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวจากทุก ๆ แห่งในโลก และยังมีการนำมาทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อเพิ่มความเข้าใจ และศึกษาถึงผลดี ผลเสีย ของมัน เพื่อหาข้อสรุปที่แน่นอนว่า วิธีการใด ควรที่จะยกเลิกห้ามมิใช้ และวิธีการใดควรจะสนับสนุนให้มีการเผยแพร่ หรือปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป ซึ่งการทดลองดังกล่าวยังมีการทำกันอยู่อย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากบทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ ออกมาอย่างแพร่หลาย

อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการเก่า ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระดับพื้นบ้านดังนี้

2.3.1 การเก็บกักให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ

การเก็บกักน้ำให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด และประหยัด ที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การเก็บกักน้ำในภาชนะที่ปิดสนิทเป็นเวลานานพอสมควร นอกจากจะทำให้ น้ำตกตะกอนแล้วยังทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำตายได้โดยกระบวนการทำความสะอาดตัวเอง (Self-purification) ของน้ำนั้น (Pickford, 1978)

กระทรวงพัฒนาแหล่งน้ำ แร่ธาตุ และการพลังงาน (Ministry of water Development, Energy and Minerals) ของประเทศแทนซาเนีย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการตายของจุลินทรีย์ในน้ำ ที่ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ ในภาชนะที่ปิดสนิท โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำที่มีความขุ่นสูงมาก ๆ จนเกือบจะเป็นน้ำโคลน กับน้ำที่ค่อนข้างใสซึ่งเก็บมาจากบึงธรรมชาติ โดยใช้แบคทีเรีย Faecal coliforms และ Faecal Streptococci เป็นดัชนีที่แสดงภาวะการปนเปื้อน ดังในตารางที่ 2-1 โดยในการทดลอง จะเก็บส่วนน้ำใสมาวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียที่เหลืออยู่ จากตารางที่ 2-1 สรุปได้ว่า

แบคทีเรียมากกว่า 90% จะตายหลังจากทิ้งให้ตกตะกอน 2 วันขึ้นไป และแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำซึ่งมีความขุ่นสูง จะมีอัตราการตายสูงกว่าแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำที่ค่อนข้างใส เมื่อใช้เวลาดตกตะกอนเท่ากัน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความเห็นว่าน่าจะเป็นเพราะมีแบคทีเรียบางส่วนเกาะติดไปกับอนุภาคขนาดใหญ่ที่ตกตะกอนอย่างต่อเนื่อง ไปยังก้นของภาชนะนั้น

อย่างไรก็ตามวิธีการเก็บกักน้ำให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ ยังไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เนื่องจากวิธีนี้เราไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้ในทันทีทันใด แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บกัก ซึ่งปกติจะเป็นการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูฝน เพื่อสำรองไว้ใช้ในหน้าแล้งเท่านั้น

ตารางที่ 2-1 อัตราการตายของแบคทีเรียในน้ำที่ทิ้งให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติ (Jahn, 1981)

Storage time (days)	Turbid sample		Clear sample	
	FC No. per 100 ml	FS No. per 100 ml	FC No. per 100 ml	FS No. per 100 ml
0	52,000	114,200	66,000	125,200
1	7,180	18,150	47,000	36,850
2	2,460	3,920	7,000	19,000
3	300	980	480	10,700
4	220	139	-	6,030
6	186	14	-	-

FC = Faecal Coliforms

FS = Faecal Streptococci

* according to Tanzanian Ministry, 1979

2.3.2 กระบวนการกรอง

นักวิทยาศาสตร์ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการกรองในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

การกรองน้ำผ่านตะแกรงลวด เป็นการกรองอย่างหยาบ ๆ มีประโยชน์เพียงเพื่อกำจัดเศษวัสดุขนาดใหญ่เท่านั้น วิธีการกรองชนิดนี้ควรเลือกใช้และกระตุ้นเตือนให้ชาวบ้านหันมาหาวิธีการกรองแบบอื่นที่เหมาะสมกว่าแทน ส่วนการกรองผ่านผ้า ซึ่งยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ยังอาจมีประโยชน์ในแง่ที่ว่า สามารถกรองเอามลสาร สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กและเชื้อโรค บางชนิดได้เช่น ลูกันน้ำ หนองต่าง ๆ หรือไขพยาธิ แต่ควรแนะนำหรือปรับปรุงให้มีการกรองอย่างถูกสุขลักษณะยิ่งขึ้น เช่น ควรมีการทำความสะอาดผ้ากรองหลังจากการใช้ในแต่ละครั้ง โดยอาจนำไปลวกหรือต้มให้เดือดแล้วเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาดและปิดให้มิดชิด ก่อนนำมาใช้ในครั้งต่อไป

การกรองผ่านภาชนะดินเผา ซึ่งมีช่องเปิดขนาดต่าง ๆ ที่เรียกว่า "Egyptian filter jar" เป็นที่นิยมกันมากในประเทศอียิปต์และประเทศใกล้เคียงในทวีปแอฟริกา มีประสิทธิภาพดีกว่าการกรองผ่านผ้า แต่ปัญหาของมันก็คือ การรักษาคleanliness ในการผลิตหม้อกรองน้ำ ชนิดนี้ให้สม่ำเสมอ ทั้งนี้เพราะอาศัยปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เริ่มตั้งแต่การคัดเลือกดินชนิดพิเศษที่จะนำมาทำหม้อ วิธีการปั้นให้มีความหนา และขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม ซึ่งต้องการช่างปั้นที่มีความชำนาญโดยเฉพาะ และกระบวนการเผาในเตาเผาให้มอดสนิทสูงคงที่ตลอด ในแง่ของการนำมาใช้งาน หม้อกรองน้ำชนิดนี้จะใช้ได้กับน้ำที่มีความขุ่น หรือมีสารแขวนลอยเจือปนอยู่ไม่สูงเกินไปนัก เพราะมิฉะนั้นจะทำให้หม้อกรองน้ำอุดตันได้ง่าย

การตกน้ำให้ไหลเข้ามาในบ่อที่กรุด้วยทรายและหินที่สร้างไว้ตามริมฝั่งของแม่น้ำ (ดูรูปที่ 2-1) ถึงแม้ว่าจะได้น้ำที่ค่อนข้างใสก็ตามก็ยังเป็นวิธีที่ไม่ดีพอ เพราะในช่วงฤดูฝน หากระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้นมาก ก็อาจจะไหลล้นท่วมเข้ามาในบ่อดังกล่าว ทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำเสียจากชุมชนหรือแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ที่ปล่อยลงไปในแม่น้ำนั้น

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา องค์การอนามัยโลกได้เผยแพร่ให้ประชาชนได้รู้จักวิธีการกรองโดยตรงผ่านถึงกรองทราย แต่ในบางพื้นที่แล้ววิธีการนี้ยังไม่เป็นที่นิยม ทั้งนี้เพราะต้องทำความสะอาดทรายกรองบ่อยครั้ง และมีความยุ่งยากในการล้างย้อน (back wash) โดยเฉพาะหากน้ำที่นำมาทำการกรองมีความขุ่นสูง ทรายกรองก็จะอุดตันเร็วขึ้น ดังนั้นการเตรียมน้ำให้เหมาะสมก่อนทำการกรองโดยตรงจึงมีความจำเป็นสำหรับในกรณีนี้

อย่างไรก็ตามน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองเพียงอย่างเดียว ยังไม่ใช่น้ำสะอาดสำหรับการบริโภค เพราะยังอาจมีเชื้อโรคเจือปนอยู่จึงต้องนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน ถึงแม้จะทำการกรองน้ำผ่านภาชนะที่เรียกว่า Katadyn filter candles ซึ่งได้ฉาบสารเงินคตะไลส์ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดไว้ที่ผิวด้านในของภาชนะ (Clark, 1956)

แต่กระบวนการฆ่าเชื้อโรคก็ยังเป็นกระบวนการที่สำคัญ และจำเป็นสำหรับการบำบัดน้ำหลังจากผ่านการกรองแล้วก่อนนำน้ำนั้นมาบริโภค

2.3.3 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

กระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในเวลาน้อยที่สุดในการทำให้ใส นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำได้ โดยจะติดไปกับฟล็อก ซึ่งเราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า "Contact coagulation" การศึกษาถึงกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้โคแอกกูแลนต์จากวัสดุธรรมชาติชนิดต่าง ๆ จะได้กล่าวโดยละเอียดในหัวข้อที่ 2.7

โดยทั่วไปแล้ว "สารส้ม" เป็นโคแอกกูแลนต์ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดในระบบประปาปัจจุบันแต่สำหรับชนพื้นเมืองบางแห่งในทวีปแอฟริกากลับนิยมที่จะใช้โคแอกกูแลนต์จากวัสดุธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่นมากกว่า เพราะมีความเชื่อกันว่าการบริโภคน้ำที่ผ่านการตกตะกอนโดยใช้สารส้มในระหว่างการตั้งครรภ์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแท้งลูก (Jahn, 1981) แต่ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลที่แน่นอนเกี่ยวกับชนิด และปริมาณที่เหมาะสมในการใช้โคแอกกูแลนต์ธรรมชาติเหล่านี้ และนอกจากนี้แล้ว การศึกษาถึงสารพิษบางอย่างที่อาจเจือปนอยู่ในโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติดังกล่าว ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจควรที่จะต้องนำมาศึกษาโดยละเอียดต่อไป

2.3.4 กระบวนการฆ่าเชื้อโรคและปรุงแต่งคุณภาพน้ำ

วิธีการฆ่าเชื้อโรคโดยการเผาหินบางชนิดให้ร้อนแดง แล้วจุ่มลงไปในช่องไหลที่ต้องการฆ่าเชื้อโรคทำกันในหลายแห่ง เช่น ชาวเผ่าออร์มาติกในแอฟริกาที่ต้องการอุ่นน้ำนมให้ร้อนโดยใช้วิธีนี้ นอกจากนี้ชาวเกาะชานตาครูส์จะใช้หินบะซอลท์ ส่วนชาวเกาะในแถบมหาสมุทรแปซิฟิกจะใช้หินปูนที่เผาจนร้อนแดง จุ่มลงไปใต้น้ำตาลมะพร้าวที่ต้องการฆ่าเชื้อโรค (Kock, 1971) วิธีการเหล่านี้นักวิทยาศาสตร์ชี้แจงว่า มีความเป็นไปได้ หากสามารถทำให้ช่องไหลมีอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานประมาณ 20-30 นาที ก็จะสามารถทำลายโซ่นยาซี และเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร เช่น โรคบิด ท้องร่วง และไทฟอยด์ได้ (Feachem et.al, 1980)

การใช้น้ำย่างที่กลั่นได้จากต้นสน หรือที่เรียกว่า "ทาร์" หยดลงไปในน้ำดื่ม เพื่อฆ่าเชื้อโรคตามตำรับยาแผนโบราณของชาวยุโรปนั้น (Hager, 1978) นักวิทยาศาสตร์ได้แสดงความคิดเห็นว่า วิธีการนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อีกต่อไป เพราะในการกลั่นเพื่อให้ได้

ทาร์นี้ หากมีกระบวนการกลั่นไม่ดีพอ ก็จะเกิดวันเขม่าหรือเถ้าถ่าน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดสารคาร์บอนเจน เจือปนในทาร์ ซึ่งสารนี้ปัจจุบันเชื่อกันว่าทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ และได้มีการทดลองโดยนำเอาทาร์ที่มีคาร์บอนเจน เจือปนอยู่ซึ่งสกัดได้จากถั่วเหลืองนำไปผสมลงในยาชั่งแล้วทาลงบนตัวหนู พบว่าจะทำให้หนูเป็นโรคมิวทิง โดยเป็นตุ่มคล้ายมะเร็งในอัตราที่สูงกว่าปรกติถึง 6 เท่า (Hirohata et.al, 1973)

ในการใช้ดินบางชนิดเป็นโคแอกกูแลนต์ นอกจากจะสามารถทำให้หน้าใสแล้วยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำได้ซึ่งวิธีการนี้ควรคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้ดินดังกล่าว โดยเฉพาะหากมีสารพิษชนิดใดชนิดหนึ่ง เจือปนอยู่ในดินที่นำมาใช้เป็นโคแอกกูแลนต์นั้น

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืชบางชนิดที่มีการนำมาใช้ เพื่อปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติของน้ำ เช่น ใบกะเพรา หรือ "Holy Basil" (*Ocimum sanctum*) พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบกะเพรามีคุณสมบัติคล้ายยาฆ่าแมลงและสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Wealth of India, 1962) นอกจากนี้ยังพบสารต่อต้านเชื้อราชื่อ "Isopimpinellin" ในใบของมะนาว (*Citrus aurantifolia*) ซึ่งโดยปกติชาวชูดานจะใช้ใบและน้ำมะนาวในการปรุงแต่งรสชาติของน้ำและเชื่อกันว่าช่วยฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ (Jahn, 1979) แต่ถึงแม้ว่าจะพบสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในพืชต่าง ๆ เหล่านี้ก็มิได้หมายความว่าในการใช้พืชเหล่านี้เพื่อปรุงแต่งคุณภาพน้ำจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำได้เสมอไป ทั้งนี้เพราะปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ในการปรุงแต่งคุณภาพน้ำอาจไม่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อโรคในน้ำนั้นได้ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์หลายคน จึงยังคงทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนี้ต่อไป

2.4 ทฤษฎีกระบวนการโคแอกกูเลชั่น

โคแอกกูเลชั่นเป็นกระบวนการที่ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งเป็นสาเหตุของความขุ่นในน้ำเกิดการรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้ตกตะกอนได้ง่าย และถูกกำจัดออกจากระบบโดยการตกตะกอน และการกรองต่อไป กระบวนการโคแอกกูเลชั่นมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ขั้นตอนได้แก่ การกวนเร็ว (Rapid Mixing) และการกวนช้า (Slow Mixing) ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

2.4.1 การกวนเร็ว (Rapid Mixing)

ขั้นตอนการกวนเร็วนี้มีหน้าที่ในการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ โดยการเติมสารโคแอกกูแลนต์ภายใต้สภาพน้ำที่มีความปั่นป่วนอย่างรุนแรง Kawamura, (1976) รายงานว่าแพคเตอร์ที่สำคัญที่สุดสำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชั่นก็คือ ชนิดและปริมาณของสาร

โคแอกกูแลนต์ (Coagulant) และโคแอกกูแลนต์ เอ็ด (Coagulant aid) ที่ใช้ แต่โดยทั่วไป ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของโคแอกกูแลนต์ ได้แก่ ความเข้มข้นของเกลือในน้ำดิบ พีเอช อุณหภูมิ ชนิดและขนาดของอนุภาค การกวนผสม และความเข้มข้นของสารโคแอกกูแลนต์

สารโคแอกกูแลนต์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์โพลีเมอร์ ซึ่ง Kawamura ได้กล่าวถึงข้อดีของการใช้โพลีเมอร์ (Polymers) เป็นสารโคแอกกูแลนต์ว่าสามารถใช้สารโคแอกกูแลนต์ในปริมาณที่น้อยลงเกิดสลัดจ์ (Sludge) น้อย และสลัดจ์ที่ได้สามารถแยกน้ำออกได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังลดปัญหาเรื่องการปรับพีเอช และความเป็นด่าง (alkalinity) ซึ่ง Jahn ก็ได้กล่าวว่า โคแอกกูแลนต์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ จะสามารถใช้ได้กับน้ำที่มีความผันแปรของค่าพีเอชในช่วงที่กว้างกว่าการใช้สารส้ม โดยไม่ทำให้ค่าพีเอช และความเป็นด่างของน้ำดิบเปลี่ยนแปลง

2.4.2 การกวนช้า (Slow Mixing)

ขั้นตอนการกวนช้า เป็นการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว มีโอกาสสัมผัสและรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะตกตะกอนได้ง่ายขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดกลไกนี้ได้แก่

เพอริโคเนติกฟลอคคูเลชัน (Perikinetic Flocculation) เป็นการรวมตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่ เนื่องจากความร้อนซึ่งแปรปรวนเป็นพลังงานทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และชนอนุภาคความขุ่นที่กระจายอยู่ในน้ำทำให้อนุภาคมีการเคลื่อนที่ เกิดการสัมผัสจนมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ และจำนวนอนุภาค โดยจะมีบทบาทเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน และหากอนุภาคความขุ่นรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอนแล้ว การรวมตัวแบบนี้จะมีบทบาทน้อยลงมาก

ออร์โธโคเนติกฟลอคคูเลชัน (orthokinetic Flocculation) เป็นการรวมตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อ การเคลื่อนที่ของน้ำอยู่ในภาวะของการกวน โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำจะแตกต่างกันตามตำแหน่ง และเวลา ดังนั้น อนุภาคความขุ่นที่เคลื่อนที่ไปกับน้ำจะมีความเร็วแตกต่างกันไปด้วย จึงทำให้เกิดการชนและรวมตัวกันมากที่สุด กลไกแบบนี้จะมีบทบาทมากเมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากลไกหลักของการกวนช้าจะต้องมีการสร้างสภาวะการเคลื่อนที่ของน้ำให้มีความเร็วที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่าง ๆ ในน้ำซึ่งในระบบประปาปัจจุบันทั่วไป สามารถทำได้โดยการใช้ใบพัดแบบต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม ทั้งขั้นตอนการกวนเร็วและการกวนช้านี้ หากเป็นวิธีการในระดับพื้นบ้านแล้ว อาจกระทำได้โดยใช้มือเปล่าหรือใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างง่าย ๆ ปรากฏจากเครื่องจักรกลที่สลับซับซ้อน ซึ่งได้เสนอแนะรูปแบบต่าง ๆ ไว้ในหัวข้อที่ 4.5

2.5 กลไกโคแอกกูเลชัน

โคแอกกูเลชันประกอบด้วยกลไก 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.5.1 การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ (Destabilization of Colloidal Particles)

การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ในขั้นตอนแรกนี้ สามารถกระทำได้โดยอาศัยกลไกที่สำคัญ 4 แบบ คือ

2.5.1.1 การลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse layer)

กลไกนี้เป็นการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ โดยลดค่าซีตาโพเทนเชียล (Zeta Potential) เนื่องจากการเพิ่มจำนวนไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค ผลที่ได้ก็คือชั้นกระจายมีความหนาลดลงทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลลดลงด้วย

2.5.1.2 การดูดติดผิว และทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาค (Adsorption and Charge Neutralization)

กลไกนี้ทำได้โดยการเติมสารเคมีที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาคคอลลอยด์ และสามารถดูดติดบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้

2.5.1.3 การจับอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Sweep Coagulation)

กลไกนี้เกิดขึ้นโดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงไป ทำให้เกิดผลึกของสารประกอบ ซึ่งมีลักษณะเหนียวสามารถห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ ทำให้ได้ผลึกที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากขึ้น กระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ ในระบบผลิตน้ำประปาที่พบอยู่เสมอเป็นตัวอย่างของกลไกชนิดนี้

2.5.1.4 การใช้สารอินทรีย์โพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ (Polymer Bridging)

สารประกอบตามธรรมชาติหลายชนิด เช่น แป้ง เซลลูโลส น้ำตาลบางชนิด และโปรตีนบางชนิด รวมทั้งสารอินทรีย์โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น สามารถใช้เป็น โคแอกกูแลนต์ในการกำจัดคอลลอยด์ได้ สารเหล่านี้มักมีขนาดโมเลกุลใหญ่มาก ประจุไฟฟ้าประจำตัวอาจเป็นบวก ลบ หรือไม่มีประจุเลยก็ได้ (ดูรูปที่ 2-2)

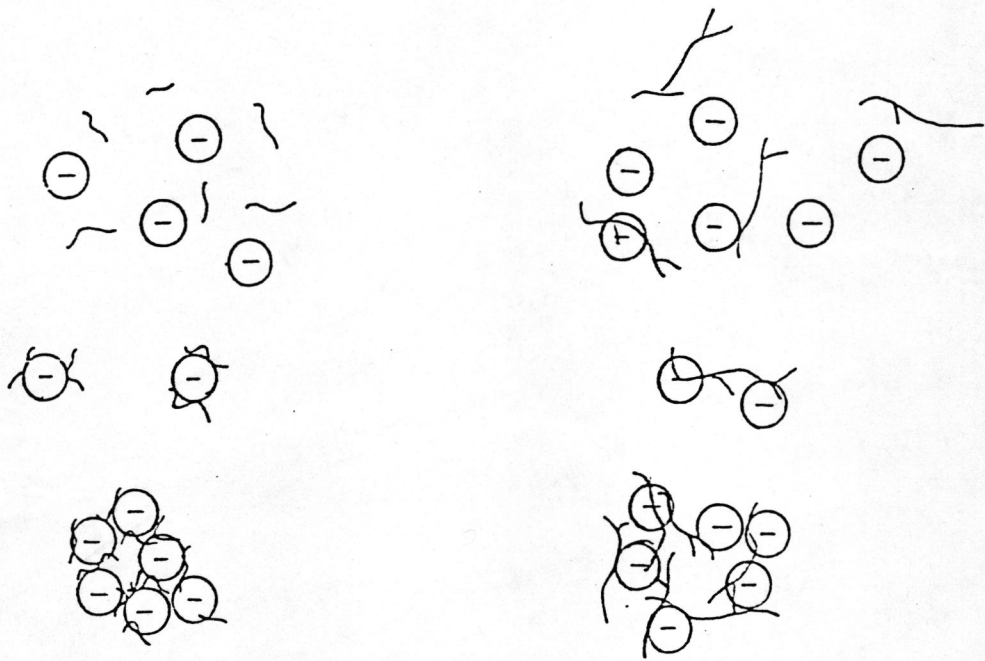
สารโคแอกกูแลนต์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์โพลีเมอร์ ซึ่งอาศัยกลไกการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์โดยวิธีนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยโมเดลที่เรียกว่า Polymer Bridging กล่าวคือ ในขั้นตอนแรกโมเลกุลของสารโพลีเมอร์จะเกาะติดบนอนุภาคคอลลอยด์ การเกาะติดอาจเป็นผลเนื่องมาจากประจุที่ต่างกันของโพลีเมอร์และคอลลอยด์ อนุภาคที่มีโพลีเมอร์เกาะติดอยู่โดยมีปลายอิสระสำหรับเกาะบนอนุภาคอื่น ถือได้ว่าเป็นอนุภาคที่สูญเสียเสถียรภาพแล้ว (Destabilized Particle) ขั้นตอนต่อมาคืออนุภาคดังกล่าวจะไปจับตัวกันอนุภาคอื่น ๆ โดยมีโพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อม ซึ่งผลที่ได้ก็คือ ฟลอคที่มีขนาดใหญ่และสามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยง่าย ในทางตรงข้ามการใช้โพลีเมอร์มากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เพราะโพลีเมอร์หลายโมเลกุลจะไปเกาะบนอนุภาคคอลลอยด์ จนกระทั่งไม่มีที่ว่างบนอนุภาค สำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของโพลีเมอร์ที่อยู่บนอนุภาคอื่น ๆ อนุภาคของคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นจึงเรียกว่า อนุภาคที่มีเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized Particle) และนอกจากนี้การกวนน้ำแรงเกินไปหรือนานเกินไปก็ก่อผลเสียได้เนื่องจากฟลอคที่เกิดขึ้นแล้วแตกออกเป็นส่วน ๆ และอาจทำให้ปลายอิสระของโพลีเมอร์เกาะจับบนอนุภาคอื่นเดิม เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงกลับคืนมาใหม่ เช่นกัน (ดูรูปที่ 2-3)

2.5.2 การทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่มากกระทบ หรือสัมผัสกันให้มากที่สุด (Transportation of Colloidal Particles)

เมื่ออนุภาคคอลลอยด์ถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว การสร้างโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคย่อมเกิดได้ง่ายขึ้น และภายหลังการสัมผัส ควรเกาะติดกันแน่นเป็นฟลอค เช่น ในขั้นตอนการกวนช้าของการทำจาร์เทสต์ หรือการใช้เครื่องกรองช่วยสร้างฟลอคกุเลชัน ที่เรียกว่าการกรองสัมผัส (Contact Filtration)

น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันแล้ว จะต้องมียุทที่แข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงเฉือนที่จะเกิดขึ้นหากมีการนำน้ำนี้ไปผ่านถึงกรอง

Adin et al. (1974) ได้ศึกษาถึงการใส่สารอินทรีย์โพลีเมอร์แทนหรือใช้ร่วมกับสารส้ม พบว่าจะทำให้ได้ผลึกที่มีความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณสารส้ม และสลัดจ์ที่เกิดขึ้นด้วย



(ก)

(ข)

รูปที่ 2-2 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชัน โดยกลไกการเชื่อมต่อของโพลีเมอร์

- (ก) โพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ แต่มีประจุตรงข้ามกับประจุของอนุภาค
- (ข) โพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

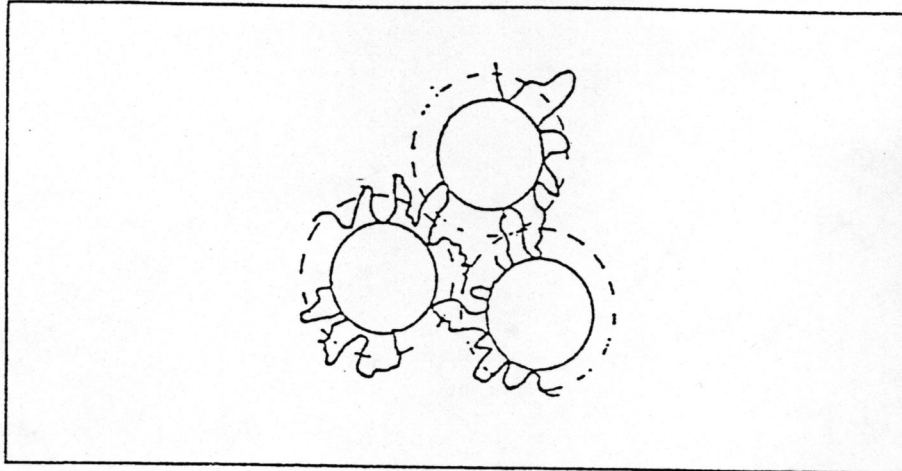


Fig. 12 a

Flocculation by bridging of particles
due to adsorption of polymer segments

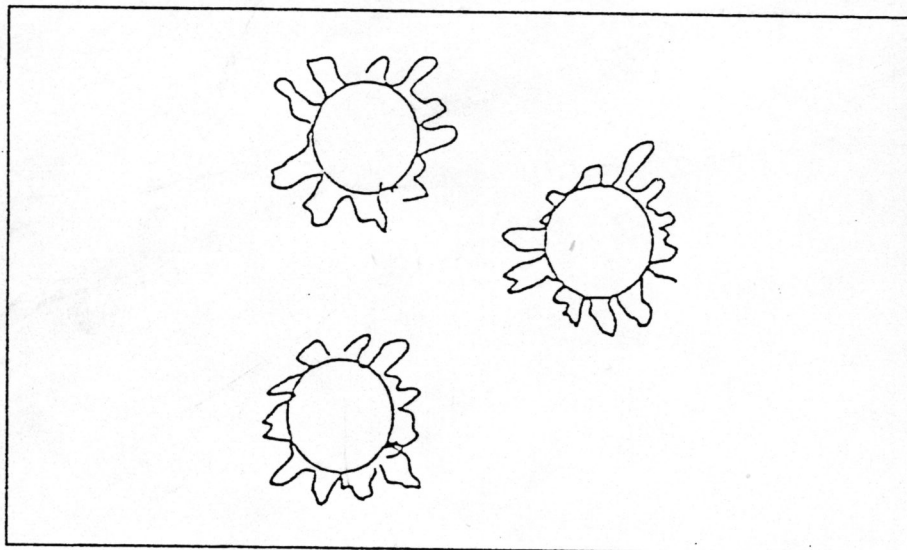


Fig. 12 b

Restabilization of particles
due to adsorption of excess polymer

รูปที่ 2-3 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ และ
การกลับคืนเสถียรภาพของคอลลอยด์

2.6 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ในการควบคุมโคแอกกูเลชัน จำเป็นต้องรู้ชนิด และปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมตลอดจนสภาวะต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อกลไกโคแอกกูเลชัน ได้แก่ ระดับพีเอชของน้ำ ความเร็วเกรเดียนต์ และระยะเวลาในการกวนน้ำ ความก้าวหน้าของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโคแอกกูเลชัน ยังไม่สามารถจะใช้กำหนดและควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ จึงได้มีผู้พยายามพัฒนาวิธีการควบคุมโคแอกกูเลชันนอกเหนือจากการทดลองจาร์เทสต์ (jar test) ได้แก่ การควบคุมโดยการหาความสามารถในการกรอง (filterability) การควบคุมโดยวัดศักย์ไฟฟ้า (Zp, Zeta Potential) การควบคุมโดยวิเคราะห์หาสารโคแอกกูแลนต์ที่เหลือ (residual coagulant analysis) และการใช้เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์ (Colloid Titration Technique) เป็นต้น แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการทดลองจาร์เทสต์ การหาความสามารถในการกรองและการใช้เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์ เท่านั้น

2.6.1 การทดลองจาร์เทสต์

จาร์เทสต์เป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่อดีตและปัจจุบันยังใช้อย่างกว้างขวาง จาร์เทสต์เป็นวิธีทดสอบอย่างง่าย ๆ โดยทำการทดลองในบีกเกอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนมากมีใบพัดกวนน้ำ 6 ชุด ในการทดลองแต่ละครั้ง จะเลือกชนิดของสารโคแอกกูแลนต์ และกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบระยะเวลาการกวนน้ำ และระยะเวลาในการตกตะกอน แล้วจึงทำการทดลองโดยแปรเปลี่ยนปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ ส่วนระดับพีเอชอาจแปรเปลี่ยนหรือคงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง จากการทดลองจะได้ปริมาณของสารโคแอกกูแลนต์และระดับพีเอช ที่เหมาะสมต่อการเกิดกลไกโคแอกกูเลชัน

ถึงแม้ว่า การทดลองจาร์เทสต์จะเป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันก็จริง แต่เนื่องจากวิธีนี้มีข้อบกพร่องกล่าวคือ บีกเกอร์ที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะแตกต่างจากสภาพความเป็นจริง ถึงแม้ว่าจะพยายามกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่อิทธิพลดังกล่าวทำให้ตัวแปรที่มีค่าแตกต่างไปจากความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วเกรเดียนต์ที่ทำให้เกิดการกระจายสารเคมี ซึ่งมีผลต่อกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ แต่ไม่มีผลกระทบต่อกลไกแบบกวาด นอกจากนี้บีกเกอร์ที่ใช้นี้ก็มีความลึกน้อยมากเมื่อเทียบกับถังตกตะกอนจริง ซึ่งระยะทางในการตกตะกอนจะมีผลต่อขนาดและความเร็วในการตกตะกอนจึงทำให้เงื่อนไขแตกต่างจากระบบจริง

อีกประการหนึ่ง จาร์เทสต์เป็นเพียงผลลัพธ์สุดท้ายเพื่อนำไปใช้กับระบบจริง ซึ่งสภาพจริงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้อาจเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมที่สุดตลอดทั้งระบบกำจัดความขุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการกรองที่มีประสิทธิภาพที่สุด

2.6.2 การหาความสามารถในการกรอง

การควบคุมโคแอกกูเลชันโดยการกรอง ได้มีผู้คิดค้นวิธีต่าง โดยการวัดความขุ่นของน้ำที่ผ่านการกรอง วัดการสูญเสียเฮด หรือวัดทั้งสองอย่างควบคู่กัน นอกจากนี้ยังมีการวัดเวลาในการกรองภายใต้เงื่อนไขการทดลองอย่างเดียวกันเพื่อใช้เป็นกฎเกณฑ์ในการเปรียบเทียบเป็นที่ยอมรับกัน ดังนั้นจึงได้มีผู้สนใจที่จะพัฒนาการทดลองหาความสามารถในการกรองที่สามารถใช้กับน้ำที่มีความขุ่นทุกระดับซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการหาปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ และสารช่วยกรองที่เหมาะสม เพื่อให้หน้าที่กรอง ได้มีคุณภาพและประหยัดค่าใช้จ่าย

ในปี ค.ศ 1978 Ives ได้พัฒนาวิธีง่าย ๆ เพื่อหาค่าดัชนีการกรองสำหรับตัวกลางที่แตกต่างกันซึ่งวิเคราะห์มาจากโมเดลทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ผิวจำเพาะของเครื่องกรองที่อุดตันแล้วต่อเครื่องกรองที่ยังไม่อุดตัน ดังแสดงในสมการ (2-1)

$$F = H * C / (v * c^{\circ} * t) \dots\dots\dots (2-1)$$

- โดยที่ F คือ ค่าดัชนีการกรอง
- H คือ การสูญเสียเฮดที่เกิดขึ้น
- C คือ คุณภาพน้ำเจือยที่กรองได้
- C^๐ คือ คุณภาพน้ำที่จะกรอง
- t คือ เวลาที่ใช้ในการกรอง
- v คือ ความเร็วของการกรองมีหน่วยเป็นอัตราไหลของน้ำที่ผ่านสารกรองต่อ 1 หน่วยพื้นที่

จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีการกรองหรือค่า F ไม่มีหน่วย C/C^๐ เป็นอัตราส่วนของคุณภาพน้ำที่กรองได้ต่อคุณภาพน้ำที่จะนำมากรอง ดังนั้นจะใช้คุณภาพน้ำเป็นหน่วยอะไรก็ได้ เช่น ความขุ่น ปริมาณเหล็ก หรือ จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำ

สำหรับค่าดัชนีการกรองที่ดัชนีเกิดจากผลคูณของเศษที่ควรมีค่าต่ำกว่าคือค่าการสูญเสียเฮดต่ำและน้ำที่กรองได้มีคุณภาพดี ส่วนตัวหารควรมีผลคูณที่สูง นั่นคือ อัตราการไหลสูง

(ความเร็วในการกรองสูง) ประกอบกับเครื่องกรองรับความเข้มข้นของน้ำที่จะกรองสูงและกรองได้ในระยะเวลาสั้น ๆ ดังนั้นค่าดัชนีการกรองที่ดีจึงหมายถึงว่ามีค่า F ต่ำ แต่ค่า F ได้จากการวิเคราะห์จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ ไม่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการกรอง ค่า F จึงถูกจำกัดไม่สามารถใช้กับตัวแปรได้ทุกค่า จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการกรองขึ้นได้

Ives (1978) ได้ทำการทดลองหาความสามารถในการกรองและสรุปว่า ค่าดัชนีการกรองสามารถบอกถึงปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมและสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อกลไกโคแอกกูเลชัน ซึ่งเกิดต่อเนื่องมาถึงการกรอง นอกจากนี้ยังใช้ค่าดัชนีการกรองในการศึกษาถึงขนาดและชนิดของสารกรอง อัตราการกรองและชนิดของสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว

นอกจากนี้ เซาวรินท์ กิงแก้ว (2526) ได้ศึกษาการใช้ค่าดัชนีการกรองในการควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้เครื่องมือที่ดัดแปลงมาจากเครื่องมือของ Ives ทำการทดลองที่ห้องทดลองของโรงกรองน้ำบางเขน การประปานครหลวง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณความขุ่นของน้ำดิบมีผลกระทบต่อค่าดัชนีการกรอง กล่าวคือน้ำดิบที่มีความขุ่นสูงขึ้นจะทำให้ค่าดัชนีการกรองสูงขึ้นด้วยและค่าดัชนีการกรองที่ต่ำสุดจะบอกถึงจุดที่มีปริมาณสารส้มที่เหมาะสม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจาร์เทสต์จะเห็นจุดที่มีปริมาณสารส้มที่เหมาะสมได้ชัดเจนกว่า ทำให้สามารถทำนายช่วงความเหมาะสมได้ถูกต้องกว่า

2.6.3 การใช้เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์

อนุภาคมีศักย์ไฟฟ้าได้เนื่องจากมีประจุไฟฟ้าที่ผิว ดังนั้นเทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์ซึ่งเป็นการวัดประจุไฟฟ้าของอนุภาค จึงควรที่จะใช้ตรวจสอบและควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชันได้ เช่นเดียวกับกับการวัดศักย์ไฟฟ้า (Kawamura, 1966)

เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์นี้ ง่ายกว่าการวัดศักย์ไฟฟ้ามาก และไม่ต้องการอาศัยเครื่องมือพิเศษใด ๆ อาศัยหลักการที่ว่าคอลลอยด์ที่มีประจุต่างกัน สามารถทำปฏิกิริยากันในลักษณะที่เป็นสตอยชิโอเมตริก ตัวอย่าง เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง แทนเนต (tannate) กับ เจลาติน (gelatin) และลิกนิน (lignin) กับอะโรเมติก อะมีน (aromatic amine) เป็นต้น จึงมีนักวิจัยนำสารสังเคราะห์ ซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าว มาใช้หาประจุของอนุภาคต่าง ๆ ในน้ำด้วยวิธีไตเตรท สารสังเคราะห์กลุ่มแรกคือ เอ็มจีซี (methyl glycol chitosan-MGC) และดีดีพีเอ็ม (1,5-dimethyl-1,5-diazaundecamethylene polymethobromide - DDPM) ซึ่งละลายน้ำแล้วเกิดอนุภาคประจุบวก กลุ่มที่สองคือ โพแทสเซียม (potassium

polyvinyl alcohol sulfate-PVSK) และพีวีเอสเอเค (Polyvinylsulfuric acid potassium-PVSAK) ซึ่งละลายน้ำแล้วเกิดอนุภาคประจุลบ ในการไตเตรทหาประจุของอนุภาค จะใช้ทึบ (toluidine blue - TB) เป็นดัชนี (indicator) ทึบเป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีสีน้ำเงิน เมื่ออยู่ในน้ำที่มีอนุภาคชนิดประจุบวกจะไม่เกิดปฏิกิริยากับอนุภาค จึงยังคงมีสีน้ำเงินอยู่ แต่เมื่ออยู่ในน้ำที่มีอนุภาคชนิดประจุลบ ทึบจะดูดติดไปที่ผิวอนุภาค แล้วเปลี่ยนเป็นสีม่วง (Kawamura and Hanna, 1966)

การไตเตรทแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือการไตเตรทย้อนกลับ (back titration) และการไตเตรทโดยตรง (direct titration) การไตเตรทย้อนกลับจะใช้วิธีเติมสารสังเคราะห์ชนิดประจุบวกลงในตัวอย่างน้ำแล้วหาประจุที่เหลือ (ในกรณีที่มีอนุภาคในตัวอย่างน้ำมีประจุลบ) หรือประจุทั้งหมด (ในกรณีที่มีอนุภาคในตัวอย่างน้ำมีประจุบวก) โดยไตเตรทด้วยสารสังเคราะห์ชนิดประจุลบ ในกรณีที่จุดสิ้นสุด (end point) คือจุดที่ ทึบ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงเสมอ สำหรับวิธีไตเตรทโดยตรงนั้น จะหยด ทึบ ลงในตัวอย่างน้ำก่อนเพื่อดูว่าเป็นประจุชนิดใด แล้วจึงไตเตรทด้วยสารสังเคราะห์ที่มีประจุตรงข้าม ในกรณีนี้ จุดสิ้นสุดจะตรงข้ามกับเมื่ออนุภาคมีประจุตรงข้ามกัน

Kawamura และผู้ร่วมวิจัย (1966) เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่น่าเทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์มาใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยทดลองกับน้ำธรรมชาติและน้ำสังเคราะห์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการวัดศักย์ไฟฟ้า (Zeta potential) แล้วสรุปว่าเทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคในกระบวนการโคแอกกูเลชันได้ดี เช่นเดียวกับการวัดศักย์ไฟฟ้า (ดูรูปที่ 2-5) และยังมีข้อดีกว่าคือ การไตเตรทคอลลอยด์สามารถครอบคลุมอนุภาคได้ทุก ๆ ขนาดแม้แต่นาโนซึ่งเครื่อง Zeta meter วัดศักย์ไฟฟ้าไม่ได้ และยังสามารถนำประจุที่วัดได้ไปใช้คำนวณหาปริมาณสารลัมที่เหมาะสมได้ โดยมีความสัมพันธ์กับความเป็นด่าง ดังสมการ (2-2)

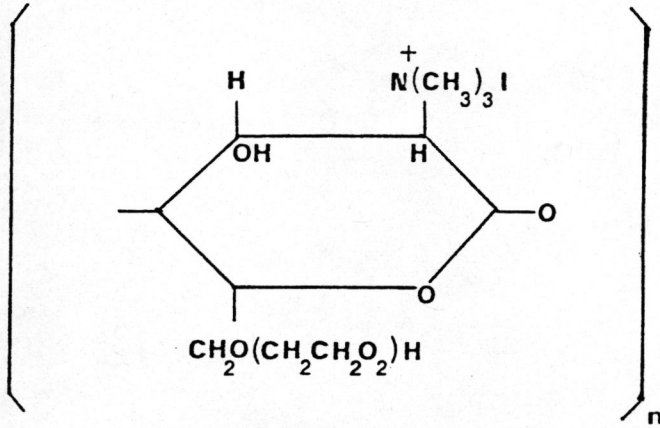
$$P = K_1 (A) + K_2 (C)^n \dots\dots\dots (2-2)$$

- เมื่อ P คือ ปริมาณสารลัมที่เหมาะสม
- A คือ ความเป็นด่าง (alkalinity)
- C คือ ประจุคอลลอยด์ของอนุภาค
- K_1, K_2, n คือ ค่าคงที่

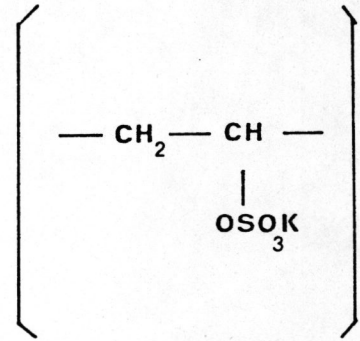
Wang และผู้ร่วมวิจัย ได้ใช้เทคนิคการไตเตรตคอลลอยด์วัดหาความเข้มข้นของ โพลีเมอร์ต่าง ๆ แล้วสรุปว่าประจุไฟฟ้าและความเข้มข้นของ โพลีเมอร์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน แบบสโตยชิโอเมตริก การไตเตรตคอลลอยด์จึงสามารถใช้ตรวจสอบความเข้มข้นของ โพลีเมอร์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

Verma และ Chaudhuri (1978) ทำการวิจัยตามแบบของ Kawamura แล้วได้ผลวิจัยแบบเดียวกัน แต่ให้ความเห็นว่าค่าคงที่ K_2 และ n ในสมการ (2-2) ขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange capacity) ของอนุภาค

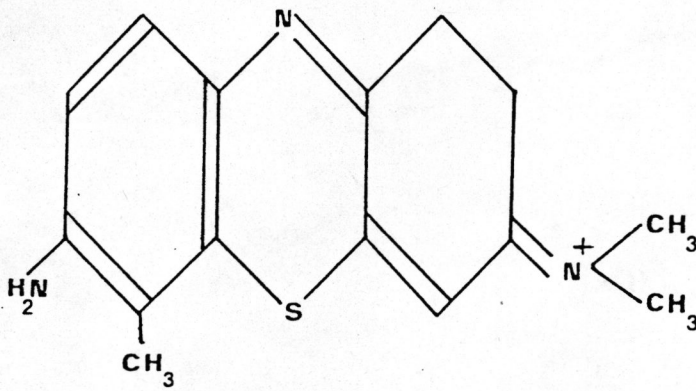
นอกจากนี้ สุชาติ สถิตย์มันโนธรรม(2526) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการไตเตรตคอลลอยด์วัดประจุของสารละลายสารส้ม สารละลายของสารประกอบเหล็ก สารละลาย โพลีเมอร์ และน้ำสังเคราะห์ต่าง ๆ ที่มีเอชและความเข้มข้นต่างๆ ผลการทดลองพบว่า เทคนิคการไตเตรตคอลลอยด์สามารถนำมาใช้วัดประจุของสารละลายสารส้ม และน้ำสังเคราะห์ได้ สามารถใช้เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมต่อของ โพลีเมอร์ประจุลบ และวัดประจุบวกของ โพลีเมอร์ประจุบวกได้อย่างแม่นยำ จึงน่าจะเป็นวิธีที่ใช้เลือกชนิด โพลีเมอร์ประจุบวก ที่มีประจุบวกระดับต่างๆ ตามต้องการ แต่วิธีนี้ไม่สามารถวัดประจุของสารละลายสารประกอบเหล็ก ได้ เพราะสีของสารประกอบเหล็กเป็นอุปสรรคต่อการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยา นอกจากนี้ในการทดลองใช้เทคนิคดังกล่าวตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงประจุของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำจาร์เทสต์ ได้ข้อมูลที่แสดงว่า การใช้เทคนิคนี้วัดประจุในน้ำหลังการกวนผสมและประจุในน้ำใส มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นวิธีติดตามและควบคุม โคอแอกกูเลชันที่ดี



$n \approx 800$
 $C_{13}H_{26}O_6NI$
 (M . G . C .)

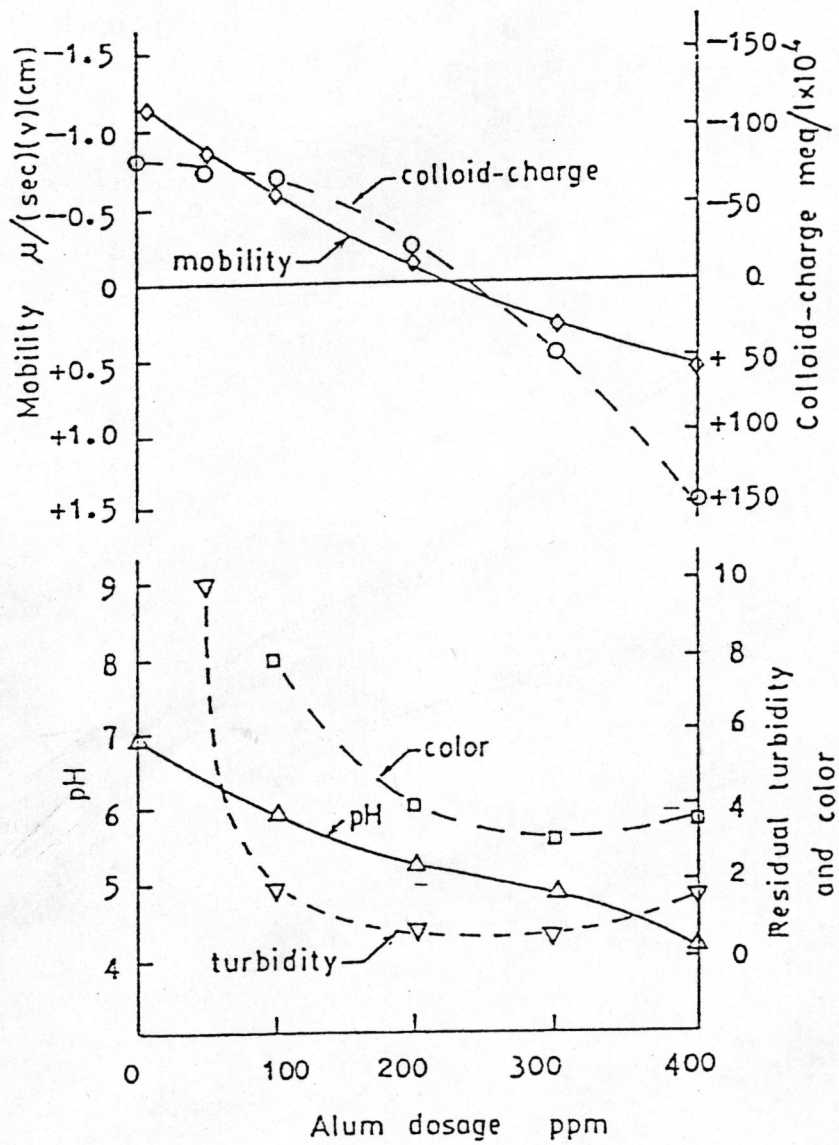


$n \approx 1000$
 C_2H_3OSK
 (P . V . S . A . K .)



$C_{15}H_{16}N_3S$
 (T . B .)

รูปที่ 2-4 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารเคมีที่ใช้ในการไตเตรทคอลลอยด์



รูปที่ 2-5 การตรวจสอบกระบวนการโคแอกกูเลชัน ด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้า และการไตเตรทคอลลอยด์

2.7 กระบวนการโคแอกกูแลชั่นโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นโคแอกกูแลนต์

โคแอกกูแลนต์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น อาจได้จากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชจากสำหรับายทะเล จากผลิตภัณฑ์ของสัตว์น้ำ หรือจากดินชนิดต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

2.7.1 โคแอกกูแลนต์จากสาหร่ายทะเล

สาหร่ายสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ใน Species Maerocystis pyrifera และ Lessonia nigrecens ซึ่งพบมากในทะเลริมชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ แถบประเทศเอกวาดอร์ และชิลี ปกติใช้เป็นอาหารและทำยา ได้ถูกนำมาสกัดเอากรดอัลจินิก และโซเดียมอัลจิเนต และทดสอบความสามารถในการเป็นโคแอกกูแลนต์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถเป็นโคแอกกูแลนต์เอตได้ โดยใช้ร่วมกับสารส้มและสามารถประหยัดสารส้มได้ถึง 50% (Jahn, 1981)

2.7.2 โคแอกกูแลนต์จากผลิตภัณฑ์ของสัตว์น้ำ

"Chitosan" เป็นสารโพลีเอเลคโตรไลต์ประจุบวก ได้มาจาก Chitin ซึ่งอยู่ในเปลือกของสิ่งมีชีวิตพวก crustaces ได้แก่ เปลือกกุ้ง กระจดองปู และจากเกล็ดปลา บางชนิดมีปริมาณมากถึง 20-40% ของน้ำหนักตัวของสัตว์น้ำเหล่านั้น

Kawamura (1976) พบว่า การใช้ Chitosan เป็นโคแอกกูแลนต์เอต นั้นจะได้ผลดีกว่าเป็นโคแอกกูแลนต์โดยตรง โดยสามารถประหยัดการใช้สารส้มได้มากกว่า การใช้โคแอกกูแลนต์จากวัสดุธรรมชาติชนิดอื่น และหากใช้ Chitosan เป็นเอตร่วมกับสารส้ม จะลดสีในน้ำได้ด้วย

2.7.3 โคแอกกูแลนต์จากดินชนิดต่าง ๆ

ชนพื้นเมืองในทวีปแอฟริการู้จักโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติจากดินและหินชนิดต่าง ๆ มานานแล้ว หินบางชนิดถูกเก็บมาจากกลางทะเลทราย ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นพวกปูนขาว หรือ โซเดียมคาร์บอเนต นอกจากนี้ดินเหนียวตามริมฝั่งแม่น้ำไนล์ก็พบว่า มีคุณสมบัติเป็นสารโคแอกกูแลนต์ได้

Cox (1964) พบว่า ดินเบนโทไนท์สามารถใช้ร่วมกับสารส้มในการทำให้น้ำใส โดยสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มลงได้หลายเท่า

Louise(1956) พบว่าสามารถใช้ดินเบนโทไนท์เป็นสารโคแอกกูแลนต์เพียงอย่างเดียว โดยนำมาใช้ในโรงกรองน้ำริมทะเลสาบมิชิแกนซึ่งน้ำมีความขุ่นต่ำ แต่มีสาหร่ายอยู่มากและไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยการกรองเร็วธรรมดา การใช้ดินเบนโทไนท์ เพียง 4 มก./ล. ก็สามารถทำให้น้ำใสได้

2.7.4 โคแอกกูแลนต์จากพืช

โคแอกกูแลนต์ธรรมชาติอาจได้จากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช เช่น ราก ใบ เมล็ด หรือลำต้น จากการค้นคว้ารวบรวมรายชื่อพืชเหล่านี้ โดยคัดเลือกเฉพาะชนิดที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป แบ่งตาม Order และ Family ต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ส่วนในการแปลชื่อพืชเหล่านี้เป็นภาษาไทย อ้างอิงตามทำเนียบชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การแบ่งชนิดของพืชตามหลักอนุกรมวิธาน (Taxonomy) สามารถแบ่งจากหน่วยใหญ่ไปหาหน่วยเล็ก ได้ดังนี้ Kingdom---> Phylum ----> Division ----> Order ----> Family---> Genus----> Species

2.7.5 องค์ประกอบทางเคมีของพืชโคแอกกูแลนต์

โคแอกกูแลนต์ธรรมชาติที่ได้จากพืชมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ เป็นพวกแซคคาไรด์ แพนนิน และโปรตีนบางชนิด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพืชโคแอกกูแลนต์บางชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-3

Jahn (1981) กล่าวว่า พืชต่างชนิดกัน หรือชนิดเดียวกันแต่ต่าง Species ย่อมมีองค์ประกอบทางเคมีไม่เหมือนกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการเป็นโคแอกกูแลนต์ของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น

- Moringa Oleifera (มะรุม) เมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของเมล็ด Moringa พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพวกโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) มีมวลโมเลกุลตั้งแต่ 6,000-16,000 ดาลตัน ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิด เช่น กลูตามีน โปรลีน เมไทโอนีน อาซีนิน ซึ่งมะรุมแต่ละสายพันธุ์ (Species) ก็จะมีชนิดและจำนวนโพลีเปปไทด์ไม่เท่ากัน และพบว่า โคแอกกูแลนต์ที่สกัดได้มีพฤติกรรมคล้ายโพลีเมอร์ประจุบวก

ตารางที่ 2-2 โคนอกกุกแลนดัตกรรมชาติที่ได้จากพืชชนิดต่าง ๆ (Jahn, 1981)

Order	Family	Species	ชื่อ		ส่วนที่นำมาใช้
			ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	
Leguminales	Papilionaceae	<u>Vicia faba</u>	ถั่วปากอ้า	broad bean	เมล็ด
		<u>Phaseolus vulgaris</u>	ถั่วแดงหลวง	haricot bean	เมล็ด
		<u>Phaseolus roxborghii</u>	ถั่วเขียว	black gram	เมล็ด
		<u>Cajanus indicus</u>	ถั่วระ	pigeon pea	เมล็ด
		<u>Lens esculenta</u>	ถั่วแดง	lentil	เมล็ด
		<u>Arachis hypogaea</u>	ถั่วลิสง	ground nut	เมล็ด
		<u>Dolichos catieng</u>	ถั่วพุ่ม	cow pea	เมล็ด
		<u>Cyamopsis psoraloides</u>	ถั่วกัวร์	guar bean	เมล็ด
	Caesalpinaceae	<u>Tamarindus indica</u>	มะขาม	tamarind tree	เมล็ด
	Mimosaceae	<u>Acacia catechu</u>	สีเสียดเหนือ	black catechu	เปลือกไม้
Papaverales	Moringaceae	<u>Moringa oleifera</u>	มะรุม	horse radish, drumstick tree	เมล็ด
Sapindales	Anacardiaceae	<u>Senecarpus anacardium</u>	รักขณ	marking-nut tree	เมล็ด
		<u>Mangifera indica</u>	มะม่วง	mango	เมล็ด
Ranales	Annonaceae	<u>Annona squamosa</u>	น้อยหน่า	custard apple	เมล็ด
Rosales	Rosaceae	<u>Prunus dulcis</u>	อัลมอนต์	bitter and sweet almond	เมล็ด
		<u>Prunus armeniaca</u>	แอปริคอต	apricot	เมล็ด
		<u>Prunus persica</u>	ท้อ	peach	เมล็ด
Malvales	Malvaceae	<u>Hibiscus esculentus</u>	กระเจียบมอญ	Okra	เมล็ด
		<u>Hibiscus sabdariffa</u>	กระเจียบแดง	Roselle	เมล็ด

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพืชโคแอกกูแลนด์บางชนิด

องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด (% โดยน้ำหนัก)	ชนิดพืช				
	มะรุม ⁽¹⁾	ถั่วแดง ⁽²⁾	ถั่วลิสง ⁽³⁾	กระเจียบแดง ⁽³⁾	กระเจียบเขียว ⁽³⁾
ความชื้น	4	10.5	5-8	8-10	8-10
ไขมัน	34.7	0.6	50-55	20-22	15.8
คาร์โบไฮเดรต	-	58.1	28-30	23-25	15.9
โปรตีน	38.4	21.7	25-28	23-25	22.7
เส้นใย	3.5	5.2	3.84	16.8	26.2
อื่น ๆ - ซึ่เก้า	3.2	-	-	5.08	4.0
- ไนโตรเจนอิสระ	16.4	-	-	-	-

- แหล่งที่มาของข้อมูล
- 1) Sudan Medical Research Council
 - 2) กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
 - 3) กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

- พืชตระกูลถั่ว หรือพืชใน Family Papilionaceae เช่น ถั่วกัวร์ (*Cyamopsis tetragonolobus*) เป็นพืชที่ใช้ในการตกตะกอนพวกน้ำโคลนในชูดาน และใช้เป็น flocculants ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ในอัฟริกาใต้ โดยใช้แยก acid pulp ของแร่ยูเรเนียม เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของเมล็ด พบว่า เป็นพวก galactomannan ซึ่งเป็น โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) ที่มีมวลโมเลกุลถึง 220,000 ดาลตัน

- แป้งมัน (Patato starch) ซึ่งได้จากหัวมันฝรั่ง (*solanum tuberosum*) เป็นโพลีเมอร์ที่ต่ำที่สุดในบรรดาพืชพวกแป้งทั้งหลาย เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบพบว่า มีโพลีเมอร์ 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นเส้นเดี่ยว ๆ ของอะไมโลส (Amylose) และชนิดที่เป็น กิ่งก้านของอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการเกิดฟลอคคูเลชันของสารแขวนลอยคาโอลิน ใช้กันแพร่หลายในอินเดีย โดยเฉพาะในโรงงานทำพวกเยื่อกระดาษ

2.7.6 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติจากพืช

2.7.6.1 ธรรมชาติทางเคมีของคอลลอยด์ในน้ำ

การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคดินเหนียวทำได้ง่ายกว่าการทำลายเสถียรภาพของพวกสารอนินทรีย์ชนิดอื่นในน้ำธรรมชาติ

Kulte and Neis (1976) ได้ทำการศึกษาทางจุลศาสตร์ของมัน ทำให้ทราบว่าดินเหนียวมีโครงสร้างของฟล็อกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะใช้โคแอกกูแลนต์ชนิดเดียวกัน และหากในน้ำมีกรดฮิวมิก ปฏิริยาการดูดติดของโพลีเมอร์บนผิวคอลลอยด์ที่เป็นคาร์โบลีไนท์จะต่างจากในน้ำที่มีอนุภาคดินเหนียวเพียงอย่างเดียว ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นของกรดฮิวมิกมากกว่า 0.7 มก./ล. ปฏิริยาการดูดติดของโพลีเมอร์จะถูกยับยั้งโดยสมบูรณ์

2.7.6.2 พีเอชและอ็อกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ

Pressman (1967) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการโคแอกกูแลชั่นด้วยพวกโพลีเมอร์ หรือโคแอกกูแลนต์ที่ได้จากพืชนี้ จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำดิบ โดยทั่วไปปฏิริยาจะเกิดได้ดีที่พีเอช ประมาณ 7 หรือต่ำกว่าเล็กน้อย หากเพิ่มพีเอชพบว่า จะต้องเพิ่มปริมาณของโคแอกกูแลนต์

Jahn (1981) ได้ทำการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของอ็อกซิเจนในน้ำมีผลต่อค่าความนำไฟฟ้า น้ำในแม่น้ำไนล์ช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าความนำไฟฟ้าลดลงเหลือ 100-125 ไมโครโมห์/ซม. ที่ 24-25 องศาเซลเซียส เพราะมีการเจือจางด้วยน้ำฝน ซึ่งปกติในฤดูร้อนช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม จะมีค่าความนำไฟฟ้า ประมาณ 220-225 ไมโครโมห์/ซม. อันจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติลดลง

2.7.6.3 ความเข้มข้นของโคแอกกูแลนต์

Sen and Bulsu (1962) ได้ทำการทดลองพบว่าหากใช้โคแอกกูแลนต์ธรรมชาติจากพืชเป็นสารตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Coagulant) กับน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 300 มก./ล. (250 ntu.) จะหาปริมาณที่เหมาะสม (Optimum dose) ได้ยากกว่าน้ำที่มีความเข้มข้นสูง

พืชบางชนิดเป็นโคแอกกูแลนต์ที่ไม่ดี แต่สามารถเป็นโคแอกกูแลนต์เอดที่ดี เช่น พืชตระกูลถั่ว (Leguminales) และกระเจี๊ยบแดง ซึ่งพบว่า หากใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอดกับน้ำที่มีความขุ่นสูง จะสามารถประหยัดการใช้สารส้ม ถึง 40-50% โดยใช้ปริมาณที่เหมาะสมในช่วง 2-20 มก./ล. และสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วงพีเอช 4-9 ในการใช้โคแอกกูแลนต์เหล่านี้ หากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปพบว่า จะทำให้น้ำมีความขุ่นสูงชันกว่าเดิม (Bulusu and Pathak, 1974)

2.7.7 ประสิทธิภาพของโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติจากพืช

2.7.7.1 คุณภาพทางเคมีของน้ำ

Jahn(1981) กล่าวว่า การใช้มะรุม Moringa Oleifera เป็นสารโคแอกกูแลนต์ไม่ทำให้ค่าพีเอช อัลคาไลน์ตี และความนำไฟฟ้าของน้ำดิบเปลี่ยนแปลงไป และถึงแม้จะเติมลงไปจนมีความเข้มข้นถึง 300 มก./ล. ก็ไม่ทำให้รสชาติของน้ำเปลี่ยนแปลง

2.7.7.2 ปริมาณแบคทีเรียในน้ำ

การใช้โคแอกกูแลนต์จากพืชสามารถลดจุลินทรีย์ในน้ำได้เช่นเดียวกับการใช้สารส้ม โดยจะติดไปกับฟล็อกซึ่งเราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า "Contact Coagulation" แต่จะมีการเพิ่มปริมาณขึ้นอีกครั้ง หลัง 24 ชั่วโมงจะเพิ่มปริมาณจนเท่ากับตอนแรก ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากจุลินทรีย์ในน้ำใช้สารอินทรีย์ที่เราเติมลงไปเป็นอาหาร จึงเพิ่มปริมาณขึ้นเท่าเดิม การใช้อะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นโคแอกกูแลนต์ ก็จะมีการเจริญของแบคทีเรียภายหลังเช่นเดียวกัน ดังนั้นปฏิกิริยาการใช้โคแอกกูแลนต์จากพืชจึงต้องมีกระบวนการอื่นตามหลังเสมอ เช่น การกรองช้า ผ่านทรายกรอง การต้มให้เดือด หรือการเติมสารฆ่าเชื้อโรค เช่น คลอรีน (Jahn, 1981)

2.7.7.3 สารปฏิชีวนะที่ปรากฏในโคแอกกูแลนต์จากพืช

Wein et al. (1961) พบสารฆ่าเชื้อรา (Fungicide) ในพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ เป็นสารประกอบกำมะถันและได้สกัดสารปฏิชีวนะจากเมล็ดมะรุมพบว่า มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งเป็นสารพวก 4-(α -L-rhamnosyloxy) benzyl isothiocyanate

2.7.7.4 พืชที่อาจมีต่อสุขภาพ

ในการเลือกพืชมาเป็นโคแอกกูแลนต์ ต้องมีความแน่ใจว่าปราศจากสารพิษ พืชบางชนิดที่นำมาใช้พบว่า มีสารพิษบางอย่าง เช่น สารพวก tetramethy ammonium ในรากของพืช *M.edulis* ซึ่งใช้เป็นสารโคแอกกูแลนต์ในประเทศชูดาน ดังนั้นการเลือกพืชที่ปกติใช้เป็นอาหารของคนหรือสัตว์มาเป็นโคแอกกูแลนต์ จึงมีความเสี่ยงต่อสารพิษน้อยลง

Bulusu and Pathak(1974) ได้ศึกษาถึงการใช้เมล็ดกระเจียวแดง (*Hibiscus Safdarifa*) เป็นสารโคแอกกูแลนต์ โดยบดให้เป็นผงและผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วน 9 : 1 โดยน้ำหนัก สรุปได้ว่า หากใช้กับน้ำดิบความขุ่นปานกลาง (315 unit) จะใช้ปริมาณที่เหมาะสมในช่วง 40-48 มก./ล. สามารถลดความขุ่นได้เหลือ 14 unit และถ้าใช้น้ำดิบความขุ่นต่ำ (43 unit) จะใช้ปริมาณที่เหมาะสม 1-5 มก./ล. แต่ต้องใช้เวลาดกตะกอนนานกว่า เพราะฟล็อกมีลักษณะเบา ซึ่งถ้านำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 พบว่า น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความขุ่นเหลือไม่ถึง 1 unit นอกจากนี้ยังพบว่า ฟอสเฟตในน้ำดิบไม่มีผลต่อการใช้สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติชนิดนี้

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกเป็นอาชีพหลัก และพบว่า พืชหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นโคแอกกูแลนต์ดังกล่าว สามารถพบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ หากมีการนำเอาพืชเหล่านี้มาทดสอบ และพบว่ามีความเหมาะสมเป็นโคแอกกูแลนต์ที่แท้จริง ก็จะสามารถนำพืชเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการนำมาบริโภค มูลเหตุดังกล่าวทำให้สนใจศึกษาเกี่ยวกับโคแอกกูแลนต์ที่ได้จากพืชมากกว่าอย่างอื่น