



ปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำประปาในต่างประเทศ นิยมแยกคั้นสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน ความขุ่นในน้ำดิบจากกากตะกอนในการผลิตน้ำประปากลับมาใช้เป็นสารเคมีในการตกตะกอน ความขุ่นในน้ำดิบอีก ในสมัยก่อนกากตะกอนในการผลิตน้ำประปา จะทิ้งลงแม่น้ำลำคลอง เก็บไว้ใน lagoons หรือนำไปถมที่ ซึ่งการขนส่งกากตะกอนที่ได้ไปยังสถานที่เหล่านี้ทำได้ลำบาก และไม่สะดวก เพราะกากตะกอนนี้มีปริมาณมากและอยู่ในลักษณะกึ่งของไหล (semifluid) ประกอบกับปัจจุบันประชากรเพิ่มมากขึ้น ที่ดินว่าง ๆ ที่จะนำตะกอนไปทิ้งได้แปรสภาพเป็นที่อยู่อาศัยของประชากร จึงได้มีผู้ศึกษาดังคุณสมบัติของกากตะกอนนี้ และหาวิธีลดปริมาณของ กากตะกอนลง จากการศึกษพบว่า การที่กากตะกอนนั้นมีปริมาณมากและอยู่ในสภาพกึ่งของไหล เนื่องจากตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปนอยู่ในกากตะกอนนั้น โดยที่ตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มีคุณสมบัติในการร่อนน้ำได้ดี แม้ว่าตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะนอนกันเร็ว แต่ก็ไม่สามารถที่จะไล่น้ำออกได้หมด ต่อมาได้มีผู้พบว่าการแยกตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ออกจากกากตะกอนในการผลิตน้ำประปาทำให้ปริมาณกากตะกอนนี้ลดลงอย่างมากและสะดวก ต่อการกำจัดทิ้ง นอกจากนี้ยังได้ประโยชน์อีกประการ คือตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่แยก ได้สามารถนำมาเตรียมเป็นสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบได้อีก ทำให้ต้นทุน การผลิตน้ำประปาลดลง 17

สำหรับในประเทศไทยขณะนี้แม้ว่ายังไม่มียุทธศาสตร์เกี่ยวกับการกำจัดกากตะกอนที่ได้จากการประปาก็ตาม แต่เชื่อว่าในอนาคตอันใกล้ก็ต้องประสบปัญหานี้เช่นกัน โดยประชากรเพิ่มมากขึ้นความต้องการน้ำสำหรับบริโภคมีมากขึ้น กากตะกอนจากการประปาจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย การที่จะทิ้งกากตะกอนนี้ลงในคลองจะทำให้คลองตื้นเขินและรับกากตะกอนได้น้อยลง เมื่อถึงจุดนี้ก็จำเป็นที่จะต้องกำจัดกากตะกอนด้วยวิธีอื่น กากตะกอนที่แยกเอาอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ออกจะง่ายต่อการกำจัดทิ้ง ทั้งยังเป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจหากสามารถนำ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่แยกได้มาเตรียมเป็นสารส้ม หรือนำไปเตรียมเป็นสารเคมีอื่นที่เป็นประโยชน์

จุดประสงค์ในการผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้น้ำที่ใส ไม่มีสี ลักษณะภายนอกและรสชาติเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค และที่สำคัญคือน้ำที่ได้ต้องสะอาด ไม่ก่อให้เกิดโรคหรือเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค

แหล่งน้ำดิบที่ใช้สำหรับผลิตน้ำประปาได้จาก 2 แหล่ง คือจากน้ำผิวดิน (surface water) ซึ่งเป็นน้ำที่ได้จากแม่น้ำ และจากน้ำบาดาล (ground water)

### กรรมวิธีในการผลิตน้ำประปา

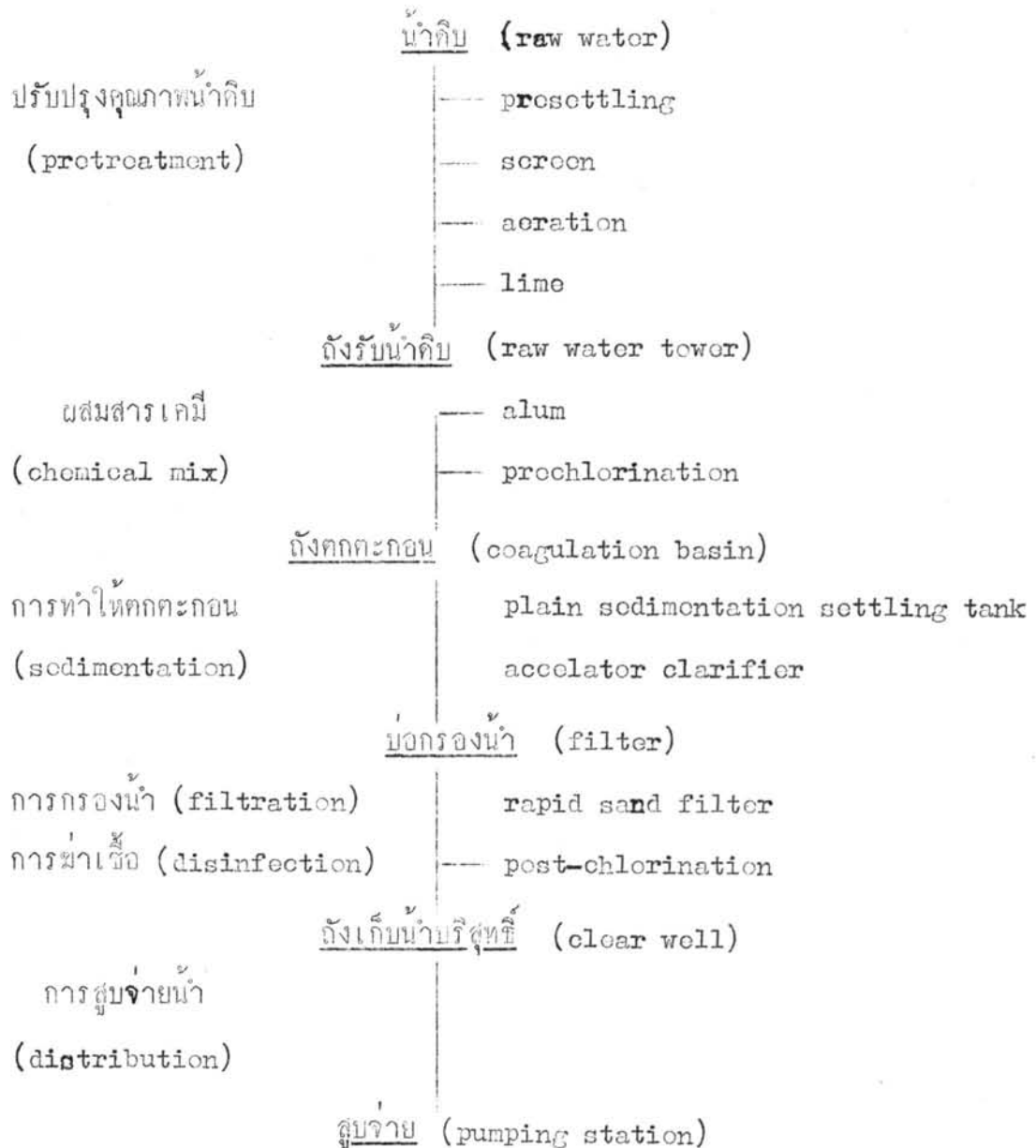
แหล่งน้ำดิบ น้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาได้จากแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณตำบลสำแล อำเภอสยามโคก จังหวัดปทุมธานี โดยมีคลองประปารับน้ำส่งมายังโรงกรอง

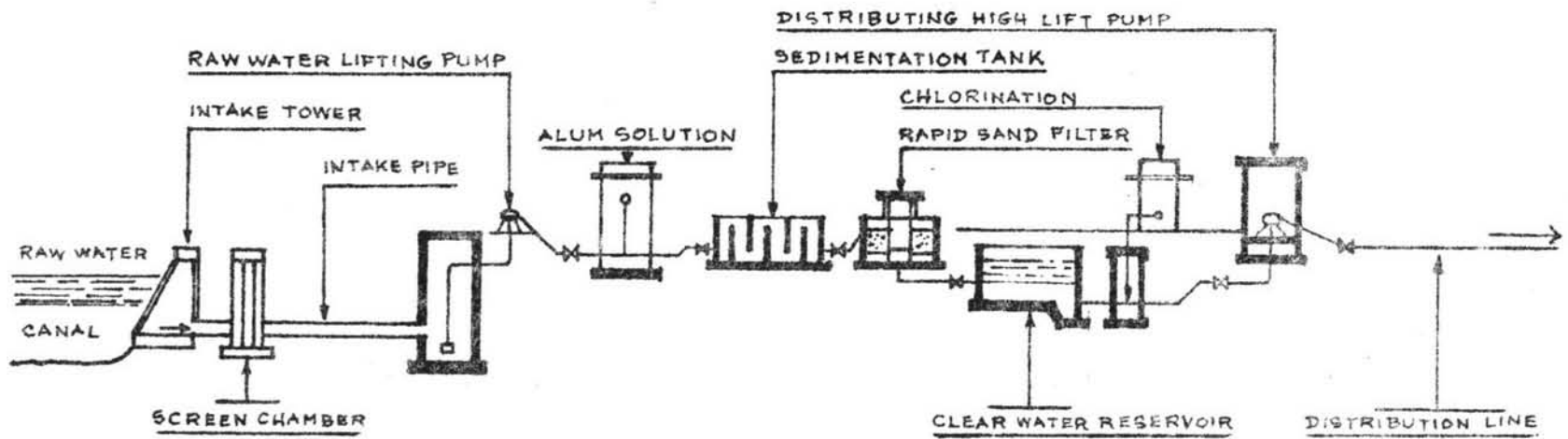
การปรับคุณภาพน้ำดิบก่อนเข้าโรงกรองน้ำ น้ำดิบที่ไหลมาตามคลองประปาจะได้รับการปรับปรุงคุณภาพโดยธรรมชาติ คือความขุ่นจะลดลงตามระยะทางการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้น สารที่ลอยแขวนอยู่ในน้ำจะตกตะกอนลงสู่ก้นคลอง เหลือแต่สารที่อยู่ในลักษณะคอลลอยด์ (colloid) ซึ่งจะตกตะกอนต่อเมื่อใช้สารเคมีช่วย นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ก็จะลดลงด้วย สารที่ละลายน้ำบางตัวเช่นเหล็กจะถูก oxidise โดยออกซิเจนในอากาศเป็น ferric hydroxide ตกตะกอนลงมา น้ำดิบก่อนเข้าโรงกรองน้ำจะผ่านตะแกรง (screen) เพื่อกันเอาสารที่ลอยน้ำซึ่งมีขนาดใหญ่ออกก่อน เช่น สาหร่าย ฝักร้าง เศษไม้ใบหญ้า และถุงพลาสติก

การปรับคุณภาพน้ำภายในโรงกรองน้ำ น้ำดิบจากคลองประปาจะถูกส่งขึ้นสู่ถังตกตะกอน (sedimentation tank) ซึ่งมี 2 แบบคือชนิด Up and Down และ Accolator Clarifier ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ที่ถังตกตะกอนจะเติมสารส้มเพื่อตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ โดยมีเครื่องกวนผสมสารส้มและน้ำดิบให้เข้ากันดี สารส้มจะทำปฏิกิริยากับความเป็นค่างตามธรรมชาติในน้ำดิบ เกิดเป็นสารซึ่งสามารถดึงเอาความขุ่นในน้ำดิบให้ตกตะกอนลงสู่ก้นถังตกตะกอน ส่วนที่เป็นตะกอนจะถูกกำจัดทิ้งต่อไป และส่วนที่เป็นน้ำจะถูกส่งต่อไปยังถังกรองน้ำ

การกรอง ใช้ถังกรองทรายแบบกรองเร็ว (rapid sand filter) ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งบรรจุชั้นทรายและกรวดตามลำดับ เมื่อกรองไปนาน ๆ ชั้นทรายจะอุดตันทำให้อัตราการกรองช้าลง ต้องทำการล้างถังกรอง โดยหันลมย้อนขึ้นมาดันตะกอนที่ติดในชั้นทรายให้หลุด

รูปที่ 1 กรรมวิธีในการผลิตน้ำประปา  
(Water Treatment Process)





2 SAMSEN FILTRATION PLANT DIAGRAM

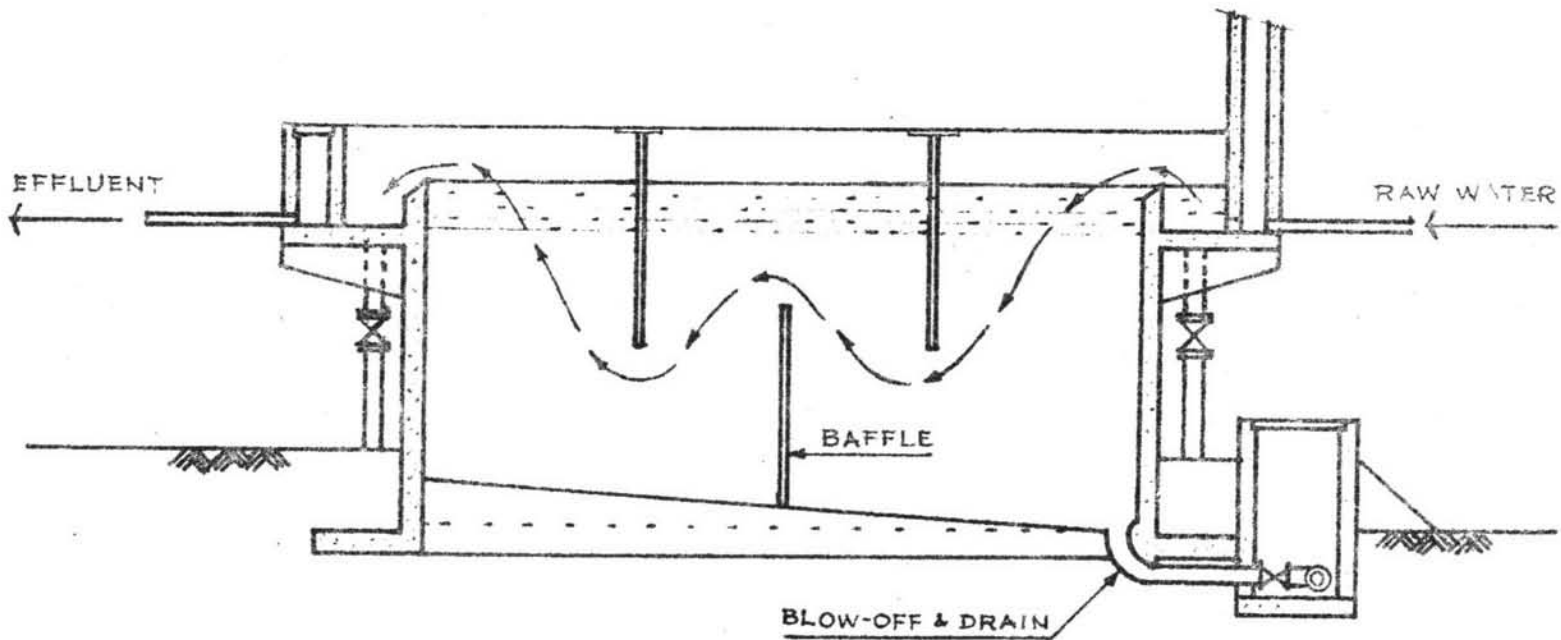
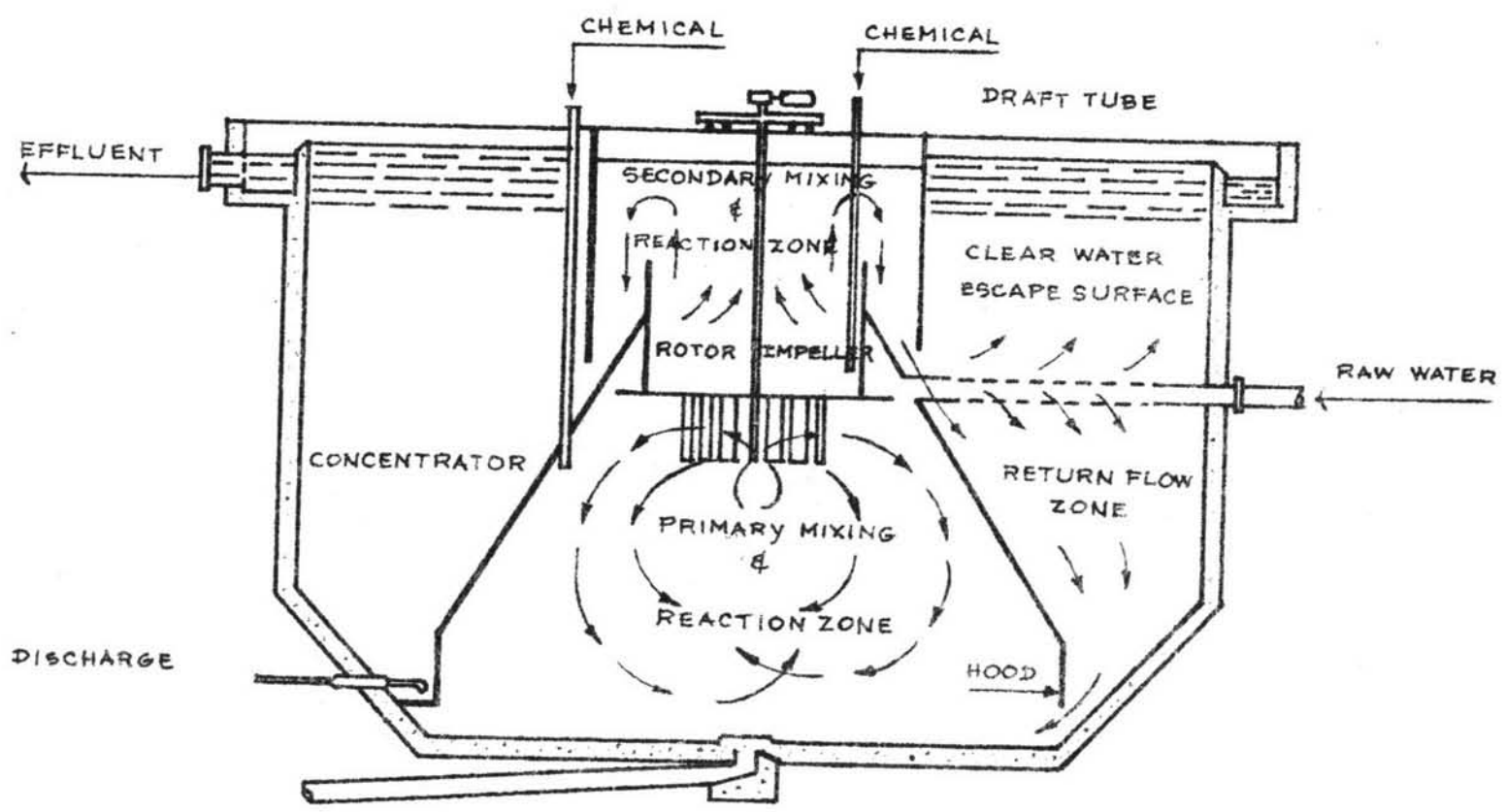


Fig 3

SETTLING TANK "UP AND DOWN"



EFFLUENT

CHEMICAL

CHEMICAL

DRAFT TUBE

SECONDARY MIXING &

REACTION ZONE

ROTOR IMPELLER

CLEAR WATER  
ESCAPE SURFACE

RAW WATER

CONCENTRATOR

RETURN FLOW  
ZONE

PRIMARY MIXING &

REACTION ZONE

DISCHARGE

HOOD

BLOW-OFF & DRAIN

Fig 4

ACCELATOR CLARIFIER

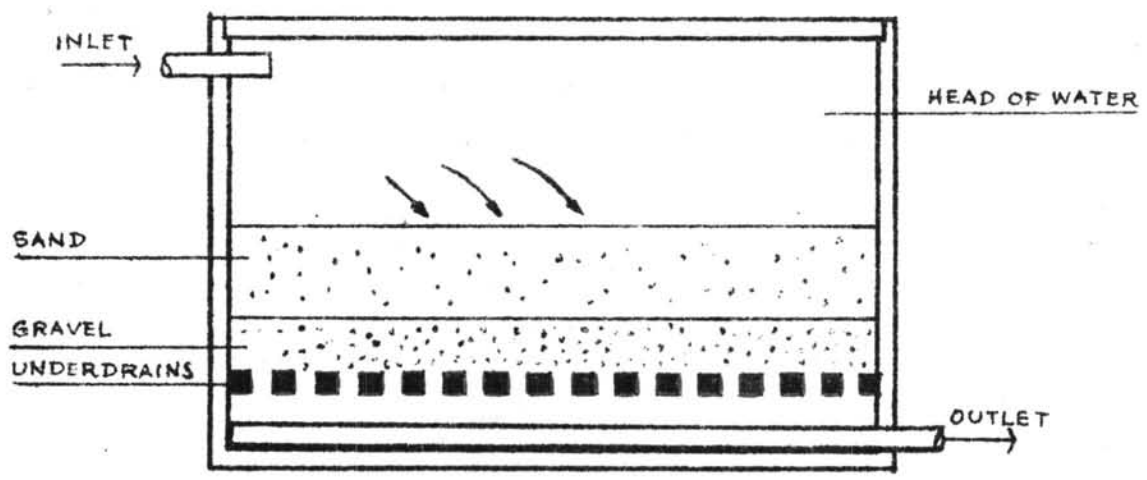


Fig 5

SIMPLIFIED SECTION OF A RAPID SAND FILTER

แล้วใช้น้ำคั้นยอนขึ้นมาล้างจนหมดตะกอนจึงดำเนินการกรองต่อไป น้ำล้างถึงกรองและตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบจะสูบทิ้งลงคลอง ส่วนที่เป็นน้ำซึ่งกรองแล้วจะเก็บไว้ในถังเก็บน้ำใส น้ำที่กรองแล้วจะได้รับการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนก่อนสูบจ่ายไปยังผู้บริโภค

การฆ่าเชื้อโรค ใช้คลอรีนซึ่งทำได้ 2 แบบ คือ ใส่คลอรีนก่อนการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ เรียกว่า pre-chlorination และใส่ภายหลังการกรองก่อนสูบจ่ายไปยังผู้บริโภค เรียกว่า post-chlorination

### การใช้สารเคมี

สารส้ม ปัจจุบันใช้สารส้มน้ำซึ่งผลิตโดยกรมวิทยาศาสตร์-กระทรวงอุตสาหกรรม เวลาใช้น้ำสารส้มนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ ปริมาณสารส้มที่ใช้ในแต่ละวันขึ้นอยู่กับผลการทดลองที่เรียกว่า Jar Test คือการทดลองทางปฏิบัติซึ่งช่วยในการหาปริมาณสารส้มที่พอเหมาะในการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบให้เป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

คลอรีน ใช้คลอรีนเหลว ก่อนใช้ต้องทำการทดลองว่าน้ำก้องการคลอรีนเท่าใด สำหรับความต้องการคลอรีนของน้ำขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ปริมาณคลอรีนที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับปริมาณที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์รวมกับปริมาณที่ต้องการให้เหลือค้างอยู่ในน้ำ

ปูนขาว ใช้เพื่อเพิ่มความเบี่ยงค่างแก่หน้าในกรณีที่มีความเบี่ยงค่างตามธรรมชาติของน้ำดิบไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับสารส้ม

### กลไกในการทำงานของสารเคมีที่ใช้ตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ

เมื่อเติมสารเคมี (coagulating agent หรือ coagulant) ลงในน้ำดิบ สารเคมีจะทำปฏิกิริยากับความเบี่ยงค่างตามธรรมชาติที่มีอยู่ในน้ำดิบ เกิดเป็นตะกอนขุ่น (hydrated metal oxide floc) ซึ่งสามารถดูดซับเอาความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำดิบไว้ เกิดเป็น floc ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนนอนกันลงมา หรืออาจอธิบายกลไกการทำงานของสารเคมีได้อีกแบบหนึ่งในแง่ที่เกี่ยวข้องกับประจุ โดยที่สารซึ่งก่อให้เกิดความขุ่นในน้ำดิบ

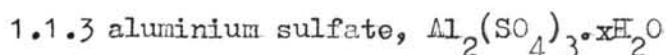
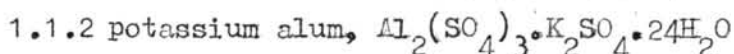
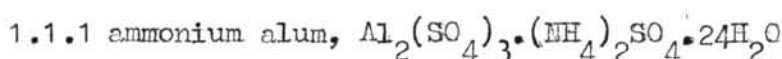


มีประจุลบและสารเคมีที่เติมลงไปมีประจุบวก ดังนั้นจะมีการ neutralise ของประจุเกิดการรวมตัวและตกตะกอนลงมา

### สารเคมีที่ใช้ตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ

#### 1. aluminium salt

1.1 alum หรือสารส้มมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ



แต่ก่อนใช้ ammonium alum และ potassium alum ในการตกตะกอนความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำดิบ ปัจจุบันนิยมใช้สารส้มในรูปของ aluminium sulfate ซึ่งมีสูตร

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  ปฏิกริยาเมื่อเติมสารส้มลงในน้ำดิบ คือ



1.2 sodium aluminate,  $NaAlO_2$  มีในลักษณะที่เป็นผงและเป็นสารละลายซึ่งประกอบด้วย sodium aluminate เป็นส่วนใหญ่ที่เหลือเป็น sodium salt อื่น เช่น sodium carbonate และ sodium hydroxide เมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง



#### 2. iron salt

2.1 copperas,  $FeSO_4$  ใช้ในการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบโดยเกิดเป็นตะกอน ferrous hydroxide ซึ่งถ้ามีออกซิเจนรวมอยู่ด้วยจะถูก oxidise เป็น ferric hydroxide ดังสมการ





2.2 ferric sulfate หรือ ferrisul,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$



2.3 ferric chloride



3. ปูนขาว หรือ lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ใช้เพิ่ม pH ของน้ำให้สูงขึ้น ในกรณีที่มี magnesium มาก ใช้ปูนขาวเพิ่ม pH ของน้ำจนได้ประมาณ 10.5 หรือสูงกว่า<sup>12</sup> magnesium ในน้ำ จะตกตะกอนเป็น magnesium hydroxide,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ซึ่งใช้เป็น coagulant ที่ดี



จากคุณสมบัติอันนี้ของปูนขาวจึงได้มีปูนขาวกับ magnesium carbonate มาใช้ร่วมกัน ในการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบที่มีปริมาณ magnesium น้อย<sup>2</sup> นอกจากปูนขาวจะช่วยเพิ่ม pH ของน้ำทำให้ magnesium ตกตะกอนแล้ว ยังช่วยลดความกระด้างของน้ำลงได้ โดยทำปฏิกิริยากับ carbon dioxide และ bicarbonate ของ calcium และ magnesium ในน้ำเป็น carbonate salt ตกตะกอนลงมาดังนี้



4. polyelectrolyte หรือ polymer เป็นอินทรีย์เคมีที่มีโครงสร้างเป็น chain ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีประจุบน chain แบ่ง polymer ได้เป็น 3 ชนิดคือ

4.1 anionic polyelectrolyte เป็น polymer ที่แตกตัวให้ประจุลบหรือแตกตัวให้ประจุลบมากกว่าประจุบวก

4.2 cationic polyelectrolyte เป็น polymer ที่แตกตัวให้ประจุบวก

หรือแตกตัวให้ประจุบวกมากกว่าประจุลบ

4.3 non - ionic polyelectrolyte เป็น polymer ที่แตกตัวให้ประจุบวกเท่ากับประจุลบหรือไม่มีประจุ

สำหรับการประปานครหลวงใช้สารส้มในการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ ในลักษณะที่เป็นสารละลาย สารส้มเมื่อละลายน้ำจะ hydrolyse ให้สารละลายที่เป็นกรด pH ไม่ต่ำกว่า 2.9 ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้ pH ของน้ำดิบเมื่อเติมสารส้มลดลง pH ที่เหมาะสมในการใช้สารส้มตกตะกอนความขุ่นในน้ำอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 7.2<sup>18</sup> ในกรณีที่น้ำดิบมีความเป็นกรดสูงเพิ่มความเป็นด่างของน้ำให้สูงขึ้น โดยใช้ปูนขาวเติมลงไปก่อนเติมสารส้ม เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำดิบสารส้มจะทำปฏิกิริยากับความเป็นด่างในน้ำดิบซึ่งแทนด้วย calcium bicarbonate,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  เกิดเป็นตะกอนขุ่นของ aluminum hydroxide,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโค้ทั้งกรดและด่าง ดังนั้นการตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบโดยใช้สารส้มต้องให้อยู่ในช่วง pH ที่เหมาะสม Black and Hannah<sup>1</sup> กล่าวว่า การรวมตัวของความขุ่นในน้ำดิบกับสารเคมีขึ้นกับ ชนิด ปริมาณ และขนาด ของความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำดิบ ประจุและ pH ของน้ำดิบ ชนิด ปริมาณ ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ และลำดับในการเติมสารเคมี<sup>24</sup>

### สารส้ม

Aluminium sulfate,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

ชื่ออื่น ๆ Filter alun, Papermakers' alun, Patent alun, Pickle alun และ Cake alun

การเตรียม สารส้มเตรียมได้จากแร่ที่มีเปอร์เซ็นต์ alumina สูงเช่น bauxite โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันหรือให้ทำปฏิกิริยากับด่าง เช่น sodium hydroxide หรือ sodium carbonate ซึ่งเรียกวิธีหลังว่า Bayer process bauxite มักมีเหล็กปน แยกเหล็กโดยให้ทำปฏิกิริยากับ ferrocyanide เกิดเป็นตะกอนของ prussian blue แล้วกรองตะกอนนี้ออก หรือใช้ hydroxide ของโลหะทำให้เหล็กตกตะกอนเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์<sup>28</sup> หรือแยกเหล็กโดยให้ทำปฏิกิริยากับ ammonium chloride<sup>31</sup> ที่ 400 องศาเซลเซียส เหล็กจะเปลี่ยนเป็นเหล็กคลอไรด์ซึ่งละลายน้ำได้ แล้วจึงนำ bauxite ที่

แยกเอาเหล็กออกแล้วมาทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน

อาจเตรียมสารส้มได้จาก clay โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรด เช่น กรดกำมะถัน<sup>38</sup> กรด sulfurous-sulfuric<sup>9</sup> กรดเกลือ<sup>37</sup> นอกจากนี้อาจเตรียมสารส้มได้จาก kaolin และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์<sup>40</sup> โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงการเตรียมสารส้ม โดยใช้ดินขาว<sup>5</sup> bauxite และ muscovite กับ plastic clay<sup>6</sup> โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน

### Specifications ของสารส้ม (Aluminium Sulfate) ชนิดน้ำ

สารส้มชนิดน้ำจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานของ American Water Works Association B 403-70

#### 1. คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- 1.1 สารส้มชนิดน้ำจะต้องใส สามารถมองผ่านไปอ่านเครื่องวัดอัตราการไหลได้
- 1.2 ความถ่วงจำเพาะของสารส้มชนิดน้ำต้องไม่น้อยกว่า 1.30 ที่อุณหภูมิ 20°ซ

#### 2. คุณสมบัติทางเคมี

- 2.1 สารส้มชนิดน้ำจะต้องมี Water Soluble Alumina คิดเป็น Al ไม่น้อยกว่า 4.05% คิดเป็น  $Al_2O_3$  ไม่น้อยกว่า 7.65%
- 2.2 Water Soluble Alumina ( $Al_2O_3$ ) จะต้องใส่ให้มากเกินพอในการทำปฏิกิริยากับ Sulfuric Acid ( $H_2SO_4$ ) หลังจากปฏิกิริยาแล้ว จะต้องมี  $Al_2O_3$  เหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 0.025% โดยน้ำหนัก
- 2.3 มี Total Water Soluble Iron คิดเป็น  $Fe_2O_3$  ได้ไม่เกิน 0.35% โดยน้ำหนัก
- 2.4 มี Suspended Matter ได้ไม่เกิน 0.2% โดยน้ำหนัก

#### 3. การตรวจสอบคุณภาพ

การวิเคราะห์การเก็บตัวอย่างจะต้องดำเนินการตามวิธีที่ระบุในมาตรฐาน American Water Works Association B 403-70

### วิธีแยกคั้นสาร ส้มจากกากตะกอนที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำประปา

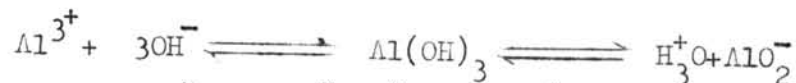
กากตะกอนที่ได้จากการใช้สารส้มตกตะกอนความขุ่นในน้ำดิบ (Alum sludge) จะมีน้ำปนอยู่มาก เนื่องจากตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของสารส้มที่เติมกับความเค็มต่างตามธรรมชาติในน้ำดิบดังนี้



เป็นตะกอนที่มีคุณสมบัติในการอมน้ำได้ดี จึงยากต่อการนำ Alum sludge มาทำการแยกเอาสารส้มกลับมาใช้ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการดำเนินการจะจัดเตรียม Alum sludge โดยทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นเรียก wet method หรือทำให้ Alum sludge แห้ง เรียก dry method ในกรณีหลังอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ใน Alum sludge จะถูกเปลี่ยนเป็นอะลูมินา  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ดังนี้



อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและด่าง (amphoteric substance) ดังสมการ



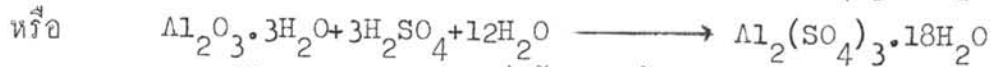
ดังนั้นวิธีการนำเอาสารส้มกลับมาใช้ทำได้ 2 วิธีคือใช้กรด (acidic method) และใช้ด่าง (alkaline method) สำหรับการใช้อ่างจะได้ sodium aluminate และการใช้กรดจะได้ aluminium sulfato

#### Alkaline method

วิธีนี้ ใช้ด่างคือ sodium hydroxide ในการเพิ่ม pH ของ Alum sludge ให้เป็น 11.9<sup>29</sup> ตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ใน Alum sludge จะละลายอยู่ในรูปของ sodium aluminate ถ้าใน Alum sludge มี phosphate ปนอยู่ด้วย phosphate จะทำปฏิกิริยากับด่างที่เติมเป็น sodium phosphate,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  ซึ่งละลาย การแยก sodium phosphate จาก sodium aluminate ทำโดยเติม calcium chloride ให้ทำปฏิกิริยากับ phosphate เป็น calcium phosphate,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ซึ่งไม่ละลาย<sup>13</sup>

Acidic method

วิธีนี้ทำโดยลด pH ของ Alum sludge ด้วยกรดกำมะถัน อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ จะถูกเปลี่ยนเป็น aluminium sulfate ซึ่งอยู่ในสภาพที่ละลายได้



Jewell<sup>23</sup> เป็นบุคคลแรกที่ได้นำสารส้มจาก Alum sludge กลับมาใช้ โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน Slochte and Culp<sup>41</sup> พบว่าอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ใน Alum sludge ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันอย่างสมบูรณ์ที่ pH2 Wosterhoff and Daly<sup>47</sup> รายงานว่าที่ Sturgeon Point สามารถนำสารส้มกลับมามีใช้ได้ถึง 75% ซึ่งมากกว่า ในญี่ปุ่นที่สามารถนำสารส้มกลับมามีใช้ได้เพียง 50 ถึง 70% ทั้งนี้เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ใน Alum sludge ต่างกัน Roberts and Roddy<sup>39</sup> ได้ศึกษาถึงขบวนการในการนำสารส้มกลับมามีใช้โดยตกตะกอน ความร้อนในน้ำคิบ 8 ถึง 10 ครั้ง จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสารที่สามารถละลายได้ในกรดและ ทำให้น้ำเกิดสีเจือปนอยู่ แต่ H.L. Nielson et al<sup>36</sup> พบว่าการใช้กรดเพื่อนำสารส้ม กลับมามีใช้อีก จะทำให้น้ำประปามีสีและสิ่งเจือปนที่สามารถละลายได้ในกรดปนมา Fulton<sup>17</sup> กล่าวว่าขบวนการที่นำเอาสารส้มกลับมามีใช้เป็นวิธีง่าย ๆ ถ้าไม่มีสิ่งเจือปนอื่นในน้ำคิบซึ่ง สามารถตกตะกอนปนลงมากับตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ Faber and Nardozzi<sup>15</sup> และ Roberts and Roddy<sup>39</sup> รายงานว่าสิ่งที่ควรพิจารณาในการนำสารส้มกลับมามีใช้คือการ แยกสารละลายของสารส้มจากสารที่ไม่ละลาย (liquid-solid separation) เมื่อ เติมกรดลงใน Alum sludge Fujita<sup>16</sup> ใช้ vacuum filter ในการแยก สารละลายของสารส้มจาก Alum sludge Faber and Nardozzi<sup>15</sup> ได้กล่าวว่าการนำ สารส้มกลับมามีใช้ ถ้ามีสิ่งเจือปนที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน เช่น เหล็ก และ manganese ควรจะหาวิธีแยกสารเหล่านี้ออกจากสารละลายของสารส้มก่อนการนำเอา สารส้มกลับมามีใช้ Dunkle<sup>14</sup> รายงานว่ามีปัญหาที่เกิดจากการนำสารส้มกลับมามีใช้ นอกจาก จะเกิดจากสารที่ทำปฏิกิริยากับกรดเป็นสารที่ละลายได้ เช่น เหล็ก และ manganese แล้ว

จะมีปัญหาจากสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในกรรกด่างมะถัน การแยกสีอินทรีย์และเหล็ก ซึ่งเป็นตัวการทำให้ น้ำประปาที่ได้มีสีเพิ่มขึ้นหลังจากนำสารส้มกลับมาใช้หลายครั้งกระทำได้โดยใช้เครื่องกรอง แบบ filter press<sup>46</sup> หรือใช้ ultrafiltration<sup>1</sup> H.L. Nielsen et al<sup>36</sup> และ Fulton<sup>17</sup> พบว่าการนำสารส้มกลับมาใช้โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรรกด่าง จะทำให้สามารถ เอาน้ำออกจาก Alum sludge ได้ง่ายขึ้นและปริมาณของ Alum sludge จะลดลง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการกำจัดทิ้ง

### อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่ง

มาตรฐานตามเภสัชตำหรับ<sup>45</sup> อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่งมีอะลูมินา,  $Al_2O_3$  ในรูป ของ oxide ที่มีน้ำในช่วงร้อยละ 50.0 ถึง 57.5 และอาจมีอะลูมิเนียมคาร์บอเนตและ โบคาร์บอเนตปนอยู่ด้วย

ลักษณะ เป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส

การละลาย ไม่ละลายในน้ำและไม่ละลายใน alcohol ละลายได้ในกรรกด่าง (mineral acid) ที่เจือจางและละลายในสารละลายของค่าง

การทดสอบ ละลายอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่ง 500 มก. ในกรรกด่างเจือจาง 10 มล. โดยใช้ความร้อนอ่อน ๆ ช่วยในการละลาย นำสารที่ได้ไปทดสอบว่าเป็น อะลูมิเนียมโดย

1. ให้ทำปฏิกิริยากับ ammonia T.S. จะได้ตะกอนวุ้นสีขาว ซึ่งไม่ละลายใน ammonia T.S. ที่มากเกินไปพอ

2. ให้ทำปฏิกิริยากับ sodium hydroxide T.S. หรือ sodium sulfide T.S. จะได้ตะกอนซึ่งละลายได้ในสารละลายทั้งสองที่มากเกินไปพอ

ปฏิกิริยา เขย่าอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่ง 1 กรัมกับน้ำ 25 มล. กรอง วัด pH ของสารละลายที่ได้ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 8.0

ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรรกด่าง (acid consuming capacity) อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่ง 1 กรัม จะทำปฏิกิริยากับกรรกด่างได้ 0.1N ในปริมาตรที่ไม่ต่ำกว่า 250 มล.



ปริมาณ chloride ไม่เกิน 0.85%

ปริมาณ sulfate ไม่เกิน 0.6%

ปริมาณสารหนู (arsenic) ไม่เกิน 0.0008%

ปริมาณโลหะหนัก (heavy metals) ในรูปของตะกั่ว ไม่เกิน 0.006%

อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่งใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร (gastric antacid) และใช้รักษาโรคแผลในกระเพาะอาหาร<sup>19</sup> (peptic ulcer) ยานี้มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน ทำให้ pH ของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารเปลี่ยนแปลงไป แบ่งยาลดกรดได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Systemic antacid ทำให้สมดุลของกรดและด่าง (acid-base balance) ในร่างกายเปลี่ยนแปลงไป สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดภาวะเป็นด่าง ยาประเภทนี้ ได้แก่  $\text{NaHCO}_3$

2. Non-systemic antacid ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย จึงไม่ทำให้เกิดภาวะความเป็นด่างในร่างกาย ยาประเภทนี้ ได้แก่  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al(OH)}_3$  และ  $\text{Mg(OH)}_2$

อะลูมิเนียมที่ใช้เป็นยาลดกรดใช้ในรูปของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่ง ซึ่งปกติยาน้ำจะให้ฤทธิ์ในการทำลายกรดสูงกว่ายาเม็ด แต่บางครั้งก็ไม่เป็นไปตามทฤษฎี<sup>3</sup> ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรดของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ขึ้นกับวิธีที่ใช้เตรียม เช่น ขึ้นกับ pH<sup>22</sup> และอุณหภูมิ<sup>30</sup> ที่ใช้ในการตกตะกอน ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้<sup>30</sup> ลำดับในการผสมสารเคมี<sup>10,30</sup> การล้างตะกอน<sup>20</sup> และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการล้างตะกอน<sup>25</sup> และการ aging ของตะกอนที่ได้อายุ<sup>22,32,33,35</sup> มีผู้ศึกษาและรายงานถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่งที่คงตัวและมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรดได้ดี<sup>10,21,26,42</sup> การเติม polyhydroxy compound<sup>34</sup> เช่น quercetin, sorbitol, glycerin, sucrose ลงในอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮล จะทำให้ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรดไม่ลดลง เช่นเดียวกับ Tomoaki<sup>43,44</sup> พบว่าการเติม glucose, fructose, mannitol, sorbitol, glycerol และ polyvinyl alcohol ก่อนการทำให้ตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลแท่งจะป้องกัน aging ได้ นอกจากนี้ การทำให้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เฮลเจือจางด้วยน้ำจะทำให้ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรดลดลง<sup>27</sup>