

หนังสืออ่านเพิ่มเติมมหาวิทยาลัย
เครื่อง
การผลิตไฮดาไฟ และผงชูรส



DCID LIBRARY



0000008827

ค. 338.89.9

ก. 181 ก.

ด.5



กระทรวงศึกษาธิการ



หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์

เรื่อง

การผลิตโซดาไฟและผงชูรส

ชั้นมัธยมศึกษา

ของ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่หนึ่ง ๕,๐๐๐ เล่ม

พ. ศ. ๒๕๒๑

ปกกระดาษราคาเล่มละ ๕.๐๐ บาท

(ห้ามขายเกินกว่าราคาที่กำหนดไว้)

จัดพิมพ์โดยองค์การค้ำของคุรุสภา

พิมพ์ที่โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

๕๒ ถนนลาดพร้าว บางกะปิ กรุงเทพมหานคร

มีลิขสิทธิ์ตามกฎหมายพระราชบัญญัติ



ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ
เรื่อง อนุญาตให้ใช้หนังสือในโรงเรียน

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดทำ
หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตผงชูรสและโซดาไฟ
สำหรับชั้นมัธยมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการได้พิจารณาแล้ว อนุญาตให้ใช้
หนังสือนี้ในโรงเรียนได้

ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ มีนาคม ๒๕๒๑

(นายรังสฤษดิ์ เชาว์ศิริ)
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

๑๒ ๗๓ ๕๕๔๔
๙.๐๐๓๐๑ ๑๑
๙.๐๐๓.๖๓๓.๘
๙ ๕๕๑ ก.

คำนำ

หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตผงชูรสและโซดาไฟ
ชั้นมัธยมศึกษา เล่มนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้
จัดทำขึ้น เพื่อให้ครูและนักเรียนตลอดจนผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้
ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากที่ได้มีการเรียนการสอนในห้องเรียนแล้ว

กรมวิชาการหวังว่าหนังสืออ่านเพิ่มเติมเรื่องนี้จะประโยชน์แก่ครู
นักเรียนและผู้สนใจทั่วไปได้ตามสมควร และขอขอบคุณผู้จัดทำที่ได้มีส่วน
ช่วยเหลือการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

กรมวิชาการ

มีนาคม ๒๕๒๑



คำแถลง

สาขาวิชาเคมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเสร็จเรียบร้อยแล้ว และกระทรวงศึกษาธิการได้เริ่มประกาศใช้ทั่วประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๑๔ หลักสูตรใหม่ได้เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการปลูกฝังทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน จุดประสงค์ที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ ต้องการให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เพื่อนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ในการพัฒนาบทเรียนวิชาเคมีนั้น คณะกรรมการได้พยายามให้ผู้เรียนมีบทบาทในการทดลอง และสรุปกฎเกณฑ์ด้วยตนเอง และยังพยายามประยุกต์กฎเกณฑ์เหล่านั้นในการเกษตร และอุตสาหกรรมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของการศึกษาวิชาเคมี

หนังสืออ่านเพิ่มเติมเล่มนี้ คณะกรรมการสาขาวิชาเคมีได้จัดทำขึ้นตามคำเรียกร้องของครูผู้สอน อุตสาหกรรมการผลิตโซดาไฟและผงชูรสเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย คณะกรรมการได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และเขียนขึ้นเป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติม เพื่อจะได้เข้าใจถึงกระบวนการผลิตโซดาไฟและผงชูรสในอุตสาหกรรม ตลอดจนหลักการทางเคมีที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต หวังว่า หนังสือเล่มนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับครู นักเรียน และผู้สนใจที่จะใช้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม หากมีข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขเพิ่มเติม คณะกรรมการยินดีที่จะรับข้อเสนอแนะจากทุกฝ่าย เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงในโอกาสต่อไป

๗๓๗ ส.ก.๒๖๐

(ดร. นิดา สะเพียรชัย)

รองผู้อำนวยการ

วิชาการหัวหน้าสาขาวิชาเคมี

๒ พฤศจิกายน ๒๕๒๐

ประกาศคุณูปการ

การปรับปรุงหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาเคมี เรื่องการผลิตโซดาไฟและผงชูรสนี้ สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือเป็นอย่างดีจากหน่วยงานและบุคคลหลายฝ่าย เป็นต้นว่าบริษัทเอกชนบางแห่งได้อนุญาตให้ผู้ชำนาญของสถาบันได้เข้าชมในโรงงาน ชักถามรายละเอียดต่างๆ ตลอดจนให้ถ่ายภาพหรือให้ภาพมาประกอบการจัดทำเอกสารนี้ และหน่วยราชการบางแห่งได้ให้ออกสารอ้างอิงต่าง ๆ ด้วย

บริษัท ไทยอาซาฮีโซดาไฟ จำกัด

บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

บริษัท อุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวง

อุตสาหกรรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ดร. ประดิษฐ์ เชี่ยวสกุล

ศาสตราจารย์ไชศรี อภรณ์รัตน์

สาขาวิชาเคมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงขอขอบคุณหน่วยงานและบุคคลต่าง ๆ ทั้งที่ได้กล่าวชื่อนามมานี้ และมีได้กล่าวชื่อนามที่มีส่วนช่วยให้การจัดทำเอกสารเรื่องนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ซึ่งจะยังประโยชน์แก่เยาวชนของชาติและผู้สนใจวิชาเคมีสืบไป

สาขาวิชาเคมี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

๑ พฤศจิกายน ๒๕๒๐

สารบัญ

	หน้า
การผลิตโซดาไฟ	๑
กระบวนการผลิต	๑
หลักการทางเคมี	๗
ผลพลอยได้	๙
การผลิตกรดไฮโดรคลอริก	๙
การผลิตสารเคมีฟอกขาว	๑๑
สารเคมีฟอกขาวชนิดน้ำ	๑๒
สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้ง	๑๒
การกำจัดน้ำเสีย	๑๔
ผลผลิตต่อปี	๑๕
การผลิตผงชูรส	๑๗
กระบวนการผลิต	๑๗
หลักการทางเคมี	๒๔
ผลพลอยได้	๒๕
การกำจัดน้ำเสีย	๒๕
ผลผลิตต่อปี	๓๑
ความปลอดภัยในการบริโภคผงชูรส	๓๑
ภาคผนวก	๓๕
การกำหนดมาตรฐานโซดาไฟและผงชูรส	๓๗
การกำหนดคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงงาน	๔๐
ศัพท์	๔๒

การผลิตโซดาไฟ

โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารเคมีที่มีความสำคัญ
ยิ่งอย่างหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้นว่าใช้ใน
อุตสาหกรรมผลิตสบู่ ผงซักฟอก ผงชูรส กระดาษ ซีเมนต์ และยังมีอุตสาหกรรม
กรรมอื่น ๆ อีกหลาย



รูป 1 นาเกลือแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม

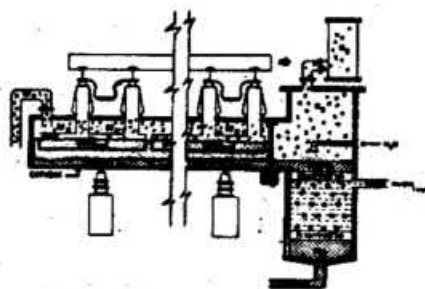
เกลือแกง หรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นวัตถุดิบ เกลือที่ใช้ได้มาจากนาเกลือ
ในจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงครามเป็นส่วนใหญ่ นอกจาก
เกลือสมุทรจากแหล่งเหล่านี้แล้ว เกลือสินเธาว์จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ
ประเทศไทยก็ใช้ได้เช่นกัน ซ้ำยังมีความบริสุทธิ์มากกว่าเกลือสมุทรอีกด้วย
ในกระบวนการผลิตโซดาไฟจะได้ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคลอรีนออกมาเป็นผล
พลอยได้ จึงใช้ผลิตกรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) อันเป็นสารเคมีที่
สำคัญยิ่งอีกอย่างหนึ่งที่ต้องใช้ในอุตสาหกรรมเคมีต่าง ๆ หลายอย่าง

กระบวนการผลิต

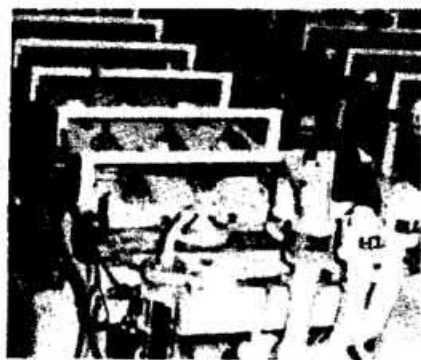
โซดาไฟผลิตได้โดยอาศัยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ซึ่งเป็นวิธีการแยก
สลายสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (น้ำเกลือ) อิมพัลส์ด้วยกระแสไฟฟ้าใน

เซลล์อิเล็กโทรไลต์ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่นิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรมผลิตโซดาไฟ มีอยู่ 2 ชนิด ในโรงงานบางแห่งจะใช้ชนิดเซลล์เมอคิวรี และในบางโรงงานจะใช้ชนิดเซลล์ไดอะแฟรม ซึ่งมีลักษณะและส่วนประกอบของเซลล์แตกต่างกัน

ในการผลิตโซดาไฟด้วยเซลล์อิเล็กโทรไลต์ชนิดเซลล์เมอคิวรี จะมีปฏิกิริยาเป็นคาโธดของเซลล์โซเดียมไอออน (Na^+) จะถูกรีดิวซ์ที่คาโธดแล้วเกิดเป็นโซเดียมอะมัลกัม ซึ่งก็คือโลหะผสมระหว่างปรอทกับโซเดียมนั่นเอง เซลล์มีลักษณะเป็นอ่างตื้น ๆ ยาวประมาณ 10 เมตร บุด้วยยาง จัดเซลล์ให้เอียงลาดเพื่อให้โซเดียมอะมัลกัมไหลไปสู่ถังแยกโซเดียมอะมัลกัม ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้ารูปทรงกระบอก ตั้งรับอยู่ทางปลายล่างของเซลล์ ต้องควบคุมให้ปรอทมีโซเดียมผสมอยู่เพียง 0.2 ถึง 0.3% เท่านั้น หากปริมาณโซเดียมในปรอทสูงเกินไป ปรอทจะหนืดเกินไปและไม่ไหล โซเดียมอะมัลกัมทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน ในถังแยกโซเดียมอะมัลกัมมีแกรไฟต์เม็ดบรจุไว้เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้โซเดียมอะมัลกัมสัมผัสกับน้ำมากขึ้น ยังผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ต้องควบคุมให้น้ำไหลเข้าสู่ถังแยกโซเดียมอะมัลกัมนั้นในอัตราพอเหมาะเพื่อให้ได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นประมาณ 50% สำหรับ



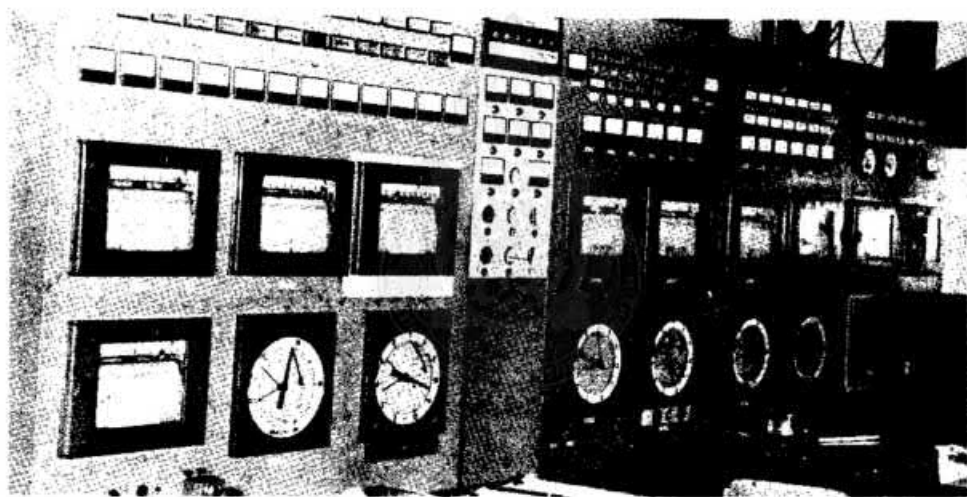
รูป 2 แผนภาพส่วนประกอบของเซลล์เมอคิวรี



รูป 3 เซลล์เมอคิวรีในโรงงาน

ส่งออกจำหน่าย หรือจะทำให้เข้มข้นขึ้นอีกเพื่อผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นก้อน เป็นเม็ด หรือเป็นเกล็ด ตามความต้องการของตลาดต่อไป ส่วนปรอทซึ่งจมอยู่ที่ก้นถังแยกโซเดียมอะมัลกัมนั้นสามารถสูบกลับไปใส่คืนเซลล์ทางด้านบนที่ยกไว้สูงได้อีก

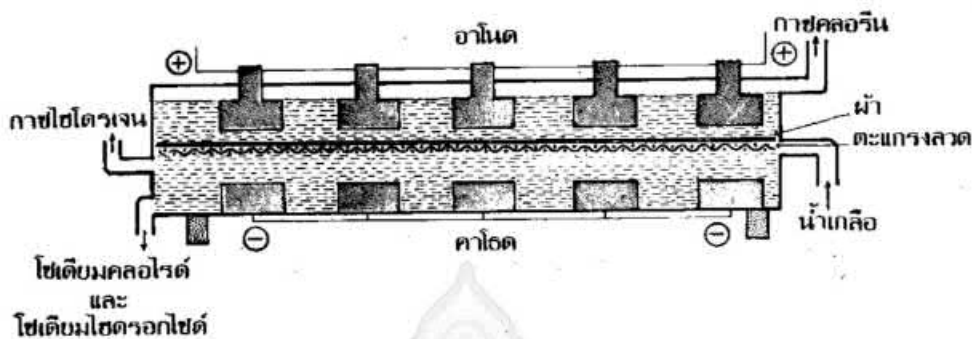
อาโนดของเซลล์เมอคิวรีทำด้วยแผ่นแกรไฟต์หนา ๆ แขนเวียนกันอยู่เหนือผิวปรอทราว 2 ถึง 3 มิลลิเมตร คลอไรด์ไอออน (Cl^-) จะถูกออกซิไดส์ที่อาโนดนี้เกิดเป็นก๊าซคลอรีนออกไปตามท่อที่อยู่ทางปลายด้านบนของเซลล์เพื่อส่งไปทำให้บริสุทธิ์และอัดเป็นของเหลว หรือใช้ผลิตกรดไฮโครคลอริกต่อไป



รูป 4 ห้องควบคุมเซลล์เมอคิวรี

โรงงานจะปล่อยน้ำเกลือให้ไหลเวียนผ่านเซลล์ตลอดเวลา เมื่อแรกเข้าสู่เซลล์ น้ำเกลือชั้น 300 กรัม/ลิตร ตอนไหลออกจากเซลล์น้ำเกลือชั้นประมาณ 260 กรัม/ลิตร ต้องทำให้น้ำเกลือที่ไหลออกจากเซลล์เย็นลง ก่อนที่จะเติมเกล็ดลงไปอีก น้ำเกลือที่ไหลผ่านเซลล์ร้อนจัดเพราะโรงงานส่งกระแสไฟฟ้าจำนวนมากผ่านไปน้ำเกลือ

ส่วนการผลิตโซดาไฟด้วยเซลล์อิเล็กโทรไลต์ชนิดเซลล์ไดอะแฟรมนั้นมีส่วนที่แตกต่างจากการใช้เซลล์เมอคิวรีตรงที่ ในเซลล์ไดอะแฟรมไม่ได้ใช้ปรอทเป็นขั้ว



รูป ๕ แผนภาพส่วนประกอบของเซลล์ไดอะแฟรม



รูป ๖ เซลล์ไดอะแฟรมในโรงงาน

ไฟฟ้า แต่ใช้แกรไฟต์เป็นทั้งแอโนดและคาโทด หรือบางแบบอาจใช้โลหะกิตเนียมเป็นแอโนดและเหล็กเป็นคาโทดแทนแกรไฟต์ คาโทดมีลักษณะเป็นแผ่นวาง

ไว้ที่กันอย่างมีตะแกรงลวดกั้นระหว่างคาโธดกับแอโนดซึ่งอยู่บนอ่าง มีผ้าปูบนตะแกรงลวดอีกชั้นหนึ่ง โมเลกุลของน้ำจะถูกรีดิวซ์เป็นก๊าซไฮโดรเจนและไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ที่คาโธด และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) จะถูกออกซิไดส์ไปเป็นก๊าซคลอรีนที่แอโนด สารละลายในเซลล์จะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปนอยู่กับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 15% เท่านั้น ต้องนำไปทำให้เข้มข้นโดยวิธีเคียว เมื่อเคียวจนสารละลายมีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 50% โซเดียมคลอไรด์ที่ปนอยู่จะตกผลึก ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์จะยังคงละลายอยู่ในสารละลายต่อไป แยกเอาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่บริสุทธิ์ได้โดยวิธีเซนทริฟิวจ์

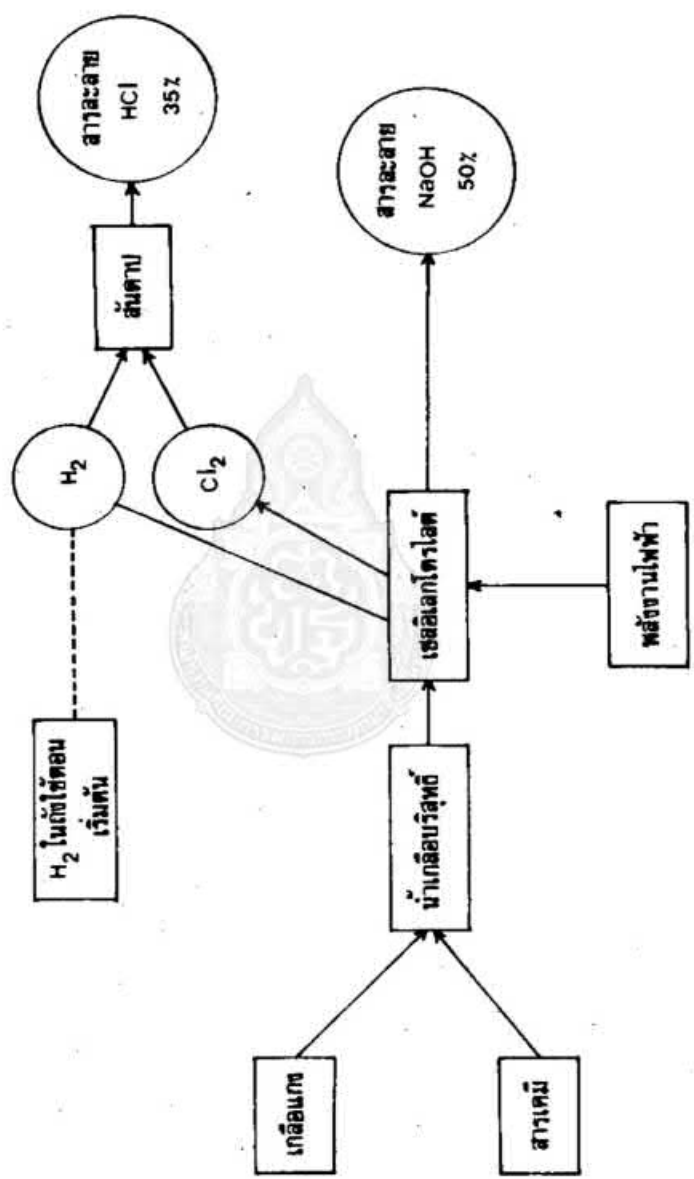
โดยที่เกลือสมุทรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต มีส่วนประกอบของโซเดียมคลอไรด์อยู่ประมาณ 85% เมื่อจะนำน้ำเกลือไปใช้ จึงจำเป็นต้องทำให้บริสุทธิ์เสียก่อนโดยการทำให้ไอรอน (III) อีออน มักเนเซียมอีออน อัลเลียมอีออน และซัลเฟตอีออน ตกตะกอนแล้วกรองแยกออกไป ปรับ pH ของสารละลายให้เหมาะสมแล้วจึงส่งไปยังเซลล์ต่อไป

ไฟฟ้าเป็นพลังงานสำคัญยิ่งในการผลิตโซดาไฟ พลังงานไฟฟ้าที่โรงงานรับมาจะถูกแปลงให้มีศักย์ไฟฟ้าต่ำลง แล้วเปลี่ยนเป็นไฟกระแสตรงด้วยเรกติไฟเออร์ซิลิกอน และทำให้ศักย์ไฟฟ้าวางระหว่างขั้วของเซลล์เท่ากับ 4.2 โวลต์ หรือในบางโรงงานอาจใช้ศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่านี้ และใช้กระแสประมาณ 42,000—50,000 แอมแปร์ หรือสูงกว่านี้

กระบวนการผลิตโซดาไฟ อาจเขียนเป็นแผนภาพแสดงได้ดังรูป 7

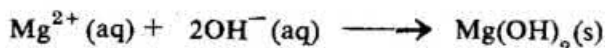
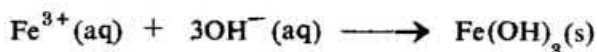
* สารละลายที่มี NaOH ผสมรวมกับ NaCl นี้มีชื่อเรียกว่า Cell liquor

รูป 7
แผนภาพกระบวนการผลิตโซดาไฟ

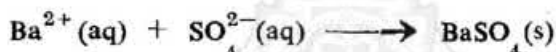


หลักการทางเคมี

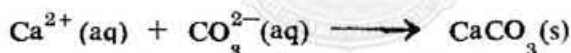
เนื่องจากเกลือแกง (NaCl) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโซดาไฟ ยังมีสารอย่างอื่นเจือปนอยู่ ดังนั้นก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสจึงจำเป็นต้องทำให้เกลือแกงนั้นบริสุทธิ์เสียก่อน โดยการเติมสารละลายไฮดรอกไซด์ลงไปให้น้ำเกลือเพื่อทำให้เหล็กและแมกนีเซียมตกตะกอน



ต่อไปก็เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) เพื่อทำให้ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ตกตะกอนโดยควบคุมให้มีซัลเฟตไอออนเหลืออยู่ในสารละลายไม่เกิน 2 กรัมต่อลิตร



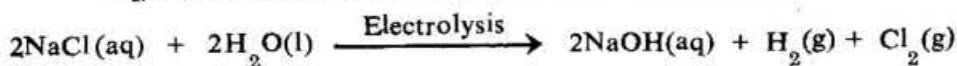
ส่วนกัลเซียมที่ยังค้างอยู่ในสารละลายก็จะตกตะกอนออกมาเมื่อเติมสารละลายไฮดรอกไซด์คาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงไป



รูป 8 เครื่องกรอง

แยกตะกอนต่าง ๆ ออกจากสารละลายโดยผ่านน้ำเกลือไปยังเครื่องกรองแล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก เพื่อกำจัดโซเดียมคาร์บอเนตที่อาจตกค้างอยู่ การเติมกรดในขั้นนี้ต้องปรับให้น้ำเกลือมี pH พอเหมาะ

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์อิเล็กโทรไลต์จะต้องเป็นดังนี้

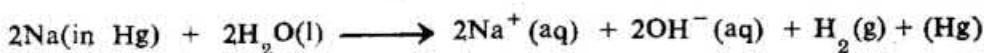


ไฮโดรเจนและคลอรีนจะแยกตัวออกจากสารละลายได้เพราะเป็นก๊าซ ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์จะยังคงอยู่ในสารละลายต่อไป

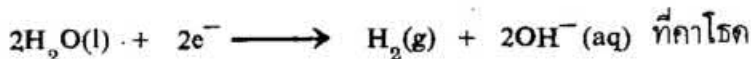
ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์เมอคิวรีกับเซลล์โคอะแฟรมจะต่างกันเล็กน้อย ในเซลล์เมอคิวรี ซึ่งใช้ปรอทเป็นคาโทด และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ หรือน้ำเกลือมีความเข้มข้นมาก โซเดียมอออนจะถูกรีดิวซ์แล้วรวมกับปรอทเป็นโซเดียมอะมัลกัม



เมื่อแยกเอาโซเดียมอะมัลกัมไปทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้โซเดียมไฮดรอกไซด์กับก๊าซไฮโดรเจน และยังได้ปรอทกลับคืนมาใช้เป็นคาโทดได้อีก

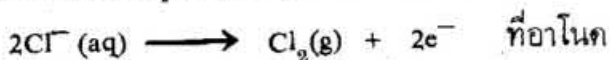


ส่วนในเซลล์โคอะแฟรมซึ่งใช้แกรไฟต์เป็นคาโทด โมเลกุลของน้ำจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นไฮโดรเจนและไฮดรอกไซด์อออน



ไฮดรอกไซด์อออนจะอยู่รวมกับโซเดียมอออนในสารละลาย

สำหรับปฏิกิริยาเคมีที่แอโนดเซลล์อิเล็กโทรไลต์ทั้งสองชนิดนี้จะเหมือนกัน กล่าวคือคลอไรด์อออนจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นก๊าซคลอรีน



สรุปได้ว่าในการแยกสลายสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งถือว่าเป็นสารตั้งต้นด้วยกระแสไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จะได้โซดาไฟ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคลอรีน เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์

โรงงานจะผลิตโซดาไฟให้อยู่ในรูปลักษณะที่ต้องการใช้ หรือตามความต้องการของตลาด กล่าวคืออาจผลิตให้อยู่ในลักษณะสารละลายซึ่งเรียกว่าโซดาไฟชนิดเหลว หรือผลิตให้อยู่ในลักษณะเป็นเม็ด เกล็ด หรือก้อน ซึ่งเรียกว่าโซดาไฟชนิดแข็ง นอกเหนือจากนี้โรงงานยังจะต้องพยายามควบคุมคุณภาพของโซดาไฟที่ผลิตขึ้นให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน* ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมอีกด้วย

ผลพลอยได้

ในการผลิตโซดาไฟด้วยกระบวนการดังกล่าวแล้ว มีผลพลอยได้สำคัญเกิดขึ้นด้วยคือ ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคลอรีน ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตกรดไฮโดรคลอริกและสารเคมีฟอกขาวชนิดต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

การผลิตกรดไฮโดรคลอริก

กระบวนการผลิต

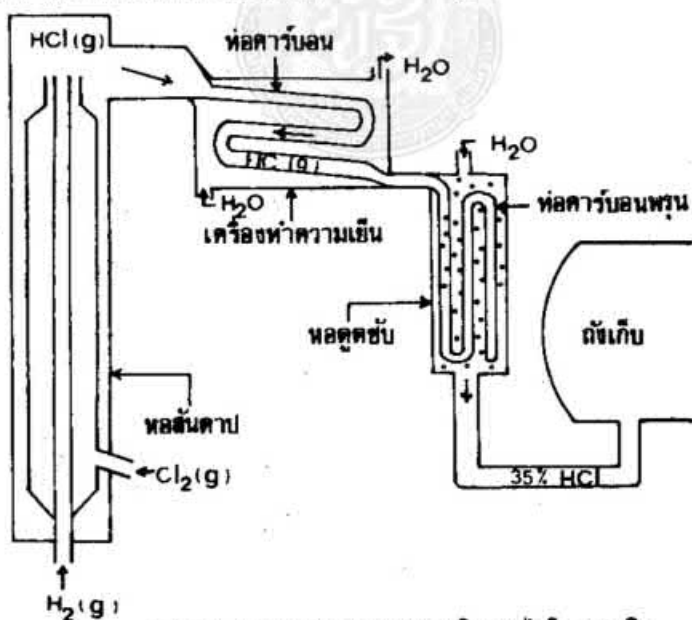
ผ่านก๊าซไฮโดรเจนเข้าไปในท่อ แล้วจุดไฟตรงทางออกของก๊าซไฮโดรเจน เพื่อให้เกิดการสันดาประหว่างก๊าซไฮโดรเจนและคลอรีนที่ผ่านมาทางอีกท่อหนึ่ง ผ่านไฮโดรเจนเข้าไปให้มีปริมาณมากกว่าความต้องการประมาณ 5—10% เพื่อ

*รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก I



รูป ๑ หน่วยผลิตกรดไฮโดรคลอริก

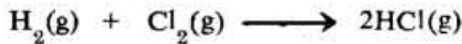
กันไม่ให้มีคลอรีนหลงเหลืออยู่ในหอสูงที่เกิดการสันดาปร้อนถึง 950 องศาเซลเซียส ต้องทำให้ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์เย็นลง โดยผ่านไปตามท่อยาว ๆ ที่ขดไว้เพื่อให้ความร้อนระบายออกไปบ้าง ใช้น้ำหล่อท่อจนก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วจึงผ่านไปในห้องดูดซับซึ่งมีน้ำพ่นลงมา ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์จะซึมผ่านท่อคาร์บอนพรมมารวมกับน้ำเป็นกรดไฮโดรคลอริก 35% โดยน้ำหนัก เก็บไว้ในถังบุงยาง



รูป 10 แผนภาพกระบวนการผลิตกรดไฮโดรคลอริก

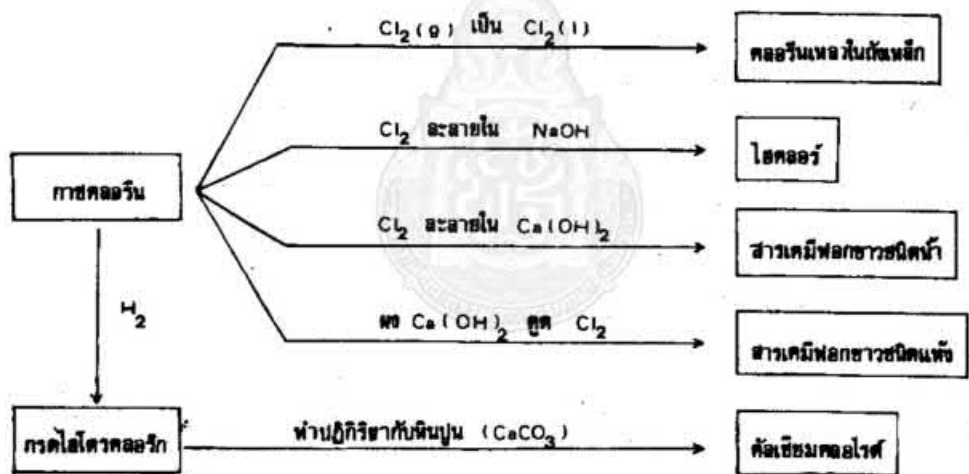
หลักการทางเคมี

เผาก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซคลอรีนให้รวมกันเป็น ก๊าซ ไฮโดรเจนคลอไรด์
ทั้งสมการ



ปฏิกิริยานี้คายความร้อน จึงต้องทำให้ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์เย็นลงบ้าง
ก่อนผ่านลงน้ำ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ละลายในน้ำเกิดเป็นกรดไฮโดรคลอริก

ก๊าซไฮโดรเจนและคลอรีนที่เหลือจากการใช้ผลิตกรดไฮโดรคลอริก จะ
นำไปใส่ถังเหล็กไว้ขาย ส่วนคลอรีนนอกจากจะอัดใส่ถังเหล็กแล้วยังใช้ผลิตเคมี-
ภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อีกหลายอย่าง ทั้งแสดงในรูปต่อไปนี้



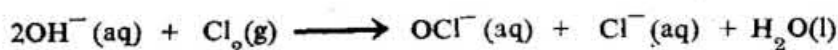
รูป 11 การใช้คลอรีนผลิตผลพลอยได้ต่าง ๆ

การผลิตสารเคมีฟอกขาว

สารเคมีฟอกขาวที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 ชนิด คือสารเคมีฟอกขาว
ชนิดน้ำหรือสารละลายฟอกขาว กับสารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งหรือผงฟอกขาว
ซึ่งล้วนเป็นเคมีภัณฑ์ที่ผลิตมาจากก๊าซคลอรีนทั้งสิ้น

สารเคมีฟอกขาวชนิดน้ำ

ในการผลิตสารเคมีฟอกขาวชนิดน้ำ โรงงานจะผ่านกาซคลอรีนไปผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ปฏิกริยาเคมี ที่เกิดขึ้นเขียนแทนด้วยสมการดังนี้



ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ซึ่งนิยมเรียกชื่อทางการค้าว่า “ไฮคลอร์” เป็นสารละลายที่ให้คลอรีนอิสระประมาณ 10% โดยน้ำหนักหรือถ้าใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ก็ได้แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) ซึ่งเป็นสารละลายที่จะให้คลอรีนอิสระประมาณ 6% โดยน้ำหนัก โดยทั่ว ๆ ไปแล้วถ้ากล่าวถึงสารเคมีฟอกขาวชนิดน้ำหรือสารละลายฟอกขาวมักจะหมายถึงสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรต์นี้

สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้ง

เมื่อผ่านกาซคลอรีนไปยังผงปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ก็จะได้สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้ง หรือผงฟอกขาวซึ่งมีคลอรีน 27—35% โดยน้ำหนัก เมื่อเติมกรดลงไป สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งจะปล่อยกาซคลอรีนคื่นออกมาโดยง่าย

กระบวนการผลิต

การผลิตสารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งทำเป็นครั้ง ๆ ไป ไม่ได้ทำต่อเนื่อง เช่น ใช้ปูนขาวจำนวนหนึ่ง (500 กิโลกรัม) แล้วทำให้เป็นสารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งจนเสร็จก่อนแล้วจึงเริ่มต้นใหม่ ปูนขาวที่ใช้ดูดคลอรีนได้ดีจะต้องมีความชื้นประมาณ 0.8% (ปูนขาวที่ผลิตในประเทศไทย มีความชื้น 5 ถึง 15%) ดังนั้น จึงต้องอบปูนขาวให้แห้งก่อน การอบกินเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงใส่ปูนขาวลงในถังรูปทรงกระบอก หมุนตัวช้า ๆ ประมาณ 2 รอบก่อนที่ ท่อ

จากนั้นก็ผ่านก๊าซคลอรีนผสมอากาศที่มีอุณหภูมิประมาณ 18 องศาเซลเซียสเข้าไปในถัง ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะคายความร้อนออกมา ต้องระวังมิให้อุณหภูมิในถังสูงเกิน 45 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนเกินไปสารเคมีฟอกขาวจะสลายตัว ขบวนการนี้ใช้เวลามากกว่า 17 ชั่วโมงจึงจะเสร็จสมบูรณ์



รูป 12 โรงงานผลิตสารเคมีฟอกขาว

หลักการทางเคมี

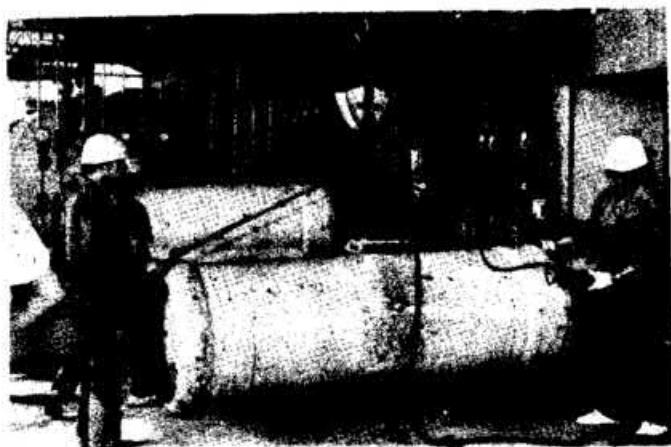
สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งไม่ใช่สารบริสุทธิ์ มีกลีเซียมไฮโปคลอไรต์กับกลีเซียมคลอไรต์ผสมกันอยู่ โดยทั่วไปมักจะเขียนสูตรของสารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งเป็น $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ และนิยมเขียนสมการเคมีแสดงการผลิตสารเคมีฟอกขาวชนิดแห้งดังนี้



การผลิตคลอรีนเหลว

ก่อนที่จะอัดก๊าซคลอรีนใส่ลงในถัง จะต้องทำให้ก๊าซคลอรีนบริสุทธิ์เสียก่อน โดยการใช้น้ำล้างก๊าซให้สะอาดปราศจากไอเกลือ แล้วใช้กรดซัลฟูริกดูดน้ำออกจากก๊าซจนแห้งสนิท ผ่านก๊าซคลอรีนแห้งนั้นเข้าเครื่องทำความเย็นภายใต้อุณหภูมิ -42 ถึง -50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือดของคลอรีน (b.p. ของ Cl_2 เท่ากับ -35°C) เก็บก๊าซคลอรีนที่เป็นของเหลวนั้นไว้ในถังเก็บขนาดใหญ่ (ขนาด 15 ตัน) ในการจำหน่ายนิยมอัดใส่ถังขนาด 50–1000 กิโลกรัม โดยใช้ความดันประมาณ 1.27×10^6 นิวตันต่อตารางเมตร

รูป 13 ถังบรรจุถ่านกัลลอรีน



การกำจัดน้ำเสีย

น้ำทิ้งของโรงงานไหลมารวมกันในบ่อพักเพื่อให้ของแข็งตกตะกอนแยก-
ออก แล้วจึงทำให้บริสุทธิ์ด้วยสารเคมีก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ เมื่อของแข็งแยกตัว



ออกจากน้ำแล้ว ก็สูบน้ำ
ในบ่อพักให้ไหลผ่านถัง
ซึ่งมีผงถ่าน (activated
carbon) บรรจุอยู่ ถ่าน
จะดูดกลืนสารอินทรีย์
และปรอทบางส่วนออก-
จากน้ำ หลังจากนั้นก็
สูบน้ำไปผ่านเรซินสัง-
เคราะห์เพื่อดูดเอาปรอท

และโลหะอื่นๆ ออก
รูป 14 หน่วยกำจัดน้ำเสียของโรงงานผลิตไฟฟ้า
เจ้าหน้าที่ของโรงงานจะคอยตรวจสอบอยู่เสมอเพื่อระวังมิให้น้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำมี
ปรอทและสารอื่นๆ เกินกว่าปริมาณที่กฎหมายกำหนดไว้

ผลผลิตต่อปี

ปริมาณความต้องการโซดาไฟของตลาดในประเทศไทยได้เพิ่มสูงขึ้นทุกปี จากสถิติที่กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมได้รวบรวมไว้พบว่า โรงงานต่าง ๆ ในประเทศผลิตโซดาไฟในพ.ศ. 2510 จำนวน 9,609 ตัน และปริมาณการผลิตได้เพิ่มขึ้นทุกปี ๆ จนสูงถึง 61,254 ตันในปีพ.ศ. 2519 ในจำนวนผู้ผลิตโซดาไฟที่มีอยู่ 5 รายขณะนี้คือ บริษัทไทยอาซาฮีโซดาไฟ จำกัด บริษัทอายิโนะโมะโต๊ะ จำกัด บริษัทอุตสาหกรรมไทยซุส จำกัด บริษัทแสงฟ้าโภชนาอุตสาหกรรม จำกัด และบริษัทไทยเฟอร์เมนเทชัน อินดัสตรี จำกัด บริษัทไทยอาซาฮีโซดาไฟ จำกัด เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บริษัทนั้นนอกจากจะผลิตโซดาไฟได้ถึง 50% ของผลผลิตโซดาไฟทั้งหมดในประเทศแล้ว ยังผลิตกรดไฮโดรคลอริก คลอรีนเหลว และสารเคมีฟอกขาวชนิดต่าง ๆ อีกด้วย ดังตัวอย่างสถิติแสดงปริมาณการผลิตของบริษัทในปีพ.ศ. 2519 ดังต่อไปนี้

โซดาไฟ (NaOH)	สารละลาย	50% จำนวน 30,363 ตัน
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	สารละลาย	35% จำนวน 28,160 ตัน
คลอรีนเหลว (Cl ₂)		99.5% จำนวน 1,766 ตัน
สารเคมีฟอกขาวชนิดแห้ง (Ca(OCl)Cl)		27—35% จำนวน 400 ตัน
สารเคมีฟอกขาวชนิดน้ำ (Ca(OCl) ₂)		6% จำนวน 13,773 ตัน
ไฮคลอร์ (NaOCl)		10% จำนวน 1,693 ตัน

ผู้ผลิตรายอื่น ๆ ส่วนใหญ่มักจะผลิตโซดาไฟขึ้นเพื่อใช้ในโรงงานของตนเองเท่านั้น กล่าวคือผลิตขึ้นเพื่อใช้ในโรงงานผลิตผงซุส

การใช้ก๊าซคลอรีนเพื่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังอยู่ในวงจำกัด อุตสาหกรรมที่จะใช้คลอรีนมากที่สุด คือ การผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ หรือพีวีซี

(PVC) อุตสาหกรรมพลาสติกชนิดนี้จะทำได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) ราคาถูก เอทิลีนได้มาจากอุตสาหกรรมเปโตรเคมีกัลเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นถ้าเรายังไม่มีอุตสาหกรรมเปโตรเคมีกัล โอกาสที่จะใช้คลอรีนผลิตพลาสติกพีวีซีจึงมีน้อยมาก นอกจากจะใช้วิธีผลิตกาซอะเซทิลีน (C_2H_2) จากถ่านเชื่อมคาร์ไบด์ (CaC_2) ไปทำปฏิกิริยากับกาซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) เพื่อผลิตไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์หรือวีซีเอ็ม (VCM) ได้อย่างคุ้มค่าของการลงทุน นอกจากนี้ อุตสาหกรรมผลิตยาฆ่าแมลงบางชนิดเช่น ดีดีที ก็ต้องใช้คลอรีนมากเช่นกัน

กรดไฮโดรคลอริกใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ หลายอย่าง เช่น ใช้แซ่เหล็กกล้าเพื่อขจัดออกไซด์จากผิวก่อนที่จะฉาบสารกับสนิม ใช้ในการสะเทินน้ำเสียที่เป็นด่าง ใช้ในการผลิตผงชูรส เจลาตินจากกระดูก และถ่านเชื่อมคลอไรด์เป็นต้น

สารเคมีฟอกขาวใช้มากในการฟอกถ้วย และการผลิตเยื่อกระดาษ ไฮคลอร์ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำบริโภคและน้ำในสระว่ายน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในการฆ่าแบคทีเรียในพืชผักที่ใช้รับประทานด้วย

การผลิตผงชูรส

ผงชูรส หรือโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนไฮเดรต
(Monosodium L-glutamate monohydrate, $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COONa} \cdot \text{H}_2\text{O}$)

เป็นสารเคมีปรุงแต่งรสอาหารที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั่วไปสำหรับเพิ่มรสชาติและขจัดรสขื่นของอาหาร อาจกล่าวได้ว่าผงชูรสก็คือเกลือที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์กับการคกกลูตามิกนั่นเอง ดังนั้นในการผลิตผงชูรสจึงจำเป็นต้องมีสารเคมีทั้งสองชนิดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และการคกกลูตามิก

ในตอนแรกของเอกสารนี้ได้กล่าวถึงการผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟมาแล้วว่าได้มาจากการแยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงด้วยกระแสไฟฟ้า สำหรับการคกกลูตามิก^{*} นั้นก็คือ กรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนนั่นเอง ในทางอุตสาหกรรม การคกกลูตามิกได้มาจากวัตถุดิบหลายอย่าง ที่สำคัญได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง น้ำเหลืองน้ำตาล (หรือกากน้ำตาล) และสังเคราะห์จากกรดอะซิติก เป็นต้น โรงงานผลิตผงชูรสในประเทศไทยได้การคกกลูตามิกมาจากแป้งมันสำปะหลัง และน้ำเหลืองน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ คงจะได้กล่าวต่อไป

* สารที่มีสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างเหมือนกันกับผงชูรสมีอยู่อีกสารหนึ่งคือ Monosodium D-glutamate แต่สารนี้ไม่มีสมบัติในการชูรสอาหารเลย L หรือ D เป็นคำที่ใช้บอกสมบัติเกี่ยวกับ optical activity ของสารซึ่งเป็นไอโซเมอร์อีกแบบหนึ่ง

** ไอโซเมอร์ที่ต้องการคือ L-Glutamic acid

กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตผงชูรสจากแป้งมันสำปะหลังหรือน้ำเหลือของน้ำตาลมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นแรกเป็นกระบวนการไฮโดรไลซ์วัตถุดิบให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) และฟรุกโตส ($C_6H_{12}O_6$) โดยการเคี่ยวแป้งมันสำปะหลัง หรือน้ำเหลือของน้ำตาล (กากน้ำตาล) กับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ในถังเคี่ยวที่อุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งนิยมเรียกชื่อเฉพาะของขั้นนี้ว่าแซกการิฟิเคชัน อันเป็นกระบวนการทำให้โมเลกุลของแป้งหรือน้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) แยกสลายออกเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส ถ้าใช้น้ำเหลือของน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในขณะเคี่ยวจะมีกัลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ตกตะกอนออกมาด้วย เพราะว่าโรงงานทำน้ำตาลได้เติมปูนขาว ($Ca(OH)_2$) ลงในน้ำอ้อยให้เป็นเบสไว้เพื่อป้องกัน



มิให้น้ำตาลซูโครส (หรือน้ำตาลทราย) ในน้ำอ้อยสลายตัวออกเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสขณะเกี่ยวข้องการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังจะไม่มีกัลเซียมซัลเฟตเกิดขึ้น ในปัจจุบันนี้ได้มีการทดลองนำเอนไซม์พวก

รูป 15 ถังเคี่ยวน้ำเหลือน้ำตาลกับกรดซัลฟิวริก

• น้ำเหลือของน้ำตาล (cane molasses) มีน้ำตาลอยู่ประมาณ 55% (มี ถ.พ. ประมาณ 1.4)

กลูโคสมีเลสมาใช้ในกระบวนการไฮโดรไลซ์แป้ง มันสำปะหลัง แทนการใช้กรดซัลฟูริก ซึ่งได้ผลดีเช่นกัน

เมื่อได้กลูโคสและฟรุคโตสแล้ว จึงสะเทินกรดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กรองสารละลายให้สะอาด และต้มฆ่าเชื้อทุกชนิดก่อนที่จะใส่ในถังหมักเพื่อให้เกิดอัมโมเนียมกลูตามेट ต่อไปซึ่งเป็นกระบวนการขั้นที่สองของการผลิตผงชูรส ในขั้นนั้นนอกจากจะต้องทำให้สารละลายน้ำตาลสะอาดปราศจากเชื้อต่าง ๆ แล้ว พวกถังหมัก อากาศ และสารละลายยูเรียที่ใช้ก็ต้องทำให้ปราศจากเชื้ออื่น ๆ ด้วยเช่นกัน แบคทีเรียที่ใช้หมักจะเป็นชนิดที่ช่วยให้เกิดการแอส-กลูตามิก* ในปริมาณสูง ซึ่งเขาจะเพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะ แบคทีเรียจะย่อยสลายยูเรียไปเป็นกาซคาร์บอนไดออกไซด์ และอัมโมเนียซึ่งจะถูกนำไปใช้เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดกลูตามิก โดยแบคทีเรียจะถูกเอาน้ำตาลกลูโคส

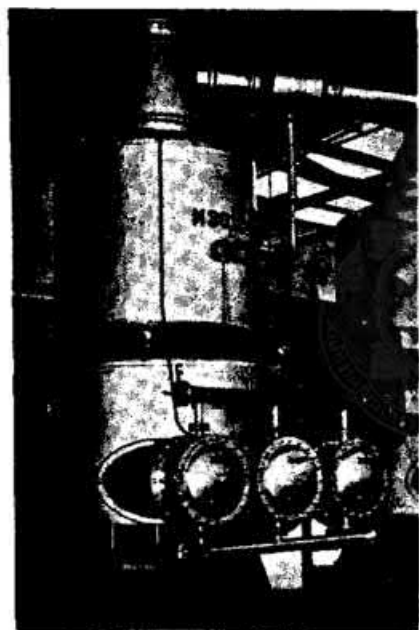


รูป 16 ถังหมัก

และฟรุคโตส อัมโมเนียและออกซิเจนเข้าไปในตัวมันแล้ว ทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีเป็นการแอส-กลูตามิกออกมาซึ่งกรดที่ได้นี้จะทำปฏิกิริยาเคมีต่อไปกับอัมโมเนียเป็นอัมโมเนียมกลูตามेट ละลายอยู่ในสารละลายโดยทั่วไปแล้วการหมัก

*กรดกลูตามิก (Glutamic acid) ที่เกิดจากการหมักน้ำตาลโดยวิธีดังกล่าวจะเป็นชนิด L-form หรือ L-isomer ทั้งหมด

จะใช้เวลาประมาณ 30-40 ชั่วโมง ต้องคอยเติมน้ำมันหรือสารกันฟองอื่นๆ เพื่อขจัดฟองด้วย และที่สำคัญก็คือในระหว่างการหมักจะต้องคอยควบคุมปริมาณของแบคทีเรีย อากาศ อุณหภูมิ อีกทั้งต้องคอยเติมยูเรียลงไปเพื่อปรับ pH ให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา (อุณหภูมิ 33-35°C และ pH ระหว่าง 7.0-8.0) จึงจะได้ผลผลิตที่ดี ในการหมักนี้ ถ้าใช้น้ำเหลืองน้ำตาลเป็นวัตถุดิบจะต้องเติมเพนนิซิลลินหรือสารพวกเซอฟอส แอททีฟ เอเจนต์ ลงไปด้วยเพื่อควบคุม หรือ

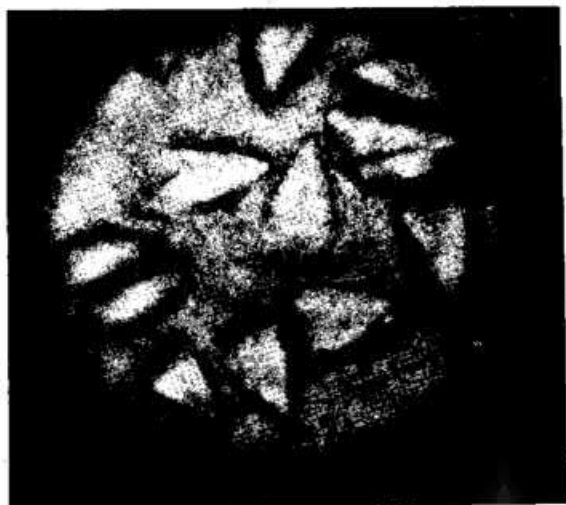


รูป 17 หม้อระเหยสารละลาย
อันโมเนียมกลูตาเมต

ยุติการทำงานและการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ใช้เป็นเชื้อหมัก แต่ถ้าใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตก็ไม่จำเป็นต้องเติมสารดังกล่าว เพราะในสารละลายไม่มีสารบางชนิดที่ช่วยในการเจริญเติบโต และทวีจำนวนของแบคทีเรียเหมือนอย่างในน้ำเหลืองน้ำตาล

สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตผงชูรสในขั้นที่สองนี้เป็นการหมักน้ำตาลเพื่อให้ได้สารละลายอัมโมเนียมกลูตาเมตนั่นเองในขั้นที่ 3 ต่อไปจะเป็นการตกผลึกแยกเอากรตกกลูตามิกออกจากสารละลายซึ่งทำได้โดยการ

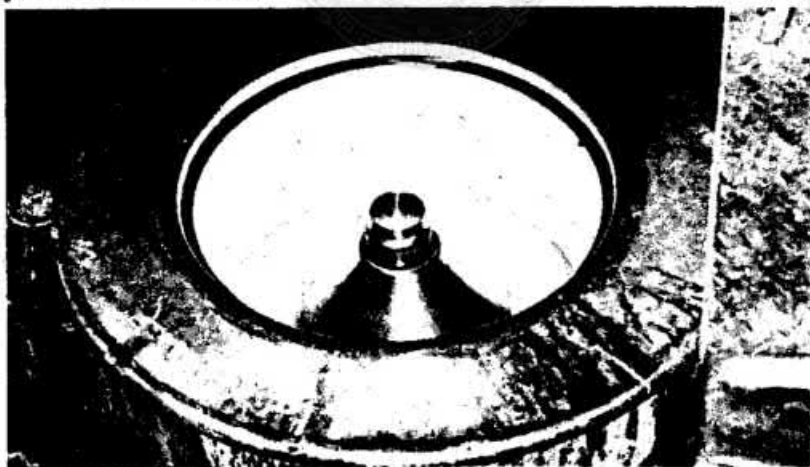
ระเหยสารละลายอัมโมเนียมกลูตาเมตที่หมักได้จนมีความเข้มข้นเหมาะสมที่จะตกผลึก (มีอัมโมเนียมกลูตาเมต 20%) ถ้ายสารละลายไปสู่ถึงตกผลึก แล้วจึงเติมกรดไฮโดรคลอริกในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อปรับ pH ของสารละลายให้เป็น 3.0-3.2 จะได้ผลึกกรตกกลูตามิกแยกตัวออกมาจากสารละลายเพราะกรดนี้



รูป 18 ผลึกกรดกลูตามิก

โมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) จะตกผลึกออกมา แล้วเอาสารละลายที่เหลือไปไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิสูง กากแบคทีเรียและสารไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ จะตกตะกอน กรองทิ้งไป สารละลายที่ได้จะเป็นสารละลายของกรดกลูตามิกไฮโดรคลอไรด์ ซึ่งเมื่อเคี้ยวให้เข้มข้นขึ้น จะได้ผลึกกรดกลูตามิก

ละลายน้ำได้น้อยที่ pH ทำแยกเอาผลึกกรดกลูตามิกออกจากสารละลายได้โดยวิธีเซนทริฟิวจ์ ส่วนสารละลายที่เหลือจากการตกผลึกจะมีอัมโมเนียมคลอไรด์ กรดกลูตามิกบางส่วน และกรดไฮโดรคลอริกส่วนที่เกินพอละลายปนกันอยู่ นำสารละลายที่เหลือนี้มาเติมกรดไฮโดรคลอริก แล้วเคี้ยวให้เข้มข้นขึ้น เกลืออัม-



รูป 19 เครื่องเซนทริฟิวจ์สำหรับแยกผลึกกรดกลูตามิก

อีก และสารละลายที่เหลือครั้งสุดท้ายนี้จะคงยังมีกรกไฮโดรคลอริกเหลืออยู่
อีกมากพอควรซึ่งสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้อีกเช่นกัน

เมื่อได้ผลึกกรกกลูตามิกแล้ว กระบวนการขั้นต่อไปจะเป็นการทำผลึก
โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนไฮเดรต หรือผงชูรสซึ่งถือเป็นกระบวนการ
ผลิตขั้นสุดท้าย วิธีการก็คือนำผลึกกรกกลูตามิกละลายในสารละลายโซเดียม

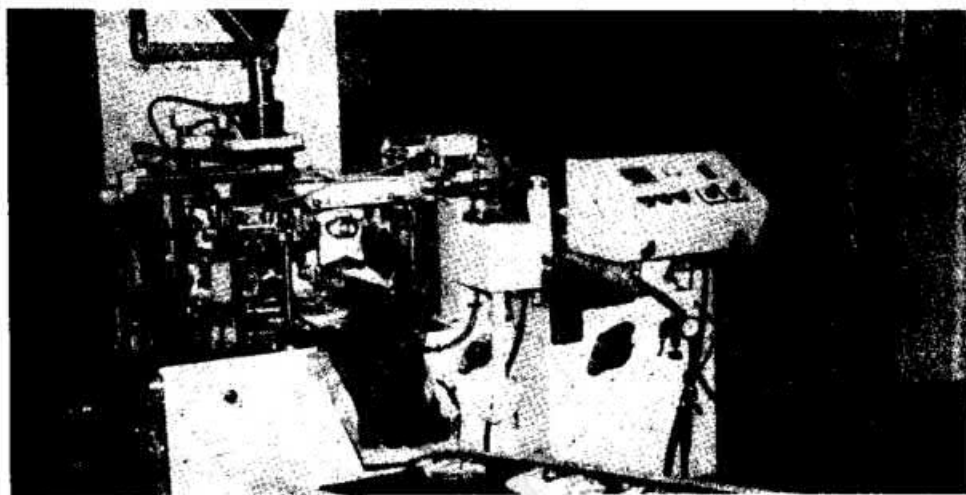


รูป 20 ผลึกโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต

โมโนไฮเดรต

ไฮดรอกไซด์เจือจาง จะได้
สารละลายของโมโนโซเดียม
แอล-กลูตาเมต ซึ่งจะมี
สีน้ำตาลปนน้ำตาลเทา เอาสาร
ละลายที่ได้นี้ไปฟอกสีโดย
ใช้ผงถ่าน (Activated
carbon) เมื่อกรองแล้วจะ
ได้สารละลาย โมโนโซเดียม
แอล-กลูตาเมตที่ใสสะอาด
(pH 6.8—7.2) เกียวสาร
ละลายให้เข้มข้นขึ้นจะได้
ผลึกโมโนโซเดียม แอล-
กลูตาเมต โมโนไฮเดรต

ขนาดต่าง ๆ กัน แยกผลึกออกจากสารละลายโดยวิธีเซนทริฟิวจ์ ทำผลึกให้แห้ง
สนิท แล้วนำไปผ่านแรง เพื่อแยกเอาผลึกที่ได้ขนาดตามต้องการออกและบรรจุ
จำหน่ายต่อไป ส่วนสารละลายที่เหลือจากการตกผลึก หรือผลึกที่ไม่ได้ขนาด
ตามต้องการก็นำกลับไปตกผลึกใหม่อีก



รูป 21 การบรรจุห่อจำหน่าย

โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณผลึกโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนโซเครต ที่ได้จากกระบวนการผลิตเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ จะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำเหลืองน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ กล่าวคือแป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน จะผลิตโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนโซเครตได้ประมาณ 300-400 กิโลกรัม ส่วนน้ำเหลืองน้ำตาล 1 ตัน จะให้ผลผลิตประมาณ 250-350 กิโลกรัมเท่านั้น ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตด้วย

ในโรงงานจะมีห้องปฏิบัติการและนักเคมีคอยตรวจสอบคุณภาพอยู่ทุกชั้นตอน เป็นต้นว่าต้องตรวจหาปริมาณน้ำตาลซูโครสและปูนขาวในน้ำเหลืองน้ำตาลเพื่อกำหนดหาปริมาณกรดซัลฟูริกที่จะเติมลงไปไฮโดรไลซ์ให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส ต้องคอยตรวจสอบปริมาณอัมโมเนียมกลูตาเมตที่เกิดขึ้นในถังหมักเพื่อจะได้ทราบว่ากรหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้วหรือยัง การตรวจ pH ของสารละลายแต่ละขั้นมีความสำคัญมาก ตลอดจนคุณภาพของสารเคมีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ก็ต้องตรวจสอบและควบคุมอย่างใกล้ชิดเช่นกัน

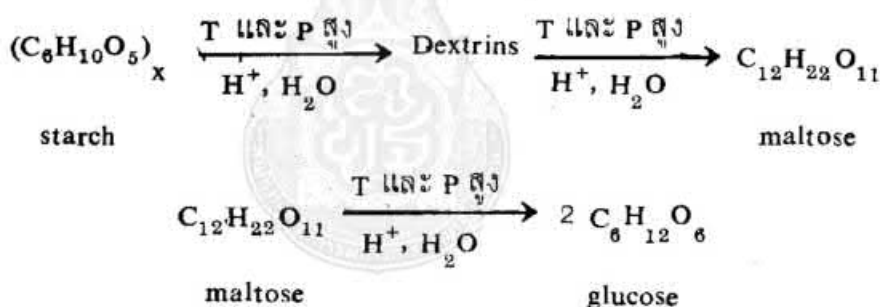
หลักการทางเคมี

ในกระบวนการผลิตผงชูรส หรือโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโน-ไฮดรต มีหลักการทางเคมีที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ขั้นตอนของการผลิตดังต่อไปนี้

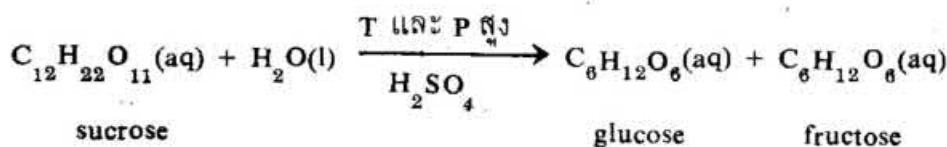
ขั้นที่ 1 การไฮโดรไลซ์วัตถุดิบให้เป็นน้ำตาลกลูโคสหรือฟรุกโทส

แป้งมันสำปะหลังและน้ำเหลือน้ำตาล (หรือบางที่เรียกว่ากากน้ำตาล) จะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือฟรุกโทสได้โดยต้มกับกรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิและความดันสูง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเขียนแทนด้วยสมการอย่างง่ายได้ดังนี้

เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

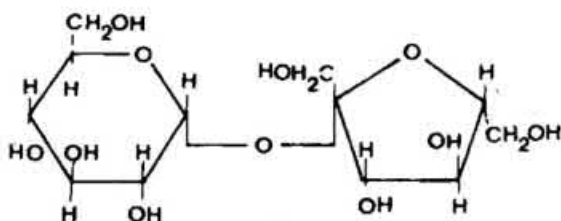


ในการไฮโดรไลสนี้อาจใช้เอนไซม์พวก gluco amylase แทนกรดซัลฟูริกก็ได้ และถ้าใช้น้ำเหลือน้ำตาล ปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้

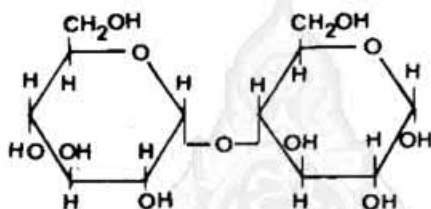


กรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์นี้จะทำปฏิกิริยากับปูนขาวที่ละลายอยู่ในน้ำเหลือน้ำตาลด้วย ซึ่งจะได้คัลเซียมซัลเฟตตกตะกอนแยกออกจากสารละลายดังนี้

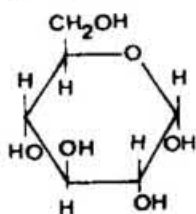
ของออกซิเจน และไฮโดรเจนจะมีเส้นตรงเชื่อมอยู่ 2 และ 1 เส้นตามลำดับ หรือเขียนอย่างย่อได้อีกแบบหนึ่งดังนี้



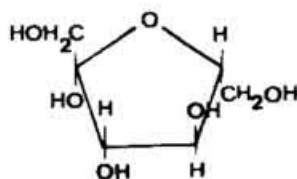
มอลโตส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งจากพืช มีสูตรโมเลกุลเหมือนซูโครส แต่สูตรโครงสร้างจะต่างกันดังนี้



กลูโคสและฟรุกโตส สูตรโมเลกุลของน้ำตาลทั้งสองชนิดนี้เหมือนกัน คือ $C_6H_{12}O_6$ แต่สูตรโครงสร้างแตกต่างกัน ดังนี้

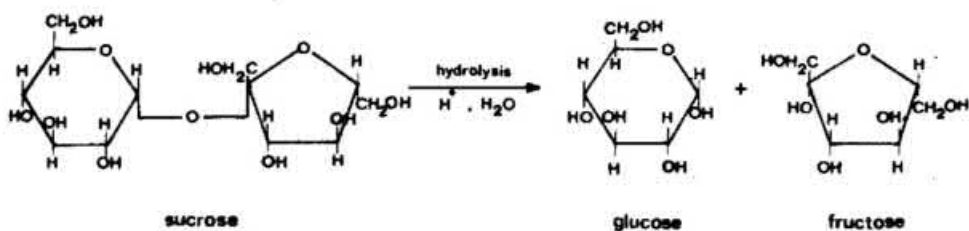


กลูโคส

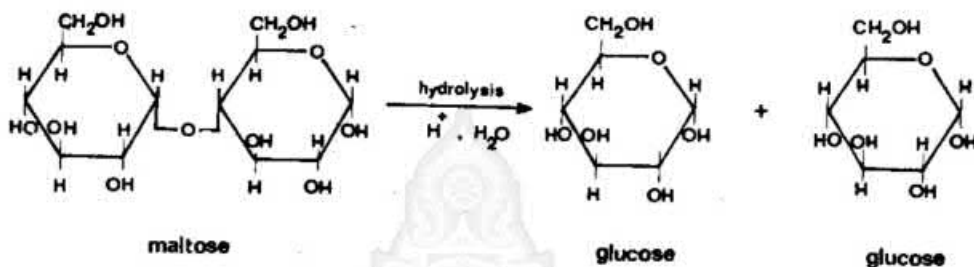


ฟรุกโตส

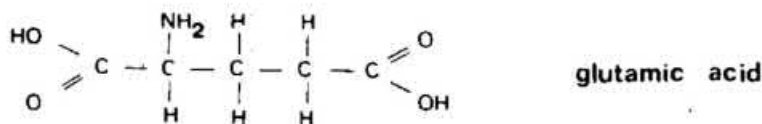
กลูโคสจะเป็นหน่วยย่อยที่มีอยู่ทั้งในซูโครสและมอลโตส ส่วนฟรุกโตสจะมีอยู่ในซูโครส แต่ไม่มีในมอลโตสเลย ดังนั้นในการไฮโดรไลซ์ซูโครสจึงได้ผลิตภัณฑ์ทั้งกลูโคสและฟรุกโตสดังนี้



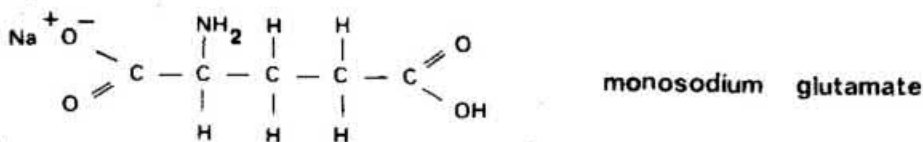
แต่ถ้าไฮโดรไลซ์มอลโตสจะได้แกลูโคสเท่านั้นดังนี้



กรดกลูตามิก และผงชูรส โครงสร้างโมเลกุลของกรดกลูตามิกและผงชูรสมีลักษณะเป็นสายตรง มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบทั้งหมด 5 อะตอม โดยอะตอมที่ 1 และ 5 ในกรดกลูตามิกจะเป็นหมู่คาร์บอกซิล ส่วนหมู่อะมิโนจะอยู่ที่คาร์บอน อะตอมที่ 2 ดังนี้



เมื่อโซเดียมอออนเข้าแทนที่ไฮโดรเจนในหมู่อะมิโนจะได้ผงชูรสซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



ผลพลอยได้

จากกระบวนการผลิตในขั้นที่ 3 เมื่อเติมกรดไฮโดรคลอริกลงไปในการละลายอัมโมเนียมคลอไรด์ เพื่อทำผลิตภัณฑ์คลอไรด์นั้น จะมีผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งเกิดขึ้นด้วย คือ เกลืออัมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ซึ่งถือได้ว่าเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตผงชูรส ปริมาณของอัมโมเนียมคลอไรด์ที่ได้จากกระบวนการผลิต จะมีปริมาณ 20% ของผงชูรส อัมโมเนียมคลอไรด์ใช้ทำปุ๋ยอัมโมเนียมเพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดิน

นอกจากนี้สารละลายที่เหลือจากการแยกเอาผลิตภัณฑ์คลอไรด์ อัมโมเนียมคลอไรด์ ซากแบคทีเรีย และสารอินทรีย์ต่างๆ ออกไปแล้วในกระบวนการขั้นที่ 3 นี้ เมื่อนำไปต้มใส่อัมโมเนีย ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 5-6 ฟอกสี และเติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปแล้ว สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำน้ำปลาได้

การกำจัดน้ำเสีย

ก่อนที่โรงงานจะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แม่น้ำได้นั้น จำเป็นจะต้องทำให้น้ำทิ้งหรือน้ำเสียนั้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดเสียก่อน น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตผงชูรสจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ กระบวนการกำจัดน้ำเสียที่เหมาะสมและใช้ได้ผลดีกระบวนการหนึ่งก็คือกระบวนการ "Activated sludge" ซึ่งเป็นการกำจัดน้ำเสียโดยใช้แบคทีเรียไปย่อยสารอินทรีย์ต่างๆ นั้นให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และซากแบคทีเรียที่ตายบางส่วนจะรวมเอาสารอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกย่อยสลายให้ตกตะกอนรวมกันไปด้วย



รูป 22 บ่อพักน้ำเสียในกระบวนการ "Activated sludge"

โรงงานจะสูบน้ำเสียไปไว้ในบ่อพักเพื่อให้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่แล้วตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำ ผ่านน้ำที่ได้นั้นเข้าไปในคอลัมน์ที่มีผงถ่าน (activated carbon) บรรจุอยู่ เพื่อกำจัดเอาสารเจือปนออกอีกชั้นหนึ่ง น้ำที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวแล้วก็สามารถปล่อยลงสู่แม่น้ำได้



รูป 23 ส่วนหนึ่งของหน่วยกำจัดน้ำเสียในโรงงานผลิตผงชูรส ถังกลมสูงทั้งสองถังที่เห็นคือคอลัมน์บรรจุผงถ่านที่ใช้กรองน้ำในขั้นสุดท้าย

ผลผลิตต่อปี

ความนิยมในการใช้ผงชูรสประกอบอาหารของคนไทยได้ทวีมากขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งจะเห็นได้จากสถิติการจำหน่ายผงชูรสภายในประเทศที่กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมรายงานไว้พบว่าปริมาณการจำหน่ายผงชูรสภายในประเทศเมื่อปี พ.ศ. 2510 มีจำนวน 4,237 ตัน และได้เพิ่มสูงขึ้น ๆ ทุกปีจนสูงถึง 15,181 ตันในปีพ.ศ. 2516 หลังจากนั้นปริมาณการจำหน่ายภายในประเทศได้ลดลงเล็กน้อย กล่าวคือในปี พ.ศ. 2517-19 ปริมาณได้ลดลงเป็น 12,394, 13,051 และ 14,377 ตัน ตามลำดับ

โรงงานผลิตผงชูรสที่มีอยู่ในประเทศไทย สามารถผลิตผงชูรสได้เกินความต้องการของตลาดภายในประเทศ จนสามารถส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 โดยส่งออกได้ 30 ตัน และปริมาณการส่งออกได้เพิ่มขึ้นเกือบทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2517 มีปริมาณการส่งออกสูงถึง 1,728 ตัน แต่ได้ลดลงเป็น 864 ตันในปี พ.ศ. 2518 และ 319 ตันในปี พ.ศ. 2519

ความปลอดภัยในการบริโภคผงชูรส

โดยเหตุที่ได้มีการใช้ผงชูรสเจือปนลงในอาหารกันอย่างแพร่หลายมากในขณะนี้ ปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการบริโภคผงชูรสจึงเป็นปัญหาที่วงการแพทย์ และอนามัยให้ความสนใจมากปัญหาหนึ่ง เพราะเป็นเรื่องเกี่ยวกับสุขภาพและอนามัยของประชาชนทั่วไป องค์การสหประชาชาติได้เห็นความสำคัญของปัญหานี้จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญร่วมขององค์การอาหารและเกษตรกับขององค์การอนามัยโลก สาขาวัตถุเจือปนในอาหาร (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives หรือ JECFA) ขึ้นเป็นผู้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้าและวิจัยในเรื่องนี้ คณะผู้เชี่ยวชาญร่วมดังกล่าวได้เสนอรายงานผลการศึกษา ค้นคว้า และวิจัยออกมาเป็นครั้งแรกเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2516

รายงานและข้อคิดเห็นของคณะผู้เชี่ยวชาญ ร่วมในส่วนที่เกี่ยวกับการใช้โมโนโซ-
เทียม กลูตาเมต หรือผงชูรสปรุงอาหารนั้นสรุปได้ดังนี้

1. ยังไม่สามารถที่จะกำหนดปริมาณสูงสุดของผงชูรสที่จะยอมให้มีอยู่
ในอาหารได้ และให้ระมัดระวังการใช้ผงชูรสปรุงอาหารสำหรับผู้บริโภคที่มี
ความไว หรือแพ้อาหารโปรตีน

2. จากการทดลองให้ผงชูรสกับสัตว์อ่อนแรกเกิด เช่น หนู ถึง วลา
กิน ยังไม่ปรากฏหลักฐานเพียงพอและแน่ชัดว่า ผงชูรสทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์
สมองของสัตว์เหล่านั้น แต่ก็มี การทดลองบางครั้งที่แสดงว่าผงชูรสทำให้เกิด
อันตรายต่อเยื่อสมองของสัตว์อ่อนแรกเกิด ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณของสาร
ที่ใช้ในการทดลองสูงมากก็ได้

ดังนั้นเพื่อไม่เป็นการเสี่ยงเกินไป จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ผงชูรส
ปรุงอาหารสำหรับเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 1 ปี และหญิงมีครรภ์หรือหญิงที่เลี้ยงลูก
ด้วยน้ำนม

3. โมโนโซเทียมกลูตาเมต หรือผงชูรสมีความปลอดภัยในการใช้ปรุง
อาหารบริโภคสำหรับบุคคลทั่วไป และขนาดใช้ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 120
มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวของผู้บริโภค 1 กิโลกรัม ในหนึ่งวัน

มีข้อที่ควรระมัดระวังในการใช้ผงชูรสประกอบอาหารเพิ่มเติมอีก
ประการหนึ่งคือ ผู้ประกอบอาหารควรจะต้องแน่ใจว่าผงชูรสที่นำมาใช้นั้นเป็น
ผงชูรสแท้จริง ๆ มิใช่ผงชูรสปลอม เพราะปรากฏว่ามีผู้เห็นแก่ตัว หรือรู้เท่า
ไม่ถึงการณ์ได้กระทำการปลอมปนผงชูรสออกจำหน่าย ซึ่งอาจจะทำได้หลายวิธี
เช่น เอาผงชูรสแท้ ๆ ไปผสมกับสารอื่นๆ ที่มีราคาถูกกว่า หรือใช้สารอื่นๆ
ทั้งหมดแทนผงชูรส หรือการแอบอ้างใช้ชื่อและเครื่องหมายการค้าของผงชูรส
ที่อยู่ในความนิยมของตลาด เป็นต้น อันตรายจากการบริโภคผงชูรสปลอมจะขึ้น

อยู่กับสารที่ใช้ปลอมปนนั้น ซึ่งมีตั้งแต่สารที่ใช้เป็นอาหารได้และไม่เป็นอันตราย
 ต่อผู้บริโภค เช่น แป้ง น้ำตาล และเกลือ เป็นต้น ไปจนถึงสารที่ไม่ใช่อาหาร
 อีกทั้งยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วย เท่าที่พบได้แก่ บอแรกซ์ (Borax หรือ
 sodium tetraborate, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) และโซเดียมเมตาฟอสเฟต (sodium
 metaphosphate, $\text{NaPO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ผงชูรสปลอมที่มีสารทั้งสองนี้ อย่างใด
 อย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างปลอมปนอยู่จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างยิ่ง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ได้เสนอแนะ
 วิธีตรวจสอบวิธีของผงชูรสอย่างง่าย ๆ ไว้ดังนี้

1. วิธีตรวจโดยการเผาไหม้

เอาผงชูรสประมาณครึ่งช้อนกาแฟ ใส่ลงในช้อนโลหะ เฝานบนเปลว
 ไฟให้ไหม้ จะทราบผลดังนี้

- (1) ถ้าเป็นผงชูรสแท้ สารนั้นจะไหม้ไฟเป็นถ่านสีดำที่ซ้อน
- (2) ถ้าเป็นผงชูรส ผสมปนอยู่กับสารอื่น เช่น บอแรกซ์ หรือ
 โซเดียมเมตาฟอสเฟต จะสังเกตเห็นว่าส่วนหนึ่งของสารนั้น
 จะเผาไหม้เป็นถ่านสีดำ และมีอีกส่วนหนึ่งเพียงแต่หลอมตัว
 เป็นสารสีขาวอยู่ด้วย
- (3) ถ้าเป็นบอแรกซ์ หรือโซเดียมเมตาฟอสเฟต อย่างใดอย่าง
 หนึ่งหรือทั้งสองอย่าง สารนั้นจะเพียงแต่หลอมตัวเป็นสาร
 สีขาวอยู่บนช้อน

2. วิธีตรวจสอบว่ามีบอแรกซ์หรือไม่

เอาผงชูรสประมาณเท่าเมล็ดถั่วเขียวละลายในน้ำสะอาดประมาณ
 1 ช้อนกาแฟ คนจนผงชูรสละลายหมด แล้วเอากะดาษหรือผ้าขี้มันจุ่มลงไป

ในน้ำยาที่ละลายไว้ ถ้าเป็นผงชูรสบริสุทธิ์ กระดาษหรือผ้าขี้มันจะคงสีเหลืองอยู่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าผงชูรสนั้นมีบอแรกซ์เจือปนอยู่ กระดาษหรือผ้าขี้มัน สีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีแสดทันที ถ้าหากมีบอแรกซ์เจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อทั้งกระดาษหรือผ้าขี้มันนี้ไว้ต่อไปสีแสดจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มและสีน้ำเงิน

วิธีทำกระดาษหรือผ้าขี้มัน

เอาขี้มันเหลืองที่บดแล้วประมาณ 1 ช้อนกาแฟ แช่ในเอธิลแอลกอฮอล์ หรือสุราขาวประมาณ 10 ช้อนกาแฟ จะได้น้ำยาสีเหลือง แล้วเอากระดาษสีขาวหรือเศษผ้าขาว จุ่มแล้วตากให้แห้ง จะได้กระดาษหรือผ้าขี้มัน สำหรับเก็บไว้ตรวจได้ตามที่ต้องการ

3. วิธีตรวจสอบว่ามีโซเดียม เมตาฟอสเฟตหรือไม่

เอาผงชูรสประมาณ 1 ช้อนกาแฟ ละลายในน้ำสะอาดประมาณ ครึ่งแก้ว คนจนผงชูรสละลายหมด แล้วเทน้ำยาปูนขาวผสมกรดน้ำส้ม ลงไป ประมาณ 1 ช้อนกาแฟ ถ้าเป็นผงชูรสบริสุทธิ์จะไม่มีตะกอนเกิดขึ้น ถ้าผงชูรสนั้นมีโซเดียม เมตาฟอสเฟตปนอยู่จะเกิดตะกอนขาวขุ่นขึ้นทันที

วิธีทำน้ำยาปูนขาวผสมกรดน้ำส้ม

เอาปูนขาว (Ca(OH)_2) ประมาณครึ่งช้อนกาแฟ ละลายในน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ชนิดใสสะอาด ประมาณ 3—4 ช้อนกาแฟ คนให้ทั่ว ประมาณ 2—3 นาที แล้วทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนก้น รินเอาแต่น้ำยาใสข้างบน น้ำยาใสนี้คือน้ำยาปูนขาวผสมกรดน้ำส้มที่ต้องการ

ภาคผนวก





I. การกำหนดมาตรฐานโซดาไฟและผงชูรส

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH)^{*} และผงชูรส (โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต, $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COONa}$)^{**} ไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ถือว่าได้คุณภาพมาตรฐานนั้นจะต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1.1 โซดาไฟ จะต้องมีคุณลักษณะดังนี้

- 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดเหลว ลักษณะทั่วไปเป็นของเหลวข้นไม่มีสี และมีคุณลักษณะทางเคมีอื่นๆ ดังตารางข้อ 3
- 2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดแข็ง ลักษณะทั่วไปเป็นของแข็งสีขาวสะอาดมีปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์และลักษณะทางเคมีอื่นๆ ดังตารางในข้อ 3
- 3) ตารางคุณลักษณะทางเคมีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ประเภทอุตสาหกรรม

^{*}กระทรวงอุตสาหกรรม โซเดียมไฮดรอกไซด์ประเภทอุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 150-2518 หน้า 2-3

^{**}กระทรวงอุตสาหกรรม โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนไฮเดรต มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.14-2514 หน้า 6-7

คุณสมบัติทางเคมีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ประเภทอุตสาหกรรม

สารเคมี	โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดเหลว				โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดแข็ง			
	ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3	ชั้นคุณภาพที่ 4	ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3	ชั้นคุณภาพที่ 4
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ไม่น้อยกว่าร้อยละ	45.0	45.0	45.0	45.0	98.0	97.0	96.0	94.0
โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃) ไม่เกินร้อยละ	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ไม่เกินร้อยละ	0.1	0.5	1.3	1.6	0.15	1.0	2.8	3.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) ไม่เกินร้อยละ	0.005	0.01	0.02	0.03	0.005	0.005	0.008	0.008
สารที่ไม่ละลายในน้ำ ไม่เกินร้อยละ	—	—	—	—	0.05	0.05	0.05	0.05

1.2 ผงชูรส จะต้องมียุณลักษณะดังนี้

รายการ ที่	คุณลักษณะ	ความต้องการ
1.	องค์ประกอบ ความบริสุทธิ์ (purity) 1.1 วิเคราะห์โดยคุณภาพ 1.2 วิเคราะห์โดยปริมาณกติกความบริสุทธิ์เป็นโมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนโซเครต ร้อยละ	สารละลายตัวอย่างต้องมีวงสีน้ำเงินวงเดียวและต้องมีค่าอาร์เอฟเหมือนกับค่าอาร์เอฟของสารละลายมาตรฐาน
2.	ค่าสเปซิฟิกโรเตชัน (specific rotation) $[\alpha]_D^{20}$	ไม่น้อยกว่า 99.0 ไม่น้อยกว่า + 24.8 ไม่มากกว่า + 25.3
3.	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย	ไม่น้อยกว่า 6.8 ไม่มากกว่า 7.2
4.	คลอไรด์ (chloride) ร้อยละ	ไม่มากกว่า 0.2
5.	น้ำหนักที่หายไปเมื่อทำให้แห้ง (loss on drying) ร้อยละ	ไม่มากกว่า 0.3
6.	สิ่งปนเปื้อน	
7.	สารหนู (arsenic) ส่วนในล้านส่วน	ไม่มากกว่า 2
8.	ตะกั่ว (lead) ส่วนในล้านส่วน	ไม่มากกว่า 5
8.	โลหะหนัก (heavy metals) ส่วนในล้านส่วน	ไม่มากกว่า 20

II. การกำหนดคุณภาพของน้ำทิ้งออกจากโรงงาน

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (2513) ออกตามความใน พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ได้กำหนดคุณภาพของน้ำทิ้งออกจากโรงงานไว้ในข้อ 22 หมวด 5 ว่าห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างให้น้ำทิ้งนั้นมีลักษณะดังนี้

- (1) ค่าของความเป็นกรด ค่า (pH value) ระหว่าง 5 ถึง 9
- (2) ค่าของเปอร์มันเกอเนต (Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (3) สารที่ละลายได้ (Dissolved solids) รวมกันไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (4) ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (6) สังกะสี โคโรเนียม อาร์เซนิก เงิน ทองแดง ปรอท แคดเมียม แบเรียม เซเลเนียม ตะกั่ว นิกเกิล รวมกันหรือแต่ละอย่าง ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย
- (8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มีเลย
- (9) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (10) ฟีนอลและหรือครีโซล (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (11) คลอรีนอิสระ (Free chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (12) ยาม้าแมลง (Insecticide), สารกัมมันตรังสี ไม่มีเลย
- (13) ถ้าอัตราส่วนผลสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผลสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 151 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผลสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน
- (14) ค่าของ บี.โอ.ดี (B.O.D., Biochemical Oxygen Demand) 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะ ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส
- (16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้งเมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้ว ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำทิ้งออกจากโรงงานที่มีได้คุณภาพตามเกณฑ์นี้
จัดเป็นน้ำเสีย

III. ศัพท์

Amalgam

Amino group ($-\text{NH}_2$)

Anode

Anti-foam

Available chlorine

Bleaching agent

By-product

Cane molasses

Carboxyl group ($-\text{COOH}$)

Cathode

Caustic soda (NaOH)

Centrifuge

Chemical bond

Column

Crystallization

Diaphragm cell

Dichlorodiphenyltrichloroethane (D.D.T.)

Electrolytic cell

Electrolysis

Enzyme

Food additives

Gelatin

อะมัลกัม

หมู่อะมิโน

อานอด

สารกั้นฟอง

คลอรีนอิสระ

สารเคมีฟอกขาว

ผลพลอยได้

น้ำเหลือน้ำตาล กากน้ำตาล

หมู่คาร์บอกซิก

คาโทด

โซดาไฟ

เซนทริฟิวจ์

พันธะเคมี

คอลัมน์

การตกผลึก

เซลล์ไดอะแฟรม

ยาฆ่าแมลง ดีดีที

เซลล์อิเล็กโทรไลต์

กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

เอนไซม์

วัตถุเจือปนอาหาร

เจลาติน

Hichlor

Hydrolyse

Hydrolysis

Mercury cell

Monosodium L-glutamate (MSG)

Oxidize

Petrochemical industry

Polyvinylchloride (PVC)

Reduce

Rock salt

Saccharification

Silicon rectifier

Slaked lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Surface active agent

Synthetic resins

Vinylchloride monomer (VCM)

ไฮคลอร์

ไฮโดรไลซ์, ย่อย (สลาย)

กระบวนการไฮโดรลิซิส

เซลล์เมอคิวรี

ผงชูรส

ออกซิไดซ์

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์

พลาสติกพีวีซี

รีดิวซ์

เกล็ดสินเธาว์

กระบวนการแซ็กการิฟิเคชัน

เรกติไฟเออร์ซิลิกอน

ปูนขาว

เซตเฟส แอ็กทีฟ เอเจนต์

เรซินสังเคราะห์

ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์





เลขที่



พิมพ์ที่โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

นายถาวร สกิตกุล ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

หน้า ๑ ถึงหน้า ๑๗๓ ๒๕๕๖