โครงการฉลากเขียว

ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับ ผลิตภัณฑ์ซักผ้า (Laundry Detergent Products)

สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว
สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

โครงการฉลากเขียว

ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับ ผลิตภัณฑ์ซักผ้า (Laundry Detergent Products)

คณะกรรมการบริหารโครงการฉลากเขียว
อนุมัติ
26 พฤศจิกายน 2553

สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว
สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ฉลากเขียว (green label หรือ eco-label)

"ฉลากเขียว" คือ ฉลากที่ให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน

ข้อดีของการมีฉลากเขียวติดอยู่บนผลิตภัณฑ์ก็คือ ใช้เป็นเครื่องหมายให้กับผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ผู้บริโภคจะได้เลือกซื้อถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ในส่วนผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายจะได้รับผลประโยชน์ในแง่กำไรเนื่องจากมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมากขึ้น ผลักดันให้ผู้ผลิตรายอื่นๆ ต้องแข่งขันกันปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการของตนในด้านเทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยอมรับของประชาชน และส่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ผลิตเองในระยะยาว ฉลากเขียวจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันรักษาธรรมชาติผ่านทางการผลิตและการบริโภคของประชาชน

โครงการฉลากเขียวของประเทศไทย

ฉลากเขียวเริ่มใช้เป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมนีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 และได้รับการตอบสนองจากผู้บริโภคชาวเยอรมันเป็นอย่างดี ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ มากกว่า 20 ประเทศได้มีการจัดทำโครงการฉลากเขียว

สำหรับประเทศไทยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมไทย (Thailand Business Council for Sustainable Development, TBCSD) ได้ริเริ่มโครงการฉลากเขียว เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536 และได้รับความเห็นชอบและความร่วมมือจากกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และองค์กรเอกชนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้ปฏิบัติออกมาเป็นรูปธรรม จึงนับว่าเป็นโครงการที่เกิดจากการร่วมมือระหว่างภาครัฐบาล เอกชน และองค์กรกลางต่าง ๆ โดยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยทำหน้าที่เป็นเลขานุการ

หลักการในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคทั่วไปในชีวิตประจำวัน
- คำนึงถึงผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และคุณประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นถูกจำหน่ายออกสู่ตลาด
- มีวิธีการตรวจสอบที่ไม่ยุ่งยากและไม่เสียค่าใช้จ่ายสูง ในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางสิ่งแวดล้อมตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด
- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตมีทางเลือกอื่นในการผลิตที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

ผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว

ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกให้ออกข้อกำหนดสำหรับขอรับฉลากเขียว ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์พลาสติกแปรใช้ใหม่	2. หลอดฟลูออเรสเซนซ์	3. ตู้เย็น
4. สี	5. เครื่องสุขภัณฑ์	6. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ
7. เครื่องปรับอากาศ	8. กระดาษ	9. สเปรย์
10. ผลิตภัณฑ์ซักผ้า	11. ก๊อกน้ำและอุปกรณ์ประหยัดน้ำ	12. คอมพิวเตอร์
13. เครื่องซักผ้า	14. ฉนวนกันความร้อน	15. ฉนวนยางกันความร้อน
16. มอเตอร์	17. ผลิตภัณฑ์ทำจากผ้า	18. บริการซักน้ำและซักแห้ง
19. แชมพู	20. ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดถ้วยชาม	21. น้ำมันหล่อลื่น
22. เครื่องเรือนเหล็ก	23. ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ยางพารา	24. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
25. สบู่	26. ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้นผิว	27. ผลิตภัณฑ์ลบคำผิด
28. เครื่องถ่ายเอกสาร	29. สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	30. เครื่องเขียน
31. ตลับหมึก	32. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ	33. สีเคลือบกระเบื้องมุงหลังคา
34. โทรศัพท์มือถือ	35. เครื่องโทรสาร	36. รถยนต์นั่ง
37. เครื่องรับโทรทัศน์	38. เครื่องพิมพ์	39. เครื่องเล่น/บันทึกสัญญาณภาพและเสียง
40. แผ่นอัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่งและอุตสาหกรรมเครื่องเรือน	41. กระเบื้องซีเมนต์มุงหลังคา	42. เครื่องดับเพลิง
43. กระเบื้องดินเผามุงหลังคา	44. กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา	45. แผ่นยิปซัม
46. หมึกพิมพ์	46. ท่อประปาพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน	46. ซีเมนต์บอร์ด

ปัจจัยที่ใช้พิจารณาเพื่อออกข้อกำหนด

ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดขึ้น จะแตกต่างไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์และความเสียหายของสิ่งแวดล้อมในแง่มุมต่าง ๆ ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยทั่วไปจะคำนึงถึง

- การจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งที่เป็นทรัพยากรหมุนเวียน (renewable resources) และทรัพยากรไม่หมุนเวียน (nonrenewable resources)
- การลดภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศ โดยส่งเสริมให้มีการผลิต การขนส่ง การบริโภค และการกำจัดทิ้งหลังใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ
- การนำขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะอันตรายกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) หรือ แปรสภาพกลับมาใช้ใหม่ (recycle)

การสมัครขอใช้ฉลากเขียว

การขอใช้ฉลากเขียวเป็นการดำเนินการด้วยความสมัครใจของผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้ให้บริการที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีกฎหมายบังคับ ผู้ประสงค์จะสมัครขอใช้ฉลากเขียว สามารถซื้อใบสมัครชุดละ 500 บาท เพื่อกรอกข้อความ และแนบเอกสารต่างๆ ตามที่ระบุในข้อกำหนดเพื่อยื่นขอใช้เครื่องหมายฉลากเขียว และชำระค่าธรรมเนียมในการสมัคร 1,000 บาท ต่อรุ่น หรือแบบ หรือเครื่องหมายการค้า สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะตรวจสอบเอกสารและหลักฐานต่างๆ และจัดทำสัญญาอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายรับรองฉลากเขียวในการโฆษณาและติดที่ผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบตามข้อกำหนดแล้ว ผู้สมัครจะต้องชำระค่าธรรมเนียมการใช้ฉลากเขียวเป็นจำนวนเงินปีละ 5,000 บาท ต่อรุ่นหรือแบบ โดยมีวาระการอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายรับรองฉลากเขียวไม่เกิน 3 ปี

หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับฉลากเขียวสามารถติดต่อสอบถามได้ที่ :
สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
16/151 เมืองทองธานี ถ.บอนด์สตรีท อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 0-2503-3333 ต่อ 303, 306, 315, 316, 329
โทรสาร 0-2504-4826 ถึง 8
หรือ www.tei.or.th

คณะอนุกรรมการเทคนิคคณะที่ 9
โครงการฉลากเขียว
ผลิตภัณฑ์ซักผ้า

ประธานอนุกรรมการ

ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุกรรมการ

นางสาวขนิษฐ พานชูวงศ์	โครงการเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นางศรุดา นนทศิริชญากุล	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ศ.สมร มุตตามาระ คุณอาณกร สิตาลรัศมี	สถาบันส่งเสริมการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมไทย
ผศ.จารุรัตน์ วรนิสรากุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
นายชานัน ติรณะรัต นางสาววัลภา จุฬารัตน	กรมควบคุมมลพิษ
นางกาญจนา อนุรักษ์กมลกุล	บริษัท ไลอ้อน (ประเทศไทย) จำกัด
คุณกรรณิการ์ จรัสอุไรสิน คุณนิริน อุดมสม	บริษัท พรอคเตอร์ แอนด์ แกมเบิ้ล เทรดดิ้ง (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาวปิยธิดา ตุลยลักษณ์	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิงส์ จำกัด
นางกรองทอง รัทยานนท์ นางสาววริศรา มากวงศ์	บริษัท แอมเวย์ (ประเทศไทย) จำกัด
คุณโชติรส มูลวงศ์	บริษัท คาโอ อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด

อนุกรรมการและเลขานุการ

นางสาวถนอมลาภ รัชวัตร์ นางสาวเหมือนจิตต์ วิเชฏฐพงษ์ นางสาวอรอุมา พิสิทธิ์ศักดิ์	ฝ่ายเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์ซักผ้า

TGL-10-R1-10

จัดทำโดย คณะอนุกรรมการเทคนิคคณะที่ 9

โครงการฉลากเขียว

---

1. เหตุผล

ผลิตภัณฑ์ซักผ้าเป็นผลิตภัณฑ์เคมีที่มีส่วนประกอบสำคัญคือสารลดแรงตึงผิว สารลดความกระด้างของน้ำ และสารประกอบอื่นๆ มากกว่า 20 ชนิด ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดอยู่ในช่วงการใช้งาน เนื่องจากสารเหล่านี้บางชนิดมีการสะสมในสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำและดินได้

การกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้ามีความสามารถในการย่อยสลายได้ดีในสภาพธรรมชาติ การลดปริมาณฟอสเฟตลง การสนับสนุนให้ใช้บรรจุภัณฑ์น้อยลงหรือสามารถนำกลับมาแปรใช้ใหม่ จะช่วยให้ประเทศไทยประหยัดทรัพยากร ลดการปนเปื้อนของสารเคมีและธาตุอาหารลงในแหล่งน้ำ ตลอดจนลดภาระและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียลงได้

2. ขอบข่าย

" ผลิตภัณฑ์ซักผ้า " ในที่นี้ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ผงซักฟอก (Laundry Detergent Powder)
   - 1.1 ชนิดซักฟอกด้วยมือ
   - 1.2 ชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า
   - 1.3 ชนิดซักฟอกด้วยมือหรือเครื่องซักผ้า
2. ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดเหลว (Liquid Laundry Detergent Product)
   - 2.1 ชนิดซักผ้าด้วยมือ
   - 2.2 ชนิดซักผ้าด้วยเครื่องซักผ้า

3. บทนิยาม

ผงซักฟอก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดแรงตึงผิวชนิดสังเคราะห์และ/หรือชนิดธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลัก สำหรับใช้ซักผ้า

ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดเหลว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลว มีสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบหลัก ใช้สำหรับซักผ้า

สารลดแรงตึงผิว (surface-active agent or surfactant) หมายถึง สารซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ

สารลดความกระด้างของน้ำ (sequestering builder) หมายถึง สารที่ลดความกระด้างของน้ำและช่วยให้สารลดแรงตึงผิวสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สารรักษาระดับความเป็นด่าง (alkaline builder) หมายถึง สารที่รักษาระดับความเป็นด่างให้คงที่ตลอดช่วงการใช้งาน

สารเพิ่มความสดใส (optical brightening agent or optical brightener) หมายถึงสารที่สามารถดูดแสงอัลตร้าไวโอเลต แล้วให้แสงสว่างที่ทำให้ผ้าดูสดใสยิ่งขึ้น

สารเพิ่มฟอง (suds booster) หมายถึง สารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ฟองมากขึ้น

สารลดฟอง (suds depressor) หมายถึง สารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ฟองลดลง

สารฟอก (oxygen bleach) หมายถึง สารที่อาศัยปฏิกิริยาของแนสเซนต์ออกซิเจน (nascent oxygen) ในการฟอก

สารฟอกต้นตอ (bleach precursor) หมายถึง สารซึ่งเมื่อละลายในน้ำจะเกิดฟองขึ้น

สารคงสภาพสำหรับสารฟอกต้นตอ (stabilizer for bleach precursor) หมายถึง สารซึ่งเมื่อผสมกับผลิตภัณฑ์ซักผ้าต้นตอแล้วทำให้สารฟอกต้นตอสลายตัวช้าลง

สารช่วยการละลาย (hydrotrope) หมายถึง สารที่ทำให้ผงซักฟอกละลายน้ำได้ดีขึ้น

สารกันหมอง (anti-tarnishing agent) หมายถึง สารที่ช่วยให้สิ่งซักล้างส่วนที่เป็นโลหะไม่หมองคล้ำ

แอนติออกซิแดนต์ (anti-oxidant) หมายถึง สารที่ทำให้ส่วนประกอบบางอย่างของผงซักฟอกมีปฏิกิริยากับออกซิเจนช้าลง

เอนไซม์ (enzyme) หมายถึง สารอินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีนหรือแป้งหรือไขมันให้เป็นหน่วยย่อยๆได้ ได้แก่ โปรติโอลิก เอนไซม์ (proteolytic enzymc) หรืออะมิโลลิติกเอนไซม์ (amylolytic enzyme)

สารช่วยขับสิ่งสกปรก (soil releasing agent) หมายถึง สารที่ช่วยให้สิ่งสกปรกที่ติดผ้าหลุดออกง่ายขึ้น

สารต้านจุลินทรีย์ (anti-microbial compound) หมายถึง สารที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

สารละมุน (mildness additive) หมายถึง สารที่ช่วยให้ผงซักฟอกไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง

สารคงสภาพการเก็บรักษา (storage stabilizer) หมายถึง สารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ

สารช่วยให้ผ้านุ่ม (fabric softening agent) หมายถึง สารที่ช่วยให้ผ้านุ่มหลังจากการซักแล้ว

สารกันไฟฟ้าสถิต (anti-static agent) หมายถึง สารที่ช่วยลดไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นบนผ้า

สารกันการกัดกร่อน (anti-corrosion agent) หมายถึง สารที่ช่วยลดการกัดกร่อนส่วนที่เป็นโลหะของเสื้อผ้า

สารกันคราบคืน (anti-soil redeposition agent) หมายถึง สารที่ช่วยไม่ให้คราบหรือสิ่งสกปรกที่หลุดออกไปแล้วกลับมาจับเสื้อผ้าอีกขณะซัก เช่น โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose)

พลาสติกที่ใช้แล้ว (recycled plastic) หมายถึง ขยะพลาสติก (post-consumer plastic) รวมถึง เศษพลาสติกและของเสียพลาสติกที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิตในโรงงาน (production or processing overrun and waste)

เยื่อเวียนทำใหม่ (recycled pulp) ในที่นี้ครอบคลุม เยื่อที่ทำจากผลิตภัณฑ์กระดาษที่ผ่านการบริโภคแล้ว (post-consumer waste paper) แต่ไม่รวมถึงกระดาษที่ไม่ผ่านการบริโภค

(pre-consumer waste paper) ซึ่งหมายถึงกระดาษเสีย (defected paper) ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตกระดาษและการแปรรูปภายในโรงงานก่อนถึงมือผู้บริโภค ทั้งที่เป็นแผ่นกระดาษเสียแห้ง (dry broke) และแผ่นกระดาษเสียเปียก (wet broke) ยกเว้นแผ่นกระดาษเสียแห้งและเปียกที่ทำจากเยื่อเวียนทำใหม่ร้อยละ 100

หนึ่งการซักล้าง (wash) หมายถึง การซักผ้าหนึ่งครั้งมีปริมาณผ้าจำนวน 4.5 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้งของผ้า)

4. ข้อกำหนดทั่วไป

4.1 ผลิตภัณฑ์ซักผ้าได้รับการรับรองตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ ผ่านการทดสอบตามที่ทดสอบตามคุณลักษณะที่ต้องการที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.78 ผงซักฟอก หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 1745 ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดเหลว หรือ มาตรฐานระหว่างประเทศ หรือ มาตรฐานระดับประเทศที่เป็นที่ยอมรับ

4.2 ในกระบวนการผลิต การขนส่ง และการกำจัดของเสีย ต้องเป็นไปตามกฎหมายและข้อบังคับของทางราชการ เช่น พระราชบัญญัติโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรณีที่โรงงานอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรม

5. ข้อกำหนดพิเศษ

5.1 ในกรณีผงซักฟอก ปริมาณสารเคมีทั้งหมดต้องไม่เกิน 100 กรัมน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งการซักล้าง

5.2 สารที่อนุญาตให้มีได้

- น้ำหอมที่ใส่ต้องได้รับการรับรองจาก International Fragrance Raw Material Association หรือ Research Institute for Fragrance Material

5.3 สารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าต้องย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (aerobic biodegradable) และ/หรือ แบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic biodegradable) ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

5.4 สารที่ห้ามมีในผลิตภัณฑ์

1) สารที่เป็นส่วนผสมหรือส่วนหนึ่งของการเตรียมผลิตภัณฑ์ซักผ้า ดังนี้
   - สารอัลคิลฟีนอลเอททอกซีเลทและอนุพันธ์ (alkyl phenol ethoxylates :APEOs and derivatives)
   - สารไนโตรมัสและโพลีไซคลิคมัส (Nitromusk and polycyclic musks) เช่น musk xylene:5-tert-butyl-2,4,4-trinitro-m-xylene, musk ambrette:4-tert-butyl-3-methoxy-2,6-dinitrotoluene, moskene:1,1,3,3,5-pentametyl-4,6-dinitroindan,musk tibertine: 1-tert-butyl-3,4,5-trimethyl-2,6-dinitrobenzene, musk ketone:4'-tert-butyl-2',6'-dimethrl-3',5'-dinitroacetaphenone, HHCB:1,3,4,6,7,8-hexamethylcyclopenta (g) –2-benzopyran, AHTN: 6-acetyl-1,1,2,4,4,7-hexamethyltetralin
   - EDTA (ethylenediamine tetraacetate)
   - NTA (nitrilotriacetate)
2) สาร Quaternary ammonium salts ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ทั้งหมด
3) ฟอสโฟเนตทั้งหมด (total amount of phosphonates) ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 0.5 กรัมต่อหนึ่งการซักล้าง
4) สารที่จัดอยู่ในกลุ่มหรืออาจจัดอยู่ในกลุ่มเหล่านี้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์
   - R40 (สารที่ถูกจำกัดอย่างชัดเจนว่ามีผลต่อการเกิดมะเร็ง)
   - R45 (อาจก่อให้เกิดมะเร็ง)
   - R46 (อาจก่อให้เกิดความเสียหายทางพันธุกรรม)
   - R49 (อาจก่อให้เกิดมะเร็งเมื่อหายใจเข้าสู่ร่างกาย)
   - R50-53 (เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอย่างมาก, อาจมีผลระยะยาวต่อสภาวะแวดล้อมทางน้ำ)
   - R51-53 (เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ, อาจมีผลระยะยาวต่อสภาวะแวดล้อมทางน้ำ)
   - R59 (เป็นอันตรายต่อชั้นโอโซน)
   - R60 (อาจทำให้เกิดการปฏิสนธิไม่สมบูรณ์)
   - R61 (เป็นอันตรายต่อการปฏิสนธิ)
   - R62 (อาจเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดการปฏิสนธิไม่สมบูรณ์)
   - R63 (อาจเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อตัวอ่อนในครรภ์)
   - R64 (อาจทำให้เกิดอันตรายต่อทารกในครรภ์ผ่านทางน้ำนมมารดา)
   - R68 (อาจเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดผลกระทบที่ย้อนกลับไม่ได้)

หรือสารที่รวมตัวกันอื่นๆ ตาม Directive 67/548/EEC และที่แก้ไขในภายหลัง หรือตาม Directive 1999/45/EC (31 May 1999)

สารตั้งต้นหรือส่วนประกอบอื่นที่ใช้ในการเตรียมเป็นสูตรผสมเกินกว่าร้อยละ 0.01 ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องผ่านเกณฑ์ข้างต้นด้วย

5) กลุ่มสารเคมีที่มีรายชื่อระบุอยู่ในกลุ่ม R43 (มีความเป็นไปได้ในการก่อให้เกิดการระคายเคืองเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง) ตาม Directive 1999/45/EC (31 May 1999)

6) สารประกอบคลอรีน (reactive chlorine compounds) เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite), สารประกอบคลอรีนอินทรีย์ (organic chlorine compounds)

7) halogenated hydrocarbon

8) ฟอร์มาลิน (formalin)

5.5 บรรจุภัณฑ์

1. หมึก สี ผงสี (pigment) หรือ สารเติมแต่ง (additive) อื่นๆ ที่ใช้พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ มีส่วนผสมของโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว เฮกซะวาเลนท์โครเมียม ต่อสีที่เป็นน้ำหนักแห้ง (dry basis) ได้ไม่เกิน 100 mg/kg

<u>กรณีบรรจุภัณฑ์พลาสติก</u>

2. บรรจุภัณฑ์พลาสติกต้องมีสัญลักษณ์บ่งบอกประเภทพลาสติก สัญลักษณ์ที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สัญลักษณ์สำหรับพลาสติกแปรใช้ใหม่ มาตรฐานเลขที่ มอก. 1310 หรือ ISO 1043 หรือ ISO 11469

<u>กรณีบรรจุภัณฑ์กระดาษ</u>

3. ต้องทำจากเยื่อเวียนทำใหม่อย่างน้อยร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก

6. วิธีทดสอบ

6.1 ผู้ผลิตต้องยื่นหลักฐานใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 78 ผงซักฟอก หรือ มาตรฐานเลขที่ มอก. 1745 ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดเหลว <u>หรือ</u> แสดงผลทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท <u>หรือ</u> แสดงผลทดสอบตามมาตรฐานระหว่างประเทศ <u>หรือ</u> มาตรฐานระดับประเทศที่เป็นที่ยอมรับ

6.2 กรณีผงซักฟอก ผู้ผลิตต้องแสดงผลการทดสอบของปริมาณสารเคมี ทั้งหมดไม่เกิน 100 กรัมต่อการซักล้าง

6.3 ผู้ผลิตต้องแสดงสูตรของผลิตภัณฑ์ซักผ้าและปริมาณที่ใช้ พร้อมทั้งแสดงการคำนวณ เพื่อแสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 5.1 และลงนามรับรองโดยผู้มีอำนาจลงนามตามหนังสือรับรองนิติบุคคลของบริษัทผู้ผลิต

6.4 ผู้ผลิตต้องยื่นหลักฐานที่แสดงว่าน้ำหอมที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ซักผ้านั้น ได้รับการรับรองจาก International Fragrance Raw Material Associaton หรือ Research Institute for Fragance Material หลักฐานดังกล่าวได้แก่ หนังสือรับรองจากบริษัทผู้ผลิตหรือจำหน่ายน้ำหอม และ หนังสือรับรองจากผู้ยื่นขอใช้ฉลากเขียว และลงนามรับรองโดยผู้มีอำนาจลงนามตามหนังสือรับรองนิติบุคคลของบริษัทผู้ผลิต

6.5 ผู้ผลิตต้องแสดงผลการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้า ตามวิธีทดสอบที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์และทดสอบผงซักฟอก มาตรฐานเลขที่ มอก. 578 หรือ วิธีทดสอบที่กำหนดในมาตรฐานระดับประเทศที่เป็นที่ยอมรับ

6.6 ผู้ผลิตต้องยื่นหนังสือรับรองว่าสารเคมีที่ใช้เป็นสารประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้า ไม่มีสารที่ห้ามมีในผลิตภัณฑ์ในข้อ 5.4 ข้อ 1) ถึง 8) และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจลงนามของบริษัท และลงนามรับรองโดยผู้มีอำนาจลงนามตามหนังสือรับรองนิติบุคคลของบริษัทผู้ผลิต

6.7 ผู้ผลิตต้องแสดงรายงานการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักใน หมึก สี ผงสีหรือสารเติมแต่งอื่นๆที่ใช้พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ โดยทดสอบตามมาตรฐานระดับประเทศที่เป็นที่ยอมรับ หรือ ยื่นหนังสือรับรองว่า ไม่มีโลหะหนักตามที่กำหนดไว้ในข้อ 5.5 ข้อ 1) และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจลงนามของบริษัทผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์

6.8 กรณีบรรจุภัณฑ์พลาสติก ผู้ผลิตต้องยื่นตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่มีสัญลักษณ์บ่งบอกประเภทของพลาสติกตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 1310 หรือ ISO 1043 หรือ ISO 11469 แก่เจ้าหน้าที่โครงการฉลากเขียว

6.9 กรณีบรรจุภัณฑ์กระดาษ ผู้ผลิตต้องยื่นหนังสือรับรองว่าบรรจุภัณฑ์กระดาษทำจากเยื่อเวียนทำใหม่ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจลงนามตามหนังสือรับรองนิติบุคคลของบริษัทผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ และต้องแสดงตัวอย่างบรรจุภัณฑ์เพื่อตรวจพินิจ

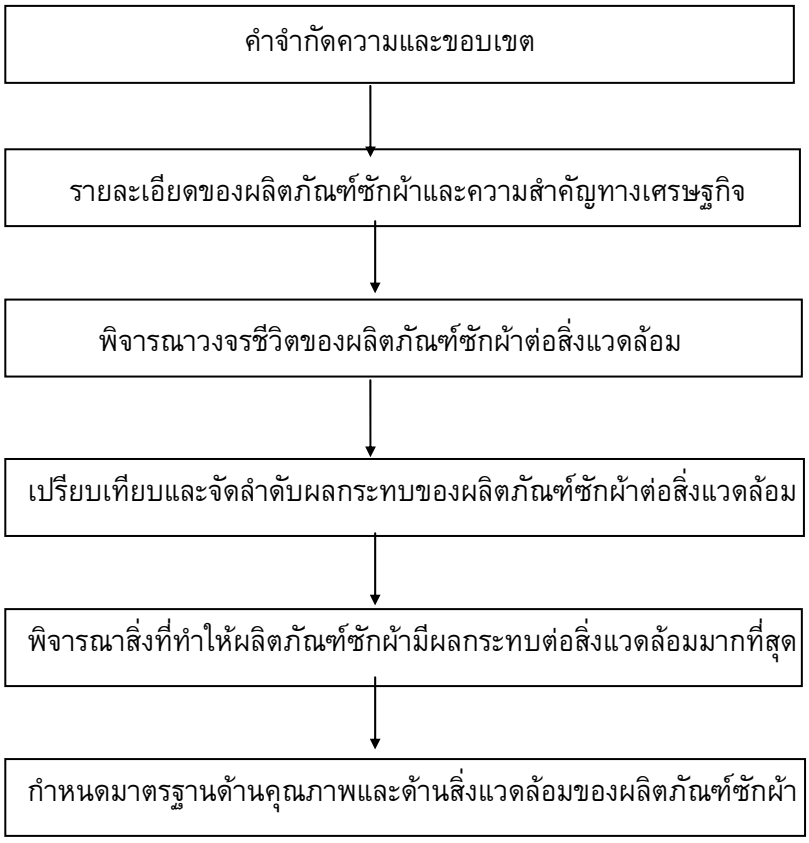
หมายเหตุ : 1. การทดสอบต้องทำในห้องปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

1) ห้องปฏิบัติการของทางราชการ
2) ห้องปฏิบัติการของเอกชนอิสระที่ได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มาตรฐานเลขที่ มอก. 17025 (ISO/IEC 17025)

2. ผลทดสอบต้องมีอายุไม่เกิน 1 ปี จนถึงวันที่สมัคร

ภาคผนวก

1. ขั้นตอนการร่างข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ซักผ้า



2. รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ซักผ้าและความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ผลิตภัณฑ์ซักผ้าเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคที่จำเป็นอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวัน เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกออกจากเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่มและภาชนะต่างๆ ตลอดจนเครื่องมือเครื่องจักรกลโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากคือใช้ซักล้างเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าขึ้นใช้เป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมันในระยะสงครามโลกครั้งที่ 1 เนื่องจากในขณะนั้นไขวัวและน้ำมันพืชซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตสบู่เกิดขาดแคลน นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดค้นสารสังเคราะห์ขึ้นใหม่ ต่อมาจึงได้มีการค้นคว้าพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ซักผ้าอย่างกว้างขวางพร้อมกับความนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประเทศไทยโดยบริษัท หลุยส์ทีเลียวโนเวนส์ จำกัด ได้นำเข้าผลิตภัณฑ์ซักผ้ายี่ห้อ “แฟ้บ” จากต่างประเทศมาในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อใช้แทนสบู่ในการซักเสื้อผ้าและชำระล้างสิ่งสกปรกอื่นๆ ปรากฏว่าเป็นที่นิยมของประชาชนโดยทั่วไป เพราะสามารถชำระล้างสิ่งสกปรกได้ดีกว่าสบู่และสะดวกในการใช้มากกว่า บริษัทผู้ผลิตแฟ้บ คือ บริษัท คอลเกต ปาล์มโอลีฟ จำกัด จึงได้ตั้งโรงงานผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ซักผ้าในประเทศขึ้นในปี 2500 และต่อมาได้มีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าเกิดขึ้นอีกหลายบริษัท

2.1 วัตถุดิบและส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้า

ผลิตภัณฑ์ซักผ้าเป็นผลิตภัณฑ์เคมี ใช้วัตถุดิบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสูตรการผลิตของแต่ละโรงงานและสารเคมีบางตัวอาจใช้แทนกันได้ วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

2.1.1 ส่วนประกอบหลัก

2.1.2 ส่วนประกอบที่อาจมีได้

2.1.1 ส่วนประกอบหลัก

- สารลดแรงตึงผิว
- สารลดความกระด้างของน้ำ
- สารรักษาระดับความเป็นด่าง
- โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
- สารเพิ่มความสดใส

- **สารลดแรงตึงผิว** เป็นพวกสารอินทรีย์ ทำหน้าที่เป็นตัวละลายไขมัน ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ทำให้น้ำซึมเข้าไปสัมผัสกับสิ่งสกปรกต่างๆ ได้ จึงสามารถชำระล้างสิ่งสกปรกออกมาได้ทั้งในน้ำกระด้างและน้ำธรรมดา สารนี้ต้องเป็นสารเคมีประเภทมีประจุลบ (anionic) ประจุบวก (cationic) หรือไม่มีประจุ (nonionic) ประเภทใดประเภทหนึ่งหรือผสมกัน ในกรณีที่เป็นสารเคมีประเภทมีประจุลบ ต้องไม่เป็นแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่มี

โครงสร้างแบบกิ่ง (branched alkylbenzene sulphonate) ตัวอย่างเช่น โซเดียมแอลคิลอะริลซัลโฟเนต (sodium alkyl aryl sulphonate) ส่วนสารลดแรงตึงผิวประเภทมีประจุบวก เช่น เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide) และสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ เช่น เอทิลินออกไซด์คอนเดนเซตออฟแอลคิลแฟตตี แอลกอฮอล์ (ethylene oxide condensate of alkyl fatty alcohols) สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ชำระล้างสิ่งสกปรก มีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 สำหรับผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า และไม่น้อยกว่าร้อยละ 18 สำหรับผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยมือ

- **สารลดความกระด้างของน้ำ** เช่น โซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate: STPP) โซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate) เกลือของกรดไนทริโลไตรแอซีติก (nitrilotriacetic acid: NTA) เกลือของกรดเอทิลีนไดแอมีนเททระแอซีติก (ethylenediaminetetraacetic acid: EDTA) กรดซิตริกและอนุพันธ์ของกรดซิตริก (citric acid and derivatives) ซีโอไลต์ (zeolite) สารใดสารหนึ่ง หรือผสมกัน สารพวกนี้ไม่ช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเสื้อผ้าหรือจากของใช้โดยตรง แต่ทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวโดยทำให้น้ำเป็นด่างเหมาะกับผลิตภัณฑ์ซักผ้า ผลิตภัณฑ์ซักผ้าทั่วไปมีปริมาณฟอสเฟต (P_2O_5) ไม่เกินร้อยละ 20

สารลดความกระด้างมีหน้าที่ช่วยแก้ความกระด้างของน้ำ เนื่องจากความกระด้างของน้ำ (Ca^{+2}, Mg^{+2}) จะรบกวนการทำงานของสารลดแรงตึงผิวที่จะดึงสิ่งสกปรกออกจากผ้า นอกจากนี้สารลดความกระด้างยังช่วยควบคุมสมดุลของค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะและคงที่ได้ด้วย สารลดความกระด้างมีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น

1) สารโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต
2) สารทดแทนสารประกอบ STPP

1) สารโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต สาร STPP มีสูตรโมเลกุล $Na_5P_3O_{10}$ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่สำคัญคือ เทอร์มัลฟอส ฟอริกแอซิด และโซดาแอชเข้มข้น ปฏิกิริยาของกรดฟอสฟอริกกับโซดาแอชเข้มข้นจะให้ของผสมระหว่างโมโนและไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟต STPP ได้จากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (dehydration) ของของผสมระหว่างโมโนและไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟตที่อุณหภูมิสูง (500 ˚C) STPP ที่ผลิตได้ในประเทศไทยใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าเป็นส่วนใหญ่

นอกนั้น STPP สามารถใช้ในระบบเตรียมน้ำประปา อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก สารช่วยถนอมอาหารทะเล อุตสาหกรรมสี เป็นต้น

สาร STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าจะลดความกระด้างโดยดึงอนุภาคแคลเซียม (Ca^{+2}) และแมกนีเซียม (Mg^{+2}) ออกจากน้ำ แคลเซียมหรือแมกนีเซียมจะเข้าแทนที่โซเดียมในโมเลกุลของ STPP

ส่วนประกอบ STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของไทย เมื่อคำนวณจากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ซักผ้าจะมีส่วนผสมที่เป็นสาร STPP ซึ่งคำนวณในรูปของฟอสเฟตทั้งหมด (คำนวณเป็นฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์: P_2O_5) กำหนดให้ไม่เกินร้อยละ 20 และ 28 ในผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยมือและด้วยเครื่องซักผ้าตามลำดับ ในหลายประเทศทางยุโรปที่ยังไม่มีข้อจำกัดการใช้ STPP จะมีส่วนประกอบ STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าใกล้เคียงกัน เช่น ประเทศอังกฤษมีปริมาณ STPP ร้อยละ 18-25 ซึ่งสังเกตได้ว่าน้อยกว่าข้อกำหนดสูงสุดของประเทศไทยเล็กน้อย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ทำการสุ่มตัวอย่างจากผงซักฟอกในท้องตลาดจำนวน 60 ตัวอย่าง และทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต (คำนวณเป็น P_2O_5) พบว่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4-28.1 (ตารางที่ 1) ส่วนความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของผงซักฟอกในประเทศไทยอยู่ระหว่างร้อยละ 88-98 (ตารางที่ 2)

STPP เป็นสารลดความกระด้างที่ทำหน้าที่ได้ประสิทธิผลดีแต่สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ หลายประเทศมีความเห็นว่าฟอสเฟตอาจเป็นต้นเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ในแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ไม่มีส่วนประกอบของฟอสเฟตโดยใช้สารอื่นทดแทนเป็นสารลดความกระด้าง

2) สารทดแทนสารประกอบ STPP สารทดแทนสารประกอบ STPP มีหลายชนิด แต่มีเพียง 5 ชนิดเท่านั้นที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆในปัจจุบัน โดยใช้ในรูปของสารลดความกระด้างโดยตรงหรือเป็นสารร่วมในการลดความกระด้าง (co-builder) ได้แก่

1. ไนทริโลไตรแอซีติก (NTA)
2. ซิเทรต (citrates)
3. โพลิคาร์บอกซีเลตหรือเกลือของกรดโพลิคาร์บอกซีลิก (polycarboxylic acid, PCA)
4. ฟอสฟอเนต (phosphonates)
5. ซีโอไลต์ (zeolite)

1. ไนทริโลไตรแอซีติก ไนทริโลไตรแอซีติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ แอมโมเนีย ฟอร์มาลดีไฮด์ กรดไฮโดรไซยานิก อนุมูลความกระด้าง (Ca^{+2}, Mg^{+2}) ในน้ำจะถูกเปลี่ยนกับเกลือไตรโซเดียมของสาร NTA ทำให้ลดความกระด้างของน้ำลง ซึ่งจะทำหน้าที่ได้ดีในสภาวะน้ำที่เป็นด่าง ราคาของ NTA แพงกว่า STPP ประมาณร้อยละ 50 แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า

2. ซิเทรต ซิเทรตเป็นเกลือของกรดซิตริก (citric acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ข้อเสียของซิเทรตในการใช้เป็นสารลดความกระด้าง คือประสิทธิภาพจะลดลงที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ ซิเทรตยังมีประสิทธิภาพต่ำในการลดความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแคลเซียมเมื่อเทียบกับความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแมกนีเซียม อย่างไรก็ดีซิเทรตยังใช้เป็นสารลดความกระด้างในหลาย ๆ ประเทศ โดยเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ใช้ซักล้างที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่อเมริกามีการใช้ซิเทรตในน้ำยาซักฟอกและเป็นส่วนแบ่งในตลาดผลิตภัณฑ์ซักผ้าถึงร้อยละ 19 ในปี 2523 สำหรับผลิตภัณฑ์ซักผ้าในประเทศไทยไม่นิยมใช้สารประกอบนี้เพราะมีราคาแพงคือประมาณ 40 บาทต่อ 1 ลิตร ในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีรายงานที่แสดงถึงความเป็นพิษของซิเทรต ต่อสุขภาพ และเนื่องจากเป็นสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ จึงสามารถถูกกำจัดในระบบบำบัดน้ำเสียได้

3. โพลิคาร์บอกซีเลต หรือเกลือของกรดโพลิคาร์บอกซีลิก โพลิคาร์บอกซีเลตเป็นเกลือโพลิเมอร์ของกรด ซึ่งได้แก่ กรดอะคริลิก (acrylic acid) กรดมาลีอิก (maleic acid) สมบัติในการลดความกระด้างขึ้นอยู่กับขนาดของโพลิเมอร์ กลไกในการลดความกระด้างของ PCA เป็นแบบ electrostatic binding และ site binding ในกลไกแรกอนุมูลประจุตรงข้ามจะถูกตรึงโดยสภาพประจุไฟฟ้ารอบ ๆ โมเลกุลของโพลิเมอร์ ในขณะที่กลไกที่สองจะลดความกระด้างเนื่องจาก active site ของอนุมูลโพลิเมอร์รวมกับอนุมูลประจุตรงข้าม โดยเฉพาะอนุมูลที่มีขนาดใหญ่กว่าจะรวมกันได้ดีขึ้น ($Ca^{+2} > Li^{+} > Na^{+} > K^{+}$)

PCA ใช้ในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับสารทดแทนอื่นโดยให้สมบัติเท่ากัน ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นสารลดความกระด้างร่วม ทั้งนี้เนื่องจากราคาที่สูงและย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก สำหรับใน

เรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากมีข้อมูลการวิจัยไม่พอที่จะสรุปได้

4. ฟอสฟอเนต ฟอสฟอเนตเป็นเกลืออยู่ในกลุ่มของกรดฟอสฟอนิก (phosphonic acids) ซึ่งมีสารฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีสมบัติและราคาแพงเช่นเดียวกับ PCA ย่อยสลายยาก ปัจจุบันมักใช้เป็นสารร่วมลดความกระด้าง รายงานในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษยังมีอยู่น้อยเช่นเดียวกัน

5. ซีโอไลต์ ซีโอไลต์เป็นผลึกอนินทรีย์ของอะลูมิโนซิลิเคต ซึ่งมีพื้นที่ผิวภายในสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวภายนอก สังเคราะห์ขึ้นโดยเลียนแบบดินขาว (kaolin clay) ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ประกอบด้วย 1 โมลของโซเดียม 1 โมลของ อะลูมินา 2 โมเลกุลของซิลิกาและ 4.5 โมลของน้ำ ซีโอไลต์สามารถลดความกระด้างของน้ำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุเช่นเดียวกับ STPP โดยที่แคลเซียม (Ca^{+2}) และแมกนีเซียม (Mg^{+2}) จะแลกเปลี่ยนประจุกับโซเดียมในสารทั้งสอง

ได้มีการศึกษาทางด้านประสิทธิภาพของการลดความกระด้างในน้ำระหว่างซีโอไลต์และ STPP พบว่าเวลาที่ใช้ในการลดปริมาณแคลเซียมในน้ำอุณหภูมิต่ำของซีโอไลต์นานกว่า STPP ประมาณ 3 เท่า กล่าวคือซีโอไลต์ใช้เวลา 3 นาที ในขณะที่ STPP ใช้เวลา 1 นาที ซีโอไลต์เมื่อเทียบกับสารทดแทนอื่นๆ ในปริมาณเดียวกันจะมีความสามารถในการลดความกระด้างได้ต่ำกว่า และจะลดความกระด้างที่เกิดจากอนุมูลแคลเซียมได้ดีกว่าที่เกิดจากอนุมูลแมกนีเซียม ขนาดของซีโอไลต์มีผลต่อประสิทธิภาพการลดความกระด้างเช่นกัน ซีโอไลต์ควรมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (μm) เพื่อที่จะให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุได้เร็วขึ้นและลอดผ่านเส้นใยของเยื่อผิวได้ จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้ามีประสิทธิผลสูง

สำหรับการใช้สารลดความกระด้างในประเทศไทย ได้มีการนำซีโอไลต์มาใช้ทดแทน STPP ในสูตรบางส่วน โรงงานที่ผลิตซีโอไลต์ในประเทศเริ่มเปิดดำเนินการเมื่อปี 2534 มีกำลังการผลิตเดิม 12,000 ตัน/ปี ผลิตซีโอไลต์ใช้ในโรงงานผลิตผงซักฟอกในเครือ ยังไม่มีการจำหน่ายให้กับโรงงานผลิต

ผงซักฟอกอื่นๆ ในปี 2536 ได้มีอีกโรงงานภายใต้การร่วมทุนจากสหรัฐอเมริกาเปิดดำเนินการและมีกำลังการผลิตเต็มที่ประมาณ 20,000 ตันต่อปี

ตารางที่ 3 แสดงส่วนประกอบของสารลดความกระด้างเมื่อมีซีโอไลต์เป็นสารหลักของผลิตภัณฑ์ซักผ้าในประเทศแถบยุโรป ซึ่งจะพบว่ามีซีโอไลต์อยู่ในช่วงร้อยละ 17-31 ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบของผงซักฟอกสูตรฟอสเฟตและสูตรซีโอไลต์ และตารางที่ 5 แสดงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าสูตรฟอสเฟตและสูตรไร้ฟอสเฟตชนิดผงและชนิดน้ำ

- **สารรักษาระดับความเป็นด่าง (alkaline builder)** เป็นสารที่รักษาระดับความเป็นด่างให้คงที่ตลอดช่วงการใช้งาน ได้แก่ โซเดียมซิลิเคต (sodium silicate) โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) โซเดียมเซสควิคาร์บอเนต (sodium sesquicarbonate) สารใดสารหนึ่ง หรือผสมกัน ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าไม่กัดภาชนะที่ใช้ซัก กันสนิม และช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิว

- **โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส** เป็นตัวกันไม่ให้เกิดตะกอนขึ้นในระหว่างองค์ประกอบต่างๆ มีปริมาณร้อยละ 0-2

- **สารเพิ่มความสดใส** (optical brightening agent or optical brightener) เป็นสารที่มีสมบัติดูดแสงอัลตราไวโอเลตไว้ ทำให้เกิดการเรืองแสงสะท้อนเข้าตาและทำให้เสื้อผ้าแลดูขาว นิยมใช้กันมากได้แก่ Stilbene derivative

2.1.2 ส่วนประกอบที่อาจมีได้

- โซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate) มักจะเติมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณ เพราะโดยปกติเป็นสารที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์อยู่แล้ว และเป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงซักฟอก (processing aid)
- สารเพิ่มฟอง (suds booster) เป็นสารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้เกิดฟองมากขึ้น ใช้เติมในผงซักฟอกชนิดซักด้วยมือ หรือ สารลดฟอง (suds depressor) เป็นสารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ฟองลดลง ใช้เติมลงในผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า
- สารฟอก (oxygen bleach หมายถึง สารที่อาศัยปฏิกิริยาของแนสแซนต์ออกซิเจน (nascent oxygen) ในการฟอก) และสารฟอกต้นตอ (bleach precursor หมายถึง

สารซึ่งเมื่อละลายในน้ำจะเกิดสารฟอกขึ้น) รวมทั้งสารคงสภาพของสารฟอกต้นตอ (stabilizer for bleach precursor หมายถึง สารซึ่งเมื่อผสมกับสารฟอกต้นตอแล้วทำให้สารฟอกต้นตอสลายตัวช้าลง) ทำหน้าที่ออกซิไดซ์สารประกอบบางชนิดซึ่งลดการสะท้อนกลับของแสง ดังนั้นทำให้ผ้าดูขาวและสดใสขึ้น

- สารช่วยการละลาย (hydrotrope) เป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าแบบชนิดผงละลายน้ำได้ดีขึ้น
- สารกันหมอง (anti-tarnishing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งซักล้างส่วนที่เป็นโลหะไม่หมองคล้ำ
- แอนติออกซิแดนต์ (anti-oxidant) เป็นสารที่ทำให้ส่วนประกอบบางอย่างของผงซักฟอกมีปฏิกิริยากับออกซิเจนช้าลง
- เอนไซม์ (enzyme) เป็นสารอินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีนหรือแป้งหรือไขมันให้เป็นหน่วยย่อยๆได้ ปัจจุบันนิยมใช้แพร่หลายมากขึ้น เพราะมีประสิทธิภาพในการชำระล้าง สามารถย่อยโปรตีนของเหงื่อไคล คราบโลหิต ปกติใช้ proteases และ amylases ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- น้ำหอม เพื่อให้กลิ่นหอมน่าใช้
- สี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดูสวยงาม
- สารกันการจับตัวเป็นก้อน
- สารช่วยขับสิ่งสกปรก (soil releasing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งสกปรกที่ติดเนื้อผ้าหลุดออกง่ายขึ้น
- สารต้านจุลินทรีย์ (anti-microbial compound) เป็นสารที่ช่วยยั้บยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- สารช่วยคงสภาพผิวหนัง (mildness additive) เป็นสารที่ช่วยให้ผงซักฟอกไม่ทำอันตรายผิวหนัง
- สารคงสภาพการเก็บรักษา (storage stabilizer) เป็นสารที่ช่วยให้ผงซักฟอกเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ
- สารช่วยให้ผ้านุ่ม (fabric softening agent) เป็นสารที่ช่วยทำให้ผ้านุ่มขึ้นหลังจากซักแล้ว
- สารต้านไฟฟ้าสถิต (anti-static agent) เป็นสารที่ช่วยลดประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นบนเนื้อผ้า
- สารต้านการกัดกร่อน (anti-corrosion) เป็นสารที่ช่วยลดการกัดกร่อนส่วนที่เป็นโลหะของเสื้อผ้า ช่วยป้องกันการสึกหรอของส่วนประกอบของเครื่องซักผ้า
- สารป้องกันสิ่งสกปรกกลับเข้าเกาะ (anti-soil redeposition agent) เป็นสารที่ช่วยป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกกลับเข้าไปเกาะกับเนื้อผ้าที่สะอาดแล้ว เช่น โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl cellulose)

- น้ำ
- สารประกอบอื่นๆ อาจมีได้ และสามารถทดสอบได้ เช่น โซเดียมไฮโดรฟอสเฟต (sodium hydrophosphate) โซเดียมออร์โทฟอสเฟต (sodium orthophosphate) หรือ โซเดียมเมทาฟอสเฟต (sodium metaphosphate) ที่มีสมบัติเหมือน STPP ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์

ตารางที่ 1 ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณในรูป P_2O_5) ของผงซักฟอกในประเทศไทย

No.	ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณในรูป P_2O_5),%	No.	ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณในรูป P_2O_5),%	No.	ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณในรูป P_2O_5),%	No.	ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณในรูป P_2O_5),%
1	5.4	**16**	4.4	**31**	12.1	**46**	0.3
2	5.6	**17**	3.5	**32**	0.4	**47**	0.5
3	2.5	**18**	6.3	**33**	4.2	**48**	0.3
4	5.5	**19**	2.7	**34**	9.1	**49**	0.8
5	13.8	**20**	3.9	**35**	12.5	**50**	8.8
6	11.2	**21**	5.2	**36**	3.2	**51**	2.5
7	9.2	**22**	5.2	**37**	5.8	**52**	9.2
8	3.1	**23**	2.0	**38**	8.9	**53**	4.7
9	4.0	**24**	9.6	**39**	8.8	**54**	0.4
10	3.0	**25**	11.5	**40**	8.7	**55**	0.2
11	2.5	**26**	3.2	**41**	9.4	**56**	0.4
12	2.4	**27**	5.4	**42**	0.3	**57**	0.3
13	3.5	**28**	4.6	**43**	2.4	**58**	5.4
14	10.6	**29**	14.3	**44**	4.1	**59**	2.9
15	3.0	**30**	12.0	**45**	8.0	**60**	5.2

ที่มา : ข้อมูลจากโครงการเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปี 2552

ตารางที่ 2 ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของผงซักฟอกในประเทศไทย

No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%
1	90	**16**	95	**31**	94	**46**	96
2	90	**17**	89	**32**	92	**47**	90
3	86	**18**	83	**33**	91	**48**	90
4	86	**19**	92	**34**	93	**49**	91
5	91	**20**	85	**35**	91	**50**	86
6	96	**21**	89	**36**	92	**51**	90
7	97	**22**	90	**37**	93	**52**	95
8	95	**23**	87	**38**	96	**53**	95
9	97	**24**	91	**39**	96	**54**	86
10	91	**25**	93	**40**	91	**55**	91

No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%	No.	การย่อยสลาย ,%
11	90	**26**	91	**41**	93	**56**	88
12	93	**27**	94	**42**	94	**57**	89
13	86	**28**	92	**43**	94	**58**	94
14	88	**29**	93	**44**	91	**59**	95
15	90	**30**	93	**45**	88	**60**	98

ที่มา : ข้อมูลจากโครงการเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปี 2552

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสารลดความกระด้างในผลิตภัณฑ์ซักผ้าของประเทศต่าง ๆ (สูตรซีโอไลต์)

ประเทศ	ซีโอไลต์	โซเดียมคาร์บอเนต	PCA
อังกฤษ	17-22	20	3
เบลเยียม	19-22	8-15	3
อิตาลี	20	15-18	4
เยอรมัน	25	10	2-3
เนเธอร์แลนด์	25	45	4
สวีเดน	27-31	20	4

ที่มา: เอกสาร [9]

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของผงซักฟอกสูตรฟอสเฟตและสูตรซีโอไลต์คิดเป็นร้อยละ (%) โดยน้ำหนัก

ส่วนประกอบ	ฟอสเฟต	ซีโอไลต์
STPP	25	0
ซีโอไลต์-A	0	30
สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่แตกตัวเป็นอิออน	2	4
สารลดแรงตึงผิว ชนิดแอนอิออน	12	10
โซดาแอช	10	15
ซิลิเคต	6	2
PCA	0	1
โซเดียมซัลเฟต	44	37
สารป้องกันสิ่งสกปรกกลับเข้าเกาะ	1	1

ที่มา: เอกสาร [10]

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าสูตรฟอสเฟตและสูตรไร้ฟอสเฟตชนิดผงและชนิดน้ำ

ส่วนประกอบ	ชนิดผง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		ชนิดน้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	สูตรฟอสเฟต	สูตรไร้ฟอสเฟต	สูตรฟอสเฟต	สูตรไร้ฟอสเฟต
STPP	28	0	25	0
ซีโอไลต์	0	25	0	0
สารลดแรงตึงผิว	12	15	13	49
โซเดียมซิลิเคต	6	4	-	-
โซเดียมคาร์บอเนต	5	15	-	-
โซเดียมเพอร์บอเรต	14	18	-	-
โซเดียมซัลเฟต	21.1-23.3	9.2	-	-
โซเดียมซิเทรต	-	-	0	2
โพลิเมอร์	0	4	-	-
organic phosphonates	0-0.2	0.4	0-0.2	1.0
สารป้องกันสิ่งสกปรกกลับเข้าเกาะ	1	1	-	-
ตัวกระตุ้น	0-2	2.5	-	-
ซิลิเคต	-	-	1.0	0
silicone antifoam	-	-	0.2	0.2
ตัวทำละลาย	-	-	0	10
เอนไซม์	0.3	0.5	0.3	0.5
สารสร้างความสดใส	0.2	0.2	0.2	0.2
น้ำหอม	0.2	0.2	0.2	0.2
บัฟเฟอร์	-	-	0	0
น้ำ	10	5	59.9-60.1	36.90
รวม	100	100	100	100

ที่มา: เอกสาร [11]

2.2 กรรมวิธีผลิต

สารตั้งต้นในการผลิตผงซักฟอกมี 2 ชนิด คือ

1. branched alkyl benzene (BAB) สารตั้งต้นชนิดนี้เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมาก เพราะทำให้เกิดฟองและสลายตัวยาวนาน เกิดน้ำเสียและทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำ
2. linear alkyl benzene (LAB) สารตั้งต้นชนิดนี้สามารถแก้ปัญหาของ BAB ได้ แต่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่า BAB ประมาณร้อยละ 10-25

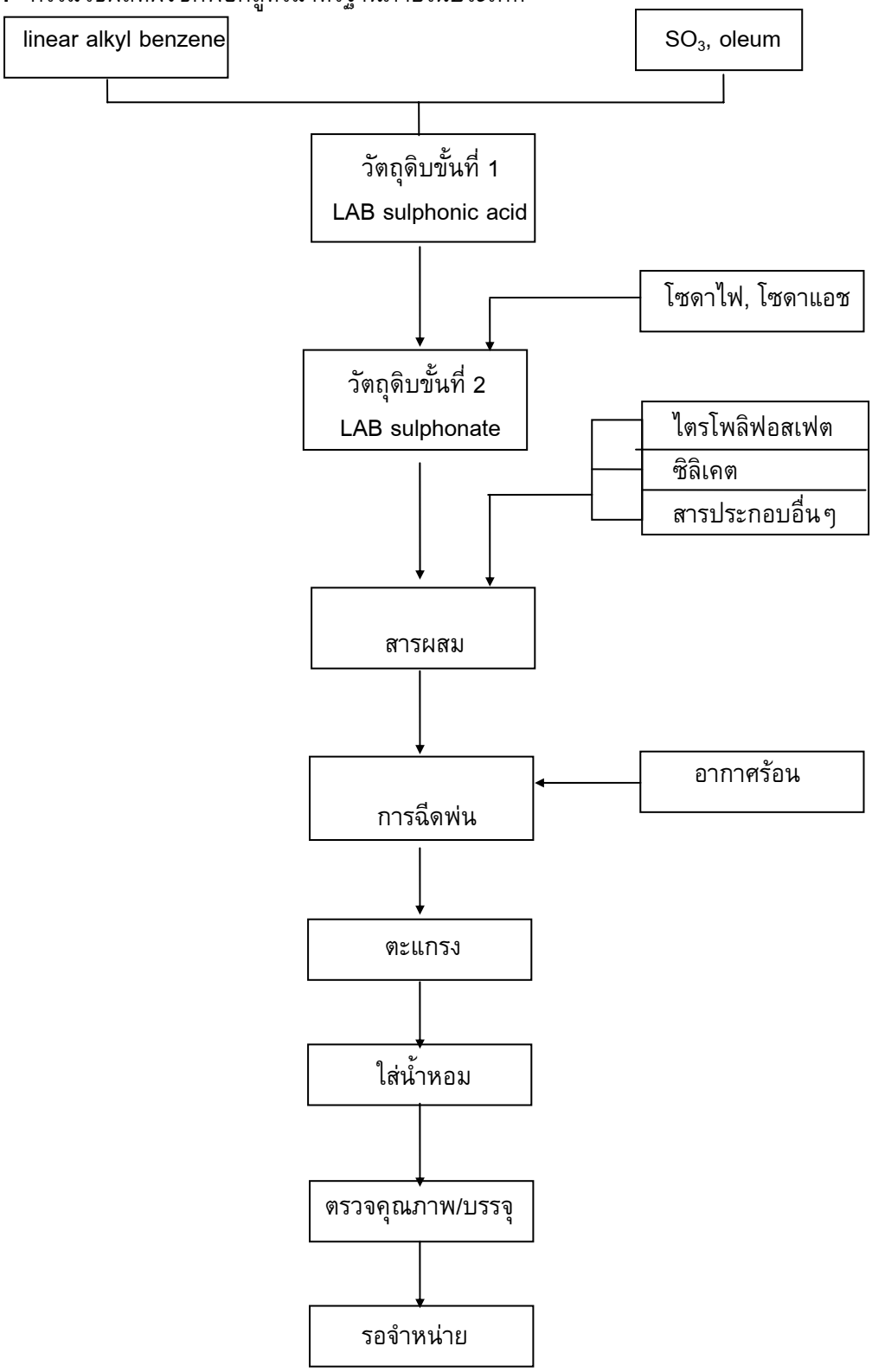
ปัจจุบันโรงงานผลิตผงซักฟอกแบบธรรมดาสูตรมาตรฐานทั้งหมดภายในประเทศ ผลิตผงซักฟอกโดยใช้กรรมวิธีผลิตแบบ LAB เพื่อให้ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ซักผ้าของทาง

ราชการที่กำหนดให้ใช้สารลดแรงตึงผิวประเภท LAB เพื่อแก้ปัญหามลพิษตั้งแต่ปลายปี 2528 ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตเป็นลำดับขั้นตอน (รูปที่ 1) ดังนี้

1. sulphonation-sulphation โดยนำ LAB ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มาทำปฏิกริยากับโอเลียม (oleum) หรือซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)
2. neutralization คือ นำวัตถุดิบที่ได้จากขั้นที่ 1 มาทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซดาไฟ (caustic soda) เพื่อเปลี่ยนกรดซัลโฟนิก (sulphonic acid) ให้เป็นเกลือโซเดียม (sodium salt) ซึ่งเป็นสารช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ในขั้นนี้ยังช่วยกำจัดกรดซัลฟิวริก (sulphuric acid)ให้หมดไปด้วย เพราะกรดซัลฟิวริกจะเป็นอันตรายต่อเส้นใยของผ้าและผิวหนังของคน
3. crutching คือ นำวัตถุดิบในขั้นที่ 2 มาผสมกับสารลดความกระด้างของน้ำ เช่น STPP ซีโอไลต์ ซิลิเคต และสารเติมแต่งอื่นอีกหลายชนิดตามสูตรของแต่ละโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์ซักผ้าแต่ละชนิด เพื่อช่วยให้การซักฟอกมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สารผสมที่ได้จะมีลักษณะเป็นของเหลวข้นๆ คล้ายแป้งเปียก (paste) เก็บไว้ในถังซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (drop tank)
4. สูบ (pump) สารผสมที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นขึ้นไปยังหอสูง (spray tower) เพื่อนำไปฉีดพ่น (spraying) ให้เป็นเม็ดด้วยความดันสูง ซึ่งปกติหอสูงจะมีความสูงประมาณ 80 ฟุต เมื่อสารผสมที่ถูกฉีดออกมาปะทะกับลมร้อนก็จะกลายเป็นเม็ดผงซักฟอกเล็กๆ มีลักษณะแห้ง (dried granules) และนำเม็ดผงซักฟอกที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการไปหลอมตัวเป็นของเหลวใหม่ในขั้นที่ 3 ก่อนส่งกลับขึ้นมายังหอสูงเพื่อฉีดเป็นเม็ดให้ได้ขนาดตามความต้องการต่อไป
5. เม็ดผงซักฟอกเล็กๆ ที่ได้จะเคลื่อนไปยังไซโคลน โดยการดันขึ้นไปของลมเย็นเพื่อไล่ความชื้น และแยกเม็ดผงซักฟอกให้ได้ตามขนาดที่ต้องการโดยผ่านตะแกรง
6. นำเม็ดผงซักฟอกที่ได้ขนาดไปผ่านการฉีดน้ำหอมเพื่อช่วยให้ผ้าหรือสิ่งชำระล้างมีกลิ่นหอม
7. ตรวจสอบคุณภาพและนำไปบรรจุใส่กล่องหรือซองให้ได้ขนาดและน้ำหนักต่างๆ ตามที่ต้องการแล้วบรรจุใส่หีบเพื่อรอการจำหน่าย

สำหรับกรรมวิธีผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นนั้น จะมีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของโรงงานต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงไม่ได้ยกตัวอย่างในที่นี้

รูปที่ 1 กรรมวิธีผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานภายในประเทศ



ที่มา: เอกสาร [1]

2.3 ประเภทของผลิตภัณฑ์ซักผ้า

การผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้ามีการพัฒนาตามลำดับ โดยเน้นความสะอาดในการใช้และสอดคล้องกับพฤติกรรมที่เปลี่ยนไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันมีทั้งผงและน้ำ สามารถแบ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าตามลักษณะการใช้งานดังนี้

(1) ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดที่เหมาะสำหรับซักด้วยมือ
(2) ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดที่เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องซักผ้า

ผลิตภัณฑ์ซักผ้าทั้ง 2 ชนิดนี้แต่ละชนิดจะมีส่วนผสมของสารเคมีแตกต่างกัน จึงมีสมบัติและความสามารถในการซักฟอกไม่เหมือนกัน ฉะนั้นในการใช้งานผู้ใช้จึงต้องเลือกผลิตภัณฑ์ซักผ้าให้ตรงกับงานที่ใช้ด้วย

เมื่อแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ซักผ้าตามสารลดความกระด้าง (builder) จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ
(1) ชนิดที่ไม่มีสารลดความกระด้าง (unbuilt) ใช้ในการล้างในอุตสาหกรรมเท่านั้น
(2) ชนิดที่มีสารลดความกระด้าง (built) ใช้ตามบ้านเรือน (laundry detergent) เพื่อขจัดความสกปรกของเสื้อผ้า และสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ
ก. ผลิตภัณฑ์ซักผ้า สูตรฟอสเฟต
ข. ผลิตภัณฑ์ซักผ้า สูตรฟอสเฟตต่ำ (low phosphate)
ค. ผลิตภัณฑ์ซักผ้า สูตรไม่มีฟอสเฟต (phosphate-free หรือ non-phosphate)

สำหรับในประเทศไทยผงซักฟอกที่ใช้เป็นสูตรฟอสเฟตจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2534 จึงมีการเสนอผงซักฟอกสูตรฟอสเฟตต่ำ โดยใช้สารซีโอไลต์ทดแทนสารฟอสเฟตส่วนหนึ่ง เข้ามาในตลาดผลิตภัณฑ์ซักผ้า

2.4 อุตสาหกรรมผงซักฟอก

2.4.1 การผลิตและการจำหน่าย

ในปี 2547 มีปริมาณการผลิตผงซักฟอกประมาณ 2.58 แสนตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.0 และมีการจำหน่ายผงซักฟอกในประเทศประมาณ 2.4 แสนตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 ตลาดเป็นผู้ผลิตน้อยราย และสินค้ามีความคล้ายคลึงกัน การแข่งขันจึงเน้นการโฆษณาประชาสัมพันธ์เพื่อรักษาตลาด ด้านการส่งออกซึ่งมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 8.3 ขยายตัวได้เล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.9 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการผลิต การจำหน่าย และการส่งออกผงซักฟอก และอัตราการเปลี่ยนแปลง

เครื่องชี้ที่สำคัญ	2544	2545	2546	2547	2548 [1]
ปริมาณการผลิต (พันตัน)	215	250	253	258	267
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)	N.A.	16.3	1.2	2.0	2.7
ปริมาณการจำน่าย (พันตัน)	201	223	225	240	242
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)	N.A.	10.9	0.9	6.7	0.4
ปริมาณการส่งออก (พันตัน)	10.0	28.6	21.8	22.0	32.9[2]
อัตรากรเปลี่ยนแปลง (%)	112.8	186.0	-23.8	0.9	49.5

ที่มา : เอกสาร [7]

1 : เป็นตัวเลขประมาณการโดยวิจัยธุรกิจ บมจ.ธนาคารกรุงไทย

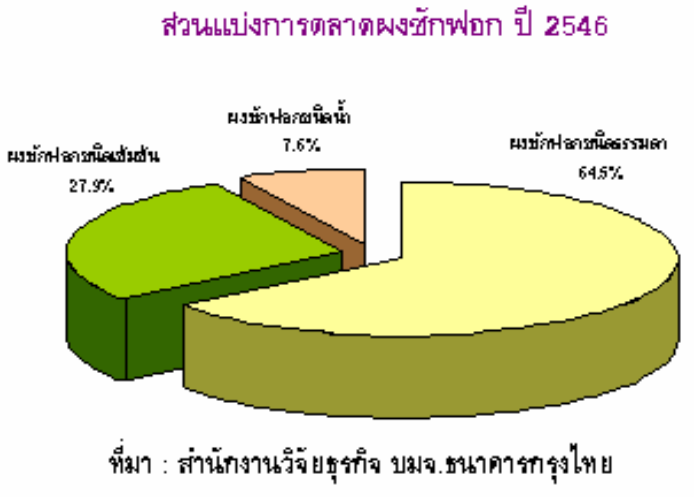
2.: เป็นข้อมูลจากกรมศุลกากร

แนวโน้มปี 2548 คาดว่าปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2.7 และการจำหน่ายในประเทศเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.4 ตามสภาพเศรษฐกิจที่เริ่มชะลอตัวลง ขณะที่ผู้ผลิตต้องเผชิญกับภาวะต้นทุนที่สูงขึ้น จึงต่างพยายามควบคุมค่าใช้จ่าย และหันมาส่งเสริมการขายนอกจากสื่อมากขึ้น ส่วนการส่งออกมีแนวโน้มขยายตัวดีขึ้น โดยในช่วง 5 เดือนแรกปี 2548 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 31.3 และ 52.8 ตามลำดับ ตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ มาเลเซีย มีมูลค่าคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38.6 รองลงไป คือ กัมพูชา และสปป.ลาว ร้อยละ 16.3 และ 15.6 ตามลำดับ คาดว่าทั้งปีจะมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 27.3

2.4.2 การตลาด

อุตสาหกรรมผงซักฟอกเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตเพื่อสนองความต้องการในประเทศเป็นหลัก มีการนำเข้าและส่งออกน้อย ในบรรดาผู้ผลิตผงซักฟอกรายใหญ่จำนวน 4 ราย ผลิตผงซักฟอกจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดประมาณ 10 ตรายี่ห้อ มีส่วนแบ่งทางการตลาดเป็นร้อยละ 98 ของผลิตภัณฑ์ผงซักฟอกที่ผลิตและจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน และเนื่องจากการผลิตผงซักฟอกเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง จึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้ประกอบการรายใหม่เข้าสู่ตลาดได้ยาก อย่างไรก็ตามเนื่องจากมูลค่าการตลาดผงซักฟอกมีขนาดใหญ่ จึงทำให้การแข่งขันประกอบการค่อนข้างสูง สำหรับผู้ผลิตรายย่อยซึ่งมีอยู่มากกว่า 10 ราย มุ่งเน้นการผลิตผงซักฟอกไปที่ผู้ซื้อในตลาดเฉพาะ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล [5]

รูปที่ 2 ส่วนแบ่งการตลาดแบ่งตามชนิดของผงซักฟอก



เนื่องจากผงซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่มีตลาดรองรับขนาดใหญ่และขยายตัวรวดเร็วต่อเนื่องควบคู่ไปกับการเพิ่มของจำนวนประชากรในประเทศทั้งตลาดครัวเรือนและกลุ่มธุรกิจ ส่งผลให้การแข่งขันระหว่างผู้ผลิตทวีความรุนแรงขึ้นตามลำดับ โดยต่างมุ่งพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่แตกต่างกันไป เพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดให้มากที่สุดด้วยการปรับปรุงด้านบรรจุภัณฑ์ให้มีรูปแบบสะดุดตาสะดวกในการใช้ และมีหลายขนาดให้ผู้บริโภคเลือกใช้ตามวัตถุประสงค์และกำลังซื้อที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ ผู้ผลิตรายใหญ่แต่ละรายต่างแข่งขันกันพัฒนาผงซักฟอกสูตรใหม่ๆ ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่องเพื่อดึงดูดลูกค้า เช่น สามารถซักได้ทั้งผ้าขาวและผ้าสี ทำให้สะดวกในการใช้ สามารถละลายน้ำได้ง่าย ช่วยปรับผ้าให้นุ่มและช่วยถนอมมือ สำหรับในปัจจุบันการแข่งขันมุ่งไปที่การพัฒนาผงซักฟอกสูตรเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูง ทำให้ใช้ปริมาณน้อยลงและไม่ต้องออกแรงขยี้มาก

2.4.3 การนำเข้า

ในปี 2545 ปริมาณการนำเข้าผงซักฟอกรวม 2,138.8 ตัน คิดเป็นมูลค่า 134.9 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อน โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการนำเข้า ร้อยละ 32.0 และอัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าร้อยละ 1.58 ปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมาลดลงในปี 2548 ผงซักฟอกส่วนใหญ่นำเข้าจากมาเลเซีย จีน และสหรัฐอเมริกา (ตารางที่ 7)

2.4.4 การส่งออก

นอกจากการผลิตผงซักฟอกเพื่อจำหน่ายในประเทศแล้ว อุตสาหกรรมผงซักฟอกของไทยยังสามารถขยายตลาดไปสู่ต่างประเทศได้กว้างขวางขึ้น ทำให้มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นจาก 280 ล้านบาทในปี 2544 เป็น 1,112 ล้านบาทในปี 2548 สำหรับตลาดส่งออกผงซักฟอกที่สำคัญของไทย คือ มาเลเซีย โดยมีปริมาณการส่งออก ในปี 2544-2548 กว่า 60,058 ตัน ส่วนตลาดที่มีบทบาทรองลงมา คือ กัมพูชา ลาว เวียดนาม และสิงคโปร์ (ตารางที่ 8)

จากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบอุตสาหกรรมซักฟอก สภาพการส่งออกของไทยและประเทศเปรียบเทียบโดยรวมในปี 2545 สรุปได้ว่า หากประเทศนำเข้าใดมีภูมิภาคที่ใกล้เคียงกับไทยหรือประเทศเปรียบเทียบก็มักมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ของประเทศที่ใกล้เคียงกันเป็นสัดส่วนที่สูงมาก อาทิ ผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ซักผ้าในตลาดมาเลเซีย เป็นต้น ที่ไทยมีส่วนแบ่งทางการตลาดสูงมากเมื่อเทียบภายในตลาดเดียวกัน สาเหตุหลักมาจากการที่ผู้ประกอบการซักฟอกรายใหญ่ๆของโลกมักย้ายฐานการผลิตไปตามภูมิภาคต่างๆของโลกเพื่อลดต้นทุนในด้านวัตถุดิบและการกระจายการขนส่งสินค้า ตลอดจนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการตลาด ลดต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมภายในประเทศตนเอง เพื่อฉกฉวยผลประโยชน์จากสิทธิทางการค้าภายในกลุ่มประเทศหรือสิทธิทางการค้าจากการทำเขตการค้าเสรีของประเทศที่ได้ย้ายฐานการลงทุนไป [6]

ตารางที่ 7 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผงซักฟอก

ปี	ปริมาณการนำเข้า (กก.)	มูลค่า (บาท)
2544	1,619,935	132,872,634
2545	2,138,803	134,991,442
2546	2,361,093	138,109,790
2547	4,145,298	184,886,248
2548	3,562,860	175,243,798

ที่มา ; กรมศุลกากร

ตารางที่ 8 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผงซักฟอก

ปี	ปริมาณการส่งออก (กก.)	มูลค่า (บาท)
2544	9,995,448	280,488,402
2545	28,627,604	673,355,159
2546	21,823,797	581,142,560
2547	21,987,357	616,177,308
2548	32,919,972	1,112,203,681

ที่มา ; กรมศุลกากร

3. ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซักผ้า (ตารางที่ 9) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ในระหว่างการผลิต ในระหว่างการใช้งาน และการทิ้งหลังจากใช้งาน

ตารางที่ 9 : ผลกระทบเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่อสิ่งแวดล้อม

หัวข้อทางสิ่งแวดล้อม (environmental aspects)	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซักผ้า			
	ขณะผลิต	ขณะขนส่ง	ขณะใช้	ทิ้งหลังใช้
การใช้ทรัพยากร (resource use) เช่น				
- พลังงาน : น้ำมันเตา(ความร้อน)	○		-	×
: ไฟฟ้า	○		○	×
- น้ำ	○		○	×
- วัตถุดิบ	○[1)]		○[1)]	×
การเกิดวัตถุอันตราย (hazardous substance)	×		×	×
การปล่อยมลสารไปสู่ (emissions/release ofpollutant into)				
- อากาศ	●[2)*]		×	×
- น้ำ	●[*]		●	●[3)]
- ดิน	×		×	●
ขยะมูลฝอย/ของเสีย (waste)				
- การหลีกเลี่ยง (avoidance)	×		×	●[4)]
- การลด (reduction)	×		×	●[4)]
- การรีไซเคิล (recycling)	×		×	●[4)]
มลภาวะอื่นๆ (other impacts)				
- เสียง	●[*]		×	×
- กลิ่น	●		×	×
- แสง	×		×	×
- ความร้อน	●[*]		×	×
ความเหมาะสมสำหรับการใช้ (fitness for use)	-		●**	-
ความปลอดภัย (safety)	-		●**	-

หมายเหตุ:
- ● ต้องพิจารณาในการออกข้อกำหนด
- ○ มีผลกระทบ แต่ไม่รวมอยู่ในข้อกำหนด
- × ไม่เกี่ยวข้อง
- 1) สารประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ซักผ้า
- 2) SO_2, CO, blue smoke, ฝุ่น
- 3) บรรจุภัณฑ์สามารถหมุนเวียนมาใช้ใหม่ หรือเติมใหม่ได้
- 4) สารลดแรงตึงผิว
- * มีข้อบังคับตามพระราชบัญญัติโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม
- ** มีข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผงซักฟอก และพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ.2522

3.1 ในระหว่างการผลิต

ในระหว่างการผลิตเกิดความร้อน ฝุ่น และเสียงดัง นอกจากนี้ยังมีการใช้ทรัพยากร เช่น น้ำ วัตถุดิบ น้ำมันเตา ไฟฟ้า และพลังงานอื่นๆ

3.2 ในระหว่างการใช้งาน

3.2.1 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวบางชนิด เช่น alkylphenol ethoxylate (APEO) เป็นสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีประจุ ซึ่งสามารถสลายตัวอยู่ในรูปที่มีความเสถียรและเป็นพิษมากขึ้น นอกจากนี้ APEOs ยังสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตได้

3.2.2 สารฟอก

สารฟอกเป็นสารที่อาศัยปฏิกิริยาของแนสแซนต์ออกซิเจนในการฟอก ปกติมักใช้โซเดียมเพอร์บอเรต (sodium perborate) และเพอร์คาร์บอเนต (percarbonate) สารฟอกบางชนิด เช่น คลอรีน (chlorine) เป็นสารฟอกที่มีความเป็นพิษและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หรือ perborate ซึ่งย่อยสลายให้บอเรต (borates) ที่เป็นพิษเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.3 สารช่วยให้ผ้านุ่ม

สารช่วยให้ผ้านุ่มเป็นสารที่ช่วยทำให้ผ้านุ่มขึ้นหลังจากซักแล้ว ปกติมักใช้เกลือแอมโมเนียม บางชนิดเป็นสารพิษและเป็นสารฆ่าแบคทีเรีย

3.2.4 สารเพิ่มความสดใส

สารเพิ่มความสดใสเป็นสารเคมีที่สามารถดูดแสงอัลตราไวโอเลต แล้วให้แสงที่ทำให้ผ้าดูสดใสยิ่งขึ้น บางชนิดมีสูตรโครงสร้างซับซ้อน เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และอาจเป็นสารก่อมะเร็ง

3.2.5 สีย้อม

สีย้อมบางชนิดเป็นสารเคมีที่มีความซับซ้อนและเป็นพิษ เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและอาจเป็นสารก่อมะเร็ง

3.2.6 สารคงสภาพการเก็บรักษา

สารคงสภาพการเก็บรักษาเป็นสารที่ช่วยให้ผงซักฟอกเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ บางชนิด เช่น ฟอร์มาลีน (formalin) ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายของฟอร์มาลดีไฮด์ (formadehyde) มีความเป็นพิษและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.7 สารลดความกระด้างของน้ำ

สารลดความกระด้างของน้ำเป็นสารที่ลดความกระด้างของน้ำและช่วยให้สารลดแรงตึงผิวสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอยู่หลายชนิดที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น

- phosphonate เป็นสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก และมักเกิดการรวมตัวกับโลหะหนักในตะกอนดินเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน
- ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) เป็นสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก และมักเกิดการรวมตัวกับโลหะหนักในตะกอนดินเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน
- nitrilotriacetic acid (NTA) เป็นสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก และมักเกิดการรวมตัวกับโลหะหนักในตะกอนดินเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็ง
- ฟอสเฟตกับปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน
- ซีโอไลต์กับการเกิดสารแขวนลอยในน้ำ

ฟอสเฟตกับปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำโดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง คือ ทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ เกิดโดยสาหร่ายในแหล่งน้ำเหล่านี้ใช้ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนทำให้มีสีเขียวคล้ำ ไม่อาจใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังอาจเกิดสารพิษจากสาหร่าย ซึ่งถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้ปลาตายได้

รวมทั้งทำให้น้ำมีรสและกลิ่น เมื่อนำไปผลิตเป็นน้ำใช้ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการบำบัดน้ำเพื่อขจัดกลิ่นและรสดังกล่าว และนำมาซึ่งความไม่น่าดู เกิดผลกระทบต่อกิจการการท่องเที่ยว สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ หรือกีฬาทางน้ำ ปัจจุบันพบว่าการเกิดยูโทรฟิเคชันไม่ใช่จะเกิดเฉพาะในทะเลสาบหรือหนองน้ำ แต่สามารถเกิดในแม่น้ำ ชายฝั่งทะเล และทะเลได้

เชื่อกันว่าฟอสฟอรัสซึ่งเป็นสารลดความกระด้างของน้ำในผลิตภัณฑ์ซักผ้าเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน ความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีค่าเกินกว่า 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันได้ แต่สาเหตุการเกิดยูโทรฟิเคชันเป็นเรื่องซับซ้อน ไม่ใช่เกิดขึ้นเนื่องจากมีปริมาณฟอสฟอรัสมากถึงระดับหนึ่งเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วยปัจจัยอื่นๆ เช่น แสง ความเร็ว หรืออัตราการไหลของน้ำ เวลากักเก็บน้ำ

ประมาณปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา ที่ปัญหามลพิษในแหล่งน้ำอันเกิดจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันเป็นที่สนใจในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ที่เกิดในทะเลสาบทั้งห้า (Great Lakes) ในประเทศสหรัฐอเมริกาและคานาดา แหล่งน้ำนิ่งในประเทศแถบยุโรป ตัวอย่างเช่น สวิตเซอร์แลนด์ คานาดา สวีเดน เยอรมัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ซักผ้ามีส่วนประกอบของฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง โดยที่สารประกอบฟอสฟอรัสนี้เป็นสารสำคัญในการก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันดังกล่าว ในหลายๆประเทศจึงมุ่งความสนใจในการหาสารทดแทนสารประกอบฟอสฟอรัสที่ใช้เป็นสารลดความกระด้างในผลิตภัณฑ์ซักผ้านี้ และอีกหลาย ๆ ประเทศได้มีการจำกัดปริมาณสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าให้ลดน้อยลง (ตารางที่ 10)

ยุโรป

ปัญหายูโทรฟิเคชันที่เกิดขึ้นในประเทศแถบยุโรปมีมากน้อยต่างกัน (ตารางที่ 11) ส่วนการแก้ปัญหายูโทรฟิเคชัน ได้มีการเปลี่ยนสูตรผลิตภัณฑ์ซักผ้าดังนี้

(ก) ในระยะเริ่มต้น

- ใช้วิธีการสมัครใจในการพยายามลดสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า โดยที่ไม่ทำให้สมบัติในการซักล้างเปลี่ยนแปลง

(ข) ในระยะยาว

- ใช้วิธีการบังคับเป็นกฎหมาย ตัวอย่างเช่น ในประเทศเยอรมันเริ่มมีการรณรงค์ตั้งแต่ปี 2516 และออกเป็นกฎหมายเมื่อปี พ.ศ. 2527 โดยจำกัดปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า ทั้งนี้เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการวิจัยสารทดแทนที่เหมาะสม

ส่วนประเทศที่ห้ามใช้ STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าโดยสิ้นเชิง คือ สวิตเซอร์แลนด์และนอร์เวย์ โดยเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2529 ในขณะที่หลาย ๆ ประเทศได้ตกลงกับบริษัทผู้ผลิตในการพยายามจำกัดปริมาณ STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าลง และมีการกำหนดค่าสูงสุดของสารประกอบ STPP ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าดังแสดงในตารางที่ 10 เป็นที่สังเกตว่าในการห้ามใช้ STPP นี้ประเทศเหล่านั้นมิได้กำหนดไม่ให้มีฟอสฟอรัสเลย แต่สามารถให้มีได้บ้างในช่วง 0 ถึง ร้อยละ 8.7 ของผลิตภัณฑ์ซักผ้า อย่างไรก็ดียังมีหลาย ๆ ประเทศที่ไม่มีการควบคุมสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า เช่น ประเทศอังกฤษ ไอซ์แลนด์ สเปน ปอร์ตุเกส เดนมาร์ก กรีซ และเบลเยียม ถึงแม้ว่าสองประเทศหลังมีปัญหายูโทรฟิเคชันในระดับสูงก็ตาม

ในรายงานศึกษามลสารจากผลิตภัณฑ์ซักผ้าของประเทศอังกฤษ ได้ให้ข้อสรุปถึงปัญหายูโทรฟิเคชันว่าการใช้สารทดแทนในผลิตภัณฑ์ซักผ้าจะลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนได้เพียง ร้อยละ 30 (หนึ่งในสาม) ซึ่งไม่พอเพียงกับการแก้ปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำได้ และการใช้ระบบบำบัดเจาะจงกำจัดฟอสฟอรัสจะช่วยลดปัญหายูโทรฟิเคชันที่เกิดในระดับท้องถิ่นได้ ส่วนในประเทศอิตาลีมีรายงานจากกระทรวงสาธารณสุขในปี 2534 ชี้ให้เห็นถึง สภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบและในทะเล Adriatic ว่าไม่ดีขึ้นถึงแม้จะมีการยุติการใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่มีฟอสเฟตแล้ว สำหรับการแก้ปัญหายูโทรฟิเคชันใน Great lakes ของอเมริกานั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการร่วมกันระหว่างการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย การเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าสูตร STPP และการควบคุมสารประกอบฟอสฟอรัสจากเกษตรกรรม จึงจะแก้ปัญหาได้ การจำกัดฟอสฟอรัสในผลิตภัณฑ์ซักผ้าอย่างเดียว ไม่สามารถแก้ไขปัญหายูโทรฟิเคชันใน Great lakes ได้

อย่างไรก็ดีในประเทศที่มีการจำกัดการใช้สารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า ยังมีข้อโต้แย้งถึงศักยภาพของสารทดแทนสาร STPP ในด้านการซักล้าง และได้ตั้งข้อสงสัยในความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น สถาบันสิ่งแวดล้อมและสังคมในเยอรมันได้มีการทดสอบผ้าที่

ซักด้วยผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ใช้สารลดความกระด้างต่างชนิด 12 เครื่องหมายการค้า โดยได้รับทุนสนับสนุนจากรัฐบาลเยอรมัน ในปี 2526 พบว่าผลิตภัณฑ์ 8 ยี่ห้อมีปัญหาเรื่องคุณภาพผ้าที่ซัก โดยที่มีสารทดแทนเป็นสารลดความกระด้าง (หมายเหตุ: เชื่อว่าในสิบปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาผงซักฟอกสูตรฟอสเฟตต่ำหรือไร้ฟอสเฟต จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมแล้ว) หรือที่ประเทศฝรั่งเศส (พ.ศ. 2533) ประเทศสวีเดน (พ.ศ. 2533) ได้มีคำสั่งศาล ให้ยุติการโฆษณาเกี่ยวกับความได้เปรียบของผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ไม่มีฟอสเฟตในการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

อเมริกา

ในอเมริกาได้มีการพิจารณาร่างกฎหมายห้ามใช้สารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า ใน 35 รัฐในระหว่างปี พ.ศ. 2508-2513 แต่ในที่สุดมีเพียง 6 รัฐที่อยู่รอบทะเลสาบทั้งห้าที่จำกัดสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าโดยเริ่มในปี พ.ศ. 2515 ซึ่งในระหว่างนั้นยังเป็นช่วงที่มีการศึกษาวิจัยเรื่องสารทดแทน ทั้งในด้านประสิทธิภาพการซักล้าง ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต การก่อปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสารตกค้างและวิธีการทำลายหรือการกำจัดออก อย่างไรก็ตามในภายหลังได้มีรัฐอื่น ๆ อีกรวมเป็น 15 รัฐที่จำกัดสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้า

สารทดแทนที่ใช้กันมากในช่วงเริ่มต้นของการจำกัดสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าในอเมริกานั้นคือ NTA แต่ NTA เป็นสารประกอบอินทรีย์จึงสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ ซึ่งการสลายตัวตามธรรมชาตินี้จะให้ธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญอีกตัวหนึ่งของการเจริญเติบโตของพืชน้ำ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้อีกสาเหตุหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีรายงานการทดสอบในอเมริกา ว่าสาร NTA เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกข้อหนึ่งซึ่งเป็นที่สนใจในหลาย ๆ ประเทศและทำให้สาร NTA ไม่เป็นที่นิยมใช้ คือ สาร NTA เป็นสารที่นำโลหะหนักได้ดี จึงอาจจะช่วยนำโลหะหนักในตะกอนดินมาเป็นสารประกอบของโลหะหนักที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำได้

ออสเตรเลีย

ในปี พ.ศ. 2532 ประเทศออสเตรเลียได้มีรายงานศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน โดยเปรียบเทียบระหว่างการเปลี่ยนมาใช้สารทดแทนในผลิตภัณฑ์ซักผ้ากับการมีระบบ

บำบัดเจาะจงสำหรับกำจัดฟอสฟอรัส พบว่าหากใช้วิธีกำจัดฟอสฟอรัสที่ระบบบำบัดน้ำเสียจะถูกกว่าการเปลี่ยนสูตร STPP เป็นสารทดแทนตัวอื่น ๆ และยังเป็นประเทศที่ไม่มีการควบคุมสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าด้วย

ญี่ปุ่น

ในประเทศญี่ปุ่นสืบเนื่องมาจากได้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในทะเลสาบบิวา (Biwa Lake) ในเขตมณฑลชิกา (Shiga Prefecture) จึงได้แก้ปัญหาเริ่มแรก โดยวิธีการรณรงค์และออกระเบียบลดปริมาณสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าให้น้อยลงตามลำดับตั้งแต่ปี 2518 คือจากเดิมร้อยละ 15 ในรูป P_2O_5 มาเป็นร้อยละ 12 ในปี 2518 และร้อยละ 10 ในปี 2522 และเปลี่ยนมาใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ไม่มีฟอสเฟตในปลายปี 2523 ในขณะเดียวกันได้มีการออกมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสำหรับย่านดังกล่าวในปี 2523 (น้ำทิ้งชุมชนจากระบบบำบัดต้องมีฟอสฟอรัสไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร) ถึงแม้ว่าในประเทศญี่ปุ่นได้พยายามลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้สารลดความกระด้างทดแทน STPP แล้วตาม ในขณะเดียวกันในย่านที่มีปัญหายูโทรฟิเคชันถ้ามีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอยู่แล้ว ก็ได้มีการปรับให้มีกระบวนการเจาะจงลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มเติมขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพยายามที่จะให้มีกระบวนการเจาะจงลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในจังหวัดใหญ่อื่นๆ อีกโดยเฉพาะจังหวัดที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้อ่าวทะเล ถึงแม้บางแห่งจะยังไม่มีปัญหายูโทรฟิเคชันก็ตาม ในปี 2523 ประเทศญี่ปุ่นมีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอยู่ 736 แห่ง โดยที่ 15 แห่ง มีกระบวนการเจาะจงลดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนแล้ว

ในขณะที่ประเทศญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการใช้สารซีโอไลต์เป็นสารลดความกระด้างทดแทนสาร STPP ในการซักล้าง สหรัฐอเมริกาหรือประเทศในยุโรปมีรายงานว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าเมื่อใช้ซีโอไลต์ต้องมีการใช้สารลดความกระด้างร่วมด้วย ทั้งนี้เพราะความกระด้างของน้ำในประเทศตะวันตกค่อนข้างสูง (ตารางที่ 12) ดังนั้นจึงต้องใช้สารลดความกระด้างค่อนข้างสูงตามไปด้วย อนึ่ง ในประเด็นนี้มีข้อสังเกตว่าประเทศในเอเชียที่มีความกระด้างของน้ำต่ำกว่าจึงมีความต้องการสารลดความกระด้างร่วมต่ำกว่าในประเทศเหล่านั้น สำหรับในต่างประเทศที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่ใช้ซีโอไลต์เกินกว่าร้อยละ 20 (เพราะความกระด้างของ

น้ำสูง) ก็จะเกิดปัญหาในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นในกระบวนการผลิตผงซักฟอกอีกด้วย ยกเว้นจะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดน้ำปัญหานี้ก็จะไม่เกิดขึ้น

ประเทศไทย

ในประเทศไทยเริ่มมีปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันเกิดขึ้นให้เห็นบ้างแล้ว เช่น ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาพ (red tide) ที่มักเกิดขึ้นในอ่าวไทยหลายแห่งและบ่อยครั้งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อกลางเดือนสิงหาคม 2534 ตั้งแต่บริเวณชายหาดบางแสนจนถึงอ่าวอุดม และระหว่างปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม 2535 ในบริเวณตั้งแต่อ่างศิลาไปจนถึงอำเภอศรีราชา ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณชายฝั่งเป็นอย่างมาก ปลาและสัตว์ทะเลหลายชนิดตายเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นที่รุนแรงตลอดแนวชายฝั่ง นอกจากนี้ยังเกิดความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง การเลี้ยงปลาในกระชัง และธุรกิจการท่องเที่ยวในบริเวณดังกล่าวอย่างมาก คิดเป็นมูลค่าหลายสิบล้านบาท ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาพที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วของไดโนแฟกเจลเลต (dinoflagellate) ชนิดนอสติลูกา (nostiluca) ทำให้น้ำทะเลมีสีเขียวเข้ม และมีแนวโน้มว่าจะเกิดในช่วงเวลาดังกล่าวทุกปี และนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาต้นเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าวอย่างละเอียด

ธงชัยและคณะ (2536) ศึกษาแนวทางการลดปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนจากการใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้า และได้ข้อสรุปดังนี้

1. ในการเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกที่ใช้ STPP มาใช้ซีโอไลต์เป็นสารลดความกระด้างแทน เพื่อที่จะให้คุณภาพของผงซักฟอกต่อผ้าที่ซักไม่เปลี่ยนแปลง จำเป็นจะต้องศึกษาองค์ประกอบอื่นๆ ของผงซักฟอกเพื่อให้ได้สูตรผงซักฟอกไร้ฟอสเฟตเหมาะสมกับชนิดผ้าและลักษณะความกระด้างของน้ำในประเทศหนึ่งๆ ซึ่งหมายถึงผลกระทบในด้านราคาของผลิตภัณฑ์ซักผ้า นอกจากนี้สูตรผงซักฟอกในยุโรปและอเมริกาที่ใช้ซีโอไลต์เป็นสารลดความกระด้าง จำเป็นต้องใช้สารลดความกระด้างร่วม PCA ซึ่งเป็นสารที่ย่อยสลายยากและยังไม่มีข้อมูลศึกษาเพียงพอเพื่อสนับสนุนในด้านความปลอดภัยที่จะมีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนราคาของสารดังกล่าวค่อนข้างสูง

2. การเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกเป็นชนิดไร้สารประกอบฟอสเฟต จะช่วยลดสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนได้ประมาณร้อยละ 26 หรือไม่เกิน 1 ใน 3 และในภาพรวมของทั้งประเทศลดได้ประมาณร้อยละ 9-14 หรือไม่เกิน 1 ใน 8 ของสารประกอบฟอสฟอรัสทั้งหมดจากแหล่งต่างๆ ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำ

3. ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งคูคลองมีการเจือจางต่ำและมีสารประกอบฟอสฟอรัสที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำมาจากน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรม การเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกเป็นชนิดไร้ฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว ไม่ช่วยในการแก้ปัญหายูโทรฟิเคชันที่เกิดในคูคลอง จำเป็นต้องมีระบบเจาะจงกำจัดฟอสฟอรัสในระบบน้ำเสียชุมชนด้วย และต้องเป็นระบบกำจัดที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงถึงร้อยละ 99.8 มิฉะนั้นจะไม่แก้ปัญหานี้ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการเจือจางของน้ำเสียชุมชนอีกด้วย เนื่องจากท่อระบายน้ำที่ใช้เป็นระบบรับน้ำเสียรวมกับน้ำฝน ทำให้ไม่เหมาะกับขั้นตอนไร้อากาศในระบบเจาะจงกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพซึ่งมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบทางเคมี นอกจากนี้ผลจากการลดสารประกอบฟอสฟอรัสในกรุงเทพมหานครเพียงแห่งเดียวไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกหรือกำจัดในระบบบำบัดแบบเจาะจงกำจัดสารฟอสฟอรัส ก็ไม่สามารถช่วยลดการเกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำรวมของภูมิภาค (คืออ่าวไทยตอนบน) ที่รับน้ำจากแม่น้ำอื่นๆ ในภาคกลางของประเทศได้

4. การเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกจะเป็นประโยชน์กับแหล่งน้ำในบางพื้นที่ที่รับน้ำเสียชุมชนเป็นส่วนใหญ่ และมีอัตราการเจือจางอยู่สูง อย่างไรก็ดีในชุมชนที่แหล่งน้ำมีอัตราการเจือจางต่ำและจำเป็นต้องมีระบบเจาะจงกำจัดฟอสเฟต การเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกเป็นชนิดไร้ฟอสเฟตจะลดปริมาณฟอสฟอรัสที่จะต้องถูกกำจัด ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบกำจัดลดน้อยลง และจะช่วยทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน ซึ่งเคยมีค่าสูงในบางวันเมื่อยังไม่มีการเปลี่ยนสูตร เช่นในวันหยุดราชการที่คนส่วนใหญ่มีการซักผ้ากันมากมีค่าสม่ำเสมอขึ้น และช่วยปรับอัตราส่วน BOD:P ที่เคยมีค่าลดลงในวันดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดของระบบกำจัดฟอสฟอรัสเจาะจงทางชีวภาพดีขึ้น

5. หากการเปลี่ยนสูตรผงซักฟอกแล้วไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายของผู้บริโภคหรือประชาชนสูงขึ้น ก็ควรที่จะพิจารณาดำเนินการ เพราะอย่างน้อยก็สามารถลดปริมาณฟอสเฟตลงได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งเป็นการแบ่งเบาภาระที่สิ่งแวดล้อมจะต้องรองรับลงไปได้

กฤษดา (2538) ศึกษาการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำจากแหล่งชุมชนและเกษตรกรรม พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากชุมชนจะมาจากกิจกรรมอื่นๆ มากกว่าการซักผ้าด้วยผงซักฟอกสูตรฟอสเฟต สูตรซีโอไลต์ และสูตรผสม และค่าสมมูลฟอสฟอรัสของน้ำเสียจากอาคารพักอาศัยเมื่อใช้ผงซักฟอกสูตรฟอสเฟต สูตรซีโอไลต์ และสูตรผสมมีค่าไม่ต่างกันหรือเท่ากับ 0.504, 0.483, และ 0.481 กรัม/คน/วัน ตามลำดับ กฤษดาเสนอแนะว่าน่าจะมีการปรับปรุงสูตรผงซักฟอกให้มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่านี้ โดยมีคุณภาพและราคาที่เหมาะสม

ตารางที่ 10 การจำกัดสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซักผ้าของประเทศต่างๆ

ประเทศ	ฟอสเฟตสูงสุดที่ให้มีได้	เริ่มตั้งแต่	ประเภทของข้อห้าม
1. Canada	2.2%	-	Legislative
2. U.S.A.			
Connecticut, Florida, Maine	8.7%	1972	Legislative
Indiana, New York	0.5%	1973	Legislative
Michigan	0.5%	1977	Legislative
Vermont	0.5%	1978	Legislative
Minnesota	0.5%	1979	Legislative
Wisconsin	0.5%	1984	Legislative
Maryland	0.5%	1985	Legislative
Washington, D.C.	0.5%	1986	Legislative
North Carolina, Virginia	0.5%	1988	Legislative
Illinois (Chicago)	0.5%	1971-1972	Legislative
Ohio (Akron)	0.5%	1990	Legislative
3. Western Europe			
Austria	ca 5.5	1978	Legislative
Finland	7.0	1970	Voluntary
Italy	1.0	1989	Legislative
Netherlands	ca 5.5	1983	Voluntary
	0	1990	Voluntary
Norway	3.0	1986	Legislative
Switzerland	Zero	1986	Legislative

ประเทศ	ฟอสเฟตสูงสุดที่ให้มีได้	เริ่มตั้งแต่	ประเภทของข้อห้าม
Sweden	7.5	1970	Voluntary
West Germany	ca 5.5	1984	Legislative
France	8.7	-	Voluntary
4. South America			
Venezula	Zero	-	-
5. Southeast Asia			
Japan-Shiga prefecture	Zero	-	Legislative
- Others	2.5%	-	Legislative

ที่มา: เอกสาร [10], [11]

ตารางที่ 11 การเกิดยูโทรฟิเคชันในประเทศแถบยุโรป

ประเทศ	ระดับการเกิดยูโทรฟิเคชัน	แหล่งน้ำสำคัญที่เกิดยูโทรฟิเคชัน
เบลเยียม	สูง	แหล่งน้ำปิดเกือบทั้งหมดใน Flanders
เดนมาร์ก	สูง	แหล่งน้ำปิดเกือบทั้งหมด
ฝรั่งเศส	ต่ำ	Loire, Meuse, Saone
เยอรมัน	สูง	Bavaria, Rhine, North Sea, Baltic แหล่งน้ำปิด
กรีซ	กลาง	แหล่งน้ำปิดและชายฝั่งทะเล
ไอซ์แลนด์	กลาง	แหล่งน้ำปิด แต่ไม่เกิดที่ชายฝั่งทะเล
อิตาลี	สูง	ทะเลสาบ แหล่งเก็บน้ำ R.Arno, Tevere, Po และทะเล Adriatic
ลักแซมเบอร์ก	กลาง	ไม่แน่ชัดแต่มีแผนงานเกี่ยวกับการลดฟอสฟอรัส
เนเธอร์แลนด์	สูง	มีปัญหาในแหล่งน้ำปิดทั่วไป
สเปน	กลาง	แหล่งน้ำปิดหลายแห่ง
โปรตุเกส	ต่ำ	ไม่มีการเกิดยูโทรฟิเคชันที่เด่นชัด
อังกฤษ	ต่ำ	Lough Neagh, แหล่งน้ำทางตะวันออก

ที่มา: เอกสาร [12]

ตารางที่ 12 ความกระด้างของน้ำในกลุ่มประเทศยุโรปและประเทศในเอเชีย

ประเทศ	ความกระด้างของน้ำ (มิลลิกรัม $CaCO_3$/ลิตร)
-ยุโรปตะวันตก	100-400
เยอรมัน	270-450
-เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	30-150
ประเทศไทย	100-150(น้ำประปา)
-ประเทศญี่ปุ่น	10-90

ที่มา: เอกสาร [10]

ตารางที่ 13 แสดงค่าความกระด้างของน้ำบาดาลในประเทศไทย คำนวณจากตัวอย่างน้ำบาดาลที่สุ่มตรวจทั่วประเทศของกรมทรัพยากรธรณี (2539) พบว่ามีค่าความกระด้างตั้งแต่ 12-1,780 มิลลิกรัม $CaCO_3$/ลิตร ขึ้นกับภูมิประเทศ

ตารางที่ 13 ความกระด้างของน้ำบาดาลในประเทศไทย

จังหวัด	ช่วงของค่าความกระด้าง (มิลลิกรัม $CaCO_3$/ลิตร)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัม $CaCO_3$/ลิตร)
กรุงเทพมหานคร	100-550	160.51
จ.สมุทรปราการ	12-472	168.09
อ.เมือง จ.ระยอง	42-226	63.069
อ.เมือง จ.นครราชสีมา	30-1780	374.37
อ.เมือง จ. เชียงใหม่	16-159	45.66
อ.เมือง จ.ตาก	68-310	74.04
อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี	21-1640	377.00
อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์	46-1058	216.57

หมายเหตุ: คำนวณจากตัวอย่างน้ำบาดาลที่สุ่มตรวจทั่วประเทศของกรมทรัพยากรธรณี (2539)

ซีโอไลต์กับการเกิดสารแขวนลอยในน้ำ

เมื่อใช้ซีโอไลต์เป็นสารลดความกระด้างในผลิตภัณฑ์ซักผ้า ในที่สุดซีโอไลต์ในสิ่งแวดล้อมจะแยกสลายกลับเป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ทราย อัลคาไลน์ และอะลูมินา อย่างไรก็ดีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของซีโอไลต์อาจมีได้ในแง่ของการที่เป็นสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยาในแหล่งน้ำ ตัวอย่างเช่น สารแขวนลอยที่ตกตะกอนทับถมอยู่ที่ก้นน้ำทำลายที่วางไข่ของปลา แต่โดยส่วนใหญ่แล้วซีโอไลต์จะถูกกำจัด

ออกในระบบบำบัดน้ำเสียทั่ว ๆ ไป (ถ้ามี) ปริมาณที่เหลือไปในแหล่งน้ำเป็นสารแขวนลอยจำนวนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่น

ปัญหาอีกประการจากการใช้ซีโอไลต์เป็นสารทดแทนเพื่อจับความกระด้างนั้น คือการอุดตันท่อระบายน้ำเสีย แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับขนาดของซีโอไลต์ที่ใช้ มีรายงานการใช้ซีโอไลต์ในประเทศญี่ปุ่นมีขนาดเพียง 0.4-1.0 μm ในขณะที่ประเทศทั่วไปใช้ขนาด 2.5-6 μm ส่วนประเทศไทยขณะนี้ใช้เทคโนโลยีการผลิตจากญี่ปุ่น

ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางอ้อมอื่น เช่น ซีโอไลต์ทำให้มีปริมาณตะกอนจากการบำบัด (ถ้ามีระบบบำบัด) สูงขึ้น จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการบำบัดตะกอน เช่น การเผาตะกอน และซีโอไลต์ยังทำให้ค่า calorific value ของตะกอนต่ำลง ทำให้การเผาตะกอนสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น นอกจากนี้จากรายงานการศึกษาเรื่องมลสารในการซักล้างของประเทศอังกฤษได้หยิบยกการศึกษาของ Breck เมื่อปี 2499 ในเรื่องสารที่ได้จากการเผาซีโอไลต์ที่อุณหภูมิ 800°C ซึ่งมีโครงสร้างเป็นคริสโตบาไลต์ สารนี้มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจได้ อย่างไรก็ดียังไม่มีรายงานที่เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากปริมาณซีโอไลต์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ซักผ้า และโดยทั่วไปในอุปกรณ์การเผาจะมีอุปกรณ์ดักจับฝุ่นอยู่แล้ว

ในประเทศไทย Nanna (1995) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ผงซักฟอกที่ไม่มีฟอสเฟตต่อสิ่งแวดล้อม และได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของซีโอไลต์ในรูปของอะลูมิเนียมในผงซักฟอกที่มีส่วนผสมของซีโอไลต์โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer พบว่ามีสัดส่วนของซีโอไลต์ในผงซักฟอกคิดเป็นร้อยละ 25.8 และในวัฏจักรการซักล้าง 1 รอบ (ใช้ผงซักฟอกปริมาณ 45 กรัม ในน้ำ 15 ลิตร) ปริมาณซีโอไลต์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำคือ 10.72 กรัม และอัตราส่วนของซีโอไลต์ที่ละลายได้และไม่ละลายที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในแต่ละวัฏจักรการซักล้างคิดเป็น 1:1.67 หรือ ประมาณ 1:2

นอกจากนี้ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของซีโอไลต์ที่ละลายน้ำได้คือ 2.01 g/L ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณของซีโอไลต์ที่ไม่ละลายคือ 0.22 g/L ซึ่งเหตุผลที่เป็นไปได้ในการอธิบายผลดังกล่าวคือปริมาณของอะลูมิเนียมในแหล่งน้ำนั้นอาจมาจากแหล่งอื่นได้อีก กล่าวคือ ปริมาณของอะลูมิเนียมในแหล่งน้ำที่วัดได้มิใช่มาจากผงซักฟอกที่มีส่วนผสมของซีโอไลต์แหล่งเดียว สำหรับตัวอย่างตะกอนพบว่า มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย

1.04 g/g ซึ่งต่ำกว่าความเข้มข้นที่พบในน้ำ โดยปกติซีโอไลต์ในตะกอนจะมีค่าสูงเนื่องจากไม่ละลาย แต่ในการศึกษาครั้งนี้ค่าที่ได้น้อยกว่าในน้ำ อาจเนื่องมาจากอัตราการไหลของแม่น้ำสูงซึ่งจะพัดพาซีโอไลต์ออกจากบริเวณสถานีเก็บตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่างในบริเวณปากคลองซึ่งเป็นพื้นที่ที่เปลี่ยนจากคลองสู่แม่น้ำ

การศึกษาวัฏจักรชีวิตของฟอสเฟตกับซีโอไลต์ บริษัท Landbank (1994) ได้ตีพิมพ์รายงานการศึกษาสารลดความกระด้างในผงซักฟอก และเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากฟอสเฟตซึ่งเป็นสารลดความกระด้างในน้ำ โดยที่ฟอสเฟตจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน กับซีโอไลต์ และ PCA ที่จะนำมาใช้แทนที่ โดยพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิตภายใต้สภาวะของสหราชอาณาจักร

ขั้นตอนแรกผู้ศึกษาจัดทำ inventory data ซึ่งลงรายการเกี่ยวกับมลพิษที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ แหล่งรองรับน้ำทิ้ง และพื้นดิน จากนั้นทำการทดสอบเกี่ยวกับความสามารถในการซักล้างในความกระด้างของน้ำระดับต่างๆ แต่ในการทดลองนี้ศึกษาภายใต้สภาวะของสหราชอาณาจักร ซึ่งมีความกระด้างของน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 178.6 ppm $CaCO_3$ ดังนั้นสัดส่วนของศักยภาพในการซักล้างของ STPP ต่อ Zeolite-PCA เท่ากับ 0.7: 1.0 (STPP 0.7 kg มีความสามารถในการซักล้างเท่ากับ Zeolite-PCA 1kg)

จากนั้นนำ inventory data มาประเมินผลโดยใช้วิธีการเดลฟี (delphi) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการบำบัดน้ำเสีย 5 คน ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย แบ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีฟอสเฟตอย่างเดียว และน้ำทิ้งที่มี Zeolite A และ PCA ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ แหล่งน้ำนิ่ง ปากแม่น้ำ และแหล่งน้ำชายฝั่ง และผลกระทบจากกากของเสียที่ได้จากการบำบัดแล้วทิ้งลงทะเล ถมที่ เผาทิ้ง และใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตร

วิธีการเดลฟีจะให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นโดยการตอบแบบสอบถามแล้วให้คะแนน จากนั้นนำผลการสำรวจโดยแบบสอบถามมาสรุปและส่งกลับไปยังผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนอีกครั้ง เพื่อแสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของเขาเหมือนหรือแตกต่างกับบุคคลอื่นในคณะอย่างไร และเพื่อให้พิจารณาอีกครั้ง ซึ่งอาจจะมีการแก้ไขให้เหมาะสมได้ ในการศึกษาแบบ

เดลฟีนี้จะไม่ระบุชื่อผู้ทำการศึกษาเพื่อให้เกิดความอิสระทางความคิดโดยไม่มีผลประโยชน์อื่นๆ มาเกี่ยวข้อง

หลังจากผู้เชี่ยวชาญนำกลับไปพิจารณาเป็นครั้งที่ 2 แล้ว จะทำให้เกิดความชัดเจนของแนวคิดของบุคคลส่วนใหญ่มากขึ้น จากนั้นนำผลที่เหมาะสมที่สุดที่ได้มาทำแบบจำลองประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารลดความกระด้างทั้ง 2 ชนิดนี้โดยพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าสารลดความกระด้างของน้ำทั้ง 2 ชนิดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่อ้างว่าฟอสเฟตในผงซักฟอกมีเพียงส่วนน้อยคือประมาณร้อยละ 10-25 ของปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดที่ทิ้งลงในแม่น้ำและทะเลสาบ ดังนั้นการใช้ Zeolite-PCA หรือสารลดความกระด้างตัวอื่นๆ ในผงซักฟอกจึงไม่ได้ช่วยแก้ปัญหาการเกิดยูโทรฟิเคชัน รายงานได้เสนอแนะถึงวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการเกี่ยวกับการเกิดยูโทรฟิเคชันคือการติดตั้งเครื่องกำจัดฟอสเฟตในโรงบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำ และเสนอให้ผู้ผลิตและผู้ค้าปลีกผงซักฟอกหรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดชนิดอื่นๆ ทบทวนการพิจารณาข้ออ้างที่ว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีฟอสเฟตมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีฟอสเฟต ซึ่งข้ออ้างนั้นยังไม่ชัดเจนและอาจนำมาสู่ความเข้าใจผิดของสาธารณชนได้

ผลจากการศึกษาของบริษัท Landbank นี้ ได้มีการนำไปใช้อ้างอิงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นบริษัท Weston (1996) จึงได้ตรวจสอบรายงานของ Landbank อีกครั้ง โดยให้ความคิดเห็นว่า

1.การศึกษาของ Landbank ไม่สามารถปรับใช้เป็นแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตในระดับนานาชาติได้

2.อัตราส่วนของฟอสเฟตและ Zeolite-PCA ที่ 0.7:1.0 ที่ Landbank ใช้ในการศึกษานั้น เป็นช่วงที่แคบและไม่สามารถเป็นตัวแทนของผงซักฟอกในปัจจุบันได้ นอกจากนี้ผงซักฟอกที่มีฟอสเฟตที่ใช้ไม่มีสารโพลิเมอร์ ต่างกับสูตรที่ใช้โดยทั่วไปในยุโรปตอนเหนือที่มีสารโพลิเมอร์ และสูตรของ Zeolite-PCA ที่ศึกษาก็มีส่วนผสมของสารโพลิเมอร์

3.เมื่อเปรียบเทียบหลักเกณฑ์และการปฏิบัติพบว่า inventory portion ไม่เพียงพอในการสนับสนุนการเปรียบเทียบในวงกว้างได้เนื่องจาก

- ขาดขั้นตอนบางอย่างในระบบซึ่งอาจจะทำให้ inventory result เปลี่ยนแปลงได้ เช่น ขาดขั้นตอนการผลิตและการบรรจุ และ inventory model ไม่มีคุณภาพ และขาดความโปร่งใสที่สอดคล้องกับวิธีของ U.S.

EPA, The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), International Organization for Standardization (ISO), และ Canadian Standards Association (CSA)

- ไม่มีการรายงานการประเมินคุณภาพของข้อมูล

4.คณะทำงานเดลฟีประเมินส่วนผสมของวัตถุดิบตามหลัก mass loading แต่แนวทาง mass loading จะขาด spatial และ temporal impact parameter ซึ่งจะทำให้ผลของผลกระทบไม่เพียงพอที่จะยืนยันการเปรียบเทียบในวงกว้าง นอกจากนี้สหราชอาณาจักรยังมีความแตกต่างทางภูมิศาสตร์กับประเทศอื่น ซึ่งอาจมีผลต่อความแตกต่างในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี ดังนั้นผลที่ได้จากการประเมินควรใช้เฉพาะในสหราชอาณาจักร

5.เทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการตัดสินใจของแต่ละบุคคลในคณะทำงานเดลฟีนั้น ไม่เป็นไปตามหลักทั่วไป เพราะเทคนิคที่ใช้คลาดเคลื่อนไปจากผลสรุป

บริษัท Weston สรุปการศึกษาของ Landbank ว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ดีเฉพาะใน internal screening และ internal use แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการยืนยันในวงกว้างเกี่ยวกับการเลือกชนิดสารลดความกระด้างที่จะใช้

ต่อมาบริษัท Landbank (1995) ได้ทำการศึกษาเฉพาะระยะสุดท้ายของวัฏจักร (ระยะหลังจากที่ใช้ผลิตภัณฑ์) โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มประเทศ คือกลุ่มประเทศในแถบสแกนดิเนเวีย ซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ทันสมัย และกลุ่มประเทศยุโรปนอกเหนือจากสแกนดิเนเวีย คณะผู้ศึกษาประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการบำบัดน้ำเสียและกากของเสีย (sludge) 17 คน โดยมาจากประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย 11 คน (แบ่งเป็นสวีเดน 5 คน ฟินแลนด์ 3 คน เดนมาร์ก 2 คน และนอร์เวย์ 1 คน) และจากประเทศยุโรป 6 คน (แบ่งเป็นเยอรมัน 2 คน เนเธอร์แลนด์ 2 คน อิตาลี 1 คน และสหราชอาณาจักร 1 คน) โดยใช้วิธีการเดลฟีเช่นเดียวกัน ซึ่งจะไม่ระบุชื่อผู้ทำการศึกษาเพื่อให้เกิดความอิสระในการออกความคิดเห็นโดยไม่มีผลประโยชน์ทางการค้ามาเกี่ยวข้อง และเพื่อยืนยันในเรื่องความโปร่งใสจึงได้มีการแต่งตั้ง Professor J.N.B. Bell แห่ง Imperial College, London เป็นผู้ตรวจสอบเพื่อยืนยันว่าผู้เชี่ยวชาญมีอิสระทางความคิด ในการศึกษานี้มีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของฟอสเฟตและ Zeolite-PCA ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำต่างชนิด คือ ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนล่าง แม่น้ำ ปาก

แม่น้ำ และแหล่งน้ำชายฝั่งทะเล 2 แหล่ง และในกากของเสีย จากระบบบำบัดน้ำเสียที่นำไปใช้ในเกษตรกรรม การถมที่ การเผาทิ้ง หรือ ถมทะเล

นอกจากนี้ยังมีการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับโรงบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นส่วนประกอบในการทำแบบจำลอง เช่น สถานที่ตั้ง และประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งรองรับน้ำเสีย และวิธีการทิ้งกากของเสีย แต่มีความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเพียง 30 รายจากทั้งหมด 175 ราย อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้ทำให้รู้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ในเรื่อง Zeolite และ PCA ไม่ทราบถึงวิธีกำจัดสารทั้งสองนี้ และความเข้มข้นที่ ถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ

จากนั้นใช้ fitting curve มาทำแบบจำลอง เพื่อคำนวณดัชนีการทำลายสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ (ตาราง ที่ 14) โดยคำนวณจากข้อมูล เช่น ปริมาณการใช้ผงซักฟอก อัตราการใช้น้ำ ความกระด้างของน้ำ วิธีการบำบัดน้ำเสีย ประเภทของแหล่งน้ำทิ้ง และวิธีการกำจัดกากของเสีย ตามหลักการนี้แบบจำลองของแต่ละประเทศจะแสดงถึงผลกระทบของสารลดความกระด้างต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 3 สถานการณ์ คือ

1.As-is situation คำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้ผงซักฟอกทั้งที่มีฟอสเฟตและไม่มีฟอสเฟต

2.All-P situation คำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้ผงซักฟอกที่มีฟอสเฟตอย่างเดียว

3. P-free situation คำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้ผงซักฟอกที่ไม่มีส่วนผสมของฟอสเฟต โดยใช้ Zeolite-PCA แทน

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาดัชนีการทำลายสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ

ประเทศ	As-is	All-P	P-free
สวีเดน	78	55	80
นอร์เวย์	87	59	87
ฟินแลนด์	117	82	113
เดนมาร์ก	327	183	570
สหราชอาณาจักร	536	164	848

ที่มา: เอกสาร [15]

สรุปผลจากการศึกษาในตารางที่ 14 เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีการทำลายสิ่งแวดล้อมของประเทศในแถบสแกนดิเนเวีย เช่น สวีเดนกับสหราชอาณาจักร พบว่าสวีเดนมีค่าดัชนีต่ำกว่า แสดงว่ามีการทำลายสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากมีระบบการบำบัดน้ำเสียที่มีมาตรฐานสูงกว่าและเมื่อพิจารณาเปรียบที่ All-P situation กับวิธีการอื่น พบว่ามีดัชนีการทำลายสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุด ดังนั้นสรุปได้ว่าฟอสเฟตจะทำลายสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าในภาวะจำลอง

ตารางที่ 15 แสดงวิธีการทิ้งกากของเสียในสวีเดน

วิธีการ	As-is	All-P	P-free
กลบฝัง	70	51	63
ใช้ในการเกษตรกรรม	86	59	99
เผา	88	62	95
ถมทะเล	1,082	233	1,097

ที่มา: เอกสาร [15]

จากการศึกษาวิธีการทิ้งกากของเสียในสวีเดนในตารางที่ 15 พบว่า การนำกากของเสียไปใช้ในเกษตรกรรมเป็นวิธีที่ให้ประโยชน์กับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยกากของเสียถูกเปลี่ยนไปเป็นดินที่มีฮิวมัส สารอาหาร (ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส) และแร่ธาตุสูง และยังเป็นการใช้ประโยชน์ให้ครบวงจรหรือเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ และเมื่อพิจารณาค่าในสดมภ์ All-P ของวิธีการทิ้ง 3 วิธีการแรก พบว่าไม่แตกต่างกันมาก แต่ผลของความแตกต่างอาจเกิดขึ้นถ้านำเอาโลหะหนักมาคำนวณด้วย ส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดการจัดการที่ยั่งยืนของแหล่งน้ำจืดในยุโรปคือ การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีมาตรฐานสูงควบคู่ไปกับใช้วิธีการกำจัดและนำฟอสเฟตกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ นอกจากนี้ยังมีการเสนอแนะดังต่อไปนี้

- ให้มีการทบทวนพิจารณาถึงการห้ามและการจำกัดการใช้ผงซักฟอกที่มีส่วนผสมของฟอสเฟตอีกครั้ง
- ให้คิดสูตรผงซักฟอกที่แยกส่วนผสมอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดมลพิษออกไป
- ให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อกำจัดสารมลพิษที่ยากแก่การกำจัดจากแหล่งน้ำเสีย
- ให้มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ทันสมัยเพื่อการจัดการที่ยั่งยืน และเพื่อมีแหล่งน้ำที่จะใช้ประโยชน์ในอนาคต

- มีการใช้หลักการจัดการที่ยั่งยืนกับกากของเสีย โดยนำไปใช้ในการเกษตรกรรม
- ใช้สวีเดนเป็นประเทศตัวอย่างในการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้มีมาตราฐานสูง และการทำให้กากของเสียมีปริมาณโลหะหนักต่ำเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม

3.2.8 สารประกอบอื่น ๆ

สารประกอบอื่นๆ เช่น halogenated hydrocarbon เป็นสารพิษและสารฆ่าแบคทีเรีย และคาดว่าเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทั่วไปเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

3.3 การทิ้งหลังจากใช้งาน

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากที่ผู้บริโภคใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าจนหมดแล้ว เกิดจากขยะบรรจุภัณฑ์ซึ่งอาจเป็นกระดาษหรือพลาสติก

เอกสารอ้างอิง

[1] จันทนี จงนิตยกาล และสมพิษ นาคสุข. 2528. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมผงซักฟอก. กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม. 23 หน้า.

[2] กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์. 2525. รายงานการศึกษาวิจัยผงซักฟอก. 29 หน้า.

[3] ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. 2536. รายงานฉบับสมบูรณ์ แนวทางการลดปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนจากการใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้า. เสนอต่อ กรมควบคุมมลพิษ. 90 หน้า.

[4] กฤษดา วิยาภรณ์. 2538. การปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำจากแหล่งชุมชนและเกษตรกรรม. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 165 หน้า.

[5] สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2545. บทสรุปผู้บริการ แผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (เคมีภัณฑ์).

[6] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำข้อมูลอุตสาหกรรมเชิงเปรียบเทียบ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (สาขาเคมีภัณฑ์). เสนอต่อสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม .

[7] พัชรินทร์ รัตนพงศ์ภิญโญ. 2548. รายงานภาวะธุรกิจและแนวโน้มเรื่องผงซักฟอก, ฝ่ายวิจัยธุรกิจ บมจ.ธนาคารกรุงไทย.

[8] อุตสาหกรรมผงซักฟอก: ตลาดขยายตัว...แข่งขันเข้มข้น. สรุปข่าวธุรกิจ 25 (11) ประจำวันที่ 1-15 มิถุนายน 2537. ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน).

[9] Department of the Environment Consultants in Environmental Sciences Limited. 1991. Pollutants in Cleaning Agents. England.

[10] Sherry, H.S., Coffey, R., and Guddowicz, T.H. 1992. Zeolite and the Environment: the Year 2000. Reprint with Permission 2nd World Chemical Congress, Newport Beach, California.

[11] Scientific Committee on Phosphate in Europe. 1990. Phosphate-free Detergent: Better for the Environment or Worse?. Present to Scope Media Forum Brussels February, England.

[12] Technical Report on Detergents. The Singapore Green Labelling Scheme. May 1993.

[13] Nanna, K. 1995. The Effects of Phosphate-free Detergents on the Environment. A Thesis For The Degree Of Master Of Science. Asian Institute of Technology. 42p.

[14] Wardelmann, B. 2530. Surface Chemistry, Surfacants and Detergents. การอบรมวิชาการเรื่องเกี่ยวกับผงซักฟอก คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[15] Economic Commission for Europe. 1992. Substitutes for Tripolyphosphate in Detergents. United Nations, New York.

[16] The Economic and Environmental Impact of Phosphorus Removal from Wastewater in the European Community. 1992. Report to CEDP by Imperial College of Science, Technology and Medicine, London.

[17] Wilson, B. and Jones, B. 1994. The Phosphate Report. Landbank Environmental Research & Consulting.

[18] Roy F. Weston, Inc. 1996 . Review of Land Bank's Life Cycle Assessment Report The Phosphate Report.

[19] Wilson, B. and Jones, B. 1995. The Swedish Phosphate Report. Landbank Environmental Research & Consulting.