

บทที่ 2

ผลงานวิจัย และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากสารระเหยอินทรีย์กลุ่ม เบนซีน โทลูอิน เอธิลเบนซีน และไซลีนเป็นสารระเหยอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยอะตอมของธาตุดีคาร์บอน ซึ่งจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป บางชนิดเมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์จะสร้างอันตรายให้กับเนื้อเยื่อ และระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายมนุษย์ ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการลดปริมาณสารระเหยอินทรีย์จากสีทาภายในอาคาร โดยอาศัยการลดโดยไม่ประดับภายในอาคาร จึงจำเป็นจะต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติและพฤติกรรมของสารระเหยอินทรีย์ ตลอดจนทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 สารระเหยอินทรีย์กลุ่ม เบนซีน โทลูอิน เอธิลเบนซีน และไซลีน
- 2.2 การรับสารระเหยอินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย
- 2.3 การจำแนกชนิดของวัสดุก่อสร้างตามลักษณะการแพร่สารระเหยอินทรีย์
คุณสมบัติการปล่อย การแพร่กระจาย และการดูดซับสารระเหยอินทรีย์จากวัสดุ
- 2.4 ส่วนผสมของสี และปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสี
- 2.5 กระบวนการดูดซับสารระเหยอินทรีย์ ของต้นไม้
- 2.6 บทสรุป

2.1 สารระเหยอินทรีย์กลุ่ม เบนซีน โทลูอิน เอธิลเบนซีน และไซลีน

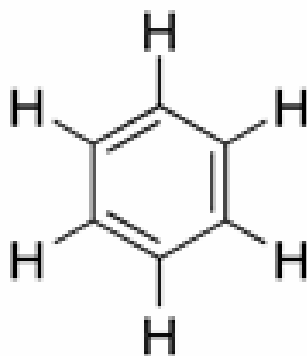
สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds : VOCs) หมายถึง สารประกอบของคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก รวมถึงสารประกอบอนุพันธ์ ง่ายต่อการระเหยจากสถานะของแข็ง หรือของเหลวที่อุณหภูมิห้อง แหล่งที่มาทั้งในอาคารบ้านเรือนหรือสำนักงาน ได้แก่ เครื่องเรือน สีเคลือบเงา พรม น้ำยาทำความสะอาด สี ทินเนอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์เอกสาร กาว เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ ศึกษาถึงสารระเหยอินทรีย์ 4 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 เบนซีน

เบนซีน (Benzene) หรือ Benzol เป็นสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุล C_6H_6 โครงสร้างเคมีประกอบไปด้วยคาร์บอน 6 อะตอม สร้างพันธะต่อกันเป็นวงแหวนด้วยพันธะโคเวเลนต์ โดยที่พันธะคาร์บอนที่ยึดอะตอมระหว่างกันด้วยพันธะเดี่ยว อะตอมของคาร์บอนแต่ละตัวจะสร้างพันธะระหว่างอิเล็กตรอนเข้ากับอะตอมของไฮโดรเจนด้วยพันธะโคเวเลนต์เป็นวงแหวน โดยที่โครงสร้างเดิมยังคงอยู่ จึงเป็นสารที่มีความเสถียรทางเคมีสูง นอกจากนี้เบนซีนมีคุณสมบัติโดยทั่วไป คือ เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นหอมอะโรมาติก ระเหยได้เร็ว ละลายน้ำได้เล็กน้อยติดไฟง่าย มีจุดหลอมเหลว 5.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 80.1 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.1

โครงสร้างทางเคมีของเบนซีน



ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551.

เบนซีน เกิดได้ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ และกระบวนการสังเคราะห์ในอุตสาหกรรม ซึ่งภายในอาคารจะพบได้จากวัสดุที่ผลิตจากโพลีเมอร์ พลาสติก เรซิน กาว สารเคลือบผิววัสดุ เช่น สีน้ำพลาสติก สีน้ำมัน แลคเกอร์ เป็นต้น

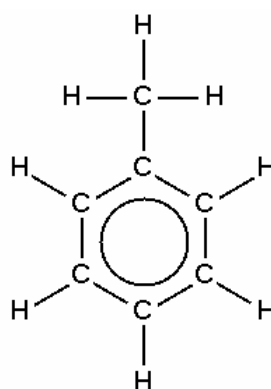
2.1.2 โทลูอีน

โทลูอีน (Toluene) เรียกตามแบบแผนทางวิทยาศาสตร์เคมีว่า Methylbenzene เป็นสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุล C_7H_8 โดยที่คาร์บอน และไฮโดรเจนต่อกันเป็นวงแหวน

คาร์บอนของเบนซีน ดังนั้นโทลูอินจึงเป็นสารที่มีความเสถียรทางเคมี นอกจากนี้เบนซีนมีคุณสมบัติโดยทั่วไป คือ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมอะโรมาติก สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย มีจุดหลอมเหลวที่ -93 องศาเซลเซียส จุดเดือด 110.6 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.2

โครงสร้างพันธะเคมีของโทลูอิน



ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551.

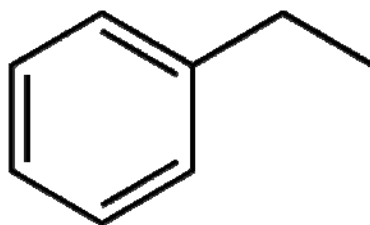
ภายในอาคาร โทลูอินจะพบได้จากวัสดุก่อสร้าง และเครื่องเรือนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ในอุตสาหกรรม เช่น วัสดุที่ทำโฟม ยูรีเทน ย่อม ตัวทำลายสี หมึก กาว หรือใช้เป็นสารสำหรับชะล้าง

2.1.3 เอธิลเบนซีน

เอธิลเบนซีน (Ethylbenzene) มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์เคมีอีกแบบหนึ่ง คือ Phenylethane เป็นสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุล C₈H₁₀ เกิดขึ้นโดยเบนซีนทำปฏิกิริยากับเอทิลีน แล้วสร้างพันธะโควาเลนต์ มีช่วงการสลายตัวของสารที่สั้น นอกจากนี้เอธิลเบนซีนมีคุณสมบัติโดยทั่วไป คือเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ติดไฟง่าย มีจุดหลอมเหลว -95 องศาเซลเซียส จุดเดือด 136 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.3

โครงสร้างพันธะเคมีของเอธิลเบนซีน



ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551.

เอธิลเบนซีน เกิดได้ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ และกระบวนการสังเคราะห์ ในอุตสาหกรรมการผลิตยาง พลาสติก ลากเท็กซ์ หมึกพิมพ์ ตัวทำละลาย และสารเคลือบผิววัสดุ

2.1.4 ไซลีน

ไซลีน (Xylene) หมายถึงกลุ่มของสารประกอบที่มีสูตรเคมี C_8H_{10} แต่ตำแหน่งที่ทำพันธะกันไม่เหมือนกัน (ไอโซเมอร์) โดยการสร้างพันธะของคาร์บอน และไฮโดรเจนเข้ากับวงแหวนอะโรมาติกของเบนซีน มีคุณสมบัติทั่วไป คือ ไม่มีสี มีกลิ่นหอม เป็นสารไวไฟ และไม่ละลายน้ำ สามารถแบ่งออกตามระบบของหน่วยงาน International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ได้ 3 ชนิด ดังนี้

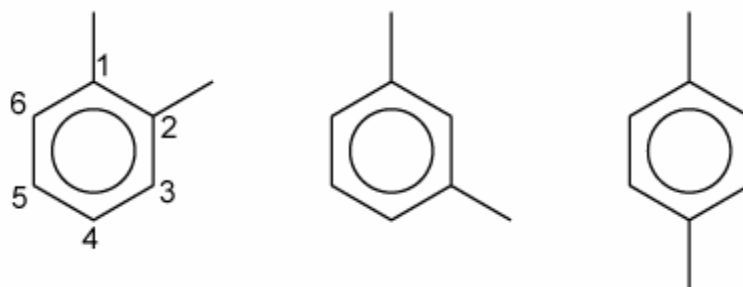
1. ออโร-ไซลีน (o-Xylene) (1, 2-dimethylbenzene) หมายถึง อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่สร้างพันธะของหมู่เมทิล จำนวน 2 หมู่เข้ากับคาร์บอนอะตอมของวงแหวนเบนซีน ในตำแหน่งที่ 1 และ 2 ของวงแหวนเบนซีน มีจุดหลอมเหลว - 25 องศาเซลเซียส จุดเดือด 144 องศาเซลเซียส

2. เมตา-ไซลีน (m-Xylene) (1, 3-dimethylbenzene) หมายถึง อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่สร้างพันธะของหมู่เมทิล จำนวน 2 หมู่เข้ากับคาร์บอนอะตอมของวงแหวนเบนซีน ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 มีจุดหลอมเหลว - 48 องศาเซลเซียส จุดเดือด 138 องศาเซลเซียส

3. พารา-ไซลีน (p-Xylene) (1, 4-dimethylbenzene) หมายถึง อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่สร้างพันธะของหมู่เมทิล จำนวน 2 หมู่เข้ากับคาร์บอนอะตอมของวงแหวนเบนซีน ในตำแหน่งที่ 1 และ 4 มีจุดหลอมเหลว 13 องศาเซลเซียส จุดเดือด 138 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.4

ตำแหน่งพันธะของหมู่เมทิลของไซลีน และมีชื่อเรียกตามระบบ IUPAC



ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551.

ไซลีนเกิดได้ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ ปิโตรเลียม ถ่าน น้ำมันทาร์ การสร้างพันธะของไม้เมื่อได้รับความร้อน และกระบวนการสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมสารเคลือบผิว ซึ่งภายในอาคารจะพบได้จากสี แลคเกอร์ แคลแล็ค สารเคลือบเงา แผ่นโลหะ และเฟอร์นิเจอร์ไม้

2.2 การรับสารระเหยอินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานระดับในการรับสารระเหยอินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นจึงเลือกใช้มาตรฐานระดับความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ของต่างประเทศ อย่างไรก็ตามผลกระทบจากสารระเหยอินทรีย์ต่อร่างกายมนุษย์ก็ยังคงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ระดับการได้รับสารระเหยอินทรีย์ ลักษณะทางกายภาพ และชีวภาพของมนุษย์ในแต่ละพื้นที่ ชนิดของสารระเหยอินทรีย์ และระยะเวลาที่ได้รับสาร

2.2.1 มาตรฐาน และระดับการยอมรับได้ของสารระเหยอินทรีย์กลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน

ระดับความเข้มข้นที่ยอมรับได้ของสารระเหยอินทรีย์กลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน สำหรับอาคารสำนักงาน หรือสภาพแวดล้อมที่ทำงาน โรงงาน ซึ่งมักจะได้รับสารระเหยอินทรีย์เป็นระยะเวลา 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หากจะนำมาใช้กับอาคารพักอาศัย

ระดับความเข้มข้นดังกล่าวถือว่าสูงเกินระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีระยะเวลาในการรับสารที่ยาวนานกว่า

ตารางที่ 2.1

มาตรฐานการยอมรับได้ของเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน

Compounds	ASHRAE (mg /m ³)	Ministry of Health, Labor & Welfare, (mg/ m ³)	TLV-TWA 1996 (ppm)
Benzene	5	-	0.5
Toluene	760	260	50
Ethylbenzene	-	3800	100
Xylene	435	870	100

ที่มา : ASHRAE, The Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan, 2007. (ดัดแปลง)

ระดับการรับสารระเหยอินทรีย์โดยที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์สามารถจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะ ตามระยะเวลาการรับเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ดังนี้

1. Threshold Limit Value-Time Weighted Average (TLV-TWA) หมายถึงระดับมาตรฐานการรับอยู่ที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยที่ระดับดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อพนักงานส่วนใหญ่

2. Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit (TLV-STEL) หมายถึงระดับมาตรฐานการรับอยู่ที่ 15 นาที หากได้รับสารระเหยอินทรีย์ที่ระดับสูงกว่าระดับการยอมรับได้จะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์

3. Threshold Limit Value - Ceiling (TLV-C) หมายถึงระดับการรับสารระเหยอินทรีย์ ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ตลอดช่วงระยะเวลาที่ร่างกายมนุษย์รับการแพร่สารระเหยอินทรีย์นั้น

2.2.2 การรับสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีนเข้าสู่ร่างกาย

อาการที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน กลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน จะแปรผันตามระดับความรุนแรงและระยะเวลาที่ได้รับ โดยทั่วไปจะระคายเคืองที่ตาและจมูก ปวดหัว ตาพร่า ความจำเลอะเลือน และเมื่อได้รับเป็นระยะเวลานาน สารกลุ่มนี้จะก่อให้เกิดเนื้องอกมะเร็ง ปริมาณของสารระเหยอินทรีย์ในอากาศจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในอากาศ โดยถ้ามีปริมาณความชื้นมากจะทำให้การระเหยออกมามากขึ้นด้วย การระบายอากาศในสภาพแวดล้อมที่ดีย่อมมีปริมาณของสารพิษต่ำ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการระเหยตัวของสารมากขึ้น นอกจากนั้น อุณหภูมิที่สูงมีแนวโน้มที่จะรับไอน้ำในอากาศได้มากกว่า ส่วนที่มีความสำคัญที่สารเหล่านี้ จะเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่

1. the upper airway system ประกอบด้วยจมูก ปาก กล่องเสียง และคอหอย
2. the conducting zone ประกอบด้วยหลอดลม ก้านหลอดลม และ ขั้วปอด
3. the respiratory zone ประกอบด้วย respiratory bronchioles เซลล์เนื้อเยื่อปอด และถุงลม

2.2.3 ผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์

สารระเหยอินทรีย์ กลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน หมายถึง สารระเหยอินทรีย์กลุ่มที่เป็นอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ให้ลดการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ลงไปในผลิตภัณฑ์ และห้ามใช้สารตะกั่ว และปรอทเป็นส่วนผสมในสีทำให้ในปัจจุบันสารระเหยอินทรีย์กลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน เป็นสารระเหยอินทรีย์กลุ่มหลักที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ และมีการใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุด

จากการศึกษาผลงานวิจัย และงานเขียนที่เกี่ยวข้องพบว่า ระดับความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานระดับอันตรายของสารระเหยอินทรีย์ ผู้วิจัยจะใช้หน่วยของ TLV – TWA เนื่องจากเป็นมาตรฐานหนึ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมากำหนดค่าระดับอันตรายของสารในกลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน โดยที่ระดับความเป็นอันตรายของสารระเหยอินทรีย์กลุ่มดังกล่าว สามารถจำแนกได้ตามชนิดของสารดังต่อไปนี้

1. เบนซีน เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) จากการศึกษาพบว่าเมื่อได้รับสารเบนซีนเป็นระยะเวลานาน จะมีโอกาสเกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) เนื่องจากสารเบนซีนมีความสามารถในการทำลายเม็ดเลือด และจะเกิดอันตรายต่อผิวหนังเนื่องจากเบนซีนมีความสามารถในการทำลายเนื้อเยื่อโครโมโซม (chromosom) นอกจากนี้การรับในระยะเวลาสั้น ที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะเป็นสาเหตุของอาการปวดหัว ระบายเคืองตา เจ็บช่องโพรงจมูกเนื่องจากความสามารถในการทำลายเนื้อเยื่อนั้นเอง

2. โทลูอีน มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงเซลล์ของร่างกายมนุษย์ให้ผิดปกติไปจากเดิม โดยปกติแล้วโทลูอีนจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบโครงสร้างสมอง และลดระดับเชาวน์ปัญญาบุคคล (intelligence quotient) นอกจากนี้การรับในระยะเวลาสั้น ๆ ที่ความเข้มข้นต่ำ โทลูอีนจะก่อให้เกิดอาการปวดหัว ความจำสั้นลง ระดับความเข้มข้นของโทลูอีนจากสีทาภายในอาคาร จะไม่ถึงระดับอันตรายตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานต่าง ๆ ดังนั้นสีจึงเป็นสาเหตุร่วมประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพ เนื่องจากมีส่วนผสมของโทลูอีน

3. เอลิเบนซีน เป็นสารที่มีความสามารถในการถูกดูดซึมเข้าสู่ปอด และระบบช่วยย่อยในร่าง กาย ผิวหนัง และยังสามารถถ่ายทอดไปสู่ทารกในครรภ์ได้ (Cavender, 1994) หากได้รับในปริมาณที่ไม่สูงนัก จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อปอด ระบบประสาทส่วนกลาง และก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และผิวหนังได้ นอกจากนี้จากการศึกษา งานวิจัยเกี่ยวกับการรับเอลิเบนซีนเข้าสู่ร่างกาย (Maltoni et al, 1985) พบว่า หากได้รับสารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกายที่ระดับความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลานานจะทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นเนื้องอก

4. ไซลีน เป็นสาเหตุหนึ่งของอาการระคายเคืองตา อาการระคายเคืองช่องจมูก เมื่อได้รับในระดับความเข้มข้นต่ำ และเมื่อได้รับในระดับความเข้มข้นที่สูง สามารถทำให้ผู้รับเสียชีวิตในทันที นอกจากนี้ไซลีนจะทำลายกระดูกของมนุษย์ และทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์เมื่อรับเป็นระยะเวลานาน

2.2.4 อาการเจ็บป่วยที่เกิดจากสารระเหยอินทรีย์กลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอลิเบนซีน และไซลีน

จากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการเจ็บป่วยของผู้อาศัยในอาคาร อันเนื่องมาจากปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร พบว่า มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ชี้ให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาเนื่องจากมีสารก่อเกิดอันตรายภายในอาคาร เช่น องค์การ National Institute of

Occupational Safety and Health (NIOSH) ซึ่งทำการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา จากข้อร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารจำนวน 1,100 เรื่อง พบว่าสาเหตุ 30 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากมีสารปนเปื้อนอยู่ในอาคาร เนื่องจากผู้ทำงานโดยทั่วไปใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในอาคารมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งเจือปนในอากาศสูงมาก ทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยที่เรียกว่า Sick Building Syndrome (SBS) Building Related Illness (BRI) และ Multiple Chemical Sensitivity (MCS) ได้ โดยอาการเจ็บป่วยทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมามีความแตกต่างกัน ดังนี้

1. Sick Building Syndrome (SBS) คืออาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเมื่อทำงาน หรือพักอาศัยอยู่ในอาคารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ผู้ที่ป่วยด้วยอาการ SBS นี้จะรู้สึกปวดหัวหรือดวงตา แสบจุกหรือหลอดคอ ไอแห้ง ๆ คันที่ผิวหนัง หรืออาจจะมีอาการหน้ามืด ตาลาย คลื่นไส้ และเหนื่อยล้าโดยไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งอาการของผู้ป่วยแต่ละคนจะรุนแรงแตกต่างกันออกไป แต่ที่เหมือนกันหมดก็คือ อาการเจ็บป่วยต่าง ๆ นั้นจะบรรเทาเบาบางลง หรือหายไปเมื่อออกจากอาคารนั้น ๆ นอกจากนี้การ ศึกษาเกี่ยวกับระบาดวิทยา (epidemiological) ในปัจจุบันได้มีข้อเสนอนี้ว่ามีความเกี่ยวพันระหว่างสารระเหยอินทรีย์ กับอาการ Sick Building Syndrome เป็นอย่างมาก

2. Building Related Illness (BRI) คืออาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน หรือพักอาศัยอยู่ในอาคารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งอาการจะแตกต่างจากอาการ SBS อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากจะไม่หายหรือบรรเทาง่าย ๆ ด้วยการออกจากอาคารเหมือนกับอาการ SBS แต่ต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรในการรักษา นอกจากนี้อาการ BRI ยังเป็นการเจ็บป่วยที่แพทย์สามารถทำการตรวจรักษา และวินิจฉัยโรคได้ โดยอาการเจ็บป่วยทางร่างกายที่แสดงออกมาก็คือการไอ แน่นทรวงอก เป็นไข้ หนาวสั่น และปวดกล้ามเนื้อ

3. Multiple Chemical Sensitivity (MCS) คืออาการไวต่อสารเคมี เกิดจากการที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายสนองตอบต่อสารเคมีต่างๆ อย่างรวดเร็วและรุนแรงผิดปกติ เช่น ผู้ป่วยอาจจะรู้สึกคลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ หน้ามืด หรืออาเจียน เมื่อได้กลิ่นหอมจาง ๆ หรือที่ร้ายแรงกว่านั้นก็คือ เนื้อเยื่อบนใบหน้า ปอด หรือเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ ของร่างกายอาจถูกทำลายได้ จากการสัมผัสสารเคมีต่าง ๆ ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โรคนี้โดยทั่วไปจะพบมากในเพศหญิงมากกว่าชาย (ร้อยละ 85-90) โดยเฉพาะในช่วงอายุ 30-50 ปี

2.3 การจำแนกชนิดของวัสดุก่อสร้างตามลักษณะการแพร่สารระเหยอินทรีย์ คุณสมบัติ การปล่อย การแพร่กระจาย และการดูดซับสารระเหยอินทรีย์จากวัสดุ

วัสดุก่อสร้างในปัจจุบันมีหลายชนิดที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารประกอบพันธะไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารประกอบเหล่านี้หากมีความสามารถในการระเหยง่ายที่อุณหภูมิ และความดันห้อง สารดังกล่าวจัดเป็นสารระเหยอินทรีย์ ดังนั้นจึงได้มีการจัดหมวดหมู่ชนิดของสารระเหยอินทรีย์จากวัสดุก่อสร้างโดยใช้ช่วงครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาการแพร่ของสารเป็นเกณฑ์ นอกจากนี้การทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติการปล่อย การแพร่กระจาย และการดูดซับของสารระเหยอินทรีย์จะช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการรับสารระเหยอินทรีย์เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ และกระบวนการลดสารระเหยอินทรีย์โดยต้นไม้

2.3.1 หมวดหมู่ชนิดของวัสดุก่อสร้างตามลักษณะการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์

วัสดุก่อสร้าง และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถจัดเป็นหมวดหมู่ตามช่วงระยะเวลาในการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ (Leon, 1996) ออกจากตัววัสดุได้ ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้เวลาในการย่อยสลาย หรือเสื่อมลงอย่างช้า ๆ วัสดุชนิดนี้โดยทั่วไปจะมีอัตราการแพร่ที่ต่ำในช่วงเวลาแรก และมีช่วงครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาการแพร่ไม่ต่ำกว่า 1 ปี เนื่องจากปฏิกิริยาการแพร่เกิดขึ้นอย่างคงที่ตลอดเวลา วัสดุก่อสร้างที่จัดอยู่ในหมวดนี้ เช่น ไม้อัด แผ่นไม้สังเคราะห์ และวัสดุก่อสร้างที่ผลิตจากเรซินสังเคราะห์ หรือมีส่วนผสมของสารพอร์มัลดีไฮด์อยู่
2. วัสดุที่ใช้เวลาในการย่อยสลาย หรือมีช่วงครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาการแพร่ได้ทั้งระหว่างไม่กี่สัปดาห์จนกระทั่งหลายเดือนวัสดุชนิดดังกล่าวจะมีลักษณะการแพร่ในช่วงระยะเวลาแรกได้ทั้งอัตราความเข้มข้นที่ต่ำ และความเข้มข้นที่สูง วัสดุก่อสร้างที่จัดอยู่ในหมวดนี้ เช่น วัสดุปิดผิวพื้น และผนัง เป็นต้น
3. วัสดุที่ใช้เวลาในการย่อยสลาย หรือเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว วัสดุก่อสร้างชนิดดังกล่าวจะมีอัตราการแพร่ที่สูงมากและจะหมดไปอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากการติดตั้ง โดยมีช่วงครึ่งชีวิตไม่เกิน 72 ชั่วโมง

2.3.2 คุณสมบัติการปล่อย การแพร่กระจาย และการดูดซับสารระเหยอินทรีย์ จากวัสดุก่อสร้าง

สารระเหยอินทรีย์สามารถปล่อยออกมาได้จากวัสดุก่อสร้างเอง และสามารถดูดซับได้โดยวัสดุที่พื้นผิวมีความพรุนสูง ซึ่งกระบวนการปล่อยพันธะปฏิกิริยาเคมี จะเกิดขึ้นทั้งที่ชั้นพื้นผิว และภายในวัสดุที่ทำการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ สามารถจำแนกได้เป็นการแพร่กระจาย (diffusion) การดูดซับ (adsorption) และการดูดซึม (absorption) ดังนี้

1. การแพร่กระจายออกสู่ภายนอก (external diffusion) กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อวัสดุสัมผัสกับอากาศ จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นจนกระทั่งเกิดความสมดุลของความเข้มข้นของสารระหว่างวัสดุ และอากาศ

2. การแพร่กระจายภายใน (internal diffusion) โดยกระบวนการของปฏิกิริยาเคมีจะเกิดการเคลื่อนที่ภายในวัสดุที่มีรูพรุน โดยไม่คำนึงถึงความลาดชันของแรงดันภายในตัววัสดุ

3. การดูดซับโดยพื้นผิววัสดุ เมื่อโมเลกุลของสารระเหยอินทรีย์ สัมผัสกับผิวของวัสดุ จะเกิดการดูดซับสารของวัสดุขึ้น โดยอัตราการดูดซับจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของวัสดุ ซึ่งโมเลกุลของสารระเหยอินทรีย์ที่ถูกดูดซับโดยพื้นผิววัสดุเรียกว่าสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนพื้นผิววัสดุที่ทำการดูดซับโมเลกุลสาร เรียกว่าวัสดุดูดซับสาร (adsorbent)

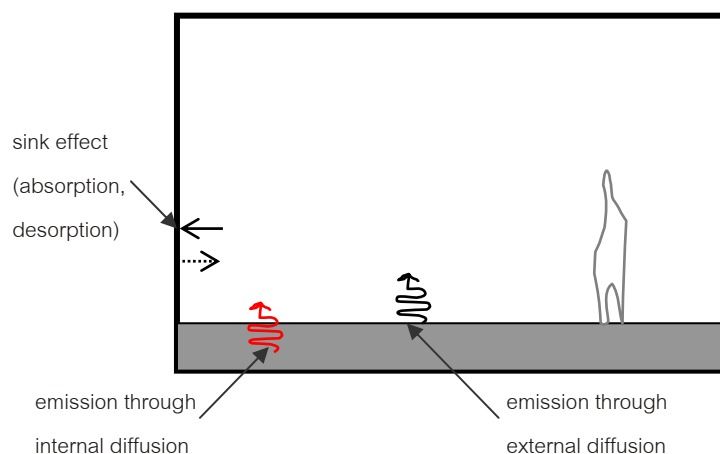
4. การดูดซึม กระบวนการดังกล่าว โมเลกุลของก๊าซจะถูกทำให้ละลายอยู่ในสถานะของแข็ง หรือก๊าซ ซึ่งอัตราการดูดซึม จะเป็นสัดส่วนกับปริมาตรของตัวที่ทำการดูดซึมโมเลกุลก๊าซ

วัสดุก่อสร้างหลายชนิดภายในอาคารสามารถเป็นตัวดูดซึมสารระเหยอินทรีย์ได้ เช่น ฝ้า ฝ้าม่าน หรือสิ่งทอ พรม ฉนวน กระจกปิดผิวผนัง และวัสดุที่มีรูพรุนสูง ซึ่งนอกจากการดูดซึมสารระเหยอินทรีย์ของวัสดุดังกล่าวแล้ว วัสดุบางชนิด เช่น ไม้ หรือพลาสติก จะมีความสามารถเป็นวัสดุดูดซับได้ ซึ่งวัสดุกระจก และสแตนเลสจะมีคุณสมบัติในเรื่องการดูดซับ และการดูดซึมสารระเหยอินทรีย์น้อยที่สุด

ความสามารถในการดูดซึม และความสามารถในการเก็บสารระเหยอินทรีย์ของวัสดุ และความสามารถในการแพร่ออกมาจากวัสดุที่ดูดซึม และเก็บสารระเหยอินทรีย์ที่เก็บไว้ในผิววัสดุ โดยเฉพาะวัสดุที่มีความเป็นรูพรุนสูง จะเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ว่า sink effect ทำให้สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมสารระเหยอินทรีย์ที่พบภายในอาคารจึงสามารถพบได้ นานกว่าสารระเหยอินทรีย์ที่เกิดจากการแพร่ของตัววัสดุเอง (source) เนื่องจากการแพร่ของตัววัสดุเองจะไม่เกิดการดูดซึมกลับเข้าสู่ตัววัสดุ

ภาพที่ 2.5

การแพร่กระจายของสารระเหยอินทรีย์



ที่มา: Murakami, 2000.

2.3.3. ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่สารระเหยอินทรีย์จากวัสดุก่อสร้าง

การแพร่สารระเหยอินทรีย์จากวัสดุก่อสร้าง นอกจากคุณสมบัติทางเคมีของสาร ภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ แล้วยังมีปัจจัยอื่นอีก ดังนี้

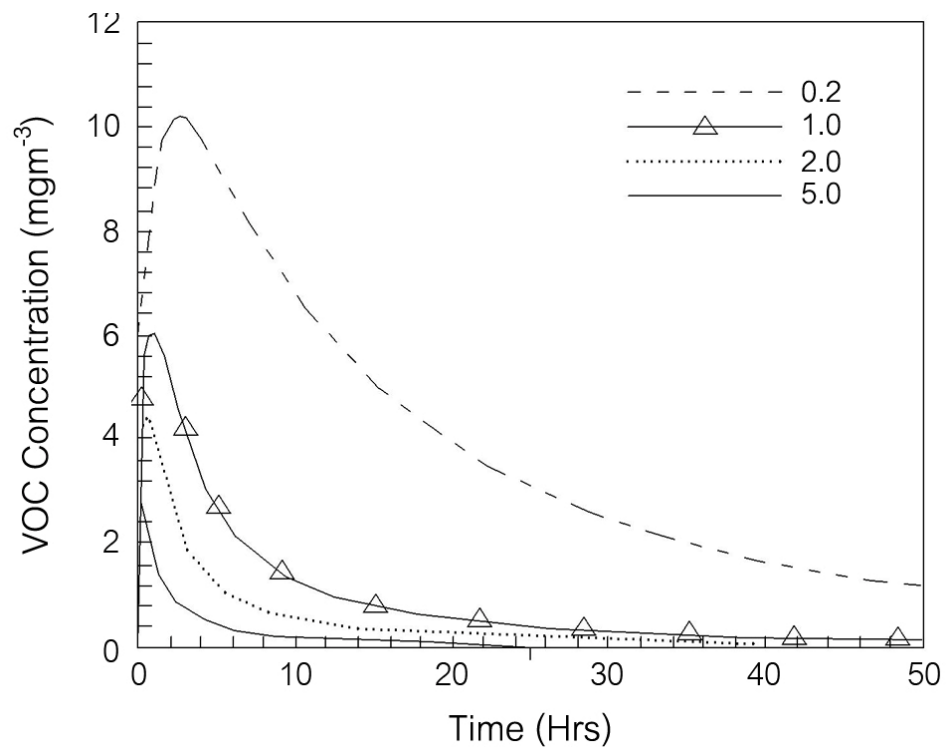
1. ความสามารถในการกลายเป็นไอของสารภายในตัววัสดุ และความสามารถในการจุสารระเหยอินทรีย์ของวัสดุก่อสร้าง
2. การกระจายตัวของสารระเหยอินทรีย์ภายในวัสดุก่อสร้าง หมายถึง ถ้าบริเวณที่สารระเหยอินทรีย์ถูกปล่อยออกมาจากวัสดุก่อสร้าง หากใกล้พื้นผิวของวัสดุมากจะทำให้ง่ายต่อการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ออกมาสู่สภาพแวดล้อมด้วย
3. อายุของวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากอัตราการแพร่สารระเหยอินทรีย์จะสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลา วัสดุก่อสร้างสัมผัสกับอากาศมากจะมีอัตราการแพร่สารระเหยอินทรีย์น้อยกว่าวัสดุก่อสร้างที่ระยะเวลาในการสัมผัสอากาศน้อย
4. พื้นผิวของวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากพื้นที่ผิวจะเป็นตัวชี้บอก loading factor โดยคำนวณจากสัดส่วนของพื้นที่ผิววัสดุที่ทำการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ต่อปริมาตรห้อง

2.3.4. ความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศต่อความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์

จากการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการแพร่สารระเหยอินทรีย์จากวัสดุก่อสร้าง (Zhang and Niu, 2004) พบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในอาคาร มีผลต่ออัตราความเข้มข้นสารระเหยอินทรีย์ โดยที่อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศยิ่งมากเท่าไร ความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ที่พบภายในพื้นที่ก็จะน้อยลงไปด้วย

ภาพที่ 2.6

ความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ ต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (ACH)



ที่มา: Zhang and Niu, 2004.

จากภาพ 2.7 จะพบว่าเมื่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ มากกว่า 2 เท่าของปริมาตรห้อง อัตราความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ที่พบจะไม่มี ความแตกต่างกันมากนัก

2.4 ส่วนผสมของสี และปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสี

สี (paint) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของผงสี สีนําสี และสารอื่นในสภาพที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง ใช้ทาหรือเคลือบพื้นผิวใด ๆ เพื่อความสวยงาม เพื่อรักษาพื้นผิว หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เมื่อแห้งจะเกิดฟิล์มติดบนพื้นผิวนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นไปที่การศึกษาเกี่ยวกับสีอิมัลชัน (emulsion paint) หมายถึง สีที่มีสีนําสีเป็นอิมัลชันของสารยึดกับน้ำ สีอิมัลชันอาจเรียกชื่ออื่นว่า สีลาเท็กซ์ (latex paint) หรือ สีเรซินอิมัลชัน (resin emulsion paint) หรือ สีพลาสติก สีอิมัลชัน สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. สีทาภายนอก ใช้สำหรับเคลือบทั้งภายนอก และภายในอาคาร
2. สีทาภายใน ใช้สำหรับเคลือบเฉพาะภายในอาคาร
3. สีทารองพื้นสำหรับงานปูน เป็นสีอิมัลชันชนิดหนึ่งที่มีองค์ประกอบ และการผลิต

เหมือนสีทาภายนอก และสีภายในทุกประเภท แตกต่างกันเพียงชนิดหรือร้อยละของกาว (latex) ซึ่งต้องเป็นชนิดที่ทนต่อฤทธิ์ต่างได้ดี เช่น สไตรีนผสมอะคริลิก เนื่องจากเป็นชั้นแรกที่สัมผัสกับพื้น ในงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการศึกษาสีทาภายใน และสีทารองพื้นสำหรับงานปูน เท่านั้น

2.4.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สี

สีทาของแต่ละบริษัทแตกต่างกันไปตามสูตร และชนิดของสี ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 60-70 ของมูลค่าวัตถุดิบนำเข้าจากต่างประเทศ องค์ประกอบของสีนั้นจำแนกได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. ผงสี (pigment) เป็นสารที่ให้สีในตัวเอง มีคุณสมบัติใช้ในการปิดบังพื้นผิวที่เคลือบ ผงสีที่นำมาใช้กันนี้เป็นสารอินทรีย์ เช่น monoazo pigment และสารอนินทรีย์ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) และตัวผสมเพิ่ม (extender) เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ดินขาว (china clay)

2. สารยึด (binder) หรือสารเคลือบ คือสารที่ช่วยในการยึดประสานอนุภาคของสี คุณสมบัติของสารเคลือบนี้จะเป็นแผ่นบาง ๆ ติดแน่นแนบกับพื้นผิวของวัตถุที่เคลือบ สารยึดจะอยู่ในรูปของ อิมัลชัน คือเป็น pellet แขนงลอยอยู่ มีสีขาวขุ่นคล้ายนมสด หรือขาวติดกระดาษ (ถ้ามีความเข้มข้นสูง) และจะเป็นแผ่นฟิล์มใสเมื่อแห้ง เมื่อนำไปผสมเป็นสีแล้วจะให้การยึดเกาะ

มีความเหนียว การยืดหยุ่นตัว ความคงทน ความแข็งแรงตลอดจนอัตราการแห้งตัวของสีที่ดี สารนี้เป็นพอลิเอทเธอร์ เช่น อะคริลิก

3. ตัวทำละลาย (solvent) ทำหน้าที่ปรับความหนืดของสี เพื่อให้เหมาะสมกับการผลิต และการใช้งาน ตัวทำละลายของสีอิมัลชัน เช่น น้ำ

4. สารเติมแต่ง (additive) เป็นสารที่ใช้ผสมเพียงเล็กน้อยทำให้สีมีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้น ตามความต้องการของผู้ผลิตสี เช่น ช่วยให้สีที่ทานั้นเรียบไม่เป็นรอยแปรง หรือช่วยให้ฟิล์มสีไม่ขุ่นรา หรือช่วยให้สีมีคุณภาพช่วยในการลดความผิด เป็นต้น ตัวอย่างของสารเติมแต่งนี้ได้แก่ ตัวกระจายผงสีและแป้ง สารปรับค่าความเป็นด่าง สารลดรอยแปรง สารป้องกันการบุดเน่า และเชื้อรา สารกันฟอง และการทำให้สีขึ้น เป็นต้น

ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาสารอินทรีย์ (organic) มาใช้ทดแทนสารปรอทและสารตะกั่วในสีน้ำ นอกจากนี้ในปัจจุบันผู้ผลิตสามารถเลือกใช้สารเติมแต่งที่มีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า แทนสารเติมแต่งที่มีองค์ประกอบของสารประกอบตะกั่วและปรอท สำหรับประเทศไทยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานการผลิตสีให้ได้คุณภาพและปลอดภัยต่อผู้ใช้ รวมถึงสารตะกั่วที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 0.06 และสารปรอทไม่เกินร้อยละ 0.05 ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตราย ถ้าไม่ได้ตั้งใจไปสูดดม สัมผัสหรือดื่มน้ำ

2.4.2 ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสี

การแพร่ของสารระเหยอินทรีย์นอกจากจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างพันธะ และคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารระเหยอินทรีย์เองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่จะทำให้อัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์จากวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดไม่เท่ากันในแต่ละภูมิภาคด้วย จากการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้น และลักษณะของอากาศที่มีผลต่ออัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ของวัสดุก่อสร้างอาคาร 5 ประเภท (Peder Wolkoff, 1998) พบว่าระดับความชื้น และระดับอุณหภูมิที่มากกว่า 35 - 60 องศาเซลเซียสจะมีผลต่อการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์จากวัสดุ และระดับความชื้น เมื่อระดับความชื้นมากขึ้นจะก่อให้เกิดการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นด้วย ในขณะที่ปัจจัยอื่นจะมีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของการปล่อยสารระเหยอินทรีย์เพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 2.2

ผลกระทบของสภาพอากาศที่มีผลต่ออัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ภายในวัสดุก่อสร้าง

Parameter	Primary Source	Secondary Source
Air Velocity 1 - 10 cm s ⁻¹	No significant effect after 2 - 4 cm s ⁻¹	High air velocities may promote air oxidative emission
Temperature 23 - 60 °C	The impact depends on building product and VOCs type emitted, largest effect at 60 °C	
Relative humidity 0 - 50 % RH	The impact depends on building product and VOCs type emitted	Plasticizers appear to decompose by high RH %
Nitrogen air		Some VOCs or plasticizers appear to be sensitive to air oxidation
Repeatability	Minor differences	
Homogeneity	Minor differences	

ที่มา: Wolkoff, 1998.

สำหรับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ที่มีผลต่ออัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์จาก
สีน้ำพลาสติกจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเด็นดังนี้

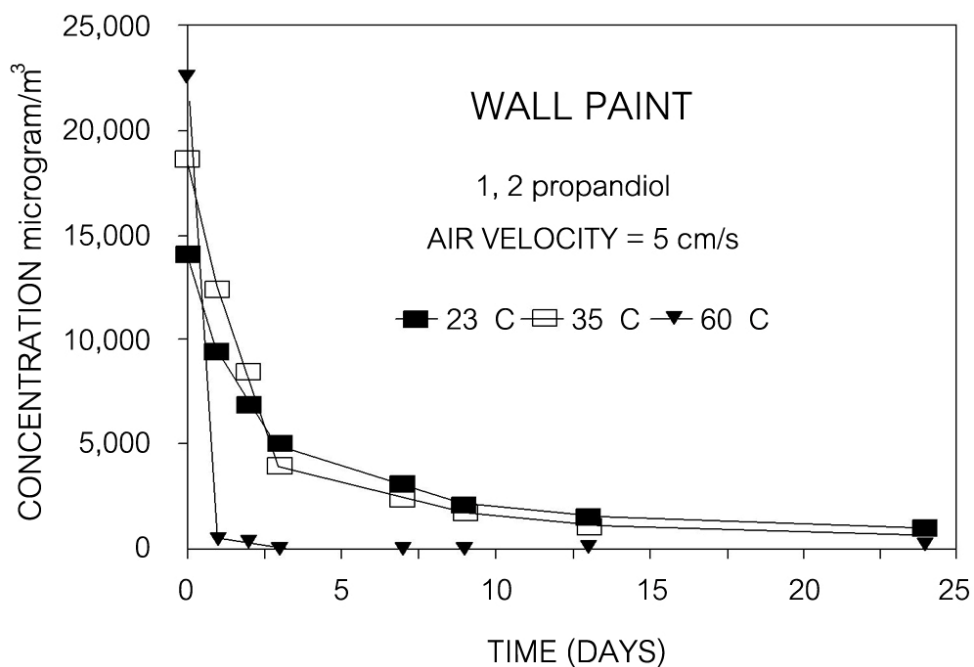
1. อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิระหว่าง 23-35 องศาเซลเซียสจะได้รับผลกระทบจากการ
เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยมาก แต่ความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์จะมีอัตราการ

เปลี่ยนแปลงสูงมากเมื่อ อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส และมีระดับความเข้มข้นต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

ดังนั้น การปล่อยสารระเหยอินทรีย์สูงมากใน 72 ชั่วโมงแรก และจะมีระดับความเข้มข้นต่ำกว่าเมื่อเวลาผ่านไป

ภาพที่ 2.7

อัตราการความเข้มข้นของการแพร่สารระเหยอินทรีย์ที่มีต่อระยะเวลา ของสีน้ำพลาสติก เมื่อมีระดับของอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส 35 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส



ที่มา: Wolkoff, 1998.

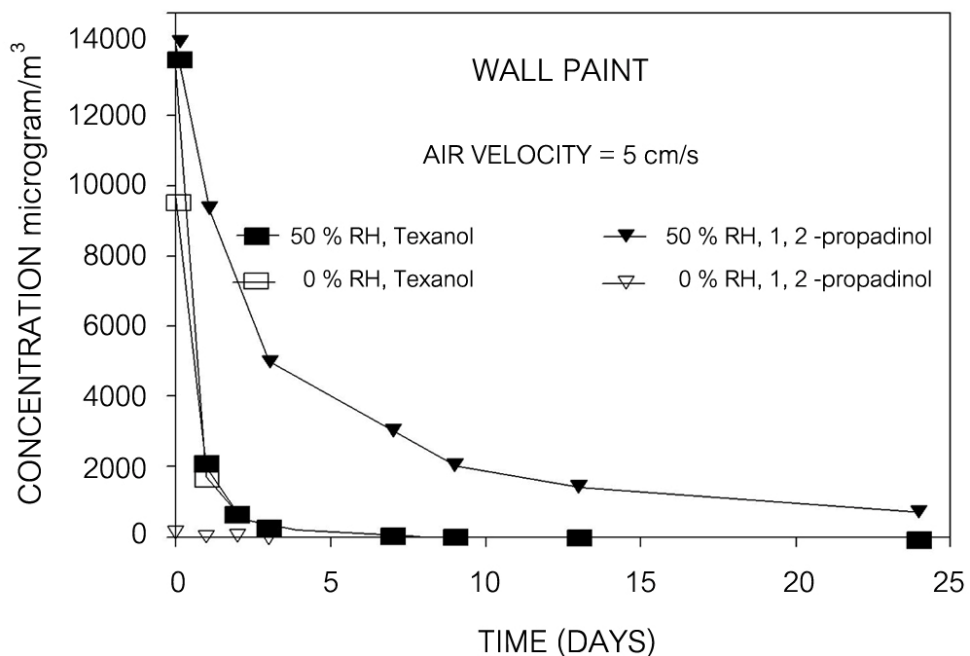
2. ความเร็วลม การแพร่ของสารระเหยอินทรีย์จากสี จะมีระดับความแตกต่างของการแพร่ที่น้อยมากเมื่อ อุณหภูมิ และระดับความชื้นมีค่าคงที่ อย่างไรก็ตามแม้ความเร็วลมจะไม่มีผลต่ออัตราการแพร่สารระเหยอินทรีย์ แต่จะมีผลต่ออัตราการระบายออกจากพื้นที่ และมีความเป็นไปได้ที่จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อความเร็วลมสูง

3. สัดส่วนของออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนในอากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์จากสีน้อยมาก

4. ความชื้น ระดับความชื้นจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระดับการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ที่แตกต่าง เมื่อระดับความชื้นมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของสารระเหยอินทรีย์ภายในชั้นฟิล์มสี โดยที่อัตราความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ที่แพร่ออกมาจะมีอัตราที่มากขึ้นตามระดับความชื้นด้วย

ภาพที่ 2.8

อัตราความเข้มข้นของแพร่สารระเหยอินทรีย์ที่มีต่อระยะเวลา ของสีน้ำพลาสติก
ที่ระดับความชื้น 0 %RH และ 50 %RH



ที่มา: Wolkoff, 1998.

สัดส่วนของออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนในอากาศ จะไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการแพร่ของสารระเหยอินทรีย์ภายในสี

2.5 กระบวนการดูดซับสารระเหยอินทรีย์ ของต้นไม้

นอกจากการใช้ต้นไม้ช่วยในการสร้างสภาพภายนอกอาคารให้ดีขึ้นแล้ว ได้มีการศึกษาถึงแนวทางการนำมาใช้ดูดสารพิษในอาคารด้วย จากการศึกษาในต่างประเทศ เช่น การวิจัยของ

องค์การอวกาศแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (NASA) ศึกษาสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยอย่างปลอดภัยจากสารพิษตามวิธีการทางธรรมชาติ (Wolverton, 1997) โดยปลูกต้นไม้ภายในที่อยู่อาศัย โครงการได้ทดสอบต้นไม้หลายชนิดที่ใช้ปลูกประดับภายในอาคาร ผลการศึกษาพบว่า ไม้ประดับที่มีประสิทธิภาพในการขจัดสารพิษในอากาศได้ดีเป็นไม้เขตอากาศร้อน ที่มีอยู่ในประเทศไทย และเป็นไม้ที่ไม่ต้องการดูแลเป็นพิเศษ ซึ่งต้นไม้แต่ละพันธุ์สามารถขจัดสารพิษได้เฉพาะอย่าง เช่น โทลูอีน ไซลีน และแอมโมเนีย เป็นต้น บางชนิดก็ขจัดได้หลายสารแต่อาจในปริมาณที่ต่ำ พบว่ากระบวนการลดจะเกิดขึ้นโดยอาศัยส่วนของใบ ราก ลำต้น ท่อลำเลียงในต้นไม้ และแบคทีเรียในดิน จากการศึกษาต้นไม้ที่มีคุณสมบัติในการลดโทลูอีน และ ไซลีน (total xylene) สูงสุด 14 ชนิด ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ต้นไม้ที่มีความสามารถในการลดโทลูอีน และไซลีนสูงสุด 14 ชนิด

ลำดับที่	ชื่อ	ชื่อสามัญ (common name)	วงศ์ (Family)
1	หมากเหลือง	Areca palm	Arecaceae (palm)
2	ลิบสองปันนา	Dwarf date palm	Palm
3	ไม้พบในประเทศไทย	Moth orchid	Orchidaceae (orchid)
4	สาวน้อยประแป้ง (camilla)	Dumb cane (Camilla)	Araceae (arum)
5	เซ็มริมแดง	Dragon tree	Agavaceae (agave)
6	กล้วยไม้พันธุ์หวาย	Dendrobium orchid	Orchidaceae (orchid)
7	สาวน้อยประแป้ง (exotica)	Dumb cane (Exotica)	Araceae (arum)
8	สเน่ห์จันทร์แดง	King of hearts	Araceae (arum)
9	ไม้พบในประเทศไทย	Kimberley queen	Polypodiaceae
10	ประกายเงิน	Warneckei	Agavaceae (agave)
11	ไม้พบในประเทศไทย	Lady jane	-
12	วาสนาอธิษฐาน	Corn plant	Agavaceae (agave)
13	ไทรย้อยใบแหลม	Weeping fig	Moraceae (fig.)
14	เดหลี	Peace lily	Araceae (arum)

ที่มา: Wolverton, 1997.

จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกต้นไม้วงศ์ Araceae (Arum) ซึ่งมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเมืองไทย ขนาดของต้นไม้ที่เหมาะสมกับการตั้งประดับภายในอาคาร และเนื่องจากต้นสว่น้อยประดับเป็นต้นไม้ที่มีความเป็นพิษจึงไม่เหมาะที่จะตั้งประดับภายในอาคาร ผู้วิจัยจึงเลือกต้นเสน่ห์จันทร์แดง และต้นเดหลี ในการลดสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน เนื่องจากหากต้นไม้ 2 ชนิดดังกล่าวมีความสามารถในการลด โทลูอีน และไซลีน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ยึดกันด้วยพันธะโควาเลนต์เป็นวงแหวนอะโรมาติกได้ ต้นไม้ดังกล่าวก็น่าจะมีความสามารถในการลดเบนซีน และเอธิลเบนซีน ซึ่งโครงสร้างพันธะถูกยึดด้วยพันธะโควาเลนต์ในรูปแบบเดียวกับโทลูอีน และไซลีน ได้เช่นเดียวกัน

2.5.1 ต้นเสน่ห์จันทร์แดง

ภาพที่ 2.9

เสน่ห์จันทร์แดง



หมายเหตุ: บันทึกภาพที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อวันที่ 10 ม.ค. 2551.

เสน่ห์จันทร์แดง (King of Hearts) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Homalomena wallisii* อยู่ในตระกูล Araceae มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นของเอเชีย และอเมริกา เป็นไม้ประดับที่มีหัวอยู่ใต้ดิน ลำต้นอยู่เหนือดินสูง 45 - 60 เซนติเมตร ใบรูปหัวใจกลมโต โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ

แผ่นใบสีเขียวเข้มเป็นมันหลังใบอาจมีสีแดงเลือดหมู นิยมปลูกเป็นไม้กระถาง หรือไม้คลุมดินได้ร่วมเงาในสวน เส้นหิ้งจันทร์แดงเป็นไม้ประดับที่คนไทยนิยมปลูกเพราะถือว่าเป็นไม้มงคล ที่เชื่อว่าปลูกไว้แล้วจะโชคดี ถ้านำมาตั้งไว้ในร้านค้าจะค้าขายดีมีกำไรเป็นเสน่ห์แก่คนทั่วไป และเป็นพืชไม่คอยทนทานต้องการการดูแลรักษา

1. สภาพการปลูก เป็นไม้ที่ชอบแสงแดดลักษณะ กิ่งร่มหรืออยู่ในที่ในร่ม ปลูกได้ดีในดินร่วนซุย ส่วนผสมของดินปลูกใช้ดินร่วน 2 ส่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก 1 ส่วน ใบไม้ผุ 1 ส่วน หากต้องการปลูกในกระถาง ควรเลือกกระถางขนาดใหญ่เพราะไม้ชนิดนี้ขยายพันธุ์ได้เร็ว และควรรองก้นกระถางด้วยเศษอิฐ 3 - 4 ก้อน ก่อนนำดินลงกระถางเพื่อทำทางระบายน้ำที่ก้นกระถางกันหัวเส้นหิ้งจันทร์แดงเน่า

2. ขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อจากต้นเดิม หรือปักชำลำต้น

3. การดูแลรักษา เป็นไม้ที่ต้องการความชุ่มชื้นอยู่เสมอ ต้องการน้ำพอสมควรเป็นพืชที่ชอบร่มเงาไม่ชอบแสงแดดจัด ถ้าโดนแสงแดดมากใบจะเปลี่ยนสี ควรใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกผสมน้ำรดเดือนละครั้ง

2.5.2 ต้นเดหลี

ภาพที่ 2.10

เดหลี



หมายเหตุ: บันทึกภาพที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

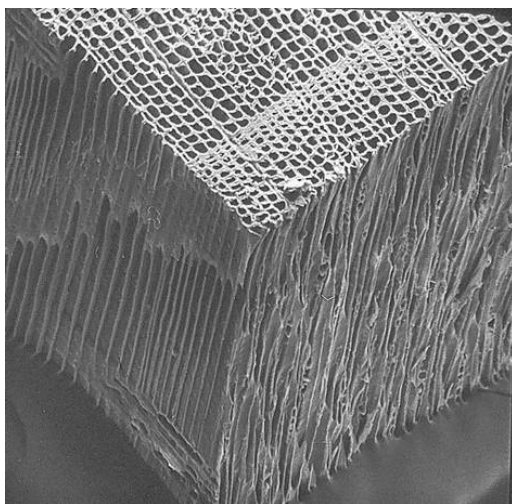
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อวันที่ 10 ม.ค. 2551.

ต้นเดหลีเป็นพันธุ์ไม้ตระกูล Araceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ Spathiphyllum sp. เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นสูง 40 – 70 เซนติเมตร มีเหง้าใต้ดิน แตกกอไว่ ทุกส่วนมีน้ำยางใส ใบเดี่ยวเรียงเวียนสลับ รูปรีขอบขนานยาว 25-30 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบสอบ ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมันและเป็นร่องตามแนวเส้นใบชัดเจน สามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี ชอบดินร่วน ระบายน้ำดี และมีอินทรีย์วัตถุสูง

2.5.3 การลดสารระเหยอินทรีย์กลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน ด้วยกระบวนการดูดซับที่พื้นผิวของต้นไม้

กระบวนการดูดซับที่พื้นผิวของพืช เกิดจากสารระเหยอินทรีย์มีการแพร่เข้าสู่รูพรุนของต้นไม้ หรือสัมผัสกับผิวของต้นไม้

ภาพที่ 2.11
รูพรุนที่ผิวของต้นไม้



ที่มา: Ennos, 2008.

กระบวนการดูดซับสารระเหยอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีเงื่อนไข 2 ประการ ดังนี้

1. สารที่ถูกดูดซับ และวัสดุดูดซับ มีองค์ประกอบทางเคมีชนิดเดียวกัน ซึ่งในกรณีดังกล่าวสารระเหยอินทรีย์กลุ่มเบนซีน โทลูอีน เอธิลเบนซีน และไซลีน เป็นสารประกอบ

ไฮโดรคาร์บอน ในต้นไม้เนื้อเยื่อต่าง ๆ จะถูกสร้างผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำแร่ธาตุในอากาศ หรือในดินมาใช้ จะได้ผลผลิตออกมาเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น น้ำตาล หรือ เส้นใย

2. กระบวนการดูดซับ หรือกระบวนการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากการดูดซับ จะต้องมีการปฏิบัติงานในการทำปฏิกิริยาเสมอ

อย่างไรก็ตาม การดูดซับสารระเหยอินทรีย์ด้วยกระบวนการดังกล่าว มีข้อจำกัด คือ เมื่อสารระเหยอินทรีย์ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุ มีมากกว่าพื้นที่ผิวของรูพรุน หรือถูกดูดซับจนเต็มรูพรุนแล้ว จะไม่สามารถทำการดูดซับได้อีก จนกว่าสารระเหยอินทรีย์จะทำปฏิกิริยา ด้วยสารเคมี หรือถูกพลังงานจนสารระเหยอินทรีย์หลุดออกจากรูพรุนของต้นไม้ (พื้นที่ดูดซับ)

2.5.2 การลดสารระเหยอินทรีย์ ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช

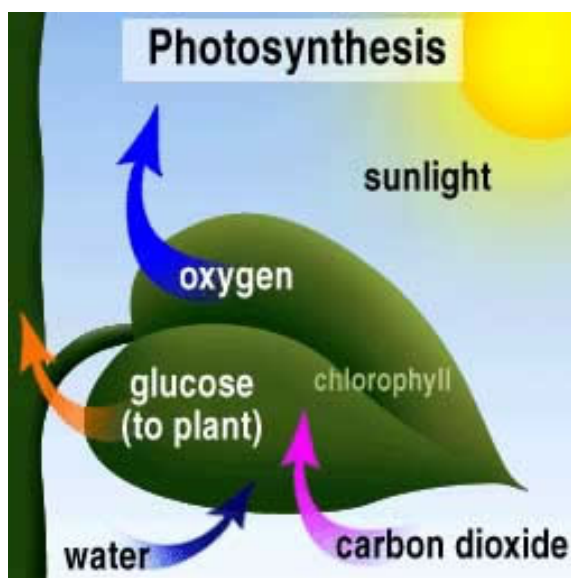
การดูดซับสารระเหยอินทรีย์ของพืชจะเกิดขึ้นที่รูใบ (stomata) ของพืชและจะถูกเคลื่อนที่ไปสู่เนื้อเยื่อ หรือการดูดซับเข้าสู่เนื้อเยื่อที่หุ้มต้นไม้ (cuticle) โดยอาศัยการเปิดและปิดรูใบจากการสังเคราะห์แสง (photochemical reaction) และการคายน้ำของพืช การเกิดปฏิกิริยาภายในใบไม้จะสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งความยาวใบโดยกระบวนการดูดซับ และกระบวนการสังเคราะห์แสงจะสามารถเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของโครงสร้างทางเคมี (photolysis) โดยความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาจะมีแนวโน้มการเกิดในช่วงเวลาตอนเที่ยงถึงบ่ายมากกว่า และความสามารถในการเกิดปฏิกิริยานั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับระยะเวลาครึ่งชีวิตของสาร (Seco et al., 2007)

สำหรับกระบวนการลดสารระเหยอินทรีย์ที่ปากใบนั้น ความสามารถจะขึ้นกับอัตรากระบวนการเผาผลาญ (metabolic) เป็นหลักซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะถูกควบคุมโดยปัจจัยภายในพืช และปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม

1. ปัจจัยภายใน ได้แก่ ลักษณะเฉพาะทางพันธุกรรม และความสามารถในการจุน้ำของพืช

2. ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความเข้มข้นของสารอินทรีย์

ภาพที่ 2.12
การสังเคราะห์แสงที่ใบของพืช



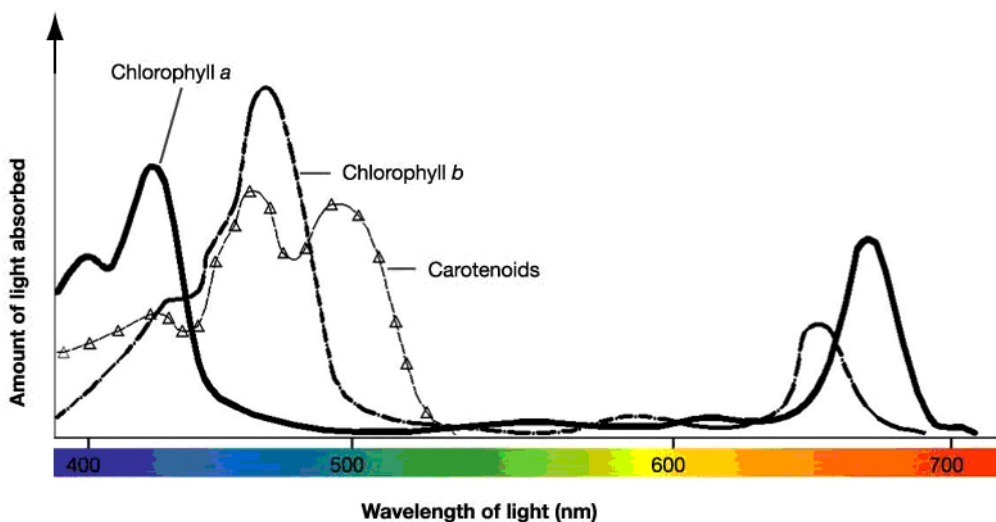
ที่มา: Houston, 2008.

2.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดและปิดปากใบของพืช

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปิดและปิดปากใบของพืช ได้แก่ โครงสร้างของใบ นอกจากนี้ตำแหน่ง จำนวน การกระจายของใบ และชนิดของใบ ใบที่มีขนมากจะช่วยลดการคายน้ำเพราะขนใบจะไม่ยอมให้อากาศผ่านออกไปได้ง่าย นอกจากนี้การคายน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1. แสงสว่าง หมายถึง ลักษณะของรังสีดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์จะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีการสะท้อน การดูดกลืน และการส่งทะลุผ่านในขณะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง แสงในช่วงคลื่นนี้เป็นแสงที่มีประโยชน์ต่อพืชสีเขียวในการสังเคราะห์แสง

ภาพที่ 2.13
การดูดแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของรงควัตถุในใบพืช



ที่มา: University of the Western Cape, 2008.

2. อุณหภูมิ พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ปรับอุณหภูมิไปตามสภาพแวดล้อม (poikilotherm) อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและพัฒนาของพืช อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) โดยทั่วไปพืชจะคายน้ำได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25 – 30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ ปากใบจะแคบลงทำให้มีการคายน้ำลดลง

3. ความชื้น เนื่องจากความชื้นจะมีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช ซึ่งหากมีระดับความชื้นที่เหมาะสม พืชจะสูญเสียน้ำออกไปในรูปของไอ การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่เกิดที่ปากใบ นอกจากนี้น้ำยังอาจสูญเสียออกจากพืชทางอื่น เช่น ทางรอยแยกหรือรูเปิดเล็ก ๆ ที่ลำต้น ทำให้เกิดการลำเลียงธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ในดิน และช่วยลดอุณหภูมิของใบ ถ้าความชื้นของอากาศมีมาก พืชจะกำจัดน้ำออกมาทางรูปากใบในรูปของหยดน้ำที่ขอบใบ

ภาพที่ 2.14
การเกิดหยดน้ำค้างที่ปลายใบเมื่ออากาศมีความชื้นสูง



ที่มา: Zabadal, 2008.

4. ลม เป็นตัวขัดขวางการรวมตัวของไอน้ำบริเวณใกล้ผิวใบที่มีการคายน้ำ ทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของไอน้ำในรูปของการแพร่เพิ่มสูงขึ้น ลมมีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ได้ 3 ทาง คือ มีผลกระทบต่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบจะนำไปใช้ประโยชน์ มีผลต่อความสัมพันธ์ของน้ำในพืช และมีผลกระทบต่ออัตราการหายใจของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้ได้

2.6 บทสรุป

จากการศึกษาผลงานวิจัย และงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงข้อเท็จจริงที่ว่าสารระเหยอินทรีย์กลุ่ม เบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน ที่ถูกปล่อยออกจากสี และมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานในอาคาร เนื่องจากมีฤทธิ์ทำลายระบบทางเดินหายใจ และเป็นสารก่อมะเร็ง อย่างไรก็ตามแม้ในต่างประเทศได้ทำการวิจัยอย่างกว้างขวาง ทั้งเรื่องเกี่ยวกับการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสี และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ แต่ก็ยังไม่ได้ข้อสรุปแน่ชัด เนื่องจากขึ้นอยู่กัปัจจัยหลายประการ เช่น ข้อกำหนดของสารระเหยอินทรีย์ ลักษณะภูมิอากาศ กระบวนการผลิต และวิธีการนำไปใช้ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศไม่สามารถนำผลการทดลองของพื้นที่หนึ่งไปเป็นเกณฑ์ กำหนดผลการทดลองในอีกพื้นที่หนึ่งได้

การนำสีไปใช้ในการก่อสร้างของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขณะที่มีการศึกษาถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสีในแง่ของคุณภาพอากาศและผู้ใช้งานอาคารอยู่น้อย หรือแม้กระทั่งมาตรฐานกำหนดระดับสารระเหยอินทรีย์ในอาคารก็ยังมี ทำให้ผู้อยู่อาศัยมีความเสี่ยงสูงในการได้รับสารระเหยอินทรีย์ที่ปล่อยมาจากสี โดยเฉพาะสารระเหยอินทรีย์กลุ่มอะโรมาติคไฮโดรคาร์บอนที่มีอันตรายต่อร่างกายมนุษย์เป็นพิเศษ ดังนั้น จึงเป็นที่มาของสมมติฐานในงานวิจัยชิ้นนี้ ที่ศึกษาถึงอัตราการปล่อยสารระเหยอินทรีย์จากสี และความเป็นอันตราย ต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในอาคารปัจจุบันมีแนวโน้มจะได้รับอันตรายจากสารระเหยอินทรีย์กลุ่มดังกล่าวจากวัสดุก่อสร้างประเภทสี เนื่องจากอาคารในปัจจุบันมักมีอัตราการระบายอากาศไม่เพียงพอที่จะระบายสารระเหยอินทรีย์ออกจากอาคารได้เพียงพอต่อระดับความปลอดภัยของมนุษย์

นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการศึกษาความสามารถในการลดสารระเหยอินทรีย์จากสี โดยใช้ไม้ประดับภายในอาคาร คือต้นเสน่ห์จันทร์แดง และต้นเดหลีที่มีความสามารถในการลดโพลูอิน และไซลีน ซึ่งเป็นสารระเหยอินทรีย์ที่ประกอบกันเป็นโครงสร้างแบบวงแหวนอะโรมาติค ซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ต้นไม้ดังกล่าวมีความสามารถในการลดเบนซีน และเอทิลเบนซีน ที่ปล่อยออกมาจากสีที่ผลิตภายในประเทศไทย และสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย