

ประกาศศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ  
เรื่อง กำหนดมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ  
ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณลักษณะทั่วไป

โดยที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ดำเนินการพัฒนามาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณลักษณะทั่วไป เพื่อระบุข้อกำหนดด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความปลอดภัยของไบโอชาร์ให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ภายใต้โครงการการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในการผลิตไบโอชาร์ในประเทศ เพื่อใช้ประกอบการจัดทำมาตรฐาน คุณภาพของไบโอชาร์ และการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของไบโอชาร์ระดับอาเซียน และที่ประชุมคณะกรรมการ วิชาการด้านมาตรฐานไบโอชาร์สำหรับอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมได้มีมติเห็นชอบ ในคราวประชุม ครั้งที่ ๖/๒๕๖๘ เมื่อวันที่ ๒๙ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๘ แล้ว

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ จึงกำหนดมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณลักษณะทั่วไป ดังมีรายละเอียดตามเอกสารแนบท้ายประกาศฉบับนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศนี้ใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีผลใช้บังคับได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๘



(รองศาสตราจารย์เต็มศักดิ์ ศรีศรีรินทร์)

ผู้อำนวยการ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

มศว. ๑๐๐๑-๒๕๖๘

MTEC STANDARD

MTS 1001-2568

## ไบโอชาร์

### เล่ม ๑ คุณลักษณะทั่วไป

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม



# มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

National Metal and Materials Technology Center Standard

ไบโอชาร์

เล่ม ๑ คุณลักษณะทั่วไป

BIOCHAR

PART 1 GENERAL CHARACTERISTICS

มศว. ๑๐๐๑-๒๕๖๘

MTS 1001-2568

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กันยายน ๒๕๖๘



**ประกาศศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ**  
**เรื่อง กำหนดมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ**  
**ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณสมบัติทั่วไป**

---

โดยที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ดำเนินการพัฒนามาตรฐานไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณสมบัติทั่วไป เพื่อระบุข้อกำหนดด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความปลอดภัยของไบโอชาร์ให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ภายใต้โครงการการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในการผลิตไบโอชาร์ในประเทศ เพื่อใช้ประกอบการจัดทำมาตรฐานคุณภาพของไบโอชาร์ และการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของไบโอชาร์ระดับอาเซียน และที่ประชุมคณะกรรมการวิชาการมาตรฐานไบโอชาร์สำหรับอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ได้มีมติในคราวการประชุมครั้งที่ ๖/๒๕๖๘ เมื่อวันที่ ๒๙ สิงหาคม ๒๕๖๘ แล้ว

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ จึงประกาศมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณสมบัติทั่วไป ตามเอกสารแนบท้ายประกาศฉบับนี้

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศนี้ใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีผลใช้บังคับได้

ประกาศ ณ วันที่      ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๘

(รองศาสตราจารย์เดิมศักดิ์ ศรีศิริรินทร์)

ผู้อำนวยการ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ



**คณะกรรมการวิชาการมาตรฐาน**  
**ไบโอชาร์สำหรับอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม**

**ประธานกรรมการ**

นายยุทธนา ฐานมงคล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

**รองประธานกรรมการ**

นายธีรวุฒิ ชูตินันท์กุล

กรมวิชาการเกษตร

**กรรมการ**

นางสาวปัทมาพร พ่วงงามพันธุ์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

นายอภินิติ โชติสังกา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายอาศิรวรรณ โพธิพันธุ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นายสิทธิกร รัตนถาวร

นายเกรียงยุทธ ผิวอ่อน

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

นางลักขมีย์ สุทธิวิไลรัตน์

กรมป่าไม้

นางจันจิรา แสงสีเหลือง

กรมพัฒนาที่ดิน

นางสาวนิตย บัญญาสุวัฒน์ ศรีเลิศฟ้า

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

นายเฉลิม โกกนุทาภรณ์

นายรองเพชร บุญช่วยดี

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

นายสาธิต เนียมสุวรรณ

นายอภิชาติ นุชประยูร

บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

นายปกรณ์พัฒน์ เอกกิตติวงศ์

นางสาวเบญจลักษณ์ ณ ลำปาง

บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด (สาขา ๐๐๐๑๓)

นางสาวญาณิศา แก้วมณี

นายนิพัทธ์ พุฒิกษา

นายกำพล ฤทัยวิช

บริษัท มิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด

นายพีรพล พรเศรษฐ์เมธากุล

นายก้องเกียรติ สุริยะ

บริษัท จีอาร์ดี จำกัด

นางสาววราภรณ์ สุจริตรักษ์

นายคตพิพนธ์ อินคง

นายกิตติศักดิ์ โชติกิตพัฒน์

บริษัท แบมบูรีฟาร์ม จำกัด

นายคมชัช ทองดิ่ง

บริษัท วงศ์ไผ่ จำกัด

นายรังสฤษดิ์ คุณชัยมั่ง

บริษัท ถ่านไฟฟ้าปัง จำกัด

**กรรมการและเลขานุการ**

นางอุมาพร เสนวิรัช

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นายวิศิษฎ์พงษ์ ยอดศรี

นายธีรเจต พันพาไพร

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

## คณะกรรมการมาตรฐาน

### ที่ปรึกษา

นายเต็มศักดิ์ ศรีศิริรินทร์

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

### คณะกรรมการด้านเทคนิค

นางชัญชนา ธนชยานนท์

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นางสาวเปรมฤดี กาญจนปิยะ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นางสาวอรอุมา สันตวิธิ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นายพิทักษ์ เพิ่มประเสริฐ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

นางอุไรพรรณ ปรางอุตมทรัพย์

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

### คณะกรรมการด้านบรรณาธิการ

นางสาวจันทร์เพ็ญ ถนอมบุญ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นายพรพจน์ วงศ์พัฒนางูร

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ



## คำนำ

ไบโอชาร์ (biochar) คือ วัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน ผลิตจากชีวมวล (biomass) เช่น ไม้ เศษพืช หรือวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ ด้วยกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนทั้งแบบไพโรไลซิส (pyrolysis) และแก๊สซิฟิเคชัน (gasification) โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก ไบโอชาร์สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย การใช้ไบโอชาร์ที่เกี่ยวข้องกับดินในเกษตรกรรมหรือชุมชน ซึ่งครอบคลุมถึงการใช้งานในทางเกษตรกรรมและการปรับปรุงพื้นที่ดิน ได้แก่ การนำไบโอชาร์มาผสมกับดิน ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการเพิ่มความสามารถในการเก็บกักน้ำและสารอาหาร ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ลดการใช้ปุ๋ย ไบโอชาร์ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการชะล้างดินจากน้ำฝน และการใช้งานในชุมชน ได้แก่ การนำวัสดุชีวมวลที่เป็นขยะมาเปลี่ยนเป็นไบโอชาร์ ช่วยลดปริมาณขยะ และช่วยจัดการของเสียในชุมชน การใช้ไบโอชาร์ในรูปแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับดินในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งครอบคลุมถึงการใช้ไบโอชาร์ผสมในวัสดุประเภทต่าง ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ ไบโอชาร์ยังมีศักยภาพสำหรับการชดเชยและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงโอกาสการซื้อขายคาร์บอนเครดิต (carbon credit) เนื่องจากส่วนประกอบของคาร์บอนที่มีความคงตัวสูงในไบโอชาร์สามารถถูกกักเก็บได้เป็นเวลาหลายร้อยปี

เนื่องจากไบโอชาร์สามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย แต่ภาคส่วนมีความต้องการไบโอชาร์ที่มีคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความปลอดภัยที่แตกต่างกัน ผู้ทำแต่ละรายมีหลักเกณฑ์ในการผลิตไบโอชาร์ที่แตกต่างกัน หลักเกณฑ์เหล่านั้นไม่ได้คำนึงถึงการนำไบโอชาร์เข้ามาใช้งานในประเทศไทย ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถนำข้อมูลจากผู้ทำะบุมาใช้ในการจัดหาไบโอชาร์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมได้ ด้วยเหตุนี้จึงได้กำหนดมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติขึ้นเพื่อระบุข้อกำหนดด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความปลอดภัยของไบโอชาร์ให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน อีกทั้งครอบคลุมถึงการใช้เป็นเครื่องมือด้านการจัดการคาร์บอนและการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และเพื่อใช้อ้างอิงต่อไป

มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาตินี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ทำ ผู้ใช้ และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

มอก. 465 เล่ม 1-2554 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการชักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบลักษณะเชิงคุณภาพ เล่ม 1 แบบแผนการชักตัวอย่างระบุโดยขีดจำกัดคุณภาพที่ยอมรับ (AQL) เพื่อการตรวจสอบรุ่นต่อรุ่น

ISO 10390 Soil, treated biowaste and sludge – Determination of pH

ISO 11265 Soil quality — Determination of the specific electrical conductivity

ISO 11885 Water quality — Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)

|                   |                                                                                                                                                            |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 14238-Annex A | Determination of water-holding capacity of soil                                                                                                            |
| ISO 17294-1       | Water quality — Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) Part 1: General requirements                                          |
| ISO 17294-2       | Water quality — Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes |
| ISO 17828         | Solid biofuels — Determination of bulk density                                                                                                             |
| ISO 18122         | Solid biofuels — Determination of ash content                                                                                                              |
| ISO 18123         | Solid biofuels — Determination of volatile matter                                                                                                          |
| ISO 18134-1       | Solid biofuels — Determination of moisture content                                                                                                         |
| ISO 18227         | Soil quality — Determination of elemental composition by X-ray fluorescence                                                                                |
| ISO 9277          | Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption — BET method                                                                        |
| ASTM D3176-24     | Standard Practice for Ultimate Analysis of Coal and Coke                                                                                                   |
| ASTM D4239-18e1   | Standard test method for sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion                                     |
| ASTM D4373-21     | Standard Test Method for Rapid Determination of Carbonate Content of Soils                                                                                 |
| ASTM D4607-14     | Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon                                                                                |
| ASTM D5373-21     | Standard test methods for determination of carbon, hydrogen and nitrogen in analysis samples of coal and carbon in analysis samples of coal and coke       |
| ASTM D7582-15     | Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis                                                          |
| ASTM E1131-20     | Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry                                                                                        |
| TMECC 04.10       | Electrical conductivity for compost                                                                                                                        |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TMECC 04.11       | Electrometric pH determinations for compost                                                                                                                                                                                                                                 |
| EPA Method 1613B  | Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS                                                                                                                                                                                            |
| EPA Method 8082A  | Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography                                                                                                                                                                                                                      |
| EPA Method 8270E  | Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)                                                                                                                                                                                              |
| EPA Method 8290A  | Polychlorinated Dibenzodioxins (PCDDs) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDFs) by High-Resolution Gas Chromatography/High Resolution Mass Spectrometry (HRGC/HRMS)                                                                                                        |
| IBI-STD-2.1       | Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil                                                                                                                                                                             |
| WBC               | World Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar and its Certification. Carbon Standards International, Frick, Switzerland, ( <a href="http://www.european-biochar.org">http://www.european-biochar.org</a> ), version 1.1 from 20th Dec 2024 |
| EBC               | European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. Carbon Standards International (CSI), Frick, Switzerland. ( <a href="http://european-biochar.org">http://european-biochar.org</a> ). Version 10.4 from 20th Dec 2024                     |
| FAO/GLOSOLAN      | The Global Soil Laboratory Network, Standard operating procedure for cation exchange capacity and exchangeable bases 1N ammonium acetate, pH 7.0 method, 2022                                                                                                               |
| JBAS 0001         | Biochar for Soil Carbon Storage                                                                                                                                                                                                                                             |
| JBAS 0002         | Biochar for Soil Carbon Storage – Measurement Method                                                                                                                                                                                                                        |
| กรมพัฒนาที่ดิน    | คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมีเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน 2562                                                                                                                                                                                                          |
| กรมวิชาการเกษตร   | ประกาศเรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 2548                                                                                                                                                                                                                                       |
| กระทรวงอุตสาหกรรม | ประกาศเรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว 2566                                                                                                                                                                                                                 |



## สารบัญ

หน้า

|                                                     |        |
|-----------------------------------------------------|--------|
| 1. ขอบข่าย                                          | - 1 -  |
| 2. บทนิยาม                                          | - 1 -  |
| 3. ชนิดและชั้นคุณภาพ                                | - 3 -  |
| 4. ขนาด                                             | - 4 -  |
| 5. คุณลักษณะที่ต้องการ                              | - 4 -  |
| 6. การบรรจุ                                         | - 7 -  |
| 7. เครื่องหมายและฉลาก                               | - 7 -  |
| 8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน                  | - 8 -  |
| 9. การทดสอบ                                         | - 8 -  |
| 10. การรายงานผลทดสอบ                                | - 17 - |
| ภาคผนวก ก. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน          | - 18 - |
| ภาคผนวก ข. รายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์   | - 21 - |
| ภาคผนวก ค. ข้อมูลคุณสมบัติเตาผลิตไบโอชาร์ที่เหมาะสม | - 25 - |



# มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

## ไบโอชาร์ - เล่ม ๑ คุณสมบัติทั่วไป

### 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาตินี้ ครอบคลุมไบโอชาร์ (biochar) ที่ใช้งานในดิน (soil application) และการใช้งานในรูปแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับดิน (non-soil application) ซึ่งผลิตจากชีวมวลโดยกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนทั้งแบบไพโรไลซิส (pyrolysis) และแก๊สซิฟิเคชัน (gasification) ที่มีการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิ และการจัดการการปล่อยก๊าซสังเคราะห์ (syngas)

**หมายเหตุ** กรณีของไบโอชาร์ที่ใช้สำหรับวัตถุประสงค์ในกิจกรรมทางการทหาร อวกาศ รวมถึงไบโอชาร์ที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมพิเศษ อาจจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเพิ่มเติม

- 1.2 มาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาตินี้ ไม่ครอบคลุมไบโอชาร์ที่มีเจตนาให้ใช้เพื่อการบริโภคในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ อิเล็กทรอนิกส์ การแพทย์ เกษษกรรม และระบบกรองน้ำดื่ม รวมถึงไบโอชาร์ที่มีเจตนาให้ใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาตินี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ไบโอชาร์ หรือ ถ่านชีวภาพ หมายถึง วัสดุคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นผง เม็ด หรือก้อนสีดำ มีรูพรุน ผลิตจากกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนของชีวมวล (biomass) ซึ่งเป็นการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิมากกว่า 350°C ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ โดยที่คาร์บอนที่อยู่ในวัสดุนั้นถูกเก็บรักษาไว้ในรูปของ "แหล่งสะสมคาร์บอน" ระยะยาว
- 2.2 การใช้ไบโอชาร์ในดิน (soil application) หมายถึง การประยุกต์ใช้ไบโอชาร์ที่เกี่ยวข้องกับดินในเกษตรกรรม หรือชุมชน (ตัวอย่างเช่น การนำไปผสมลงดินโดยตรงหรือผสมเพิ่มเติมในปุ๋ย สารบำรุงพืช วัสดุปรับปรุงดิน หรือเศษวัสดุทางการเกษตร) มีความปลอดภัยและมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดิน พืช สภาพแวดล้อมทางการเกษตรและชุมชน การฟื้นฟูพื้นที่ดินเสื่อมโทรม และช่วยเพิ่มการเก็บกักคาร์บอนในดิน โดยผลิตจากชีวมวลที่สอดคล้องกับรายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์

**หมายเหตุ** รายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข.

- 2.3 การใช้ไบโอชาร์ในงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับดิน (non-soil application) หมายถึง การประยุกต์ใช้ไบโอชาร์ในรูปแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับดินในภาคอุตสาหกรรม (ตัวอย่างเช่น วัสดุรองพื้นในคุุสัตร์เพื่อช่วยลดกลิ่น วัสดุดูดซับในระบบการกรองหรือบำบัดน้ำและอากาศ สารเติมแต่งในวัสดุก่อสร้าง สารเติมแต่งในสินค้าอุปโภค) มี

ความปลอดภัยและมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ โดยผลิตจากชีวมวลที่สอดคล้องกับรายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์

**หมายเหตุ** รายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข.

- 2.4 ชีวมวล (biomass) หมายถึง วัสดุที่มีต้นกำเนิดทางชีวภาพ ไม่รวมวัสดุที่ฝังอยู่ในชั้นหินทางธรณีวิทยา และ/หรือวัสดุที่เปลี่ยนสภาพเป็นวัสดุฟอสซิล
- 2.5 กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis process) หมายถึง การสลายตัวทางเคมีของชีวมวลที่เกิดจากความร้อนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ในกระบวนการนี้ สารอินทรีย์ในชีวมวลจะถูกย่อยสลายและเกิดก๊าซไพโรไลซิส ซึ่งประกอบด้วยมีเทนและก๊าซอื่น ๆ
- 2.6 กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification process) หมายถึง การสลายตัวทางเคมีของชีวมวลที่เกิดจากความร้อนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดและอุณหภูมิสูง ( $>700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ในกระบวนการนี้ สารอินทรีย์ในชีวมวลจะถูกย่อยสลายและเกิดเป็นก๊าซสังเคราะห์ (syngas) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และก๊าซอื่น ๆ
- 2.7 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์ (organic carbon content of biochar) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (organic carbon content:  $C_{org}$ ) ในไบโอชาร์ ทั้งคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายและคาร์บอนที่มีความเสถียรหรือมีโครงสร้างเชิงอะโรมาติก โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 35% ถึง 95% ของน้ำหนักไบโอชาร์แห้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลและอุณหภูมิในกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน
- 2.8 ปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ในไบโอชาร์ (inorganic carbon content of biochar) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต (เช่น  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) และอนินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ของไบโอชาร์
- 2.9 ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในไบโอชาร์ (total carbon content of biochar) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมดที่มีอยู่ในไบโอชาร์ ทั้งในรูปคาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอนินทรีย์
- 2.10 สัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์ (molar  $\text{H}/C_{org}$  ratio) หมายถึง อัตราส่วนโมลาร์ระหว่างไฮโดรเจนกับคาร์บอนอินทรีย์ เป็นตัวชี้วัดระดับความคงตัวของไบโอชาร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันในระยะยาว
- 2.11 ห้องปฏิกรณ์เคมี (reactor chamber) หมายถึง โครงสร้างหรือบริเวณที่ได้รับการออกแบบมาให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นสำหรับกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis process) หรือกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification process) จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์
- 2.12 อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด (highest reaction temperature) หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดในห้องปฏิกรณ์เคมีที่ตัวอย่างชีวมวลสัมผัสในระหว่างกระบวนการแปรสภาพเป็นไบโอชาร์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อ

คุณสมบัติของไบโอชาร์ที่ได้ และเป็นอนุภูมิสูงสุดของการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ถูกบันทึกได้ตลอดกระบวนการผลิตไบโอชาร์

- 2.13 เกษตรอินทรีย์ (organic agriculture) หมายถึง ระบบการจัดการการผลิตด้านการเกษตรแบบองค์รวม ที่ช่วยให้ระบบนิเวศเกษตร มีความสมบูรณ์ ทั้งนี้รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ วงจรชีวภาพ และกิจกรรมทางชีวภาพในดิน เกษตรอินทรีย์เน้นการใช้วิธีการจัดการภายในฟาร์ม มากกว่าการเลือกใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอกฟาร์ม โดยคำนึงถึงสภาพของภูมิภาคต่างๆ ที่ต้องมีการปรับระบบให้เข้ากับสภาพท้องถิ่น ทั้งนี้เมื่อเป็นไปได้จะทำให้สำเร็จได้โดยใช้วิธีทั่วไป วิธีทางชีวภาพ และทางกล แทนการใช้วัสดุสังเคราะห์
- 2.14 เกษตรกรรมทั่วไป หมายถึง การผลิตทางการเกษตรที่ไม่ได้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์
- 2.15 ผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสกับผิวหนังหรืออาหารโดยตรง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสสัมผัสกับผิวหนังของผู้บริโภคโดยตรง หรือสัมผัสกับอาหารในลักษณะของบรรจุภัณฑ์หรืออุปกรณ์ที่ใช้กับอาหาร โดยไบโอชาร์ต้องถูกผสมในผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่ไม่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของไบโอชาร์สู่ผู้บริโภคในขณะใช้งาน ไม่รวมการใช้งานไบโอชาร์ในระบบกรองน้ำดื่มซึ่งจำเป็นต้องมีมาตรการ/มาตรฐานเฉพาะเพิ่มเติม
- 2.16 อัตราเพื่อเหลือเพื่อขาด หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณไบโอชาร์ในบรรจุภัณฑ์ที่กฎหมายอนุญาตให้ได้
- 2.17 ตัวอย่างทดสอบ หมายถึง ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบซึ่งต้องเป็นตัวแทนของไบโอชาร์ที่ผู้ใช้ได้รับหรือต้องเป็นไบโอชาร์ จริงซึ่งพร้อมส่งมอบให้แก่ผู้ใช้

### 3. ชนิดและชั้นคุณภาพ

ไบโอชาร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด และชั้นคุณภาพ ตามการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

- 3.1 ไบโอชาร์สำหรับการใช้งานในดิน แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ
  - 3.1.1 ชั้นคุณภาพ ก.: ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการนำไบโอชาร์ใส่ลงดินในภาคเกษตรอินทรีย์
  - 3.1.2 ชั้นคุณภาพ ข.: ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการนำไบโอชาร์ใส่ลงดินในภาคเกษตรกรรมทั่วไป
  - 3.1.3 ชั้นคุณภาพ ค.: ใช้กับงานอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับชั้นคุณภาพ ก. และชั้นคุณภาพ ข.
- 3.2 ไบโอชาร์สำหรับการใช้งานในรูปแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับดิน แบ่งเป็น 2 ชั้นคุณภาพ
  - 3.2.1 ชั้นคุณภาพ ง.: ใช้กับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ทุกประเภท รวมถึงการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสกับผิวหนังหรืออาหารโดยตรง
  - 3.2.2 ชั้นคุณภาพ จ.: ใช้กับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ทุกประเภท แต่ไม่รวมการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสกับผิวหนังหรืออาหารโดยตรง

#### 4. ขนาด

ขนาดของไบโอชาร์ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนด หรือ ตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้เป็นไปตาม ASTM D2862

**หมายเหตุ** ขนาดของไบโอชาร์ควรเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการนำไปใช้งานที่ประกาศโดยหน่วยงานกำกับดูแล

#### 5. คุณลักษณะที่ต้องการ

##### 5.1 ลักษณะทั่วไป

ไบโอชาร์ต้องมีลักษณะเป็นผง เม็ดหรือก้อนสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้ดำเนินการโดยการตรวจพินิจ

##### 5.2 คุณลักษณะด้านเคมี

คุณลักษณะด้านเคมีที่ต้องการของไบโอชาร์ ต้องเป็นไป ดังต่อไปนี้

##### ตารางที่ 1 คุณลักษณะด้านเคมีที่ต้องการของไบโอชาร์

(ข้อ 5.2)

| รายการ | คุณลักษณะ                                                | เกณฑ์ที่กำหนด           |                         |                  |                             |                  |
|--------|----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|        |                                                          | การใช้งานในดิน          |                         |                  | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |                  |
|        |                                                          | ชั้นคุณภาพ<br>ก.        | ชั้นคุณภาพ<br>ข.        | ชั้นคุณภาพ<br>ค. | ชั้นคุณภาพ<br>ง.            | ชั้นคุณภาพ<br>จ. |
| 1      | อัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ <sup>(1)</sup> | $\leq 0.7$              | $\leq 0.7$              | $\leq 0.7$       | $\leq 0.7$                  | $\leq 0.7$       |
| 2      | ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์                                    | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |
| 3      | ปริมาณเถ้า                                               | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |
| 4      | ค่าความเป็นกรด – ด่าง                                    | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |
| 5      | ค่าการนำไฟฟ้า                                            | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |
| 6      | ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน                                 | $\geq 10$<br>cmol(+)/kg | $\geq 10$<br>cmol(+)/kg | ไม่กำหนด         | -                           |                  |
| 7      | ค่าไอโอดีน                                               | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด                | ไม่กำหนด         |                             |                  |

**หมายเหตุ (1)** กรณีที่ไบโอชาร์ผลิตมาจากชีวมวลกลุ่มปศุสัตว์และตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย อัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ของไบโอชาร์ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.4

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อ 9.2

## 5.3 คุณลักษณะด้านฟิสิกส์

คุณลักษณะด้านฟิสิกส์ที่ต้องการของไบโอชาร์ ต้องเป็นไป ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คุณลักษณะด้านฟิสิกส์ที่ต้องการของไบโอชาร์

(ข้อ 5.3)

| รายการ | คุณลักษณะ                                         | เกณฑ์ที่กำหนด    |                  |                  |                             |                  |
|--------|---------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|        |                                                   | การใช้งานในดิน   |                  |                  | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |                  |
|        |                                                   | ชั้นคุณภาพ<br>ก. | ชั้นคุณภาพ<br>ข. | ชั้นคุณภาพ<br>ค. | ชั้นคุณภาพ<br>ง.            | ชั้นคุณภาพ<br>จ. |
| 1      | ความชื้นในสภาพที่ได้รับมา (%<br>เศษส่วนโดยมวลรวม) | 10-30            | 10-30            | 10-30            | 10-30                       | 10-30            |
| 2      | ความหนาแน่นรวมที่สภาวะแห้ง                        | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อ 9.3

## 5.4 ด้านความปลอดภัย

คุณลักษณะด้านความปลอดภัยที่ต้องการของไบโอชาร์ ประกอบด้วย

## 5.4.1 การปนเปื้อนโลหะสูงสุดของไบโอชาร์ ต้องเป็นไป ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 คุณลักษณะการปนเปื้อนโลหะสูงสุดของไบโอชาร์

(ข้อ 5.4.1)

| รายการ | โลหะปนเปื้อน <sup>(1)</sup> | เกณฑ์การปนเปื้อนโลหะสูงสุด<br>(mg/kg น้ำหนักแห้ง) |                  |                  |                             |                     |
|--------|-----------------------------|---------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|
|        |                             | การใช้งานในดิน                                    |                  |                  | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |                     |
|        |                             | ชั้นคุณภาพ<br>ก.                                  | ชั้นคุณภาพ<br>ข. | ชั้นคุณภาพ<br>ค. | ชั้นคุณภาพ<br>ง.            | ชั้นคุณภาพ<br>จ.    |
| 1      | สารหนู (As)                 | 13                                                | 50               | 50               | 50                          | 500                 |
| 2      | แคดเมียม (Cd)               | 0.7                                               | 5                | 5                | 5                           | 100                 |
| 3      | โครเมียม (Cr)               | 70                                                | 300              | 300              | 300                         | 2500 <sup>(2)</sup> |
| 4      | ปรอท (Hg)                   | 0.4                                               | 2                | 2                | 2                           | 20                  |
| 5      | ตะกั่ว (Pb)                 | 45                                                | 500              | 500              | 500                         | 1000                |
| 6      | ทองแดง (Cu)                 | 70                                                | 500              | 500              | 500                         | 2500                |

| รายการ | โลหะปนเปื้อน <sup>(1)</sup> | เกณฑ์การปนเปื้อนโลหะสูงสุด<br>(mg/kg น้ำหนักแห้ง) |                  |                  |                             |                  |
|--------|-----------------------------|---------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|        |                             | การใช้งานในดิน                                    |                  |                  | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |                  |
|        |                             | ชั้นคุณภาพ<br>ก.                                  | ชั้นคุณภาพ<br>ข. | ชั้นคุณภาพ<br>ค. | ชั้นคุณภาพ<br>ง.            | ชั้นคุณภาพ<br>จ. |
| 7      | สังกะสี (Zn)                | -                                                 |                  |                  | 400                         | 5000             |
| 8      | นิกเกิล (Ni)                |                                                   |                  |                  | 50                          | 2000             |

**หมายเหตุ (1)** การตรวจวิเคราะห์โครเมียมในไบโอชาร์ครอบคลุมการวัดค่าโครเมียมทั้งหมด แต่หากถูกประเมินว่ามีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของ Cr(VI) ต้องทดสอบและรายงานค่า Cr(VI) แยกต่างหากและเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อ 9.4.1

5.4.2 การปนเปื้อนสารอินทรีย์สูงสุดของไบโอชาร์ ต้องเป็นไป ดังต่อไปนี้

#### ตารางที่ 4 คุณลักษณะการปนเปื้อนสารอินทรีย์สูงสุดของไบโอชาร์

(ข้อ 5.4.2)

| รายการ | สารอินทรีย์ปนเปื้อน                                                                         | เกณฑ์การปนเปื้อนสารอินทรีย์สูงสุด<br>(น้ำหนักแห้ง) |                  |                  |                             |                  |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|        |                                                                                             | การใช้งานในดิน                                     |                  |                  | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |                  |
|        |                                                                                             | ชั้นคุณภาพ<br>ก.                                   | ชั้นคุณภาพ<br>ข. | ชั้นคุณภาพ<br>ค. | ชั้นคุณภาพ<br>ง.            | ชั้นคุณภาพ<br>จ. |
| 1      | 16 EPA PAHs                                                                                 | 6±2.4<br>mg/kg                                     | 6±2.4<br>mg/kg   | ไม่กำหนด         | ไม่กำหนด                    | ไม่กำหนด         |
| 2      | 8 EFSA PAHs                                                                                 | 1 mg/kg                                            | 1 mg/kg          | 1 mg/kg          | 1 mg/kg                     | 4 mg/kg          |
| 3      | โพลีคลอริเนตเต็ดไบฟีนิล <sup>(1)</sup>                                                      | 0.2 mg/kg                                          | 0.2 mg/kg        | 0.2 mg/kg        | 0.2 mg/kg                   | 0.2 mg/kg        |
| 4      | โพลีคลอริเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ไดออกซิน และโพลีคลอริเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ฟิวแรน <sup>(1)</sup> | 20 ng<br>TEQ/kg                                    | 20 ng<br>TEQ/kg  | 20 ng<br>TEQ/kg  | 20 ng<br>TEQ/kg             | 20 ng<br>TEQ/kg  |

**หมายเหตุ (1)** ให้ทดสอบและรายงานเฉพาะรุ่นผลิตภัณฑ์แรกของการผลิตไบโอชาร์ที่มาจากวัตถุดิบที่ถูกประเมินว่ามีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของคลอรินสูงในวัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอชาร์

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อ 9.4.2

## 6. การบรรจุ

- 6.1 ไบโอดีต้องบรรจุในภาชนะบรรจุที่ป้องกันการสัมผัสกับสารปนเปื้อนภายนอกได้ ป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดกระบวนการจัดเก็บ การขนส่งและการจำหน่ายได้ และป้องกันความเสี่ยงจากการติดไฟได้
- 6.2 มวลสุทธิของไบโอดีในบรรจุภัณฑ์ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในฉลาก และมีค่าความคลาดเคลื่อนตามอัตรา เพื่อเหลือเผื่อขาดที่กฎหมายกำหนด

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้ดำเนินการโดยการตรวจพินิจ และการชั่งน้ำหนักของไบโอดีโดยไม่รวมบรรจุภัณฑ์

## 7. เครื่องหมายและฉลาก

- 7.1 ที่ภาชนะบรรจุอย่างน้อยต้องแสดงเครื่องหมายหรือข้อความแสดงรายละเอียดเป็นภาษาไทยที่ถูกต้องอ่านได้ง่าย ชัดเจน ติดแน่นและถาวร เครื่องหมายหรือข้อความต้องประกอบด้วยรายละเอียด ดังต่อไปนี้
- (1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้หรือชื่ออื่นที่สื่อความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้
  - (2) ชนิด และชั้นคุณภาพ
  - (3) ชื่อรุ่นผลิต และชื่อรุ่นสินค้า
  - (4) ชื่อแหล่งที่มาของวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดี (ระบุชื่อตามรายการใน ภาคผนวก ข.)
  - (5) มวลแห้งสุทธิ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
  - (6) ปริมาตร
  - (7) ขนาดอนุภาคใหญ่สุดของไบโอดี
  - (8) ค่าความชื้น
  - (9) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
  - (10) เดือน ปี ที่ทำ
  - (11) คำเตือนและข้อควรระวังเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ ได้แก่
    - ข้อควรระวังเกี่ยวกับการจัดเก็บไบโอดีเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการติดไฟได้เองของไบโอดี (spontaneous combustion) หากมีความชื้นต่ำ
    - ข้อควรระวังเกี่ยวกับอันตรายจากการสัมผัสกับฝุ่นไบโอดี น้ำมันชีวภาพ (bio-oil) หรือทาร์ (tar) ที่อาจตกค้างในไบโอดี ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจและผิวหนัง

- ข้อควรระวังอื่น ๆ

สามารถใช้เครื่องหมายหรือรูปสัญลักษณ์ (pictogram) ตามระบบสากลการจำแนกประเภทความเป็นอันตรายและการติดฉลากสารเคมี (Globally Harmonized of Classification and Labelling of Chemicals; GHS) หรือตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือตามข้อตกลงระหว่างประเทศแทนได้

- (12) ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

**หมายเหตุ 1** ข้อความซึ่งแสดงหน่วยเป็นภาษาอังกฤษ อนุญาตให้ไม่ต้องแสดงภาษาไทยได้

**หมายเหตุ 2** กรณีที่พื้นที่ของบรรจุภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการแสดงข้อมูล อนุญาตให้แสดงเครื่องหมายหรือข้อความแสดงรายละเอียดในรูปแบบของ รหัสแท่ง (barcode) รหัสแท่ง 2 มิติ (quick response code (QR code)) อาร์เอฟไอดี (radio frequency identification (RFID)) หรือรูปแบบอื่น ๆ ที่สามารถใช้งานได้ในลักษณะเดียวกัน

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด ให้ดำเนินการโดยการตรวจพินิจ

## 8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

## 9. การทดสอบ

### 9.1 ข้อกำหนดทั่วไป

9.1.1 ให้ใช้วิธีทดสอบที่กำหนดในมาตรฐานนี้ หรือวิธีอื่นใดที่ให้ผลเทียบเท่า ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนี้

#### 9.1.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ได้จากการชักตัวอย่างมาแบ่งเป็นตัวแทน โดยใช้วิธีการแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (quartering method) แล้วเลือกเก็บตัวอย่างจากสองในสี่ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันเพื่อนำมาใช้เป็นตัวอย่างย่อย (subsampling) ผสมตัวอย่างสองส่วนนี้ให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีปริมาณรวมกันทั้งหมดอย่างน้อย 1 000 กรัม นำไปเตรียมตัวอย่างตามรายละเอียดที่ระบุในข้อ 9.2-9.4 ก่อนทดสอบคุณลักษณะ ในกรณีที่การเตรียมตัวอย่างเกี่ยวข้องกับการอบหรือลดความชื้นควรมีการกลั่นหรือพลิกตัวอย่างเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง ควรใช้ตู้อบที่มีการถ่ายเทอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศในตู้อบอิ่มตัวด้วยความชื้น หากไม่ได้มีการระบุวิธีการเตรียมตัวอย่างเพิ่มเติมไว้ ให้ใช้วิธีการตามมาตรฐานการทดสอบที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้

## 9.2 การทดสอบคุณลักษณะทางเคมี

### 9.2.1 อัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์

การประเมินค่าอัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ของไบโอชาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$H/C_{org} = \frac{H}{C_{org}}$$

เมื่อ

$H/C_{org}$  คือ อัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อโมลคาร์บอนอินทรีย์ของไบโอชาร์

$H$  คือ ปริมาณโมลของไฮโดรเจนในไบโอชาร์

$C_{org}$  คือ ปริมาณโมลของคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์

การตรวจสอบปริมาณไฮโดรเจนในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.2

การตรวจสอบปริมาณอินทรีย์ในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.3

### 9.2.2 ปริมาณไฮโดรเจน (H)

การตรวจสอบปริมาณไฮโดรเจนในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ASTM D5373-21 วิธีทดสอบ A โดยการวิเคราะห์ต้องใช้การดูดกลืนอินฟราเรด หรือการตรวจจับการนำความร้อน การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวล

### 9.2.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ( $C_{org}$ )

การประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$C_{org} = C_{tot} - C_{ior}$$

เมื่อ

$C_{org}$  คือ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์

$C_{tot}$  คือ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในไบโอชาร์

$C_{ior}$  คือ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวล

การตรวจสอบปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.4

การตรวจสอบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.5

### 9.2.4 ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ( $C_{tot}$ )

การตรวจสอบปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.2

#### 9.2.5 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ( $C_{ior}$ )

การตรวจสอบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ASTM D4373-21 หรือ IBI-STD-2.1 โดยใช้วิธีการเผาไหม้แห้ง (dry combustion method) การวิเคราะห์ต้องใช้เทคนิคการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorption) หรือเทคนิคการนำความร้อน (Thermal Conductivity Detector ;TCD) การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวล ในกรณีที่มิชอบโต้แย้งให้ใช้วิธี ASTM D4373-21 ที่กำหนดในมาตรฐานนี้

#### 9.2.6 ปริมาณเถ้า (ash)

การตรวจสอบปริมาณเถ้าของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ISO 18122 การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบ % เศษส่วนโดยมวล

#### 9.2.7 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศ (air-dried sample) เพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว แล้วอบที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 1 วัน กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ก่อนนำไปอบ ต้องบดให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 3 mm. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นสูงจากการใช้น้ำเพื่อยุติปฏิกิริยาและลดอุณหภูมิของไบโอชาร์หลังสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิสหรือจากกรณีอื่น ต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 3 วัน การตรวจสอบค่าความเป็นกรด – ด่างของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ISO 10390 หรือ TMECC Method 04.11-A โดยต้องเลือกใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) ที่เหมาะสมกับตัวอย่าง

#### 9.2.8 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศเพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว แล้วอบที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 1 วัน กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ก่อนนำไปอบ ต้องบดให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 3 mm. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นสูงจากการใช้น้ำเพื่อยุติปฏิกิริยาและลดอุณหภูมิของไบโอชาร์หลังสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิสหรือจากกรณีอื่น ต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 3 วัน การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าของสารชะ (leachate) ซึ่งได้จากการแช่ไบโอชาร์ในน้ำกลั่นหรือสารละลายที่ควบคุมได้ การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าของไบโอชาร์ให้เป็นไปตาม ISO 11265 หรือ TMECC Method 04.10-A โดยต้องเลือกใช้ขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมกับตัวอย่าง การรายงานผลให้ระบุอยู่ในรูปแบบของ S/cm

#### 9.2.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity หรือ CEC)

นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศเพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว แล้วอบที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 1 วัน กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ก่อนนำไปอบ ต้องบดให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 0.5 mm. (35 mesh) กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นสูงจากการใช้น้ำเพื่อยุติปฏิกิริยาและลดอุณหภูมิของไบโอชาร์หลังสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิสหรือจากกรณีอื่น ต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 3 วัน การตรวจสอบความจุแลกเปลี่ยนแคต

ไอออนของไบโอซาร์ให้เป็นไปตามคู่มือมาตรฐานของ FAO/GLOSOLAN โดยใช้วิธีแอมโมเนียมอะซิเตต 1 นอร์มัล ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N) ที่ค่า pH 7.0

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบ  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$

#### 9.2.10 ค่าพื้นที่ผิวจากการดูดซับด้วยสารละลายไอโอดีน (Iodine number)

บดให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า  $150\ \mu\text{m}$  (100 mesh) อย่างน้อย 95% โดยน้ำหนัก และมีขนาดเล็กกว่า  $44\ \mu\text{m}$  (325 mesh) อย่างน้อย 60% โดยน้ำหนัก แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ  $105^\circ\text{C}$  จนกระทั่งมวลเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.2% ของมวลเริ่มต้นของตัวอย่าง ภายในช่วงระยะเวลาการอบ 60 นาที การตรวจสอบค่าพื้นที่ผิวจากการดูดซับด้วยสารละลายไอโอดีน ให้เป็นไปตาม ASTM D4607-14 ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับได้น้ำหนักไบโอซาร์ 1 กรัม ที่ 0.02 N ให้รายงานค่าเป็นไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number)

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบ  $\text{mg/g}$

#### 9.2.11 ปริมาณไนโตรเจน (N)

การตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนของไบโอซาร์ ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.2

#### 9.2.12 ปริมาณซัลเฟอร์ (S)

การตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์ของไบโอซาร์ ให้เป็นไปตาม ASTM D4239 โดยการวิเคราะห์ต้องใช้ในการ ดูดกลืนอินฟราเรด หรือการตรวจจับสนามความร้อน การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วน โดยมวล

#### 9.2.13 ปริมาณออกซิเจน (O)

การประเมินปริมาณออกซิเจนของไบโอซาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$O = 100\% - C_{tot} - H - N - S - ash$$

เมื่อ

|           |                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| $O$       | คือ ปริมาณออกซิเจนของไบโอซาร์                            |
| $C_{tot}$ | คือ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของไบโอซาร์ ตามข้อกำหนดที่ 9.2.4 |
| $H$       | คือ ปริมาณไฮโดรเจนของไบโอซาร์ ตามข้อกำหนดที่ 9.2.2       |
| $N$       | คือ ปริมาณไนโตรเจนของไบโอซาร์ ตามข้อกำหนดที่ 9.2.11      |
| $S$       | คือ ปริมาณซัลเฟอร์ของไบโอซาร์ ตามข้อกำหนดที่ 9.2.12      |
| $ash$     | คือ ปริมาณเถ้าของไบโอซาร์ ตามข้อกำหนดที่ 9.2.6           |

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวล

## 9.2.14 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักด้วยความร้อน

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของตัวอย่างภายใต้การให้ความร้อน ให้เป็นไปตาม ASTM D7582 หรือ ASTM E1131 โดยเป็นการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analyzer (TGA) การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบแผนภูมิ TGA ซึ่งแสดงปริมาณน้ำหนักที่ลดลงของไบโอชาร์ตลอดช่วงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง กำหนดให้วิเคราะห์เฉพาะในรุ่นผลิตแรกของการผลิตเพียงครั้งเดียวเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการผลิต ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธี ASTM D7582 ที่กำหนดในมาตรฐานนี้

## 9.2.15 ปริมาณสารระเหย (volatile matter)

การตรวจสอบปริมาณสารระเหยของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ISO 18123 หรือ ASTM D7582 การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบ % เศษส่วนโดยมวล ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธี ISO 18123 ที่กำหนดในมาตรฐานนี้

## 9.2.16 ปริมาณธาตุอาหาร และจุลธาตุ

ธาตุอาหารและจุลธาตุของไบโอชาร์ที่ควรตรวจสอบ ประกอบด้วย ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และเหล็ก (Fe)

การตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารและจุลธาตุของไบโอชาร์ ให้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- กรณีที่ตัวอย่างทดสอบอยู่ในรูปของสารละลาย การตรวจสอบ ให้เป็นไปตาม ISO 11885 หรือ ISO 17294-2 โดยการวิเคราะห์ต้องใช้เทคนิคสเปกโตรมิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำมวล (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry; ICP-MS) หรือเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำ (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry; ICP-OES)
- กรณีที่ตัวอย่างทดสอบอยู่ในรูปของแข็ง การตรวจสอบ ให้เป็นไปตาม ISO 18227 โดยการวิเคราะห์ต้องใช้เทคนิคสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence spectrometry; XRF) ยกเว้น การตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนด 9.2.5

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ g/kg

## 9.2.17 ปริมาณเกลือ (salt content)

การประเมินปริมาณเกลือของไบโอชาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$s = k\sigma$$

เมื่อ

$s$  คือ ปริมาณเกลือของไบโอชาร์

$k$  คือ ค่าคงที่การแปลงของสารละลายที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า

$\sigma$  คือ ค่าการนำไฟฟ้าของไบโอชาร์

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ mg/l

### 9.3 การทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์

ไบโอชาร์สำหรับใช้งานด้านต่าง ๆ ต้องมีคุณลักษณะทางฟิสิกส์ตามที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

#### 9.3.1 ความชื้น ในสภาพที่ได้รับมา (as received water content)

นำตัวอย่างไปทดสอบโดยที่ไม่มีการอบแห้งและการบดเพิ่มเติม แต่กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ต้องบดหยาบให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 3 mm. การตรวจสอบความชื้นของไบโอชาร์ในสภาพที่ได้รับมา ให้เป็นไปตาม ISO 18134-1 โดยอุณหภูมิของตู้อบที่ใช้ทดสอบที่ 105 °C

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวลรวม

#### 9.3.2 ความหนาแน่นรวมที่สภาวะแห้ง (bulk density, dry basis)

นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศเพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว จากนั้นบดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กกว่า 3 mm. แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งมวลเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.2% ของมวลเริ่มต้นของตัวอย่าง ภายในช่วงระยะเวลาการอบ 60 นาที การตรวจสอบความหนาแน่นรวมที่สภาวะแห้งให้เป็นไปตาม ISO 17828 ใช้ปริมาตรตัวอย่างทดสอบอย่างน้อย 300 ml นำตัวอย่างใส่ในภาชนะตวงมาตรฐาน แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นอัดตัวอย่างให้แน่นโดยการปล่อยให้ตกกระแทกจำนวน 10 ครั้ง แล้วอ่านค่าปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง

การประเมินค่าความหนาแน่นรวมที่สภาวะแห้งของไบโอชาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$BD_d = \frac{(m_2 - m_1)}{V}$$

เมื่อ

|        |                                        |
|--------|----------------------------------------|
| $BD_d$ | คือ ความหนาแน่นรวมที่สภาวะแห้ง         |
| $m_2$  | คือ มวลของภาชนะตวงที่บรรจุตัวอย่างแล้ว |
| $m_1$  | คือ มวลของภาชนะตวงที่ว่างเปล่า         |
| $V$    | คือ ปริมาตรสุทธิของตัวอย่างในภาชนะตวง  |

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ g/cm<sup>3</sup>

#### 9.3.3 ปริมาณมวลแห้ง (dry matter)

การประเมินค่าปริมาณมวลแห้งของไบโอชาร์ ให้ประเมินจากสมการ

$$DM = 100\% - WC_{ar}$$

เมื่อ

|           |                                          |
|-----------|------------------------------------------|
| $DM$      | คือ ปริมาณมวลแห้งของไบโอชาร์             |
| $WC_{ar}$ | คือ ความชื้นของไบโอชาร์ในสภาพที่ได้รับมา |

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวลรวม

#### 9.3.4 ความหนาแน่นรวมในสภาพที่ได้รับมา (as received bulk density)

นำตัวอย่างไปทดสอบโดยที่ไม่มีการอบแห้งและการบดเพิ่มเติม การตรวจสอบความหนาแน่นรวมของไบโอชาร์ในสภาพที่ได้รับมา ให้เป็นไปตาม ISO 17828 โดยทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่มีขนาดในช่วง 0.3 mm. ถึง 30 mm.

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ g/cm<sup>3</sup>

#### 9.3.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

การตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ISO 14238 annex A โดยเป็นการวัดปริมาณน้ำสูงสุดที่ไบโอชาร์สามารถกักเก็บได้เมื่อปล่อยให้ดูดซับน้ำเต็มที่ภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ แล้วปล่อยให้บางส่วนเกินไหลออกอย่างอิสระตามแรงโน้มถ่วง ในการทดสอบให้บรรจุตัวอย่างไบโอชาร์ขนาดไม่เกิน 2 mm. ในหลอดทดลองที่ใส่น้ำไว้ จนมีความสูงของตัวอย่างประมาณ 5 – 7 เซนติเมตร แชน้ำไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นให้ปิดปากหลอดทดลองด้วยกระดาษกรองและคว่ำหลอดลงบนทรายแห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อดูดซับน้ำส่วนเกินออก ชั่งน้ำหนักวัสดุในสภาพอุ้มน้ำนี้ จากนั้นนำหลอดทดลองไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C หลังการอบแห้งให้ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างจากความแตกต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการอบแห้ง ตามสมการ

$$w_{water,c} = \frac{m_S - m_T - m_D}{m_D} \times 100$$

เมื่อ

$w_{water,c}$  คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่าง แสดงในหน่วยร้อยละของน้ำหนักแห้ง (%)

$m_S$  คือ น้ำหนักของตัวอย่างรวมกับน้ำหนักของชุดอุปกรณ์ (หลอดทดลองที่ถูกหุ้มด้วยกระดาษกรอง) หลังการแช่น้ำ ในหน่วยกรัม

$m_T$  คือ น้ำหนักของชุดอุปกรณ์ ก่อนบรรจุตัวอย่าง ในหน่วยกรัม

$m_D$  คือ น้ำหนักของตัวอย่างรวมกับน้ำหนักของชุดอุปกรณ์ หลังอบแห้ง ในหน่วยกรัม

การรายงานผลให้ระบุในรูปแบบของ % เศษส่วนโดยมวลแห้ง

#### 9.3.6 พื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area)

นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศเพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว แล้วอบที่อุณหภูมิ 40°C กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ก่อนนำไปอบ ต้องบดให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 3 mm. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นสูงจากการใช้น้ำเพื่อยุติปฏิกิริยาและลดอุณหภูมิของไบโอชาร์หลังสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิส ต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C

อย่างน้อย 3 วัน การตรวจสอบค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม ISO 9277 ใช้ก๊าซไนโตรเจน เป็นก๊าซดูดซับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการขจัดก๊าซ (degassing temperature and time) ควร กำหนดไว้ที่ 150°C และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

การรายงานผลให้ระบุอยู่ในรูปแบบของ  $m^2/g$

#### 9.4 การทดสอบคุณลักษณะด้านความปลอดภัย

ไบโอชาร์สำหรับใช้งานด้านต่าง ๆ ต้องมีคุณลักษณะด้านความปลอดภัยตามที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

##### 9.4.1 การปนเปื้อนโลหะ

การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะของไบโอชาร์ ให้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- (1) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุ กรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลว ให้เตรียมตัวอย่างตาม EBC (2024) โดยใช้ เทคนิคการย่อยด้วยไมโครเวฟ การตรวจสอบ ให้เป็นไปตาม ISO 11885 หรือ ISO 17294-2 โดย วิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำมวล (ICP-MS) หรือเทคนิคสเปกโตร มิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำ (ICP-OES)

**หมายเหตุ** การวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำมวล ควรใช้ช่วงการ ตรวจวัด (measurement range) น้อยกว่า 1 ppt (parts per trillion,  $10^{-12}$ ) ถึง 0.1% สำหรับการ วิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์แบบพลาสมาเหนี่ยวนำควรใช้ช่วงการตรวจวัด ระหว่าง 10 ppb (parts per billion,  $10^{-9}$ ) ถึง 1% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ limit of detection ของวิธี ทดสอบและเครื่องมือวิเคราะห์

- (2) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุ กรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็ง ให้เป็นไปตาม ISO 18227 โดยวิเคราะห์ด้วย เทคนิคสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนซ์

**หมายเหตุ** การวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนซ์ ควรใช้ช่วงการตรวจวัด มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ppm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ limit of detection ของวิธีทดสอบและเครื่องมือ วิเคราะห์

##### 9.4.2 การปนเปื้อนสารอินทรีย์

สำหรับการทดสอบ PAHs (ข้อ (1) - ข้อ (4)) ให้นำตัวอย่างไปผึ่งอากาศเพื่อลดความชื้นบนพื้นผิว แล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 1 วัน กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นสูงจากการใช้น้ำเพื่อยุติปฏิกิริยาและ ลดอุณหภูมิของไบโอชาร์หลังสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิสหรือจากกรณีอื่น ต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 3 วัน จากนั้นบดละเอียดในเครื่องบดแบบสั่น (vibratory mill)

การตรวจสอบการปนเปื้อนสารอินทรีย์ของไบโอชาร์ ให้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

## (1) 16 EPA PAHs

การตรวจสอบ 16 EPA PAHs ของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8270 หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้

**หมายเหตุ** 16 EPA PAHs คือ กลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติกหลายวง (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons หรือ PAHs) จำนวน 16 ชนิด ที่ถูกกำหนดโดยสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency; USEPA) ให้เป็นสารมลพิษที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, Dibenzo[a,h]anthracene, Benzo[g,h,i]perylene

## (2) 8 EFSA PAHs

การตรวจสอบ 8 EFSA PAHs ของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8270 หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้

**หมายเหตุ** 8 EFSA PAHs คือ กลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติกหลายวง จำนวน 8 ชนิด ที่ถูกกำหนดโดยองค์การความปลอดภัยอาหารแห่งยุโรป (European Food Safety Authority; EFSA) ให้เป็นสารมลพิษที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ Benzo[a]pyrene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Dibenzo[a,h]anthracene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, Benzo[ghi]perylene

## (3) เบนโซ[อี]ไพรีน (benzo[e]pyrene)

การตรวจสอบเบนโซ[อี]ไพรีนของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8270 หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้

## (4) เบนโซ[เจ]ฟลูโอแรนทีน (benzo[j]fluoranthene)

การตรวจสอบเบนโซ[เจ]ฟลูโอแรนทีนของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8270 หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้

## (5) โพลีคลอริเนตเตดไบฟีนิล (Polychlorinated Biphenyls; PCBs)

การตรวจสอบโพลีคลอริเนตเตดไบฟีนิลของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8082 หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้

**หมายเหตุ** สามารถดำเนินการทดสอบเฉพาะรุ่นผลิตแรกของการผลิตได้

- (6) โพลีคลอรีเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ไดออกซิน (Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins; PCDDs) และ โพลีคลอรีเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ฟิวแรน (Polychlorinated Dibenzo-p-Furans; PCDFs)

การตรวจสอบโพลีคลอรีเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ไดออกซิน และโพลีคลอรีเนตเต็ดไดเบนโซ-พารา-ฟิวแรน ของไบโอชาร์ ให้เป็นไปตาม USEPA 8290 หรือ USEPA 1613B หรือเทียบเท่า ถือว่ายอมรับได้ การคำนวณต้องใช้วิธีการตาม International Toxic Equivalency (I-TEQ) หรือการวัดค่าความเป็นพิษเทียบเท่าที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก และการทดสอบตัวอย่างให้ดำเนินการในรุ่นผลิตแรกของการผลิต

## 10. การรายงานผลทดสอบ

การรายงานผลการทดสอบ ต้องมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้

### 10.1 ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อและที่อยู่หน่วยงานทดสอบ
- วันเวลาที่ดำเนินการทดสอบ
- สภาพแวดล้อมของการทดสอบ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น

### 10.2 ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบ

- ตราสินค้า (brand) / ตราสัญลักษณ์ (logo)
- รุ่นผลิต
- ชีวมวลที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างทดสอบ

### 10.3 การชักตัวอย่าง และเกณฑ์การตัดสิน

### 10.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

### 10.5 รายงานผลการทดสอบ ดังนี้

- ขนาด การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก
- คุณลักษณะทางเคมี (ดูตารางที่ 1)
- คุณลักษณะทางฟิสิกส์ (ดูตารางที่ 2)
- คุณลักษณะด้านความปลอดภัย (ดูตารางที่ 3 และตารางที่ 4)

**หมายเหตุ** ชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์ ต้องเป็นไปตาม ภาควนก ข.

## ภาคผนวก ก.

## การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

(ข้อ 11)

- ก.1 รุ่งผลิต ในที่นี้ หมายถึง ชุดการผลิตไบโอชาร์ภายใต้เงื่อนไขการผลิตรูปแบบเดียวกัน ได้แก่ ประเภทวัตถุดิบ อัตราส่วนการผสม และอุณหภูมิของการไพโรไลซิส โดยอัตราส่วนผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์ต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน  $\pm 20\%$  และอุณหภูมิของการไพโรไลซิสสูงสุดต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน  $\pm 20\%$  และมีระยะเวลาการผลิตซึ่งรวมถึงการหยุดชะงักของการผลิตที่อาจเกิดขึ้นทั้งหมดไม่เกิน 1 ปี
- ก.2 รุ่งสินค้า ในที่นี้ หมายถึง ไบโอชาร์ชนิดและชั้นคุณภาพเดียวกัน ทำโดยรุ่งผลิตเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกัน
- ก.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- ก.3.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติด้านความปลอดภัย
- ก.3.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างย่อยจากรุ่งผลิตเดียวกันแล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างผสมเพื่อให้เป็นตัวแทนของวัสดุได้อย่างเหมาะสม โดยแบ่งวิธีการสุ่มตามลักษณะของกระบวนการผลิตดังนี้
- ระบบการผลิตไบโอชาร์แบบผลิตต่อเนื่อง (continuous production): ให้ชักตัวอย่างวันละ 8 ชุด ชุดละ 2 ลิตร โดยเว้นระยะห่างอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมงต่อชุด โดยให้เก็บตัวอย่างจากจุดที่วัสดุไบโอชาร์ถูกปล่อยออกมาโดยตรงจากกระบวนการผลิต และเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 3 วันติดต่อกัน นำตัวอย่างย่อยทั้ง 24 ชุด (3 วัน  $\times$  8 ชุดต่อวัน) มาผสมรวมกันและคลุกพลิกกองให้ทั่วถึงเพื่อเป็นตัวอย่างผสม
  - ระบบที่ไม่ใช่กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (non-continuous production): ให้ชักตัวอย่าง 1 ชุด ชุดละ 2 ลิตร จากเตาผลิตไบโอชาร์ทุกเตา เป็นจำนวนอย่างน้อย 24 ชุด นำตัวอย่างย่อยทั้ง 24 ชุด มาผสมรวมกันและคลุกพลิกกองให้ทั่วถึงเพื่อเป็นตัวอย่างผสม
  - ทำการชักตัวอย่างย่อยเพิ่มเติม (sub-samples) จากกองตัวอย่างผสมที่ได้นี้เพื่อเป็นตัวแทนของรุ่งผลิต โดยการชักตัวอย่างจำนวน 15 ชุด ชุดละ 1 ลิตร จากจุดที่ต่างกันภายในกองวัสดุนั้น แล้วรวมเข้าด้วยกันและผสมให้ทั่วถึงเพื่อเป็นตัวแทนของรุ่งผลิต จากนั้นแบ่งตัวอย่างผสมนี้ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน



ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ เครื่องหมายฉลาก

(ข้อ ก.3.2.2)

| ขนาดรุ่นสินค้า<br>(หน่วยภาชนะบรรจุ) | จำนวนตัวอย่างสำหรับสุ่มทดสอบ<br>(หน่วยภาชนะบรรจุ) | จำนวนที่ยอมรับ |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------|
| ไม่เกิน 25                          | 2                                                 | 0              |
| 26 ถึง 50                           | 3                                                 | 0              |
| 51 ถึง 90                           | 5                                                 | 0              |
| 91 ถึง 150                          | 8                                                 | 0              |
| 151 ถึง 280                         | 13                                                | 1              |
| 281 ถึง 500                         | 20                                                | 2              |
| 501 ถึง 1 200                       | 32                                                | 3              |
| 1 201 ถึง 3 200                     | 50                                                | 5              |
| 3 201 ถึง 10 000                    | 80                                                | 6              |
| 10 001 ถึง 35 000                   | 125                                               | 8              |

ก.4 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างไปโอชาร์ต้องเป็นไปตามข้อ ก.3.1.2 และ ก.3.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าไปโอชาร์รุ่นสินค้านั้นเป็นไปตามมาตรฐานศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาตินี้

**ภาคผนวก ข.**  
**รายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตไบโอชาร์**  
 (ข้อแนะนำ)  
 ข้อ 12

ข.1 รายการชีวมวลที่ใช้สำหรับการผลิตไบโอชาร์ ควรเป็นไปดังแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ ข.1 รายการชีวมวลและแหล่งที่มาของชีวมวลที่ใช้สำหรับการผลิตไบโอชาร์**

(ข้อ ข.1)

| กลุ่มที่ | รายการชีวมวล                                                             | แหล่งที่มาของชีวมวล                                                                                                                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | การเกษตร                                                                 | เศษชีวมวลทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตทางการเกษตรส่วนเกินจากตลาด และชีวมวลที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานหรือวัสดุชีวมวลโดยเฉพาะ                                                                  |
| 2        | การจัดการภูมิทัศน์                                                       | เศษชีวมวลจากกิจกรรมจัดการภูมิทัศน์หรือพื้นที่สีเขียว สวนสาธารณะ โดยหน่วยงานภาครัฐ เอกชน หน่วยงานด้านอนุรักษ์ธรรมชาติ หรืออื่นๆ                                                         |
| 3        | การจัดการสวนป่าและวนเกษตร                                                | เศษชีวมวลจากการตัดแต่งไม้และการจัดการแปลงปลูก การตัดสาขาระยะ เปลือกไม้และรากไม้จากการขุดถอน                                                                                            |
| 4        | การจัดการดูแลรักษาสภาพแหล่งน้ำ                                           | ชีวมวลที่ได้จากกิจกรรมดูแลรักษาสภาพแหล่งน้ำและระบบนิเวศทั้งน้ำจืด น้ำทะเลหรือชายฝั่ง เพื่อให้สภาพแหล่งน้ำมีคุณภาพดี ลดการเสื่อมโทรม                                                    |
| 5        | การแปรรูปไม้                                                             | เศษไม้เหลือจากการแปรรูป/ผลิต ผลิตภัณฑ์ไม้เศรษฐกิจที่ผ่านการแปรรูปทางกลและไม่ผ่านการบำบัดทางเคมี                                                                                        |
| 6        | การแปรรูปอาหาร                                                           | เศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปอาหารที่มาจากพืช โดยมีแหล่งที่มาจากภาคอุตสาหกรรมการผลิต ผู้ขายส่ง ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านสะดวกซื้อ หรืออื่นๆ                                                |
| 7        | ขยะเศษอาหาร                                                              | เศษอาหารเหลือทิ้งจากการเตรียมหรือให้บริการด้านอาหารจากห้องครัว ร้านอาหาร ร้านอาหาร หรืออื่นๆ                                                                                           |
| 8        | ปศุสัตว์                                                                 | มูลสัตว์ กระจุก ก้าง                                                                                                                                                                   |
| 9        | ของเสียชีวมวลจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม                                  | ของเสียชีวมวลที่มีแหล่งที่มาชัดเจนจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมและไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีอันตรายหรือสิ่งสังเคราะห์ที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ                                              |
| 10       | ของเสียชีวมวลจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion) | กากหมัก (digestate) หรือของเสียชีวมวลจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่ต้องมีแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนและไม่ปนเปื้อนสารอันตราย ครอบคลุมการหมักของเสียจากพืช อาหาร มูลสัตว์ หรืออื่นๆ |

| กลุ่มที่ | รายการชีวมวล                      | แหล่งที่มาของชีวมวล                                                                                                                                   |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11       | ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge) | ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge) ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหรือระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ที่ต้องมีแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนและไม่ปนเปื้อนสารอันตราย |

ข.2 รายการชีวมวลสำหรับใช้ในการผลิตไบโอชาร์แต่ละชั้นคุณภาพ ควรเป็นไปดังแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ ข.2 รายการชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์แต่ละชั้นคุณภาพ**

(ข้อ ข.2)

| รายการชีวมวล                                                                              | การใช้งานในดิน |    |    | การใช้งานที่ไม่เกี่ยวกับดิน |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|----|-----------------------------|----|
|                                                                                           | ชั้นคุณภาพ     |    |    | ชั้นคุณภาพ                  |    |
|                                                                                           | ก.             | ข. | ค. | ง.                          | จ. |
| การเกษตร <sup>1,2</sup>                                                                   | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| การจัดการภูมิทัศน์ <sup>2,3,4</sup>                                                       | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| การจัดการสวนป่าและวนเกษตร <sup>5</sup>                                                    | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| การจัดการดูแลรักษาสภาพแหล่งน้ำ <sup>2,3,4</sup>                                           | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| การแปรรูปไม้ <sup>6,7</sup>                                                               | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| การแปรรูปอาหาร <sup>3,4,7</sup>                                                           | ✓              | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| ขยะเศษอาหาร <sup>3,4</sup>                                                                |                | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| ปศุสัตว์ <sup>9,7</sup>                                                                   |                | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| ของเสียชีวมวลจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion) <sup>4,9,7</sup> |                | ✓  | ✓  | ✓                           | ✓  |
| ของเสียชีวมวลจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม <sup>4,7,8,11</sup>                               |                |    | ✓  | ✓                           | ✓  |
| ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge) <sup>7,10,11</sup>                                      |                |    |    |                             | ✓  |

**หมายเหตุ 1** สำหรับชั้นคุณภาพ ก. ชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตไบโอชาร์ต้องมาจากการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์เท่านั้น

**หมายเหตุ 2** ควรหลีกเลี่ยงการใช้เศษชีวมวลจากพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนโลหะหนัก เพื่อป้องกันการสะสมโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์และลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารเมื่อนำไปใช้ที่ดิน ควรพิจารณาถึงความเสี่ยงของการปนเปื้อนโลหะหนักที่อาจเกิดขึ้นจากการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบนชีวมวล

- หมายเหตุ 3** การปนเปื้อนดินหรือทรายต้องไม่เกิน 10% dry matter และควรตรวจสอบการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บรวบรวมเศษชีวมวลอย่างเคร่งครัด
- หมายเหตุ 4** การปนเปื้อนพลาสติก ยาง ต้องไม่เกิน 1% สำหรับชั้นคุณภาพ ก. ข. และ ค. และไม่เกิน 10% สำหรับชั้นคุณภาพ ง. และ จ.
- หมายเหตุ 5** ชีวมวลที่นำมาผลิตไบโอชาร์ต้องมาจากไม้ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้ฉลาก FSC (Forest Stewardship Council) หรือ PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) หรือสอดคล้องกับมาตรฐานของสำนักงานการรับรองไม้เศรษฐกิจไทย (Thailand Forest Certification Council: TFCC) หรือการรับรอง/ขึ้นทะเบียน/ฉลากอื่น ๆ ที่สามารถทวนสอบความยั่งยืนได้ และการปนเปื้อนพลาสติก สารยึดเกาะสังเคราะห์ (synthetic binders) และสารเคลือบ (coatings) ต้องไม่เกิน 1% สำหรับชั้นคุณภาพ ก. ข. และ ค. และไม่เกิน 10% สำหรับชั้นคุณภาพ ง. และ จ.
- หมายเหตุ 6** ชีวมวลที่นำมาผลิตไบโอชาร์ต้องมาจากโรงงานแปรรูปไม้ที่ได้รับการอนุญาตตั้งโรงงานจากกรมป่าไม้ หรือหน่วยงานกำกับดูแลอื่นที่มีอำนาจหน้าที่ และการปนเปื้อนพลาสติก สารยึดเกาะสังเคราะห์ (synthetic binders) และสารเคลือบ (coatings) ต้องไม่เกิน 1% สำหรับชั้นคุณภาพ ก. ข. และ ค. และไม่เกิน 10% สำหรับชั้นคุณภาพ ง. และ จ.
- หมายเหตุ 7** รายการขยะชีวมวลต้องได้รับการอนุญาตเป็นรายการนี้ไป และต้องเป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานด้านการจัดการกากของเสีย สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว ที่ประกาศ (ใช้ หรือ บังคับใช้) ภายใต้กรมโรงงานอุตสาหกรรม และหน่วยงานกำกับดูแลอื่นที่มีอำนาจหน้าที่
- หมายเหตุ 8** ของเสียชีวมวลที่มาจากขยะอินทรีย์ชุมชน ระหว่างการไพโรไลซิส ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 500 °C ไม่น้อยกว่า 3 นาที เพื่อกำจัดอันตรายทางชีวภาพ จุลินทรีย์ และสารปนเปื้อนขนาดเล็ก (biological hazards and micropollutants)
- หมายเหตุ 9** ไบโอชาร์ที่ผลิตจากของเสียชีวมวลที่มาจากปศุสัตว์ ต้องมีอัตราส่วนโดยโมล  $H/C_{org}$  น้อยกว่า 0.4 เพื่อกำจัดอันตรายทางชีวภาพ และสารปนเปื้อนขนาดเล็ก (biological hazards and micropollutants) การจัดการขนย้าย หรือจัดเก็บของเสียชีวมวลที่มาจากปศุสัตว์ ต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบเกี่ยวกับการจัดการผลิตภัณฑ์จากปศุสัตว์
- หมายเหตุ 10** ไบโอชาร์ที่ผลิตจากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องมีอัตราส่วนโดยโมล  $H/C_{org}$  น้อยกว่า 0.4 เพื่อกำจัดอันตรายทางชีวภาพและสารปนเปื้อนขนาดเล็ก (biological hazards and micropollutants)
- หมายเหตุ 11** ควรมีการกำหนดเพิ่มเติมให้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ ไดออกซิน/ฟิวแรน (PCDD/F) และ โลหะหนัก ในตัวอย่างไบโอชาร์ที่ขึ้น หากเห็นว่าจำเป็น อาทิ ความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของคลอรีนหรือโลหะหนักสูงในวัตถุดิบชีวมวลที่นำมาผลิตไบโอชาร์

### ข.3 การควบคุมคุณภาพของรายการชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์

หากไม่มีการกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น การควบคุมคุณภาพของรายการชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตไบโอชาร์ให้ผู้ผลิตดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- ข.3.1 ทำให้มั่นใจว่ามีการใช้ชีวมวลในการผลิตไบโอชาร์อย่างเหมาะสม
- ข.3.2 มีขั้นตอนการดำเนินงานและเก็บรักษابันทึกร่างต่าง ๆ เกี่ยวกับ
- (ก) การกำหนด การทบทวน และการอนุมัติความต้องการชีวมวลสำหรับการผลิตไบโอชาร์จากภายนอก
  - (ข) การกำหนดเกณฑ์การประเมิน การคัดเลือก และการเฝ้าระวังประสิทธิภาพของผู้ให้บริการจากภายนอก (supplier) รวมทั้งการประเมินใหม่
  - (ค) การมั่นใจได้ว่าชีวมวลจากภายนอก เป็นไปตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ หรือเป็นไปตามข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของมาตรฐานนี้ ก่อนนำไปใช้หรือส่งต่อโดยตรงให้แก่ลูกค้า
  - (ง) การดำเนินการใด ๆ ตามผลการประเมิน การเฝ้าระวังประสิทธิภาพ และการประเมินผู้ให้บริการจากภายนอกใหม่
- ข.3.3 สื่อสารความต้องการต่าง ๆ ให้ผู้ให้บริการจากภายนอกทราบเกี่ยวกับ
- (ก) ชีวมวลที่จะให้ส่งมอบ
  - (ข) เกณฑ์การยอมรับ (Acceptance criteria)

## ภาคผนวก ค.

## ข้อมูลคุณสมบัติเตาผลิตไบโอชาร์ที่เหมาะสม

(ข้อมูล)

การผลิตไบโอชาร์เป็นกระบวนการที่ช่วยกักเก็บคาร์บอนที่อยู่ในวัสดุชีวมวลให้ถูกเก็บรักษาไว้ในรูปของ "แหล่งสะสมคาร์บอน" ระยะยาวได้ แต่ในขณะเดียวกัน กระบวนการเผาด้วยไฟโรไลซิสหรือแก๊สซิฟิเคชันมักก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ รวมถึงการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายและก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง หากไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และระบบนิเวศได้ นอกจากนี้ ประสิทธิภาพด้านพลังงานของเตาเผาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของกระบวนการผลิตไบโอชาร์ ด้วยเหตุนี้ คุณสมบัติของเตาเผาจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้มั่นใจว่าไบโอชาร์ถูกผลิตด้วยกระบวนการที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงในเชิงพลังงาน ซึ่งช่วยสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมไบโอชาร์ให้เติบโตอย่างยั่งยืน

กระบวนการผลิตไบโอชาร์ที่ได้คุณภาพ มีความปลอดภัย ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศต่ำ และมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง มีลักษณะดังต่อไปนี้

- การประกอบกิจการการผลิตไบโอชาร์ ในกรณีเข้าข่ายเป็นโรงงาน ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และการประกอบกิจการการผลิตไบโอชาร์
- ในกรณีไม่เข้าข่ายเป็นโรงงาน ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม และประกาศสาธารณสุข เรื่อง กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ภายใต้กลุ่มกิจการที่เกี่ยวกับไม้ กิจการการผลิตถ่านหรือสะสมถ่าน โดยให้ดำเนินการตามคู่มือแนวทางการควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข หรือให้ดำเนินการตามข้อบัญญัติท้องถิ่นเกี่ยวกับการควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่กิจการผลิตไบโอชาร์ตั้งอยู่ ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน
- มีมาตรการป้องกันและควบคุมการปลดปล่อยควัน ฝุ่นจากการเผา ควบคุมมลพิษอากาศที่เป็นไปตามกฎหมายในการควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และกฎหมายโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการ
- ในกรณีการประกอบกิจการการผลิตไบโอชาร์ที่ไม่เข้าข่ายเป็นโรงงาน เตาผลิตไบโอชาร์ควรมีการติดตั้งระบบบำบัดควัน/ฝุ่น เพื่อช่วยลดมลพิษทางอากาศ ไม่สร้างภาระทางสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติม ค่ามลพิษทางอากาศที่ปล่อยทิ้งจากเตาผลิตไบโอชาร์ควรมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมของกรมควบคุมมลพิษหรือหน่วยงานที่มี

อำนาจหน้าที่กำกับดูแลกิจการ หากยังไม่มีประกาศกำหนดเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาผลิตไบโอชาร์ที่ชัดเจน สามารถใช้เกณฑ์ที่แนะนำดังตารางที่ ค.1 ในมาตรฐานนี้

### ตารางที่ ค.1 ค่าแนะนำสำหรับเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาผลิตไบโอชาร์

(ข้อ ค.1)

| คุณลักษณะของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง                                         | ค่าเกณฑ์ควบคุมมลพิษอากาศ                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ความทึบแสงของเขม่าควัน <sup>1</sup>                                       | ไม่เกิน 7%                                                  |
| ฝุ่นละออง <sup>2</sup>                                                    | ไม่เกิน 120 mg/m <sup>3</sup>                               |
| ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>                     | ไม่เกิน 60 ppm                                              |
| ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO <sub>x</sub> as NO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> | ไม่เกิน 200 ppm                                             |
| ก๊าซมีเทน (CH <sub>4</sub> ) ที่ปล่อยต่อไบโอชาร์แห้งที่ผลิต <sup>3</sup>  | รายงานผลตรวจสอบ ในหน่วย kg CH <sub>4</sub> /ตันไบโอชาร์แห้ง |

**หมายเหตุ 1** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องเตาเผาศพ

**หมายเหตุ 2** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่ (สำหรับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง)

**หมายเหตุ 3** การควบคุมการปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการผลิตไบโอชาร์มีความจำเป็นเพื่อประเมินผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนสูง หากปล่อยในปริมาณมากอาจลดศักยภาพสำหรับการชดเชยและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไบโอชาร์

- มีการตรวจวัดและรายงานการปล่อยมลพิษอากาศจากปล่องของเตาผลิตไบโอชาร์ตามมาตรฐานมลพิษอากาศที่ใช้กำกับดูแลกิจการ การตรวจวัดและรายงานค่ามลพิษจากการผลิตไบโอชาร์ควรดำเนินการทุกรอบการผลิตหรือน้อยกว่ารอบการผลิตแรกของการผลิตไบโอชาร์ พารามิเตอร์ที่ควรตรวจวัดและรายงานประกอบด้วย ความทึบแสงหรือฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซสารประกอบอินทรีย์ (gaseous organic compound) การตรวจวัดให้ดำเนินการตามวิธีการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียที่ระบุไว้ใน คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสีย ของกรมควบคุมมลพิษ หรือแนวทางปฏิบัติตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ค่าความทึบแสงของเขม่าควันด้วยสายตาควรดำเนินการตรวจวัดโดยผู้ที่ผ่านการอบรมตามแนวทางของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งการตรวจวัดค่าความทึบแสงเป็นวิธีมาตรฐานสากลในการควบคุมมลพิษจากการเผาไหม้ แต่เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการผลิตไบโอชาร์ที่ไม่เข้าข่ายเป็นโรงงานของไทย จึงได้ใช้เกณฑ์ค่าความทึบแสงจากเตาเผาศพซึ่งมีผลบังคับใช้

แล้วและมีลักษณะการเผาไหม้ที่คล้ายกันโดยเฉพาะการมีควันปริมาณมากในช่วงแรกของการเผา ซึ่งมีระยะเวลาในการตรวจวัดค่าความทึบแสงเฉลี่ยที่ 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา

- มีการตรวจวัดและรายงานอุณหภูมิของเตาไพโรไลซิส ในระหว่างการผลิตไบโอชาร์เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการผลิตไบโอชาร์ให้สม่ำเสมอ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผา และลดปัญหามลพิษทางอากาศ
- มีการนำก๊าซที่ได้จากการเผาหรือความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อลดการปล่อยมีเทน และก๊าซสารประกอบอินทรีย์ (gaseous organic compound) และควรมีการประเมินและรายงานประสิทธิภาพด้านความร้อนของกระบวนการผลิตไบโอชาร์
- มีการควบคุมกระบวนการเผาให้เหมาะสมเพื่อลดการสะสมของสารอินทรีย์ตกค้าง (เช่น PAHs สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds หรือ VOCs) สารทาร์ (Tar) ในไบโอชาร์ โดยทำการควบคุมการเผาภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดเพื่อช่วยให้เกิดการไพโรไลซิสได้อย่างสมบูรณ์ มีการควบคุมและจัดการก๊าซที่เกิดจากไพโรไลซิสไม่ให้ย้อนกลับมาควบแน่นหรือเกาะลงบนไบโอชาร์ ซึ่งจะช่วยลดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ตกค้างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการใช้งานได้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้เตาเผาที่ไม่สามารถควบคุมอากาศ/ออกซิเจนและอุณหภูมิของการเผาได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้เกิดการไพโรไลซิสที่ไม่สมบูรณ์ เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดสารอินทรีย์ตกค้างในไบโอชาร์ได้
- มีการควบคุมความชื้นของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของกระบวนการไพโรไลซิส ความชื้นที่สูงส่งผลให้เกิดควัน/กลิ่นไม่พึงประสงค์จากกระบวนการผลิต ควรมีแนวทางการลดความชื้นของวัตถุดิบอย่างเป็นระบบ (เช่น การตากแดด (air drying) การอบด้วยลมร้อน) และควรจัดเก็บวัตถุดิบในที่แห้งและมีการระบายอากาศที่ดีเพื่อป้องกันการดูดซับความชื้นซ้ำ
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันเครื่องที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นเชื้อเพลิงในเตาผลิตไบโอชาร์ เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารเติมแต่งที่เป็นพิษ ซึ่งเมื่อเผาไหม้จะก่อให้เกิดความเสี่ยงของมลพิษทางอากาศสูง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษในสิ่งแวดล้อมได้ และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณลักษณะด้านความปลอดภัยที่ระบุในมาตรฐานนี้