ICS 83.140
CCS G 85

T/CS

团 体 标 准

T/CS 602—2026

微生物改性木质素-胶原蛋白复合膜

Microbially Modified Lignin–Collagen Composite Film

2026－11－06 发布 2026－11－06 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 2
4 原料要求 2
4.1 胶原蛋白 2
4.2 木质素原料 2
4.3 微生物菌株 2
4.4 助剂 2
4.5 水 2
5 技术要求 2
5.1 外观 2
5.2 尺寸偏差 3
5.3 物理力学性能 3
5.4 阻隔性能 3
5.5 表面性能 3
5.6 抗氧化性能 3
5.7 抗菌性能 3
5.8 生物降解性能 3
5.9 安全性指标 3
5.10 耐老化性能 4
6 试验方法 4
6.1 试样状态调节和试验环境 4
6.2 外观检验 4
6.3 尺寸偏差测定 4
6.4 物理力学性能测定 4
6.5 阻隔性能测定 4
6.6 表面性能测定 4
6.7 抗氧化性能测定 4
6.8 抗菌性能测定 5
6.9 生物降解性能测定 5
6.10 安全性指标测定 5
6.11 耐老化性能测定 5
7 检验规则 5
7.1 检验分类 5

7.2 出厂检验 5
7.3 型式检验 5
7.4 判定规则 5
8 标志、包装、运输与贮存 6
8.1 标志 6
8.2 包装 6
8.3 运输 6
8.4 贮存 6
附录 A （资料性） 制备工艺 7
A.1 微生物改性木质素制备 7
A.2 复合膜制备 7
A.3 工艺卫生要求 7

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国商品学会标准管理委员会提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：广西神冠胶原生物集团有限公司、华中科技大学、广西大学、武昌首义学院、陕西理工大学、中国农业大学。

本文件主要起草人：周亚仙、谢尚县、刘小玲、孙素、莫运喜、沙俊奇、梁运贤、刘全、王洪亮。

本文件首次发布。

微生物改性木质素-胶原蛋白复合膜

1 范围

本文件规定了微生物改性木质素-胶原蛋白复合膜的原料要求、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于以胶原蛋白和经食用/药用真菌改性的木质素为主要原料制备的可生物降解复合膜，主要用于食品接触包装、可降解包装等领域。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1037 塑料薄膜与薄片水蒸气透过性能测定 杯式增重与减重法

GB/T 1038.1 塑料制品 薄膜和薄片 气体透过性试验方法 第1部分：差压法

GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境

GB 4789.2 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定

GB 4789.4 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验

GB 4789.10 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验

GB 4806.7 食品安全国家标准 食品接触用塑料材料及制品

GB 5009.5 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 6672 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法

GB/T 6673 塑料薄膜和薄片 长度和宽度的测定

GB/T 8808 软质复合塑料材料剥离试验方法

GB/T 8809 塑料薄膜抗摆锤冲击试验方法

GB 9685 食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准

GB/T 16422.3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分：荧光紫外灯

GB/T 31402 塑料和其他无孔材料表面抗菌活性的测定

GB 31603 食品安全国家标准 食品接触材料及制品生产通用卫生规范

GB 31604.24 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 镉迁移量的测定

GB 31604.25 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 铬迁移量的测定

GB 31604.34 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 铅的测定和迁移量的测定

GB 31604.60 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 溶剂残留量的测定

QB/T 1130 塑料直角撕裂性能试验方法

ISO 14855-1 composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 1: General method（在控制堆肥条件下测定塑料材料的最终需氧生物降解性-通过分析二氧化碳进行分析的方法-第1部分:通用方法）

ISO 17556 Plastics — Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved（塑料-测量土壤中塑料材料的最终好氧生物降解性 通过测量呼吸计中的氧需求或二氧化碳的含量）

ISO 24196 Lignins-Determination of lignin content in kraft lignin,soda lignin and hydrolysis lignin（木质素-硫酸盐木质素、苏打木质素和水解木质素中木质素含量的测定）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微生物改性木质素 microbially modified lignin

以秸秆、草、树木等生物质为原料，经碱预处理得到富含木质素的复合物，再通过食用或药用真菌发酵改性，降解部分复杂大分子形成的具有较高反应活性和功能特性的木质素产物。

3.2

胶原蛋白 collagen

动物结缔组织中的主要结构蛋白，由三条α-多肽链构成特有的三螺旋结构，广泛存在于皮、骨、肌腱等组织中。

3.3

拉伸强度 tensile strength

在拉伸试验中，复合膜试样断裂前所能承受的最大拉伸应力。

3.4

断裂伸长率 elongation at break

在拉伸试验中，复合膜试样断裂时的总伸长长度与原始长度的百分比。

3.5

生物降解率 biodegradation rate

复合膜在特定环境条件下，经微生物作用分解的质量占初始质量的百分比。

4 原料要求

4.1 胶原蛋白

4.1.1 来源：应来自健康动物组织，符合相关食品安全标准要求。

4.1.2 纯度：蛋白质含量（以干基计）≥90%，采用 GB 5009.5 相关方法测定，换算系数为 5.79。

4.1.3 分子量分布：原料应保留胶原蛋白典型的三螺旋空间结构，可采用圆二色谱法、红外光谱法或 SDS-PAGE 电泳法进行鉴别。

4.2 木质素原料

4.2.1 来源：应来自秸秆、草、树木等可再生生物质资源，无霉变、无异味、无污染物残留。

4.2.2 木质素含量：提纯后木质素原料木质素干基含量≥60%；原始生物质秸秆/木材原料不作含量强制要求，采用 ISO 24196 的相关方法进行测定。

4.3 微生物菌株

4.3.1 种类：应选用符合 GB 9685 或其他国家允许在食品、食品接触材料中使用的食用或药用真菌，包括但不限于小克银汉霉科、灵芝科、侧耳科、裂褶菌科、炭角菌科菌株。

4.3.2 安全性：菌株应无致病性，符合食品级或药用级标准要求，经鉴定确认菌株种类。

4.4 助剂

应符合 GB 9685 的相关要求，如使用其他助剂，应符合相关国家标准或行业标准要求，且不影响复合膜的生物降解性和安全性。

4.5 水

制备过程中使用的水应符合GB 5749的相关要求。

5 技术要求

5.1 外观

5.1.1 复合膜表面应平整、均匀、无气泡、无裂纹、无明显杂质和色差，边缘整齐。
5.1.2 复合膜应为半透明或微黄色，颜色均匀一致，无明显分层现象。

5.2 尺寸偏差

5.2.1 厚度：复合膜厚度应符合合同约定，厚度偏差为±0.02 mm，采用 GB/T 6672 规定的方法测定。
5.2.2 长度和宽度：长度和宽度偏差为±2.0%，采用 GB/T 6673 规定的方法测定。

5.3 物理力学性能

复合膜的物理力学性能应符合表1的规定。

表 1 物理力学性能

项目	指标要求	试验方法
拉伸强度（MPa） ≥	6.0	GB/T 1040.3
断裂伸长率（%） ≥	30	GB/T 1040.3
直角撕裂强度（kN/m） ≥	35	QB/T 1130
抗摆锤冲击强度（kJ/m²） ≥	2.5	GB/T 8809
剥离强度（N/15 mm） ≥	1.5	GB/T 8808

5.4 阻隔性能

5.4.1 氧气透过率[cm³/（m² • 24 h • Pa）]≤500，采用 GB/T 1038.1 规定的方法测定。
5.4.2 水蒸气透过率[g/（m² • 24 h）]≤150，采用 GB/T 1037 规定的方法测定。

5.5 表面性能

水接触角≥60°，采用GB/T 30693规定的方法测定，取10 μL超纯水滴于膜表面，读取两侧角度平均值。

5.6 抗氧化性能

ABTS+自由基清除率≥35%，采用ABTS法测定，取0.2 g膜样品置于ABTS溶液中避光孵育6 min，用紫外-可见分光光度计测定吸光度，以抗坏血酸溶液（70 μg/mL）为阳性对照，按公式（1）计算清除率。

$$清除率 = （A_0 - A_1）/A_0 \times 100\% \cdots\cdots （1）$$

式中：

A_0——对照组吸光度值；

A_1——试验组吸光度值。

5.7 抗菌性能

对大肠杆菌（*Escherichia coli*）和金黄色葡萄球菌（*Staphylococcus aureus*）的抑菌率≥90%，采用GB/T 31402规定的方法测定。

5.8 生物降解性能

5.8.1 堆肥条件下：180 天生物降解率≥90%，按 ISO 14855-1 规定的受控堆肥条件下二氧化碳释放法测定。
5.8.2 土壤条件下：12 个月生物降解率≥80%，按 ISO 17556 规定的呼吸计量法（CO_2释放量或 BOD）测定生物降解率，试验介质为 pH 6.0～8.0 的标准壤土，试验温度为 25 ℃±2 ℃。

5.9 安全性指标

复合膜的安全性指标应符合表2的规定。

表 2　安全性指标

项目	限量	检验方法
铅迁移量（mg/kg）	1.0	GB 31604.34
镉迁移量（mg/kg）	0.5	GB 31604.24
铬迁移量（mg/kg）	0.5	GB 31604.25
菌落总数（CFU/g）	3000	GB 4789.2
沙门氏菌	不得检出/25g	GB 4789.4
金黄色葡萄球菌	n=5，c=1，m=100 CFU/g，M=1000 CFU/g	GB 4789.10
溶剂残留量（mg/m²）	5.0	GB 31604.60
注：n为同一批次采集样品件数，c为允许超出m值最大样品数，m为可接受限量，M为最高安全限量。		

5.10　耐老化性能

经紫外加速老化试验（GB/T 16422.3）处理2000小时后，复合膜的拉伸强度保留率≥70%，断裂伸长率保留率≥60%。

6　试验方法

6.1　试样状态调节和试验环境

所有试样在试验前应按照GB/T 2918的规定进行状态调节，调节环境为温度23 ℃±2 ℃、相对湿度50%±5%，调节时间不少于24 h，试验应在相同环境下进行。

6.2　外观检验

在自然光下，距离试样50 cm处目测观察复合膜的表面状态、颜色和边缘情况，记录是否符合6.1的要求。

6.3　尺寸偏差测定

6.3.1　厚度测定：按照 GB/T 6672 的规定，使用精度为 0.001 mm 的厚度计，在复合膜上均匀选取 10 个测量点，每个点测量 3 次，取平均值作为该点厚度，计算 10 个点的平均厚度及偏差。

6.3.2　长度和宽度测定：按照 GB/T 6673 的规定，使用精度为 1 mm 的卷尺，在复合膜的不同位置测量 3 次长度和宽度，取平均值及偏差。

6.4　物理力学性能测定

6.4.1　拉伸强度和断裂伸长率：按照 GB/T 1040.3 的规定，采用万能材料试验机，试样类型为Ⅰ型，拉伸速度为 50 mm/min，每个方向选取 5 个试样，取平均值。

6.4.2　直角撕裂强度：按照 QB/T 1130 的规定，采用撕裂强度试验机，每个方向选取 5 个试样，取平均值。

6.4.3　抗摆锤冲击强度：按照 GB/T 8809 的规定，采用摆锤冲击试验机，选取合适的摆锤能量，每个方向选取 5 个试样，取平均值。

6.4.4　剥离强度：按照 GB/T 8808 的规定，采用剥离强度试验机，剥离速度为 300 mm/min，每个样品选取 5 个试样，取平均值。

6.5　阻隔性能测定

6.5.1　氧气透过率：按照 GB/T 1038.1 的规定，采用差压法气体透过率测定仪，在温度 23 ℃±2 ℃、相对湿度 50%±5%的条件下测定，每个样品测试 3 次，取平均值。

6.5.2　水蒸气透过率：按照 GB/T 1037 的规定，采用杯式法水蒸气透过率测定仪，在温度 38 ℃±2 ℃、相对湿度 90%±5%的条件下测定，每个样品测试 3 次，取平均值。

6.6　表面性能测定

使用接触角测量仪，在23 ℃±2 ℃条件下，将10 μL超纯水缓慢滴于复合膜表面，水滴接触膜面10 s内读取水滴两侧的接触角数值，每个样品选取5个不同位置测试，取平均值。试验操作按GB/T 30693的规定执行。

6.7　抗氧化性能测定

按照6.6规定的ABTS法操作，准备ABTS工作液，将0.2 g复合膜样品剪成细小碎片，加入5 mL ABTS工作液，避光孵育6 min后，以未加样品的ABTS工作液为对照，用紫外-可见分光光度计测定吸光度，计算清除率，每个样品测试3次，取平均值。

6.8 抗菌性能测定

按照GB/T 31402的相关要求进行测定。

6.9 生物降解性能测定

6.9.1 堆肥条件下生物降解率：按照 ISO 14855-1 的规定，将复合膜样品与堆肥基质混合，装入密闭呼吸计，连续监测 180 天内 CO_2的释放量，计算生物降解率。

6.9.2 土壤条件下生物降解率：按照 ISO 17556 的规定，制备 pH 6.0～8.0 的标准壤土介质，将复合膜样品埋入土壤中，在 25 ℃±2 ℃条件下培养 12 个月，定期测定样品的失重率，计算生物降解率。

6.10 安全性指标测定

6.10.1 迁移量指标：铅、镉、铬迁移量分别按 GB 31604.34、GB 31604.24、GB 31604.25 测定。

6.10.2 微生物指标：菌落总数按 GB 4789.2；沙门氏菌按 GB 4789.4；金黄色葡萄球菌按 GB 4789.10 测定。

6.10.3 溶剂残留量：按照 GB 31604.60 的规定，采用气相色谱法测定。

6.11 耐老化性能测定

按照GB/T 16422.3的规定，将复合膜试样放入紫外老化箱，采用UVA-340灯管，辐照强度0.76 W/(m² • nm)，在温度60 ℃±3 ℃、相对湿度50%±5%的条件下进行2000小时加速老化试验，试验结束后测定试样的拉伸强度和断裂伸长率，计算保留率。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 每批产品应进行出厂检验，检验合格后方可出厂，并附产品质量检验合格证明。

7.2.2 出厂检验项目包括：外观、尺寸偏差、拉伸强度、断裂伸长率、菌落总数。

7.2.3 抽样方案：按照 GB/T 2828.1 的规定。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
b) 原料、工艺发生重大变化，可能影响产品质量时；
c) 连续生产满 12 个月时；
d) 产品停产 3 个月以上恢复生产时；
e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
f) 国家市场监督管理部门或归口单位提出型式检验要求时。

7.3.2 型式检验项目包括本文件第 6 章规定的全部技术要求。

7.3.3 抽样方案：从每批产品中随机抽取 3 卷/张作为样本，从每个样本中截取足够数量的试样进行全部项目检验。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验：所检项目全部符合本文件要求时，判定该批产品合格；若有不合格项目，应加倍抽样对不合格项目进行复检，复检合格则判定该批产品合格，复检仍不合格则判定该批产品不合格。

7.4.2 型式检验：所检项目全部符合本文件要求时，判定该批产品合格；若有任何一项不合格，应重新抽取双倍样本进行复检，复检合格则判定该批产品合格，复检仍不合格则判定该批产品不合格。

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

8.1.1 产品包装上应清晰标注下列信息：

a) 产品名称；
b) 生产企业名称、地址、联系方式；
c) 产品规格（厚度、宽度、长度）；
d) 生产日期、批号；
e) 贮存期；
f) 贮存条件；
g) “可生物降解”“食品接触用”（若适用）等专用标志；
h) 包装储运图示标志（符合 GB/T 191 的规定）。

8.1.2 产品合格证上应标注检验员代号、检验日期和合格标志。

8.2 包装

8.2.1 复合膜产品应采用洁净、干燥、无异味、符合食品卫生要求的包装材料（如聚乙烯薄膜袋、纸箱）进行包装，防止运输和贮存过程中受到污染、潮湿和损坏。

8.2.2 卷材产品应采用纸芯或塑料芯支撑，外层缠绕聚乙烯防潮膜或防水纸，装入纸箱中，箱内应有缓冲材料固定；片材产品应整齐叠放，每层之间可垫衬防潮纸，装入纸箱中。

8.3 运输

8.3.1 运输工具应清洁、干燥、无异味，避免与有毒、有害、有异味的物品混运。

8.3.2 运输过程中应轻装轻卸，防止碰撞、挤压、日晒、雨淋和受潮，避免尖锐物体划伤产品。

8.3.3 运输温度应控制在 5 ℃～35 ℃，相对湿度不超过 75%，运输时间超过 7 天时应采取防潮措施。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在清洁、干燥、通风、阴凉的库房内，远离火源、热源和有腐蚀性的物质，避免日晒、雨淋和受潮。

8.4.2 产品贮存期自生产日期起为 12 个月，逾期应重新检验，合格后方可使用。

附 录 A
（资料性）
制备工艺

A.1 微生物改性木质素制备

A.1.1 碱预处理：将生物质原料粉碎至粒径≤1 mm，加入质量浓度为5%～15%的碱溶液，固液比1:10～1:20（m/v），在60 ℃～80 ℃条件下搅拌处理2 h～4 h，离心去除沉淀，得到富含木质素的复合物溶液，经121 ℃、0.1 MPa高压蒸汽灭菌20 min。

A.1.2 真菌培养：向灭菌后的富含木质素复合物溶液中接入活化后的真菌菌株，接种量为5%～10%（v/v），在25 ℃～30 ℃、pH 5.5～7.5条件下静置培养3～10天，培养结束后离心去除沉淀，取上清液即为微生物改性木质素溶液。

A.1.3 质量控制：微生物改性木质素溶液中固形物含量应≥20 g/L，其中木质素含量≥60%（以固形物干基计）。

A.2 复合膜制备

A.2.1 胶原蛋白溶胀：将胶原蛋白加入水中，在40 ℃～50 ℃条件下搅拌溶胀2 h～4 h，配制成质量浓度为5%～10%的胶原蛋白溶液，调节pH至7.0～8.0。

A.2.2 混合：将微生物改性木质素溶液加入胶原蛋白溶液中，搅拌混合30 min～60 min，胶原蛋白与改性木质素上清液中固形物的质量比为 1∶1～5∶1；加入甘油作为增塑剂，甘油质量为胶原蛋白与改性木质素固形物质量总和的10%～20%，继续搅拌15 min～30 min至混合均匀。

A.2.3 成型与干燥：应在符合GB 31603 要求的清洁作业区内，将混合溶液在洁净的模具中成型为膜状，控制厚度均匀；在40 ℃～60 ℃、相对湿度30%～50% 的条件下干燥8 h～12 h，得到复合膜坯料。

A.2.4 后处理：将干燥后的复合膜坯料进行裁剪、修边，去除边缘不规则部分，得到成品复合膜。

A.3 工艺卫生要求

生产过程工艺卫生应符合 GB 31603 的要求。