

ICS 67.020  
CCS X09

T/ZPP  
团 标 准

T/ZPP XXXX—2025

# 植物源可溶性膳食纤维绿色提取工艺规范

Green Extraction Process Specification for Plant-Based Soluble Dietary Fiber

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

浙江省品牌建设促进会 发布

## 目 次

前言 .....	11
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 原料要求 .....	2
5 绿色提取工艺 .....	4
6 关键技术参数 .....	7
7 绿色评价指标 .....	10
8 质量控制及安全环保要求 .....	11

## 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。

本文件由唐山市食品药品综合检验检测中心提出。

本文件由浙江省品牌建设促进会归口。

本文件起草单位：唐山市食品药品综合检验检测中心、河北乐檬生物科技有限公司、河北新希望天香乳业有限公司。

本文件主要起草人：王磊、梁珈语、李金璐、闫艳华、曹慧慧、林田、薄会娜、杨硕、杜瑞焕、霍路曼、李淼、王妙姝、张淼怡、姜海花、郑玮丽。

# 植物源可溶性膳食纤维绿色提取工艺规范

## 1 范围

本文件规定了植物源可溶性膳食纤维绿色提取的术语和定义、原料要求、绿色提取工艺（含预处理、提取、分离纯化、浓缩干燥）、关键技术参数、绿色评价指标（溶剂环保性、能耗控制、废水废气处理）、质量控制及安全环保要求。

本文件适用于以谷物、果蔬、豆类、薯类等植物为原料，采用水提、酶解、微波辅助、超声辅助等绿色提取技术生产可溶性膳食纤维的食品、保健品及饲料添加剂生产企业，涵盖从原料预处理到成品产出的全工艺环节，也可为相关科研机构、检测单位开展技术研发与质量检测提供参考依据。

## 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 14881-2025 食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范
- GB/T 1616-2014 工业过氧化氢
- GB 1886.232-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 羧甲基纤维素钠
- GB/T 2589-2020 综合能耗计算通则
- GB 2760-2024 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准
- GB 2762-2022 食品安全国家标准 食品中污染物限量
- GB 2763-2021 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量
- GB 5009.88-2023 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定
- GB 5009.304-2025 食品安全国家标准 食品中三价铬和六价铬的测定
- GB/T 6432-2018 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法
- GB/T 6433-2025 饲料中粗脂肪的测定
- GB/T 6920-1986 水质 pH值的测定 玻璃电极法
- GB/T 7479-1987 水质 铵的测定 纳氏试剂比色法
- GB/T 7488-1987 水质 五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）的测定 稀释与接种法
- GB 8978-1996 污水综合排放标准
- GB/T 9722-2023 化学试剂 气相色谱法通则
- GB/T 11893-1989 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法
- GB/T 11901-1989 水质 悬浮物的测定 重量法
- GB/T 11914-1989 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法
- GB/T 16157-1996 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
- GB 16297-1996 大气污染物综合排放标准
- GB/T 16488-1996 水质 石油类和动植物油的测定 红外光度法
- GB/T 16716.1-2018 包装与环境 第1部分：通则
- GB/T 18823-2010 饲料检测结果判定的允许误差
- GB/T 18883-2022 室内空气质量标准
- GB/T 18916.12-2023 取水定额 第12部分：氧化铝
- GB/T 21847-2008 工业用氢氧化钠
- GB/T 22494-2008 大豆膳食纤维粉
- GB/T 23380-2009 水果、蔬菜中多菌灵残留的测定 高效液相色谱法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3. 1

#### **植物源可溶性膳食纤维 Plant-derived Soluble Dietary Fiber**

以谷物、果蔬、豆类、薯类等植物为原料，通过绿色提取工艺分离纯化得到的，能在水中或特定溶剂中溶解形成凝胶状物质，且符合相关质量标准的膳食纤维组分，包括果胶、树胶、黏胶、部分半纤维素等。

### 3. 2

#### **绿色提取工艺 Green Extraction Process**

在提取过程中选用环保型溶剂，采用节能降耗技术与设备，减少废水、废气、废渣等污染物排放，实现资源高效利用与环境友好的提取工艺，包括水提、酶解、微波辅助提取、超声辅助提取等技术及其组合工艺。

### 3. 3

#### **绿色溶剂 Green Solvent**

具有环境友好性、低毒性、易回收、可降解等特性的提取溶剂，主要包括水、食品级酶制剂溶液、二氧化碳、乙醇（食品级）等符合相关安全标准的溶剂。

### 3. 4

#### **预处理 Pretreatment**

为提高提取效率和产品质量，对植物原料进行的清理、粉碎、脱脂、脱蛋白、除杂等预处理操作的总称。

### 3. 5

#### **提取 Extraction**

采用绿色提取技术，将植物原料中的可溶性膳食纤维转移至溶剂中的过程，包括水提提取、酶解提取、微波辅助提取、超声辅助提取等方式。

### 3. 6

#### **分离纯化 Separation and Purification**

通过过滤、离心、沉淀、膜分离等技术，去除提取液中杂质（如蛋白质、淀粉、色素、无机盐等），获得高纯度可溶性膳食纤维的过程。

### 3. 7

#### **浓缩干燥 Concentration and Drying**

采用节能型浓缩与干燥设备，去除可溶性膳食纤维提取液中的溶剂，获得固体产品的过程，包括减压浓缩、喷雾干燥、冷冻干燥等方式。

### 3. 8

#### **溶剂残留 Solvent Residue**

提取、分离纯化及浓缩干燥后，残留在可溶性膳食纤维产品中的微量提取溶剂。

### 3. 9

#### **绿色评价指标 Green Evaluation Indicators**

用于评估提取工艺绿色性的关键参数，包括溶剂环保性、能耗控制水平、废水废气处理效果等。

### 3. 10

#### **综合能耗 Comprehensive Energy Consumption**

完成植物源可溶性膳食纤维提取全工艺过程（从原料预处理至成品产出）所消耗的各种能源（电力、蒸汽、水等）折算为标准煤后的总能耗量。

## 4 原料要求

### 4. 1 原料种类及来源

#### 4. 1. 1 原料种类

可选用的植物原料包括但不限于以下类别：

- a) 谷物类：小麦、玉米、燕麦、大麦、大米等；
- b) 果蔬类：苹果、柑橘、胡萝卜、甜菜、芦笋、西兰花等；

- c) 豆类：大豆、豌豆、蚕豆、绿豆、红豆等；
- d) 薯类：红薯、土豆、山药、芋头、木薯等；
- e) 其他：魔芋、菊芋、芦荟等富含可溶性膳食纤维的植物原料。

#### 4.1.2 原料来源

原料应来自符合国家相关标准的种植基地或供应商，种植过程应遵循绿色农业生产规范，避免使用违禁农药、化肥等农业投入品；原料采购应建立溯源体系，确保来源可查、质量可控。

### 4.2 原料质量要求

#### 4.2.1 感官要求

原料应具有其固有的色泽、气味，无异味、霉变、腐烂、虫蛀、结块现象，无肉眼可见的杂质（如泥沙、石子、金属碎屑等）。各类原料的具体感官要求应符合表1的规定。

表1 原料感官要求

原料类别	色泽	气味	组织状态	杂质
谷物类	具有该类谷物固有的色泽，均匀一致	具有该类谷物固有的清香气味，无异味	颗粒完整或破碎均匀，无结块、霉变	无肉眼可见杂质，杂质含量≤0.5%
果蔬类	具有该类果蔬固有的色泽，鲜艳均匀	具有该类果蔬固有的自然气味，无腐败、发酵异味	新鲜、无腐烂、无病虫害斑点，质地坚实	无肉眼可见杂质，杂质含量≤0.3%
豆类	具有该类豆类固有的色泽，均匀一致	具有该类豆类固有的气味，无哈喇味、霉味等异味	颗粒饱满、无破损、无虫蛀，无结块	无肉眼可见杂质，杂质含量≤0.5%
薯类	具有该类薯类固有的色泽，均匀一致	具有该类薯类固有的气味，无异味	质地坚实、无腐烂、无发芽变质（土豆等有毒发芽部位应去除）	无肉眼可见杂质，杂质含量≤0.3%
其他类	具有该类原料固有的色泽，均匀一致	具有该类原料固有的气味，无异味	无霉变、无腐烂、无结块	无肉眼可见杂质，杂质含量≤0.5%

#### 4.2.2 理化要求

原料的理化指标应符合表2的规定，其中水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等指标的测定方法应符合GB/T 6435—2014、GB/T 35881—2018等相关标准的要求。

表2 原料理化要求

项目	要求（质量分数）
水分含量	谷物类≤14.0%；果蔬类≤85.0%；豆类≤12.0%；薯类≤75.0%；其他类≤15.0%
粗蛋白含量	谷物类≤12.0%；果蔬类≤5.0%；豆类≤25.0%；薯类≤4.0%；其他类≤8.0
粗脂肪含量	谷物类≤5.0%；果蔬类≤3.0%；豆类≤15.0%；薯类≤1.0%；其他类≤3.0%
粗纤维含量	谷物类≥8.0%；果蔬类≥3.0%；豆类≥10.0%；薯类≥2.0%；其他类≥5.0%
总灰分含量	谷物类≤5.0%；果蔬类≤4.0%；豆类≤6.0%；薯类≤3.0%；其他类≤5.0%

#### 4.2.3 安全要求

原料中污染物限量、农药残留限量应符合GB 2762—2022、GB 2763—2021等国家标准的要求，具体指标应符合表3的规定。

表3 原料安全要求

项目	限量要求	测定方法
铅（以Pb计）	≤1.0 mg/kg	石墨炉原子吸收光谱法

镉（以Cd计）	$\leq 0.2 \text{ mg/kg}$	石墨炉原子吸收光谱法
汞（以Hg计）	$\leq 0.05 \text{ mg/kg}$	石墨炉原子吸收光谱法
砷（以As计）	$\leq 0.5 \text{ mg/kg}$	石墨炉原子吸收光谱法
铬（以Cr计）	$\leq 1.5 \text{ mg/kg}$	石墨炉原子吸收光谱法
农药残留	符合GB 2763—2021的规定	按GB 2763—2021规定的方法

#### 4.3 原料储存要求

##### 4.3.1 储存环境

原料应储存在干燥、通风、阴凉、清洁的仓库内，仓库温度应控制在5℃—25℃，相对湿度≤65%，避免阳光直射、雨淋和受潮。仓库内应设置防鼠、防虫、防霉变设施，定期进行清洁消毒。

##### 4.3.2 储存期限

不同原料的储存期限应符合其自身特性及相关标准要求，一般情况下：谷物类原料储存期限不超过12个月；果蔬类原料应新鲜使用，储存期限不超过7天；豆类原料储存期限不超过18个月；薯类原料储存期限不超过3个月；其他类原料储存期限不超过6个月。储存期间应定期检查原料质量，发现霉变、腐烂、虫蛀等问题应及时处理。

##### 4.3.3 堆放要求

原料应分类、分批堆放，堆放高度应符合仓库承重要求，一般不超过2.5米，原料与地面、墙壁之间应保持10cm以上的距离，便于通风散热和检查。

##### 4.3.4 原料验收要求

企业应建立原料验收制度，对每批采购的原料进行检验，检验项目包括感官、理化指标和安全指标。检验合格后方可入库使用；检验不合格的原料应拒收，并做好记录。原料验收记录应至少保存2年。

### 5 绿色提取工艺

#### 5.1 工艺流程

植物源可溶性膳食纤维绿色提取工艺应遵循以下流程：

原料接收→原料清理→原料粉碎→预处理（脱脂、脱蛋白、除杂等）→绿色提取（水提、酶解、微波辅助提取、超声辅助提取等）→提取液过滤→分离纯化（离心、沉淀、膜分离等）→纯化液浓缩→干燥→成品粉碎→成品包装→成品储存。

#### 5.2 预处理

##### 5.2.1 原料清理

采用筛选、风选、磁选等组合方式去除原料中的杂质，包括泥沙、石子、金属碎屑、杂草种子等。筛选设备应根据原料颗粒大小选择合适的筛网孔径，风选设备应调节适宜的风速，磁选设备应定期检查磁性强度，确保杂质去除率≥99%。清理后的原料应无肉眼可见杂质。

##### 5.2.2 原料粉碎

根据提取工艺要求，将清理后的原料粉碎至适宜的粒度。采用高速粉碎机、超微粉碎机等设备进行粉碎，粉碎过程中应控制设备温度，避免原料因高温变质。粉碎后原料的粒度应符合以下要求：谷物类、豆类原料粉碎至40目—80目；果蔬类、薯类原料粉碎至20目—60目；其他类原料粉碎至30目—70目。粉碎后的原料应密封保存，防止吸潮结块。

##### 5.2.3 脱脂处理

对于粗脂肪含量较高的原料（如豆类、部分谷物），应进行脱脂处理。可采用正己烷萃取法或压榨法进行脱脂，优先选用正己烷萃取法（正己烷应符合食品级标准），具体要求如下：

- a) 正己烷萃取法：原料与正己烷的料液比为 1:5 (m/V) -1:10 (m/V) , 萃取温度 40℃-60℃ , 萃取时间 2h-4h , 萃取次数 1 次-2 次。萃取完成后，采用蒸馏法回收正己烷，回收利用率 $\geq 95\%$ 。脱脂后的原料粗脂肪含量应 $\leq 1.0\%$  (质量分数)。
- b) 压榨法：采用螺旋压榨机等设备进行压榨脱脂，压榨温度 $\leq 80^\circ\text{C}$ ，压榨压力根据原料特性调节，脱脂后的原料粗脂肪含量应 $\leq 2.0\%$  (质量分数)。

#### 5.2.4 脱蛋白处理

采用酶解法或碱提法进行脱蛋白处理，优先选用酶解法（酶制剂应符合GB/T 23380-2009的要求），具体要求如下：

- a) 酶解法：选用蛋白酶（如碱性蛋白酶、中性蛋白酶），酶添加量为原料质量的 0.1%-0.5%，料液比为 1:10 (m/V) -1:20 (m/V) ，调节 pH 值至酶适宜作用范围（碱性蛋白酶 pH 8.0-10.0，中性蛋白酶 pH 6.0-7.5），反应温度 40℃-60℃，反应时间 1h-3h。反应完成后，将料液温度升高至 85℃-90℃，保温 15min-20min 灭活酶。脱蛋白后原料的粗蛋白含量应 $\leq 2.0\%$  (质量分数)。
- b) 碱提法：选用食品级氢氧化钠溶液（浓度 0.5%-2.0%），料液比为 1:10 (m/V) -1:20 (m/V) ，反应温度 40℃-60℃，反应时间 30min-60min，搅拌速度 50r/min-100r/min。反应完成后，用盐酸溶液调节 pH 值至中性。脱蛋白后原料的粗蛋白含量应 $\leq 2.0\%$  (质量分数)。

#### 5.2.5 除杂处理

脱蛋白后的料液采用过滤或离心方式去除不溶性杂质。过滤可采用板框过滤器、真空过滤器等设备，过滤介质选用无纺布、滤布等，过滤压力0.1MPa-0.3MPa；离心可采用卧螺离心机、管式离心机等设备，离心转速3000r/min-8000r/min，离心时间10min-30min。除杂后料液应澄清透明，无明显悬浮物。

### 5.3 绿色提取

#### 5.3.1 水提提取法

5.3.1.1 工艺要求：将预处理后的原料与水按料液比 1:10 (m/V) -1:30 (m/V) 混合，调节提取温度 60℃-90℃，提取时间 1h-4h，搅拌速度 50r/min-100r/min。提取过程中应定期搅拌，确保原料与水充分接触。

5.3.1.2 设备要求：选用夹层锅、提取罐等设备，设备应具备温度控制、搅拌功能，材质为不锈钢（符合食品级要求），设备应定期清洁消毒。

5.3.1.3 提取次数：根据原料特性及提取效率，可进行 1 次-3 次提取，合并提取液。二次提取和三次提取的料液比可适当降低至 1:8 (m/V) -1:15 (m/V) ，提取时间可缩短至 0.5h-2h。

#### 5.3.2 酶解提取法

5.3.2.1 工艺要求：选用果胶酶、纤维素酶等复合酶制剂（酶活力 $\geq 5000\text{U/g}$ ），酶添加量为原料质量的 0.2%-1.0%，料液比 1:15 (m/V) -1:30 (m/V) ，调节 pH 值至酶适宜作用范围（果胶酶 pH 3.0-5.0，纤维素酶 pH 4.0-6.0），提取温度 45℃-60℃，提取时间 2h-6h，搅拌速度 50r/min-100r/min。提取完成后，将料液温度升高至 85℃-90℃，保温 15min-20min 灭活酶。

5.3.2.2 设备要求：选用酶解罐等设备，设备应具备温度控制、pH 调节、搅拌功能，材质为不锈钢（符合食品级要求），设备应定期清洁消毒。

#### 5.3.3 微波辅助提取法

5.3.3.1 工艺要求：将预处理后的原料与绿色溶剂按料液比 1:10 (m/V) -1:25 (m/V) 混合，放入微波提取设备中。微波功率 200W-800W，提取温度 40℃-80℃，提取时间 10min-60min，微波频率 2450MHz  $\pm 50\text{MHz}$ 。提取过程中应控制微波功率和提取时间，避免原料过热变质。

5.3.3.2 设备要求：设备应具备功率调节、温度控制、计时功能，材质为食品级不锈钢，设备运行时应符合安全防护要求。

### 5.3.4 超声辅助提取法

5.3.4.1 工艺要求：将预处理后的原料与绿色溶剂按料液比1:10 (m/V)~1:25 (m/V) 混合，放入超声提取设备中。超声功率100W~500W，超声频率20kHz~80kHz，提取温度30℃~70℃，提取时间20min~120min。提取过程中应控制超声功率和提取时间，避免产生过多泡沫。

5.3.4.2 设备要求：设备应具备功率调节、频率调节、温度控制功能，材质为食品级不锈钢，设备运行时应符合安全防护要求。

### 5.3.5 组合提取法

可根据原料特性和产品需求，采用两种或两种以上绿色提取技术的组合工艺，如超声-酶解组合提取法、微波-水提组合提取法等。组合提取工艺的参数应根据实验优化确定，确保提取效率和产品质量。

## 5.4 提取液过滤

提取完成后，对提取液进行过滤处理，去除不溶性杂质。可采用板框过滤、真空过滤、膜过滤等方式，优先选用膜过滤（微滤膜孔径0.1 μm~1.0 μm）。过滤设备应定期清洁消毒，过滤后的提取液应澄清透明，悬浮物含量≤0.1%（质量分数）。过滤过程中产生的滤渣应收集处理，可作为饲料原料或生物质能源原料再利用。

## 5.5 分离纯化

### 5.5.1 离心分离

采用卧螺离心机、管式离心机等设备对过滤后的提取液进行离心分离，离心转速5000r/min~12000r/min，离心时间15min~45min，离心温度≤40℃。通过离心分离去除提取液中的蛋白质、淀粉等大分子杂质，离心后的上清液应澄清透明。

### 5.5.2 沉淀分离

对于含有较多杂质的提取液，可采用沉淀法进行分离纯化。可选用乙醇沉淀法（乙醇浓度60%~80%，食品级），提取液与乙醇的体积比为1:1~1:3，搅拌均匀后，在4℃~10℃条件下静置沉淀2h~8h，然后离心分离得到沉淀物。乙醇应回收利用，回收利用率≥90%。

### 5.5.3 膜分离纯化

采用超滤膜、纳滤膜等膜分离设备进行纯化，超滤膜截留分子量为10kDa~100kDa，纳滤膜截留分子量为1kDa~10kDa。膜分离过程中，操作压力0.1MPa~0.5MPa，操作温度20℃~40℃，料液流速1m/s~3m/s。通过膜分离去除提取液中的小分子杂质（如无机盐、单糖、双糖等），提高产品纯度。膜分离设备应定期清洗维护，确保膜通量和分离效果。

## 5.6 浓缩

### 5.6.1 减压浓缩

选用减压浓缩罐等设备，浓缩压力0.02MPa~0.08MPa，浓缩温度40℃~70℃，浓缩至可溶性固形物含量为20%~40%（质量分数）。浓缩过程中应控制温度和压力，避免产品成分破坏。

### 5.6.2 膜浓缩

选用反渗透膜、纳滤膜等膜浓缩设备，操作压力0.5MPa~2.0MPa，操作温度20℃~40℃，浓缩至可溶性固形物含量为20%~40%（质量分数）。膜浓缩设备应定期清洗维护，确保浓缩效率。浓缩过程中产生的透过液可回收作为提取用水，回收利用率≥80%。

## 5.7 干燥

### 5.7.1 喷雾干燥

选用离心式喷雾干燥机或压力式喷雾干燥机，进风温度120℃–180℃，出风温度60℃–90℃，进料速度根据设备产能调节，雾化压力0.2MPa–0.6MPa。干燥后的产品水分含量≤8.0%（质量分数），产品为均匀的粉末状，无结块现象。

### 5.7.2 冷冻干燥

选用冷冻干燥机，预冻温度≤-40℃，预冻时间2h–4h，升华压力10Pa–50Pa，解析温度20℃–40℃，干燥时间12h–24h。干燥后的产品水分含量≤6.0%（质量分数），产品为疏松的粉末状，保留较多的活性成分。干燥设备应定期清洁消毒，干燥过程中应防止产品污染。

## 5.8 成品粉碎

对于干燥后形成的结块产品，应进行粉碎处理，采用超微粉碎机等设备，粉碎至粒度≥80目。粉碎后的产品应密封保存，防止吸潮结块。

### 5.9 成品包装

#### 5.9.1 包装材料

包装材料应符合食品级要求，选用纸质包装、塑料包装、铝箔包装等，包装材料应具有良好的防潮、防氧化、防污染性能。包装材料应符合GB/T 16716.1–2018等相关标准的要求，不得使用有毒有害物质超标的包装材料。

#### 5.9.2 包装工艺

成品应在清洁、干燥、无菌的环境中进行包装，包装过程应避免产品受到污染。包装规格可根据市场需求确定，一般为0.5kg/袋、1kg/袋、5kg/袋、25kg/桶等。包装后应及时封口，封口应严密，防止漏气、漏粉。

#### 5.9.3 标签标识

标签上应标明产品名称、原料名称、净含量、生产日期、保质期、储存条件、执行标准号、生产企业名称、地址、联系方式等信息。

## 5.10 成品储存

成品应储存在干燥、通风、阴凉、清洁的仓库内，仓库温度应控制在5℃–25℃，相对湿度≤65%，避免阳光直射、雨淋和受潮。成品应分类、分批堆放，堆放高度不超过2.5米，与地面、墙壁之间保持10cm以上的距离。成品储存期限一般为12个月–24个月，储存期间应定期检查产品质量，发现问题及时处理。

## 6 关键技术参数

### 6.1 预处理关键技术参数

预处理各环节的关键技术参数应符合表4的规定。

表4 预处理关键技术参数

工艺环节	关键参数	取值范围
原料粉碎	粒度	谷物类、豆类：40目–80目；果蔬类、薯类：20目–60目；其他类：30目–70目
脱脂处理(正己烷萃取法)	料液比(m/V)	1:5–1:10
	萃取温度	40℃–60℃
	萃取时间	2h–4h
	萃取次数	1次–2次
	正己烷回收利用率	≥95%
脱脂处理(压榨法)	压榨温度	≤80℃
	脱脂后粗脂肪含量	≤2.0%

	(质量分数)	
脱蛋白处理(酶解法)	酶添加量 (占原料质量)	0.1%~0.5%
	料液比(m/V)	1:10~1:20
	pH值	碱性蛋白酶: 8.0~10.0; 中性蛋白酶: 6.0~7.5
	反应温度	40℃~60℃
	反应时间	1h~3h
	灭活温度	85℃~90℃
	灭活时间	15min~20min
脱蛋白处理(碱提法)	脱蛋白后粗蛋白含量 (质量分数)	≤2.0%
	氢氧化钠溶液浓度	0.5%~2.0%
	料液比(m/V)	1:10~1:20
	反应温度	40℃~60℃
	反应时间	30min~60min
	搅拌速度	50r/min~100r/min
除杂处理(过滤)	脱蛋白后粗蛋白含量 (质量分数)	≤2.0%
	过滤压力	0.1MPa~0.3MPa
除杂处理(离心)	除杂后料液状态	澄清透明, 无明显悬浮物
	离心转速	3000r/min~8000r/min
	离心时间	10min~30min
	除杂后料液状态	澄清透明, 无明显悬浮物

## 6.2 绿色提取关键技术参数

绿色提取各方法的关键技术参数应符合表5的规定。

表5 绿色提取关键技术参数

提取方法	关键参数	取值范围
水提提取法	料液比(m/V)	1:10~1:30
	提取温度	60℃~90℃
	提取时间	1h~4h
	搅拌速度	50r/min~100r/min
	提取次数	1次~3次
酶解提取法	酶添加量(占原料质量)	0.2%~1.0%
	酶活力	≥5000U/g
	料液比(m/V)	1:15~1:30
	pH值	果胶酶: 3.0~5.0; 纤维素酶: 4.0~6.0
	提取温度	45℃~60℃
	提取时间	2h~6h
	搅拌速度	50r/min~100r/min
	灭活温度	85℃~90℃
微波辅助提取法	灭活时间	15min~20min
	料液比(m/V)	1:10~1:25
	微波功率	200W~800W
	提取温度	40℃~80℃
	提取时间	10min~60min
超声辅助提取法	微波频率	2450MHz ± 50MHz
	料液比(m/V)	1:10~1:25

	超声功率	100W~500W
	超声频率	20kHz~80kHz
	提取温度	30°C~70°C
	提取时间	20min~120min

### 6.3 分离纯化关键技术参数

分离纯化各环节的关键技术参数应符合表6的规定。

表6 分离纯化关键技术参数

工艺环节	关键参数	取值范围
离心分离	离心转速	5000r/min~12000r/min
	离心时间	15min~45min
	离心温度	≤40°C
	离心后上清液状态	澄清透明
沉淀分离（乙醇沉淀法）	乙醇浓度	60%~80%（食品级）
	提取液与乙醇体积比	1:1~1:3
	静置温度	4°C~10°C
	静置时间	2h~8h
	乙醇回收利用率	≥90%
膜分离纯化（超滤）	截留分子量	10kDa~100kDa
	操作压力	0.1MPa~0.5MPa
	操作温度	20°C~40°C
	料液流速	1m/s~3m/s
膜分离纯化（纳滤）	截留分子量	1kDa~10kDa
	操作压力	0.1MPa~0.5MPa
	操作温度	20°C~40°C
	料液流速	1m/s~3m/s

### 6.4 浓缩干燥关键技术参数

浓缩干燥各环节的关键技术参数应符合表7的规定。

表7 浓缩干燥关键技术参数

工艺环节	关键参数	取值范围
减压浓缩	浓缩压力	0.02MPa~0.08MPa
	浓缩温度	40°C~70°C
	浓缩后可溶性固形物含量（质量分数）	20%~40%
膜浓缩（反渗透/纳滤）	操作压力	0.5MPa~2.0MPa
	操作温度	20°C~40°C
	浓缩后可溶性固形物含量（质量分数）	20%~40%
	透过液回收利用率	≥80%
喷雾干燥（离心式）	进风温度	120°C~180°C
	出风温度	60°C~90°C
	进料速度	根据设备产能调节
	雾化压力	0.2MPa~0.6MPa
	干燥后产品水分含量（质量分数）	≤8.0%
喷雾干燥（压力式）	进风温度	120°C~180°C
	出风温度	60°C~90°C
	进料速度	根据设备产能调节
	雾化压力	0.2MPa~0.6MPa

冷冻干燥	干燥后产品水分含量（质量分数）	≤8.0%
	预冻温度	≤-40℃
	预冻时间	2h-4h
	升华压力	10Pa-50Pa
	解析温度	20℃-40℃
	干燥时间	12h-24h
	干燥后产品水分含量（质量分数）	≤6.0%
成品粉碎	粉碎后粒度	≥80目

## 7 绿色评价指标

### 7.1 溶剂环保性指标

#### 7.1.1 绿色溶剂使用率

提取过程中使用的绿色溶剂（水、食品级酶制剂溶液、二氧化碳、食品级乙醇等）占总溶剂使用量的比例应≥95%（质量分数）。

#### 7.1.2 溶剂回收利用率

可回收溶剂（如乙醇、正己烷等）的回收利用率应符合以下要求：乙醇回收利用率≥90%；正己烷回收利用率≥95%；其他可回收绿色溶剂回收利用率≥85%。

#### 7.1.3 溶剂毒性

提取过程中使用的溶剂应符合食品级或工业级相关标准，不得使用有毒有害溶剂（如甲醛、苯、甲苯等）。溶剂的急性毒性（LD50）应≥5000mg/kg（大鼠经口）。

### 7.2 能耗控制指标

#### 7.2.1 单位产品综合能耗

采用水提提取法生产时，单位产品（1吨成品）综合能耗≤500kg标准煤；采用酶解提取法生产时，单位产品综合能耗≤600kg标准煤；采用微波辅助提取法生产时，单位产品综合能耗≤400kg标准煤；采用超声辅助提取法生产时，单位产品综合能耗≤350kg标准煤；采用组合提取法生产时，单位产品综合能耗≤550kg标准煤。综合能耗计算方法应符合GB/T 2589—2020的要求。

#### 7.2.2 单位产品水耗

单位产品（1吨成品）水耗应≤50m<sup>3</sup>，水耗计算应符合GB/T 18916.12—2023的要求。水资源回收利用率≥80%（包括提取用水、清洗用水等的回收利用）。

#### 7.2.3 设备能耗效率

提取设备、浓缩设备、干燥设备等主要生产设备的能耗效率应符合相关国家标准要求，其中微波辅助提取设备能耗效率≥70%；超声辅助提取设备能耗效率≥65%；喷雾干燥设备能耗效率≥60%；膜分离设备能耗效率≥75%。

### 7.3 废水废气处理指标

#### 7.3.1 废水处理要求

生产过程中产生的废水应经过处理后排放，处理后的废水应符合GB 8978—1996的一级标准要求，具体指标应符合表8的规定。

表8 废水处理指标要求

项目	指标要求	测定方法（参照执行）
pH值	6-9	GB/T 6920-1986
化学需氧量（CODcr）	≤ 100 mg/L	GB/T 11914-1989

生化需氧量 (BOD5)	$\leq 20 \text{ mg/L}$	GB/T 7488-1987
悬浮物 (SS)	$\leq 70 \text{ mg/L}$	GB/T 11901-1989
氨氮 (NH3-N)	$\leq 15 \text{ mg/L}$	GB/T 7479-1987
总磷 (以P计)	$\leq 0.5 \text{ mg/L}$	GB/T 11893-1989
石油类	$\leq 5 \text{ mg/L}$	GB/T 16488-1996

### 7.3.2 废气处理要求

生产过程中产生的废气应经过处理后排放，处理后的废气应符合GB 16297-1996的二级标准要求，具体指标应符合表9的规定。

表9 废气处理指标要求

项目	指标要求	测定方法 (参照执行)
颗粒物	$\leq 120 \text{ mg/m}^3$	GB/T 16157-1996
二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	$\leq 550 \text{ mg/m}^3$	GB/T 16157-1996
氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	$\leq 240 \text{ mg/m}^3$	GB/T 16157-1996
挥发性有机物 (VOCs)	$\leq 120 \text{ mg/m}^3$	GB/T 18883-2022
乙醇/(mg/m <sup>3</sup> )	$\leq 200 \text{ mg/m}^3$	GB/T 18883-2022

### 7.3.3 废渣处理要求

生产过程中产生的废渣（如提取滤渣、沉淀杂质等）应分类收集，优先进行资源化利用，可作为饲料原料、生物质能源原料或有机肥料原料；无法资源化利用的废渣应按照环保要求进行无害化处理，不得随意丢弃。废渣处理应符合国家相关固体废物污染控制标准。

## 7.4 绿色评价方法

应定期对绿色提取工艺的绿色评价指标进行监测和评估，监测频率至少每季度1次。监测数据应记录完整，建立绿色评价档案，档案保存期限至少2年。绿色评价指标的综合评价得分应 $\geq 85$ 分（满分100分），评价方法如下：

- a) 溶剂环保性指标（30分）：绿色溶剂使用率（10分）、溶剂回收利用率（10分）、溶剂毒性（10分）；
- b) 能耗控制指标（30分）：单位产品综合能耗（10分）、单位产品水耗（10分）、设备能耗效率（10分）；
- c) 废水废气处理指标（40分）：废水处理（20分）、废气处理（15分）、废渣处理（5分）。

## 8 质量控制及安全环保要求

### 8.1 质量控制要求

#### 8.1.1 原料质量控制

应建立原料采购验收制度，对每批原料进行检验，检验项目包括感官、理化指标和安全指标，检验合格后方可入库使用。原料检验应委托具备相应资质的检测机构进行，或企业自行检验（企业实验室应具备相应的检测能力和设备）。原料质量控制记录应至少保存2年。

#### 8.1.2 过程质量控制

8.1.2.1 预处理过程应定期检查原料粉碎粒度、脱脂脱蛋白效果，每批原料预处理完成后应进行抽样检验，确保符合本文件4.2和5.2的要求。

8.1.2.2 提取过程应严格控制提取温度、时间、料液比等关键参数，每批提取过程应进行参数记录，提取完成后对提取液进行抽样检验，检验项目包括可溶性固形物含量、pH值等。

8.1.2.3 分离纯化过程应定期检查离心转速、膜分离设备的膜通量等参数，每批分离纯化完成后对纯化液进行抽样检验，检验项目包括纯度、杂质含量等。

8.1.2.4 浓缩干燥过程应严格控制浓缩温度、压力、干燥温度等关键参数，每批干燥完成后对成品进行抽样检验，检验项目包括水分含量、粒度、纯度等。

### 8.1.3 成品质量控制

成品质量应符合表10的规定，检验方法应符合相关国家标准的要求。

表10 成品质量要求

项目	要求	测定方法
感官要求	色泽：均匀一致，具有该产品固有的色泽； 气味：具有该产品固有的气味，无异味； 组织状态：均匀粉末状，无结块、无肉眼可见杂质	感官评定法
可溶性膳食纤维含量	≥80.0%	酶重量法
水分含量	≤8.0%（喷雾干燥） ≤6.0%（冷冻干燥）	干燥失重法
灰分含量	≤5.0%	灼烧法
蛋白质含量	≤3.0%	凯氏定氮法
脂肪含量	≤1.5%	索氏抽提法
淀粉含量	≤5.0%	酸水解法
溶剂残留（乙醇）	≤50 mg/kg	气相色谱法
铅（以Pb计）	≤0.5 mg/kg	原子吸收光谱法
镉（以Cd计）	≤0.1 mg/kg	原子吸收光谱法
汞（以Hg计）	≤0.02 mg/kg	原子吸收光谱法
砷（以As计）	≤0.3 mg/kg	原子吸收光谱法
菌落总数	≤10000 CFU/g	平板计数法
大肠菌群	≤10 MPN/100g	MPN 法
霉菌和酵母菌	≤100 CFU/g	平板计数法

### 8.1.4 质量追溯要求

应建立质量追溯体系，实现从原料采购、生产加工、成品检验到销售的全程追溯。追溯信息应包括原料供应商、原料批次、生产批次、生产时间、关键工艺参数、检验结果、销售去向等。追溯记录应至少保存2年，确保产品质量问题可追溯、可召回。

## 8.2 安全要求

### 8.2.1 生产设备安全

8.2.1.1 生产设备应符合国家相关安全标准，设备运行时应具备安全防护装置（如防护罩、安全阀、紧急停机按钮等），防止发生机械伤害、触电、火灾等安全事故。

8.2.1.2 设备材质应符合食品级要求，不得使用有毒有害物质超标的材质。设备应定期维护保养和检修，确保设备正常运行，维护保养和检修记录应至少保存1年。

8.2.1.3 微波辅助提取设备、超声辅助提取设备等特殊设备的运行应符合相关安全规定，操作人员应经过专业培训合格后方可上岗。

### 8.2.2 操作安全

8.2.2.1 操作人员应穿戴符合要求的工作服、工作帽、手套、口罩等劳动防护用品，防止接触有害物质和受到机械伤害。

8.2.2.2 提取过程中使用的溶剂（如乙醇、正己烷等）应密封储存，避免泄漏，使用现场应严禁明火，配备消防器材（如灭火器、消防沙等）。

8.2.2.3 酸碱溶液的配制和使用应严格按照操作规程进行，防止酸碱泄漏和腐蚀伤害。操作人员应掌握应急处理方法，如酸碱溅到皮肤或眼睛时的处理方法。

8.2.2.4 生产车间应设置安全警示标识（如“严禁明火”“小心地滑”“注意安全”等），确保操作人员知晓潜在的安全风险。

### 8.2.3 产品安全

8.2.3.1 成品应符合本文件8.1.3的质量要求，不得含有有毒有害物质，不得掺杂使假。

8.2.3.2 产品包装应严密，防止运输和储存过程中受到污染。产品标签应标明安全警示信息（如“置于阴凉干燥处保存”“避免儿童接触”等）。

8.2.3.3 企业应建立产品召回制度，当发现产品存在质量安全问题时，应立即停止销售，启动召回程序，召回已销售的产品，并采取相应的处理措施。产品召回记录应至少保存2年。

## 8.3 环保要求

### 8.3.1 环境管理体系

应建立环境管理体系，制定环境保护管理制度和应急预案，明确环境保护责任，加强对生产过程中废水、废气、废渣等污染物的控制和管理。

### 8.3.2 废水处理设施

应配备相应的废水处理设施，废水处理设施应与生产能力相匹配，确保废水处理效果符合本文件7.3.1的要求。废水处理设施应定期维护保养和检修，确保正常运行，维护保养和检修记录应至少保存1年。

### 8.3.3 废气处理设施

应配备相应的废气处理设施（如吸附装置、冷凝回收装置等），废气处理设施应与生产能力相匹配，确保废气处理效果符合本文件7.3.2的要求。废气处理设施应定期维护保养和检修，确保正常运行，维护保养和检修记录应至少保存1年。

### 8.3.4 废渣处理

生产过程中产生的废渣应分类收集，建立废渣处理台账，记录废渣的产生量、处理方式、去向等信息。废渣处理应符合国家相关固体废物污染控制标准，不得随意丢弃。

### 8.3.5 噪声控制

生产设备运行时产生的噪声应符合国家相关标准要求，厂界噪声白天≤65dB(A)，夜间≤55dB(A)。企业应采取降噪措施（如设备减震、厂房隔音等），减少噪声污染。

### 8.3.6 节能降耗

应采取节能降耗措施，优化生产工艺，选用节能型设备，提高能源利用效率。加强水资源管理，提高水资源回收利用率。减少原材料消耗，提高原料利用率。

## 8.4 记录与档案管理

### 8.4.1 记录要求

应建立完善的记录管理制度，对原料采购验收、生产过程控制、成品检验、设备维护保养、废水废气处理、质量追溯等环节进行详细记录。记录应真实、准确、完整、清晰，具有可追溯性。

### 8.4.2 档案管理

应建立档案管理制度，将各类记录、检验报告、设备说明书、应急预案等资料整理归档。档案应分类存放，便于查阅，档案保存期限至少2年。档案管理应符合国家相关规定，防止档案丢失、损坏。