

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 2 月 16 日 (16.02.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/015609 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 21/25 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/114199

(22) 国际申请日: 2021 年 8 月 24 日 (24.08.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110914828.8 2021年8月10日 (10.08.2021) CN

(71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省镇江市京口区学府路
301号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 石吉勇 (SHI, Jiyong); 中国江苏省镇江市
京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 王
月影 (WANG, Yueying); 中国江苏省镇江市京口
区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 邹小波

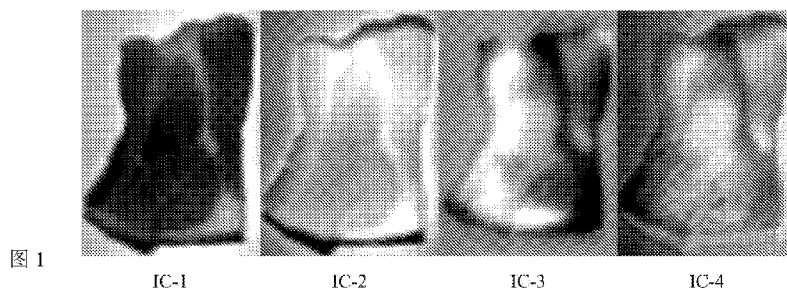
(ZOU, Xiaobo); 中国江苏省镇江市京口区学府
路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 黄晓玮 (HUANG,
Xiaowei); 中国江苏省镇江市京口区学府路301号,
Jiangsu 212013 (CN)。 李志华 (LI, Zhihua); 中国
江苏省镇江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013
(CN)。 张新爱 (ZHANG, Xinai); 中国江苏省镇
江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。
张迪 (ZHANG, Di); 中国江苏省镇江市京口区
学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 南京智造力知识产权代理有限公司 (NANJING DOYES INTELLECTUAL PROPERTY
CO., LTD.); 中国江苏省南京市江宁区芝兰路
18号4幢1202室, Jiangsu 211100 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) **Title:** METHOD FOR IDENTIFYING RAW CUT MEAT AND HIGH IMITATION MEAT THEREOF ON BASIS OF COM-
PONENT LINEAR ARRAY GRADIENT FEATURE

(54) 发明名称: 一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法



(57) **Abstract:** A method for identifying raw cut meat and high imitation meat thereof on the basis of a component linear array gradient feature. By using the sensitivity of a visible/near infrared spectrum signal to a change in a meat component, and taking the advantage of spectral scanning technology for continuously acquiring sample optical signals in a spatial dimension, an identification model is constructed by means of a change law that characterizes an internal characteristic component of a meat product from the spatial dimension, further according to a component spectral difference in a region of interest in a hyperspectral image, and in combination with performing derivation to characterize a change rate of the characteristic component, such that effective differentiation can be performed according to the difference between characteristic component gradient features of naturally gradient raw cut meat and artificially recombined high imitation meat, thereby realizing the identification of raw cut meat and high imitation meat thereof.

(57) **摘要:** 一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法。利用可见/近红外光谱信号对肉类组分变化的敏感性, 以及光谱扫描技术可以在空间维度连续获取样品光学信号的优势, 从空间维度表征肉品内部特征组分的变化规律, 并进一步依据高光谱图像中感兴趣区域的组分光谱差异, 结合求导表征特征组分变化率, 构建了鉴别模型, 能够根据自然渐变的原切肉与人工重组的高仿肉间特征组分渐变特征的差异进行有效区分, 实现对原切肉及其高仿肉的鉴别。

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法

技术领域

本发明涉及肉品掺假鉴别技术领域，具体涉及一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法。

背景技术

肉类是优质膳食蛋白的重要来源，在消费者的日常饮食中具有重要地位。近年来，天然、健康逐渐成为消费者饮食的主流观念，来源于动物胴体的原切肉日益受到追捧。原切肉的外观具有特定的纹理和色泽，其内部组分及结构均通过自然的方式形成，具有消费者认可度高、售价高等特点。然而，随着原切肉消费需求的不断攀升导致供需矛盾日益突出，与原切肉外观类似、组分相同的高仿肉日益增多。同原切肉的自然形成方式不同，高仿肉主要通过人工的方式，以碎肉、低值肉为原料，仿照原切肉的纹理和色泽，借助卡拉胶、谷氨酰转氨酶或冻结的方式使之成块。高仿肉不仅成本低，而且具有与原切肉相似、甚至相同的外观和组分，不良商家往往将其冒充天然原切肉销售，对消费者权益和市场秩序造成影响。因此，有必要建立天然原切肉及人工高仿肉的鉴别方法。

肉品真伪的鉴别主要从外观特征和内部组分两个角度出发，常见的方法有感官法、色谱法、光谱法和分子生物学方法。感官法主要通过肉样的颜色、纹理、气味、风味等特征鉴别掺假肉品；然而，人工高仿肉通过食品染料染色、食品添加剂改性、摆放顺序调节后可拥有与原切肉相似的外观特征，导致感官法的鉴别效果较差。色谱法、光谱法（如专利CN106483221A，CN104132896A）都是基于肉品组分的角度，通过与标准物质的对比实现定性鉴别。分子生物学方法（CN103361422A）虽然检测结果可靠，但存在成本高、耗时长、操作复杂等缺陷。这几类鉴别方法仅能实现不同种类肉的掺假鉴别，当使用同类肉进行重组时，无法实现对应高仿肉的鉴别。

原切肉及其高仿肉虽然具有相似、甚至相同的外观、组分及生物学特征，但两者的形成过程具有明显差异。原切肉形成于自然生长发育而成的动物胴体，其局部组分经历了从无到有、从少到多的自然渐变过程。原切肉的高仿肉是由同种类碎肉、或低值肉经人工拼接重组而成，碎肉与碎肉间隙处的组分没有经历自然渐变过程，其对应特征组分变化率往往大于自然生长对应的组分变化率。因此，肉样组分的空间变化率可成为鉴别原切肉及其高仿肉的依据。鉴于此，本发明利用可见/近红外高光谱信号对肉品组分含量及其空间分布敏感的特性，提出了一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明的提供了一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法，以实现原切肉及其高仿肉快速、准确鉴别。

一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法，其特征在于包含基于截面组分线阵渐变特征的鉴别模型构建、待测肉品样品鉴别两个步骤：

步骤一，所述基于截面组分线阵渐变特征的鉴别模型构建包含以下过程：

过程一，对肉品进行纵切或横切，得到肉品的纵向或横向截面；所述肉品包括原切肉及其高仿肉；包括 b 个原切肉样品， c 个高仿肉样品，按照 $d:1$ 的比例随机分为校正集和预测集；所述 b 、 c 、 d 均为正整数；

过程二，利用可见/近红外高光谱成像系统对过程一处理后肉品的截面进行成像，得到 $M \times N \times W$ 的三维高光谱图像，其中 M 和 N 分别表示单个波长下图像像素的行数和列数， W 表示高光谱图像的波长数；

过程三，对过程二获得肉品截面对应的三维高光谱图像进行独立分量分析，得到肉品截面高光谱图像对应的前 n 个独立分量图像，分别记为 $IC-1$ ， $IC-2$ ， $\dots$ ， $IC-(n-1)$ ， $IC-n$ ，其中 n 为小于等于 W 的正整数；

过程四，以过程三得到的独立分量图像 $IC-i$ ($i \in [1, n]$) 的中心位置为圆心，记为 $O-i$ ，坐标为 $(\text{Int}(M/2), \text{Int}(N/2))$ ，定义半径为 r 个像素的圆形区域作为特征提取区域，记为 $R-i$ ；在特征提取区域 $R-i$ 内定义以 $O-i$ 为极点、以水平射线为极轴，记为 Ox ；以像素为单位长度、以逆时针方向为正的极坐标系，利用该极坐标系在独立分量图像 $IC-i$ 上确定 q 个特征提取线段终点，记为 $Q-i-j$ ，坐标为 $(r, 360 \cdot (j-1)/q)$ ，其中 $j \in [1, q]$ ；所述 $\text{Int}(M/2)$ 表示对 $M/2$ 取整， $\text{Int}(N/2)$ 表示对 $N/2$ 取整；其中 q 为大于 1 的整数；其中 r 为不大于 $\min(\text{Int}(M/2), \text{Int}(N/2))$ 的正整数， M 和 N 分别表示单个波长下图像像素的行数和列数；

过程五，以过程四中独立分量图像 $IC-i$ 中的极点 $O-i$ 为起点，分别用宽度为 1 个像素的线条连接特征提取线段终点 $Q-i-j$ ，得到独立分量图像 $IC-i$ 中的 q 条特征提取线段，特征提取线段记为 $OQ-i-j$ ；

过程六，分别将过程五中独立分量图像 $IC-i$ 中的 q 条特征提取线段 $OQ-i-j$ 覆盖的图像转化为行向量，记为 $AOQ-i-j$ ；将行向量 $AOQ-i-j$ 中的像素信号强度看成是随像素点位置变化的函数，对行向量求导后得到 $AOQ-i-j$ 对应的一阶导数向量记为 $AOQ'-i-j$ 和二阶导数向量记为 $AOQ''-i-j$ ；

过程七，统计独立分量图像 $IC-i$ 对应的线阵渐变特征，记为 $B-i$ ，以数值 a 作为判定阈值， $B-i$ 为独立分量图像 $IC-i$ 对应 q 条导数向量 $AOQ'-i-j$ 的绝对值大于等于阈值 a 且 $AOQ''-i-j$

于 0 的元素个数, 即同时满足 $|AOQ'-i-j| \geq a$ 和 $AOQ'-i-j=0$ 两个条件; 所述判定阈值 $a=|AOQ'-i-j|_{\max} * \eta$, 其中 $0 < \eta < 1$; $|AOQ'-i-j|_{\max}$ 为独立分量图像 IC-i 对应 q 条特征提取线段的一阶导数向量 $AOQ'-i-j$ 中元素绝对值的最大值;

过程八, 建立 $1*n$ 的矩阵 C 用于保存 n 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 B-i ($i \in [1, n]$), 其中第 i 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 B-i 保存于 C(1, i) 中用于鉴别模型的构建; 其中 n 个独立分量图像中校正集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_cal 和预测集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_pre;

过程九, 鉴别模型构建: 以参考值 1 代表原切肉、以参考值 0 代表高仿肉, 构建校正集对应的参考值数据集 Y_cal 和预测集对应的参考值数据集 Y_pre; 结合过程八中的校正集的特征数据集 C_cal 和预测集的特征数据集 C_pre, 建立原切肉及其高仿肉的鉴别模型; 以预测集的正确识别率 R 作为衡量鉴别模型性能的指标, $R \geq 60\%$ 时, 对应的鉴别模型记为 Y, 其中 $Y = F_{(X,a)}(X)$, X 为每个样品全部独立分量图像对应的线阵渐变特征数据集, n 为小于等于 W 的正整数, a 作为判定阈值。

步骤二, 待测肉品样品的鉴别, 包含以下过程:

S1, 采集待测肉品样品对应的高光谱图像, 根据步骤一过程一到过程八描述的步骤提取待测肉品样品对应的线阵渐变特征数据集, 记为 C_uk;

S2, 将 C_uk 代入步骤一的过程九中鉴别模型 $Y = F_{(X,a)}(X)$ 内, 计算待测样品对应的参考值; 当模型预测的参考值为 1 时, 待测样品为原切肉; 当模型预测的参考值为 0 时, 待测样品为高仿肉, 实现待测肉品样品的鉴别。

优选的, 过程一中所述校正集共包含 $\text{Int}[b*d/(d+1)]$ 个原切肉样品和 $\text{Int}[c*d/(d+1)]$ 个高仿肉样品; 预测集共包含 $b - \text{Int}[b*d/(d+1)]$ 个原切肉样品和 $c - \text{Int}[c*d/(d+1)]$ 个高仿肉样品, 其中 $\text{Int}[b*d/(d+1)]$ 、 $\text{Int}[c*d/(d+1)]$ 分别表示对 $b*d/(d+1)$ 和 $c*d/(d+1)$ 取整。

优选的, 过程一中所述 b, c 均为大于 30 的正整数; d 的取值为 1~5。

优选的, 过程三中所述独立分量图像个数 n 的范围优化及步长 Δn : 设定独立分量图像个数 n 的最大值为 $n_{\max} = \text{Int}(W*p)$, 其中 $p \in [0.5\%, 20\%]$, $\text{Int}(W*p)$ 表示对 $W*p$ 取整; 独立分量图像个数 n 的最小值 $n_{\min} = 1$, n 的优化范围为 $n_{\min} \sim n_{\max}$; 步长 Δn 记为 f, 其中 f 为正整数。

优选的, 过程三中所述步长 Δn 为 1。

优选的, 过程七中所述判定阈值 a 的取值范围优化及其步长 Δa : 设定判定阈值 $a = |AOQ'-i-j|_{\max} * \eta$, 其中 $\eta \in [g\%, h\%]$, 判定阈值 a 的最大取值 $a_{\max} = |AOQ'-i-j|_{\max} * h\%$, 判定阈值 a 的最小取值 $a_{\min} = |AOQ'-i-j|_{\max} * g\%$, 步长 $\Delta a = |AOQ'-i-j|_{\max} * k\%$, 其中 g, h, k 均为正整数,

且 $g < h$ 。

优选的，过程九中当正确识别率 R 取最大值时，对应的鉴别模型记为 Y_{op} ，其中 $Y_{op} = F_{(n_{op}, a_{op})}(X)$ ，该模型对应的独立分量图像个数、判定阈值记为最优独立分量图像个数 n_{op} 和最优判定阈值 a_{op} 。

优选的，过程九中所述建立原切肉及其高仿肉的鉴别模型运用的是 KNN 算法。

上述步骤中使用的符号*表示乘以的含义；步骤中所出现的字母 i ，均满足 $i \in [1, n]$ ，其中 n 为小于等于 W 的正整数； $j \in [1, q]$ ，其中 q 为大于 1 的整数。

本发明的有益效果：

本发明利用可见/近红外光谱信号对肉类组分变化的敏感性，以及光谱扫描技术可以在空间维度连续获取样品光学信号的优势，从空间维度表征肉品内部特征组分的变化规律，并进一步依据高光谱图像中感兴趣区域的组分光谱差异，结合求导表征特征组分变化率，实现对原切肉及其高仿肉的鉴别。

肉类组分与光谱信号之间具有线性关系，而求导是表征变化趋势的重要方式，导数反映了原函数的变化率。因此，即使高仿肉与原切肉的颜色相近、组分相似，本发明提供的技术方案仍能够根据自然渐变的原切肉与人工重组的高仿肉间特征组分渐变特征的差异进行有效区分。

附图说明

图 1 为实施例 1 中当 $n=4$ 时，肉品样品的高光谱独立分量图分别为 IC-1、IC-2、IC-3、IC-4。

图 2 为实施例 1 中当 $i=1, q=6$ 时，从肉品样品独立分量图 IC1 中特征提取线段的示意图。

图 3 为实施例 1 中当 $i=1, j=1$ 时，肉品样品 OQ-1-1 的行向量 AOQ-1-1 对应的曲线图。

图 4 为实施例 1 中当 $i=1, j=1$ 时，肉品样品 OQ-1-1 的一阶导数向量 AOQ'-1-1 对应的曲线图。

具体实施方式

下面结合一些具体实施例为本发明进一步详细说明，但本发明的保护范围不仅限于这些实施例。

实施例 1：

一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法，其特征在于包含基于截面组分渐变特征的鉴别模型构建和待测肉品样品鉴别两个步骤：

步骤一，所述基于截面组分渐变特征的鉴别模型构建包含以下过程：

过程一，对肉品样品进行纵切或横切，得到肉品样品的纵向或横向截面；所述肉品样品

包括原切肉及其高仿肉；具体选择 80 个原切肉样品和 80 个高仿肉样品，按照 3:1 的比例随机分为校正集和预测集，其中校正集共包含 60 个原切肉样品和 60 个高仿肉样品，预测集共包含 20 个原切肉样品和 20 个高仿肉样品；

过程二，利用可见/近红外高光谱成像系统对肉品截面进行成像，得到 $1850 \times 1700 \times 618$ 的三维高光谱图像，其中 1850 和 1700 分别表示单个波长下图像像素的行数和列数，618 表示高光谱图像的波长数；

过程三，对过程二获得肉品截面对应的高光谱图像进行独立分量分析，得到肉品截面高光谱图像对应的前 n 个独立分量图像；记为 IC-1, IC-2, …, IC-($n-1$), IC- n ；

所述独立分量图像个数 n 的范围优化及步长 Δn ：设定独立分量图像个数 n 的最大值为 $n_{\max} = \text{Int}(618 * p)$ ，其中 $p \in [0.5\%, 20\%]$ ， $\text{Int}(618 * p)$ 表示对 $618 * p$ 取整，取 P 为 0.7%， $n_{\max} = 6$ ；独立分量图像个数 n 的最小值 $n_{\min} = 1$ ，优化范围为 1~6；取 f 为 1，步长 $\Delta n = 1$ ，其中独立分量图像 n 的可能取值为 [1、2、3、4、5、6]； n 取 4 时，如图 1 所示；

过程四，以过程三得到的原切肉的高光谱独立分量图 IC-1 为例，取 IC-1 的中心位置为圆心，记为 O-1，坐标为 (925, 850)，定义半径为 850 个像素的圆形区域作为特征提取区域，记为 R-1；在特征提取区域 R-1 定义以 O-1 为极点、以水平射线为极轴，记为 Ox、以像素为单位长度、以逆时针方向为正的极坐标系，利用该极坐标系在独立分量图像 IC-1 上确定 6 个特征提取线段终点 Q-1-j ($850, 360 * (j-1) / 6$)，其中 $j \in [1, 6]$ ；

过程五，以独立分量图像 IC-1 中的极点 O-1 为起点，分别用宽度为 1 个像素的线条连接特征提取线段终点 Q-1-j，得到独立分量图像 IC-1 中的 6 条特征提取线段，特征提取线段记为 OQ-1-j， $j \in [1, 6]$ ，特征提取线段的示意图如图 3 所示；

过程六，以 $j=1$ 为例，将独立分量图像 IC-1 中的第 1 条特征提取线段 OQ-1-1 覆盖的图像转化为行向量，记为 AOQ-1-1；将行向量 AOQ-1-1 中的像素信号强度看成是随像素点位置变化的函数，对行向量求导后得到 AOQ-1-1 对应的一阶导数向量记为 AOQ'-1-1 和二阶导数向量记为 AOQ''-1-1。其中图 3 为当 $i=1, j=1$ 时肉品样品 OQ-1-1 的行向量 AOQ-1-1 对应的曲线图；图 4 为当 $i=1, j=1$ 时肉品样品 OQ-1-1 的一阶导数向量 AOQ'-1-1 对应的曲线图；

过程七，统计独立分量图像 IC-1 对应的线阵渐变特征 B-1，以数值 a 作为判定阈值，B-1 为独立分量图像 IC-1 对应的 6 条导数向量 AOQ'-1-j (其中包括 AOQ'-1-1、AOQ'-1-2、AOQ'-1-3、AOQ'-1-4、AOQ'-1-5、AOQ'-1-6) 的绝对值大于等于判定阈值 a 且 AOQ''-1-1 等于 0 的元素个数。所述判定阈值 $a = |\text{AOQ}'-i-j|_{\max} * \eta$ ，其 $0 < \eta < 1$ ；

所述判定阈值 a 的取值范围优化及步长 Δa ：设定判定阈值 $a = |-0.0122| * \eta$ ，其中 $\eta \in [5\%, 40\%]$ ， $|-0.0122|$ 为独立分量图像 IC- i 对应全部特征提取线段的一阶导数向量 AOQ'- $i-j$ 中元素

绝对值的最大值；取 $k=5$ ，判定阈值 a 的最大取值 $a_{\max}=0.00488$ ，判定阈值 a 的最小取值 $a_{\min}=0.00061$ ，步长 $\Delta a=0.00061$ ，其中判定阈值 a 的可能取值为 $[0.00061、0.00122、0.00183、0.00244、0.00305、0.00366、0.00427、0.00488]$ ；

过程八，建立 $1*n$ 的矩阵 C 用于保存 n 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 B_i ($i \in [1, n]$)，其中第 1 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 B_1 保存于 $C(1, 1)$ 中用于鉴别模型的构建；其中 n 个独立分量图像中校正集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_{cal} 和预测集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_{pre} ；

过程九，鉴别模型构建：以参考值 1 代表原切肉、以参考值 0 代表高仿肉，构建校正集对应的参考值数据集 Y_{cal} 和预测集对应的参考值数据集 Y_{pre} ；结合过程八中的校正集的特征数据集 C_{cal} 和预测集的特征数据集 C_{pre} ，基于 KNN 算法建立原切肉及其高仿肉的鉴别模型；对应的鉴别模型记为 Y ，其中 $Y = F_{\{n,a\}}(X)$ ， X 为每个样品全部独立分量图像对应的线阵渐变特征数据集。

以预测集的正确识别率 R 作为衡量鉴别模型性能的指标，当述 $R \geq 60\%$ 时符合检测要求；当正确识别率 $R=98.75\%$ 时为最大值，对应的鉴别模型为最优模型，记为 Y_{op} ，其中 $Y_{\text{op}} = F_{\{4,0.00183\}}(X)$ ，该模型对应的独立分量图像个数、判定阈值记为最优独立分量图像个数 $n_{\text{op}}=4$ 和最优判定阈值 $a_{\text{op}}=0.00183$ 。

步骤二，所述待测肉品样品鉴别包含以下过程：

S1，采集待测肉品样品对应的高光谱图像，根据步骤一过程一到过程八描述的全部过程提取得到待测肉品样品对应的线阵渐变特征数据集，记为 C_{uk} ；

S2，将 C_{uk} 代入步骤一的过程九中鉴别模型 $Y_{\text{op}} = F_{\{4,0.00183\}}(X)$ 内，计算待测样品对应的参考值；当模型预测的参考值为 1 时，待测样品为原切肉；当模型预测的参考值为 0 时，待测样品为高仿肉，实现待测肉品样品的鉴别。

说明：以上实施例仅用以说明本发明而并非限制本发明所描述的技术方案；因此，尽管本说明书参照上述的各个实施例对本发明已进行了详细的说明，但是本领域的普通技术人员应当理解，仍然可以对本发明进行修改或等同替换；而一切不脱离本发明的精神和范围的技术方案及其改进，其均应涵盖在本发明的权利要求范围内。

权 利 要 求 书

1. 一种基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法，其特征在于，具体步骤如下：

步骤一，所述基于截面组分线阵渐变特征的鉴别模型构建包含以下过程：

过程一，对肉品进行纵切或横切，得到肉品的纵向或横向截面；所述肉品包括原切肉及其高仿肉；包括 b 个原切肉样品， c 个高仿肉样品，按照 $d:1$ 的比例随机分为校正集和预测集；所述 b 、 c 、 d 均为正整数；

过程二，利用可见/近红外高光谱成像系统对过程一处理后肉品的截面进行成像，得到 $M \times N \times W$ 的三维高光谱图像，其中 M 和 N 分别表示单个波长下图像像素的行数和列数， W 表示高光谱图像的波长数；

过程三，对过程二获得肉品截面对应的三维高光谱图像进行独立分量分析，得到肉品截面高光谱图像对应的前 n 个独立分量图像，分别记为 $IC-1$ ， $IC-2$ ， $\dots$ ， $IC-(n-1)$ ， $IC-n$ ，其中 n 为小于等于 W 的正整数；

过程四，以过程三得到的独立分量图像 $IC-i$ 的中心位置为圆心，记为 $O-i$ ，坐标为 $(\text{Int}(M/2), \text{Int}(N/2))$ ，其中 $i \in [1, n]$ ；定义半径为 r 个像素的圆形区域作为特征提取区域，记为 $R-i$ ；在特征提取区域 $R-i$ 内定义以 $O-i$ 为极点、以水平射线为极轴，记为 Ox ；以像素为单位长度、以逆时针方向为正的极坐标系，利用该极坐标系在独立分量图像 $IC-i$ 上确定 q 个特征提取线段终点，记为 $Q-i-j$ ，坐标为 $(r, 360 \cdot (j-1)/q)$ ，其中 $j \in [1, q]$ ；所述 $\text{Int}(M/2)$ 表示对 $M/2$ 取整， $\text{Int}(N/2)$ 表示对 $N/2$ 取整；其中 q 为大于 1 的整数；其中 r 为不大于 $\min(\text{Int}(M/2), \text{Int}(N/2))$ 的正整数；

过程五，以过程四中独立分量图像 $IC-i$ 中的极点 $O-i$ 为起点，分别用宽度为 1 个像素的线条连接特征提取线段终点 $Q-i-j$ ，得到独立分量图像 $IC-i$ 中的 q 条特征提取线段，特征提取线段记为 $OQ-i-j$ ；

过程六，分别将过程五中独立分量图像 $IC-i$ 中的 q 条特征提取线段 $OQ-i-j$ 覆盖的图像转化为行向量，记为 $AOQ-i-j$ ；将行向量 $AOQ-i-j$ 中的像素信号强度看成是随像素点位置变化的函数，对行向量求导后得到 $AOQ-i-j$ 对应的一阶导数向量记为 $AOQ'-i-j$ 和二阶导数向量记为 $AOQ''-i-j$ ；

过程七，统计独立分量图像 $IC-i$ 对应的线阵渐变特征，记为 $B-i$ ，以数值 a 作为判定阈值， $B-i$ 为独立分量图像 $IC-i$ 对应 q 条导数向量 $AOQ'-i-j$ 的绝对值大于等于阈值 a 且 $AOQ''-i-j$ 等于 0 的元素个数，即同时满足 $|AOQ'-i-j| \geq a$ 和 $AOQ''-i-j=0$ 两个条件；所述判定阈值 $a=|AOQ'-i-j|_{\max} \cdot \eta$ ，其中 $0 < \eta < 1$ ； $|AOQ'-i-j|_{\max}$ 为独立分量图像 $IC-i$ 对应 q 条特征提取线段的一阶导数向量 $AOQ'-i-j$ 中元素绝对值的最大值；

过程八, 建立 $1 \times n$ 的矩阵 C 用于保存 n 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 $B_i (i \in [1, n])$, 其中第 i 个独立分量图像对应的线阵渐变特征 B_i 保存于 $C(1, i)$ 中用于鉴别模型的构建; 其中 n 个独立分量图像中校正集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_{cal} 和预测集对应的线阵渐变特征数据集记为 C_{pre} ;

过程九, 鉴别模型构建: 以参考值 1 代表原切肉、以参考值 0 代表高仿肉, 构建校正集对应的参考值数据集 Y_{cal} 和预测集对应的参考值数据集 Y_{pre} ; 结合过程八中的校正集的特征数据集 C_{cal} 和预测集的特征数据集 C_{pre} , 建立原切肉及其高仿肉的鉴别模型; 以预测集的正确识别率 R 作为衡量鉴别模型性能的指标, $R \geq 60\%$ 时, 对应的鉴别模型记为 Y , 其中 $Y = F_{(n,a)}(X)$, X 为每个样品全部独立分量图像对应的线阵渐变特征数据集, n 为小于等于 W 的正整数, a 作为判定阈值;

步骤二, 待测肉品样品的鉴别, 包含以下过程:

S1, 采集待测肉品样品对应的高光谱图像, 根据步骤一过程一到过程八描述的步骤提取待测肉品样品对应的线阵渐变特征数据集, 记为 C_{uk} ;

S2, 将 C_{uk} 代入步骤一的过程九中鉴别模型 $Y = F_{(n,a)}(X)$ 内, 计算待测样品对应的参考值; 当模型预测的参考值为 1 时, 待测样品为原切肉; 当模型预测的参考值为 0 时, 待测样品为高仿肉, 实现待测肉品样品的鉴别。

2. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程一中所述校正集共包含 $\text{Int}[b*d/(d+1)]$ 个原切肉样品和 $\text{Int}[c*d/(d+1)]$ 个高仿肉样品; 预测集共包含 $b - \text{Int}[b*d/(d+1)]$ 个原切肉样品和 $c - \text{Int}[c*d/(d+1)]$ 个高仿肉样品, 其中 $\text{Int}[b*d/(d+1)]$ 、 $\text{Int}[c*d/(d+1)]$ 分别表示对 $b*d/(d+1)$ 和 $c*d/(d+1)$ 取整。

3. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程一中所述 b, c 均为大于 30 的正整数; d 的取值为 1~5。

4. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程三中所述独立分量图像个数 n 的范围优化及步长 Δn : 设定独立分量图像个数 n 的最大值为 $n_{\max} = \text{Int}(W*p)$, 其中 $p \in [0.5\%, 20\%]$, $\text{Int}(W*p)$ 表示对 $W*p$ 取整; 独立分量图像个数 n 的最小值 $n_{\min} = 1$, n 的优化范围为 $n_{\min} \sim n_{\max}$; 步长 Δn 记为 f , 其中 f 为正整数。

5. 根据权利要求 4 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 所述步长 Δn 为 1。

6. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程七中所述判定阈值 a 的取值范围优化及其步长 Δa : 设定判定阈值

$a = |AOQ'-i-j|_{\max} * \eta$, 其中 $\eta \in [g\%, h\%]$, 判定阈值 a 的最大取值 $a_{\max} = |AOQ'-i-j|_{\max} * h\%$, 判定阈值 a 的最小取值 $a_{\min} = |AOQ'-i-j|_{\max} * g\%$, 步长 $\Delta a = |AOQ'-i-j|_{\max} * k\%$, 其中 g, h, k 均为正整数, 且 $g < h$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程九中当正确识别率 R 取最大值时, 对应的鉴别模型记为 Y_{op} , 其中 $Y_{op} = F_{(n_{op}, a_{op})}(X)$, 该模型对应的独立分量图像个数、判定阈值记为最优独立分量图像个数 n_{op} 和最优判定阈值 a_{op} 。

8. 根据权利要求 1 所述的基于组分线阵渐变特征的原切肉及其高仿肉的鉴别方法, 其特征在于, 过程九中所述建立原切肉及其高仿肉的鉴别模型运用的是 KNN 算法。

9. 根据权利要求 1~8 任一所述的方法用于原切肉和/或高仿肉鉴别的用途。

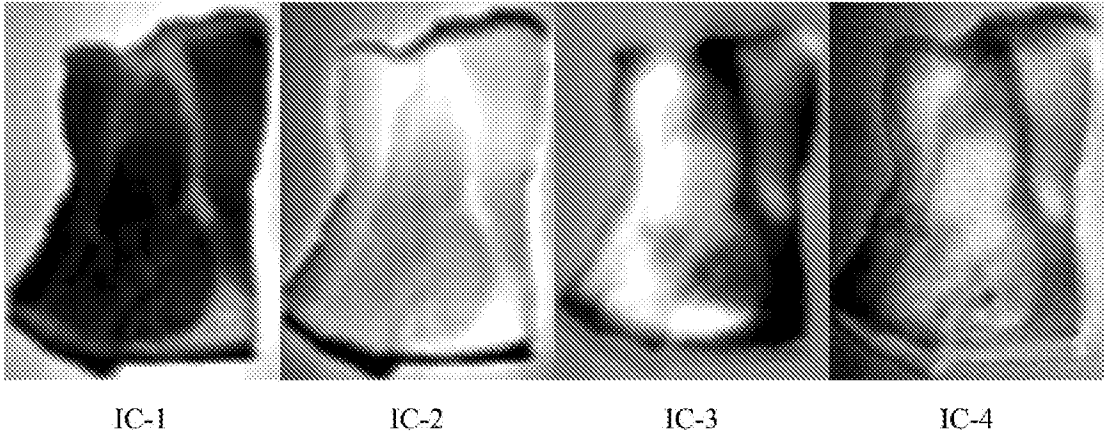


图 1

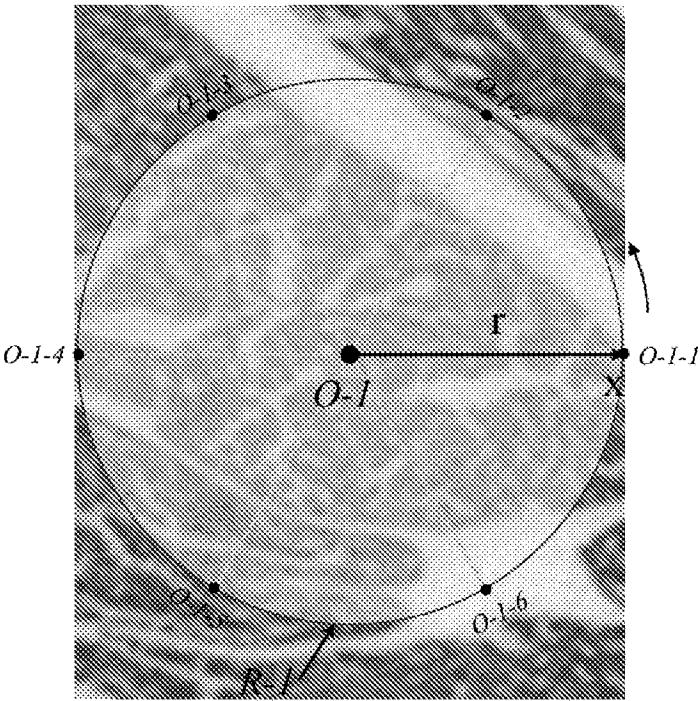


图 2

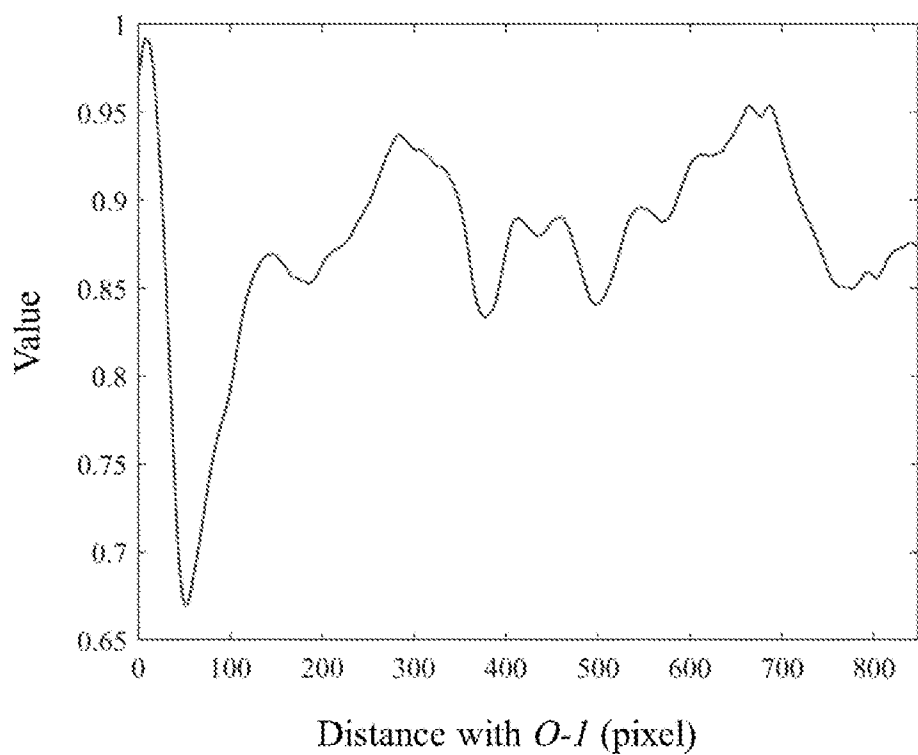


图 3

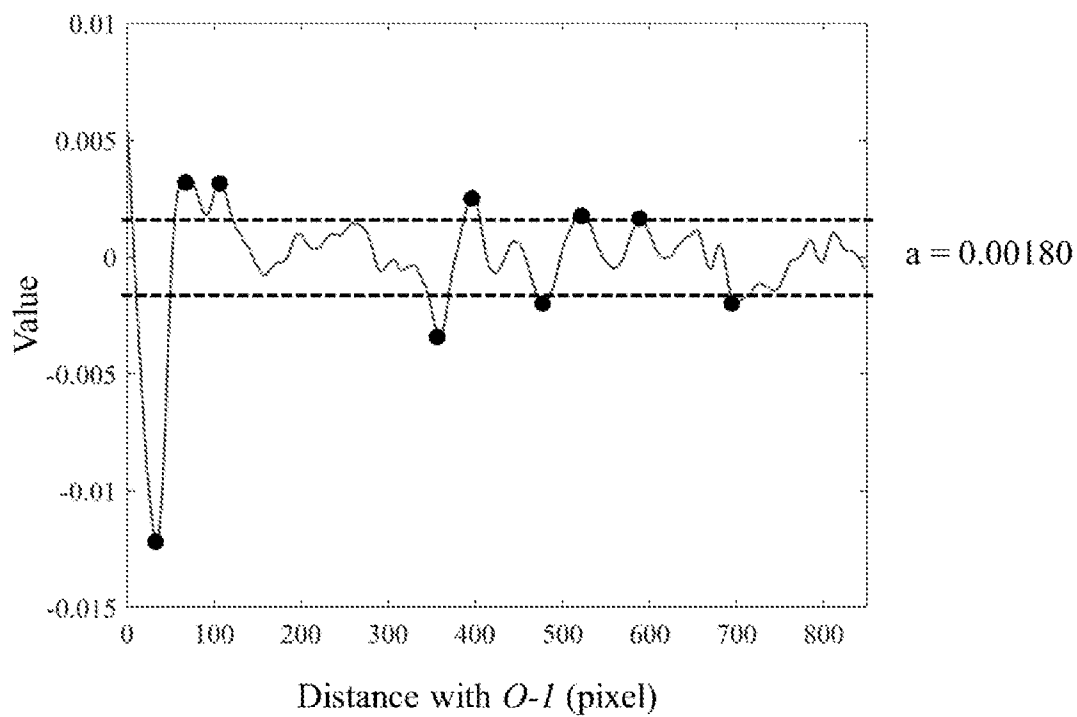


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/114199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/25(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 江苏大学, 石吉勇, 王月影, 邹小波, 黄晓玮, 李志华, 张新爱, 张迪, 光谱, 高光谱, K邻近, 鉴别, 肉, 渐变, 求导, 导数, spectrum, hyperspectral, spectral feature, KNN, distinguish, identify, meat, pork, muscle, beef, differentiate, derivation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104132896 A (SHANDONG INSTITUTE OF COMMERCE AND TECHNOLOGY) 05 November 2014 (2014-11-05) description, paragraphs [0022]-[0039], and figure 1	1-9
A	CN 107271375 A (SHIHEZI UNIVERSITY) 20 October 2017 (2017-10-20) entire document	1-9
A	CN 106841052 A (INSTITUTE OF REMOTE SENSING AND DIGITAL EARTH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 13 June 2017 (2017-06-13) entire document	1-9
A	孙宗保等 (SUN, Zongbao et al.)a. "高光谱成像的冰鲜与冻融三文鱼鉴别研究 (Identification of Chilled and Frozen-Thawed Salmon Based on Hyperspectral Imaging Technology)" 光谱学与光谱分析 (<i>Spectroscopy and Spectral Analysis</i>), Vol. 40, No. 11, 30 November 2020 (2020-11-30), ISSN: 1000-0593, pp. 3531-3534	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 April 2022

Date of mailing of the international search report

25 April 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/114199**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TW 202100999 A (FOOD INDUSTRY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE) 01 January 2021 (2021-01-01) entire document	1-9
A	US 2008199080 A1 (BOARD OF REGENTS OF UNIVERSITY OF NEBRASKA) 21 August 2008 (2008-08-21) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/114199

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104132896	A	05 November 2014	None			
CN	107271375	A	20 October 2017	CN	107271375	B	01 October 2019
CN	106841052	A	13 June 2017	CN	106841052	B	12 July 2019
TW	202100999	A	01 January 2021	TW	I684763	B	11 February 2020
US	2008199080	A1	21 August 2008	US	8280144	B2	02 October 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/114199

A. 主题的分类 G01N 21/25 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01N21 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EP0D0C: 江苏大学, 石吉勇, 王月影, 邹小波, 黄晓玮, 李志华, 张新爱, 张迪, 光谱, 高光 谱, K邻近, 鉴别, 肉, 渐变, 求导, 导数, spectrum, hyperspectral, spectral feature, KNN, distinguish, identify, meat, pork, muscle, beef, differentiate, derivation																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 104132896 A (山东国家农产品现代物流工程技术研究中心 等) 2014年11月5日 (2014 - 11 - 05) 说明书第[0022]-[0039]段及图1</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107271375 A (石河子大学) 2017年10月20日 (2017 - 10 - 20) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106841052 A (中国科学院遥感与数字地球研究所) 2017年6月13日 (2017 - 06 - 13) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>孙宗保等. “高光谱成像的冰鲜与冻融三文鱼鉴别研究” 光谱学与光谱分析, 第40卷, 第11期, 2020年11月30日 (2020 - 11 - 30), ISSN: 1000-0593, 第3531-3534页</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>TW 202100999 A (FOOD INDUSTRY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE) 2021年1月 1日 (2021 - 01 - 01) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2008199080 A1 (UNIV. NEBRASKA) 2008年8月21日 (2008 - 08 - 21) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 104132896 A (山东国家农产品现代物流工程技术研究中心 等) 2014年11月5日 (2014 - 11 - 05) 说明书第[0022]-[0039]段及图1	1-9	A	CN 107271375 A (石河子大学) 2017年10月20日 (2017 - 10 - 20) 全文	1-9	A	CN 106841052 A (中国科学院遥感与数字地球研究所) 2017年6月13日 (2017 - 06 - 13) 全文	1-9	A	孙宗保等. “高光谱成像的冰鲜与冻融三文鱼鉴别研究” 光谱学与光谱分析, 第40卷, 第11期, 2020年11月30日 (2020 - 11 - 30), ISSN: 1000-0593, 第3531-3534页	1-9	A	TW 202100999 A (FOOD INDUSTRY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE) 2021年1月 1日 (2021 - 01 - 01) 全文	1-9	A	US 2008199080 A1 (UNIV. NEBRASKA) 2008年8月21日 (2008 - 08 - 21) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
A	CN 104132896 A (山东国家农产品现代物流工程技术研究中心 等) 2014年11月5日 (2014 - 11 - 05) 说明书第[0022]-[0039]段及图1	1-9																					
A	CN 107271375 A (石河子大学) 2017年10月20日 (2017 - 10 - 20) 全文	1-9																					
A	CN 106841052 A (中国科学院遥感与数字地球研究所) 2017年6月13日 (2017 - 06 - 13) 全文	1-9																					
A	孙宗保等. “高光谱成像的冰鲜与冻融三文鱼鉴别研究” 光谱学与光谱分析, 第40卷, 第11期, 2020年11月30日 (2020 - 11 - 30), ISSN: 1000-0593, 第3531-3534页	1-9																					
A	TW 202100999 A (FOOD INDUSTRY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE) 2021年1月 1日 (2021 - 01 - 01) 全文	1-9																					
A	US 2008199080 A1 (UNIV. NEBRASKA) 2008年8月21日 (2008 - 08 - 21) 全文	1-9																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期																					
2022年4月1日		2022年4月25日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员																					
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		郑睿 电话号码 86-(10)-53962447																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/114199

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104132896	A	2014年11月5日	无	
CN	107271375	A	2017年10月20日	CN	107271375 B 2019年10月1日
CN	106841052	A	2017年6月13日	CN	106841052 B 2019年7月12日
TW	202100999	A	2021年1月1日	TW	I684763 B 2020年2月11日
US	2008199080	A1	2008年8月21日	US	8280144 B2 2012年10月2日