

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6826802号
(P6826802)

(45) 発行日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(24) 登録日 令和3年1月20日(2021.1.20)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/3563 (2014.01) GO 1 N 21/3563
GO 1 N 21/359 (2014.01) GO 1 N 21/359

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-46921 (P2017-46921)	(73) 特許権者	000173706 一般財団法人雑質技術研究所 和歌山県和歌山市黒田二丁目1番20号
(22) 出願日	平成29年3月13日(2017.3.13)	(74) 代理人	100074561 弁理士 柳野 隆生
(65) 公開番号	特開2017-219536 (P2017-219536A)	(74) 代理人	100124925 弁理士 森岡 則夫
(43) 公開日	平成29年12月14日(2017.12.14)	(74) 代理人	100141874 弁理士 関口 久由
審査請求日	令和1年12月11日(2019.12.11)	(74) 代理人	100163577 弁理士 中川 正人
(31) 優先権主張番号	特願2016-112409 (P2016-112409)	(72) 発明者	阪中 達幸 和歌山市黒田二丁目1番20号 一般財団 法人雑質技術研究所内
(32) 優先日	平成28年6月6日(2016.6.6)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

青果物の可食部を粉碎又はすり潰して非定形状の測定対象物を作成する工程と、
 前記測定対象物に、光源から白色又は複数の波長を有する光を照射して、透過スペクトルを測定する工程と、

前記透過スペクトルの透過光強度と予め測定しておいたリファレンス光の強度を用いて吸光度を算出することにより、所要波長範囲の吸収スペクトルを算出する工程と、

前記吸収スペクトル、又は前記吸収スペクトルを信号処理したスペクトルを用いて所定波長の吸光度を求め、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式から、前記機能性色素成分の分量を推定する工程と、

10

を含み、
 前記測定対象物は、

前記可食部を粉碎又はすり潰したままの懸濁状態であり、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである、
 青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法。

【請求項2】

青果物の可食部を粉碎又はすり潰して非定形状の測定対象物を作成する工程と、

前記測定対象物に、光源から白色若しくは複数の波長を有する光を照射して、又は単一

20

波長の複数の光源を切り替えて前記光源から光を照射して、所定波長の透過光強度を測定する工程と、

前記透過光強度と予め測定しておいたリファレンス光の強度を用いて所定波長の吸光度を算出する工程と、

前記所定波長の吸光度、又は前記所定波長の吸光度を信号処理したものをを用いて、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式から、前記機能性色素成分の分量を推定する工程と、

を含み、

前記測定対象物は、

前記可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態であり、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである、

青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法。

【請求項 3】

青果物の可食部の機能性色素成分を近赤外分光法により定量分析を行うための検量線作成に用いる、

請求項 1 又は 2 記載の青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法。

【請求項 4】

前記青果物が柑橘類であり、前記機能性色素成分が - クリプトキサンチンである、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法。

【請求項 5】

前記青果物がトマトであり、前記機能性色素成分がリコペンである、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法。

【請求項 6】

青果物の可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態である非定形状の測定対象物に対し、白色又は複数の波長を有する光を照射する光源と、

前記測定対象物を透過した透過光から透過スペクトルを測定する検出器と、

前記透過スペクトルの透過光強度と予め測定して記憶装置に保存しておいたリファレンス光の強度を用いて吸光度を算出することにより、所要波長範囲の吸収スペクトルを算出し、前記吸収スペクトル、又は前記吸収スペクトルを信号処理したスペクトルを用いて所定波長の吸光度を求め、予め作成して前記記憶装置に保存しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式を演算する演算装置と、

前記演算装置による前記換算式の演算結果を、前記機能性色素成分の分量の推定値として表示する表示部と、

を備え、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである、

青果物の可食部の機能性色素成分の測定装置。

【請求項 7】

青果物の可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態である非定形状の測定対象物に対し、白色若しくは複数の波長を有する光を照射する光源、又は、切り替え可能な、波長の異なる単一波長の光を照射する複数の光源と、

前記測定対象物を透過した所定波長の透過光の強度を測定する検出器と、

前記強度と予め測定して記憶装置に保存しておいたリファレンス光の強度を用いて所定波長の吸光度を算出し、前記所定波長の吸光度、又は前記所定波長の吸光度を信号処理したものをを用いて、予め作成して前記記憶装置に保存しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式を演算する演算装置と、

前記演算装置による前記換算式の演算結果を、前記機能性色素成分の分量の推定値と

10

20

30

40

50

して表示する表示部と、
を備え、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである、
青果物の可食部の機能性色素成分の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、青果物の可食部の機能性色素成分を測定する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特定保健用食品（トクホ）及び栄養機能食品以外で、機能性表示を事業者が自己責任で行う食品の新たな機能性表示制度が、2015年4月1日から始まっている（例えば、非特許文献1参照）。

ここで、「機能性」とは、生体の生理機能を調整する働き（体調調整機能）のことである。

機能性色素成分である、骨量の減少抑制機能を有する - クリプトキサンチンを多く含むうんしゅうみかんにおいて、「三ヶ日みかん」（登録商標）が機能性表示食品として消費者庁に受理され（例えば、非特許文献2参照）、2015年11月初旬から機能性表示食品のみかんとして流通している。「三ヶ日みかん」（登録商標）では、みかんを詰める段ボール箱に「骨の健康に役立つ - クリプトキサンチンが含まれています」と表示している。

【0003】

このような生鮮食品の機能性成分は、産地や栽培方法により、同じ品種であっても含有量に差があるので、機能性成分を表示して販売するためには、各個体毎に機能性成分の含有量を保証する必要がある。

よって、「三ヶ日みかん」（登録商標）では、 - クリプトキサンチンは糖度と相関があることに着目し、近赤外光により非破壊的に測定する検出器（いわゆる「光センサ」）で、各個体毎に糖度を測定している（例えば、特許文献1及び2、並びに非特許文献3参照）。それにより、糖度が一定基準より低いうんしゅうみかんを規格外品として除外することにより、機能性表示の対象となる - クリプトキサンチンの含有量を担保している（例えば、非特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平6 - 213804号公報

【特許文献2】特許第3056037号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】“機能性表示食品に関する情報”、消費者庁のウェブページ、[平成28年5月30日検索]、インターネット<URL: <http://www.caa.go.jp/foods/index23.html>>

【非特許文献2】“販売しようとする機能性表示食品の科学的根拠等に関する基本情報”、機能性表示制度の届出番号A79：商品名「三ヶ日みかん」、[平成28年5月30日検索]、インターネット<URL: <http://www.caa.go.jp/foods/pdf/A79-ippan.pdf>>

【非特許文献3】河野澄夫、藤原孝之、岩元睦夫、“近赤外透過法によるウンシュウミカン糖度の非破壊測定”、園芸学会雑誌、Vol.62、No.2、p.465-470、1993

【非特許文献4】伊藤秀和、堀江秀樹、“トマトのリコペンの最適抽出溶媒の選定とこれ

10

20

30

40

50

を用いた簡易迅速定量法”、農研機構のウェブページ、[平成28年5月30日検索]、インターネット<URL:http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2010/vegetea10-11.html>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本願の発明者らが確認したところ、糖度と - クリプトキサンチンの相関係数は、例えば0.7程度であり、十分に高い相関があるとは言えない。また、品種によっては、 - クリプトキサンチンと糖度の相関関係に基づく方法に当てはまらないものもある。

よって、うんしゅうみかんにおける - クリプトキサンチンの含有量をより精度良く推定できる方法が求められている。

10

【0007】

本願の発明者らがデータ取りを行って評価した結果、各個体毎に光センサで - クリプトキサンチンを直接推定できる可能性あることが分かった。

各個体毎に光センサで - クリプトキサンチンを直接推定する場合、 - クリプトキサンチンを数多く（例えば、最低でも100個程度）分析し、検量線を作成しておく必要がある。また、一般的に、光センサでは、シーズン毎に検量線を作成する必要がある。

【0008】

検量線を作成するための - クリプトキサンチンの分析に高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を用いる場合、前処理から機器分析まで約30分ないし約1時間程度は掛かるため、とても実運用では使用できない。その上、人体に有害な有機溶媒を使用するので、ドラフト内で抽出を行う必要がある。

20

なお、各個体毎に光センサで糖度を測定する場合も同様に検量線を作成する必要がある。しかし、糖度の分析は搾汁から測定まで30秒程度で実測できるため、実運用できている。

【0009】

HPLCを用いずに比較的簡易かつ迅速に定量する方法として、トマトの機能性色素成分であるリコペンに対する最適抽出溶媒を選定し、この抽出溶媒を用いて分光分析を行う提案がある（例えば、非特許文献4参照）。

しかしながら、この方法においても人体に有害な有機溶媒を使用することから、ドラフト内で抽出を行う必要があるため、抽出作業が煩雑である。

30

【0010】

そこで、本発明が前述の状況に鑑み、解決しようとするところは、青果物の可食部の機能性色素成分の測定を、有機溶媒を使用することなく簡易かつ迅速に、精度良く行える方法及び装置を提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法は、前記課題解決のために、青果物の可食部を粉碎又はすり潰して非定形状の測定対象物を作成する工程と、前記測定対象物に、光源から白色又は複数の波長を有する光を照射して、透過スペクトルを測定する工程と、

40

前記透過スペクトルの透過光強度と予め測定しておいたリファレンス光の強度を用いて吸光度を算出することにより、所要波長範囲の吸収スペクトルを算出する工程と、

前記吸収スペクトル、又は前記吸収スペクトルを信号処理したスペクトルを用いて所定波長の吸光度を求め、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式から、前記機能性色素成分の分量を推定する工程と、
を含み、

前記測定対象物は、

前記可食部を粉碎又はすり潰したままの懸濁状態であり、

前記所定波長の吸光度は、

50

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである（請求項1）。

【0012】

また、本発明に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法は、前記課題解決のために、

青果物の可食部を粉砕又はすり潰して非定形状の測定対象物を作成する工程と、

前記測定対象物に、光源から白色若しくは複数の波長を有する光を照射して、又は単一波長の複数の光源を切り替えて前記光源から光を照射して、所定波長の透過光強度を測定する工程と、

前記透過光強度と予め測定しておいたリファレンス光の強度を用いて所定波長の吸光度を算出する工程と、

前記所定波長の吸光度、又は前記所定波長の吸光度を信号処理したものをを用いて、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式から、前記機能性色素成分の分量を推定する工程と、

を含み、

前記測定対象物は、

前記可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態であり、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである（請求項2）。

【0013】

ここで、前記測定方法は、青果物の可食部の機能性色素成分を近赤外分光法により定量分析を行うための検量線作成に用いるのが好ましい（請求項3）。

【0014】

また、前記青果物が柑橘類であり、前記機能性色素成分が - クリプトキサンチンであるのが好ましい実施態様である（請求項4）。

【0015】

さらに、前記青果物がトマトであり、前記機能性色素成分がリコペンであるのも好ましい実施態様である（請求項5）。

【0016】

本発明に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定装置は、前記課題解決のために、青果物の可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態である非定形状の測定対象物に対し、白色又は複数の波長を有する光を照射する光源と、

前記測定対象物を透過した透過光から透過スペクトルを測定する検出器と、

前記透過スペクトルの透過光強度と予め測定して記憶装置に保存しておいたリファレンス光の強度を用いて吸光度を算出することにより、所要波長範囲の吸収スペクトルを算出し、前記吸収スペクトル、又は前記吸収スペクトルを信号処理したスペクトルを用いて所定波長の吸光度を求め、予め作成して前記記憶装置に保存しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式を演算する演算装置と、

前記演算装置による前記換算式の演算結果を、前記機能性色素成分の分量の推定値として表示する表示部と、

を備え、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである（請求項6）。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定装置は、前記課題解決のために、
 青果物の可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態である非定形状の測定対象物に対し、白色若しくは複数の波長を有する光を照射する光源、又は、切り替え可能な、波長の異なる単一波長の光を照射する複数の光源と、

前記測定対象物を透過した所定波長の透過光の強度を測定する検出器と、

前記強度と予め測定して記憶装置に保存しておいたリファレンス光の強度を用いて所定波長の吸光度を算出し、前記所定波長の吸光度、又は前記所定波長の吸光度を信号処理したものをを用いて、予め作成して前記記憶装置に保存しておいた、前記所定波長の吸光度と前記可食部の機能性色素成分の換算式を演算する演算装置と、

前記演算装置による前記換算式の演算結果を、前記機能性色素成分の成分量の推定値として表示する表示部と、

を備え、

前記所定波長の吸光度は、

前記測定対象物が懸濁状態のものであるとともに光路長が長いために透過光量が不足して信頼性の高い前記吸光度が得られないデータを除外した波長範囲のものである（請求項7）。

【発明の効果】

【0018】

以上のような本発明に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法及び装置によれば、青果物の可食部を粉砕又はすり潰したままの懸濁状態である非定形状の測定対象物に対し、白色光等を照射して透過光強度から所定波長の吸光度を算出し、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記機能性色素成分の換算式から、前記機能性色素成分の成分量を推定するので、前記機能性色素成分の測定を、有機溶媒を使用することなく簡易かつ迅速に、精度良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】青果物の可食部の機能性色素成分測定装置の概略図である。

【図2】透過スペクトルを示すグラフである。

【図3】前記測定装置の変形例を示す概略図である。

【図4】前記測定装置の変形例を示す概略図である。

【図5】吸収スペクトルを示すグラフである。

【図6】二次微分吸収スペクトルを示すグラフである。

【図7】 - クリプトキサンチンの透明液の吸収スペクトルを示すグラフである。

【図8】（各波長の吸光度 - 700 nmの波長の吸光度）と - クリプトキサンチン分析値との相関を示すグラフである。

【図9】実施例1における吸光度の選択を示す図である。

【図10】実施例1による - クリプトキサンチン推定値と - クリプトキサンチン分析値の相関を示す散布図である。

【図11】実施例2による - クリプトキサンチン推定値と - クリプトキサンチン分析値の相関を示す散布図である。

【図12】実施例3による - クリプトキサンチン推定値と - クリプトキサンチン分析値の相関を示す散布図である。

【図13】実施例4における吸光度の選択を示す図である。

【図14】実施例4によるリコペン推定値とリコペン分析値の相関を示す散布図である。

【図15】二次微分吸収スペクトルを示すグラフである。

【図16】実施例5によるリコペン推定値とリコペン分析値の相関を示す散布図である。

【図17】実施例6によるリコペン推定値とリコペン分析値の相関を示す散布図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

青果物の可食部には、様々な機能性色素成分が含まれており、本発明における青果物の可食部の機能性色素成分は、例えば - クリプトキサンチン、リコペン、 - カロテン、ケルセチン、カテキン、アントシアニン、カプサンチン、ゼアキサンチン、ルテイン、クロロフィル等である。

これらの機能性色素成分は、様々な青果物に含まれており、例えば、 - クリプトキサンチンはみかん、リコペンはトマトに含まれている。

ここで、「トマト」は、大玉トマト、中玉トマト、ミニトマト、調理用トマト、及び赤色以外のトマト等のトマト全般を指す。

また、 - クリプトキサンチンが可食部の機能性色素成分である青果物は、みかんに限定されるものではなく、みかん以外の中晩柑類等の柑橘類も含む。

以下、本発明の実施の形態に係る青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法及び装置について説明する。

【0021】

[実施の形態1]

<測定対象物を作成する工程>

先ず、青果物の可食部を粉碎又はすり潰して、非定形状の測定対象物を作成する。この測定対象物は、例えば、ペースト状、ゲル状、又はゾル状である。

搾り果汁（透明液）ではなく、青果物の可食部を粉碎又はすり潰した非定形状の測定対象物を用いるのは、搾り果汁以外の果肉等に多くの機能性成分が含まれているためである。

また、ペースト状、ゲル状、又はゾル状等の測定対象物は懸濁状態であるため、搾り果汁（透明液）と比較して吸光度が高くなる（試料中で光の拡散量が増える）。

【0022】

<透過スペクトルを測定する工程>

図1の概略図に示すように、測定対象物作成工程で作成した非定形状の測定対象物Mを透明の容器2に入れ、青果物の可食部の機能性色素成分測定装置1にセットする。

測定対象物Mに対し、光源3から白色又は複数の波長を有する光Lを照射して、検出器4の受光手段により透過光を受光し、検出器4の透過光を分光処理する分光器等により、図2の実線に示すような所要の波長範囲（例えば450nm～750nm）で、透過光強度（透過光量）の波長変化である透過スペクトルを測定する。

【0023】

ここで、測定対象物は完全に均一ではないため、一定以上（4mm以上）の光路長で測定する。

なお、測定装置1は、図1の概略図のような容器2を測定装置1にセットする構成ではなく、図3の概略図に示すように、測定波長域の光を遮断する色の容器5内に収容した非定形状の測定対象物Mに対し、光源から光ファイバー6により光Lを照射して、光ファイバー6を通して検出器により透過光を検出するようにしてもよい。

あるいは、図4の概略図に示すように、非定形状の測定対象物Mを容器に入れずに、ピペット7等から測定対象物Mを測定装置1内に滴下するように構成してもよい。

【0024】

<吸収スペクトルを算出する工程>

図2の実線の透過スペクトルの透過光量（透過光強度） I_t と、図2の一点鎖線の予め測定しておいたリファレンス光の強度 I_0 を用いて、測定装置1内の演算装置が、吸光度 a_n を式(1)により算出し、図5に示す、吸光度の波長変化である吸収スペクトルを求める。

【0025】

$$a_n = \log(I_0 / I_t) \quad (1)$$

【0026】

10

20

30

40

50

< 機能性色素成分の成分量を推定する工程 >

図5に示す吸収スペクトル、又は図5に示す吸収スペクトルを信号処理したスペクトルから、所定波長の吸光度を求め、予め作成しておいた換算式より機能性色素成分を推定する。すなわち、測定対象物には可食部の全色素成分が存在しており、その中に機能性色素成分が含まれている。そこで、所定波長の吸光度 a_1, a_2, \dots, a_n と HPLC 等で分析したターゲットとなる機能性色素成分の成分量より、予め換算式を作成しておくことで、ターゲットとなる機能性色素成分を迅速に推定する。

【0027】

前記信号処理には、平滑化、二次微分、乗法的散乱補正 (Multiplicative Scatter Correction (MSC)) 等がある。図5に示す吸収スペクトルを二次微分した吸収スペクトルを図6に示す。

10

前記換算式は、例えば式(2)のように記載することができ、係数 $A_1 \sim A_n$ は、品目・品種毎に予め決定しておく。このような換算式は、品目・品種毎に異なるため、品目・品種毎に複数の換算式が必要になる。

【0028】

$$A_n = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_n \cdot a_n \quad (2)$$

【0029】

[実施の形態2]

< 測定対象物を作成する工程 >

実施の形態1と同様の測定対象物を作成する工程を行う。

20

【0030】

< 透過光強度を測定する工程 >

図1のような青果物の可食部の機能性色素成分測定装置1において、検出器4を、透過スペクトルを測定する構成ではなく、フィルター等の光透過手段及びフォトダイオード等の光検出手段により、所定波長の透過光強度を測定するように構成してもよく、このような構成の検出器により、所定波長の透過光強度を測定する。

このような構成における光源3は、実施の形態1と同様に白色又は複数の波長を有する光を照射するものでもよいが、波長の異なる、単一波長の光を照射する複数の光源を切り替えて光を照射するものであってもよい。

【0031】

30

< 吸光度を算出する工程 >

透過光強度を測定する工程で測定した所定波長の透過光強度 I_n と、図2の一点鎖線の予め測定しておいたリファレンス光の強度 I_0 を用いて、測定装置1内の演算装置が、所定波長の吸光度 a_n を式(1)により算出する。

【0032】

< 機能性色素成分の成分量を推定する工程 >

吸光度を算出する工程で求めた所定波長の吸光度、又は前記吸光度を信号処理したものから、予め作成しておいた、所定波長の吸光度と機能性色素成分の換算式から、機能性色素成分の成分量を推定する。

【0033】

40

< 透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータの除外方法 >

図2に示す透過スペクトルにおいて、波長が約500nm以下では、実線で示す測定対象物の透過スペクトルは、破線で示すダーク(真っ暗な状態)レベルと同程度であり、透過光量が不足していることが分かる。

よって、図5に示す吸収スペクトルにおいて、波長が約500nm以下では信頼性の低い(精度の悪い)吸収スペクトルのデータしか得られていない。

図7の吸収スペクトルは、ヘキサニン-クリプトキサンチンを溶解させた、-クリプトキサンチンの透明液のスペクトルデータであり、図5に示す吸収スペクトルは、本来であれば図7のような波形になるはずであるが、そのようになっていない。

【0034】

50

透過光量が不足して正しい吸光度が得られないデータの除外方法について、青果物がみかんで機能性色素成分が - クリプトキサンチンである場合を具体例として説明する。

【 0 0 3 5 】

図 5 に示す吸収スペクトルで、特異的な吸収が少ない波長領域において、吸光度の最小値付近の波長として 7 0 0 n m を選択する。

次に、選択した 7 0 0 n m の波長よりも短波長側の各波長の吸光度と 7 0 0 n m の波長の吸光度との差と、 - クリプトキサンチンとの相関係数を求める。

図 8 に示す（各波長の吸光度 - 7 0 0 n m の波長の吸光度）と - クリプトキサンチン分析値との相関を示すグラフから、前記相関係数は、5 5 0 n m ~ 6 0 0 n m 付近で最大となり、さらに短波長側では低下している。

10

図 7 の - クリプトキサンチンの透明液の吸収スペクトルのデータから、 - クリプトキサンチンの吸収ピークは 4 5 0 n m の波長付近にあるので、本来であれば 4 5 0 n m の波長付近までは高い相関係数が得られるはずであるが、そのようになっていない。その理由は、測定対象物が果肉を含む懸濁物であるとともに光路長が長いためであると考えられる。

【 0 0 3 6 】

以上の検討から、図 2 に示す透過光量がダークレベルに近く透過光量が不足している箇所において、前記相関係数が低い値である場合には信頼性の高い吸光度が得られないと判断できる。

よって、前記箇所において、前記相関係数として中程度以上の相関がある相関係数が 0 . 5 以上の範囲を選択することにより、透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータを除外できる。

20

すなわち、図 5 の吸収スペクトル、及び図 6 の二次微分吸収スペクトルにおいて、図 8 における 0 . 5 以上の相関係数に対応する、波長が約 5 1 0 n m 以上であれば、透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータを除外した、信頼性の高い吸光度が得られていると言える。

なお、図 5 の吸収スペクトルの吸収ピークは、図 7 の - クリプトキサンチンの透明液の吸収スペクトルの吸収ピークと波長が大きく異なるが、可視光領域での機能性色素成分の吸収はブロードであるため、5 1 0 n m 以上の波長領域のデータにより計測可能である。

30

以上の検討は機能性色素成分が - クリプトキサンチンである場合についてのものであるが、その他の機能性色素成分であっても、同様の方法により、透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータを除外できる。

【 0 0 3 7 】

< 実施例 1 ないし 3 >

青果物がみかんで、機能性色素成分が - クリプトキサンチンである場合について、前記機能性色素成分推定工程の実施例を説明する。

前記のとおり透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータを除外するために、5 1 0 n m 以上の波長の吸光度を用いる。

【 0 0 3 8 】

40

（実施例 1）

図 9 に示す吸収スペクトルにおいて、5 1 0 n m 以上の波長の吸光度として、特定の吸光度を 2 点使用し、それら差分値から - クリプトキサンチンの成分量を推定する。

2 点の前記特定の吸光度は、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲から一つの波長を選択し、選択した前記波長以外の一つの波長を選択すればよい。

なお、使用するスペクトルは、吸収スペクトル、及び吸収スペクトルを信号処理したスペクトルのどちらでもよい。

【 0 0 3 9 】

図 9 の吸収スペクトルから、5 1 0 n m 以上の波長において、約 6 0 0 n m 以下の波長では吸光度が大きく、約 6 0 0 n m の波長では吸光度が小さいことが分かる。

50

吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲である510nmないし600nmの波長範囲から一つの波長 λ_1 を選択し、波長 λ_1 以外の波長 λ_2 を選択する。波長 λ_1 の吸光度は a_1 であり、波長 λ_2 の吸光度は b_1 である。

ここで、特異的な吸収のある波長範囲の波長 λ_1 の吸光度 a_1 に加え、波長 λ_1 と波長が異なる波長 λ_2 の吸光度 b_1 を使用する理由は、測定対象物が完全に均一ではないため試料毎や測定毎に変動する吸光度 a_1 の変動をキャンセルするためである。

【0040】

波長 λ_1 に対応する吸光度 a_1 と波長 λ_2 に対応する吸光度 b_1 の差分値から、式(3)のように換算式を求める。

ここで、 A_1 、 B_1 は、ターゲットとなる機能性色素成分である - クリプトキサンチンの成分量の分析値と、吸光度の差分($a_1 - b_1$)との関係から予め求めておいた定数である。

【0041】

$$Ans = A_1 \cdot (a_1 - b_1) + B_1 \quad (3)$$

【0042】

波長 λ_1 を540nm、波長 λ_2 を740nmとした場合の実施例1による - クリプトキサンチン推定値と、HPLCによる - クリプトキサンチン分析値の散布図を図10に示す。相関係数 R は0.96であり、非常に高い相関があることが分かる。

【0043】

(実施例2)

図9に示す吸収スペクトルにおいて、510nm以上の波長の吸光度として、特定の吸光度を3点以上使用し、それらから - クリプトキサンチンの成分量を推定する。

3点以上の前記特定の吸光度は、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲から一つの波長を選択し、選択した前記波長以外の二つ以上の波長を選択すればよい。

なお、使用するスペクトルは、吸収スペクトル、及び吸収スペクトルを信号処理したスペクトルのどちらでもよい。

【0044】

特異的な吸収のある波長範囲から選択した波長に対応する吸光度 a_1, a_2, \dots, a_m と、特異的な吸収のない波長範囲から選択した波長に対応する吸光度 b_1, b_2, \dots, b_n から、式(4)のように換算式を求める。

ここで、 $A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n, C$ は、ターゲットとなる機能性色素成分である - クリプトキサンチンの成分量の分析値と、吸光度 $a_1, a_2, \dots, a_m, b_1, b_2, \dots, b_n$ との関係から予め求めておいた定数である。

【0045】

$$Ans = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_m \cdot a_m + B_1 \cdot b_1 + B_2 \cdot b_2 + \dots + B_n \cdot b_n + C \quad (4)$$

【0046】

図6の二次微分吸収スペクトルにおいて、550nmから600nmの1nm毎の吸光度 $a_1 \sim a_{51}$ と、601nmから730nmの1nmごとの吸光度 $b_1 \sim b_{130}$ を使用して算出した実施例2による - クリプトキサンチン推定値と、HPLCによる - クリプトキサンチン分析値の散布図を図11に示す。相関係数 R は0.97であり、非常に高い相関があることが分かる。

【0047】

(実施例3)

二次微分吸収スペクトルを使用し、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲である510nmないし600nmの波長範囲から一つの波長を選択し、その波長の吸光度から - クリプトキサンチンの成分量を推定する。

二次微分吸収スペクトルを使用するので、二次微分処理により試料毎や測定毎に変動する吸光度の変化をキャンセルできる。

【0048】

10

20

30

40

50

特異的な吸収のある波長範囲から選択した波長 λ_1 に対応する吸光度を a とし、式 (5) のように換算式を求める。

ここで、 A 、 B は、ターゲットとなる機能性色素成分である β -クリプトキサンチンの成分量の分析値と、吸光度 a との関係から予め求めておいた定数である。

【0049】

$$Ans = A \cdot a + B \quad (5)$$

【0050】

波長 λ_1 を 570 nm とした場合の実施例 3 による β -クリプトキサンチン推定値と、HPLC による β -クリプトキサンチン分析値の散布図を図 12 に示す。相関係数 R は 0.96 であり、非常に高い相関があることが分かる。

10

【0051】

<実施例 4 ないし 6 >

青果物がトマトで、機能性色素成分がリコペンである場合について、前記機能性色素成分推定工程の実施例を説明する。

前記のとおり透過光量が不足して信頼性の高い吸光度が得られないデータを除外するために、490 nm 以上の波長の吸光度を用いる。

【0052】

(実施例 4)

図 13 に示す吸収スペクトルにおいて、490 nm 以上の波長の吸光度として、特定の吸光度を 2 点使用し、それら差分値からリコペンの成分量を推定する。

20

2 点の前記特定の吸光度は、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲から一つの波長を選択し、選択した前記波長以外の一つの波長を選択すればよい。

なお、使用するスペクトルは、吸収スペクトル、及び吸収スペクトルを信号処理したスペクトルのどちらでもよい。

【0053】

図 13 の吸収スペクトルから、490 nm 以上の波長において、約 650 nm 以下の波長では吸光度が大きく、約 650 nm の波長では吸光度が小さいことが分かる。

吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲である 490 nm ないし 650 nm の波長範囲から一つの波長 λ_1 を選択し、波長 λ_1 以外の波長 λ_2 を選択する。波長 λ_1 の吸光度は a_1 であり、波長 λ_2 の吸光度は b_1 である。

30

ここで、特異的な吸収のある波長範囲の波長 λ_1 の吸光度 a_1 に加え、波長 λ_1 と波長が異なる波長 λ_2 の吸光度 b_1 を使用する理由は、測定対象物が完全に均一ではないため試料毎や測定毎に変動する吸光度 a_1 の変動をキャンセルするためである。

【0054】

波長 λ_1 に対応する吸光度 a_1 と波長 λ_2 に対応する吸光度 b_1 の差分値から、式 (6) のように換算式を求める。

ここで、 A_1 、 B_1 は、ターゲットとなる機能性色素成分であるリコペンの成分量の分析値と、吸光度の差分 ($a_1 - b_1$) との関係から予め求めておいた定数である。

【0055】

$$Ans = A_1 \cdot (a_1 - b_1) + B_1 \quad (6)$$

40

【0056】

波長 λ_1 を 590 nm、波長 λ_2 を 740 nm とした場合の実施例 4 によるリコペン推定値と、HPLC によるリコペン分析値の散布図を図 14 に示す。相関係数 R は 0.99 であり、非常に高い相関があることが分かる。

【0057】

(実施例 5)

図 13 に示す吸収スペクトルにおいて、490 nm 以上の波長の吸光度として、特定の吸光度を 3 点以上使用し、それらからリコペンの成分量を推定する。

3 点以上の前記特定の吸光度は、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲から一つの波長を選択し、選択した前記波長以外の二つ以上の波長を選択すればよい。

50

なお、使用するスペクトルは、吸収スペクトル、及び吸収スペクトルを信号処理したスペクトルのどちらでもよい。

【 0 0 5 8 】

特異的な吸収のある波長範囲から選択した波長に対応する吸光度 a_1, a_2, \dots, a_m と、特異的な吸収のない波長範囲から選択した波長に対応する吸光度 b_1, b_2, \dots, b_n から、式 (7) のように換算式を求める。

ここで、 $A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n, C$ は、ターゲットとなる機能性色素成分であるリコペンの成分量の分析値と、吸光度 $a_1, a_2, \dots, a_m, b_1, b_2, \dots, b_n$ との関係から予め求めておいた定数である。

【 0 0 5 9 】

$$Ans = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_m \cdot a_m + B_1 \cdot b_1 + B_2 \cdot b_2 + \dots + B_n \cdot b_n + C \quad (7)$$

【 0 0 6 0 】

図 1 5 は図 1 3 の吸収スペクトルを二次微分処理したスペクトルである。図 1 5 の二次微分吸収スペクトルにおいて、550 nm から 650 nm の 1 nm 毎の吸光度 $a_1 \sim a_{101}$ と、651 nm から 730 nm の 1 nm ごとの吸光度 $b_1 \sim b_{80}$ を使用して算出した実施例 5 によるリコペン推定値と、HPLC によるリコペン分析値の散布図を図 1 6 に示す。相関係数 R は 0.99 であり、非常に高い相関があることが分かる。

【 0 0 6 1 】

(実施例 6)

二次微分吸収スペクトルを使用し、吸光度が大きく特異的な吸収のある波長範囲である 490 nm ないし 650 nm の波長範囲から一つの波長を選択し、その波長の吸光度からリコペンの成分量を推定する。

二次微分吸収スペクトルを使用するので、二次微分処理により試料毎や測定毎に変動する吸光度の変化をキャンセルできる。

【 0 0 6 2 】

特異的な吸収のある波長範囲から選択した波長 に対応する吸光度を a とし、式 (8) のように換算式を求める。

ここで、 A, B は、ターゲットとなる機能性色素成分であるリコペンの成分量の分析値と、吸光度 a との関係から予め求めておいた定数である。

【 0 0 6 3 】

$$Ans = A \cdot a + B \quad (8)$$

【 0 0 6 4 】

波長 を 630 nm とした場合の実施例 6 によるリコペン推定値と、HPLC によるリコペン分析値の散布図を図 1 7 に示す。相関係数 R は 0.98 であり、非常に高い相関があることが分かる。

【 0 0 6 5 】

図 1、図 3 及び図 4 のような青果物の可食部の機能性色素成分測定装置 1 は、記憶装置に実施例 1 ~ 3 のような前記換算式を保存しておき、演算装置により前記換算式を演算して求めた前記換算式の値を、機能性色素成分の成分量の推定値として表示部 8 に表示する。

このような機能性色素成分の成分量の推定に掛かる時間は、非定形状の測定対象物を作成する時間を含めてもせいぜい数分程度である。

なお、測定装置 1 は、その記憶装置に複数の換算式を登録可能であり、品目や品種等に対応して所要の換算式を選択できる。

【 0 0 6 6 】

以上のような青果物の可食部の機能性色素成分の測定方法及び装置によれば、青果物の可食部を粉碎又はすり潰して作成した非定形状の測定対象物に対し、白色光等を照射して透過光強度から所定波長の吸光度を算出し、予め作成しておいた、前記所定波長の吸光度と前記機能性色素成分の換算式から、青果物の可食部の機能性色素成分の成分量を推定す

10

20

30

40

50

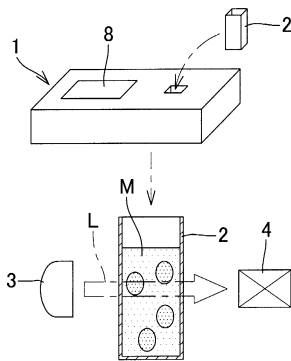
るので、前記機能性色素成分の測定を、有機溶媒を使用することなく簡易かつ迅速に、精度良く行うことができる。

【符号の説明】

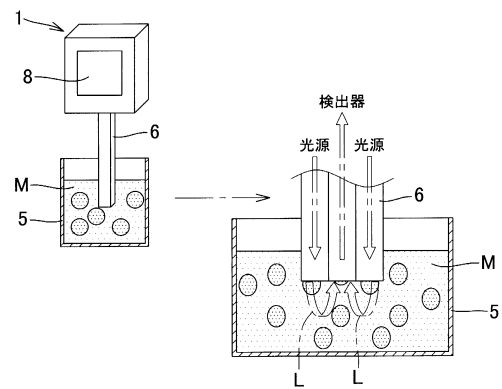
【 0 0 6 7 】

- 1 青果物の可食部の機能性色素成分測定装置
- 2 容器
- 3 光源
- 4 検出器
- 5 容器
- 6 光ファイバー
- 7 ピペット
- 8 表示部
- L 白色又は複数の波長を有する光
- M 測定対象物

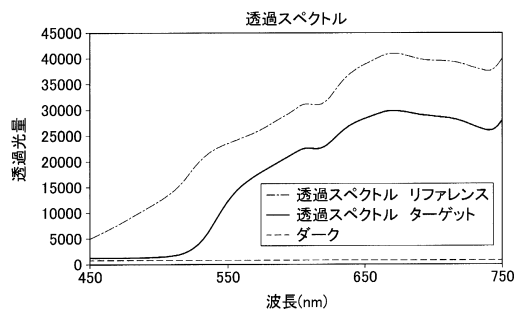
【 図 1 】



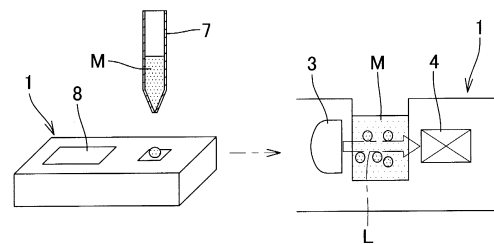
【 図 3 】



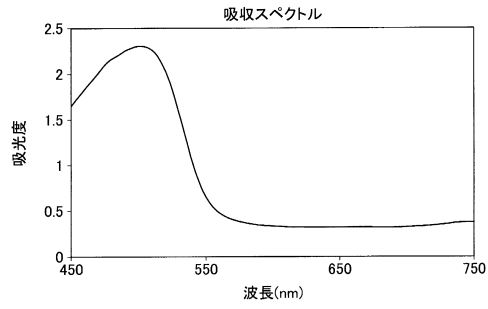
【 図 2 】



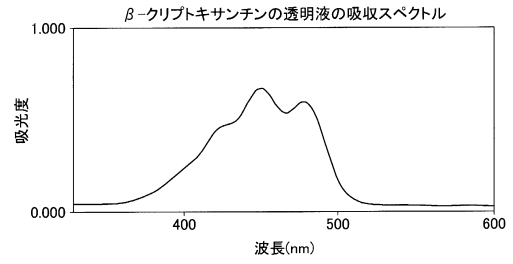
【 図 4 】



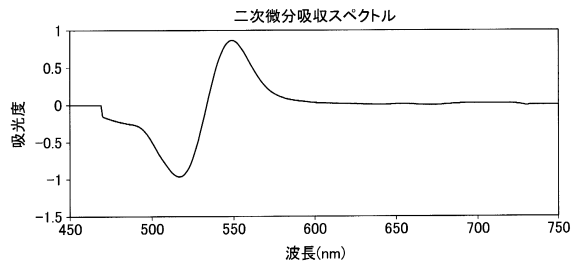
【図5】



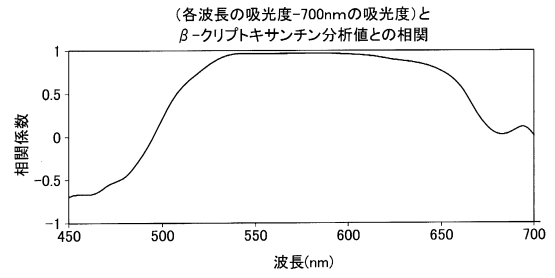
【図7】



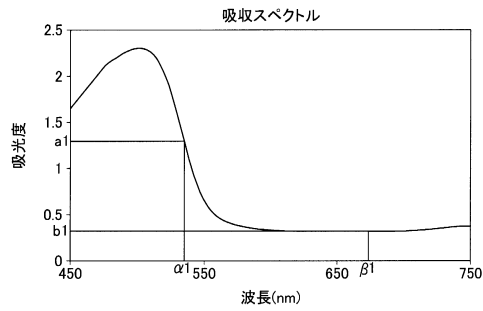
【図6】



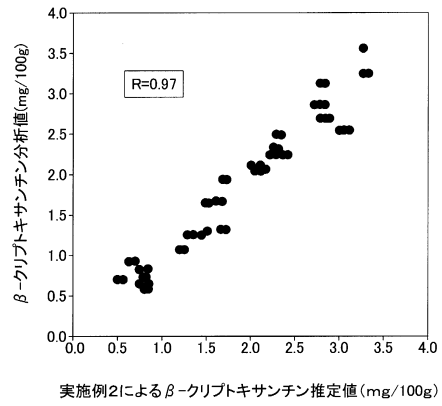
【図8】



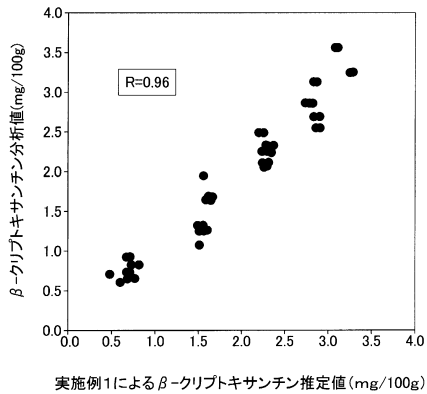
【図9】



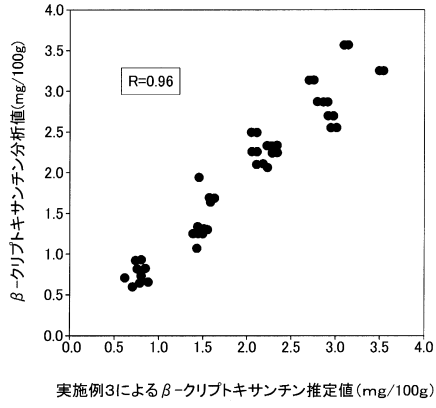
【図11】



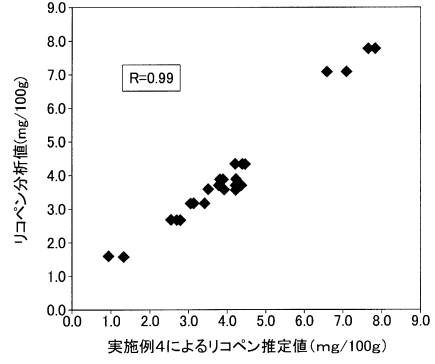
【図10】



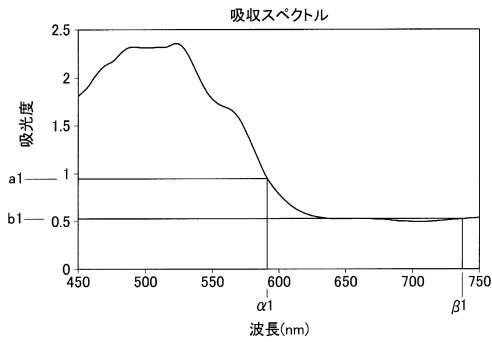
【図12】



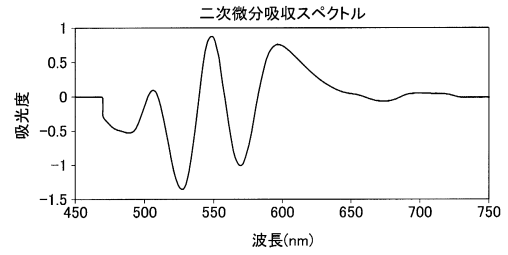
【図14】



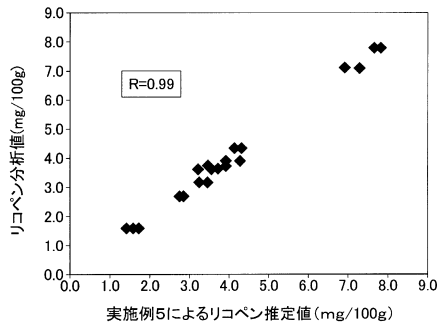
【図13】



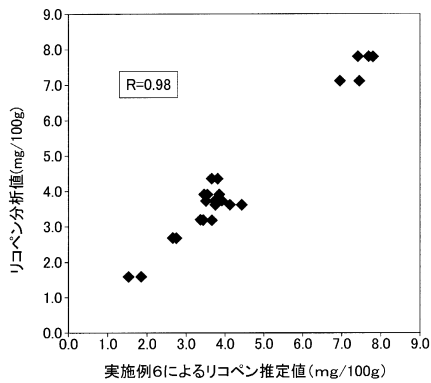
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

- (72)発明者 山下 貴史
和歌山市黒田二丁目1番20号 一般財団法人雑賀技術研究所内
- (72)発明者 山下 隆志
和歌山市黒田二丁目1番20号 一般財団法人雑賀技術研究所内
- (72)発明者 佐田 正香
和歌山市黒田二丁目1番20号 一般財団法人雑賀技術研究所内
- (72)発明者 稲垣 江梨
和歌山市黒田二丁目1番20号 一般財団法人雑賀技術研究所内

審査官 伊藤 裕美

- (56)参考文献 特開2005-134164(JP,A)
特表2015-526734(JP,A)
特開2004-329058(JP,A)
国際公開第2014/034668(WO,A1)
特開平08-304272(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0147260(US,A1)
特開平10-123047(JP,A)
特開2001-59815(JP,A)
DAVIS, Angela R. et al., A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products, Postharvest Biology and Technology, 米国, 2003年6月, Volume 28, Issue 3, 425-430
浜崎櫻ほか, 光センサ選果機によるウンシュウミカン果実の - クリプトキサンチン含有量保証の検討, 園芸学研究 別冊, 2015年9月26日, 第14巻 別冊2, Page.291

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/61
G01N 21/84 - 21/958
A23L 19/00
A23L 5/40
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)