



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **708 057 B1**

(51) Int. Cl.: **G01N 21/359** (2014.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer:	00658/14	(73) Inhaber:	Jiangnan University, No. 1800 Lihu Avenue 214122 Wuxi Stadt Provinz Jiangsu (CN)
(22) Anmeldedatum:	03.05.2014		
(43) Anmeldung veröffentlicht:	14.11.2014	(72) Erfinder:	Min Zhang, 214122 Wuxi Stadt Provinz Jiangsu (CN) Jing Tu, 214122 Wuxi Stadt Provinz Jiangsu (CN) Weiming Zhang, 214122 Wuxi Stadt Provinz Jiangsu (CN)
(30) Priorität:	06.05.2013 CN 201310167960.2		
(24) Patent erteilt:	14.08.2015	(74) Vertreter:	PROI Patent & Trademark Attorneys Michael Schmid, Swiss Post Box: 101704 Zürcherstrasse 161 8010 Zürich (CH)
(45) Patentschrift veröffentlicht:	14.08.2015		

(54) **Nahinfrarot-Verfahren zur Bestimmung von Inhaltsstoffen der Lotuswurzel.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Nahinfrarot-Verfahren zur Bestimmung von Inhaltsstoffen der Lotuswurzel. Mit diesem Verfahren wird der Anwendungsbereich der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR-Spektroskopie) deutlich erweitert, es kann nicht nur die herkömmlichen frischen Proben prüfen, sondern auch die verarbeiteten Proben prüfen. Bei der vorliegenden Erfindung werden zuerst die mit verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration gewürzten Lotuswurzelproben gesammelt, folgend werden die NIR-Spektralinformation und die physikalischen und chemischen Daten der internen Komponenten gesammelt, nach der Vorverarbeitung der Spektraldaten werden mittels der kleinsten Quadrate die NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration erzeugt. Dann werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann. Auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration wird dann ein NIR-Spektroskopie-Modell für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt, welches nicht von der Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird. Mit diesem NIR-Spektroskopie-Modell kann die NIR-Spektralinformation der geprüften Proben in den Parametern der internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel umgewandelt werden, um die zerstörungsfreie Prüfung der internen Komponenten der gewürzten

Lotuswurzel zu realisieren. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren kann es effektiv korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von der Lotuswurzel interferieren kann, damit kann die zerstörungsfreie Prüfung der internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel mit verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration schnell, präzise und rechtzeitig realisiert werden.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein nicht von Würze interferiertes, zerstörungsfreies Nahinfrarot-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel, insbesondere ein nicht von Würze interferiertes, zerstörungsfreies Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel mittels des Nahinfrarotspektrums.

Technischer Hintergrund

[0002] Die Lotuswurzel ist eine grosse mehrjährige Pflanzenart der Gattung aus der Familie der Lotosgewächse, und eine spezifische Gemüse in China. Mit der weiteren Vertiefung der Reform und Öffnung in China vergrössern sich die Lotusanbauflächen immer weiter, hat derzeit mehr als 20k Hektare, die Lotusanbauflächen befinden sich vor allem in der Nähe von Yangtze-Fluss und die südliche Provinzen, insbesondere befinden sich die meisten Lotusanbauflächen in Tai-See, Hongze-See, Dongting-See und Poyang-See und ihre Umgebungsbereiche, dabei sind die jährige Produktion über 2 Millionen Tonnen. Die Lotuswurzel ist extrem reich an Nährstoffen, enthält Stärke, Rohfaser, Eiweiss, Carotin, Thiamin, Riboflavin, Niacin und Kalzium, Phosphor, Eisen und anderen Mineralien, kann als Nahrungsmittel und Medikament verwendet werden, welche folgende Effekte aufweist: Wärmebereinigung, Entgiftung, Behandlung von Durchfall, Ruhr und Schwindel. Derzeit wird sich die Verarbeitung der Lotuswurzel weiter entwickelt, sind mehr als zehn Reihe von fast 100 verarbeiteten Produkten entwickelt geworden, z.B. gesalzene, frische, gefrorene, gekochte Lotuswurzel sowie Lotuswurzel-Getränke und Stärkeprodukte aus Lotuswurzel usw., wobei sich der Bedarf von der mit Zucker oder Salz gewürzten Lotuswurzelprodukten immer vergrössert.

[0003] Wegen der anthropogenen und natürlichen Auswirkung weist die Lotuswurzel grossen individuellen Unterschied: Während der Verarbeitung wird die Lotuswurzel mit verschiedener Konzentration gewürzt, dadurch wird Lotuswurzel in verschiedener Qualität produziert. Um gewürzte Lotuswurzel mit guter Qualität zu produzieren, ist es nicht genug, nur die externen Eigenschaften zu prüfen, z.B. Farbe, Form und Grösse. Hier ist es notwendig, die interne Komponente der gewürzten Lotuswurzel zu prüfen. In China ist derzeit die Qualitätsprüfung von Obst und Gemüse relativ rückständig, meistens wird mit dem menschlichen Sinne geprüft, solche subjektive Bewertungsmethode wird stark von persönlicher Erfahrung, Farbeerkenkung, Stimmung, Müdigkeit und Licht beeinflusst, deswegen ist die Produktivität sehr gering und die Abweichung sehr gross, in diesem Fall weist die Exportprodukte schlechte Qualität und nicht wettbewerbsfähig auf dem internationalen Markt. Andererseits wird die Lotuswurzel mit der chemischen Methode geprüft, problematisch ist aber bei der chemischen Methode, dass die Lotuswurzel zerstört werden muss, welche kompliziert ist und viel Zeit kostet, deswegen kann mit der chemischen Methode die Lotuswurzel nicht schnell, umweltfreundlich und zerstörungsfrei geprüft werden. Die vorliegende Erfindung kann dann effektiv die obigen Nachteile überwinden, damit können Stärke, Rohfaser und Protein von der mit verschiedener Konzentration gewürzten Lotuswurzel parallel geprüft werden, das erfindungsgemässe Verfahren weist folgende Vorteile auf: schnell, zerstörungsfrei, sicher, effizient, kostengünstig und gleichzeitige Prüfung von mehreren Komponenten, welche positiv für die Produktion und Qualitätsbewertung sowie Reduzierung von Probenahme von Obst und Gemüse sind.

[0004] Derzeit gibt es viele zerstörungsfreie NIR-Spektroskopie zum Prüfen der Qualität von Obst. Liu Yande (2005, Zhejiang University, Dissertation) hat ein zerstörungsfreies Verfahren zum Prüfen des Zucker- und Säuregehalts von Obst veröffentlicht, Li Xin (2007, Shenyang Agricultural University, Masterarbeit) hat ein zerstörungsfreies Verfahren zum Prüfen der Qualität von Apfelbirne veröffentlicht, dabei werden die lösliche Feststoffe, Gesamtzucker, Säure, Vitamin C, Wassergehalt und Fruchtgewicht von Apfelbirne geprüft. Xia Junfang (2007) hat eine NIR-Spektroskopie zum exakten Prüfen von Vit-amin-C-Gehalt von Zitrusgewächs veröffentlicht. Cao Xia (2013) hat eine zerstörungsfreie NIR-Spektroskopie zum Prüfen des Zuckergehalts von Mango veröffentlicht. Aber solche Prüfungsverfahren sind nicht viel für Gemüse verwendet, es gibt nur eine Veröffentlichung über das zerstörungsfreie NIR-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel, Zhang Zongjun (2008) hat die NIR-Spektroskopie-Modelle von Wasser, Zucker, Rohfaser und Härte in der Lotuswurzel veröffentlicht. Im Vergleich mit der obigen Veröffentlichung wird bei der vorliegenden Erfindung die verarbeitete gewürzte Lotuswurzel geprüft, insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung das nicht von Salz- oder Zuckerkonzentration interferierte, zerstörungsfreies Nahinfrarot-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel.

[0005] Derzeit ist ganz wenige Veröffentlichung über die Auswirkung des Gehaltsunterschieds der Komponenten auf der zerstörungsfreien NIR-Spektroskopie bekannt. Zhang Zong (2005) hat die Auswirkung des Gehaltsunterschieds des Wassers auf die Stabilität des Analysemodells der NIR-Spektroskopie, dabei wird sie jeweils durch spektrale Vorverarbeitung, Auswahl des Wirkungsbereichs und Kalibrierung des Modells realisiert, gibt es hier aber keine Korrektur des Modells. Zhang Lingshuai (2005) hat die Auswirkung von drei verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltsgradienten auf der zerstörungsfreien NIR-Spektroskopie zum Prüfen des Weizenproteingehalts, während der Prüfung muss die geprüfte Probe geeigneten Wassergehalt aufweisen. Im Vergleich mit der obigen Veröffentlichung werden bei der vorliegenden Erfindung zuerst die NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration analysiert, dann werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann, auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration wird schliesslich ein NIR-Spektroskopie-Modell

für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt, welches nicht von der Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird.

Beschreibung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein nicht von Würze interferiertes, zerstörungsfreies Nahinfrarot-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel zu stellen, welches die Nachteile des herkömmlichen Verfahren überwinden kann. Bei der vorliegenden Erfindung werden zuerst die NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration analysiert, dann werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann, auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration wird schliesslich ein NIR-Spektroskopie-Modell für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt, welches nicht von der Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird. Mit der vorliegenden Erfindung kann die zerstörungsfreie Prüfung der internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel mit verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration einfach, praktisch und zuverlässig realisiert werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die technische Lehre zu Grunde:

[0007] Zuerst werden die mit verschiedener Salz- oder Zuckerkonzentration gewürzten Lotuswurzelproben gesammelt, folgend werden die NIR-Spektralinformation und die physikalischen und chemischen Daten der internen Komponenten gesammelt, nach der Vorverarbeitung der Spektraldaten werden mittels der kleinsten Quadrate die NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration erzeugt. Dann werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann. Auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration wird dann ein NIR-Spektroskopie-Modell für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt, welches nicht von der Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird. Mit diesem NIR-Spektroskopie-Modell kann die NIR-Spektralinformation der geprüften Proben in den Parametern der internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel umgewandelt werden, um die zerstörungsfreie Prüfung der internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel zu realisieren.

[0008] Der Wellenlängenbereich des NIR-Spektrums liegt in dem Bereich $4000\text{--}10000\text{cm}^{-1}$, und die NIR-Spektralinformation mit NIR-diffuser Reflexion gesammelt wird, wobei die Auflösung 8cm^{-1} ist.

[0009] Die internen Komponenten der gewürzten Lotuswurzel sind eine oder mehrere von Stärke, Rohfaser und Protein, wobei die Referenzwerte nach GB-Standard erhalten werden.

[0010] Vorzugsweise wird die gesammelte NIR-Spektralinformation vorverarbeitet, wobei die Vorverarbeitung folgende enthalten kann: multiplikative Streukorrektur, derivative Transformation, ausserdem wird die Basisliniendrift der Spektraldaten beseitigt, die Wirkung von Hintergrundstörung vermindert, um das Rauschen zu beseitigen und das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.

[0011] Vorzugsweise werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch es effektiv korrigiert werden kann, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann.

[0012] Bei dem Erzeugen der NIR-Spektroskopie-Modelle werden die Option zum Analysieren der Spektraldaten in der Spektralanalysesoftware TQ analyst und matlab verwendet, wobei wird das mathematische Modell mittels der kleinsten Quadrate erzeugt. Dazwischen wird das Modell immer wieder optimiert.

[0013] Die Lotuswurzel mit Salz oder Zucker wird gewürzt, wobei die Konzentration in dem Bereich 5–20% liegt.

[0014] Im Vergleich zu dem Stand der Technik weist die vorliegende Erfindung folgende Vorteile:

1. Ohne Verarbeitung können mehrere Komponenten parallel geprüft werden.
2. Mit dem bestehenden Nah-Infrarot-Spektrometer wird die gesammelte NIR-Spektralinformation vorverarbeitet, wobei die Vorverarbeitung folgende enthalten kann: multiplikative Streukorrektur, derivative Transformation, dann werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann.
3. Auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle in verschiedener Konzentration wird schliesslich ein NIR-Spektroskopie-Modell für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt, welches nicht von der Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird.

Ausführungsbeispiel

[0015] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die vorteilhafte Ausführungsform beispielhaft beschrieben. Bei der vorliegenden Erfindung werden folgende Vorrichtungen verwendet; Nah-Infrarot-Spektrometer, Chemikaliendosierungssoftware und Rechner.

[0016] Das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der mit Salz gewürzten Lotuswurzel in Ausführungsform 1 umfasst folgende Schritte:

1. Herstellung von Proben. Dabei werden die ungewürzte Lotuswurzelprobe und die Lotuswurzelproben mit einer Salzkonzentration von 5%, 10%, 15% und 20% gesammelt, anschliessend werden der Kalibrierungssatz und der Vorhersagesatz ausgewählt, wobei der Kalibrierungssatz und der Vorhersagesatz für die Modellierung in verschiedener Salzkonzentration notwendig sind, und Kalibrierungssatz: Vorhersagesatz= 4:1. Die ungewürzte Lotuswurzelprobe wird hier als Referenz verwendet.

2. Sammlung der Spektren der Proben. Mit dem Nah-Infrarot-Spektrometer werden die Spektren der gewürzten Lotuswurzelproben gesammelt, wobei NIR-diffuser Reflexion verwendet wird, und die Testparameter sind: Wellenlängenbereich des NIR-Spektrums=4000-10000cm⁻¹, Auflösung=8cm⁻¹, Abtastzahl=16. Während der NIR-Spektroskopie wird ein sauberes Teil der Lotuswurzel reibungslos auf der Sonde der diffusen Reflexion gelegt, jede Probe wird hier 4 Mal geprüft, wobei an der Prüfungsstelle der Durchmesser maximal ist, und die offensichtliche Oberflächendefekte (Kratzer, Narben usw.) möglichst vermieden werden sollen, danach werden die Spektren aus den 4 Prüfungen gemittelt, um ein Durchschnittsspektrum jeder Lotuswurzel zu erhalten.

3. Ermittlung der Referenzwerte der Proben. Nach der Sammlung von Kalibrierungssatz und Vorhersagesatz soll so schnell wie möglich die Referenzwerte der internen Komponenten ermittelt werden, wobei die Referenzwerte auf der Trockenbasis angegeben werden sollen. Der Stärkegehalt wird hier nach GB/T 5009.9-2008 «Ermittlung der Stärke in Lebensmitteln» ermittelt. Der Rohfasergehalt wird nach GB/T 5009.10-2003 «Ermittlung des Rohfaser in pflanzlichen Lebensmitteln» ermittelt. Der Proteingehalt wird nach GB/T 5009.5-2010 «Ermittlung der Protein in Lebensmitteln» ermittelt.

4. Vorverarbeitung der Spektraldaten. Die Sammlung und Verarbeitung des NIR-Spektrums werden mit TQ Analyst realisiert. Um die Basisliniedrift der Spektraldaten und die Wirkung von Hintergrundstörung zu vermindern, das Rauschen zu beseitigen und das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern, werden die entsprechenden Parameter angepasst und optimiert. Die Vorverarbeitung kann mit folgender Methodik realisiert werden: Zentralisierung, Standard-Variablentransformation, zusätzliche Streukorrektur, orthogonale Signalkorrektur, Glättung, Wavelet-Rauschunterdrückung, Ableitung Wellenlängenänderung und genetische Algorithmen-Optimierung usw. Es hängt von der Qualität des Spektrums und dem Zustand der Hintergrundstörung ab, ob die Spektraldaten vorverarbeitet werden müssen oder welche Vorverarbeitungsmethode hier verwendet wird. Während der Vorverarbeitung können ein der oben beschriebenen Verfahren oder die Kombination von mehreren oben beschriebenen Verfahren verwendet werden. Nach der mehrmaligen Optimierungsberechnung werden die Optimierungsparameter der Modellierung der internen Komponenten der Lotuswurzel in verschiedener Salzkonzentration erhalten, wie in Tabelle 1 gezeigt:

[0017] Tabelle 1 Die Optimierungsparameter der Modellierung der internen Komponenten der Lotuswurzel in verschiedener Salzkonzentration

Komponenten	Vorverarbeitung				
	0	5%	10%	15%	20%
Stärke	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur, volles Spektrum	Multiplikative Streukorrektur, volles Spektrum
Protein	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung
Rohfaser	Originale Spektrum	originale Spektrum	originale Spektrum	originale Spektrum	originale Spektrum

5. Erzeugung der Korrekturmodelle in verschiedenen Gradienten. Hier werden die Option zum Analysieren der Spektraldaten in der Spektralanalysesoftware TQ analyst und matlab verwendet werden, wobei wird das Vorhersagemodell Basis auf der Spektraldaten von dem Kalibrierungssatz und dem Vorhersagesatz nach der Vorverarbeitung und der geprüften Referenzwerte von Stärke, Rohfaser und Protein der Lotuswurzel mittels der kleinsten Quadrate erzeugt. Dazwischen wird das Modell immer wieder optimiert. Um die Genauigkeit der Konzentrationsprüfung des Modells zu bewerten, werden hier Korrelationskoeffizienten (R), die Standardabweichung der Standardabweichung der Eichprobensatz (RMSEC) und Vorhersage Probensatz (RMSEP) verwendet. Wie in Tabelle 2 gezeigt, die Korrekturmodelle werden nach der Salzkonzentration von niedrigen zu hohen als Model 1, Model 2, Model 3, Model 4, Model 5 benannt. Die Korrelationskoeffizienten der Korrekturmodelle in aller Salzkonzentration sind grösser als 0.9200, d.h. die Vorhersage ist exakt. RMSEP von Model 2-5 ist kleiner als RMSEP von Model 1, d.h. die Vorhersage von Model 2-5 ist exakter als die Vorhersage von Model 1. Dies liegt darin begründet, dass das Salz keine Nahinfrarot-Spitzenabsorption verursacht, jedoch die Störung des Wassers auf eine zerstörungsfreie Nahinfrarot-Detektion innerhalb der Lotuswurzel beeinflusst, wodurch indirekt die zerstörungsfreie Detektion der internen Komponenten der Lotuswurzel beeinträchtigt wird.

[0018] Tabelle 2 Korrekturmodelle in verschiedenen Salzgradienten

Komponente	Bewertungsparameter	Korrekturmodelle in verschiedenen Salzgradienten					volle Korrekturmodelle
		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	
Stärke Protein	R	0.9554	0.9587	0.9600	0.9590	0.9632	0.9645
	RMSEC	0.7416	0.7310	0.7400	0.7302	0.6894	0.6847
	RMSEP	1.0506	1.000	0.9343	0.9630	0.9209	0.9198
Stärke Protein	R	0.9790	0.9814	0.9820	0.9846	0.9899	0.9801
	RMSEC	0.2436	0.2329	0.2136	0.2230	0.2120	0.2000
	RMSEP	0.2700	0.2688	0.2650	0.2578	0.2510	0.2497
Stärke	R	0.9223	0.9331	0.9357	0.9399	0.9460	0.9489
	RMSEC	0.1500	0.1466	0.1456	0.1443	0.1321	0.1299
	RMSEP	0.1734	0.1710	0.1703	0.1690	0.1675	0.1650

6. Erzeugung des vollen Korrekturmodells. Hier werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salzgehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, um die negative NIR-Spektrum-Korrelation von dem Salzgehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel zu erhalten. Basis auf die Modelle in verschiedener Salzkonzentration können die inkrementelle Vorhersagewerte ΔC der internen Komponenten berechnet, wie in Tabelle 3 gezeigt. Anschliessend wird das quantitative Verhältnis (einheitliche Regression) zwischen der Salzkonzentration C_{salz} und der inkrementelle Vorhersagewerte ΔC der internen Komponenten erstellt, dann wird dieser Anstieg aus der Vorhersagewert abgezogen, dadurch kann korrigiert werden, dass die Salzkonzentrationenänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann. Schliesslich wird Basis auf den Korrekturmodellen in verschiedenen Salzgradienten ein NIR-Spektrum-Modell erzeugt, welches nicht von der Salzkonzentrationenänderung interferiert wird, wie in Tabelle 2 gezeigt. Wobei,

$$\Delta C = \frac{\sum (C_{ei} - C_{ci})}{n},$$

C_{ei} ist der Vorhersage der i-th Probe in experimenteller Gruppe; C_{ci} ist der Vorhersage der i-th Probe in Referenzgruppe; n ist die Probenzahl in verschiedener Gradienten, hier n ist 20.

[0019] Tabelle 3 Die inkrementelle Vorhersagewerte der internen Komponenten in verschiedener Salzkonzentration

	Stärkekonzentration inkrementelle Vor- hersagewerte ΔC	Proteinkonzentration inkrementelle Vorher- sagewerte ΔC	Rohfaserkonzentration inkrementelle Vorhersa- gewerte ΔC
Model2	0.3921	0.06675	0.03341
Model3	0.3502	0.05330	0.02842
Model4	0.2809	0.04781	0.02488
Model5	0.2380	0.03816	0.02009

[0020] Tabelle 4 Quantitatives Verhältnis (einheitliche Regression) zwischen der Salzkonzentration C_{salz} und der inkrementelle Vorhersagewerte ΔC der internen Komponenten

Komponente	quantitatives Verhältnis(einheitliche Regressi- on) $\Delta C = AC_{\text{salz}} + B$		
	A	B	R ²
Stärke	-0.0106	0.4482	0.9898
Protein	-0.0018	0.0743	0.9744
Rohfaser	-0.0009	0.0376	0.9961

7. Ermittlung der internen Komponenten der geprüften Proben. Hier wird das NIR-Spektrum der geprüften Proben nach Vorverarbeitung in Schritt 3 in den Vorhersagewert der internen Komponenten der geprüften Proben aus dem vollen Korrekturmodell hinzugefügt, nach dem quantitatives Verhältnis in Schritt 6 (Tabelle 4) kann der inkrementelle Vorhersagewerte berechnet, schliesslich wird dieser Anstieg aus der Vorhersagewert abgezogen, um den korrigierte Vorhersagewert zu erhalten.

[0021] Das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Verfahren zum Prüfen der internen Komponenten der mit Zucker gewürzten Lotuswurzel in Ausführungsform 2 umfasst folgende Schritte:

1. Herstellung von Proben. Dabei werden die ungewürzte Lotuswurzelprobe und die Lotuswurzelproben mit einer Zuckerkonzentration von 5%, 10%, 15% und 20% gesammelt, die Andere sind gleich wie Ausführungsform 1.
2. Sammlung der Spektren der Proben, gleich wie Ausführungsform 1.
3. Ermittlung der Referenzwerte der Proben, gleich wie Ausführungsform 1.
4. Vorverarbeitung der Spektraldaten, gleich wie Ausführungsform 1.

[0022] Tabelle 5, die Optimierungsparameter der Modellierung der internen Komponenten der Lotuswurzel in verschiedener Zuckerkonzentration

Komponenten	Vorverarbeitung				
	0	5%	10%	15%	20%
Stärke	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + Glättung	Multiplikative Streukorrektur + Glättung	Multiplikative Streukorrektur + Glättung
Protein	Multiplikative Streukorrektur + erste Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + zweite Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + zweite Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + zweite Ableitung	Multiplikative Streukorrektur + zweite Ableitung
Rohfaser	originales Spektrum	multiplikative Streukorrektur	multiplikative Streukorrektur	multiplikative Streukorrektur	multiplikative Streukorrektur

5. Erzeugung der Korrekturmodelle in verschiedenen Gradienten. Das Modell wird unter Anwendung des Verfahrens gemäss Ausführungsbeispiel 1 hergestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 gezeigt. Die Korrelationskoeffizienten der Korrekturmodelle in allen Zuckerkonzentrationen sind grösser als 0.9100, d.h. die Vorhersage ist exakt. RMSEP von Modell 2-5 ist kleiner als RMSEP von Modell 1, d.h. die Vorhersage von Modell 2-5 ist exakter als die Vorhersage von Modell 1. Dies liegt darin begründet, dass die Hinzugabe von Zucker als Geschmacksbestandteil bewirkt, dass die Lotuswurzel eine zusätzliche Komponente zur Nahinfrarot-Spitzenabsorption erhält, welche eine zerstörungsfreie Nahinfrarot-Detektion der internen Komponenten der Lotuswurzel beeinflusst.

[0023] Tabelle 6 Korrekturmodelle in verschiedenen Zuckergradienten

Komponente	Bewertungsparameter	Korrekturmodelle in verschiedenen Zuckergradienten					volle Korrekturmodelle
		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	
Stärke Protein	R	0.9554	0.9550	0.9510	0.9523	0.9501	0.9600
	RMSEC	0.7416	1.2210	1.3002	1.3205	1.3451	0.7298
	RMSEP	1.0506	1.8801	1.8715	1.8938	1.9200	1.0003
Stärke Protein	R	0.9790	0.9780	0.9767	0.9763	0.9757	0.9800
	RMSEC	0.2436	0.3689	0.3700	0.3798	0.3820	0.2310
	RMSEP	0.2700	0.3891	0.3920	0.4003	0.4123	0.2618
Stärke	R	0.9223	0.9220	0.9219	0.9213	0.9119	0.9330
	RMSEC	0.1500	0.2890	0.2976	0.2989	0.2998	0.1430
	RMSEP	0.1734	0.3100	0.3218	0.3236	0.3245	0.1701

6. Erzeugung des vollen Korrekturmodells. Hier werden die Korrelationsanalyse und die invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt, um die positive NIR-Spektrum-Korrelation von dem Zuckergehalt und der internen Komponenten der Lotuswurzel zu erhalten. Die Berechnung der inkrementellen Vorhersagewerte ΔC ist dieselbe wie in Ausführungsbeispiel 1. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 gezeigt. Anschliessend wird das quantitative Verhältnis (wie in Tabelle 8 gezeigt) zwischen der Zuckerkonzentration C_{Zucker} und der inkrementelle Vorhersagewerte ΔC der internen Komponenten erstellt, dann wird dieser Anstieg aus der Vorhersagewert abgezogen, dadurch kann korrigiert werden, dass die Zuckerkonzentrationsänderung das zerstörungsfreie Nahinfrarot-Prüfen der internen Komponenten von Lotuswurzel interferieren kann. Schliesslich wird Basis auf den Korrekturmodellen in verschiedenen Zuckergradienten ein NIR-Spektrum-Modell erzeugt, welches nicht von der Zuckerkonzentrationsänderung interferiert wird, wie in Tabelle 6 gezeigt.

[0024] Tabelle 7 die inkrementelle Vorhersagewerte der internen Komponenten in verschiedener Zuckerkonzentration

	Stärkekonzentration inkrementelle Vor- hersagewerte ΔC	Proteinkonzentration inkrementelle Vorher- sagewerte ΔC	Rohfaserkonzentration inkrementelle Vorhersa- gewerte ΔC
Model2	0.4120	0.07920	0.03890
Model3	0.5388	0.09865	0.04899
Model4	0.6899	0.11010	0.05260
Model5	0.7990	0.12310	0.06090

[0025] Tabelle 8 quantitatives Verhältnis (einheitliche Regression) zwischen der Zuckerkonzentration C_{Zucker} und der inkrementelle Vorhersagewerte ΔC der internen Komponenten

Komponente	quantitatives Verhältnis (einheitliche Regression) $\Delta C = AC_{\text{Zucker}} + B$		
	A	B	R2
Stärke	0.0262	0.2819	0.9965
Protein	0.0029	0.0670	0.9856
Rohfaser	0.0014	0.0329	0.9718

[0026] 7. Ermittlung der internen Komponenten der geprüften Proben, gleich wie Ausführungsform 1.

Patentansprüche

- Verfahren zum zerstörungsfreien Prüfen der internen Komponenten der Lotuswurzel, das von Salz und/oder Zucker als Würze nicht beeinflusst wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Lotuswurzel mit Salz bzw. Zucker gewürzt wird, mit verschiedenen Salz- bzw. Zuckerkonzentrationen gewürzte Lotuswurzelproben gesammelt werden, folgend NIR-Spektralinformation und physikalische und chemische Daten der internen Komponenten der Lotuswurzelproben gesammelt werden, nach einer Vorverarbeitung der Spektraldaten mittels kleinster Quadrate NIR-Spektroskopie-Modelle für die verschiedenen Konzentrationen erzeugt werden, dann Korrekturmodelle erzeugt werden, wobei eine Korrelationsanalyse und eine invariante Regressionsanalyse der NIR-Spektroskopie von dem Salz- oder Zuckergehalt und den internen Komponenten der Lotuswurzel durchgeführt werden, um die negative NIR-Spektrum-Korrelation des Salz- bzw. Zuckergehalts und der internen Komponenten der Lotuswurzel zu erhalten, wobei auf Basis der NIR-Spektroskopie-Modelle für verschiedene Konzentrationen inkrementelle Vorhersagewerte der internen Komponenten berechnet werden, wobei das quantitative Verhältnis zwischen der Salz- bzw. Zuckerkonzentration und der inkrementellen Vorhersagewerte der internen Komponenten ermittelt und der Anstieg vom Vorhersagewert abgezogen werden, wobei auf Basis der Korrekturmodelle in verschiedenen Salz- bzw. Zuckerkonzentrationen ein NIR-Spektroskopie-Modell für die internen Komponenten der Lotuswurzel erzeugt wird, welches nicht von Salz- oder Zuckerkonzentrationsänderung beeinflusst ist, und wobei auf Basis des nicht von der Salz- bzw. Zuckerkonzentrationsänderung beeinflussten NIR-Spektroskopie-Modells die NIR-Spektralinformation der Proben dem Korrekturmodell hinzugefügt wird, um den Vorhersagewert der internen Komponenten der Proben zu erhalten, wobei das quantitative Verhältnis verwendet wird, um den inkrementellen Vorhersagewert zu berechnen, wobei der Anstieg vom inkrementellen Vorhersagewert subtrahiert wird, um schliesslich einen korrigierten Vorhersagewert der Parameter der internen Komponenten zu erhalten.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Wellenlängenbereich des NIR-Spektrums in dem Bereich 4000–10000cm⁻¹ liegt, und die NIR-Spektralinformation mit NIR-diffuser Reflexion gesammelt wird, wobei die Auflösung 8cm⁻¹ ist.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei die gesammelte NIR-Spektralinformation vorverarbeitet wird, wobei die Vorverarbeitung enthält: multiplikative Streukorrektur, derivative Transformation, Beseitigung einer Basisliniendrift der Spektraldaten, und/oder Vermindern der Wirkung von Hintergrundstörung, um Rauschen zu beseitigen und das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei dem Erzeugen der NIR-Spektroskopie-Modelle zum Analysieren der Spektraldaten eine Spektralanalysesoftware verwendet wird, wobei das mathematische Modell mittels der kleinsten Quadrate erzeugt und das Modell immer wieder optimiert wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Konzentration von Salz bzw. Zucker in der Lotuswurzel in einem Bereich von 5 bis 20% liegt.