



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62816 (13) A

(51) 7 G01N33/10, G01N21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ СКЛАДОВИХ ЗЕРНОВИХ

1

2

(21) 2003065397

(22) 10 06 2003

(24) 15 12 2003

(46) 15 12 2003, Бюл. № 12, 2003 р.

(72) Долінський Анатолій Андрійович, Платонов Віталій Васильович, Дадеко Людмила Іванівна, Шевченко Станіслав Григорович, Гончаров Борис Васильович

(73) Платонов Віталій Васильович

(57) Спосіб визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини і вологи, що включає вимірювання інтегральних інтенсивностей пропущеного випромінювання через зразки пше-

ниці в певних спектральних діапазонах, який відрізняється тим, що для кожного зразка зернових сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного випромінювання вимірюють також інтегральні інтенсивності дифузно відбитого випромінювання на попередньо вибраних оптимальних довжинах хвиль, причому вміст складових зернових визначають, розділяючи сукупну інформацію про складові - протеїн, клейковину і вологу - за визначеним алгоритмом з використанням значень інтегральних інтенсивностей пропускання і дифузного відбиття на відповідних оптимальних довжинах хвиль

Спосіб стосується сільськогосподарського виробництва і харчової промисловості, зокрема експрес-аналізу матеріалів, визначенню вмісту протеїну, клейковини, вологи та інших складових в сільськогосподарських продуктах, переважно в зернових культурах і може знайти застосування на підприємствах агропромислового комплексу

Відомий спосіб експрес-аналізу зернових культур за допомогою аналізатора Інфратек (Infratec Аналізатор пищевых продуктов и кормов. Руководство по эксплуатации. Швеция)

Недоліками цього способу є високий рівень конструктивної складності і вартості реалізації і обслуговування способу

Відомий спосіб визначення вмісту клейковини в пшениці, суть якого заключається в вимірюванні інтегральних інтенсивностей дифузного пропускання в двох спектральних інтервалах і визначенні кількості клейковини за відповідною формулою (Патент Російської Федерації RU 2138042 C1, Бюл. №26, 1999)

Недоліками цього способу є низькі функціональні можливості визначення складових тільки клейковини пшениці. Процес визначення вмісту клейковини базується на вимірюванні інтегральних інтенсивностей дифузного пропускання в двох спектральних діапазонах

В основу створення винаходу поставлена задача розширення функціональних можливостей способу визначення вмісту складових, зокрема протеїну, клейковини і вологи при спрощенні конструктивної реалізації способу, його обслуговуван-

ня і вартості, що зумовлюється сукупним з пропусканням вимірюванням також інтегральних інтенсивностей дифузного відбиття випромінювання на попередньо вибраних довжинах хвиль, причому вміст складових зернових визначають, розділяючи сукупну інформацію про протеїн, клейковину і вологу за визначеним алгоритмом, використовуючи значення інтегральних інтенсивностей пропускання і дифузного відбиття на відповідних оптимальних довжинах хвиль

Поставлена задача досягається тим, що в способі визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини і вологи для кожного зразка зернових сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного випромінювання вимірюють також інтегральні інтенсивності дифузно відбитого випромінювання на попередньо вибраних оптимальних довжинах хвиль, причому вміст складових зернових визначають, розділяючи сукупну інформацію про протеїн, клейковину і вологу за визначеним алгоритмом, використовуючи значення інтегральних інтенсивностей пропускання і дифузного відбиття на відповідних оптимальних довжинах хвиль

Визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини, вологи та інших шляхом вимірювання сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного випромінювання також інтегральних інтенсивностей дифузно відбитого випромінювання попередньо вибраних оптимальних довжин хвиль ближньої інфрачервоної (ІЧ) області спектру з послідовним розділом сукупної

(13) A  
(11) 62816  
(19) UA

інформації про складові за визначенням алгоритмом, дає можливість розширити функціональні можливості способу при значному спрощенні його конструктивної реалізації.

Визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини, вологи та інших шляхом вимірювання інтегральних інтенсивностей пропущеного сукупно з дифузно відбитим монохроматичним чи вузько полосним випромінюванням, наприклад, від випромінюючих світлодіодів попередньо вибраних оптимальних довжин хвиль ближньої ІЧ області спектру дозволяє при значному спрощенні конструктивної реалізації способу знизити трудомісткість і вартість його обслуговування.

Таким чином досягається розширення функціональних можливостей способу при спрощенні його конструктивної реалізації, зниженні вартості і трудомісткості його обслуговування.

Вимірювання інтегральних інтенсивностей дифузно відбитого від зразків зернових випромінювання сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного випромінювання (Фіг 1) на попередньо вибраних оптимальних довжинах хвиль дає сукупну інформацію про вміст складових, які визначають, причому оптимальні довжини хвиль, а також оптимальний вид взаємодії зерна з випромінюванням - пропущення випромінювання через зерно чи його дифузне відбиття на кожній довжині хвилі - вибирають по результатах обробки результатів вимірювань контрольної партії не менше ніж 30 ÷ 50 зразків (Фіг 2, 3) з урахуванням фізико-хімічних особливостей механізму взаємодії зерна і випромінювання (Williams P.C. Norris K.H. Effect of Mutual Interactions on the Estimation of Protein and Moisture in Wheat, Cereal Chemistry, 1983). Кількість оптимальних довжин хвиль пропущеного через зразки зерна і дифузно відбитого від зразків зерна випромінювання змінюється в залежності від тестуємої складової зерна. Оптимальні довжини хвиль пропущеного через зразок зерна випромінювання  $\lambda_1, \lambda_2$ ,  $\lambda_1'$  і дифузно відбитого від зразків зерна випромінювання  $\lambda_1', \lambda_2', \lambda_1''$  можуть бути попарно рівні  $\lambda_1 = \lambda_1', \lambda_2 = \lambda_2', \lambda_1 = \lambda_1''$ , чи можуть відрізнятися  $\lambda_1 \neq \lambda_1', \lambda_2 \neq \lambda_2', \lambda_1 \neq \lambda_1''$ .

Для зниження середньоквадратичного відхилення випадкової складової похибки вимірювань, кількість оптимальних довжин хвиль, звичайно, повинна бути не менше 3-5, включаючи вимірювання інтегральних інтенсивностей пропущеного і дифузно відбитого випромінювання, причому визначення складових зернових шляхом вимірювання сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного через зерно також дифузно відбитого від зерна випромінювання на встановлених довжинах хвиль ближньої ІЧ області спектру виконують, розділяючи інформацію про складові, наприклад, методами регресійного, дискримінантного, чи графічного аналізу (Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ, Финансы и статистика, 1986). Застосування методів регресійного аналізу обробки результатів визначення вмісту складових зернових шляхом вимірювання інтегральних інтен-

сивностей пропущеного через зразки і дифузно відбитого від зразків зерна випромінювання на кожній оптимальній довжині хвилі відповідно включає перебір оптимальних довжин хвиль з метою підвищення коефіцієнта кореляції складових зернових і характеристичних параметрів - інтегральних інтенсивностей пропущеного через зразки зерна чи дифузно відбитого випромінювання (Фіг 2, 3). При застосуванні графічного аналізу на кореляційному полі виділяють графічні зображення двох-трьох і більше груп вимірюваного параметру. Наприклад, при аналізі вмісту протеїну при різних значеннях вологи на кореляційному полі виділяють групи зразків з умовно високим, помірним та низьким вмістом вологи. Причому алгоритм визначення протеїну при тестуванні зразків зернових включає інформацію про приналежність зразка зернових до певної групи відповідно до вмісту вологи, чи іншої складової.

Такий підхід дозволяє знизити середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки визначення складових зернових при рівні достовірності  $P=0,95$  на  $8 \div 12\%$ .

На Фіг 1 схематично зображений спосіб визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини, вологи, на Фіг 2 зображено кореляційне поле експериментально одержаних значень інтегральних інтенсивностей пропущеного через зразки зерна пшениці випромінювання оптимальних довжин хвиль  $\lambda_1, \lambda_2$  в залежності від значень вмісту протеїну в зерні, визначених хімічним методом Кельдаля (ГОСТ 10846-91) на Фіг 3 зображено кореляційне поле експериментально одержаних значень вмісту протеїну в зразках зерна пшениці для пропущеного через зразки і дифузно відбитого від зразків зерна пшениці випромінювання відповідно на оптимальних довжинах хвиль  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_1', \lambda_2'$ .

Використання інтегральних інтенсивностей пропущеного через зразки зерна пшениці випромінювання послідовно двох оптимальних довжин хвиль  $\lambda_1, \lambda_2$  в ближній ІЧ області спектру для визначення вмісту протеїну в пшениці дає середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки  $\sigma = 0,8 \div 11$  (Фіг 2).

Визначення також інтегральних інтенсивностей дифузно відбитого від цього зерна пшениці випромінювання на оптимальних довжинах хвиль  $\lambda_1', \lambda_2'$  ближньої ІЧ області спектру, і відповідне корегування коефіцієнтів регресії призводить до підвищення коефіцієнта кореляції  $K$  вмісту складової - інтегральні інтенсивності пропущеного та дифузно відбитого від зерна випромінювання - до значень  $K = 0,79 \div 0,91$ . Причому середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки вмісту протеїну, клейковини, вологи, та інших знижується до значень  $\sigma = 0,49 \div 0,63$  (Фіг 3). Оптимальні довжини хвиль, а також оптимальний вид взаємодії зерна з випромінюванням - пропущення випромінювання через зерно чи його дифузне відбиття на кожній довжині хвилі вибирають по результатах обробки контрольної партії (Фіг 2, 3).

Спосіб визначення вмісту складових зернових, зокрема протеїну, клейковини і вологи, який схематично зображений на Фіг 1 реалізується таким чином. Подають послідовно випромінювання вибраних оптимальних довжин хвиль від світловипромінювачей, наприклад, світлодіодів 1 з світлофільтрами 2, (або без них), яке проходить крізь кювету з зерном 3.

Безпосередньо після взаємодії пропущеного випромінювання оптимальних довжин хвиль з зерном подають випромінювання попередньо вибраних оптимальних довжин хвиль близької ІЧ області спектру від світлодіодів 4, з світлофільтрами 5 (або без них), яке дифузно відбивається від зерна 3. Пропущене і дифузно відбите від зерна випромінювання послідовно реєструють фотоприймачем 6. Сигнал з фотоприймача 6 обробляють в блоці обробки інформації 7. Визначений вміст складових зернових у відсотках візуалізують на дисплеї 8.

Кореляційне поле залежності вмісту протеїну в зерні пшениці для партії  $n=35$  зразків від значень інтегральних інтенсивностей пропущеного через зерно випромінювання  $I_{\lambda_1}$  для оптимальних довжин хвиль  $\lambda_1, \lambda_2$  близької ІЧ області спектру в відносних одиницях наведене на Фіг 2, характеризується коефіцієнтом кореляції  $K=0,71$ . Значення середньоквадратичного відхилення випадкової складової похибки визначення протеїну в зерні пшениці в порівнянні з хімічним методом Кельдала (ГОСТ 10848-91) для цієї партії є  $\sigma = 0,97$ .

Зниження середньоквадратичного відхилення випадкової складової похибки визначення протеїну досягають вимірюванням сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного через кювету з зерном (Фіг 1) випромінювання  $(\lambda_1, \lambda_2)$  інтегральних

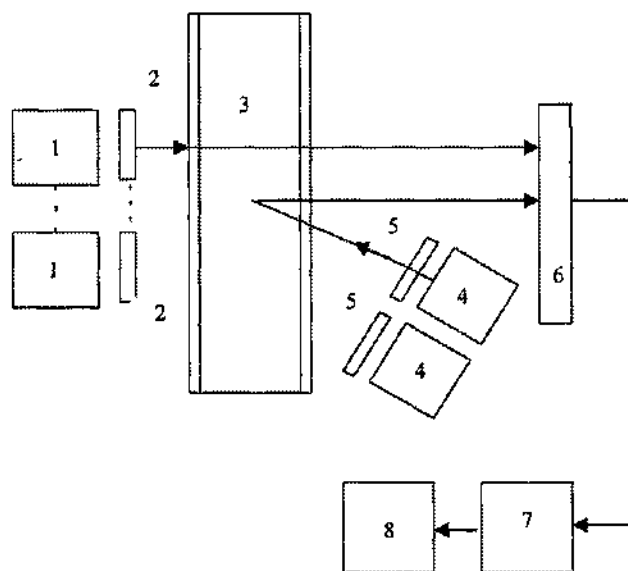
інтенсивностей дифузно відбитого від цього зерна випромінювання на оптимальних довжинах хвиль  $\lambda_1', \lambda_2'$ .

Кореляційне поле залежності значення вмісту протеїну у відсотках від інтегральних інтенсивностей пропущеного  $(\lambda_1, \lambda_2)$  і дифузно відбитого  $(\lambda_1', \lambda_2')$  випромінювання, яке наведено на Фіг 3, характеризується коефіцієнтом кореляції  $K = 0,89 \div 0,91$ .

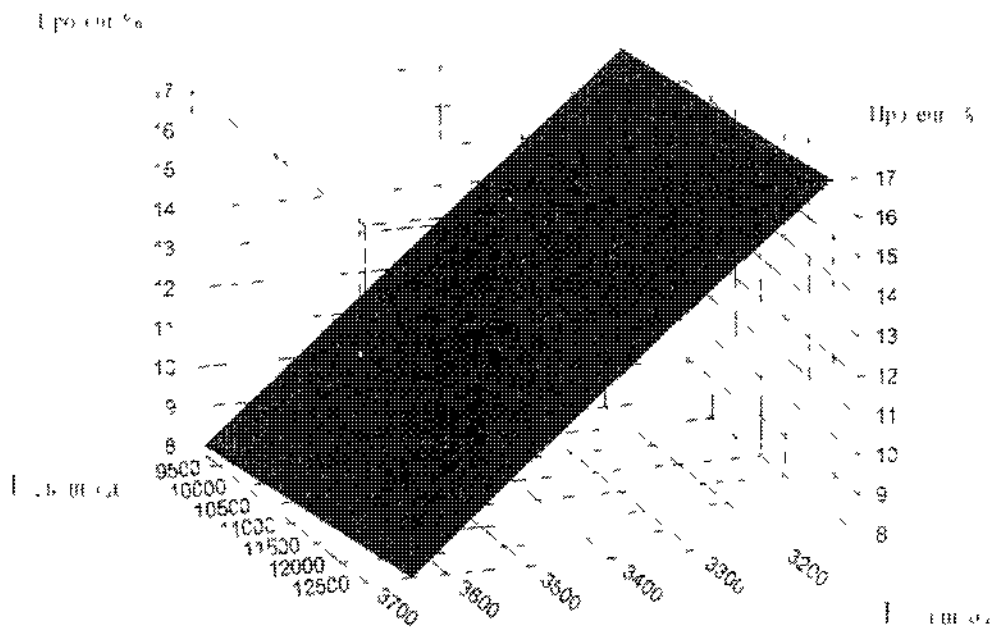
Середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки визначення протеїну для цієї партії зерна пшениці при вимірюванні сукупно з інтегральними інтенсивностями пропущеного також дифузно відбитого від зерна випромінювання складає  $K = 0,49 \div 0,52$ .

Підвищення коефіцієнту кореляції  $K$  і зниження середньоквадратичного відхилення випадкової складової похибки визначення протеїну  $\sigma$  зумовлені з одного боку сукупним вимірюванням послідовно інтегральних інтенсивностей пропущеного і дифузно відбитого випромінювання на оптимальних довжинах хвиль  $\lambda_1', \lambda_2'$ ,  $\lambda_1'$  близької ІЧ області спектру, а з другого боку - зниженням похибки обробки інформації шляхом розділу сукупних результатів вимірювань за визначеним алгоритмом та оптимізацією числа вимірювань.

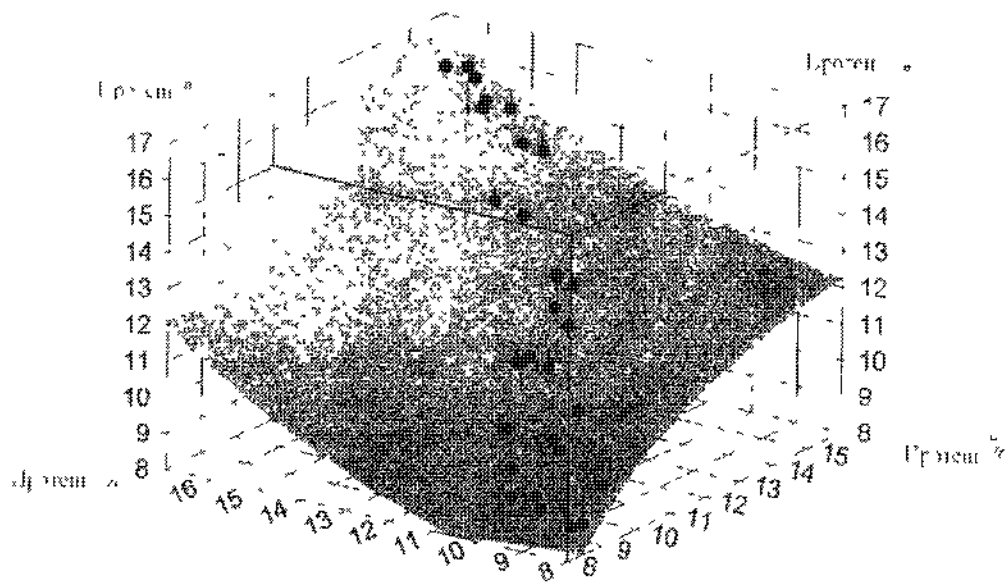
Таким чином, забезпечується очікуваний технічний результат, а саме розширюються функціональні можливості способу при спрощенні його конструктивної реалізації, обслуговування і вартості.



Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 1