



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월20일

(11) 등록번호 10-2079647

(24) 등록일자 2020년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 5/04 (2006.01) G01N 33/02 (2006.01)(52) CPC특허분류
G01N 5/045 (2013.01)
G01N 33/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0117939

(22) 출원일자 2018년10월04일

심사청구일자 2018년10월04일

(56) 선행기술조사문헌

JP01021457 B2

JP07042939 U

JP2016065868 A

KR1020030010025 A

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

이승현

대전광역시 유성구 가정로 43 삼성한울아파트 10
6동 1505호

이동영

경기도 성남시 수정구 산성대로437번길 7 (푸르지
오 103동 901호)

(74) 대리인

이충한

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 박준영

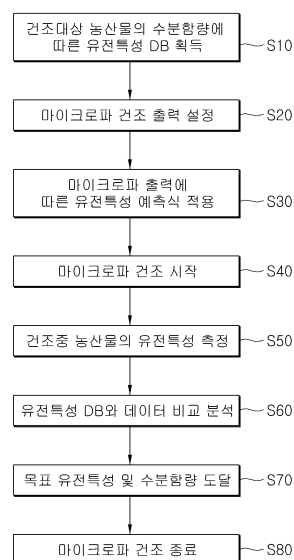
(54) 발명의 명칭 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법

(57) 요약

본 발명은 유전특성을 활용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법에 관한 것으로서, (A) 건조대상 농산물의 건조중 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득하여 데이터베이스화하는 단계; (B) 상기 건조대상 농산물을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입한 상태에 건조챔버의 출력을 설정하는 단계; (C) 상기 건조챔버

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



측 마이크로파의 설정된 출력에 따른 유전특성 건조모델식을 예측식으로 적용하여 농산물 건조 전에 건조시간에 따른 유전특성을 예측하고, 유전특성 예측데이터를 획득 및 빅데이터화하는 단계; (D) 상기 건조챔버 내 설정된 출력으로 농산물을 향해 마이크로파를 조사하여 건조를 시작하는 단계; (E) 상기 마이크로파 조사에 의한 건조 중 건조시간에 따른 농산물의 유전특성을 측정하는 단계; (F) 상기 (E)단계를 통해 건조대상 농산물의 건조 중 유전특성을 측정하였으면, 이를 상기 (A)단계에 획득한 유전특성 기초데이터 및 상기 (C)단계를 통해 획득한 건조전 유전특성 예측데이터와 비교 분석하는 단계; (G) 상기 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였는지를 확인하는 단계; (H) 상기 (G)단계에서 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하지 않았으면 농산물의 건조를 지속적으로 수행하고, 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였으면 건조를 종료하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 건조대상 농산물에 대해 건조중 유전특성을 활용하여 기존에 비해 보다 신속하고 정확하게 수분함량을 예측 및 예측데이터를 활용한 빅데이터화가 가능하며, 종래 농산물 수분함량 분석방법에 비해 더욱 간편하면서도 비용을 크게 절감할 수 있음은 물론 단순한 예측식 적용으로 고가의 유전특성 측정장비 없이도 농산물의 유전특성을 측정할 수 있으며, 건조대상 농산물의 건조시 가공효율을 높일 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016-0874-03
부처명	농촌진흥청
연구관리전문기관	국립농업과학원
연구사업명	농업첨단핵심기술개발사업
연구과제명	Microwave-열풍 복합건조기술 개발을 위한 주요 농산물의 microwave 및 열풍 건조특성 구
명 연구	
기 여 율	1/1
주관기관	충남대학교
연구기간	2016.03.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (A) 건조대상 농산물의 건조중 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득하여 데이터베이스화하는 단계;
- (B) 상기 건조대상 농산물을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입한 상태에 건조챔버의 출력을 설정하는 단계;
- (C) 상기 건조챔버 측 마이크로파의 설정된 출력에 따른 유전특성 건조모델식을 예측식으로 적용하여 건조대상 농산물의 건조 전에 건조시간에 따른 유전특성을 예측하고, 유전특성 예측데이터를 획득 및 빅데이터화하는 단계;
- (D) 상기 건조챔버 내 설정된 출력으로 건조대상 농산물을 향해 마이크로파를 조사하여 건조를 시작하는 단계;
- (E) 상기 마이크로파 조사에 의한 건조 중 건조시간에 따른 건조대상 농산물의 유전특성을 측정하는 단계;
- (F) 상기 (E)단계를 통해 건조대상 농산물의 건조 중 유전특성을 측정하였으면, 이를 상기 (A)단계에 획득한 유전특성 기초데이터 및 상기 (C)단계를 통해 획득한 건조전 유전특성 예측데이터와 비교 분석하는 단계;
- (G) 상기 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였는지를 확인하는 단계;
- (H) 상기 (G)단계에서 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하지 않았으면 건조대상 농산물의 건조를 지속적으로 수행하고, 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였으면 건조를 종료하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (A)단계에서는,

상기 건조대상 농산물에 대해 일정 두께를 갖는 편 형태의 시편을 준비하는 단계;

상기 준비된 시편을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입하는 단계;

상기 건조챔버 측 마이크로파 출력을 선택한 후 건조를 실시하는 단계;

상기 건조중인 시편에 대해 건조시간별 수분함량에 따른 중량과 유전특성의 변화를 측정하는 단계; 를 통해 건조대상 농산물의 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득하는 것을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 건조챔버 내에 와이퍼를 구비하여 건조중인 시편의 유전특성 측정시 마이크로파 출력에 의한 가열로 인해 시편 표면에 생성되는 수분을 제거할 수 있도록 구성함으로써 표면에 생성된 수분에 의해 유전특성 측정에 영향을 미치는 것을 방지함을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 시편의 유전특성 측정에는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 사용한 것을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 (C)단계에서는,

상기 예측식에 대해 지수 함수로 표현되는 아래 (식 1)의 Henderson and pabis 건조모델식을 이용하되 통계프로그램에 의한 비선형 회귀분석을 수행하여 Henderson and pabis 건조모델식에 대한 매개변수(a,k)를 추정함으로써 건조중 농산물에 대해 건조시간에 따른 유전특성을 예측하는 것을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

(식 1)

$$MR = a \exp(-kt)$$

여기서, 상기 a와 k는 매개변수임.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 건조대상 농산물은 고구마인 것을 특징으로 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 건조과정에 있는 농산물의 수분함량 예측방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 마이크로파 건조를 실시하는 건조대상 농산물의 수분함량에 따른 유전특성 데이터를 획득 및 데이터베이스화하고, 마이크로파를 이용한 건조과정 중에 있는 농산물의 유전특성을 측정함으로써 건조대상 농산물에 대하여 신속하고 정확하게 수분함량을 예측해낼 수 있도록 하며, 이를 통해 건조대상 농산물의 건조시 가공효율을 높일 수 있도록 한 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 농산물에 함유되어있는 수분은 물리적 및 화학적 성질은 물론 생리적 작용에 큰 영향을 미치며, 저장성 및 품질에 중요한 영향을 미친다.

[0003] 이에, 농산물에 대한 수분함량을 분석 및 측정하는 방법이 활용되고 있는데, 이러한 수분 분석방법에는 무게 분석의 원리를 이용한 건조법으로서 상압가열방식과 고온가열방식, 감압가열방식 및 적외선 부분측정방식 등이 사용되고 있고, 또한 증류법과 더불어 부피 분석의 원리를 이용한 적정법 등이 사용되고 있으며, 상기 상압가열방식 건조법이 가장 많이 사용되고 있다.

[0004] 하지만, 종래 무게 분석의 원리를 이용한 건조법은 오랫동안 수분 측정의 대표적인 방법으로 자리잡아 널리 사용되고 있으나, 그 절차가 번거롭고 시간이 오래 걸리는 단점을 지니고 있다.

[0005] 또한, 최근에는 고주파유전율을 이용한 수분측정법을 사용하고 있으나, 이는 수분 측정을 위해 요구되는 장비가 복잡할 뿐더러 고가인 단점을 지니고 있다.

[0006] 한편, 농산물은 건조를 통해 농산물의 수분함량을 조절하는데, 건조는 농산물이 함유한 수분을 제거하여 농산물의 화학적 변화를 지연시키고 효소 반응을 억제시키며 곰팡이 및 식품매개병원균(foodborne pathogen)으로부터의 오염을 최소화시킬 수 있게 하는 것으로서, 농산물에 대한 매우 효과적인 보존방법 중의 하나이다.

- [0007] 현재, 농산물의 건조에는 다양한 기술이 접목되고 있는데, 전자기파의 한 영역인 마이크로파(Microwave)를 이용하여 농산물 내부의 수분까지 완전히 제거하는 건조가공법이 사용되고 있으며, 보다 효율적인 건조를 위한 많은 연구개발이 수행되고 있다.
- [0008] 하지만, 종래 마이크로파를 이용한 농산물의 건조 시 마이크로파와 농산물의 전자기 에너지 간의 상호작용을 이해하고 접목하기보다는 단순 마이크로파 원리를 활용하는 수준에 있다.
- [0009] 또한, 최근에는 농산물의 건조시 대상 농산물의 유전특성 등을 측정 및 예측하여 보다 효율적인 건조 처리를 위한 예측식을 개발하는 연구가 수행되고 있으나, 모든 식품 또는 농산물에 적용되는 일반적이면서도 간단한 예측식을 개발하는데 어려움이 있으며, 기존에 개발된 예측식이 존재하나 적용이 복잡함은 물론 국내의 농산물에는 적용이 어려운 실정에 있다.
- [0010] 한편, 종래 선행기술문헌을 살펴보았을 때, 본 발명에서 제안하고자 하는 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측기술에 관한 선행기술문헌은 쉽게 찾아볼 수가 없었으며, 국내등록특허 제10-1742719호에서 중량 측정을 이용한 농산물 건조장치 및 건조방법을 제안 및 개시하고 있고, 국내등록특허 제10-0678975호에서 마이크로파와 열풍을 이용하여 피건조물의 건조특성을 측정 및 건조공정을 제어하는 마이크로파 에너지를 이용한 건조특성 측정시스템 및 제어방법을 제안 및 개시하고 있으며, 국내공개특허 제10-2017-0011309호에서 마이크로파 및 열풍을 이용하여 건조 처리하는 복합건조기를 제안 및 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1742719호
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-0678975호
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0011309호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 마이크로파 건조를 실시하는 건조대상 농산물의 수분함량에 따른 유전특성 데이터를 획득하고 데이터베이스화하고, 마이크로파를 이용한 건조과정 중에 있는 농산물의 유전특성을 측정함으로써 건조대상 농산물에 대하여 신속하고 정확하게 수분함량을 예측 및 빅데이터화할 수 있도록 하며, 이를 통해 건조대상 농산물의 건조시 가공효율을 높일 수 있도록 한 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0013] 본 발명은 전기적 성질을 이용하여 대상 농산물의 유전특성을 측정하고 이를 통해 대상 농산물의 건조 중 수분함량을 예측할 수 있도록 하며, 종래 농산물 수분함량 분석방법에 비해 더욱 간편하면서도 신속 정확하게 측정 및 예측할 수 있도록 할 뿐만 아니라 비용을 크게 절감할 수 있도록 한 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0014] 본 발명은 건조과정 중에 있는 대상 농산물의 유전특성을 측정하고 건조과정 중 건조시간을 함수로 하는 단순한 예측식을 적용함으로써 고가의 유전특성 측정장비없이도 유전특성을 측정함은 물론 건조 중 대상 농산물의 수분함량을 예측할 수 있도록 한 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 과제를 해결하기 위한 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법은, (A) 건조대상 농산물의 건조중 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득하여 데이터베이스화하는 단계; (B) 상기 건조대상 농산물을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입한 상태에 건조챔버의 출력을 설정하는 단계; (C) 상기 건조챔버 측 마이크로파의 설정된 출력에 따른 유전특성 건조모델식을 예측식으로 적용하여 농산물 건조 전에 건조시간에 따른 유전특성을 예측하고, 유전특성 예측데이터를 획득 및 빅데이터화하는 단계; (D) 상기 건조챔버

내 설정된 출력으로 농산물을 향해 마이크로파를 조사하여 건조를 시작하는 단계; (E) 상기 마이크로파 조사에 의한 건조 중 건조시간에 따른 농산물의 유전특성을 측정하는 단계; (F) 상기 (E)단계를 통해 건조대상 농산물의 건조 중 유전특성을 측정하였으면, 이를 상기 (A)단계에 획득한 유전특성 기초데이터 및 상기 (C)단계를 통해 획득한 건조전 유전특성 예측데이터와 비교 분석하는 단계; (G) 상기 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였는지를 확인하는 단계; (H) 상기 (G)단계에서 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하지 않았으면 농산물의 건조를 지속적으로 수행하고, 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였으면 건조를 종료하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기에서, 상기 (A)단계에서는, 상기 건조대상 농산물에 대해 일정 두께를 갖는 편 형태의 시편을 준비하는 단계; 상기 준비된 시편을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입하는 단계; 상기 건조챔버 측 마이크로파 출력을 선택한 후 건조를 실시하는 단계; 상기 건조중인 시편에 대해 건조시간별 수분함량에 따른 중량과 유전특성의 변화를 측정하는 단계; 를 통해 건조대상 농산물의 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득할 수 있다.

[0017] 이때, 상기 건조챔버 내에 와이퍼를 구비하여 건조중인 시편의 유전특성 측정시 마이크로파 출력에 의한 가열로 인해 시편 표면에 생성되는 수분을 제거할 수 있도록 구성함으로써 표면에 생성된 수분에 의해 유전특성 측정에 영향을 미치는 것을 방지할 수 있다.

[0018] 이때, 상기 시편의 유전특성 측정에는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 사용할 수 있다.

[0019] 여기에서, 상기 (C)단계에서는, 상기 예측식에 대해 지수 함수로 표현되는 아래 (식 1)의 Henderson and pabis 건조모델식을 이용하되 통계프로그램에 의한 비선형 회귀분석을 수행하여 Henderson and pabis 건조모델식에 대한 매개변수(a,k)를 추정함으로써 건조중 농산물에 대해 건조시간에 따른 유전특성을 예측할 수 있다.

[0020] (식 1) $MR = a \exp(-kt)$

[0021] 여기서, 상기 a와 k는 매개변수임.

[0022] 여기에서, 상기 건조대상 농산물은 고구마인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 건조대상 농산물에 대해 건조중 유전특성을 활용하여 기존에 비해 보다 신속하고 정확하게 수분함량을 예측 및 예측데이터를 활용한 빅데이터화가 가능하며, 종래 농산물 수분함량 분석방법에 비해 더욱 간편하면서도 비용을 크게 절감할 수 있음은 물론 단순한 예측식 적용으로 고가의 유전특성 측정장비 없이도 농산물의 유전특성을 측정할 수 있으며, 건조대상 농산물의 건조시 가공효율을 높일 수 있는 유용한 효과를 달성할 수 있다.

[0024] 본 발명은 농산물의 유전특성 예측 데이터를 통해 마이크로파 처리를 위한 농산물의 가열 패턴을 결정하는데 이용할 수 있고, 농산물의 유전특성과 수분함량의 높은 상관관계를 통해 종래에 비해 보다 간편하고 빠른 수분측정 등에 활용이 가능하며, 기존의 건조방정식을 이용한 농산물의 유전특성 예측을 통해 농산가공식품의 마이크로파 처리분야에도 응용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 설명하기 위해 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법에 있어 건조중 수분함량에 따른 유전특성 데이터를 사전 획득하는 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 있어 건조대상 농산물의 주파수 특성에 따른 유전특성을 보여주는 도면으로서, (a)는 500MHz 내지 3GHz 주파수 범위에서 농산물의 수분함량에 따른 유전특성을 측정한 결과를 나타낸 도면이고, (b)는 2450MHz 주파수에서 농산물의 수분함량에 따른 유전특성을 측정한 결과를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명에 있어 Henderson and pabis 건조모델식을 이용한 유전특성 예측식 및 2450MHz 주파수에서 마이크로파 출력별 유전특성 예측값을 나타낸 도면으로서, (a)는 900W, (b)는 630W, (c)는 360W, (d)는 90W 출력에

서의 건조시간에 따른 유전특성 예측값을 보여주고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.
- [0027] 이하, 첨부한 도면에 도시된 바람직한 실시 예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.
- [0028] 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위한 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 설명하기 위해 나타난 순서도이며, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법에 있어 건조중 수분함량에 따른 유전특성 데이터를 사전 획득하는 단계를 나타낸 흐름도이며, 도 3은 본 발명에 있어 건조대상 농산물의 주파수 특성에 따른 유전특성을 보여주는 도면으로서, (a)는 500MHz 내지 3GHz 주파수 범위에서 농산물의 수분함량에 따른 유전특성을 측정된 결과를 나타낸 도면이고, (b)는 2450MHz 주파수에서 농산물의 수분함량에 따른 유전특성을 측정된 결과를 나타낸 도면이며, 도 4는 본 발명에 있어 Henderson and pabis 건조모델식을 이용한 유전특성 예측식 및 2450MHz 주파수에서 마이크로파 출력별 유전특성 예측값을 나타낸 도면으로서, (a)는 900W, (b)는 630W, (c)는 360W, (d)는 90W 출력에 서의 건조시간에 따른 유전특성 예측값이다.
- [0029] 상기한 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법은 도 1에 나타난 바와 같이, 유전특성 기초데이터 획득단계(S10), 마이크로파 출력 설정단계(S20), 마이크로파 출력에 따른 유전특성 예측식 적용단계(S30), 마이크로파 건조 시작단계(S40), 건조중 유전특성 측정단계(S50), 유전특성 데이터와 비교 분석 단계(S60), 목표 유전특성 및 수분함량 도달여부 확인단계(S70), 마이크로파 건조 지속 또는 종료단계(S80)를 포함하는 구성으로 이루어진다.
- [0031] 상기 유전특성 기초데이터 획득단계(S10)는 건조대상 농산물의 건조중 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득하여 데이터베이스화하는 단계이다.
- [0032] 이때, 상기 S10단계에서는 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 건조대상 농산물에 대해 일정 두께를 갖는 편 형태의 시편을 준비하는 단계(S11)와, 상기 준비된 시편을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입하는 단계(S12)와, 상기 건조챔버 측 마이크로파 출력을 선택한 후 건조를 실시하는 단계(S13)와, 상기 건조중인 시편에 대해 건조 시간별 수분함량에 따른 중량과 유전특성의 변화를 측정하는 단계(S14)를 통해 건조대상 농산물의 수분함량에 따른 유전특성 기초데이터를 사전에 획득할 수 있다.
- [0033] 여기에서, 상기 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에는 내부 일측에 원심팬을 설치 및 배기덕트와 연결하는 구성을 통해 건조시 건조챔버 내부에 생성되는 수증기를 제거하도록 구성할 수 있으며, 상기 건조챔버 내에 와이퍼를 동작하게 구비하거나 또는 내부로 투입하여 동작 가능하게 구성함으로써 건조중인 시편의 유전특성 측정시 마이크로파 출력에 의한 가열로 인해 시편 표면에 생성되는 수분을 제거할 수 있도록 하며 이를 통해 시편의 표면에 생성된 수분에 의해 유전특성 측정에 좋지 않은 영향을 미치는 것을 방지도록 함이 바람직하다.
- [0034] 상기 시편의 건조시간별 수분함량에 따른 유전특성 측정에는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 사용할 수 있다.
- [0035] 상기 시편의 건조시간별 수분함량에 따른 중량 측정에는 로드셀센서를 사용할 수 있다.
- [0036] 상기 건조챔버로는 마이크로파 출력을 갖는 전자레인지를 사용할 수 있다.
- [0037] 상기 건조시간별 수분함량에 따른 유전특성의 변화를 측정하는 단계(S14)에서는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 이용한 마이크로파 반사법을 채택함이 바람직하다.
- [0038] 여기에서, 상기 유전특성 측정단계(S14)를 위한 예시로서, 농산물 중에서 고구마를 사용하여 유전특성을 측정하였으며, 도 3에 그 유전특성 측정 결과를 그래프로 도시하였다.
- [0039] 이때, 상기 건조챔버로는 전자레인지를 사용하였고, 고구마에 대한 건조시간별 수분함량에 따른 유전특성 측정

에는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 사용하였다.

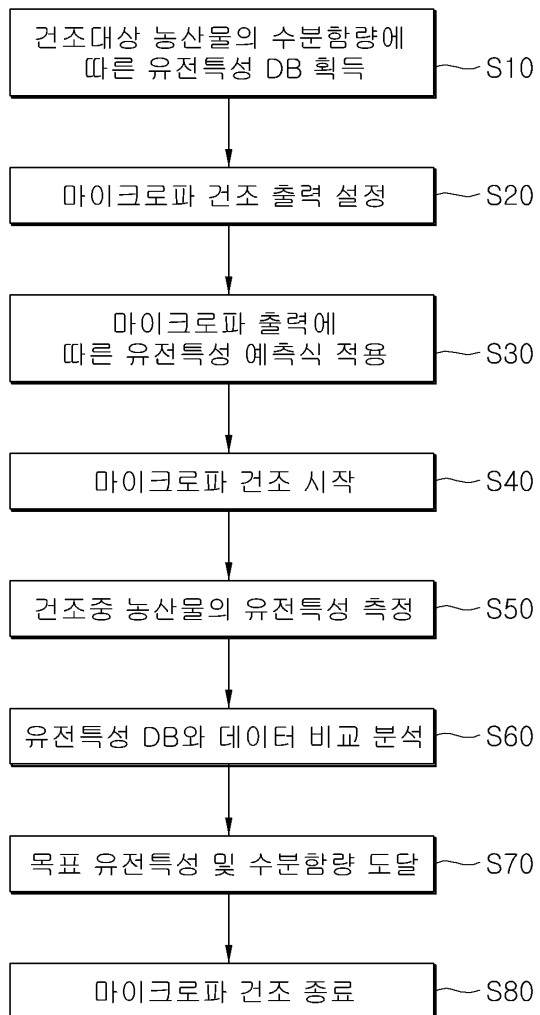
- [0040] 여기서, 상기 개방 단말 동축선 프로브로는 Keysight Technologies사의 85070E probe를 사용하였고, 상기 네트워크 분석기로는 Keysight Technologies사의 N9923A 모델(RF 벡터 네트워크 분석기)을 사용하였다.
- [0041] 도 3은 건조대상 농산물로 고구마를 사용하여 주파수 특성에 따른 유전특성을 나타낸 그래프이다.
- [0042] 여기서, 도 3의 (a)는 500MHz 내지 3GHz 주파수 범위에서 고구마의 수분함량에 따른 유전특성을 측정된 결과를 나타낸 것으로서, 고구마의 수분함량이 감소함에 따라 유전상수 값 또한 감소함을 보여주고 있으며, 동일한 수분 함량일 때 유전상수는 500MHz에서 가장 높은 값을 나타내고 주파수가 증가함에 따라 감소함을 보여주고 있다.
- [0043] 또한, 도 3의 (b)는 2450MHz 주파수에서 고구마의 수분함량에 따른 유전특성을 측정된 결과를 나타낸 것으로서, 이 역시 고구마의 수분함량이 감소함에 따라 유전상수 값 또한 감소함을 보여주고 있다.
- [0044] 즉, 농산물이 함유한 수분함량과 농산물의 유전특성이 상호간에 밀접한 관계에 있음을 보여주고 있다.
- [0045] 이와 같이, 본 발명에서는 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 이용하여 마이크로파 건조시 건조시간별 수분함량에 따른 유전특성의 변화를 측정할 수 있고, 이를 통해 건조대상 농산물에 대해 유전특성 기초데이터를 사전에 획득함으로써 데이터베이스화할 수 있다.
- [0046] 상기 마이크로파 출력 설정단계(S20)는 상기 건조대상 농산물을 마이크로파 출력을 갖는 건조챔버에 투입한 상태에 건조챔버의 출력을 설정하는 단계이다.
- [0047] 이때, 건조챔버를 통해서는 마이크로파 출력에 대해 다양하게 선택할 수 있다 할 것인데, 예를 들면 900W, 810W, 720W, 630W, 540W, 450W, 360W, 270W, 180W, 90W 등으로 출력을 선택할 수 있다.
- [0048] 상기 마이크로파 출력에 따른 유전특성 예측식 적용단계(S30)는 상기 건조챔버 측 마이크로파의 설정된 출력에 따른 유전특성 건조모델식을 채택하여 예측식으로 적용하고 이를 통해 건조대상 농산물의 건조 전에 건조시간에 따른 유전특성을 예측하여 유전특성 예측데이터를 획득 및 데이터베이스화하는 단계이다.
- [0049] 이때, 건조대상 농산물의 유전특성 예측데이터는 데이터베이스(DB) 업데이트를 통해 빅데이터화하여 사용할 수 있다.
- [0050] 여기서, 상기 유전특성 예측을 위한 예측식에 대해서는 지수 함수로 표현되는 아래 (식 1)의 Henderson and pabis 건조모델식을 이용함이 바람직하다.
- [0051] (식 1)
- [0052]
$$MR = a \exp(-kt)$$
- [0053] 여기서, 상기 a와 k는 매개변수임.
- [0054] 여기서는 상기 Henderson and pabis 건조모델식을 이용하되 통계프로그램에 의한 비선형 회귀분석을 수행하여 Henderson and pabis 건조모델식에 대한 매개변수(a,k)를 추정함으로써 건조중 농산물에 대해 건조시간에 따른 유전특성을 예측할 수 있다.
- [0055] 도 4는 상기 (식 1)의 Henderson and pabis 건조모델식을 이용하되 SPSS24.0 통계프로그램에 의한 비선형 회귀 분석을 수행하여 Henderson and pabis 건조모델식에 대한 매개변수(a,k)를 추정함으로써 마이크로파 건조시간에 따른 농산물의 유전상수를 예측한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0056] 여기서는 건조대상 농산물로 고구마를 사용하여 2450MHz 주파수에서 900W[도 4의 (a)], 630W[도 4의 (b)], 360W[도 4의 (c)], 90W[도 4의 (d)] 출력에 따른 유전상수를 예측한 결과치이다.
- [0057] 여기서, 마이크로파 출력이 증가할수록 짧은 시간 내에 유전상수 측정값이 급격하게 변화하였으며, 마이크로파 건조에 따른 유전상수의 변화는 마이크로파 건조에 따른 수분함량의 변화와 유사한 경향을 나타내고 있다.
- [0058] 부연하면, 마이크로파 출력이 감소할수록 매개변수 k값은 감소하고, 고구마의 초기 유전상수값에 따라 매개변수 a값이 크게 영향을 받고 있음을 나타내고 있다.
- [0059] 도 4에서 상기 예측식 및 통계프로그램을 이용한 비선형 회귀분석 결과에 따른 R^2 값은 모든 출력에서 0.95 이상

을 나타내고 있다.

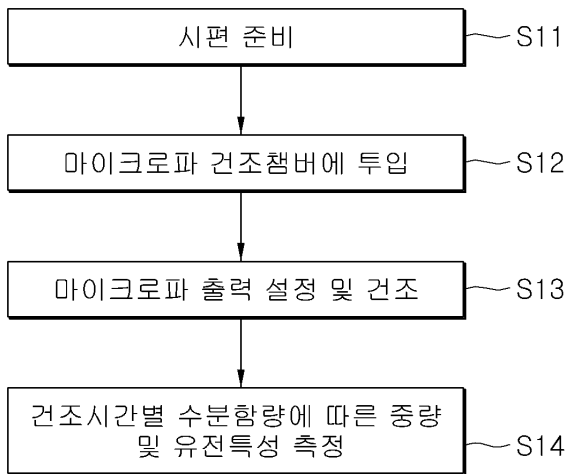
- [0060] 이와 같이, 건조대상 농산물의 건조 전에 건조시간에 따른 유전특성을 예측하여 유전특성 예측데이터를 획득 및 이를 활용할 수 있다.
- [0061] 상기 마이크로파 건조 시작단계(S40)는 상기 건조챔버 내 설정된 출력으로 농산물을 향해 마이크로파를 조사하여 건조를 시작하는 단계이다.
- [0062] 상기 건조중 유전특성 측정단계(S50)는 상기 마이크로파 조사에 의한 건조 중 건조시간에 따른 건조대상 농산물의 유전특성을 측정하는 단계이다.
- [0063] 이때, 상기 건조대상 농산물의 유전특성 측정에는 이미 상술한 바와 같이, 개방 단말 동축선 프로브(open-ended coaxial-probe)와 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 사용할 수 있다.
- [0064] 상기 유전특성 데이터와 비교 분석단계(S60)는 상기 건조대상 농산물의 건조 중 유전특성을 측정하였으면, 이를 상기 S10단계에서 획득한 유전특성 기초데이터 및 상기 S30단계를 통해 획득한 건조전 유전특성 예측데이터와 비교 분석하는 단계이다.
- [0065] 상기 목표 유전특성 및 수분함량 도달여부 확인단계(S70)는 상기 S50단계를 통해 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였는지를 확인하는 단계이다.
- [0066] 상기 마이크로파 건조 지속 또는 종료단계(S80)는 상기 S70단계에서 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하지 않았으면 상기 S40단계로 보내 S70단계를 실시함으로써 농산물의 건조를 지속적으로 수행하고, 건조 중 측정된 유전특성 측정값이 목표치에 해당하는 유전특성 및 수분함량에 도달하였으면 건조를 종료하는 단계이다.
- [0067] 이에 따라, 상술한 단계로 이루어지는 본 발명에 따른 유전특성을 이용한 건조 중 농산물의 수분함량 예측방법을 통해 건조대상 농산물에 대하여 건조중 신속하고 정확하게 수분함량을 예측 및 빅데이터화할 수 있고 종래 농산물 수분함량 분석방법에 비해 더욱 간편하면서도 비용을 크게 절감하는 방식을 적용할 수 있으며, 이를 통해 건조대상 농산물의 건조시 가공효율을 높일 수 있는 장점을 발휘할 수 있다.
- [0068] 또한, 본 발명은 농산물의 유전특성 예측 데이터를 통해 마이크로파 처리를 위한 농산물의 가열 패턴을 결정하는데 이용할 수 있고, 농산물의 유전특성과 수분함량의 높은 상관관계를 통해 종래에 비해 보다 간편하고 빠른 수분측정 등에 활용이 가능하며, 기존의 건조방정식을 이용한 농산물의 유전특성 예측을 통해 농산가공식품의 마이크로파 처리분야에도 응용할 수 있는 장점을 제공할 수 있다.
- [0069] 이상의 설명은 본 발명을 예시적으로 설명한 것이고, 명세서에 게시된 실시예는 본 발명의 기술사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 그러므로 본 발명의 보호범위는 청구범위에 기재된 사항에 의해 해석되고, 그와 균등한 범위 내에 있는 기술적 사항도 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

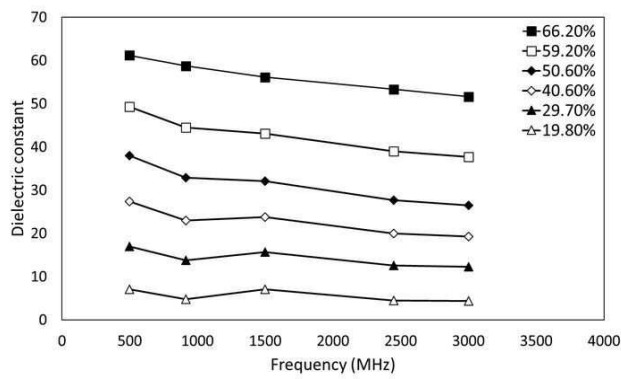
도면1



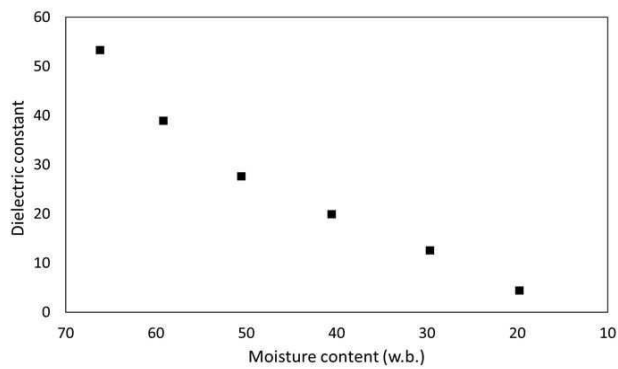
도면2



도면3



(a)



(b)

도면4

