



УКРАЇНА

(19) UA (11) 96604 (13) C2

(51) МПК

G01N 29/036 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/30 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

G01N 33/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ТА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСИСТЕНЦІЇ ХАРЧОВОГО МАТЕРІАЛУ

1

(21) a200900663

(22) 29.01.2009

(24) 25.11.2011

(31) 08 001 905.2

(32) 01.02.2008

(33) EP

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) ЛОЗЕР ХАНС УЛЬРІХ, DE

(73) КРАФТ ФУДЗ АР ЕНД ДІ, ІНК., US

(56) WO 8904463 A1, 18.05.1989

US 2003051535 A1, 20.03.2003

US 6276536 B1, 21.08.2001

US 5152401 A, 06.10.1992

EP 0577511 A1, 05.01.1994

US 2508152 A, 16.05.1950

RU 2167942 C1, 27.05.2001

UA 36831 U, 10.11.2008

SU 1218326 A1, 15.03.1986

JP 2004085303 A, 18.03.2004

JP 2004294173 A, 21.10.2004

CA 2289064 A1, 05.11.1998

(57) 1. Спосіб визначення характеристик консис-  
тенції харчового матеріалу, що має змінні харак-  
теристики консистенції, який включає:

прикладання щонайменше одного вібраційного  
імпульсу з частотою в межах заданого діапазону  
частот і із заданою тривалістю у часі до випробо-  
вуваного зразка харчового матеріалу всередині  
контейнера для створення щонайменше одного  
експериментального вібраційного відгуку;

вимірювання щонайменше одного експеримента-  
льного вібраційного відгуку випробовуваного зраз-  
ка щонайменше на один вібраційний імпульс; і  
порівняння щонайменше одного експеримента-  
льного вібраційного відгуку щонайменше з однією  
опорною величиною вібраційного відгуку, одержа-  
ною щонайменше від одного калібрувального  
зразка харчового матеріалу, що має відомі ха-  
рактеристики консистенції, з визначенням тим  
самим характеристикам консистенції випробовувано-  
го зразка,

в якому множину вібраційних імпульсів зі змінними  
заданими частотами і заданими дискретними інте-

2

рвалами часу прикладають до випробовуваного  
зразка і вимірюють множину експериментальних  
вібраційних відгуків випробовуваного зразка.

2. Спосіб за п. 1, який додатково включає ви-  
значення частот і амплітуд резонансних режи-  
мів випробовуваного зразка і використання ча-  
стот і амплітуд резонансних режимів разом з  
експериментальними вібраційними відгукми ви-  
пробовуваного зразка для визначення характе-  
ристик консистенції випробовуваного зразка.

3. Спосіб за п. 1, в якому контейнер є техноло-  
гічним трубопроводом, при цьому щонайменше  
один вібраційний імпульс прикладають до тех-  
нологічного трубопроводу і при цьому вимі-  
рюють щонайменше один експериментальний  
вібраційний відгук випробовуваного зразка з ви-  
користанням зміщення технологічного трубопро-  
воду.

4. Спосіб за п. 1, в якому харчовий матеріал є  
шоколадом або харчовим продуктом, що міс-  
тить шоколад.

5. Спосіб за п. 3, в якому харчовий матеріал є  
шоколадом або харчовим продуктом, що міс-  
тить шоколад, при цьому технологічний трубопро-  
від включений в оброблювальну лінію для вигото-  
влення харчового матеріалу і при цьому  
визначення характеристик консистенції харчового  
матеріалу використовують для моніторингу обро-  
блювальної лінії.

6. Спосіб за п. 1, в якому харчовий матеріал має  
наноструктуру.

7. Спосіб за п. 3, в якому технологічний трубо-  
провід включений в оброблювальну лінію деаерації  
і при цьому визначення характеристик консистенції  
випробовуваного зразка використовують для  
моніторингу оброблювальної лінії деаерації.

8. Спосіб за п. 4, в якому харчовий матеріал є  
стаціонарним в технологічному трубопроводі під  
час визначення характеристик консистенції ви-  
пробовуваного зразка.

9. Спосіб за п. 4, в якому харчовий матеріал  
протікає в технологічному трубопроводі під

(13) C2

(11) 96604

(19) UA

час визначення характеристик консистенції випробовуваного зразка.

10. Спосіб за п. 4, в якому напрям потоку харчового матеріалу в технологічному трубопроводі є по суті перпендикулярним щонайменше одному вібраційному імпульсу, що прикладається, і щонайменше одному з вимірюваних експериментальних вібраційних відгуків випробовуваного зразка.

11. Спосіб за п. 1, в якому заданий діапазон частот дорівнює або менше 20 кГц.

12. Спосіб за п. 1, в якому заданий діапазон частот дорівнює або менше 10 кГц.

13. Спосіб за п. 1, в якому щонайменше один вібраційний імпульс генерують за допомогою п'єзоелектричного виконавчого механізму і в якому щонайменше один експериментальний вібраційний відгук вимірюють за допомогою віброметра.

14. Система для визначення характеристик консистенції харчового матеріалу, що має змінні характеристики консистенції, яка містить:

пристрій для генерування вібраційного імпульсу для випробовуваного зразка харчового матеріалу, пристрій для вимірювання експериментального вібраційного відгуку випробовуваного зразка харчового матеріалу на вібраційний імпульс, контейнер для утримування випробовуваного зразка під час як генерування вібраційного імпульсу,

так і вимірювання експериментального вібраційного відгуку випробовуваного зразка, і

аналізатор для порівняння експериментального вібраційного відгуку випробовуваного зразка з одним або декількома опорними вібраційними відгукми, визначеними з використанням калібрувального зразка харчового матеріалу, що має відомі характеристики консистенції, з визначенням за рахунок цього характеристик консистенції випробовуваного зразка,

в якій генераторний пристрій здатний генерувати множину вібраційних імпульсів зі змінними заданими частотами і заданими дискретними інтервалами часу і в якій вимірювальний пристрій здатний вимірювати множину експериментальних вібраційних відгуків випробовуваного зразка.

15. Система за п. 14, в якій технологічний трубопровід включений в оброблювальну лінію для виготовлення харчового матеріалу, і при цьому визначення характеристик консистенції харчового матеріалу використовується для моніторингу оброблювальної лінії.

16. Система за п. 14, в якій генераторний пристрій є п'єзоелектричним виконавчим механізмом, а вимірювальний пристрій є віброметром.

17. Система за п. 15, в якій генераторний пристрій є п'єзоелектричним виконавчим механізмом, а вимірювальний пристрій є віброметром.

Винахід стосується способу визначення консистенції харчового продукту за допомогою вимірювання його вібраційного відгуку на контрольований вібраційний імпульс. Пропонується також пристрій для використання в цьому способі.

З рівня техніки відоме використання технології вимірювання вібрації з метою визначення масової витрати газу або рідини. Коли трубу, через яку проходить потік текучого середовища, приводять в коливальний рух в напрямі, перпендикулярному напрямку потоку, то на трубу впливають сили Коріоліса. Вимірювання зміщення труби під дією цих сил забезпечує можливість кількісного визначення масової витрати. Витратомір, оснований на цьому принципі Коріоліса, розкритий, наприклад, в WO 89/04463. Описаний пристрій містить проточне пристосування, таке як труба або трубопровід, збуджувальний пристрій і декілька датчиків, розташованих в різних місцях на проточному пристосуванні. Коли через пристрій проходить потік текучого середовища, то збуджувальний пристрій використовується для приведення в коливальний рух потоку, і вимірюються коливання за допомогою датчиків. Сили Коріоліса, виникаючі за рахунок потоку текучого середовища, викликають фазовий зсув коливань в різних місцях проточного пристосування. Величина фазового зсуву визначається з використанням двох датчиків, розташованих в різних місцях, і задає безпосередню міру масової витрати через пристосування. Додатково до цього, такі витратоміри можна також використовувати для кількісного визначення густини текучого сере-

довища в потоці, оскільки резонансна частота проточного пристосування залежить від маси матеріалу, що протікає. Однак, вказаний вище спосіб обмежується газоподібними або рідкими матеріалами і не дає інформації про консистенцію матеріалу.

В журналі Applied Rheology (Прикладна реологія) 17, 2511-1-25111-7 (2007) наведений опис способу з використанням примусових вібрацій і лазерного ефекту Доплера застосовано до м'яких сільськогосподарських продуктів. У цьому способі вимірювання твердий харчовий продукт, такий як диня, поміщають на генераторі вібрацій, наприклад, на вібраційному столі, і тим самим змушують здійснювати коливальні рухи. Коливання продукту, що викликаються цим, досліджують за допомогою вимірювання руху його поверхні за допомогою лазерного доплерівського віброметра. Аналіз резонансних пікових частот дає модуль пружності продукту, який може бути корисний для оцінки якості продукту, стиглості або твердості.

В журналі Measurement Science and Technology (Вимірювальна наука і техніка) 14 (2003) 451-462 наведений опис пристрою для реологічних вимірювань, який містить відрізок труби з парою магнітів, прикріплених до неї, і парою котушок, встановлених на опорній рамі, який використовується для дослідження параметрів потоку рідин. Відрізок труби, який містить рідину, що протікає, приводиться в торсійні коливання за допомогою електромагнітного збудження з використанням пари магніт/катушка як виконавчого меха-

нізму, і потім коливальний відгук труби знімають за допомогою тієї ж пари магніт/котушка. Фазовий зсув між збуджувальним сигналом і сигналом відгуку вимірюють і використовують для визначення резонансної частоти і загасання в пробі рідини. Потім з цих двох параметрів визначають комплексну в'язкість рідини за допомогою теоретичної моделі.

Першою задачею винаходу є створення надійного неруйнівного і неінвазивного способу визначення консистенції харчового матеріалу. Згідно з другим аспектом, винахід має на меті створення пристрою для реалізації вказаного способу. Це досягнуто за допомогою способу, який має технічні ознаки пункту 1, і пристрою, який має технічні ознаки пункту 15 формули винаходу. Переважні варіанти виконання винаходу впливають із залежних пунктів формули винаходу.

Винахід пропонує спосіб визначення консистенції харчового матеріалу, який включає стадії прикладання щонайменше одного вібраційного імпульсу (такого як коливальне збудження, звуковий імпульс або будь-який інший імпульс, який служить для приведення в коливання або "струси" харчового матеріалу) з частотою в межах заданого діапазону частот і з визначеною тривалістю у часі до харчового матеріалу, вимірювання вібраційного відгуку (такого як зміщення, переміщення, коливання і т. д.) харчового матеріалу щонайменше на один вібраційний імпульс, і порівняння вібраційного відгуку щонайменше з однією опорною величиною, визначеною перед вимірюванням. При цьому поняття "консистенція" стосується фізичних і/або хімічних властивостей (або структури) харчового матеріалу, що підлягає дослідженню, включаючи, але не обмежуючись цим, твердість, густину, в'язкість, пружність, кристалічну структуру, гомогенність (наприклад, співіснування різних фаз або кристалічних структур), хімічний склад, молекулярний склад (мікроструктура) і т. п. Харчовий матеріал, що підлягає дослідженню, знаходиться в рідкому або напівтвердому стані і/або міститься всередині контейнерного тіла, такого як труба. Якщо вимірювання виконуються на харчовому матеріалі, що міститься в контейнерному тілі, то харчовий матеріал може бути стаціонарним під час вимірювання, тобто не в русі (наприклад, потоці) відносно контейнерного тіла. Для вимірювання вказаного вібраційного відгуку може вистачати єдиного датчика. Вимірювання вібраційного відгуку може включати, наприклад, вимірювання частоти і/або амплітуди вібрацій. Опорну величину можна визначати перед вимірюванням, наприклад, за допомогою вимірювання речовини з добре відомою консистенцією або за допомогою вимірювання харчового матеріалу, що підлягає дослідженню, при визначеному наборі добре заданих зовнішніх параметрів, таких як температура і тиск. Вібраційний відгук залежить від різних параметрів харчового матеріалу, таких як в'язкість, густина або консистенція (наприклад, одночасне існування різних фаз в матеріалі). Таким чином, спосіб, згідно з винаходом, можна застосовувати для моніторингу процесу твердіння їжі, наприклад, в напівтвердих харчових матеріалах в результаті впливу охоло-

дження або стискання, за допомогою виявлення змін в консистенції у вигляді змін у вібраційному відгуку матеріалу. Таким чином, можна ідентифікувати і виключати неповне твердіння їжі за допомогою регулювання часу охолодження і/або температури, наприклад, в тунелі охолодження або навіть за допомогою зміни конструкції такого тунелю охолодження. Таким чином, вказаний спосіб можна застосовувати щонайменше двома шляхами. По-перше, можна здійснювати оперативний моніторинг процесу виготовлення. По-друге, вказаний спосіб можна використовувати для визначення консистенції харчового процесу шляхом зміни параметрів процесу і/або конструкції машин і/або аналогічних параметрів. Результати, одержані за допомогою вказаного способу, можна використовувати потім для визначення придатних параметрів процесу, конструкції машин або аналогічних факторів.

З іншого боку, параметри твердіння харчового матеріалу у часі дають цінну інформацію про якість і твердість матеріалу. У цьому випадку достатньо вимірювати харчовий продукт ще в напівтвердому стані без необхідності очікування повної кристалізації матеріалу. Таким чином, спосіб, згідно з винаходом, забезпечує інструмент для визначення завчасно якості харчового продукту перед завершенням його виготовлення.

Вимірювання є неруйнівним і неінвазивним і тим самим не викликає ніякого пошкодження досліджуваного харчового матеріалу. Тому спосіб можна використовувати для перевірки якості готових харчових продуктів або для контролювання харчових властивостей під час процесу виготовлення. У першому випадку спосіб можна застосовувати, наприклад, для перевірки кондитерських виробів з наповненням, наприклад, покритих шоколадом бісквітів. Таке вимірювання може забезпечувати важливу інформацію про стан продукту, наприклад, чи є покриття повним і рівномірним, або ж чи пошкоджений бісквіт в процесі виготовлення (наприклад, утворення тріщин, неповне шарування між двома матеріалами). У другому випадку можна миттєво розпізнавати зміни в структурі або консистенції і компенсувати їх за допомогою вибору відповідних параметрів виробничого обладнання, таких як температура і тиск. Таким чином, можна підтримувати правильну роботу виробничої лінії, особливо при високій робочій швидкості лінії. Жорстке контролювання параметрів харчового продукту особливо важливе, коли процес виготовлення включає стадію комбінування різних харчових компонентів зі змінною структурою і/або консистенцією для забезпечення бажаного співвідношення компонентів. Це стосується, наприклад, так званої разової технології в кондитерській справі, коли всі складові наносяться в одній стадії виготовлення і повинні забезпечуватися, наприклад, 50 % частка заповнення, для плоских таблеток, що виготовляються на одній стадії в режимі нанесення стрічки (коли подовжені заповнені кондитерські вироби виготовляються за допомогою бічного руху екструдуючого харчового продукту сопла з нанесенням харчового матеріалу за допомогою сопла), що виконується постійно з ви-

соким рівнем швидкості і з використанням несприятливої комбінації рецептів (тобто з наповнювальними і покривними матеріалами з різними консистенціями і/або текучими властивостями). Додатково до цього, вказаний спосіб можна також використовувати для ідентифікації різних рівнів включення газу в рідкому або твердому матеріалі, наприклад, під час процесу деаерації шоколаду. Спосіб, згідно з винаходом, застосовний до різноманітних харчових матеріалів, таких як вершковий сир (наприклад, для одержання правильного рівня вершковості), соуси, підливки, будь-які види емульсій і суспензій, будь-які рідини, тверді або рідкі наноструктури, напівнаноструктури, випічки (наприклад, для моніторингу властивостей тіста) або пастоподібні продукти з додатковим поширенням на косметичні засоби, такі як лосьйони або креми, або на фармацевтичні засоби.

Використання контейнерного тіла є особливо переважним для експериментів, які залежать від температури і тиску, оскільки це забезпечує можливість точного керування цими зовнішніми параметрами. Наприклад, контейнер може бути з'єднаний з охолоджувальним або нагрівальним пристроєм.

У одному варіанті виконання винаходу декілька вібраційних імпульсів з різними заданими частотами і із заданими дискретними інтервалами часу прикладають до харчового матеріалу і вимірюють вібраційний відгук харчового матеріалу на кожний з вібраційних імпульсів. Тим самим підвищується точність способу, що дозволяє виявляти невеликі зміни у вібраційному відгуку.

Спосіб, згідно з винаходом, може додатково включати стадію визначення частот і амплітуд резонансного режиму харчового матеріалу. Зміни в харчовому матеріалі можуть впливати на частоти або амплітуди резонансних режимів харчового матеріалу або ж на обидва цих параметри. За допомогою моніторингу двох параметрів можна оптимізувати точність вимірювання. Процес вимірювання може складатися з прикладання вібраційних імпульсів з різними заданими частотами до харчового продукту, вимірювання вібраційного відгуку харчового продукту на кожний з вібраційних імпульсів і побудови графіків амплітуди коливань вібраційних відгуків залежно від частоти вібраційних відгуків. При цьому частоти і амплітуди вібраційних відгуків можна витягувати з даних вимірювання з використанням способу аналізу з перетворенням Фур'є. У такому графіку залежності амплітуди від частоти можна ідентифікувати піки резонансних режимів і визначати їх висоту і положення. Додатково до цього, з графіка можна витягувати ширину лінії резонансного піка (наприклад, повну ширину на половині максимуму), що дає додаткову інформацію про вібраційний відгук, зокрема про загасання відповідного вібраційного режиму, і тим самим про консистенцію досліджуваного харчового матеріалу. Порівняння таких графіків в різні моменти часу, при різних температурах, тисках, різних змінах температури або різних положеннях у виробничій лінії розкриває зміни в консистенції харчового матеріалу. Зокрема, результат такого порівняння не буде залежати від таких факторів як

поточна температура харчового матеріалу, якщо виконується точне керування нею. Переважно, одержують точну інформацію відносно консистенції. Крім того, графіки можна порівнювати з графіками матеріалів з добре відомими параметрами консистенції.

Коли харчовий матеріал міститься в контейнерному тілі, такому як труба, вібраційний імпульс можна прикладати, згідно з іншим варіантом виконання, до контейнера і/або можна вимірювати вібраційний відгук за допомогою вимірювання зміщення контейнерного тіла (наприклад, лінійного зміщення або переміщення контейнерного тіла). Така конфігурація особливо корисна для дослідження рідкого харчового продукту. Крім того, при використанні, наприклад, трубопроводу або труби як контейнера для їжі, консистенцію харчового матеріалу можна вимірювати в потоці. Контейнер може мати рухомі частини, такі як мембрани, прикріплені або інтегровані в його стінки, які можуть служити для прикладання вібраційного імпульсу до харчового матеріалу і для вимірювання вібраційного відгуку харчового матеріалу. Крім того, вібраційний імпульс можна прикладати безпосередньо до харчового матеріалу і вібраційний відгук харчового матеріалу можна вимірювати за допомогою вимірювання зміщення контейнерного тіла. З іншого боку, вібраційний імпульс можна також прикладати до контейнерного тіла і вимірювати вібраційний відгук харчового матеріалу безпосередньо на харчовому матеріалі.

Досліджуванним харчовим матеріалом може бути шоколад. У процесі "темперування" шоколаду, в якому жирова фаза шоколадної маси (в основному в маслі какао) зазнає фазового переходу з рідкого в твердий стан (на протилежність темперуванню із зернами, в звичайному процесі темперування використовується лише охолодження і зсув для утворення кристалів), ретельне керування процесом охолодження є важливим для одержання бажаної кристалічної структури і концентрації. Більшість жирів, таких як масло какао, є поліморфними і можуть кристалізуватися у множині різних форм з різною стабільністю, а також різними фізичними і хімічними властивостями. У випадку темперованого шоколаду в жирній фазі матеріалу присутні різні кристалічні структури (або форми) залежно від її теплової передісторії.

До цього часу присутність цих різних структур звичайно виявляється з використанням дифракції рентгенівських променів неруйнівним і неінвазивним способом. Однак, використання способу дифракції рентгенівських променів звичайно обмежується лабораторними умовами. Крім того, цей спосіб не дозволяє проводити вимірювання на дійсному шоколаді, оскільки кристали цукру в шоколаді викликають дифракцію рентгенівських променів в тій же області, що і жирні кристали. Даний винахід пропонує альтернативний підхід, який забезпечує подолання цієї проблеми тим, що він дозволяє дослідити консистенцію шоколадної маси в будь-який момент часу фазового переходу без необхідності порушення темперованої маси або виконання складних приготувань.

У інших способах використовуються сигнали відгуку після впливу на проби різних режимів із зміною температури у часі з використанням повністю інших принципів вимірювання. Вони називаються DSC (диференціальна скануюча калориметрія) і полягають у вимірюванні кривих темперування.

У цьому випадку спосіб DSC звичайно застосовують в лабораторних умовах і одержують зміни ентальпії ( $\Delta H$ ) під час охолодження з різною швидкістю охолодження і подальшого нагрівання із заданою швидкістю нагрівання ( $\Delta T/\Delta \tau$ , де  $\Delta T$  означає зміну температури в заданий інтервал часу  $\Delta \tau$ ). Таким чином, спосіб DSC дозволяє пов'язувати піки плавлення з певним діапазоном температури. Інформація, одержувана про кристалічну структуру, обмежена відмінністю температур і ентальпій в результаті плавлення кристалічної фази. З цих вимірювань не можна виводити додаткову інформацію про консистенцію.

Вимірювання кривих темперування широко використовується в кондитерських операціях. Пробу розміщують в ізотермічних умовах, охолоджують і реєструють температуру. Одержане відхилення температури дає так званий індекс темперування (зайве темперування, хороше темперування, недостатнє темперування і відсутність темперування) і точку перегину в °C замісу. З таких вимірювань не можна одержувати інформацію про кристалічну структуру або консистенцію.

Зокрема, спосіб, згідно з винаходом, можна використовувати для моніторингу змін консистенції такої темперованої маси при майже постійних температурах обробки, що дозволяє виконувати відповідні регулювання часу охолодження або температури в пристрої темперування. Спосіб, згідно з винаходом, сумісний з вказаною вище існуючою технікою вимірювання міри темперування. Крім того, спосіб можна застосовувати на виробничих лініях виготовлення рідкого шоколаду з метою підтримання постійності потоку шоколадної маси, оскільки утворення нової внутрішньої консистенції можна ідентифікувати в потоці. Крім того, харчовий матеріал може бути також складним складом або обволікаючою масою, або кондитерською наповнювальною масою. Як вказувалося вище, коли в процесі виготовлення харчового продукту комбінуються різні харчові компоненти зі змінною консистенцією (наприклад, в'язкістю, густиною або структурою), то спосіб, згідно з винаходом, можна застосовувати для забезпечення бажаного співвідношення компонентів, наприклад, в разовій технології в кондитерській справі. З іншого боку, при дослідженні харчових продуктів з покриттям можна використовувати спосіб для одержання інформації про покриття, такої як завершеність, наявність тріщин і/або рівномірність товщини. У іншому варіанті виконання досліджуваний харчовий матеріал може мати наноструктуру. У цьому випадку матеріал може бути в напівтвердому стані з газоподібними або рідкими включеннями нанометрового масштабу. З іншого боку, харчовий матеріал може бути нанорідиною (нанотекучим середовищем), такою як, наприклад, рідина з розподіленими в ній наночастинками. Спосіб, згід-

но з даним винаходом, можна застосовувати для виявлення присутності такої надмалої структури і для одержання інформації про її властивості, що є важким (або неможливим) за допомогою звичайних технологій без порушення або навіть пошкодження матеріалу.

Крім того, спосіб, згідно з винаходом, можна використовувати для моніторингу процесу деаерації харчового матеріалу. Наприклад, при виготовленні шоколаду повітря може легко захоплюватися рідкою або напівтвердою масою, наприклад, в процесі розмішування або струшування матеріалу. Захоплене повітря (або інший газ залежно від спеціальних виробничих умов) може утворювати пухирчики, які або залишаються в масі шоколаду, приводячи до зниження маси готового продукту, або підіймаються до поверхні шоколаду, викликаючи її шершавість. Таким чином, при виготовленні високоякісного продукту важливо мінімізувати такі включення газу до допустимого рівня, наприклад, у випадку обробки високим тиском, для забезпечення поліпшеної мікробіологічної стабільності. Однак при використанні звичайної технології неможливо визначати з достатньою точністю кількість повітря (або іншого газу), захопленого в харчовий продукт, без суттєвого втручання у виробничий процес. Цю задачу можна вирішувати за допомогою способу згідно з даним винаходом. У цьому випадку особливо переважно, що вимірювання можна виконувати під час процесу виготовлення, коли харчовий матеріал все ще знаходиться в рідкому або напівтвердому стані без необхідності очікування повного твердіння продукту. Тому можна виконувати заключні стадії процесу (наприклад, темперування у випадку виготовлення шоколаду) лише при досягненні прийняттого рівня деаерації. З іншого боку, спосіб, згідно з винаходом, можна застосовувати перед процесом виготовлення з метою визначення придатних параметрів процесу для одержання готового продукту з бажаною кількістю газових включень. Однак даний винахід не обмежується процесами виготовлення, в яких кількість газових включень необхідно утримувати на мінімальному рівні, а може поширюватися на дослідження харчового матеріалу, для якого бажане контрольоване утворення газових включень, такого як шоколад з включеними повітряними пухирчиками мікрометрового масштабу. У цьому випадку можна застосовувати спосіб для моніторингу, наприклад, розміру і розподілу газових пухирчиків з метою забезпечення бажаної консистенції харчового продукту.

У переважному в цей час варіанті виконання харчовий матеріал є стаціонарним під час вимірювання, тобто не рухається (наприклад, не тече) відносно вимірювального пристосування (такого як контейнерне тіло, якщо воно передбачене). Тому спосіб, згідно з винаходом, можна використовувати в масовому процесі виготовлення. Крім того, спосіб, згідно з винаходом, можна використовувати для дослідження консистенції харчового матеріалу в різних місцях виробничої лінії. У цьому випадку харчовий матеріал, що підлягає випробуванню, можна затримувати і ізолювати від

зовнішніх впливів, наприклад, за допомогою закривання відповідних клапанів, включених в труби або трубопроводи виробничої лінії. Такий процес вимірювання можна виконувати в різний час і в різних місцях виробничої лінії, що забезпечує можливість безперервного керування консистенцією харчового матеріалу.

У ще одному варіанті виконання, коли харчовий матеріал знаходиться в рідкому стані і міститься всередині контейнерного тіла, такого як труба, харчовий матеріал може протікати через контейнерне тіло. Хоч, як зазначалося вище, застосування способу, згідно з винаходом, до стаціонарного харчового матеріалу є переважним в цей час, такий варіант виконання винаходу може приносити переваги. Наприклад, вказаний вище спосіб можна використовувати для моніторингу потоку харчового матеріалу у виробничій лінії. У цьому випадку будь-які коливання в структурі або консистенції можна миттєво ідентифікувати і відповідним чином можна регулювати виробниче обладнання для гарантії рівномірної якості продукту, що випускається, при високій робочій швидкості лінії. Процес нанесення можна знов запускати при завершенні утворення бажаної консистенції.

Напрямок потоку харчового матеріалу може бути по суті перпендикулярним напрямку вібраційного імпульсу, що прикладається, і напрямку вимірювання вібраційного відгуку харчового матеріалу. Ця геометрія забезпечує можливість зручного і ефективного вимірювання, зокрема, коли вимірювальне обладнання інтегроване у виробничу лінію.

Частота вібраційного імпульсу, що прикладається, повинна знаходитися в діапазоні 0-20 кГц, переважно в межах діапазону 0-10 кГц. У цьому частотному діапазоні вібраційні імпульси можна генерувати за допомогою звичайних способів, переважно з використанням п'єзоелектричного виконавчого механізму, і вібраційний відгук можна вимірювати з використанням стандартних засобів, переважно віброметра. Тому вартість обладнання можна утримувати на розумному низькому рівні. Крім того, використання п'єзоелектричного виконавчого механізму в комбінаціях з віброметром забезпечує можливість створення простого вимірювального набору, який можна легко збирати і включати у виробничу лінію або лінію обробки без створення перешкод навколишньому обладнанню.

Спосіб, згідно з винаходом, може додатково включати стадію калібрування перед вимірюванням. Цю стадію калібрування можна виконувати без проби матеріалу або з нею. Вимірювальну установку можна калібрувати за допомогою вимірювання "калібрувальної речовини" з добре відомими параметрами матеріалу, такими як в'язкість і консистенція, або за допомогою вимірювання досліджуваного харчового матеріалу для визначеного набору добре заданих зовнішніх параметрів, таких як температура і тиск.

Згідно з другим аспектом даного винаходу, пропонується пристрій для визначення консистенції харчового матеріалу, при цьому пристрій містить пристрій для генерування вібраційного імпульсу, такий як п'єзоелектричний виконавчий механізм, пристрій для вимірювання вібрацій, та-

кий як віброметр, утримувальний механізм і аналізатор для порівняння виміряних вібрацій щонайменше з однією опорною величиною, визначеною перед вимірюванням. Утримувальний механізм містить контейнерне тіло для утримання в ньому харчового матеріалу (таке як труба або трубопровід) або ж струну, до якої можна прикріплювати харчовий матеріал. Останню конфігурацію можна використовувати, наприклад, для дослідження напівтвердого харчового матеріалу, наприклад, під час процесу твердіння.

В одному варіанті виконання в аналізаторі вимірюються і порівнюються частоти і амплітуди резонансних режимів харчового матеріалу.

В іншому варіанті виконання утримувальний механізм містить контейнерне тіло для утримання в ньому харчового матеріалу, яке виконане зі стійкого матеріалу, переважно металу, такого як нержавіюча сталь. Контейнерне тіло, виконане з такого матеріалу, має ту перевагу, що воно є стабільним в межах широкого діапазону температур і тисків, забезпечуючи можливість виконання детального вивчення властивостей харчового матеріалу при змінних зовнішніх умовах. Ця ознака може бути важливою, зокрема, для стеження за процесами часткового твердіння.

У іншому варіанті виконання, в якому утримувальний механізм містить контейнерне тіло для утримання в ньому харчового матеріалу, пристрій додатково містить датчик з чутливим до вібрації компонентом, таким як мембрана, в якому датчик з'єднаний з контейнерним тілом так, що чутливий до вібрації компонент реагує на вібрації контейнерного тіла. Потім вимірюється вібраційний відгук харчового матеріалу за допомогою вимірювання зміщення чутливого до вібрації компонента датчика. Такий датчик можна надійно прикріплювати до труби або трубопроводу у виробничій або оброблювальній лінії без яких-небудь пов'язаних коливань, і він забезпечує можливість локального вимірювання консистенції харчового матеріалу.

Нижче наводиться пояснення прикладів і результатів експериментів, які не мають обмежувального характеру, з посиланнями на прикладені креслення, на яких зображено:

фіг. 1 - пристрій для визначення консистенції харчового матеріалу, згідно з першим варіантом виконання;

фіг. 2 - графік амплітуди коливань залежно від частоти коливань для вібраційного відгуку надмірно темперованого і не темперованого шоколаду при ідентичній температурі, виміряний за допомогою пристрою, згідно з першим варіантом виконання;

фіг. 3 і 4 - графіки амплітуди коливань залежно від частоти коливань і часу для вібраційного відгуку попередньо не кристалізованого і попередньо кристалізованого шоколаду, відповідно, при ідентичній температурі, виміряні за допомогою пристрою, згідно з другим варіантом виконання;

фіг. 5 - частина пристрою для визначення консистенції харчового матеріалу, згідно з другим варіантом виконання, який включає датчик; і

фіг. 6 - графік амплітуди коливань залежно від частоти коливань для вібраційного відгуку силіконового масла (AK 5000) і розчину глюкози (GLC), виміряний за допомогою пристрою, згідно з першим варіантом виконання.

Докладний опис переважних в цей час варіантів виконання

На фіг. 1 показаний пристрій 10 для визначення консистенції харчового матеріалу, згідно з першим переважним варіантом виконання. Досліджуваній харчовий матеріал міститься всередині труби 16, виконаної з нержавіючої сталі. Пристрій 10 може працювати в режимі поза лінією, коли харчовий матеріал нерухомий в трубі 16, або в оперативному режимі. У першому випадку харчовий матеріал ізольований від зовнішніх впливів за допомогою закривання верхнього клапана 40 і нижнього клапана 42, які включені в трубу 16. У другому випадку клапани 40, 42 відкриті і харчовий матеріал протікає по довжині пристрою, входячи в трубу через масовий вхід 22 і виходячи з труби 16 через масовий вихід 24. Труба 16 може бути, наприклад, частиною виробничої або оброблювальної лінії. Труба 16 закріплена в двох місцях вздовж її довжини за допомогою верхньої опори 18 і нижньої опори 20 і приводиться в коливання в напрямі, перпендикулярному її подовжній осі з використанням п'єзоелектричного виконавчого механізму 12. Коливальна частина труби 16 є зоною між двома опорами 18, 20. Зміщення труби 16 вимірюється за допомогою звичайного віброметра 14, який можна розмішувати в різних місцях вздовж пристрою 10 з урахуванням природи хвилі відгуку, викликаних різницею консистенції використовуваних харчових матеріалів. П'єзоелектричний виконавчий механізм 12 і звичайний віброметр 14 з'єднані з платою персонального комп'ютера (не зображений). У процесі вимірювання можна прикладати до труби 16 декілька вібраційних імпульсів зі змінною частотою з використанням п'єзоелектричного виконавчого механізму 12, і вимірювати зміщення труби, що викликається, для кожного імпульсу за допомогою віброметра 14. Потім аналізаторний блок (не зображений) визначає частоту і амплітуду коливань труби для кожного прикладеного вібраційного імпульсу. Таким чином, одержують профіль зміни амплітуди залежно від частоти для заданого набору зовнішніх параметрів, таких як тиск, температура, положення на виробничій лінії, точка удару (тобто місце прикладання вібраційного імпульсу), форма і розмір контейнера для харчового матеріалу і т. д. Будь-яка зміна консистенції харчового матеріалу, яка може викликатися зміною зовнішніх параметрів або за рахунок взаємодії харчового матеріалу з його оточенням (наприклад, охолодження матеріалу за рахунок теплообміну з оточенням), відображується у відповідному профілі залежності амплітуди від частоти, який можна потім використовувати для виявлення змін у властивостях харчового матеріалу.

На фіг. 2 показані характерні графіки залежності амплітуди від частоти для надмірно темперованої і не темперованої шоколадної маси, які були виміряні при ідентичних температурах в ізотермічних умовах з використанням вказаного вище при-

строю 10 в режимі поза лінією. Графіки показують явну різницю між профілями коливань шоколадної маси, виміряними для зразків з різною тепловою і зрізаною передісторією, які найбільш виявляються навколо центрів резонансних піків. У той час, як всі піки показують помітну зміну висоти піків для двох зразків, спостерігається також зміщення між двома піками на частоті близько 7700 і близько 7800 Гц, відповідно. Таким чином, порівняння двох графіків (або даних, що лежать в основі, або вихідних сигналів датчика) дозволяє чітко розрізняти надмірно темперований і не темперований шоколадний матеріал. Якщо відоме зразкове положення щонайменше одного з резонансних піків для даного харчового матеріалу, то можна також ідентифікувати зміну в консистенції за допомогою одного вимірювання на частоті, близькій до центра цього піка. Якщо необхідно визначати, наприклад, чи є для даного набору зовнішніх параметрів шоколадний матеріал темперованим, чи ні, достатньо визначити амплітуду коливань шоколадної маси з ідентичною температурою при частоті, наприклад, близько 10800 Гц (див. фіг. 2). Таким чином, можна швидко, надійно і нескладно ідентифікувати зміни в консистенції харчового матеріалу без руйнування або навіть порушення досліджуваного матеріалу.

На фіг. 3 і 4 показані графіки залежності амплітуди від частоти і часу для попередньо кристалізованого і попередньо не кристалізованого шоколаду, відповідно, які виміряні при ідентичній температурі (28 °C) з інтервалами часу 30 і з використанням пристрою 10, згідно з другим варіантом виконання (опис наводиться нижче з посиланнями на фіг. 5) в режимі поза лінією, тобто обидві проби не протікають через трубу під час вимірювання. Такі графіки можна використовувати для моніторингу процесу твердіння рідкого або напівтвердого харчового матеріалу з одержанням важливої інформації про властивості консистенції матеріалу. У показаних на фіг. 3 і 4 прикладах, єдиною різницею між двома шоколадними матеріалами є наявність кристалічної структури за рахунок різної теплової передісторії шоколадного матеріалу, для якого показаний графік на фіг. 4. Ця відмінність має важливе значення для характеристик твердіння двох матеріалів, що відображується у відповідних графіках. У той час, як графік залежності амплітуди від частоти залишається майже незмінним у часі (див. фіг. 3), спостерігається явна зміна висоти піка як на частоті приблизно 2, так і приблизно 5 кГц для попередньо кристалізованої шоколадної маси (див. фіг. 4) на досліджуваній шкалі часу, які відображають фазові переходи матеріалу. З іншого боку, ці дані (зокрема фіг. 4) показують, що спосіб, згідно з винаходом, забезпечує ефективний і чутливий інструмент для моніторингу фазових переходів і структурних змін в рідких і напівтвердих харчових матеріалах. З іншого боку, показані на фіг. 3 і 4 приклади демонструють, що дослідження характеристик твердіння заданого зразка харчового продукту дає інформацію про структурні деталі і теплову передісторію зразка. Тому даний винахід можна застосовувати для визначення завчасно структури харчового матеріалу перед пов-

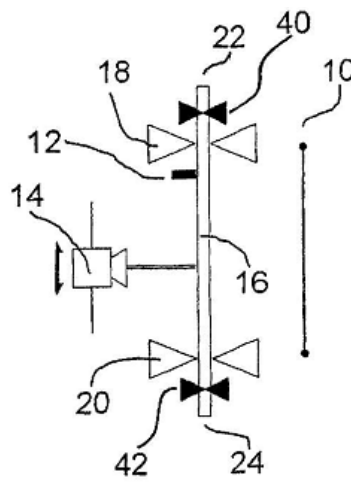
ним твердінням матеріалу, що забезпечує можливість цінного тестування якості, наприклад, під час процесу виготовлення. Як показано на фіг. 3 і 4, графіки залежності амплітуди від частоти двох шоколадних матеріалів мають резонансні піки на частоті близько 2 і близько 5 кГц. Загалом, виявлення добре заданого вібраційного відгуку досліджуваного шоколадного матеріалу є несподіваним відкриттям для цієї системи через високий рівень нерівномірності і низький рівень концентрації частки включеного жиру (приблизно 1 % жирової фази стає твердим під час звичайного темперування). Зокрема, спостереження резонансного режиму при таких низьких частотах є несподіваним, оскільки поява резонансних піків звичайно очікується на більш високих частотах аж до ультразвукового діапазону для цього типу матеріалу. Однак, як демонструють дані, показані на фіг. 2-4, для даного способу повністю достатньо виконувати вимірювання на частотах нижче 20 кГц, переважно навіть нижче 10 кГц. Цей діапазон частот легко доступний за допомогою звичайного вимірювального обладнання, так що вартість обладнання можна утримувати на низькому рівні і мінімізувати небезпеку порушення або пошкодження харчового матеріалу під час вимірювання.

На фіг. 5 показана частина пристрою 10 для визначення консистенції харчового матеріалу, згідно з другим переважним варіантом виконання. Аналогічно вказаному вище першому варіанту виконання, харчовий матеріал міститься всередині труби 16, де він може бути стаціонарним (режим поза лінією) або протікати через пристрій 10 (оперативний режим) через масовий вхід 22 і вихід 24. Крім того, пристрій 10 містить п'єзоелектричний виконавчий механізм 12 і віброметр (не зображений). Додатково до цього, пристрій 10, згідно з другим варіантом виконання, містить датчик 26, який оточує трубу 16 і закріплений на ній. Дві мембрани 28, 30 прикріплені до датчика 26 з можливістю переміщення в напрямі, перпендикулярному довжині труби 16, на задану відстань. Вібраційний імпульс прикладається до труби 16 через першу мембрану 28 з використанням п'єзоелектричного виконавчого механізму 12. Виникає в результаті коливання труби 16 викликає коливання другої

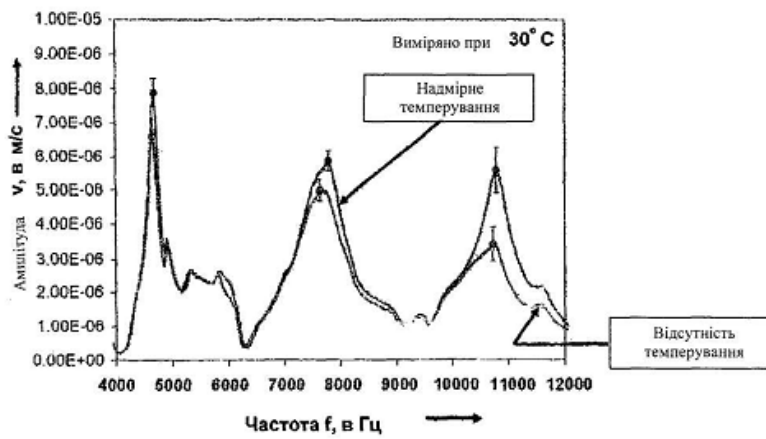
мембрани 30 з тією ж частотою і амплітудою, що і у самої труби 16, і тим самим коливання труби можна кількісно визначати за допомогою вимірювання коливань другої мембрани 30 за допомогою віброметра (не зображений). Коливальна частина труби 16 по суті задана діаметром частин мембран 28, 30, які знаходяться в контакт з трубою 16. Датчик 26 можна прикріплювати до труб 16 або трубопроводів в різних місцях виробничої або оброблювальної лінії без яких-небудь пов'язаних коливань, що забезпечує можливість локального вимірювання консистенції харчового матеріалу. Датчик 26 переважно виконаний з металу, такого як нержавіюча сталь, для забезпечення високої теплопровідності. Тому нагрівальний або охолоджувальний пристрій (такий як електричний нагрівник або охолоджуванний теплообмінник, не зображений) може бути з'єднаний з датчиком 26, так що можна змінювати температуру досліджуваного харчового матеріалу і можна вивчати вплив температури на консистенцію харчового матеріалу. Такий набір особливо корисний для докладного дослідження процесів твердіння, наприклад, після процесу темперування шоколаду.

На фіг. 6 показаний графік амплітуди коливань залежно від частоти коливань для вібраційного відгуку силіконового масла (AK 5000 фірми Wacker-Chemie GmbH) і розчину глюкози (GLC), виміряного за допомогою пристрою, згідно з першим варіантом виконання. Силіконове масло і розчин глюкози мають ідентичну в'язкість (4,42 Па с), але різну густину (950 г/л для AK 5000 і 1353 г/л для GLC). Як показано на фіг. 6, графіки двох виміряних матеріалів значно розрізняються піковою амплітудою і частотою. Спосіб вимірювання, згідно з винаходом, є чутливим до відмінностей хімічного складу і молекулярної структури досліджуваної системи і його можна застосовувати для виявлення навіть невеликих змін консистенції, які відбуваються на мікроскопічному (молекулярному) рівні. Зокрема, як показано на фіг. 6, ці зміни консистенції не обов'язково повинні стосуватися різної в'язкості, але можуть стосуватися, наприклад, різної густини. Те ж можна очікувати для різних кристалічних структур, молекулярних структур і т.д.

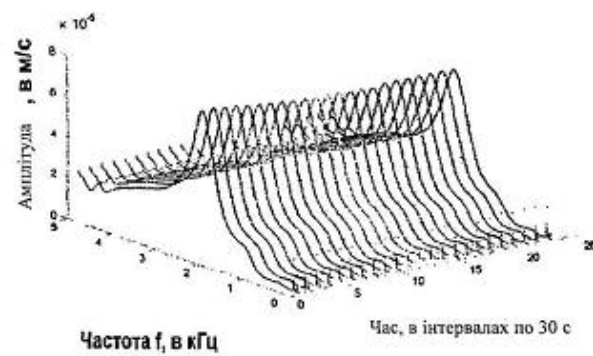




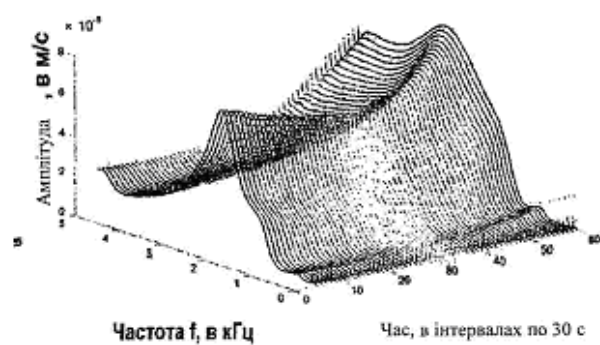
Фиг. 1



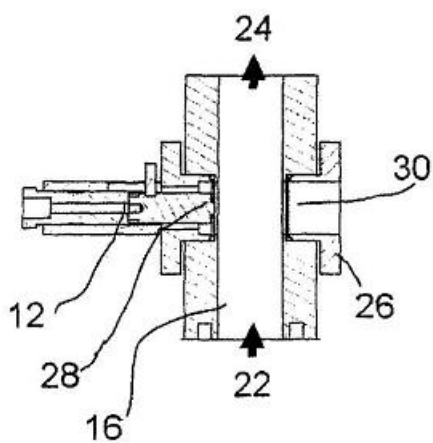
Фиг. 2



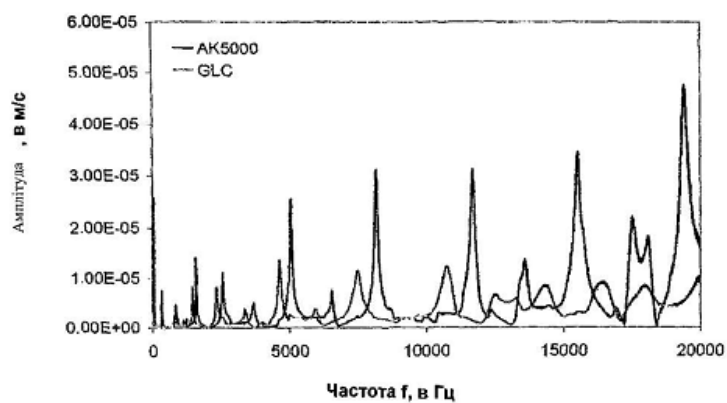
Фиг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6