

ISSN 1392-0227

LIETUVOS MAISTO INSTITUTAS
KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
LITHUANIAN FOOD INSTITUTE
KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
ЛИТОВСКИЙ ПИЩЕВОЙ ИНСТИТУТ
КАУНАССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Maisto chemija ir technologija
Food chemistry and technology
ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩИ

Mokslo darbai
Scientific papers
Научные труды

1995 T. 29

S. Jusoff-

Vilnius ACADEMIA 1996

Grūdų produktų kompleksinis įvertinimas akustiniu metodu

G. Juodeikienė, A. Petrauskas, L. Bašinskienė, L. Vaičiulytė

Pasaulinėje praktikoje grūdų produktų tekstūros analizei plačiai naudojami reologiniai tyrimo metodai. Jie įvertina fizikines-mechanines produkto savybes ir su jomis vienpusiškai susijusį gaminio pasipriešinimą kramtant. Iš tekstūros savybių, kurias būtų tikslinga papildomai įvertinti charakterizuojant gaminio kokybę, pažymėtinos šios: gaminio paviršiaus sudrėkimas, savybė adsorbuoti seiles, išlaisvinti drėgmę ir riebalus, tirpumas ir kt. Reologija taip pat neįvertina pojūčių, kuriuos burnoje sukelia gaminio paviršiaus būklė (lygus paviršius ar šiurkštus) kramtant ar ryjant maistą. Tarp produkto tekstūros savybių, kurias vartotojas jaučia organoleptiškai liesdamas, matydamas bei valgdamas gaminį, ir jos rodiklių, įvertinamų objektyviais analizės metodais, nustatyta koreliacija. Tokiems objektyviems tekstūros rodikliams galima priskirti kritinę slėgio jėgą, lyginamąjį gaminio tūrį, minkštimo poringumą, brinkimo koeficientą ir kt. Kiekvieno iš jų įvertinimui laboratorinėje praktikoje naudojama skirtinga įranga. Norint gauti pilną informaciją apie bandinio kokybę, reikia nustatyti tekstūros rodiklių kompleksą įvairia analitine technika. Tai susiję su padidintomis medžiaginėmis bei darbo sąnaudomis. Be to, naudojant skirtingus tiriamo gaminio pavyzdžius atskirų tekstūros rodiklių nustatymui, žymiai sumažėja metodo tikslumas.

Mūsų darbo tikslas – išplėsti funkcines grūdų produktų tekstūros tyrimo galimybes ir, pritaikius akustinę techniką, gauti tikslesnę analizę.

Analizuojant grūdų produktų tekstūrą, tyrimo objektu pasirinkti įvairios kokybės riestainiai su aguonomis bei arbatiniai traškučiai. Jie gaminti pagal valstybinėje įmonėje "Kauno duona" priimtą gamybos būdą ir receptūras.

Be to, tyrinėta ir valstybinės įmonės "Klaipėdos duona" produkcija. Analizei pavyzdžiai atrinkti iš 20 įvairios kokybės krekerių "Jaunatvė" partijų, iškeptų skirtinguose temperatūriniuose režimuose.

Grūdų produktų defektams bei brinkimo koeficientui nustatyti, paviršinės plėvelės būklei įvertinti panau-

dotas akustinės lokacijos metodas, leidžiantis bekontaktiniu būdu preciziškai išmatuoti išgėrusio į gaminį vandens kiekį per nustatytą laiką [1]. Matuoklio, veikiančio lokacijos principu, akustinių signalų šaltinis skleidžia kryptingus trumpus signalus link matuojamo skysčio paviršiaus. Atsispindėję nuo matuojamo paviršiaus signalai grįžta atgal aidu [2]. Išmatavus laiko tarpą t nuo signalo išsiuntimo momento iki aido grįžimo momento, galima rasti atstumą l nuo ultragarso signalo šaltinio iki kliūties:

$$l_x = c \cdot t/2, \quad (1)$$

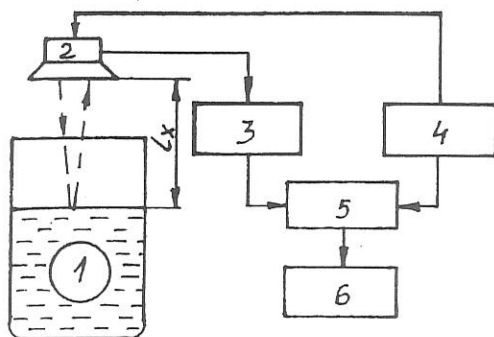
čia l_x – atstumas nuo ultragarso signalo šaltinio iki kliūties, m; t – laiko tarpas nuo signalo išsiuntimo momento iki aido grįžimo momento, s; c – ultragarso greitis toje aplinkoje, m/s.

Labiausiai paplitę lygio matuokliai su impulsine moduliacija. Zonduojančių impulsų trukmė negali viršyti ultragarso sklaidimo laiko nuo keitiklio iki kontroliuojamo mažiausio lygio [3].

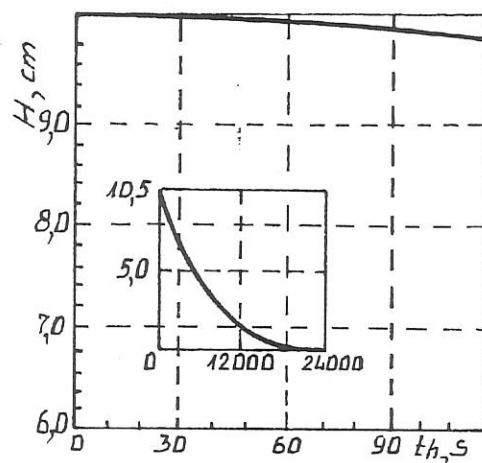
Ultragarsiniai prietaisai yra paprasti, patogūs eksploatuoti, jie tinka praktiškai bet kuriems skysčiams, taip pat birioms medžiagoms tirti plačiame temperatūrų diapazone. Labai patikimi dirbant ilgą laiką ir yra gana tikslūs. Vandens lygio matavimo tikslumas $\pm 0,025$ mm. Vieno matavimo trukmė – 0,003 s [4].

Eksperimento metu naudoto ultragarsinio lygio matuoklio su lokacija per dujas blokinė schema pateikta 1 pav.

Po prietaiso akustine antena patalpinamas indas [5], į kurį įdedamas gaminy su rėmeliu. Panardinus tiriamą pavyzdį į vandenį, matuojamas pradinis atstumas nuo antenos iki vandens paviršiaus. Brinkstant gaminiui, keičiasi atstumas l_x . Šis atstumas išmatuojamas bekontaktiniu aido lokaciniu prietaisu (2). Akustinė prietaiso antena išspinduliuoja zonduojantį signalą. Tą pati antena priima ir grįžtantį signalą nuo vandens paviršiaus. Akustiniu lokatoriumi matuojamas laiko intervalas tarp siunčiamo ir grįžtančio signalų, kuris proporcingas matuojamam atstumui. Išmatuotas atstumas



1 pav. Ultragarsinio lygio matuoklio su lokacija per duris blokinė schema: 1 – kontroliuojamas objektas, 2 – spinduliuojantis ir priimantis daviklis, 3 – stiprintuvas, 4 – zonduojančių impulsų generatorius, 5 – laiko matavimo schema, 6 – indikatorius



2 pav. Vandens lygio (ΔH) kitimas 7-os krekerių partijos brinkimo metu (t_h)

1 lentelė. Konstantų A, λ_h ir B reikšmės, gautos išanalizavus 20 partijų krekerių "Jaunatvė" brinkimą

Pavyzdžio Nr.	A	$\lambda_h \cdot 10^{-4}$	B
1	9,95	4,28	0,50
2	10,01	1,82	0,22
3	9,94	5,03	0,58
4	9,94	2,10	0,25
5	9,97	1,79	0,21
6	9,95	2,27	0,27
7	9,96	1,72	0,20
8	9,88	6,22	0,71
9	9,98	1,28	0,15
10	9,96	1,18	0,14
11	9,94	2,13	0,25
12	9,89	6,95	0,79
13	9,86	3,87	0,45
14	9,83	4,02	0,46
15	9,78	9,01	1,00
16	9,97	2,13	0,25
17	9,91	2,68	0,31
18	9,97	0,97	0,12
19	9,80	7,70	0,86
20	9,66	10,41	1,13

2 lentelė. Konstantų reikšmės, gautos išanalizavus rieštainių ir traškučių brinkimą

Pavyzdys	A	λ_h	Organoleptinis įvertinimas
rieštainiai			
1	5,155	0,261	bloga kokybė
2	1,709	0,191	gera kokybė
3	2,745	0,253	vidutinė kokybė
traškučiai			
4	10,242	0,363	bloga kokybė
5	3,525	0,243	gera kokybė

registruojamas savirašiu. Taigi ant savirašio juostos gaunama kreivė, kuri parodo vandens lygio kitimą gaminiui brinkstant.

Vandens lygio kitimas, tiriant 7-os partijos krekerių brinkimą, pateiktas 2 pav. Pasverti gaminiai buvo talpinami su rėmeliu į indą, kurio vandens tūris, paviršiaus plotas bei temperatūra yra žinomi, ir aido lokaciniu lygio matuokliu nustatomi šie dydžiai:

- pradinis vandens lygis (H_y) taruotame inde;
- vandens lygio pokytis (ΔH_i), patalpinus į indą tuščią rėmelį;
- vandens lygio pokytis (ΔH_0), įdėjus rėmelį su gaminių bandiniais;
- vandens lygio pokytis (ΔH_h) pavyzdžio brinkimo metu;
- vandens lygio reikšmė (H_t), ištraukus rėmelį su bandiniu iš indo.

Šiuo atveju: $S_v = 50241,32 \text{ mm}^2$; $\Delta H_i = 3,979 \text{ mm}$; $\Delta H_0 = 222,817 \text{ mm}$; $\Delta H_h = 5,127 \text{ mm}$; $H_t = 753,031 \text{ mm}$.

Eksperimento metu užfiksuotą vandens išigėrimo į gaminių dinamiką atspindi eksponentės lygtis:

$$H = A \cdot \text{EXP}(-\lambda_h \cdot t_h) - B, \quad (2)$$

čia: A, λ_h ir B – konstantos; t_h – brinkimo laikas, s.

$$A = \Delta H_h; \quad B = H_y + \Delta H_i + \Delta H_0 - \Delta H_h.$$

Išanalizavus 7-ą krekerių partiją:

$$\Delta H = 9,96135 \cdot \text{EXP}(-1,72 \cdot 10^{-4} \cdot t_h) - 0,20347.$$

Konstantų A, λ_h ir B reikšmės, gautos analizuojant visų 20 partijų krekerių brinkimą, pateiktos 1 lentelėje. Tiriant įvairios kokybės rieštainius ir traškučius (blogos, geros ir vidutinės kokybės), jų brinkimo vandenyje dinamika pavaizduota eksponentės lygtimi. Apskaičiuoti lygties koeficientai pateikti 2 lentelėje.

Nustatyti šie tekstūros rodikliai:

1. Iš (2) lygties nustatytas pavyzdžio brinkimo intensyvumo parametras λ_h :

7-os krekerių partijos $\lambda_h = 1,72 \cdot 10^{-4}$;

2. Brinkimo rodiklis (K_h) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K_h = V_{0h} / V_0 \quad (3)$$

čia: V_0 – tiriamo bandinio tūris, cm^3 ; $V_0 = H_0 \cdot S_v$
 V_{0h} – išbrinkusio gaminio tūris, cm^3 ; $V_{0h} = (H_v - H_1) \cdot S_v$

7-os krekerių partijos $K_h = 0,11032$;

3. Gaminio tankis (ρ_h) nustatomas pagal formulę:

$$\rho_h = m_0 / H_0 \cdot S_v \quad (4)$$

čia: m_0 – pradinė gaminio masė, g;

S_v – pradinis vandens paviršiaus plotas, cm^2 .

7-os krekerių partijos $\rho_h = 0,56291 \text{ g/cm}^3$;

4. Gaminio struktūros suirimo laikas t_k , kurio metu brinkimo rodiklis $K_h = 2$.

5. Gaminio defektai, įvertinus brinkimo koeficientą po 30 s nuo bandinio panardinimo į vandenį.

Sudarant naują grūdų produktų tekstūros įvertinimo metodą, buvo pagrįstas matavimų tikslumas. Tam palyginti tankio ir brinkimo rodiklio tyrimų rezultatai, gauti standartiniu ir nauju metodais (3 lentelė). Tyrimų rezultatai parodė, kad aritmetinio vidurkio paklaida nustatant brinkimo rodiklį nauju metodu, lyginant su standartiniu, yra dvigubai mažesnė. Pvz., analizuojant krekerių brinkimo rodiklį standartiniu metodu, aritmetinio vidurkio paklaida (S) sudaro $11,44 \text{ kg/m}^3$, matavimų tikslumas (m) – $0,41\%$, o siūlomu metodu atitinkamai $7,56$ ir $0,22$. Įvertinant gaminių tankį nauju metodu, matavimai taip pat tikslesni. Aritmetinio vidurkio paklaidos ir matavimo tikslumo reikšmės, nustatant bandinio tankį žinomu metodu, sudaro

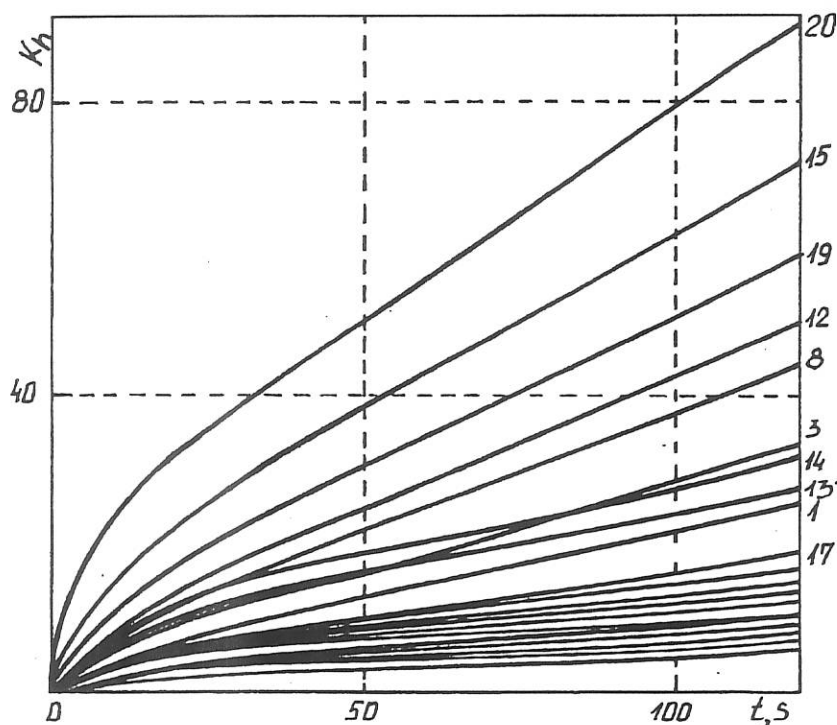
3 lentelė. Tankio ir brinkimo rodiklio tyrimų rezultatai, gauti standartiniu ir nauju metodais

20 partijų krekerių pavyzdžiai	Tankis, kg/m^3		Brinkimo koeficientas, %	
	naujas metodas	standartinis metodas	naujas metodas	standartinis metodas
1	531	513	39,37	97,28
2	548	518	16,89	26,48
3	521	532	57,03	98,59
4	562	550	22,97	29,22
5	569	554	18,57	16,89
6	560	555	24,72	27,59
7	584	563	17,52	17,01
8*	537	568	71,94	69,32
9	611	571	13,32	10,46
10	574	574	14,99	18,90
11	543	582	83,96	70,63
12*	572	584	43,01	35,18
13	550	588	47,07	35,37
14	535	589	113,45	88,93
15*	569	600	23,55	21,76
16	603	603	29,57	22,04
17	624	604	11,07	17,51
18	540	606	92,13	71,52
19*	538	615	137,62	89,13
20*	615	679	20,00	18,85

Matematinis įvertinimas:

Vidutinė aritmetinio vidurkio paklaida (S)	6,6	8,7	7,56	11,44
Matavimų tikslumas (m)	11	15	10,22	0,41

Pastaba: * – krekeriai su paviršiaus defektais.



3 pav. Skirtingų krekerių partijų brinkimo koeficientų (K_h) kitimas laike, analizuojant paviršiaus defektus

tyrimų rezultatai

Brinkimo
eficientas, %

as das	standartinis metodas
7	97,28
9	26,48
3	98,59
7	29,22
7	16,89
2	27,59
2	17,01
4	69,32
2	10,46
9	18,90
6	70,63
1	35,18
7	35,37
5	88,93
5	21,76
7	22,04
7	17,51
3	71,52
2	89,13
0	18,85

6 11,44

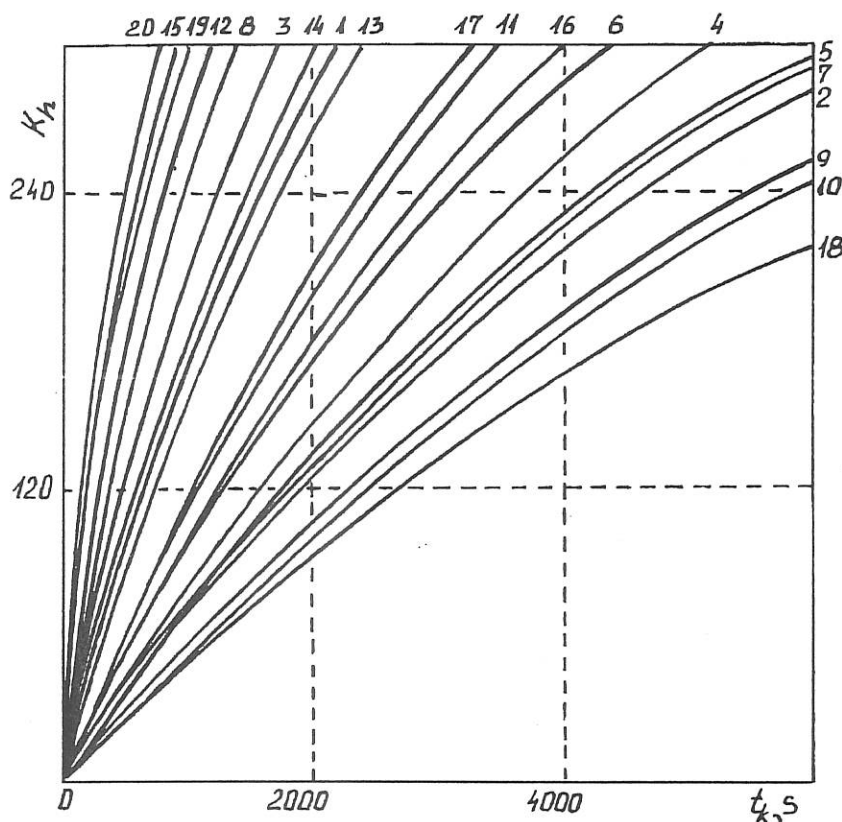
2 0,41

defektais.

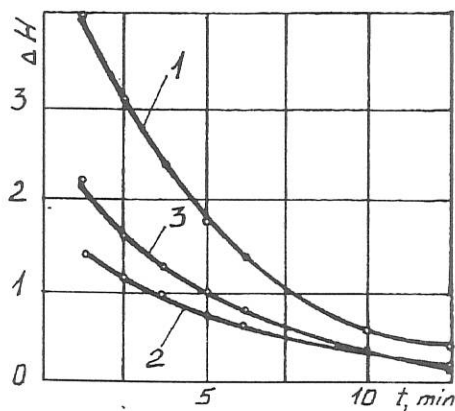
atitinkamai 8,7 ir 15, o naudojant naują techniką – 6,6 ir 11,0. Vadinasi, pritaikius naują metodą miltinių kepininių kokybei tirti, galima gauti žymiai tikslesnius matavimų rezultatus.

Antrame darbo etape, diegiant naują metodą laboratorinėje praktikoje, optimizuota gaminio kokybė pagal siūlomus tekstūros rodiklius: bandinio defektai bei struktūros suirimo laikas. Lygintos nauju metodu nustatytos tekstūros rodiklių reikšmės su organoleptiniu krekerių kokybės įvertinimu. Analizuojant

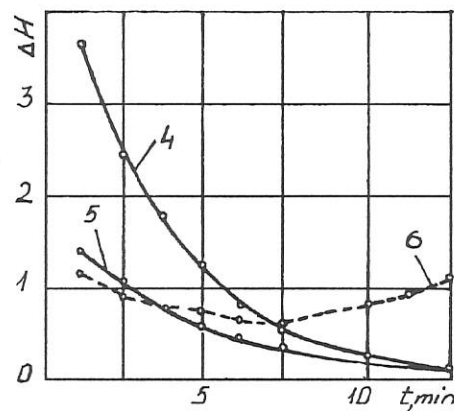
tekstūros rodiklius, buvo užfiksuotos įvairios kokybės krekerių K_h reikšmės brinkimo proceso metu. Gaminio defektiškumas analizuotas praėjus 30 s nuo tiriamo pavyzdžio panardinimo į vandenį (3 pav.). Atlikti krekerių tyrimai parodė, kad gaminys defektuotas, esant $K_h > 0,10$. Tokie gaminiai (8, 12, 15, 19 ir 20 partijų) laikymo metu greitai susiaūžo į sluoksnius, padidėja produkcijos brokas. Krekeriams be paviršinių defektų brinkimo koeficiento K_h reikšmės yra mažesnės nei 0,10.



4 pav. Skirtingų krekerių partijų brinkimo koeficientų (K_h) kitimas laike, vertinant gaminio tekstūrą pagal struktūros suirimo laiką (t_k)



5 pav. Vandens lygio (ΔH) kitimas skirtingos kokybės riestainių brinkimo metu: 1 – bloga, 2 – gera, 3 – vidutinė kokybė



6 pav. Vandens lygio (ΔH) kitimas skirtingos kokybės traškučių brinkimo metu: 4 – bloga, 5 – gera kokybė. Pastaba: Brinkimo procesui suintensyvinti nuo 6 min. panaudotas šildymas (6 kreivė)

efektus

Analizuojant struktūros suirimo laiką, šis tekstūros rodiklis įvertintas santykinai nutarus, kad gaminys pradeda irti, kai $K_n = 2$. Tyrimų rezultatai (4 pav.) parodė, kad geros kokybės krekerių struktūros suirimo laikas $t_k > 3300$ s (kai brinkimo koeficientas lygus 2). Tai būdinga visoms krekerių partijoms, išskyrus 2, 5, 7, 9, 10, 18. Pastarieji gaminiai brinksta blogiau.

Metodo objektyvumas patikrintas, analizuojant ir skirtingos kokybės riestainius bei traškučius. Vandens įsigėrimo į bandinį dinamika, tiriant įvairios kokybės riestainius, pateikta 5 pav. Riestainių eksperimentiniai tyrimų rezultatai rodo, kad brinkimo intensyvumas atvirkščiai proporcingas gaminio kokybei. Blogos kokybės produkcija brinksta labiau. Analogiška tendencija pastebėta ir tiriant traškučius. Vandens įsigėrimo į bandinius dinamika, tiriant įvairios kokybės traškučius, pateikta 6 pav.

ISVADOS

1. Atlikta kompleksinė įvairios kokybės grūdų produktų tekstūros analizė naudojant akustinį prietaisą, veikiantį aido lokaciniu principu.

2. Nustatyta, kad, naudojant akustinę įrangą, metodas žymiai tikslesnis. Įvertinant brinkimo koeficientą standartiniu metodu, vidutinė aritmetinė paklaida – riestainių – $8,05 \text{ kg/m}^3$, krekerių – $11,44 \text{ kg/m}^3$, o siūlomą metodu atitinkamai 6,21 ir 7,56.

3. Pirmą kartą eksperimentinėje praktikoje atsirado galimybė defektoskopuoti grūdų produktus pagal gaminio brinkimo ypatumus. Tai suteikia informaciją apie technologinio proceso tikslumą ir leidžia sumažinti broko kiekį.

4. Eksperimentiškai įrodyta, jog naujas metodas informatyvesnis. Esant minimaliai įrangai bei darbo sąnaudoms, be brinkimo (naudojamo analogu), papildomai įvertinami šie rodikliai: tiriamo pavyzdžio tankis, tūris, brinkimo intensyvumas, paviršiaus defektai, laikas, per kurį suyra gaminio struktūra.

5. Rekomenduotina plati metodo aprobacija įvairiose maisto pramonės įmonėse tam, kad išplėstų jo pritaikymo galimybes, kartu panaudojant naujus tyrimo rezultatus standartams rengti.

Literatūra

1. Бобров Г., Катков А. Методы измерения уровня / М., Машиностроение. 1992. С. 157.
2. Juodeikienė G., Petrauskas A., Bašinskienė L., Vaičiulytė L. Evaluation of texture of meal products by echo location method. Quality cereals in a changing world. KLM Official carrier. Haga, 1994. P. 73.
3. Petrauskas A. KTU Ultragarso instituto moksliniai darbai Lietuvos pramonei. Radioelektronika. 1994. T. 30. Nr. 1. P. 146–154.
4. Juodeikienė G., Petrauskas A., Bašinskienė L., Vaičiulytė L. Miltinių kepinų kompleksinis tekstūros įvertinimas akustiniu metodu. Maisto produktų chemija ir technologija. Respublikinė konferencijos medžiaga. Kaunas, 1994. P. 114.

5. Авторское свидетельство по заявке Но 4729006/ (119826). Способ определения показателей текстуры в процессе контроля качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Г. Юодейкен А. Пятраускас от 1990 05 31.

Kauno technologijos universitetas

G. Juodeikienė, A. Petrauskas,
L. Bašinskienė, L. Vaičiulytė

ACOUSTIC TECHNIQUE IN THE COMPLEX ESTIMATION OF THE TEXTURE OF CEREAL PRODUCTS

Summary

The study is devoted to the problem of the texture estimation of cereal products when analyzing the process of lying with the help of acoustic technique. Baker goods of various quality produced in the "Kauno duona" enterprise were taken as the object of investigation. A special measuring test bed (cuvette with liquid where the sample with a frame was placed) and acoustic nonimpact level gauge had been constructed for the experiment. The new technical means allowed to determine the following texture indices (beside the lying coefficient): lying intensity, density, volume, time through which the structure of a product falls apart. Using the acoustic method of the measurement of liquid level changes, the informativity concerning the quality of flour products was improved, and the experiment was simplified and became more rapid. Comparing the suggested method with similar methods of investigation the objectivity of the results was improved, too.

УДК 664.681.658.562.4.012.7

Реферат

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ТЕКСТУРЫ ПРОДУКТОВ ЗЕРНА. Юодейкен Г., Пятраускас А., Баšинскиенė Л., Вайчиулите Л. // Химия и технология пищи. 1995. № 29. С. 14–18.

В работе решается проблема комплексной оценки текстуры продуктов зерна при использовании акустической техники для анализа процесса их намокаемости.

Для выполнения эксперимента создан специальный стенд измерения, состоящий из механической части (кювета с жидкостью, в которую помещается исследуемый образец с рамкой) и акустического бесконтактного измерителя уровня.

Испытанные новые технические средства позволили, кроме коэффициента намокаемости продуктов зерна, определить следующие показатели их текстуры: интенсивность намокаемости, плотность, объем, время, в течение которого разрушается структура изделия, и дефектность образца. Применение акустического метода повысило информативность о качестве продуктов, ускорило и упростило эксперимент. Новый метод повысил по сравнению с применяемым ранее объективность получаемых результатов исследования.

Библиогр. 5 назв. Табл. 3. Ил. 6.