

UDK

Aidolokacinio metodo taikymas poringø maisto gaminio tekstûros tyrimui

A.Petrauskas, G.Juodeikienë, L.Baðinskienë, L.Vaiëiulytë

*Prof.K.Barðausko ultragarso mokslo centras,
Maisto produktø technologijos katedra*

Ávadas

Poringumas yra vienas ið duonos kepiniø kokybës kriterijus, ir jo nustatymas pramonëje pagrãstas vandens ágërimo á duonos kepinius ávertinimui. Kuo medþiaga poringesnë, tuo daugiau skysëio ji gali ágerti, o þinant ágerto vandens kieká, nustatomas medþiagos poringumas ir su juo susijusi gaminio kokybë.

Dabartiniu metu duonos kepiniø poringumas nustatomas taip. Gaminys 60°C temperatûroje panardytas á vandená ir po nustatyto laiko iðtraukiamas. Tyrimo objektas yra sveriamas prieš panardinant á vandená ir iðtrauktas ið vandens. Masës skirtumas lygus á gaminá ágerto vandens kiekiui, kuris savo ruþtu proporcingas gaminio poringumui. Ðis metodas reikalauja ið operatoriaus didelio kruopðtumo ir atsargumo, nes traukiant gaminá ið vandens, ðis dãþnai supalojamas, suskyla dalimis, vanduo ið gaminio iðteka ir dël to gaunamos bymios eksperimento paklaidos. Ðis metodas maþai informatyvus. Jis nenustato vandens ágërimo á gaminá dinamikos, o tai neleidþia gauti papildomos informacijos apie gaminio pavirðiaus struktûrà ir galimus defektus, kas maisto pramonëje ypaè aktualu tam tikros rûðies produkcijos gamybai.

Siûlomo metodo duonos kepiniø poringumui nustatyti [1-4] esmë tokia. Panardinus á vandená duonos kepiná, kinta vandens lygis matavimo inde. Matuojant vandens lygio inde kitimá laiko bëgyje, galima gauti informacijá apie vandens ágërimo dinamiká, kuri vienareikðmifkai suriðta kiek su gaminio pavirðinës plëvelës parametrais tiek ir su gaminio vidiniu poringumu. Skysëio lygio kitimas gali bûti matuojamas ávairiais bûdais [1]: indukcinio, lazerinio, ultragarsinio, talpuminiu, radio ir kt.

Mûsø pasirinktas aidolokacinis skysëio lygio matavimo metodas, jo privalumai prieš kitus metodus pagrãsti [1]. Matuojant vandens lygio kitimá aidolokaciniu metodu nereikia gaminio iðtraukti vykdant matavimus. Tuo bûdu galima uþfiksuoti visá gaminio brinkimo proceso dinamiká.

Pradiniu laikotarpiu poringi kûnai su nedefektuota pavirðine plëvele ágeria nedidelius vandens kiekius

(iki $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$), todël skysëio lygis matavimo inde kinta labai maþai. Lygio kitimo pokyèiams uþfiksuoti reikalingi aidolokaciniai lygio matuokliai, ágalinantys iðmatuoti vandens lygio kitimá intervale 0,001...0,04 metro su matavimo paklaida nevirðijanëia 1×10^{-5} metro, esant aplinkos temperatûrai 60°C. Prietaisas privalo turëti akustiná sistemá ne didesnæ kaip $8 \times 10^{-4} \text{ m}^3$.

Matavimo standas

Apibendrinta stendo blokinë schema parodyta pav.1, kur 1 - matavimo indas su poringu gaminiumi, 2 - elektroakustinë sistema, ágalinanti iðsiøsti ir priimti aukðto kryptingumo akustinius matavimo signalus, 3-aukðtos átampos signalø formuotuvas, 4 - impulsinis priimtø signalø formuotuvas, 5 - sujungimo árenginys, 6 - ESM.

Matavimo sistema veikia taip. Elektroakustinë sistema patalpinama virð matavimo indo, á kurá ádedamas tiriamas poringas gaminys. Iðmatavus vandens lygá inde prieš patalpinant á já bandiná ir iðtraukus ið jo, tiksliai nustatomas ágerto á bandiná vandens kiekis. ESM per sujungimo árenginá 5 (pav.4) valdo elektriniø signalø generatoriø 3, kuris supadina elektroakustiná sistemá 2. Elektroakustinë sistema 2 iðspinduliuoja labai kryptingá (apie 5°) akustiná signalá link matuojamo skysëio pavirðiaus, priima atsispindëjusá nuo jo akustiná signalá, transformuoja já á elektriná signalá. Priimtø signalø formuotuve 4 suformuojamas elektrinis impulsas, kurio trukmë tiesiai proporcinga iðmatuotam atstumui nuo elektroakustinës sistemos iki skysëio pavirðiaus, o esant nekintanëiai sistemos 2 ir indo 1 padëèiai, ir skysëio kiekiui inde 1.

Aptarsim atskiro blokø parametrus, reikalingus ávykdyti matavimus ore atstumu iki 0,08 metro. Matuojant tokius atstumus, maksimalus matavimo signalø pasikartojimo dãþnumas gali bûti nedidesnis uþ 2 kHz, nes tik tuomet elektroakustinëje sistemoje egzistuoja viena bëganti impulsinë banga. Esant didesniam zondavimo dãþniui elektroakustinëje sistemoje siunëiantis impulsas laike ásiterpia tarp priimamø impulsø, ir gaunami nevienareikðmiai matavimo rezultatai, neámanoma atskirti tikrà

matavimo signalà, nes per 0,5 mS zondojuantis impulsas ore praeina atstumà apie 0,2 metro. Laiko intervalas, proporcingas iðmatuotam atstumui, uþpildomas matavimo þymëm 30 MHz dàþnio, ir tai àveda matavimo paklaidà dël laikinio diskretizavimo 5×10^{-6} metro. Pagrindiniai techniniai blokø (pav.1) parametrai nustatomi remiantis reikalingais matavimo signalø parametrais ir akustiniø bangø sklidimo ore ypatybëmis.

Ultragarsiniai signalai, sklisdami ore, gana greitai slopsta. Slopinimas taip pat tiesiai proporcingas darbinio dàþnio kvadratui, o naudojant aidolokacinà matavimo metodà, ir nuo atspindinëios kliûties (taikinio) savybiø. Todël, nustatant reikalavimus aidolokaciniam metodui, be elektroakustiniø keitikliø tipo ir galingumo parinkimo, reikalinga parinkti ir darbinà dàþnà. Darbinà dàþnà reikalinga parinkti galimai didesnà, nes tuomet maksimaliai padidinamas matavimo tikslumas, fiksuojant priimtus signalus pagal priekinà impulso frontà. Taèiau, pasirenkant didesnà darbo dàþnà, signalø slopinimas ore auga kvadratu. Per visà matavimo intervalà signalo amplitudë kinta plaëiose ribose, ir neámanoma tiksliai atskaityti priimtà matavimo signalà pagal jo priekinio fronto padëtà.

Siunëiamø link matuojamo pavirðiaus signalø galingumas tiesiai proporcingai priklauso nuo þadinanëio generatoriaus elektrinio galingumo, akustiniø bangø siuntiklio tipo ir konstrukcijos. Matavimo signalø imtuvinio trakto jautrumas apsprendþiamas elektroakustinio ÷miklio jautrumu ir elektroninio stiprintuvo stiprinimo koeficientu. Atspindþio koeficiento dydis priklauso nuo atspindþio pavirðiaus formos. Esant lygiam atspindinëiam pavirðiui (kuomet nelygumai yra maþesni uþ ketvirtà darbinës bangos ilgio), atspindþio koeficientas lygus vienetui. Esant zondavimo pavirðiui nelygiam (kuomet kyla oro burbuliukai ágeriant gaminiui vandenà), reikalinga imtis specialiø vandens pavirðio stabilizuojanëiø priemoniø.

Apskaiëiuojant aido lokatoriaus parametrus, daugumoje atvejø naudojami eksperimentiðkai gauti duomenys ir pagrindiniai parametrai:

1. Sistemos siuntiklis-÷miklis elektrinës átampos perdavimo koeficientas K , esant tarp jø tam tikram atstumui.

2. Atspindþio koeficientas k , nusakantis kuri dalis energijos

atsispindi á siuntiklà (mûsø atveju $k=1$).

3. Amplitudinis slopinimo koeficientas, parodantis, kiek kartø sumaþëja signalo amplitudë, jam nusklidus ore 1 metrà.

Elektrinë signalo átampa ant priimanëios akustinës antenos gnybtø U_e ir siunëianëios antenos - U_s susieta iðraiðka:

$$2HU_e = k \cdot KU_s \cdot r_0 \cdot 10^{-10\beta H}, \quad (1)$$

kur H - atstumas tarp elektroakustinës sistemos ir matuojamo pavirðiaus, r_0 - atstumas, kuriam nustatytas K .

Projektuojant aidolokacinius atstumo matuoklius reikalinga nustatyti U_s , nes naudojant pjezoelektrinius keitiklius, dirbanëius radialiniais virpesiais prie $r_0=0,1$ metro $k \geq 1 \times 10^{-4}$

Aido lokatoriaus darbinis dàþnis parenkamas atsipvelgiant á reikalingà matavimo tikslumà ir ávertinant ultragarso bangø slopinimà ore priklausomai nuo dàþnumo. Matavimo paklaidai $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ metro pasiekti, t.y. uþfiksuoti priimamo signalo ketvirëio periodo priëmimo momentà, reikalinga, kad atspindëto signalo amplitudë matavimo intervale nesikeistø daugiau 10%. Esant uþduotai matavimo paklaidai $1 \cdot 10^{-5}$ m, atstumo pokyëiui $2 \cdot 10^{-4}$ m, darbinis dàþnis parenkamas apie 300 kHz, nes tada $\beta=20$ dB/m. Elektrinei signalo átampai ant ÷miklio gnybtø daugiau 20 mV pasiekti reikalinga þadinanëio keitiklà signalo amplitudë nemaþesnë uþ 640 V.

Elektroakustinë sistema

Elektroakustinës matavimo sistemos konstrukcija glaudþiai susijusi su indo, kuriame talpinamas tiriamas poringas gaminys, konstrukcija, todėl būtina jas suderinti.

Kadangi matavimai turi bûti vykdomi esant 60°C aplinkos temperatûrai ir vandens garø aplinkoje, tikslinga panaudoti pjezokeraminius keitiklius. Darbiniam dàþniui 300 kHz optimaliausia pasirinkti pjezokeraminius diskinius keitiklius, dirbanëius iðnaudojant radialinius virpesius. Taip veikiantys keitikliai turi minimalius geometrinis matmenis ir svorà, ir dirbantys 300 kHz dàþniu keitiklis turi 5 mm storà ir 6 mm skersmenà. Matuojant atstumà iki 80 mm, būtina naudoti atskirà siøstuvà ir atskirà imtuvà, nes suþadinus keitiklà 700 V amplitudës elektriniu signalu, jo virpëjimas trunka 0,5 mS ir priimti atspindëta signalà yra neámanoma. Pjezokeraminiai

keitikliai adėkluose turi būti tvirtinami prie laikiklio, pasiūlymė dideliu akustiniū bangū slopinimu.

Specifiniai reikalavimai nustatomi ir matavimo indui (pav.2). Pirmiausia indas turi būti tokios konstrukcijos, kad vandens tūris, dalyvaujantis matavimo procese, būtų minimalus. Mūsū pasiūlyta matavimo indo konstrukcija āgalina deimteriopei padidinti vandens lygio pokyčius āgeriant gaminiui vandenā ir sumažinti kylanėiū burbulū (iūeinanėio ir brinkstanėio gaminio oro) ātakā matavimo rezultatams. Tai āgyvendinta atskiriant technologinės procedūros kanalā nuo matavimo kanalo.

Mūsū pasiūlytas matavimo indas āgalina āvertinti gaminio pavirūinės plėvelės kokybinius rodiklius. Pagal vandens lygio kitimā pradinėje matavimo fazėje nustatomi gaminio plėvelės defektū māstai.

Pav.3 parodyta 1 kreivė, gauta gaminiui su normalia iūtisine plėvele, o 2 kreivė - gauta ātrūkusiam gaminiui.

Tolesnėje darbū eigoje pageidautina iūsprasti matavimo procedūros optimizavimo klausimus:

1. Patogus ir greitas matavimo objektū patalpinimas ā matavimo indā ir iūēmimas.

2. Maksimalus pereinamojo laikotarpio tarp matavimo objekto patalpinimo ir matavimo pradbios sutrumpinimas.

Sujungimo su ESM ārenginys

Ārenginys skirtas valdyti ir gauti matavimo informacijā iū elektroakustinės sistemos. Iūmatuoto vandens lygio reikūmė iū laikinio normuotos amplitudės impulsu transformuojama ā dvejetainā kodā. Papildomai ārenginyje formuojami impulsai zonduojanėio generatoriaus paleidimui ir signalas apie matavimo teisingumā.

Ārenginys atlieka tokias funkcijas:

1. Prijungimas prie ESM vieno iū matavimo kanalū.

2. Siunėianėias antenas supadinanėiū elektriniū impulsū generatoriaus paleidimas.

3. Lygiagretaus dvejetainio kodo, proporcingo iūmatuotam dvigubam atstumui nuo antenos iki skysėio pavirūiaus, suformavimas.

Be to, ārenginys formuoja papildomas funkcijas matavimo stendo elektroakustinei sistemai suderinti:

1. Savarankiūkas zonduojanėiū impulsū generatoriaus paleidimas iū vidinio generatoriaus.

2. Osciloskopo sinchronizacija matavimo signalū stebėjimui.

Blokinė sujungimo ārenginio schema parodyta pav.4, kur 1 - paleidžianėiū impulsū formuotuvas, 2 - atminties ārenginys, 3 - komutatorius, 4 - valdymo blokas, 5 - pirmiū selektorius, 6 - pirmiū generatorius, 7 - skaitliukas, 8 - iūėjimo registras.

Sujungimo ārenginys veikia tokiu būdu. Atėjus ā paleidžianėiū impulsū formuotuvā 1 paleidimo impulsui atminties ārenginyje 2 fiksuojamas ājungto kanalo numeris. Tuo paėiu laiko momentu paleidžiamas akustines antenas supadinantis elektrinis generatorius. Per komutatoriū 3 reikiamas imtuvas prijungiamas prie valdymo bloko 4, kuris valdo selektoriū 5 ir pirmiū generatoriū 6. Generatorius kompensuoja sistemina paklaidā, atsirandanėiā dēl signalū ūpdelsimo elektriniūse grandinėse, blokuoja imtuvā nustatytam laikui, kad iūvengus tiesioginio signalū praėjimo iū siūstuvo ā imtuvā ir iūduoda signalā ārenginio iūėjime apie galimā matavimo informacijos pasirodymā. Valdymo blokas taip pat ājungia papildomā skaitliukā, āgalinantā kompensuoti matavimo kanale matavimo rezultato nuolatina dedamāją ir taip padidinti matavimo tikslumā. Impulsū skaičius proporcingas iūmatuotam atstumui, paduodamas ā skaitliukā 7, o iū pastarojo iūėjimo informacija apie iūmatuotā vandens lygā lygiagretaus kodo pavidalu paduodama ā iūėjimo registrā 8, sujungtā su ESM.

Matavimo iliustracijos

Metodo objektyvumas patikrintas analizuojant skirtingos kokybės riestainius ir traūkučius. Vandens āgėrimo dinamika, tiriant āvairios kokybės riestainius, pateikta 5 pav. Riestainiū eksperimentiniai tyrimū rezultatai rodo, kad brinkimo intensyvumas atvirkūėiai proporcingas gaminio kokybei. Blogos kokybės produkcijai yra būdingos didesnės brinkimo rodikliū reikūmės. Analogiūka tendencija pastebėta ir traūkuėiū tyrimo metu. Vandens āgėrimo dinamika, tiriant āvairios kokybės traūkučius, pateikta 6 pav. Blogos kokybės bandiniai brinksta geriau nei geros kokybės.

Iūvados

Siūlomas bekontaktinis aidolokacinis metodas duonos kepiniū poringumui āvertinti āgeriamo ā gaminā skysėio lygio matavimā lyginant su kitais metodais, pasiūpymi eile privalumū:

- santykiniu paprastumu,
- palyginus nesudėtinga āranga metodo realizavimui,
- metodas pakankamai greitaeigis - matavimas trunka neilgiau 1 mS,

-sukurta matavimo áranka yra universali, - ágalina iðplësti matavimo kanalø skaièiø, analizuojamø vienu metu.

-naudojant aidolokaciná metodà atsiranda galimybë defektoskopuoti grūdø produktus pagal gaminio brinkimo ypatumus. Tai suteikia informacijà apie technologiná procesà, ágalina sumapinti nekokybiðkos produkcijos iðeigà.

Be brinkimo koeficiento nustatymo siûlomas metodas papildomai ávertina tiriamo gaminio tanká, tûrà, brinkimo intensyvumà, pavirðiaus defektus, laikà, per kurá suyra gaminio struktûra.

Gauti rezultatai leidþia prognozuoti, kad aidolokacinis metodas yra perspektyvus, ávertinant ávairiø poringø medþiagø tekstûrà. Sukurta matavimo áranka gali bûti panaudota ávairiose ûkio ðakose, kur reikalingas bekontaktinis greitaeigis matavimas atstumø ruoþe 10...80 mm su paklaida, nevirðijanèia $\pm 0,01$ mm.

Rekomenduotina metodo aprobacija maisto pramonës ámonëse, siekiant panaudoti naujus tyrimo rezultatus standartø ruoðimui.

Literatûra

1. Áaðià Á., Èaðeìa Á. Iàoiãù eþiãðãeý oðiãý. ì. Iàoeñiððiãeã. 1992.ñ.157.

2. Juodeikienë G., Petrauskas A., Baðinskienë L., Vaiðiulytë L. Evaluation of texture of meal products by echo location method. Quality cereals in a changing world. KLM Official carrier. Haaga, 1994. p.73.

3. Juodeikienë G., Petrauskas A., Baðinskienë L., Vaiðiulytë L. Miltiniø kepiniø kompleksinis tekstûros ávertinimas akustiniu metodu. Maisto produktø chemija ir technologija. Respublikinës konferencijos medþiaga. Kaunas, 1994. p.114.

4. Petrauskas A. Maisto produktø tekstûros akustiniø tyrimo metodø kûrimas. Mokslinio tyrimo darbo B4-57 ataskaita. Kaunas, 1995. p.34.

A.Petrauskas, G.Juodeikienë, L.Baðinskienë, L.Vaiðiulytë

The usage of acoustical methods for investigation of texture of food stuffs

Summary

Acoustical methods for automatized determination of quality of four confectionery products are considered. Ultrasonic methods for determination of the quality by contact and non-contact way allow to obtain objective information about structure of products. Changes of parameters of ultrasonic signals in interaction with material are considered. A special measuring test bed and acoustic non impact level gauge had been constructed for the experiment. 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.