



## **A hús márványozottságának RGB-, hiperspektrális- és CT- képfeldolgozással történő jellemzésének kritériumai Módszertani közlemény**

**Firtha F.<sup>1</sup>, Romvári R.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Fizika-Automatika Tanszék, 1118 Budapest, Somlói út 14-16.

<sup>2</sup>Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

*Eltérő lizin/emészhető energia arányú takarmánnyal etetett Danbred sertések (n=164) tarja és karaj mintáinak márványozottságát becsültük optikai/képpalkotó eljárásokkal és szakértők bevonásával, kiegészítve a zsír-, a nedvesség- és a fehérjetartalom meghatározásával. A vizsgálatok célja a márványozottságot és a zsírtartalmat objektíven becsülő képfeldolgozási algoritmus kidolgozása volt. Feltételként határoztuk meg a szakértői minősítéssel és az analitikai mérésekkel való jó egyezést, továbbá azt, hogy legyen invariáns forgatásra, felbontásra és fényviszonyokra. A mintákról szettering, RGB, NIR hiperspektrális és CT felvételeket készítettünk. Az RGB képeken a képfeldolgozó algoritmus felbontástól, fényerőtől, forgatástól függetlenül jól korrelált a szakértői bírálat eredményével, és hasonló értéket jelzett azonos egyedek eltérő (karaj, tarja) mintáira. A hiperspektrális felvételek alapján egyrészt megvizsgáltuk, hogy a színhús, zsír és egyéb kötőszövet spektrálisan megkülönböztethető-e, teszteltük a képfeldolgozó algoritmus hatékonyságát, felbontástól való függetlenségét. A CT felvételek alapján bizonyítottuk, hogy bár a hús mintázata a rostirány mentén erősen változik, a becsült márványozottság közel konstans marad. Az algoritmus korrelációs és függetlenségi, valamint stabilitási kritériumai teljesültek.*

(Kulcsszavak: márványozottság, képfeldolgozás, NIR hiperspektrális, CT, kritériumok)

### **Criteria of meat marbling characterization by RGB-, hyperspectral and CT imaging algorithms**

#### **Methodological Study**

F. Firtha<sup>1</sup>, R. Romvári<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Corvinus University of Budapest, Faculty of Food Science, Physics-Control Department, H-1118 Budapest, Somlói str. 14-16.

<sup>2</sup>Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Food and Agricultural Product Qualification, H-7400 Kaposvár, Guba S. str. 40.

### **ABSTRACT**

*Danbred pigs (n=164) of both sexes were fed with different lysin/DE (digestible energy) ratio feed. The marbling characteristics of chop and loin samples were described by optical/digital imaging methods, with evaluation of experts and chemical analysis including fat, dry matter and protein content. For optical estimation of marbling and fat content, the criteria of objective image processing algorithm were set as: result must correlate with scores of experts and analytical measurement, must be invariant from*

*rotation, resolution, illumination, should result similar scores for chuck and chop tissues of same animal, finally the score should be mostly constant on different cross-sections of same tissue. Scattering, RGB, NIR hyperspectral and CT images were taken for each sample. On RGB images, the algorithm being invariant from rotation, resolution and illumination, resulted scores which correlated well with expert and analytical values. The scores of different tissues of same animal were moreover in relation. On the base of hyperspectral measurements first the significant wavelengths of lean, fat and connective tissues were determined. In this work, the simple fat contra lean graylevel images were used for testing efficiency and invariability of image processing algorithm. On cross-sections of CT, although the pattern is significantly changing along fibre direction, the score of algorithm was broadly constant. The criterions of correlation, invariability and stability were fulfilled for the algorithm.*

(Keywords: marbling, imaging, NIR hyperspectral, CT, criterions)

## BEVEZETÉS

A hús porhanyósságát meghatározó egyik legfontosabb tényezőt, a márványozottságot szakértők bírálják a vágásfelület alapján (NPB, 2002). A számítógép és a digitális képfeldolgozás általános elterjedése (1994) óta jelentős számú tudományos publikáció foglalkozott már a hús márványozottságának objektív, képfeldolgozással történő leírásával (Albrecht et al., 2006; Jeyamkondan et al., 1998; Liu et al., 2012), illetve 2004 után a hiperspektrális képek elemzésével (Qiao et al., 2007; ElMasry et al., 2011). Ezen munkákban az algoritmusok hatékonyságát általában a szakértőkkel való korreláció bizonyítja, pedig azok véleménye szubjektivitással terhelt. Az algoritmusnak lehetnek viszont objektív kritériumai is, például az alábbiak:

- Eredménye legyen független fehéregyensúlytól, megvilágítástól, felbontástól, forgatástól.
- Feltételezve, hogy a márványozottság egyeden belül a különböző szövetekre (tarja, karaj) hasonló, az algoritmus megbízhatóságának feltétele lehet, hogy két szövettípus becslt márványozottsága korreláljon egymással.
- Az algoritmus becslése jelentősen ne változzon a vágásfelület kismértékű eltolásával.

Képfeldolgozási szempontból különbséget kell tenni a hús kémiai értelemben vett zsírtartalma és annak márványozottsága között. Utóbbi jellemző mikro-struktúrája is ismert (Li et al., 2006; Shimokomaki et al., 2012), ami felhívja a figyelmet a különbségtétel algoritmikus és spektrális szükségességére és lehetőségeire.

Vizsgálataink során a rendelkezésre álló mintaanyag lehetőséget nyújtott arra, hogy többféle optikai módszert is kipróbáljunk, összehasonlítsunk, valamint teszteljük a képfeldolgozó algoritmusok megbízhatóságát:

- Lehet-e a fizikai szerkezetre érzékeny szkettering módszerrel mérni a márványozottságot?
- Lehet-e az RGB és hiperspektrális (HSI) képek feldolgozásával algoritmikusan, illetve spektrálisan becsülni külön a zsírtartalmat és a márványozottságot?
- CT képeken ellenőriztük mennyire stabil a kapott jellemző a szövetminták mentén?

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az összesen 164 Danbred típusú sertést 6 takarmányozási csoportban (eltérő lizin és emészthető energia arány) ivaronként nevelték a Kaposvári Egyetem Táplálkozástudományi és Termékfejlesztési Intézetében. Az állatokat két időpontban, egy hét eltéréssel vágták. Az optikai mérésekhez a 82+82 állat tarja és karaj mintáit használtuk. A tarjamintákból az 1. hátsigolya síkjában, a karajmintákból azok középvonalában két-két 2 cm-es szeletet vettünk, majd az egyik szeletből:

- CT felvétel készült (KE Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet) a zsír-hús arány és a márványozottság a szeletek mentén való változásának leírására (1mm/px felbontás)
- majd kémiai analitikai eljárással meghatároztuk a minta szárazanyag-, nyersfehérje-, és nyerszsír tartalmát (KE Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet)

A minták másik feléről (előbbi szelet 2 cm-es tükörképe) optikai méréseket végeztünk (BCE, ÉK, Fizika-Automatika Tanszék), ahol összesen 19 GB optikai adat feldolgozása történt meg.

- független szakértők becsülték azok márványozottságát (MPPC pork marbling standard, seven grades, M1..10)
- szkettering felvételt készítettünk:
- Melles Griot 05-LHR-029 helium-neon cylindrical laser, red 632.8 nm, d=0,59mm, random polarization; 0/10 geometria, RGB kamera 640\*480 felbontás
- RGB felvételt készítettünk:
- Canon EOS 450D, 223\*160mm ~ 2972\*2128px képméret, 160mm/2128px=75µm/px felbontás, 45/0 geometria, fólián keresztül
- NIR hiperspektrális felvételt készítettünk:
- HeadWall pushbroom rendszer, 900-1700nm tartomány, 256\*320 InGaAs mátrix, 14bit kvantálás (16384 szint), 800nm/155px=5,16nm/px spektrális felbontás, 180\*116mm ~ 497\*320px képméret, 116mm/320px=363µm/px térbeli felbontás, 45/0 geometria, fólián keresztül

### Szkettering

A felvételek feldolgozásához fejlesztett algoritmus

- kiválasztja a fénypont udvarát befoglaló téglalapot és maximum tartomány közepét
- az R, G és B komponensek (x,y) eloszlását interpolációval (r,φ) polár koordináta-rendszerbe transzponálja
- ezeket szög szerint átlagolva kapja az R, G, B komponensek sugár szerinti függvényét
- ezekre adott célfüggvényt illeszt, és annak paramétereivel közelíti a szerkezet (márványozottság) jellemzőit (1. ábra).

### RGB képek

Az RGB képek feldolgozásánál olyan algoritmus kidolgozása volt a cél, amely

- korrelál a szakértői márványozottság értékekkel és a mért zsírtartalom értékekkel,
- invariáns felbontásra, forgatásra, fényerőre, fehérregyensúly beállításokra.

## 1. ábra

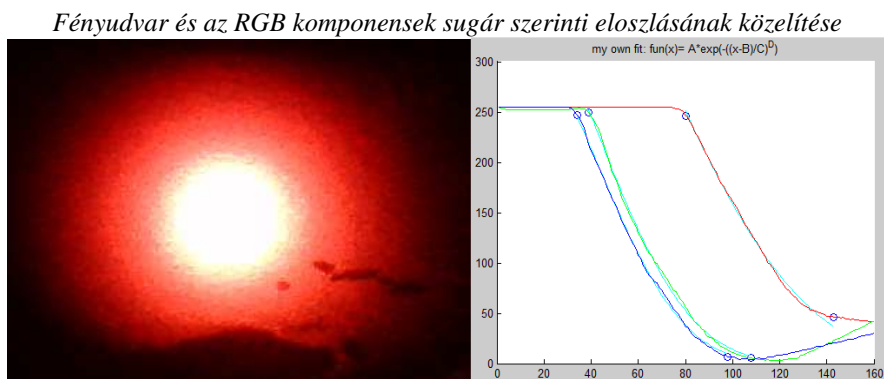


Figure 1. The laser beam scatter and the radial distribution of RGB component

Algoritmusunk először a hagyományos szürkeárnyaltos kép hisztogram-igazításával és küszöbölésével szegmentálja az objektumot (2. ábra), morfológiai operátorokkal (open, fill, close) javítja a kiválasztást, majd a legnagyobb talált egybefüggő területet tekinti objektumnak. A csak ezen végrehajtott újbóli küszöböléssel meghatározza a színhús és zsír területek átlagos színét. Ezen vektorok különbségével skalárisan szorozva a kép színpontjait megkapjuk a mintázat részleteit optimálisan kiemelő szürkeárnyaltos képet.

## 2. ábra

**Szegmentálás eredménye: objektum, zsír, márványozottság és színhús**

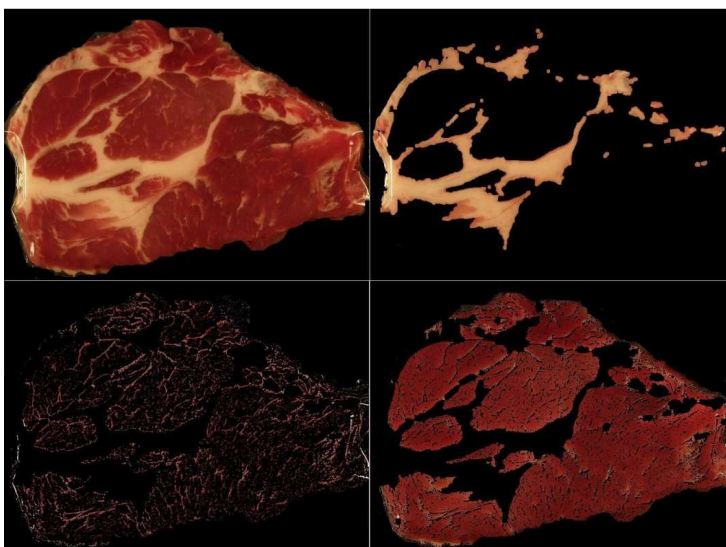


Figure 2. The sample, fat-, marbling- and meat surface as a result of segmentation

Az optimális szürkeárnyalatos kép feldolgozását végző algoritmus újra, ugyanezen lépésekkel meghatározza az objektumot és azon a zsír- és színhús területeket. Utána morfológiai operátorokkal kiválasztja a strukturális zsíros tartományokat és a maradék területek adaptív küszöbölésével a finom márványos szerkezetet. A terület és hossz paraméterek mellett, az algoritmus a szürkeárnyalatos képjellemzőket is számítja (entrópia, korreláció, energia, kontraszt, homogenitás), majd fájlba menti.

Kritériumok: Az optimális szürkeárnyalatos kép számítása biztosította a fehéregyensúlytól-, a hisztogram-igazítás a fényerőtől való függetlenséget. A morfológiai operátorok paramétereit felbontásból számoljuk, így attól független az eredmény, csak képmérettől függő. Végül az alkalmazott morfológiai operátorok szimmetrikus maszkok esetén forgatásra is invariánsak.

A tarja és karaj mintákra számított értékeket Excel táblázatba importálva azok közvetlenül összevethetők a minták egyéb jellemzőivel (szakértői becslések, zsírtartalom, kezelés, ivar, hiperspektrális becslés), illetve robusztus PLS (Partial Least Squares) vagy ANN (Artificial Neural Network) modellek független-változóiként használhatók.

### Hiperspektrális mérések

A hiperspektrális adatok felvételéhez az Argus mérésvezérlő szoftvert használtuk. 45/0 geometria (megvilágítás 45°-ról, szemlélés 0°-ról) mellett, megfelelő spektrális és kvantálási kalibráció után, a HSI rendszerünkkel mért spektrumok jel-zaj viszonya elérte az általában sokkal pontosabb spektrofotométerek jel-zaj arányát.

Az egyes szövettípusok, színhús, zsír és kötőszövet spektrális megkülönböztetéséhez manuálisan választottunk a karaj és tarja  $x-y-\lambda$  képeken minta-tartományokat. Az egyenként 98MB méretű (320\*500 felbontású) hiperkockák előfeldolgozását Matlab algoritmussal (CuBrowser, Firtha) végeztük (3. ábra). Ezzel a kívánt hullámhosszon megjelenített képen tartományokat lehet kijelölni és azok átlag spektrumát, valamint pl. Savitzky-Golay simítás után az első és második deriváltakat lehet menteni. A hiperspektrális módszerrel, például a kötőszövet vizsgálatához akár egyetlen pixel spektruma is lekérdezhető, nagyobb tartományok (színhús, zsír, faggyú) esetén pedig tartományonként sok ezer pixel spektrumának átlagát és szórását nyerjük.

A vizsgált szövettípusok jól láthatóan elkülönülnek spektrum alapján (3. ábra). A szignifikáns hullámhosszak pontos értékének meghatározása PCA modell illesztésével történt.

Pusztán két csoport (zsír és színhús) osztályozására három statisztikai módszerrel is számoltuk a szignifikáns hullámhosszakat:

- hullámhosszanként számolt Welch t-próba (csoportátlagok különbsége osztva a szórások négyzetösszegének gyökével) alapján
- PCR modell (crossvalidation 20% mintamennyiséggel, látens változók száma(LV): 4) súlytényezői alapján
- PLS modell (crossvalidation 20% mintamennyiséggel, Monte-Carlo 1000-szer, LV: 4) súlytényezői alapján

Mindhárom módszerrel hasonló eredményeket kaptunk. Végül az első derivált bizonyult leghatékonyabbnak, a deriválás előtt Savitzky-Golay simítást alkalmazva (len: 9px, order: 3). Szignifikáns hullámhosszakra 1229,24 és 1382,62nm-t kaptunk. Ezen hullámhosszakon a zsír és színhús szövettípusok elkülönülése jól látszik a 3. ábra második grafikonján is.

3. ábra

Adott hiperkocka metszete, kiválasztott tartományok spektrumai, 1. és 2. deriváltak

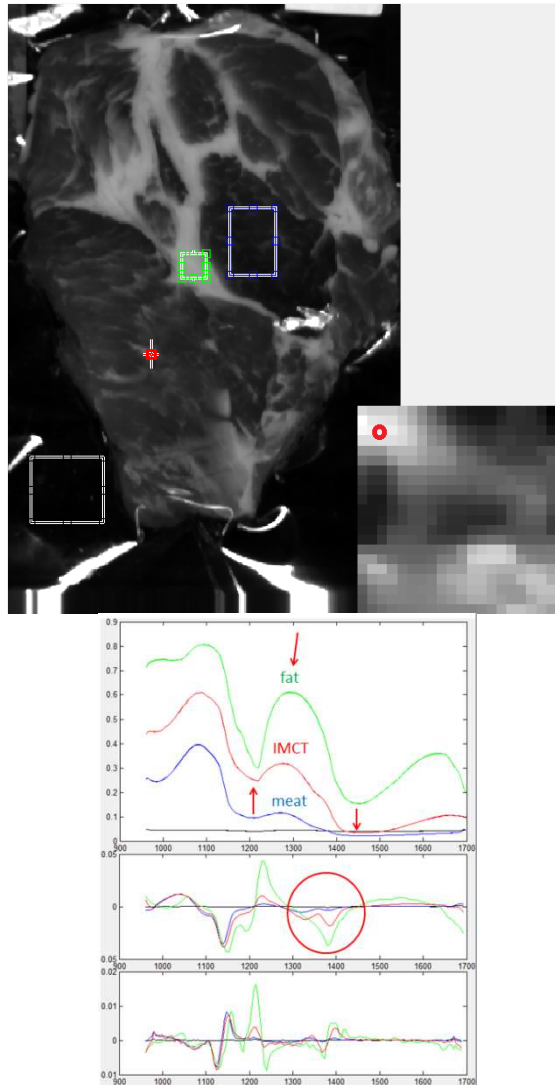


Figure 3: The raw and derivate spectra of hypercubes within the selected spectral interval

Az adatredukciót végző algoritmus ezért az első derivált (1229,24nm - 1382,62nm) alapján állította elő a tarja és karaj hiperspektrális mérésekből az optimális szürkeárnyaltos képeket. Az így nyert képek felbontása rosszabb, mint az RGB képeké, de várakozáson felül kontrasztosak lettek. A szürkeárnyaltos képek feldolgozására

végül ugyanazt a márványozottságot és zsírtartalmat becselő algoritmust alkalmaztunk, amit a nagy felbontású RGB képekre is.

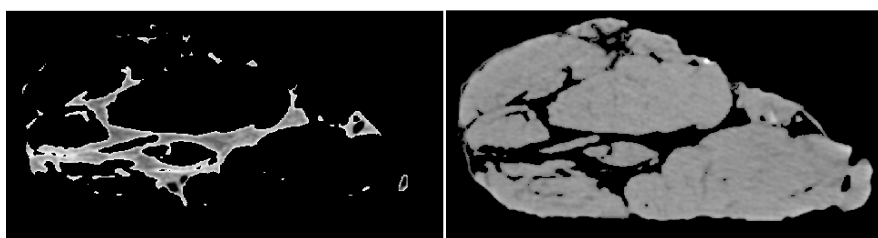
#### **CT felvételek**

A CT mérések importált képeiből Matlab algoritmus vágta ki a vizsgálatra érdemes tartományt (ROI: region of interest), mivel eredetileg a képtér és a minta méretarányainak megfelelően csak a kép aránylag kis területén helyezkedett el.

A feldolgozást végző algoritmus kiválasztotta a képeken az objektumot (szeletet), majd azon a zsír (sötétebb) és színhús (világos) tartományokat (4. ábra). A tartományok méretét és arányát minden képre kiszámolta és fájlba mentette.

#### **4. ábra**

##### **CT felvételtől kiválasztott zsír és színhús tartomány**



*Figure 4. Fat and muscle surface evaluated from CT scan*

### **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

A húsminták márványozottságát független szakértők vizsgálták. A véletlenszerűen rendezett mintákra adott független becslések jól korreláltak egymással az azonos szeletek vonatkozásában. A tarja mintákra 0,8291, a karaj mintákra 0,8886 volt a korreláció. A márványozottság szakértői becslése annak ellenére, hogy az szükségszerűen szubjektív, megbízhatónak bizonyult. A szakértői becslések és a kémiai analízis eredményei szerint sem az alkalmazott takarmányozási protokoll, sem az ivar nem gyakorolt szignifikáns hatást a márványozottságra, valamint a zsírtartalomra a vizsgálatba vont tarja és karaj minták esetében. A szakértői vizsgálat alapján elfogadható korrelációt ( $r = 0,7073$ ) találtunk viszont a különböző típusú szeletek márványozottsága között, adott sertések vonatkozásában. Ez egyrészt jelzi a szakértők objektív munkáját, másrészt lehetőséget ígér arra, hogy a márványozottság és zsírtartalom becslésére fejlesztett képfeldolgozási algoritmusok hatékonyságát teszteljük: legyen feltétel, hogy az algoritmus adott egyednél mindkét hústípusnál hasonló eredményt adjon.

#### **Szkettering módszer**

A szkettering technika, bár várhatóan érzékeny a márványozottság szerkezeti elemeire (kötőszövet), sajnos a mérések azt igazolták, hogy rendkívül érzékeny az izotrópiára is. Bár több féle függvénytypust illesztettünk, attól függően, hogy a szeletet a rostirányhoz képest milyen szögben vágták, a fényudvar paramétereinek nagyon nagy lett a szórása. Ennek értelmében a módszer csak akkor lenne alkalmazható, ha garantálhatnánk a vágásfelület irányát.

### RGB képfeldolgozás

A hagyományos szürkeárnyalatos képjellemzők (entrópia, energia, kontraszt, homogenitás) semmiféle korrelációt nem mutattak a márványozottság szakértői becsülésével, se zsírtartalommal, ezért a továbbiakban nem használtuk azokat. A továbbiakban a küszöböléssel és morfológiai operátorokkal való leírás hatékonyságát vizsgáltuk. Az algoritmus a következő feltételekkel elégíti ki az invariancia feltételeket:

- A fehéregyensúlytól való függetlenséget úgy biztosítja, ahogy az átlagos hús- és zsírszínek alapján transzformálja a képet olyan szürkeárnyalatossá, mely optimálisan emeli ki a mintázatot.
- A fényerőtől való függetlenség úgy nyerhető, ha az első küszöbölés előtt a hisztogramot egyenletessé tesszük.
- A forgatásra való érzéketlenség azzal biztosítható, ha csak olyan morfológiai operátorokat használ az algoritmus, amelyek maszkja kör-szimmetrikus.
- A morfológiai operátorok maszk-méretének képméretéhez való igazításával nyerhetjük, hogy az eredmény független legyen a felbontástól. A felbontástól való függetlenséget azzal is ellenőrizhetjük, hogy ugyanezen algoritmussal vizsgáljuk a lényegesen rosszabb felbontású hiperspektrális felvételeket is.

A fejlesztett algoritmus becslése jól közelíti a márványozottság szakértői értékeit (korreláció: tarjára 0,6836, karajra 0,8576), de kevésbé alkalmas a zsírtartalom leírására. Ez a körülmény mutatja a későbbi továbbfejlesztés irányát. A tarja és karaj szeletek algoritmus által becsült márványozottsága egymással gyengébben korrelált, mint a szakértői értékek esetén. Ennek oka az lehet, hogy a karaj minták márványozottsága sokkal finomabb struktúrájú, mint a tarja szeleteké. Ez azt mutatja, hogy az algoritmust ebben az irányban kell továbbfejleszteni, hogy mindkét szövettípusra hasonló jellemzőt adjon vissza.

### Hiperspektrális analízis

A szövettípusok átlagos spektrumaiból számolt szignifikáns hullámhosszak 1215 nm, 1287 nm és 1450 nm látványosan szétválasztják a csoportokat (3. ábra). A szakirodalom (Williams és Norris, 2001) alapján az 1215 nm a zsírra (C-H molekulacsoport), az 1450nm pedig a vízre (O-H) jellemző. A mérések igazolták tehát, hogy a képfeldolgozási (algoritmikus) mellett van spektrális lehetőség is a zsírtartalom és márványozottság (kötőszöveti mikrostruktúra) optikai megkülönböztetésére. Munkánkban a továbbiakban az ipari gyakorlatban egyszerűbben alkalmazható képfeldolgozási módszer fejlesztésével, ellenőrzésével foglalkoztunk.

A hiperspektrális felvételekből nyert optimális szürkeárnyalatos képekre ugyanazt az algoritmust alkalmaztuk, amit az RGB képekből nyert szürkeárnyalatos képekre is. Ezzel is teszteltük az algoritmus eredményének függését a felbontástól. A gyengébb felbontás ellenére az eredmény az RGB képeknél jobban közelíti a márványozottság szakértői értékeit ( $r = 0,7427$ ), de a zsírtartalom analitikai értékeivel ebben az esetben sincs erős kapcsolat.

### CT képfeldolgozás

Végül CT mérésekkel ellenőriztük, hogy mennyire érzékeny a márványozottság becslése a minta metszési síkjára. A 2 mm-es lépésközzel felvett CT képek mintázata bár szemre jelentősen változik a vágásfelületre merőlegesen, az első pár nem teljes szelet kivételével, az algoritmus közel állandó márványozottság jellemzőt adott vissza. Ez a körülmény a látórendszeres mérés hatékonyságát bizonyítja (5. ábra).



## 5. ábra

### 8 cm-es húsminta becsült márványozottsága a rostirány mentén 2 mm-enként

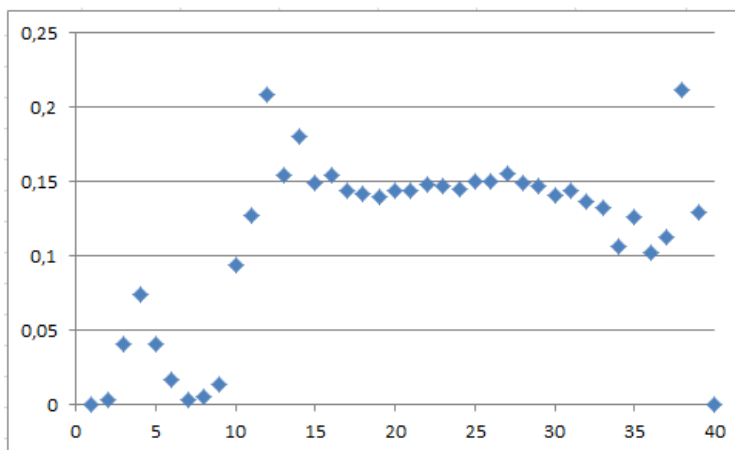


Figure 5. Estimated marbling of a 8 cm wide meat sample along fibre direction in 2mm steps

## KÖVETKEZTETÉSEK

A rendelkezésre álló karaj és tarja minták márványozottságának szakértői bírálati hitelességét igazolta azok korrelációja, valamint az egyedeken belül vizsgált különböző hústípusok hasonló becsült értéke. Ez utóbbi értéket alkalmasnak tartjuk a fejlesztett algoritmusok hatékonyságának tesztelésére is.

Az RGB képeken, a márványozottság és zsírtartalom becslésére fejlesztett képfeldolgozó algoritmus felbontástól, fényerőtől, forgatástól függetlenül jól korrelált a szakértői értékekkel, és hasonló értéket jelzett azonos egyedek eltérő húsmintáira. A hiperspektrális felvételek alapján bizonyítottuk, hogy a színhús, a zsír- és a kötőszövet spektrálisan megkülönböztethetők. Ezzel összefüggésben meghatároztuk az összetevőkre jellemző szignifikáns hullámhosszakat. Másrészt a hiperspektrális adatokból nyert képeken a képfeldolgozó algoritmus által becsült márványozottság szintén korrelált a szakértői értékekkel. A CT felvételek alapján bizonyítottuk, hogy bár a hús mintázata a rostirány mentén erősen változik, a becsült márványozottság közel konstans maradhat. Az algoritmus korrelációs és függetlenségi, stabilitási kritériumai teljesültek.

A bemutatott módszertannal elért eredmények alternatív lehetőségeket adnak a fogyasztói megítélés szempontjából kiemelt fontosságú tulajdonság, a márványozottság objektív megítélésére. A fejlesztett algoritmusok állattenyésztési és húsipari célokra egyaránt alkalmazhatóak.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0039 program támogatta.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

- E. Albrecht, F. Teuscher, K. Ender and J. Wegner (2006): Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, Vol 84. No 5. pp. 1067-1075.
- E.G.M. Bergfeld, R.J. Rasby, M.K. Nielsen, J.E. Kinder (1995): Heifers sired by bulls with either high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. Elsevier, *Animal Reproduction Science*, Vol 40. pp. 253-259.
- G. ElMasry, D.W. Sun, P. Allen (2011): Non-destructive determination of water-holding capacity in fresh beef by using NIR hyperspectral imaging. Elsevier, *Food Research International*, Vol. 44. Issue 9. pp. 2624–2633.
- L.E. Jeremiah (1996): The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef Palatability and consumer acceptability. Elsevier, *Food research international*, Vol 29. Nos 5-6, pp. 513-520.
- S. Jeyamkondan, N. Ray, G.A. Kranzler, S. Acton (1998): Segmentation of longissimus dorsi for Beef Quality Grading using Computer Vision.
- C. Li, G. Zhou, X. Xu, J. Zhang, S. Xu and Y. Ji (2006): Effects of Marbling on Meat Quality Characteristics and Intramuscular Connective Tissue of Beef Longissimus Muscle. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, Vol. 19, No. 12. pp. 1799 – 1808.
- L. Liu, M.O. Ngadi, S.O. Prasher, C. Gariépy (2012): Objective determination of pork marbling scores using the wide line detector. Elsevier, *Journal of Food Engineering*, Vol. 110. pp. 497–504.
- J. Qiao, M. O. Ngadi, N. Wang, C. Gariépy, S.O. Prasher (2007): Pork quality and marbling level assessment using a hyperspectral imaging system. Elsevier, *Journal of Food Engineering*, Vol. 83. pp. 10–16.
- M. Shimokomaki, E.I. Ida, T. Kato, M.R. Pedrão, F.A.G. Coró, F.J. Hernández-Blazquez (2012): Meat and meat products microstructure and their eating quality. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*
- P.C. Williams, K.H. Norris (2001): Near infrared technology in the agricultural and food industries. American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota (USA). pp. 296.
- NPB (National pork board), (2002): *Pork Quality Standards*. Des Moines, IA, USA

Levelezési cím (*corresponding author*):

**Firtha Ferenc**

Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar  
Fizika és Automatika Tanszék  
*Corvinus University of Budapest, Faculty of Food Science*  
*Physics-Control Department*  
1118 Budapest, Somlói út 14-16.  
+36-01-482-6021  
e-mail: ferenc.firtha@uni-corvinus.hu