

TÁROLÁSI FOLYAMATOK SORÁN FELLÉPŐ MINŐSÉGI VÁLTOZÁSOK MODELLEZÉSE

Bevezetés

A „Tárolás során fellépő gyümölcsminőség változások modellezése” témakörben 2005-ben kezdtük el a Leibniz Institut für Agrartechnik, Potsdam és a BCE Fizika-Automatika Tanszéke együttműködésében a munkát. Ezt az együttműködést 2006-ban és 2007-ben az OTKA támogatta.

1. Cél

Az együttműködés célja a tárolás során fellépő gyümölcsminőség változások modellezése érdekében mérési és értékelési módszerek kidolgozása a gyümölcs tömegében, felületi érdességében, a színjellemzőiben, valamint keménységében bekövetkező változások megállapítására. A német fél feladata elsősorban a sárgarépa vágási felület érdességének meghatározása és alma minőségbecslése tekintetében fontos NIR spektrális jellemzőinek kiválasztása volt. A magyar fél feladata az együttműködés keretében alma felületi érdességének mérésére és értékelésére alkalmas módszer kidolgozása, valamint sárgarépa vágási felülete és annak NIR abszorbancia jellemzőinek megállapítása volt tárolás során.

2. Anyag

A kísérletekhez Golden Delicious és Fuji almafajtákat, valamint Barbara, Nevis, Nektár és Soprano sárgarépa fajtákat használtunk. Az almafajtákon a felületet és annak érdességét, a sárgarépa fajtákon a vágási felületet és annak érdességét mértük.

A vágási felület érdességének a vizsgálatához négyféle frissességű sárgarépát vizsgáltunk és háromféle élességű vágóeszközt használtunk.

3. Módszer

A felületi egyenetlenség mérésére Perthométert, TopoSurf 3D típusú érdességmérőt (Fekete és Olasz, 2005), valamint Nemesis V CHR 150 típusú mikro-topográfiai mérő rendszert alkalmaztunk Herppich és társai, 2006). Mindkét berendezés közvetlen felület letapogatás útján dolgozik. Így mérhető a felület érdessége, ill. simasága, valamint meghatározhatók a profilparaméterek. Ezekkel a műszerekkel az almafajták felületi érdességét és a sárgarépa fajták vágási felületének érdességét mértük és vizsgáltuk a tárolás hatását.

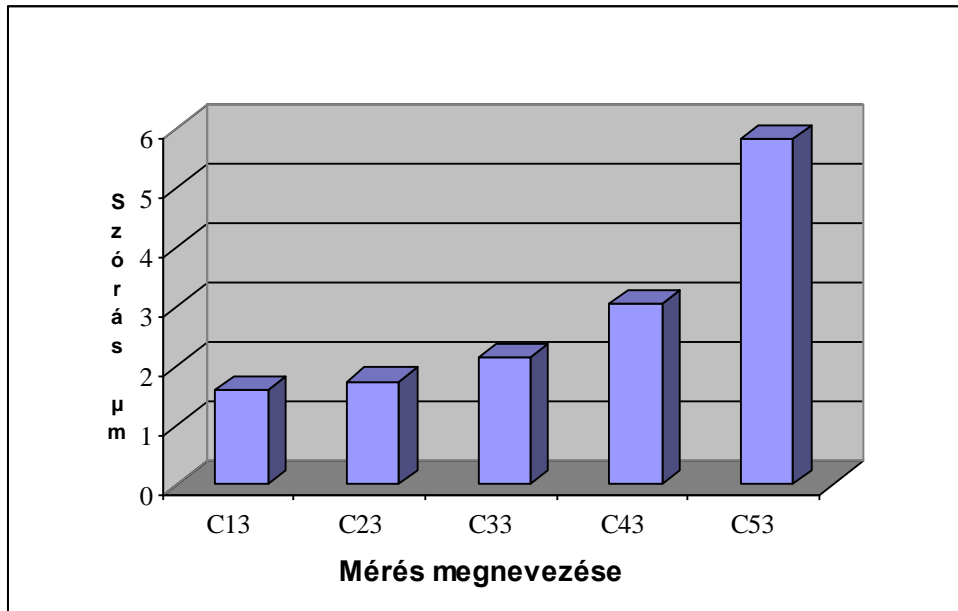
A NIR jellemzők mérését Inspector típusú spektrométerrel és NIR kamerával a 900-1700 nm sávban, valamint PMC Spectrolyzer 10-25 típusú NIR analizátorral a 1000-2500 nm és AvaSpec-2040-SPU spektrométerrel a 600-1100 nm tartományban végeztük, a műszer felbontása 2,1 nm volt. Ezekkel a műszerekkel az almafajtákon a felület, a sárgarépa fajtákon a vágási felület spektrális jellemzőit mértük és vizsgáltuk a tárolás hatását.

4. Eredmények és értékelés

4.1. Alma felületi egyenetlensége

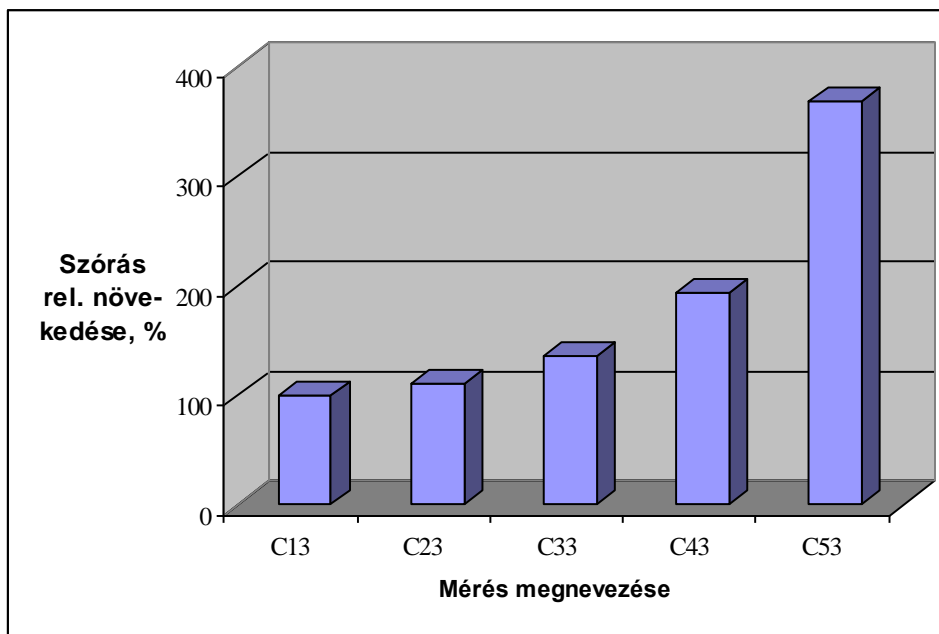
Alma felületi érdességének jellemzésére felvettük az almafelület 4 x 4 mm-es kijelölt területéről az érdesség változását és azt háromdimenziós rendszerben ábrázoltuk. Ebből meghatároztuk a felületi érdesség szórását, a szórás relatív növekedését, az érdesség normált autokorreláció függvényét, a felületi érdesség normált autokorreláció függvénye első differenciál hányadosát és a felületi érdesség normált autokorreláció függvénye második differenciál hányadosát, valamint az első differenciálhányados minimális értékének a változását a tárolási idő függvényében.

Az almafelület érdességének mechanikai felületi letapogatásos eljárással mért eredményeiből meghatároztuk a tárolási idő függvényében az érdesség szórását (1. ábra) és az érdesség szórásának relatív növekedését (2. ábra).



1. ábra

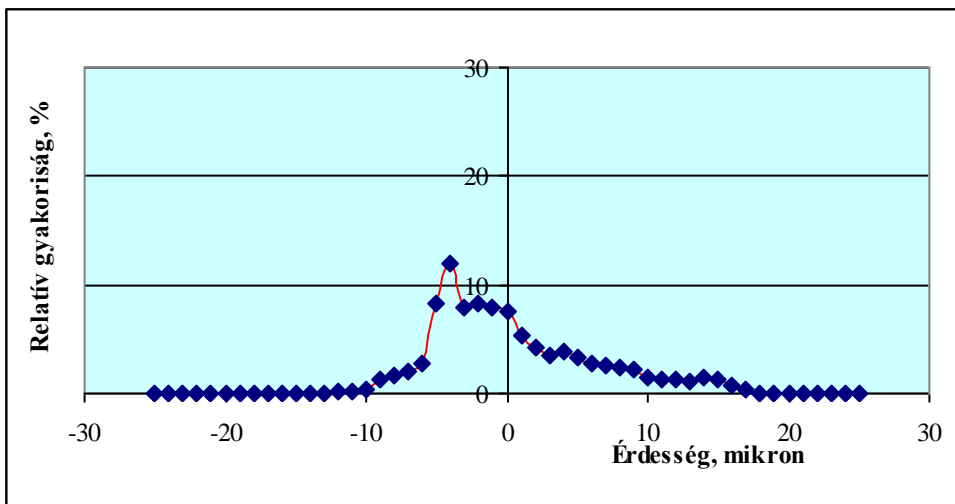
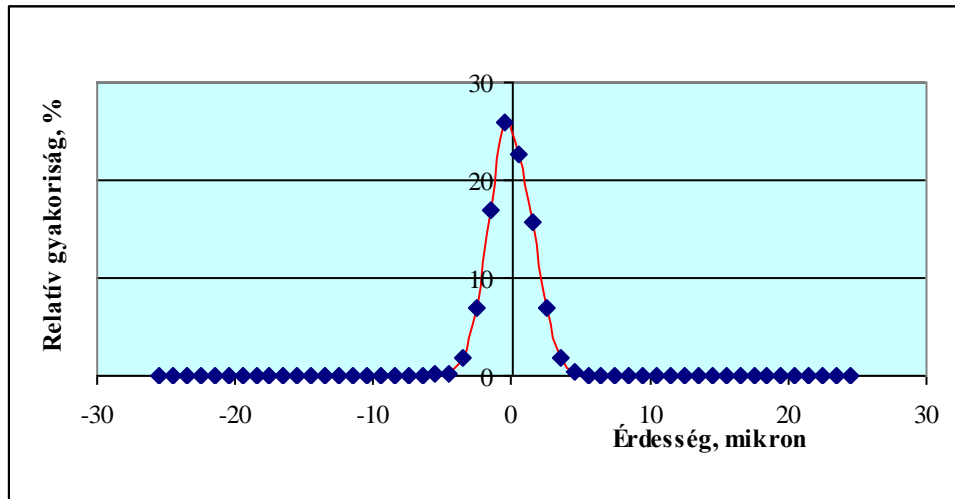
Alma felület érdességének szórása a tárolási idő függvényében (C13 – friss, C23 – 7. nap, C33 – 14. nap, C43 – 21. nap, C53 – 28. nap)



2. ábra

Alma felületi érdessége szórásának relatív növekedése a tárolási idő függvényében (C13 – friss, C23 – 7. nap, C33 – 14. nap, C43 – 21. nap, C53 – 28. nap)

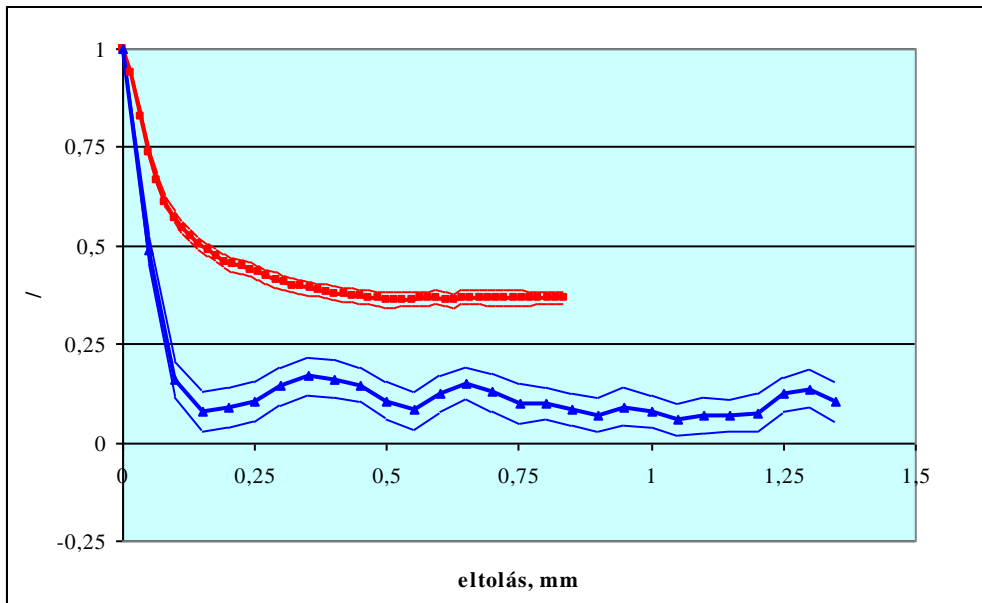
Meghatároztuk továbbá az érdesség magasság koordinátáinak relatív gyakoriságát (3. ábra). Ebből megállapítható, hogy a tárolási idő növekedésével a gyakoriság értéke csökken és az érdesség egyre szélesebb sávot foglal el. A tárolási időszak végére az érdesség jellege lényegesen megváltozik.



3. ábra

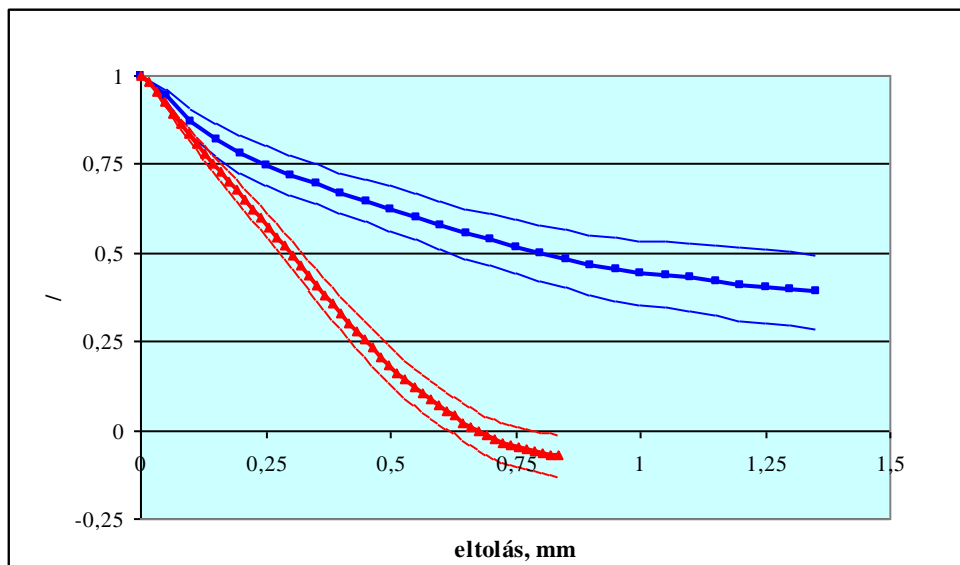
A felületi érdesség relatív gyakorisága az érdesség függvényében friss almára (fenn) és a tárolás utáni 28. napon mért állapotra (lenn)

Meghatároztuk az érdesség normált autokorreláció függvényét mind az x-tengely (piros), mind pedig az y-tengely (kék) mentén, friss almára és a tárolás utáni állapotra, a 28. napon (4. és 5. ábra). Az ábrákból megállapítható, hogy a friss állapotra jellemző autokorreláció függvény jellege a tárolási időszak végére megváltozik. Ekkorra az x-tengelyre felvett függvény meredekebben csökken, mint az y-tengely mentén felvett.



4. ábra

Az érdesség normált autokorreláció függvénye, az x-tengely mentén (piros) és az y-tengely mentén (kék), friss almára (intervallumbecslés: P=95%)

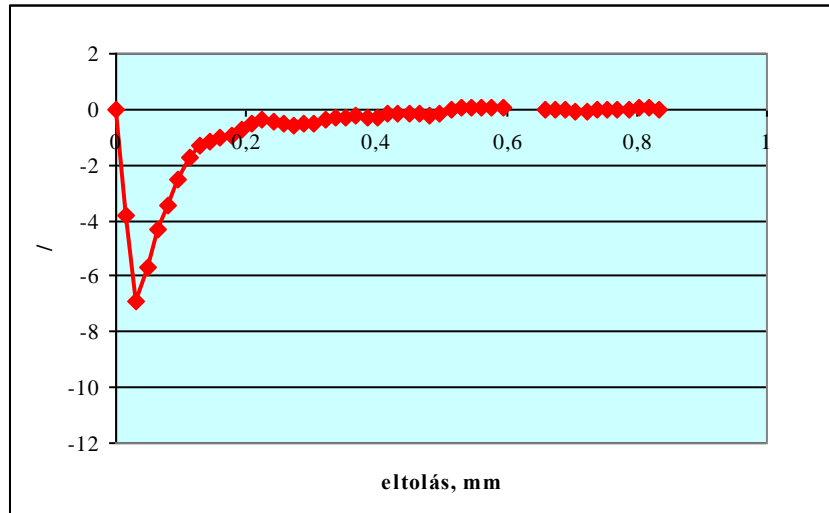


5. ábra

Az érdesség normált autokorreláció függvénye, az x-tengely mentén (piros) és az y-tengely mentén (kék), a 28. napon (intervallumbecslés: P=95%)

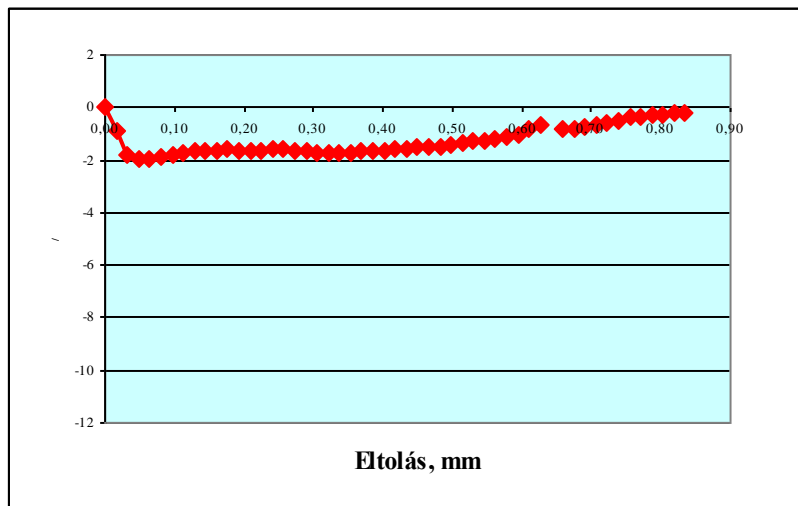
Meghatároztuk az x-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosát, ezt a friss almán végzett mérésre a 6. ábrán, a tárolás utáni 28. napon végzett mérésre pedig a 7. ábrán tüntettük fel. Szembetűnő, hogy a friss almához viszonyítva a meredekség a tárolás utáni 28. napra lényegesen csökkent.

Hasonló eredményt mutat az y-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosa is. Ezt a friss almán végzett mérésre a 8. ábrán, a tárolás utáni 28. napon végzett mérésre pedig a 9. ábrán tüntettük fel. Itt is szembevető a meredekség csökkenése a tárolás során, a friss almára meghatározott meredekség a tárolás végére jelentősen csökkent.



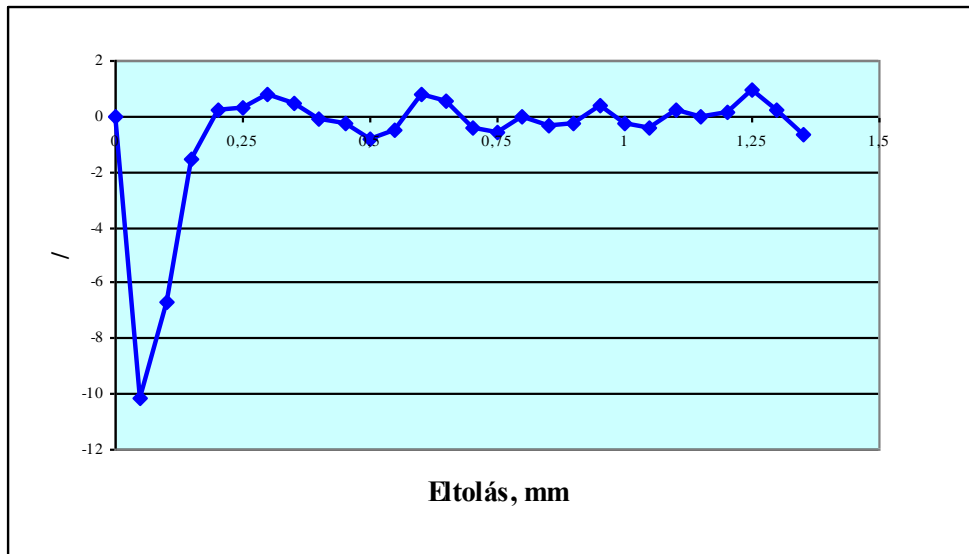
6. ábra

Az x-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosa, friss almára felvett érdességéből meghatározva

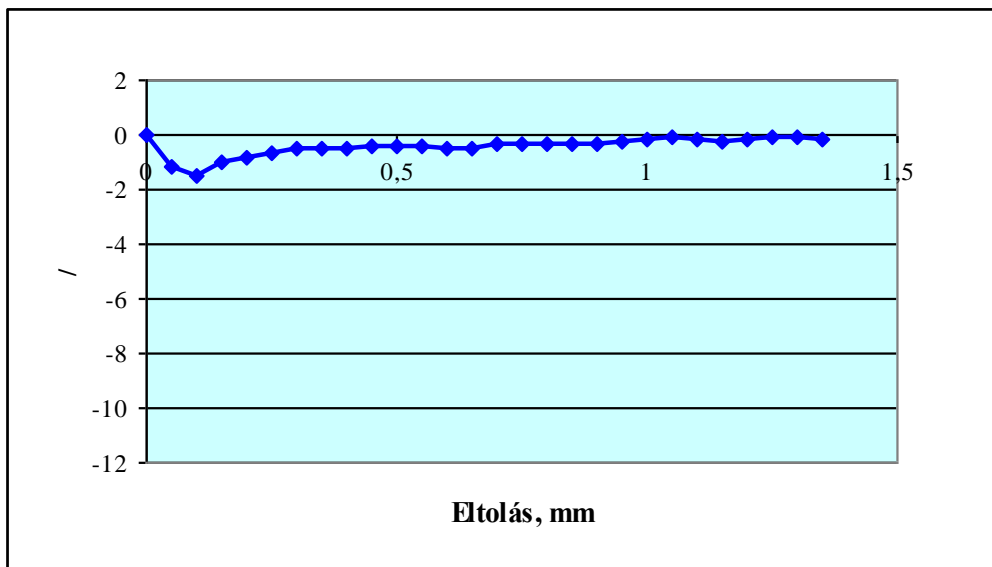


7. ábra

Az x-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosa, a 28 napon, a tárolás utáni állapotra felvett érdességéből meghatározva



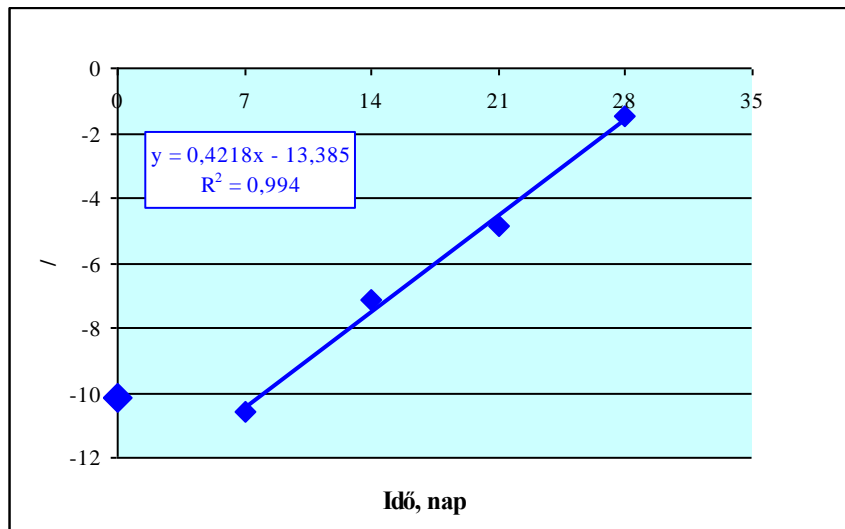
8. ábra
Az y-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosa, friss almára felvett érdességből meghatározva



9. ábra
Az y-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosa, a 28 napon, a tárolás utáni állapotra felvett érdességből meghatározva

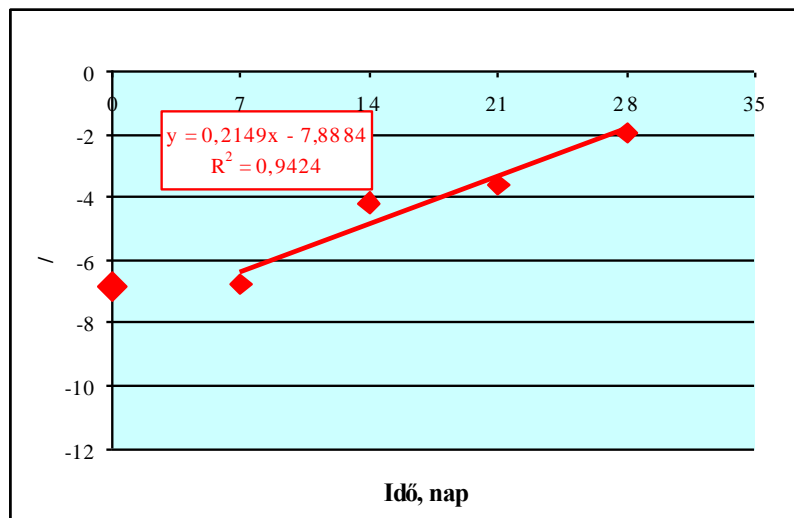
Meghatároztuk továbbá mind az x-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény, mind pedig az y-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény második differenciálhányadosát a különböző tárolás időkre. Megállapítottuk, hogy ezeknek az

eredményei megerősítették a 6. és 7. ábrával, valamint 8. és 9. ábrával kapcsolatosan tett észrevételeket.



10. ábra

Az x-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosának minimum értékei a tárolási idő függvényében



11. ábra

Az y-tengely mentén felvett normált autokorreláció függvény első differenciálhányadosának minimum értékei a tárolási idő függvényében

Megvizsgáltuk az érdesség első differenciálhányadosának, azaz a meredekségnek a minimális értékeit a tárolási idő függvényében, mind az x-tengely, mind pedig az y-tengely mentén mért adatokra. Az eredményekből kitűnt, hogy a friss alma és a tárolás 7. napján mért almára vonatkozóan a minimumértékek alig mutatnak eltérést. Ezért a meredekség minimum értékeinek változását a 7. és 28. nap közötti tárolási időszakra vizsgáltuk. Meghatároztuk a minimum értékek és a tárolási idő összefüggését mind az x-tengely, mind pedig az y-tengely mentén mért adatokra (10. és 11. ábra). Mindkét ábrából megállapítható, hogy lineáris összefüggés és szoros korreláció van a vizsgált változók között. Ez az eredmény is arra utal,

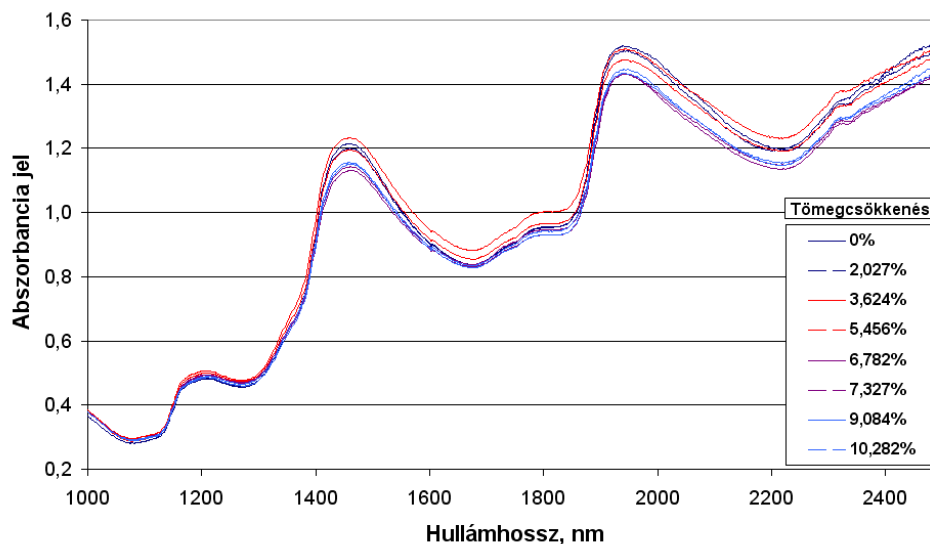
hogy a 7. nap után kezdődik az érdesség jelentősebb növekedése és az egyre jobban fokozódik a tárolás során.

4.2. Alma felületének spektrális jellemzői

Különböző érettségű Fuji almák felületét mértük. Egy-egy almán négy pontot mértünk. Az alma felületének reflektanciáját a 600-1100 nm sávban állapítottuk meg, hogy egyes beltartalmi jellemzőket meghatározzunk, valamint, hogy megállapítsuk, melyik hullámhossz tartományban kell keresni az egyes jellemzőket (Quing és társai, 2006). A kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a domináns hullámhossz értékek a következők:

- nedvességtartalomra: 680, 730, 940, 970 és 980 nm,
- keménységre: 680, 780, 880, 940 és 970 nm,
- oldható szilárdanyag tartalomra ($^{\circ}$ Brix): 680, 780, 880, 940 és 970 nm,
- savtartalomra: 680, 780, 880, 940 és 980 nm,
- polifenol tartalomra: 780, 880, 940, 980 és 1020 nm.

Golden Delicious almafajtán az 1000-2500 nm-es hullámhossz sávban végzett mérések azt mutatták, hogy a tárolás során fellépő tömegcsökkenés hatására csökken az 1450 ± 25 nm-es és az 1950 ± 25 nm-es tartományban mért abszorbancia jelszint (12. ábra).



12. ábra

Golden Delicious almán mért abszorbancia jel változása a hullámhossz függvényében különböző tömegcsökkenéseknél

4.3. Sárgarépaszelet felületének érdessége

A sárgarépa vágási felületének érdessége, ill. simasága fontos minőségi jellemző, különös tekintettel a minőség tartósságára (Herppich és társai, 2006). A vizsgált sárgarépa egyedek felületi érdességének átlagértékei a 10 és 25 mikron közötti tartományban voltak.

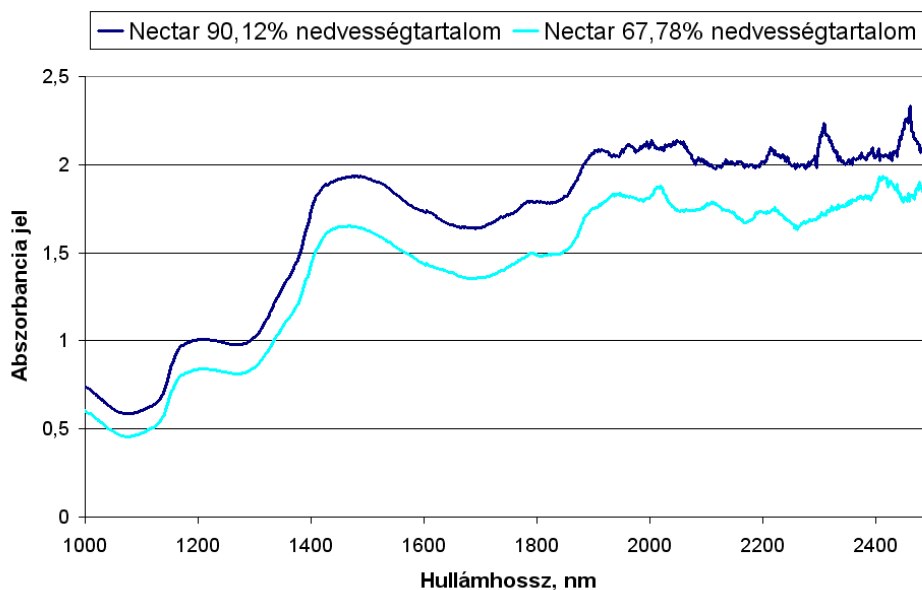
Megállapítottuk, hogy a sárgarépa évjáratának (2005 és 2006) nincs számottevő hatása a felületi érdességre (Borsa és társai, 2006, 2007). A mért felületi érdesség várható értéke:

- a sárgarépa öregedésével növekvő jelleget mutatott,
- a vágóeszköz élességének csökkenésével ugyancsak növekedő jellegű volt.

Megállapítottuk továbbá számszerűen is, amint az várható volt, hogy a legélesebb vágó szerszám eredményezte a legkisebb és a legjobban kiegyenlített érdességet, függetlenül a sárgarépa frissességétől.

4.4. Sárgarépaszelet felületének spektrális jellemzői

A Nektár és Soprano sárgarépa fajták tárolása során elfogadható korrelációt találtunk a fajlagos vágási erő és a tömegcsökkenés között, valamint az ütésvizsgálati keménységtényező és a nedvességtartalom között. Ugyancsak elfogadható a korreláció a fajlagos vágási erő és a háncsrész ütésvizsgálati keménységtényezője esetén. A Spectralyzerrel mért NIR abszorbanciában eltérés volt tapasztalható a sárgarépa szövettípusai között, valamint a fajták között. Az abszorbancia jel értéke a nedvességtartalom csökkenésével csökkenő jelleget mutatott a tárolás során. Ez különösen az 1450 nm feletti hullámhossz tartományban volt jelentős. 1900 nm feletti hullámhosszknál már zajossá vált a jel.



13. ábra

Nektár sárgarépa fajta szeletein mért abszorbancia jel változása a hullámhossz függvényében két különböző nedvességtartalomnál

5. Következtetések

Megállapítottuk a vizsgált alma felületi érdességének tárolás során bekövetkező változását. Adott tárolási feltételek mellett meghatároztuk a felületi érdesség szórását, a szórás relatív növekedését, az érdesség normált autokorreláció függvényét, a felületi érdesség normált autokorreláció függvénye első differenciál hányadosát és a felületi érdesség normált autokorreláció függvénye második differenciál hányadosát. Meghatároztuk továbbá az első differenciálhányados minimális értékének a változását a tárolási idő függvényében. Mindezekből megállapítható volt az érdesség kezdeti lassú növekedését követő egyre fokozódó növekedés.

Meghatároztuk azokat a domináns hullámhossz tartományokat, amelyekben spektrométerrel az alma nedvességtartalma, keménysége, oldható szilárdanyag tartalma ($^{\circ}$ Brix), savtartalma és polifenol tartalma gyorsan, valamint roncsolás- és érintésmentesen meghatározható.

Mérési módszert dolgoztunk ki sárgarépaszelet vágási felülete érdességének meghatározására. Megállapítottuk, hogy a vágási felület érdessége a sárgarépa frissességétől és a vágó szerszám élességétől függően 10 – 25 mikron között változik.

Hiperspektrális képfeldolgozással és NIR analizátorral meghatároztuk sárgarépaszelet felületi abszorbancia jellemzőit. Megállapítottuk, hogy ez elsősorban az 1450 nm feletti hullámhossz tartományban csökken jelentősen a tárolás során, a nedvességtartalom csökkenésével.

Megjegyzés: ez a nemzetközi együttműködési kutatás kapcsolódik a K 48957 OTKA-azonosítójú témához, amelyről külön jelentésben számolunk be.

Felhasznált irodalom

- Borsa, B., Gillay, Z., Herppich, W. B., Herold, B., Schlüter, O., Geyer, M., Ilte, K. 2006. A zöldség vágása során keletkező felület tulajdonságai. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő, Nr. 30. 2. 122-125.
- Borsa, B., Gillay, Z., Herppich, W. B., Schlüter, O., Geyer, M. 2007. Sárgarépaszelet mikrostruktúrájának geometriai tulajdonságai. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Nr.31. 2. kötet, 99-102.
- Fekete A., Olasz A. 2005. Gyümölcsfelület egyenetlenségének elemzése. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő. Nr. 29. 109-113.
- Fekete A. 2005. Kertészeti termények minőségi vonatkozásai. In: Sitkei Gy. 2005. A gyümölcs- és zöldségtermesztés műszaki vonatkozásai. MGI könyvek, FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet kiadványa. ISBN 963 611 436 6. 112-177.
- Fekete, A., A. Olasz. 2005. Optical method for fruit surface irregularity measurement. Annual International Meeting of ASAE, Tampa, Paper Number: 056193, <http://asae.frymulti.com>
- Fekete A., Nagy M., Kaszab T. 2007. Alma felületi jellemzőinek mérése. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő. Nr. 31. 79-83.
- Fekete, A., M. Nagy. 2007. Estimation of Fruit Mass Loss by Optical Method. Annual International Meeting of ASABE, Minneapolis, Paper No. 076010, <http://asae.frymulti.com>.
- Fekete, A. T. Kaszab. 2008. NIR Spectroscopy for Prediction of Variations in Apple Quality during Storage. Proceedings of Conference on Postharvest Unlimited 2008.
- Firtha F., Fekete A., Kaszab T., Takács P., Herold B., Herppich W., Borsa B., Kovács L. 2006. Sárgarépa száradásának elemzése hiperspektrális képfeldolgozással. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő. Nr. 30. 55-59.
- Firtha, F., A. Fekete, T. Kaszab, P. Takács, B. Herold, W. Herppich, B. Borsa, L. Kovács. 2006. Analysis of Carrot Drying by hyperspectral Imaging. Book of Abstracts of World Congress of CIGR-EurAgEng, Bonn, 699-700.
- Firtha, F. 2007. Development of Data Reduction Function for Hyperspectral Imaging. Progress in Agricultural Sciences, 3, 67-88.
- Herppich, W. B., B. Herold, O. Schlüter, K. Ilte, M. Geyer, B. Borsa, Z. Gillay. 2006. Beurteilung der mikrotopografischen Beschaffenheit von Schnittflächen. Landtechnik, 61, H. 5, 256-257.
- Kaszab T., Firtha F., Fekete A., Herold B., Herppich W., Zude M., Borsa B., Kovács L. 2007. Sárgarépa nedvességtartalmának becslése hiperspektrális képfeldolgozással. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő. Nr. 30. 84-88.
- Kaszab, T., F. Firtha, A. Fekete, B. Herold, W.B. Herppich, M. Zude, B. Borsa, L. Kovacs. 2007. Water Content Variations in Carrot Tissue by Hyperspectral Imaging. Annual International Meeting of ASABE, Minneapolis, Paper No. 076109, <http://asae.frymulti.com>
- Kaszab T., Firtha F., Fekete A. 2008. Sárgarépa minőségi jellemzőinek mérése mechanikai és NIR eljárásokkal. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadványa, Gödöllő. Nr. 31. (folyamatban)
- Quing, Z., M. Zude, B. Ji. 2006. Wavelength selection for sensing physico-chemical apple properties using NIRS feasible for automation. Book of Abstracts of World Congress of CIGR-EurAgEng, Bonn, 655-656.