



Élelmiszertudományi Kar

**ÉLELMISZERTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA
FIZIKA – AUTOMATIKA TANSZÉK**

**KAKAÓVAJ-EGYENÉRTÉKŰ NÖVÉNYI ZSÍROK ÉS A TÁROLÁSI
KÖRÜLMÉNYEK HATÁSA CSOKOLÁDÉ MODELLRENDSZEREK
REOLÓGIAI ÉS ÉRZÉKSZERVI JELLEMZŐIRE**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Biczó-Kabai Veronika

Budapest

2011

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter
egyetemi tanár, DSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Dr. Fekete András
egyetemi tanár, DSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar
Fizika – Automatika Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

A csokoládé előállításához – a szakmai jogi szabályozás szerint a lényegi összetevőket tekintve – legfeljebb 5%-ban alkalmazhatók meghatározott kakaóvaj-egyenértékű növényi zsírok. A kakaóvaj-ekvivalens növényi zsírok jelenléte befolyásolhatja a csokoládémassza folyási jellemzőit, hőállóképességét, keménységét, eltarthatóságát, felületi zsírkiválással szembeni ellenállóképességét és nem utolsósorban az érzékszervi tulajdonságait, kedveltségét. A tárolási körülmények – elsősorban a hőmérséklet – és a tárolási idő meghatározóak a csokoládétermék eltarthatósága szempontjából, amelyre az alternatív zsírok hatással lehetnek. Kutatásaimban a fenti témakörök elemzésén kívül a gyakorlatban jelenleg használt mérési módszerek mellett alternatív megoldások alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatával foglalkoztam.

A kakaóvaj-ekvivalensek alkalmazásának és a tárolási körülményeknek a csokoládé reológiai és érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatásait vizsgálva a következő feladatok megoldását tűztem ki célul:

Reológiai vizsgálatok

1. A rotációs reométer párhuzamos lap geometriájának alkalmazhatósága a csokoládémassza folyási jellemzőinek meghatározására
2. Az oszcillációs reométer használata a csokoládémasszák reológiai paramétereinek roncsolásmentes vizsgálatára
3. A kakaóvaj-ekvivalensek hatása a csokoládémassza reológiai tulajdonságaira
4. A csokoládé hőállóképességének leírása matematikai modellel
5. A szilárd csokoládé kakaóvaj-ekvivalensek okozta keménységváltozása
6. A temperáltsági fok, mint gyártástechnológiai paraméter keménységre gyakorolt befolyása

Tárolási vizsgálatok

7. A tárolási hőmérséklet-ingadozás és idő hatása a csokoládé keménységére
8. A felületi zsírkiválás megjelenése a tárolási körülmények függvényében

Érzékszervi vizsgálatok

9. A kakaóvaj-egyenértékű zsírok hatása a csokoládé kedveltségére és minőségszámára

Nagynyomású kezeléssel vizsgálatok

10. A csokoládémassza nagy hidrosztatikai nyomású kezelés következtében végbemenő kristályosodásának elemzése keménységvizsgálattal

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A vizsgált anyagok

A kísérletekhez tejport és egyéb tejszármazékot nem tartalmazó *étsokoládé-masszát és táblás étsokoládét* állítottam elő, amelyeket a továbbiakban az egyszerűség kedvéért csokoládémaszának és csokoládénak nevezek. A vizsgálatokban szereplő ötféle csokoládémassza közül a *CB-massza* nem tartalmaz kakaóvaj-egyenértékű zsírt. A *CBE I -*, *CBE II -*, *CBE III -* és *CBI - masszák* arányaikban kevesebb kakaóvaját, és a jogszabályoknak megfelelően a fő (lecitint és vanillint nem tekintve) összetevőkre számítva 5%-ban kakaóvaj-egyenértékű (CBE I, CBE II, CBE III) és kakaóvaj-javító (CBI) zsírokat tartalmaznak.

A csokoládémassza előállításához keverővel ellátott, vízfürdővel temperálható, duplafalú Stephan UMC 12 - típusú főzőkuttert használtam, amelynek hőmérséklete a két fal között cirkuláltatott vízzel szabályozható. Az egyes csokoládémasszák *előkristályosítását* (temperálását) AASTED - MIKROWERK AMK 10-típusú, folyamatos működésű temperáló berendezéssel végeztem. A temperált csokoládémasszát műanyag csokoládéformákba adagoltam, és 4°C-os hűtőkamrában helyeztem el.

A tárolási körülmények szilárd csokoládé textúrájára és érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatásának vizsgálatához a mintákat *nem szabályozott* körülmények között, *normál szobahőmérsékleten és légköri nyomáson*, egyazon épület *három szomszédos helyiségében* helyeztem el. A tárolási helyek kiválasztását az határozta meg, hogy a fogyasztók spontán, szabályozatlan, évszakok hőingadozásainak kitett tárolási szokásait szimuláljam. Ennek megfelelően választottam ki három, egymástól eltérő hőmérsékleti körülményt biztosító helyiséget.

1. **„déli oldal”** (extrém meleg): fűtött időszakban a hőmérsékletingadozás: 20-25°C, az átlaghőmérséklet 22°C, fűtetlen időszak hőmérsékletingadozása a minták közvetlen közelében: 20-60 °C, átlaghőmérséklete 28°C.
2. **„északi oldal”** (standard): fűtött időszakban a hőmérsékletingadozás: 18-20 °C, az átlaghőmérséklet 19°C, fűtetlen időszak hőmérsékletingadozása: 18°C-26°C, átlaghőmérséklete 21°C.
3. **„pince”** (extrém hűvös): fűtött időszakban a hőmérsékletingadozás: 12-14°C, az átlaghőmérséklet 13°C, fűtetlen időszak hőmérsékletingadozása: 14-19°C, átlaghőmérséklete 17°C.

Az irodalmi adatok szerint a jó minőségű csokoládé szemcsemérete 20-30µm közötti érték. A kísérleteim során előállított csokoládék grindométerrel és mikrométerrel mért szemcsemérete 45-46µm, mert a csokoládémasszák előállításának lépései közül hiányzik a finomaprítás művelete, amelyet a főzőkutter aprító funkciója csak részben képes ellátni. Ennek megfelelően a kísérletek

során előállított termékeket – ahogyan a dolgozat címe is tükrözi – csokoládé modellrendszereknek neveztem el, a munka során azonban az egyszerűsített „csokoládé” megnevezést használtam.

A vizsgálati módszerek

Rotációs reometria

A rotációs mérések elvégzéséhez *párhuzamos lap* geometriával működő *Rheometric Scientific SR-5000*-típusú reométert, egy *dinamikus nyíró reométert (dynamic stress rheometer, DSR)* és a hozzá tartozó *RSI Orchestrator* software-t használtam.

A mérőberendezésnél az alsó lapra (mérőrés) helyezük a mérendő mintát, amelyben a felső forgó lap a forgatónyomatékból eredően nyírófeszültséget ébreszt. A párhuzamos lap geometria esetében a massa nem egyenletes deformációnak van kitéve a lapok felületén, mert a nyírósebesség nő a rádiusszal. Az ebből származó mérési hiba korrekcióval kiküszöbölhető.

Oscillációs reometria

A *Stable Micro Systems (SMS) TA-XT2*-típusú *precíziós penetrométer (texture analyser)* néhány éve kifejlesztett mérőeszközével, az ún. *Annular Pumping Rig* berendezéssel végeztem a dinamikus reológiai méréseket. Az *Annular Pumping Rig* egy duplafalú, vízfürdővel temperálható, *hengeres, bordázott mintatartóból* és egy szintén *henger alakú, bordázott próbatestből* áll.

A műszer karjához rögzített *plasztik próbatest* a minta közepébe merítve kis amplitúdójú *oszcillációs rezgéseket, szinuszhullámokat* kelt, és a *texture analyser* karjában található *erőmérő cella* méri az anyagban ébredő *ellenállásból fakadó deformációs erőt*. A mérés során a *Texture Expert program* az eltelt idő függvényében rögzíti a *deformációhoz szükséges erőt*, és megkapjuk az anyagra jellemző *szinuszhullám-alakú ún. Sine Wave Test-et*. A vizsgálati paramétereiből *kereszt-korrelációval* meghatározható az erő, a kitérések és a *fáziskülönbség*, ezekből pedig az *alapvető reológiai jellemzők (viszkózus, elasztikus jelleg)* számíthatók.

Penetrometriás vizsgálatok

A *penetrometriás vizsgálatok* elvégzéséhez az *oszcillometriás méréseknél* is alkalmazott *Stable Micro Systems (SMS) TA-XT2*-típusú *precíziós penetrométer (texture analyser)* használtam. Mérőtestként a vizsgálat típusától függően egy *nemesacéltű* illetve egy *nemesacélhenger* szolgált.

A vizsgálat elve alapján *mérőműszer karjához rögzített mérőfej* behatol a mintába, és a *karba beépített mérőcella* segítségével méri a *deformáció során fellépő erőt, vagyis a deformációs erőt*. A mérés eredményeképpen *reogramokat* kapunk, amelyeket a *számítógép segítségével rögzíthetünk és kiértékelhetünk*. Ezek olyan *diagramok*, ahol a *behatolási mélység függvényében a deformációs erőt* ábrázoljuk. A *diagramok jellemző értékeinek* (pl. *maximális deformációs erő, látszólagos rugalmas-*

sági modulus) meghatározásával kaphatunk információt a vizsgált anyag szerkezetéről, keménységéről.

Érzékszervi vizsgálatok

Az érzékszervi vizsgálatokat a németországi Fachhochschule Fulda élelmiszertechnológiai szakán a csokoládék minősítésére kialakított panel alapján végeztem.

A *kedveltségi tesztek* elvégzésekor a csokoládémintákat egy bírálaton belül kellett analizálni (visszakóstolás megengedett), és a hedonikus skála osztályzatai alapján besorolni. A minták kaphattak azonos rangszámot.

A német *DLG vizsgálati módszer* szerint az adott minták meghatározott érzékszervi kategóriáit az 5-pontos skála kritériumai alapján pontozzuk. A kategóriák pontszámait a megadott faktorszámokkal megszorozzuk (súlyozzuk), az így kapott számokat összeadva és az összpontszámot a súlyzófaktorok összegével elosztva megkapjuk a minta minőségszámát.

A nagy hidrosztatikai nyomású kezelés

A csokoládéminták nagynyomású kezelését *STANSTED Mini Foodlab FBG 5620-típusú nagy hidrosztatikai nyomású berendezéssel* végeztem. A csokoládémintákat 50°C-on felolvasztottam, és műanyag mintatartó hengerekbe töltöttem. A mintákat 800 MPa nyomáson kezeltem 5 percen keresztül. A nagynyomás hatására bekövetkező kristályosodás vizsgálatára keménységi méréseket végeztem.

3. EREDMÉNYEK

Új tudományos eredmények

1. Matematikai paraméterekkel (regressziós együttható és regressziós állandó) jellemeztem a szilárd csokoládé modellrendszerek hőállóképességét 25°C és 30°C közötti hőmérséklettartományban.

A hőállóképesség meghatározásához különböző összetételű (csak kakaóvaját tartalmazó: CB-, és kakaóvaj-egyenértékű zsírokat tartalmazó: CBE- és CBI-) és eltérő ideig tárolt csokoládé modellrendszereken penetrometriás vizsgálatokat végeztem 2mm átmérőjű nemesacél hengerrel 4mm-es deformáció mellett. A kísérlet során felvettem a maximális deformációs erő változását a hőmérséklet függvényében, és a 25-30°C hőmérséklettartományban az adatpárookra regressziós egyenest illesztettem.

Matematikai statisztikai módszerekkel (korrelációanalízis, rezídum analízis, Durbin-Watson próba) 95%-os megbízhatósági szinten bizonyítottam, hogy mind az eltérő összetételű, mind az eltérő ideig tárolt szilárd csokoládé modellrendszerek esetében a *deformációs erő - hőmérséklet összefüggés a 25-30°C hőmérséklettartományban regressziós egyenessel jól közelelíthető*. Megállapítottam továbbá, hogy ebben a hőmérséklettartományban a deformációs erő és hőmérséklet összefüggések meredeksége (regressziós együttható) -2,7738 és -1,8261 és a tengelymetszete (regressziós állandó) $x=25^{\circ}\text{C}$ -on 11,52 és 16,94 között változott, amely paraméterek a hőállóképességet jellemzik.

- 2. Megállapítottam, hogy a nagy (akár 40°C-os) napi hőingadozásnak kitett szilárd csokoládé modellrendszerek maximális deformációs erővel meghatározott keménysége a 8 hónapig tartó, szabályozatlan körülmények között végzett tárolási folyamat során kétszeresére nő (spontán ciklotermikus kristályosodás).**

Statisztikailag alátámasztott vizsgálatokkal (egy- és kétféle variánsos varianciaanalízis, Dunnett-féle eljárás) 95%-os megbízhatósági szinten, penetrometriás módszerrel (nemesacéltű mérőfej és 2mm-es deformáció) igazoltam, hogy az *extrém meleg helyen* (déli oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 22°C és 28°C, hőmérséklettartomány: 20-60°C) *hosszú ideig tárolt csokoládé keménységében jelentős növekedés* figyelhető meg, amelyet *spontán ciklotermikus kristályosodásnak* tulajdonítottam. A hosszú ideig (8,9 11 és 12 hónapig) tartó, főként a nyári időszakban történő, nagy hőingadozásnak (akár 40°C) és napfény közvetlen hatásának kitett tárolás során megfigyeltem, hogy a csokoládé napi ciklusokban megolvad, majd spontán, szabályozatlan módon ismét kikristályosodik.

- 3. Igazoltam, hogy a kakaóvaj-ekvivalens CBE - zsírok 5%-ban való alkalmazása a csokoládé modellrendszerek keménységét nagy hőmérsékletű helyen 8 hónapig tárolva szignifikánsan csökkentette, kis hőmérsékletű helyen nem változtatta meg. A CBI - zsírok 5%-ban történő alkalmazása a csokoládé modellrendszerek keménységét nagy hőmérsékletű helyen 8 hónapig tárolva szignifikánsan nem változtatta meg, kis hőmérsékletű helyen tárolva szignifikánsan csökkentette.**

A csokoládé keménységét penetrometriás módszerrel (nemesacéltű mérőfej és 2mm-es deformáció) határoztam meg. Statisztikai vizsgálatokkal (egytényezős varianciaanalízis, Dunnett-féle eljárás, 95%-os megbízhatósági szint) alátámasztott eredményeim szerint a *CBE - zsírok 5%-ban történő alkalmazása a nagyobb hőmérsékletű helyen* (déli oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 22°C és 28°C, hőmérséklettartomány: 20-60°C) *tárolt csokoládé keménységét szignifikánsan csökkentette*. A *kisebb hőmérsékletű helyeken*

(északi oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 19°C és 21°C, hőmérséklet-tartomány: 18-26°C, pince: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 12°C és 17°C, hőmérséklettartomány: 12-19°C) tárolt *minták keménységét nem változtatta meg szignifikánsan.*

A CBI - zsír 5%-nyi alkalmazása a *melegebb körülmények között* (déli oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 22°C és 28°C, hőmérséklettartomány: 20-60°C) tárolt csokoládé *keménységét szignifikánsan nem változtatta.* Az ennél *hidegebb* (északi oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 19°C és 21°C, hőmérséklettartomány: 18-26°C) *helyeken* elhelyezett csokoládé *keménységét szignifikánsan csökkentette.*

- 4. *Megállapítottam, hogy 9 hónapos tárolást követően az alultemperált csokoládé modellrendszerek keménysége szignifikánsan (6%-kal) kisebb, a túltemperált csokoládé modellrendszerek keménysége szignifikánsan (6%-kal) nagyobb lett a normáltemperált minták keménységénél.***

Penetrometriás módszerrel (nemesacéltű mérőfej és 2mm-es deformáció) mértem és statisztikai próbák (egy- és kéttényezős varianciaanalízis, Dunnett-féle eljárás, 95%-os megbízhatósági szint) elvégzésével igazoltam, hogy 9 hónap tárolás után *az alultemperált minták puhábbá, a túltemperáltak keményebbé váltak a normáltemperált mintákhoz képest.*

Megállapítottam továbbá, hogy a temperáltság keménységre gyakorolt szerepét befolyásolja, milyen összetételű a temperálandó csokoládémassza, és ez a jelenség különösen az alultemperált csokoládémintáknál jelentkezik. *A CBE növényi zsírt 5%-ban tartalmazó alultemperált csokoládé szignifikánsan puhább, mint a kakaóvaj-ekvivalens növényi zsírt nem tartalmazó, standard alultemperált csokoládé.* Ennek oka, hogy a két csokoládéminta zsírösszetétele nem egyezik – a CB - csokoládé zsírfázisa kakaóvajból áll, míg a CBE - csokoládé 5%-ban kakaóvaj-ekvivalens zsírt tartalmaz, ez valószínűsíti, hogy a két minta azonos paraméterek mellett különbözőképpen kristályosodik.

- 5. *Az idegen növényi zsírt nem tartalmazó illetve kakaóvaj-ekvivalens zsírt 5%-ban tartalmazó csokoládé modellrendszerek kedveltségi mérőszámában és minőségszámában nincsen szignifikáns különbség az előállítást követő 6 hét, 4 hónap és 6 hónap tárolási idők után.***

Képzett bírálókkal érzékszervi vizsgálatokat (kedveltségi teszt és DLG vizsgálati módszer) végeztem, ezek eredményeit 95%-os megbízhatósági szinten statisztikai módszerekkel (Friedman próba, páronkénti szignifikáns differencia) elemeztem. Megállapítottam, hogy az idegen növényi zsírt a jogszabályok szerint megengedett mértékben tartalmazó csokoládé modellrendszerek és az idegen növényi zsírt nem tartalmazó, standard csokoládé modellrendszerek érzékszervi jellemzői között nincsen statisztikai biztonsággal érzékelhető kü-

lönbség, és ez a tény a tárolás során (északi oldal: átlaghőmérséklet a fűtetlen és fűtött időszakban: 19°C és 21°C, hőmérséklettartomány: 18-26°C) sem változik.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Következtetések

Reológiai vizsgálatok

1. A rotációs reométer *párhuzamos lap geometriája alkalmazható* a csokoládémassza folyási jellemzőinek (időfüggő átlagos viszkozitás, folyásgörbe, tixotrópia, viszkozitás hőmérsékletfüggése) meghatározására, a mérés *jól reprodukálható*.

A párhuzamos lapnak a gyakorlatban használt koaxiális cylinderrel szembeni *előnye a kis mintamennyiség-igény és az egyszerűbb, gyorsabb mintacsere*.

Nem volt e munka kifejezett célja a csokoládémassza-viszkozitás hőmérsékletfüggésének vizsgálata, azonban a csekély számú adatból jól látszik, hogy az Arrhenius-egyenletre emlékeztető *viszkozitás vs. 1/T* összefüggés jó közelítéssel lineáris. Ez összefüggésben áll a szakirodalom vonatkozó eredményeivel.

2. Az időfüggő, roncsolásmentes oszcillációs vizsgálatok paraméterei, a konstans modulusok és a konstans komplex viszkozitás, alkalmasak lehetnek a csokoládémassza struktúrájának reológiai jellemzésére a terhelő feszültség kis deformációt előidéző tartományában.

A csokoládémassza a viszkózus tulajdonság mellett elasztikus tulajdonsággal is rendelkezik, a *viszkózus jellegre utaló veszteségi modulus (G'')* mintegy kétszerese az *elasztikus tulajdonságra utaló tárolási modulusnak (G')*.

3. Konfidencia-intervallumbecslés igazolta, hogy a *CBE - és a CBI - masszák viszkozitásgörbéi* 5%-os tévedési valószínűség mellett *szignifikánsan különböznek* a standard, kakaóvaj-ekvivalens növényi zsírt nem tartalmazó *CB - massa viszkozitásgörbétől*.

A CBE - massa nyírósebesség-függő viszkozitása kisebb, a CBI - massa viszkozitása pedig nagyobb a CB - massa viszkozitásánál.

4. A csokoládéminták keménységét jellemző maximális *deformációs erő hőmérsékletfüggő változását* a 25-30°C-os hőmérséklettartományban 95%-os megbízhatósági szinten *lineáris regressziós összefüggés* írja le.

A szilárd csokoládék *hőállóképességének jellemzésére alkalmas* a 25-30°C-os hőmérséklettartományban az adott paraméterek (összetétel, tárolás, kísérleti elrendezés stb.) mellett

meghatározott hőmérséklet - deformációs erő méréspontjaira illesztett regressziós egyenes regressziós együtthatója és állandója.

5. Statisztikai módszerek igazolták, hogy a CBE - és CBI - zsírok 5%-ban való alkalmazása a csokoládé keménységét – a tárolási körülményektől és időtől függően – szignifikánsan megváltoztatja.
6. A temperáltsági fok, mint gyártástechnológiai paraméter szignifikáns hatással van a csokoládé keménységére, az alultemperált minták puhábbak, a túltemperáltak keményebbek a normáltemperált mintáknál. Továbbá az összetétel és a temperáltság egymással kölcsönhatásban befolyásolja a keménységet.

Tárolási vizsgálatok

7. A tárolási hőmérséklet ingadozása szignifikáns hatással van a csokoládé keménységére, az extrém nagy napi hőingadozásnak kitett minták a ciklotermikus előkristályosítás folyamatához hasonlóan a tárolási idő függvényében jelentős keménység-növekedést mutatnak.
8. A felületi zsírkiválás megjelenésében döntő szerepe van a tárolási hőmérséklet ingadozásának, az extrém meleg helyen tárolt minták zsírtartalma már 2 hónap tárolási időt követően megjelent a csokoládé felületén színváltozást okozva.
A csak kakaóvaját és az 5%-ban kakaóvaj-egyenértékű zsírt tartalmazó csokoládék felületi kiszürkülésében nem mutatkozott különbség.

Érzékszervi vizsgálatok

9. A szakmai szabályozás szerint engedélyezett növényi zsírok 5%-nyi jelenléte nem okoz szignifikáns változást a csokoládé kedveltségében és a pontozásos módon meghatározott minőségszámában, érzékszervi profiljában.

Nagynyomású kezeléssel vizsgálatok

10. A csokoládémasszán elvégzett nagy hidrosztatikai nyomással végzett kezelés nem reprodukálható, az azonos módon kezelt és megszilárdult csokoládéminták keménysége szignifikánsan eltér.

Javaslatok

- A párhuzamos lap mérőrendszer gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek megállapításához javasolom a mérések koaxiális mérőrendszerrel történő validálását.

- A csokoládémassza-viszkozitás hőmérsékletfüggésének vizsgálatát – állandó nyírósebesség mellett – kisléptékű hőmérséklet-emeléssel (1-2°C) célszerű elvégezni.
- Ha az oszcillációs reometria és a rotációs reometria mérési eredményei között statisztikailag igazolt, erős összefüggés állapítható meg, további vizsgálat tárgyát képezi annak lehetősége, hogy ez az összefüggés kiterjeszhető-e a nagy deformációk tartományára.
- Javasolom a csokoládé hőállóképességének szélesebb hőmérséklet-tartományban történő meghatározásához a deformációs erő - hőmérséklet függvény pontjait 25°C alatti hőmérsékleti értékeken meghatározni.
- A keménység időbeni változásának a tárolási hőmérséklet függvényében történő statisztikai elemzésekkel történő vizsgálatát nem végeztem, ez szabályozott körülmények között, állandó hőmérsékleten végrehajtott tárolási tesztekkel kivitelezhető.
- A különböző összetételű csokoládéminták érzékszervi jellemzőinek összehasonlításáról újabb információk különbségtesztek elvégzésével nyerhetők.
- A zsírkiválás mértékének a csokoládé felületéhez viszonyított százalékos arányát digitális képfeldolgozás segítségével javasolom számszerűsíteni.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ FŐBB PUBLIKÁCIÓK

Folyóiratcikkek

IF-es folyóiratcikk

Biczó-Kabai V., Fekete A., Scherer, R. (2011): Influence of composition and storage conditions on chocolate hardness and heat resistance. *Acta Alimentaria* (közlésre elfogadva)

NEM IF-es folyóiratcikk, idegen nyelv

Biczó V., Scherer R., Schaefer R., Fekete A. (2005): Kakaobutteräquivalente (CBEs) in der praktischen Anwendung. *Getreidetechnologie*, 59 (2) 114-118. p.

NEM IF-es folyóiratcikk, magyar

Biczó V. (2003): A csokoládé tulajdonságai és mérési módszerei. *Édesipar*, XLIX (3) 2-8. p.

Biczó V. (2003): A csokoládészelet keménysége. *Édesipar*, XLIX (4) 1-5. p.

Konferencia kiadványok

Magyar nyelvű (teljes)

Biczó V. (2004): Édes kísértés – A csokoládé. Pro Scientia Aranyérmesek VII. konferenciája, Gödöllő 159-162. p.

Nemzetközi konferencia (teljes)

Biczó V., Scherer R., Fekete A. (2005): Measurement methods for the viscosity of chocolate mass. *Proceedings of Research and Teaching of Physics in the Context of University Education*, Nitra, Slovak Republic, ISBN: 80-8069-528-8, 198-201. p.

Biczó V., Fekete A., Scherer R., Schaefer R. (2006): Rheological properties of chocolate mass measured by different methods. *ASABE Annual International Meeting*, Portland, Oregon, Paper No: 066108 1-11. p.

Magyar nyelvű (összefoglaló)

Biczó V. (2003): A csokoládé mérési módszerei. Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest 216. p.

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

Biczó V., Scherer R., Schaefer R., Fekete A. (2004): A new measurement method for the viscosity of chocolate: Annual pumping rig., *The 6th International Conference on Food Physics and Dairy Sciences*, Pécs Hungary 61-62. p.

Biczó V., Scherer R., Schäfer R., Fekete A. (2004): Kakaobutteräquivalente (CBEs) in der praktischen Anwendung. *55. Tagung für Bäckerei-Technologie mit „Konditorei-Technologie“*, Detmold, Deutschland 14-15. p.