



Szakdolgozat

Mezei Krisztina
2022.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

Csokoládé reológiai vizsgálata

Mezei Krisztina

Budapest

2022

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki

Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy

Szakedolgozat készítés helye: Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék

Hallgató: Mezei Krisztina

A szakedolgozat címe: Csokoládé reológiai vizsgálata

Konzulens: Dr. Soós Anita

Beadás dátuma: 2022.11.02.



szakedolgozat készítés helyének vezetője

(Badakné dr. Kerti Katalin)



konzulens

(Dr. Kaszab Tímea)



konzulens

(Dr. Soós Anita)



Badakné dr. Kerti Katalin

Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Célkitűzés	2
3. Irodalmi áttekintés	3
3.1. Csokoládétípusok és összetételük	3
3.2. Csokoládégyártás technológiája	4
3.2.1. Keverés	4
3.2.2. Finomítás	5
3.2.3. Konsolás	6
3.2.4. Temperálás	7
3.3. A csokoládé reológiája	11
4. Anyagok és módszerek	17
4.1. Felhasznált anyagok	17
4.2. Mintaelőkészítés	17
4.3. Mérési módszerek	18
4.4. Kiértékelési módszerek	20
5. Eredmények és értékelésük	22
5.1. A szilárd csokoládé állományjellemzői	22
5.1.1. Vágási teszt	22
5.1.2. Szűrési teszt	23
5.1.3. ANOVA eredmények a szilárd csokoládénál vizsgált paraméterekre	25
5.2. A csokoládémassza folyási jellemzői	26
5.2.1. Rotációs mérések	26
5.2.2. ANOVA eredmények a rotációs mérésnél vizsgált paraméterekre	31
6. Összefoglalás	34
7. Melléklet	36
8. Felhasznált irodalom	38
Köszönetnyilvánítás	41

1. Bevezetés

A csokoládé olyan többfázisú kolloid rendszer, amelyben a diszperziós közeg a kakaóvaj és ebben vannak elosztatva a szilárd részecskék. A szilárd részecskék között fellelhető a cukor, a zsírmentes kakaószárazanyag, valamint a tej szárazanyag. A különböző csokoládékra (éticsokoládé, tejsokoládé, fehér csokoládé) eltérő összetétel jellemző. A különböző összetételek következtében pedig más-más reológiai és mikrostrukturális tulajdonságokat figyelhetünk meg. Azonban egy típuson belül is észrevehetőek különbségek az összetételtől függően.

A reológia a deformációkkal, a deformációk és az őket kiváltó erők kapcsolatrendszerével, illetve ezek idő-, hőmérséklet- és nyomásfüggésével foglalkozik. A szilárdságtani tulajdonságokat, a termékek szerkezetét és a feldolgozás következtében kialakuló változásokat jellemzi, ezzel utalva a termék minőségére.

Az olvadt csokoládé nem-Newtoni folyadékként viselkedik, amelyet folyási feszültséggel és plasztikus viszkozitással lehet jellemezni. Sok tényező befolyásolja a csokoládé reológiai tulajdonságait. Leginkább a szemcseméret és az összetétel, a kakaóvaj mennyisége felelős ezekért a tulajdonságokért. Az összetételen kívül a kakaóvaj kristályosodása is befolyásoló tényező a termék minőségére nézve. A rosszul kristályosodott csokoládé kakaóvajszürkülést okoz és szürkés színű felület jellemzi az ilyen csokoládékat.

A reológiai tulajdonságoknak azért van nagy jelentősége, mert ezek meghatározzák az előállítási folyamatok hatékonyságát. Ezenkívül rendkívül fontos az áramlási tulajdonságok ismerete a megfelelő állagú és megjelenésű végtermék elérése érdekében.

A csokoládégyártás legfontosabb lépései a keverés, a finomítás, a konsolás és a temperálás. Mindegyik lépést helyesen kell végrehajtani a megfelelő minőségű termékek előállításának érdekében. A későbbiekben ezeket a lépéseket is részletesen kifejtem.

Számos tanulmány, kutatás készült már a csokoládé reológiájának vizsgálatáról. Szakdolgozatomban én az eltérő kakaótartalom okozta reológiai változásokat vizsgáltam. Továbbá megfigyeltem a pasztillák és temperált minták reológiai tulajdonságai közötti eltéréseket.

2. Célkitűzés

Munkám során célom volt:

- három, különböző kakaótartalommal rendelkező tejcsokoládé reológiai tulajdonságainak összehasonlítása, illetve a pasztillák és a temperált csokoládé minták jellemzőinek összehasonlítása
- állományvizsgálat elvégzése szűrési teszt, illetve vágási teszt segítségével a pasztillákon és a temperált csokoládé mintákon egyaránt, és a szilárd csokoládéminták három paraméterének összehasonlítása (munka, meredekség és maximális erő)
- pasztillák és temperált kockák masszáinak folyásgörbéinek felvétele különböző hőmérsékleteken, majd ezek összevetése
- masszákra jellemző látszólagos viszkozitás, dinamikai viszkozitás és dinamikai viszkozitás változás értékek közötti különbségek megfigyelése
- az egyes csoportok közötti esetleges szignifikáns különbségek meghatározása mind az állományvizsgálat, mind a reometriás mérés eredményeire nézve.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Csokoládétípusok és összetételük

Három fő csokoládétípust különböztetünk meg. Ezek a tejszokoládé, étcsokoládé, illetve a fehércsokoládé. Összetételükben jelentős különbségek figyelhetők meg a kakaó szárazanyag, tejszír és kakaóvaj tekintetében, így a végső termékek különböző szénhidrát-, zsír-, és fehérjeösszetétellel rendelkeznek (Ostrowska-Ligeza, et al., 2019).

A Magyar Élelmiszerkönyv más élelmiszerekhez hasonlóan, pontos leírást, meghatározást tartalmaz a különböző csokoládékkal kapcsolatban. Ez alapján az étcsokoládé olyan termék, amely kakaótermékekből és cukrokból készül, legalább 35% összes kakaó szárazanyagot tartalmaz, és ebből legalább 18% a kakaóvaj és legalább 14% a zsírmentes kakaó szárazanyag (Élelmiszerkönyv, 2009).

A tejszokoládé olyan termék, amely kakaótermékekből, cukrokból és tejből vagy tejtermékekből áll, és amely:

- tartalmaz legalább 25% összes kakaós szárazanyagot;
- legalább 14% tej szárazanyagot, amely lehet részben vagy teljesen dehidratált teljes tej, félig vagy teljesen főlözött tej, tejszín vagy részben, vagy teljesen dehidratált tejszín, vaj vagy tejszír;
- legalább 2,5% zsírmentes kakaó szárazanyagot;
- legalább 3,5% tejszírt; legalább 25% összes zsírt (kakaóvaját és tejszínt) (Élelmiszerkönyv, 2009).

A fehér csokoládé olyan termék, amely kakaóvajból, tejből vagy tejtermékekből és cukrokból készül, és amely legalább 20% kakaóvaját és legalább 14% tej szárazanyagot tartalmaz, amely lehet részben vagy teljesen dehidratált teljes tej, félig vagy teljesen főlözött tej, tejszín vagy részben, vagy teljesen dehidratált tejszín, vaj vagy tejszír, és amelyben a tejszír legalább 3,5% (Élelmiszerkönyv, 2009)

2017-ben jelent meg a piacon a Ruby csokoládé, azonban ez még nem terjedt el igazán a fogyasztók körében. A Barry Callebaut vállalat alkotta meg ezt az új csokoládétípust. A Ruby elnevezésű kakaóbabból állítják elő, különleges szín és gyümölcsös íz jellemzi, hozzáadott színezék és aromák használata nélkül készül. Ezt a kakaóbabot jelenleg Elefántcsontparton, Ecuadorban és Brazíliában termesztik. Egészen magas, 47,3% kakaótartalmú csokoládéről van szó.

Összefoglalva a tejsokoládé kakaóból, cukrokból, kakaóvajból, tej szárazanyagból áll. Az étcsokoládét főleg kakaó, kakaóvaj és cukrok alkotják. A fehér csokoládé meglehetősen eltérő összetétellel rendelkezik a többihez képest, hiszen nem tartalmaz kakaót, csak kakaóvaját, cukrokat, illetve tej szárazanyagot. Zsírok tekintetében a kakaóvaj az egyetlen állandó a zsírfázisban a csokoládétípustól függetlenül. Étcsokoládék esetében pedig ez az egyetlen jelenlévő zsír (Talbot, 2012). A csokoládé tartalmaz a kakaóból származó flavonoidokat is (például katechin), amelynek antioxidáns hatása miatt van jelentősége (Devos, et al., 2021). Mivel a fehér csokoládé nem tartalmaz kakaót, emiatt ebből hiányoznak ezek az anyagok. Mindemellett emulgeálószeret, mint például szójalecitint is felhasználnak a gyártás során. Illetve előfordul, hogy a kakaóvajtól eltérő zsíradékokat is hozzáadnak a csokoládéhoz. A szójalecitin a csokoládé reológiájának szabályozására használható, ugyanis hozzáadása következtében lágyabb lesz a csokoládé. Alkalmazásuk költségmegtakarítás miatt kedvező, hiszen ez egy sokkal olcsóbb megoldás, mint a kakaóvaj mennyiségének növelése. Amennyiben a lecitin szintje meghaladja a 0,3-0,5%-ot, a csokoládé besűrűsödik, ezért nem ajánlott elérni ezt a mennyiséget (Karnjanolarn & McCarthy, 2006).

3.2. Csokoládégyártás technológiája

A csokoládé jellegzetes ízének kialakítása több feldolgozási lépésen keresztül történik. A csokoládé készítésének lépései a következők: keverés, finomítás, konsolás, és temperálás. Az egyes műveletek helyes végrehajtása fontos szerepet játszik a megfelelő minőségű termékek előállításában. A konsolási hőmérséklet, a részecskeméret-eloszlás, a zsírtartalom, az emulgeálószer típusa, valamint a temperálási körülmények meghatározzák a kész termékek keverésének, szivattyúzásának és szállításának hatékonyságát a feldolgozás során (Goncalves & Lannes, 2010); (Quinones-Munoz, et al., 2011).

3.2.1. Keverés

Az összetevők sűrű pasztává keverése alapvető művelet a csokoládégyártásban. Megvalósítható szakaszos vagy folyamatos keverőkkel. Az összetevők, amelyeket összekevernek a cukor, kakaóvaj, tejzsír, kakaó likőr, valamint tejpor. A szakaszos technológia során ezeket az alapanyagokat alaposan összekeverik 12-15 percig 40-50 °C hőmérsékleten. A folyamatos keverés esetében automata dagasztógépeket alkalmaznak. A cél mindkét esetben egy homogén szuszpenzió előállítása. A szakaszos berendezések lehetnek melanzsörök vagy Z-karú begyűrők, míg a folyamatos keverést automata

begyúrógépekkel valósítják meg, melyhez a hozzávalókat tartályokból táplálják a begyúró berendezésbe. Fontos, hogy a tartályban tárolt hozzávalók tárolási körülményei megfelelőek legyenek, a tejpor és porcukor esetén a páratartalomra, a kakaómasszánál a megfelelő aprítottságra és hőmérsékletre, míg a kakaóvajnál a hőmérsékletre kell a legjobban figyelni. A kakaóvaj esetében ráadásul az adagolás pontosságát meghatározza a folyadék viszkozitása. A kakaóvaj hányadának növelése ráadásul szilárdabbá teszi a csokoládét (Mohos, 1993; Afoakwa, 2010).

3.2.2. Finomítás

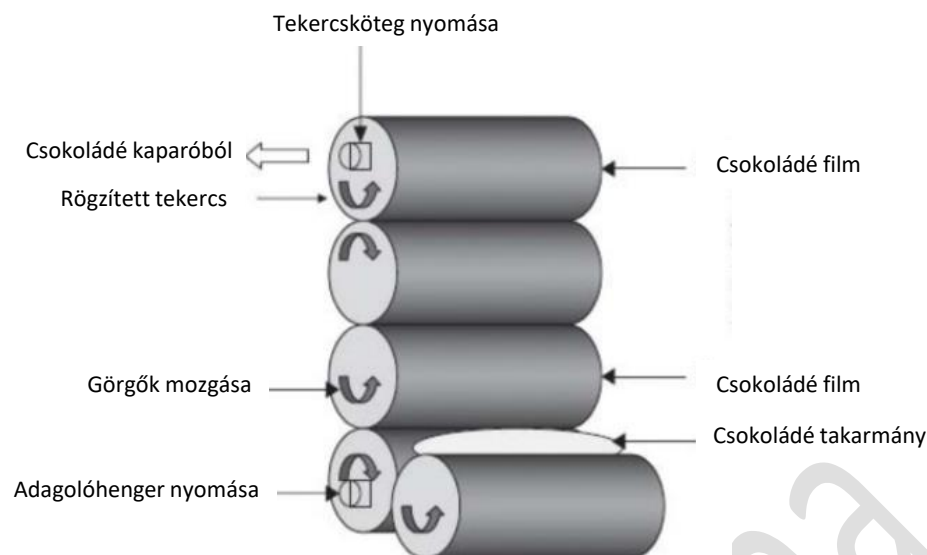
A finomítási folyamat nagyon fontos a sima textúra előállításához. Az előző műveletben kapott keveréket 8-24%-os zsírtartalommal 30 µm-nél kisebb szemcseméretűre finomítják. Ennek a megvalósítása általában két- és öthengeres finomítók kombinációjával történik (Beckett, 2000; Afoakwa et al., 2007). A szemcseméret a reológiai és érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatása miatt nagyon fontos szerepet tölt be, ugyanis finomaprításkor a kakaómassza, a porcukor és a tejkészítmény egyaránt továbbaprítódik (Mohos, 1993).

Az öthengeres finomító (1. ábra) négy függőlegesen elhelyezett, üreges hengerből épül fel. A hőmérsékletet belső vízáramlással szabályozzák, hidraulikus nyomás tartja össze (Glicerina et al., 2014). Az egyre gyorsabb görgők vonzanak egy vékony csokoládéréteget, felfele halad a finomítóban, majd egy késpenge eltávolítja.

A görgős nyírás a szilárd részecskéket széttöri és az új felületeket lipiddel vonja be, ezért ezek aktívvá válnak, felszívja a kakaó komponensek illékony ízanyagait.

A finomítóknak nem csak a részecskeméret csökkentésében és az agglomerátum lebomlásában van szerepük, hanem a részecskék eloszlásában is a folyamatos fázisban (Afoakwa, 2010).

A keveréstől a finomításig szignifikánsan emelkednek a reológiai, a texturális és a termikus paraméterek. Ezt a szemcseméret csökkenéssel lehet magyarázni. Ezek után, a konszolási és a temperálási fázisokban a zsír és a lecitin hozzáadásával ezeknek az értékeknek a csökkenése figyelhető meg (Glicerina et al., 2013).



1. ábra Öthengeres finomító (Afoakwa, 2010 nyomán)

3.2.3. Konsolás

A konsolás az ömlesztett csokoládégyártás végpontjának, végső műveletének tekinthető. Ez a művelet hozzájárul a viszkozitás, az állag, illetve az íz kialakulásához egyaránt (Toker et al., 2019). Ennél a folyamatnál a csokoládét néhány órán át keverik több mint 50°C-os hőmérsékleten. Kezdetben csökken a nedvességtartalom, és a kakaó komponensekben lévő illékony savakat eltávolítják, majd elősegíti a folyamatos és a diszpergált fázis közti kölcsönhatásokat. A csökkentett nedvességtartalom kedvező a reológiai tulajdonságoknak és az eltarthatóságnak. A csökkentő víztartalom hatására a távozó vízgőzzel együtt egyes illósavak, mint ecetsav, propionsav is távoznak. A folyamat során kialakul a csokoládéra jellemző aroma, amit a polifenol típusú vegyületek átalakulása okoz a hosszantartó, magas hőmérsékletű keverés miatt. A homogenitás kialakítása miatt is igazán fontos lépés a konsolás (Mattia et al., 2014). A folyamat nem csak a csokoládé ízét változtatja meg, hanem azt is, hogyan olvad a szájban. Beckett (2008) szerint a konsolás meghatározza a folyékony csokoládé végső viszkozitását. Két különböző folyamat megy végbe a konsolási folyamaton belül. A fermentáció és a pörkölés által keletkeznek a szükséges ízkomponensek a megfelelő íz eléréséhez. Azonban kedvezőtlen anyagok is képződnek, amelyeket el kell távolítani. Az íz kialakításon kívül szabadon áramló folyadékká történő átalakítás megy végbe, amely aztán felhasználható a végtermékek előállításához. A konsolás vége előtt még hozzáadják a maradék kakaóvaját és az emulgeálószer, a lecitint (Sipos, 2015).

A Frisse kons egy gyakran alkalmazott berendezés a csokoládéiparban. Egy nagy tartályból és három egymásba kapcsolódó keverőlapátból áll a berendezés (2.ábra). A keverőlapátok nyíró- és keverőhatással rendelkeznek (Beckett, 2008; Afoakwa, 2010).



2.ábra: Frisse kons (Afoakwa, 2010)

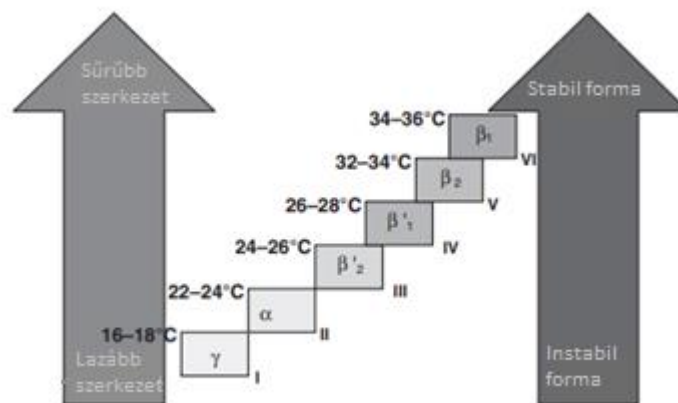
A különböző csokoládék konsolási eljárásában bizonyos különbségek fedezhetők fel. Nem csak a hőmérséklet alacsonyabb a tejsokoládé esetében az étcsokoládéhoz képest, hanem a konsolás ideje is jelentősen rövidebb. Tejsokoládé konsolása legfeljebb 60 °C hőmérsékleten megy végbe 16-24 órán keresztül, étcsokoládé esetében általában 70 °C az alkalmazott hőmérséklet, de 90°C-ig elfogadható a hőmérséklet. Az alkalmazott idő-hőmérséklet kombináció meghatározza a viszkozitást, a végső textúrát és az ízt egyaránt (Mattia, et al., 2014). Nagyon figyelni kell, hogy ne emelkedjen a hőmérséklet túl magasra. Ennek az az oka, hogy a cukrok és a tejfehérjék között reakciók mennének végbe és ez nemkívánatos illat- és ízváltozásokat okozna.

A csokoládé flavonoidokban gazdag élelmiszer, amelyek összefüggésben vannak az egészséges és az érzékszervi tulajdonságokkal. A legnagyobb mennyiségben előforduló flavonoidok az epikatechin és a katechin. Azt, hogy ezeknek a mennyisége hogyan változik a különféle konsolási eljárások hatására már megvizsgálták (Mattia, et al., 2014). Munkájukban a rövid idejű és a hosszú idejű konsolás összehasonlításával megállapították, hogy a hosszú idejű konsolás nagyobb antioxidáns aktivitást eredményez.

3.2.4. Temperálás

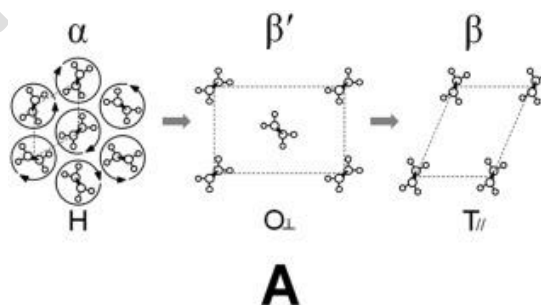
A temperálási folyamatnak az optimális kristályszerkezet elérése miatt van rendkívül fontos szerepe. A temperálást másnéven előkristályosításnak szokták nevezni (Afoakwa, et al., 2008). A kakaóvaj legstabilabb szilárd formájának előállítására használják. Tehát a temperálás célja, hogy a sokféle kristálmódosulat (α , IV- β , V- β

módosulat) közül a stabil V- β -módosulatot érjük el. Erre általában 28 °C hőmérsékletet alkalmaznak, de tejcsokoládé esetében ennél a folyamatnál is egy kicsit alacsonyabb hőmérséklet alkalmazott (Sipos, 2015).



3.ábra: Hőmérséklet regimes és a kakaóvaj hat polimorf formájának stabilitása (Afoakwa, 2010)

A kakaóvaj tehát többféleképpen kristályosodhat és a zsírsavösszetétel befolyással van a folyékony zsír megszilárdulására. A trigliceridek által alkotott három fő polimorf forma az α , β és β' , a molekuláris szerveződés, a sűrűség, a stabilitás és a kristálméret növekvő sorrendjében. Az α formát hatszögletű elrendezés jellemzi, ahol minden TAG molekulának hat szomszédja van, amelyek a hosszú tengelyük mentén foroghatnak. A β' forma esetén a TAG-ok egymásnak merőlegesen helyezkednek el, a forma ortorombikus. A β formában párhuzamosan helyezkednek el a TAG-ok, az alcella triklinikus (Tran & Rousseau, 2016).

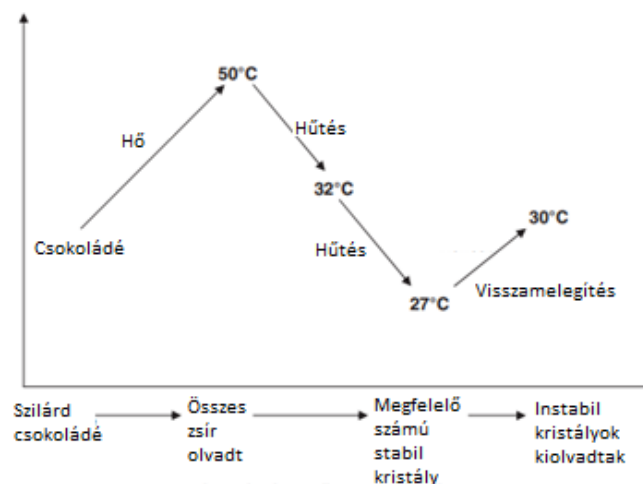


4.ábra: Gyakori polimorf formák (Tran & Rousseau, 2016)

Egészen pontosan hat polimorf formája van a kakaóvajnak (I-VI). A hat polimorf forma közül a V és a VI formák a legstabilabbak. Annak ellenére, hogy a VI forma a legstabilabb inkább az V forma az előnyösebb, hiszen az előbbinek magas olvadási hőmérséklete van

és a csokoládénak egy nem kívánatos homokos textúrát ad (Devos, et al., 2021). A hőmérséklet és a keverési sebesség is hozzájárul a megfelelő polimorf forma kialakulásához (Tran, Ghosh, Rousseau, 2014). A VI formát nehéz előállítani, de a temperált csokoládé hosszantartó tárolása alatt ki tud alakulni a kakaóvaj szürkülés kíséretében. A 3. ábrán látható az egyes polimorf formák olvadási tartománya. Jól látszik, hogy az I-től a VI-ig haladva, hogyan emelkedik ez az érték (Afoakwa, 2010). Az I. forma nagyon instabil, gyorsan átalakul II. formába. Ez utóbbi viszont már jelentősen lassabban alakul át III., illetve IV. formába (Beckett, 2008).

Nagyon fontos, hogy megfelelően menjen végbe ez az temperálás, hiszen a termék minőségét jelentősen befolyásolja. A jól temperált csokoládé egyenletes színű, fényes, jobb a hőtűrése, ellenáll a kakaóvaj szürkülésnek és a zsírmigrációval szemben is ellenálló. A nem megfelelő temperálás eredménye rágós, nem esztétikus, szemcsés csokoládé. A túlzott mértékű temperálás hatására növekedés figyelhető meg a keménységben, a ragadóságban, a termék felülete pedig sötétebb, kevésbé fényes lesz. Az alultemperálás kakaóvaj szürkülést eredményez, amelynek következményei az állagban és a színben megfigyelhető minőségi hibák, a fehéredés (Afoakwa, et al., 2008).



5.ábra: Temperálási folyamat (Afoakwa, 2010)

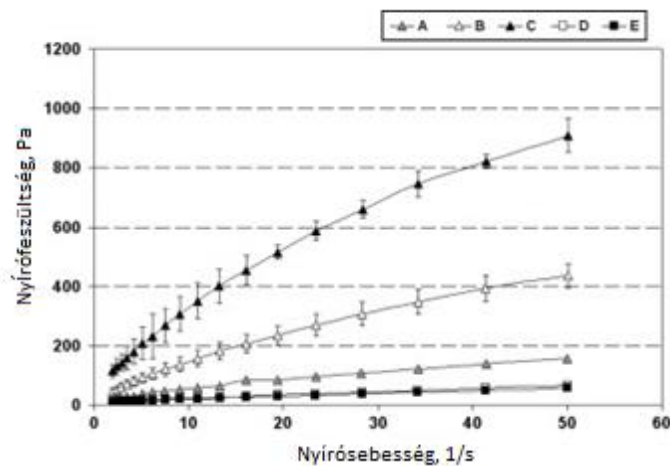
Temperálás során a csokoládé szabályozott olvasztása és hűtése megy végbe (5.ábra). A csokoládé megolvasztásával kezdődik a folyamat (45-50°C), majd lehűtik (28-29°C) azért, hogy kialakuljanak az V. formájú kristályok. Ezt követően kis mértékben újra melegítik (30-32°C). Ez az újramelegítés azért kell, hogy az alacsonyabb olvadáspontú polimorfok kristályai kiolvadjanak (Briggs & Wang , 2004). A tökéletes temperáláshoz a hőmérséklet gondos szabályozása szükséges, mert az egyes polimorf formáknak más-más

olvadáspontja van. A nem tökéletes temperálási hőmérséklet a csokoládé felületi szürkülését eredményezheti. A hőmérséklet szabályozásán kívül még a jól meghatározott nyírás is fontos tényező a temperálási eljárásban.

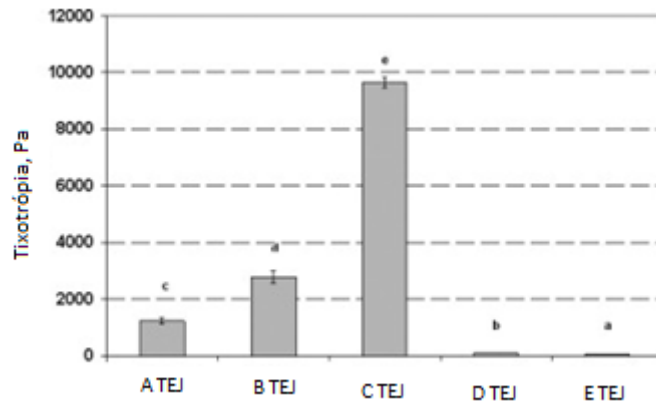
A temperálógépek egyfajta hőcserélők, amelyek fűtik és hűtik a rajta áthaladó csokoládét. Kézi temperálás is alkalmazható, de ezt leginkább a kisüzemi gyártás esetén szokták alkalmazni. Ennek végrehajtása egy márványasztalon történik, amelynek különböző részei más-más hőmérsékletűek. Egy hűvösebb helyre öntik először a csokoládét és itt jól összekeverik. Ennek hatására elkezdődik a kristályosodás, aztán egy melegebb területen az instabilabb formák megolvasztása megy végbe.

A temperálás után még a formázás következik, amely rázóasztalon megy végbe. Ennek eredményeképp teljesen kitölti a formát a csokoládémassza, valamint a belsejében jelenlévő légbuborékok távoznak. A formázott csokoládét lehűtik, majd ezután csomagolják (Sipos, 2015).

A keveréstől a finomítási lépésig részecskeméret csökkenése figyelhető meg és a reológiai paraméterek növekedése. A konsolásból és a temperálásból nyert mintákat jellemzik a legalacsonyabb reológiai paraméterek. Ennek magyarázata a szerkezeti aggregáció változása lehet. A 6.-7. diagramokon látható, hogy milyen változások mentek végbe tejszokoládé viszkozitásában az egyes lépések hatására a feldolgozás alatt (Glicerina, et al., 2014).



6.ábra: Tejszokoládé minták látszólagos viszkozitásának változása keverés, előfinomítás, finomítás, konsolás és temperálás során (Glicerina, et al., 2014)



7.ábra: Tejcsokoládé minták tixotropiájának változása keverés, előfinomítás, finomítás, konsolás és temperálás során (Glicerina , et al., 2014)

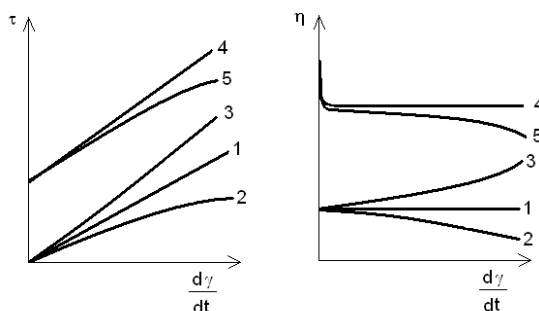
3.3. A csokoládé reológiája

A reológia a deformációkkal (alakváltozásokkal), a deformációk és az őket kiváltó erők (feszültségek) kapcsolatrendszerével, valamint ezek idő-, hőmérséklet- és nyomásfüggésével foglalkozó terület. Az anyagok szilárdságtani tulajdonságait, a termékek szerkezetét vizsgálja és a feldolgozás következtében kialakuló változásokat jellemzi, ezzel utalva az anyagok minőségére (Biczó-Kabai , 2011).

A gyártás teljes időtartama alatt elengedhetetlen a csokoládé reológiai jellemzőinek ismerete. Az olvadt csokoládé nem-Newtoni viselkedést mutat, amelyet folyási feszültséggel és plasztikus viszkozitással lehet jellemezni (Goncalves & Lannes, 2010; Graef et al., 2011) Az előbbi azzal az energiával van kapcsolatban, amely az áramlás elindításához szükséges, míg az utóbbi az áramlás fenntartásához szükséges energiával van kapcsolatban. A folyási tulajdonságokat befolyásolják az egyes feldolgozási műveletek, valamint az összetételnek (zsír, emulgeálószer mennyisége, típusa, részecske méreteloszlás) is van hatása rájuk (Fernandes et al., 2012; Glicerina et al., 2014). Ezek a jellemzők befolyásolják az előállítási szakaszok hatékonyságát és a bevonatolás, héjképzés, formázás lépéseit egyaránt. A hőmérséklet emelkedése és a nyíróerő növelése is a viszkozitás csökkenését eredményezi.

Nagyon magas nyírási sebességgel a szuszpenzió sűrűsödni kezdhet. Amikor a szilárdanyag térfogathányada 0,4-re nő, a szilárd részecskék közötti kölcsönhatások befolyásolhatják a reológiai viselkedést. Nem-newtoni, időtől független viszkózus viselkedés figyelhető meg ilyenkor. Ilyen a pszeudoplasztikus, a dilatáns és valódi, valamint a Bingham viselkedés (Sira , 2015).

A Newtoni folyadékoknak állandó viszkozitásuk van. Ezzel szemben a nem-Newtoni folyadékok változó viszkozitással rendelkeznek, ezek nem követik Newton-féle viszkozitás törvényt. A Newtoni folyadékokban nulla nyírósebességet figyelhetünk meg nulla nyírófeszültség mellett, tehát a nyírási sebesség egyenesen arányos a nyírófeszültséggel. A nem-Newtoni folyadékoknál azonban változó kapcsolat figyelhető meg a nyírási sebesség és a nyírófeszültség között (Internet, 2019). A viszkozitás változik a hőmérséklet, nyírófeszültség és a sebességgradiens hatására is. Pszeudoplasztikus folyadékoknál a viszkozitás csökken a nyírási sebesség növekedésének hatására. Dilatáns folyadékok esetén az ellenkezője történik, a viszkozitás növekszik a nyírási sebesség növekedésével (Cherizol , et al., 2015). Nyugalomban lévő Bingham-folyadékokban nyírófeszültség keletkezik. A küszöbérték felett lineáris kapcsolat van a nyírási sebesség és a csúsztató feszültség között. A 8. ábrán a különböző típusú anyagok folyásgörbéit és viszkozitásgörbéit látjuk a nyírási sebesség függvényében, ahol az anyagok: 1 – newtoni; 2 – pszeudoplasztikus; 3 – dilatáló; 4 – Bingham plasztikus (folyáshatárral); 5 – pszeudoplasztikus folyáshatárral.

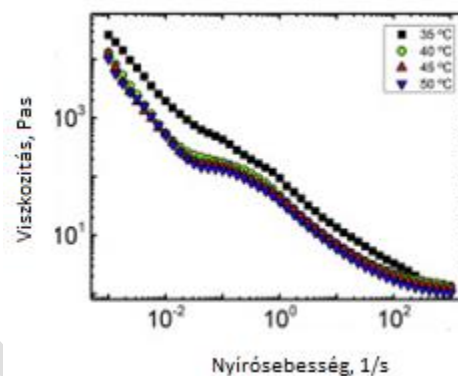


8. ábra Időfüggetlen anyagok folyásgörbéje (τ) és viszkozitásgörbéje (η) (Figura & Teixeira, 2007)

A reológiai tulajdonságok vizsgálatára több műszer is alkalmas: kapilláris-, esősúlyos-, rotációs viszkoziméterek, oszcillációs reométerek (pl. viszkoelasztikus tulajdonságok vizsgálatára) és penetrométerek.

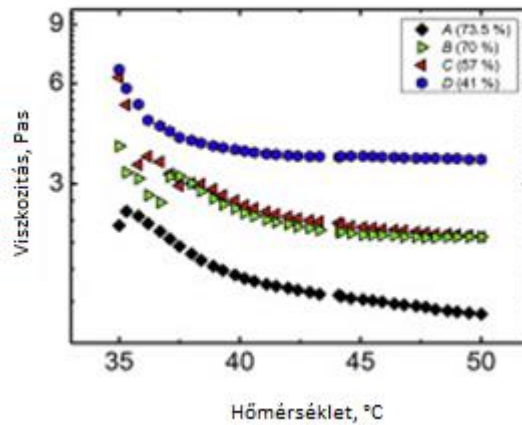
A szemcsméret-eloszlás nagy mértékben befolyásolja a reológiai tulajdonságokat, amelyek közvetlen hatással vannak az érzékszervi jellemzőkre. Legfeljebb 30 μm nagyságú szemcseméret ajánlott, különben a csokoládé durvának, szemcsésnek érződik a szájban (Afoakwa , et al., 2007). A részecskeméret nem csak a viszkozitást, hanem a textúrát is befolyásolja, így a kisebb részecskeméret krémesebb ízt és állagot ad a terméknek, javítja az érzékszervi tulajdonságokat.

Egy tanulmányban részletes reológiai vizsgálatot végeztek négy kereskedelmi forgalomban lévő csokoládémintán, amelyek hasonló szilárdanyag részeckeméretűek voltak (Vásquez , et al., 2019). A négy minta között volt kettő étcsokoládé különböző kakaótartalommal, egy cukormentes csokoládé, illetve egy tejcsokoládé. Megállapítható, hogy a kakaótartalom és az összes zsírtartalom voltak a legfontosabb paraméterek, mivel a csokoládé szerkezeti foka a szárazanyagtartalom függvénye és a legtöbb reológiai tulajdonság jelentősen függött tőlük. A folytonos tesztek során szabályozott nyírási sebességet és szabályozott nyírási feszültséget alkalmaztak 35-50°C hőmérséklettartományban. A minták által mutatott komplex nyírási elvékonyodást számos reológiai modellel írták le, mint Ostwald de Waele, Casson és Carreau. A Carreau modell biztosította a legjobb illeszkedést a legszélesebb nyírási sebesség tartományban. A hőmérséklet hatását Arrhenius modellel értékelték. A 9. ábrán láthatóak az A minta áramlási görbéi a különböző hőmérsékleteken szabályozott nyírás mellett.

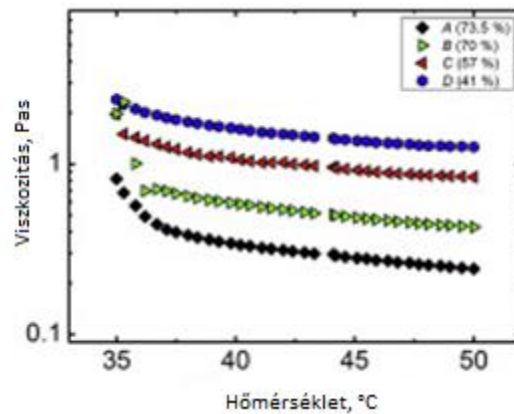


9.ábra: Csokoládé minta áramlási görbéi szabályozott nyírás mellett különböző hőmérsékleteken (Vásquez , et al., 2019)

Bármely hőmérsékleten megfigyelhető a viszkozitási értékek csökkenése a nyírási sebesség emelkedése következtében.



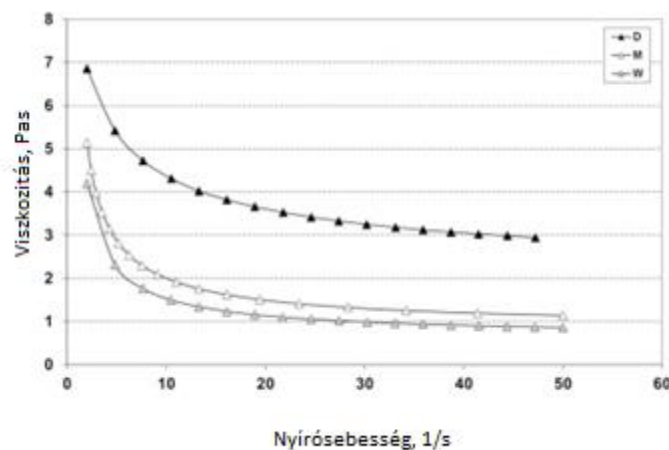
10.ábra: Hőmérséklet hatása különböző kereskedelmi csokoládék reológiájára állandó nyírási sebesség mellett (30 1/s) (Vásquez , et al., 2019)



11.ábra: Hőmérséklet hatása különböző kereskedelmi csokoládék reológiájára állandó nyírási sebesség mellett (100 1/s) (Vásquez , et al., 2019)

A hőmérséklet hatása nem eredményezett szignifikáns változást, de valamelyest csökkent a viszkozitás a hőmérséklet emelkedésével. A tejsokoládéminták kevésbé voltak érzékenyek a hőmérsékletváltozásokra és erős gélként viselkedtek oszcillációs mérés alatt. Ebben a tejfehérjéknek, mint felületaktív anyagok és stabilizátorok lehet szerepük.

Különböző csokoládéfajták más-más reológiai tulajdonságokkal rendelkeznek. Készült egy tanulmány, amelyben tejsokoládé, fehér csokoládé és étcsokoládé összehasonlító vizsgálatát végezték el egyenletes nyírás alatt 40°C-on (Glicerina , et al., 2015). Azt az eredményt kapták, hogy a fehér csokoládé, amelyben legnagyobb volt a zsírtartalom és legkisebb a szerkezeti aggregáció, rendelkezett a legalacsonyabb reológiai értékekkel (viszkozitás, tixotrópia és folyáshatár). Az étcsokoládé esetében voltak a legmagasabb reológiai értékek. A tejsokoládé eredményei pedig a fehér- és az étcsokoládé értékei között helyezkedtek el (12.ábra).



12.ábra: Csokoládé minták áramlási görbéi: ét (D), tej (M), fehér (W) (Glicerina , et al., 2015)

Általánosan elmondható, hogy a fehér csokoládé jelentősen alacsonyabb mechanikai paraméterekkel (például keménység) jellemezhető, mint a tej-, illetve az étcsokoládé. Ezt az eredményt kapták egy 2019-es kutatásban is (Ostrowska-Ligeza, et al., 2019). A tejszokoládé esetében meghatározó tényező a tejszír mennyisége a szerkezeti tulajdonságok szempontjából. Étcsokoládék szerkezeti tulajdonságait pedig befolyásolja a rosttartalom.

Étcsokoládé részecskeméret-eloszlásának és összetételének hatását vizsgálták az olvadt és temperált csokoládé texturális jellemzőire (TA.HD Texture Analyzer segítségével) és megjelenésére (Afoakwa , et al., 2007). A részecskeméret növekedése lineáris csökkenést okozott az olvadt és a temperált csokoládé texturális tulajdonságai esetében is, alacsonyabb zsír- és lecintartalommal magasabb értékek voltak megfigyelhetők. A zsír és a lecitin változásának hatása az alap zsírtartalomtól függött. A növekvő részecskeméret-eloszlás és zsírtartalom fordítottn befolyásolta a megjelenési (színmérési) paramétereket. Tehát a részecskeméret-eloszlás, a zsír- és lecintartalom és ezek kölcsönhatásai központi szerepet játszanak az étcsokoládé feldolgozása során a textúra és a megjelenés változásában.

A zsírkristályosodási viselkedést vizsgálták étcsokoládékban különböző részecskeméret-eloszlások és különböző temperáltsági fokok mellett (Afoakwa, et al., 2008). És ezeknek a hatását a mechanikai jellemzőkre és a megjelenésre értékelték. A részecskeméret fordítottn befolyásolta a textúrát és a színt. A legnagyobb hatással a keménységre, a ragadóságra és a világosságra volt mindegyik temperálási mód esetében. Túltemperálás hatására jelentősen növekedett a keménység, a ragadóság, sötétebb és kevésbé fényes volt a csokoládé. Alultemperált mintáknál kakaóvaj szürkülés ment

végbe, ami miatt hibás állaga és színe volt. Az alultemperált termékeknek a felülete és a belső része is kifehéredett, amely hatással volt a textúrára és a megjelenésre egyaránt. Fehérsokoládé mikrostrukturális és reológiai jellemzőit vizsgálták a feldolgozás során (Glicerina , et al., 2014). Ez is bebizonyította, hogy az egyes feldolgozási műveletek nagy hatással vannak a csokoládé tulajdonságaira. A finomított minták esetén részecskeméret csökkenést figyeltek meg a keverésből származó mintákhoz képest. A konsolási és a temperlási szakaszokból nyert mintáknak voltak a legalacsonyabb folyási feszültség és látszólagos viszkozitás értékei.

4. Anyagok és módszerek

4.1. Felhasznált anyagok

A kísérlet során 3 különböző kakaóvaj tartalmú Callebaut belga csokoládét (GOODWILL National Trading Kft.) vizsgáltam (1. táblázat):

- Callebaut tejsokoládé pasztillák – csokoládé szökökútba (378)
- Callebaut 823 tejsokoládé pasztillák (336)
- Callebaut power 41 tejsokoládé pasztillák (407)

1. táblázat A vizsgált csokoládék összetétele és átlagos tápértéke

	Összetevők	Átlagos tápérték 100 g termékben
378	cukor; kakaóvaj; zsíros tejpor; emulgeálószer: szójalecitin; természetes vanília aroma Kakaó szárazanyag: min. 37,8%	energia: 2447 kJ/585kcal zsír: 40 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 24 g;</i> szénhidrát: 48 g; <i>amelyből cukrok 47 g;</i> fehérje: 6,6 g; só: 0,19 g.
336	cukor; kakaóvaj; zsíros tejpor; kakaómassza; emulgeálószer: sojalecitin; természetes vanília aroma Kakaó szárazanyag: min. 33,6%	energia: 2356 kJ/563kcal zsír: 36 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 22 g;</i> szénhidrát: 51 g; <i>amelyből cukrok 50 g;</i> fehérje: 7,0 g; só: 0,21 g.
407	cukor; kakaómassza; kakaóvaj; zsíros tejpor; sovány tejpor; emulgeálószer: sojalecitin; természetes vanília aroma Kakaó szárazanyag: min. 40,7%	energia: 2328 kJ/556kcal zsír: 36 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 22 g;</i> szénhidrát: 46 g; <i>amelyből cukrok 45 g;</i> fehérje: 8,5 g; só: 0,21 g.

4.2. Mintaelőkészítés

A kísérlet során szilárd formában a csokoládékat pasztillaként, valamint felolvasztva, újra temperálva táblaformába öntve vizsgáltam. A csokoládékat a temperálás folyamatában fontos hőmérsékletek között is vizsgáltam. Ehhez a méréshez mind a pasztillákból, mind pedig a táblázott csokoládékból 50-50 grammot, Petri csészében, 4 különböző hőmérsékletre (32°C; 36°C; 40°C és 45°C) olvasztottam fel Venticell 111 típusú szárítószekrényben (Medcenter Einrichtungen GmbH, MMM-Group, Planegg, Németország). A felmelegítés a homogén szerkezet, valamint a kívánt mérési hőmérséklet eléréseig történt.

4.3. Mérési módszerek

A pasztillákat és a táblázott csokoládékockákat SMS TA-XTplus precíziós állományvizsgáló berendezéssel (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia) (13. ábra) szúrási- és vágási teszttel vizsgáltam $25,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. Próbaméréssel meghatároztam az alkalmas mérési beállításokat, melyek a következők voltak (2. táblázat):

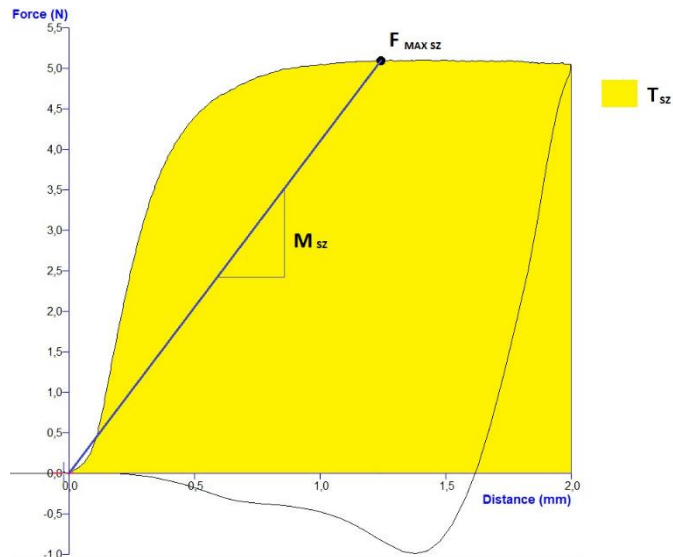
2. táblázat Az SMS TA-XTplus készülékkel történt mérések mérési beállításai

<i>Paraméterek</i>	<i>SZÚRÁS</i>	<i>VÁGÁS</i>
mód	Return to Start (Measure Force in Compression)	Return to Start (Measure Force in Compression)
sebességek:		
<i>mérés előtt</i>	0,5 mm/s	0,5 mm/s
<i>mérés közben</i>	0,5 mm/s	0,5 mm/s
<i>mérés után</i>	10,0 mm/s	10,0 mm/s
deformáció:	2 mm (pasztilla)	3 mm (pasztilla)
	2 mm (temperált kocka)	5 mm (temperált kocka)
mérőfej:	2 mm Ø acélhenger (P/2)	Extended Craft Knife (A/ECB)
adat/s (PPS)	200	200
min. érzékelt erő	0,002 kg	0,002 kg

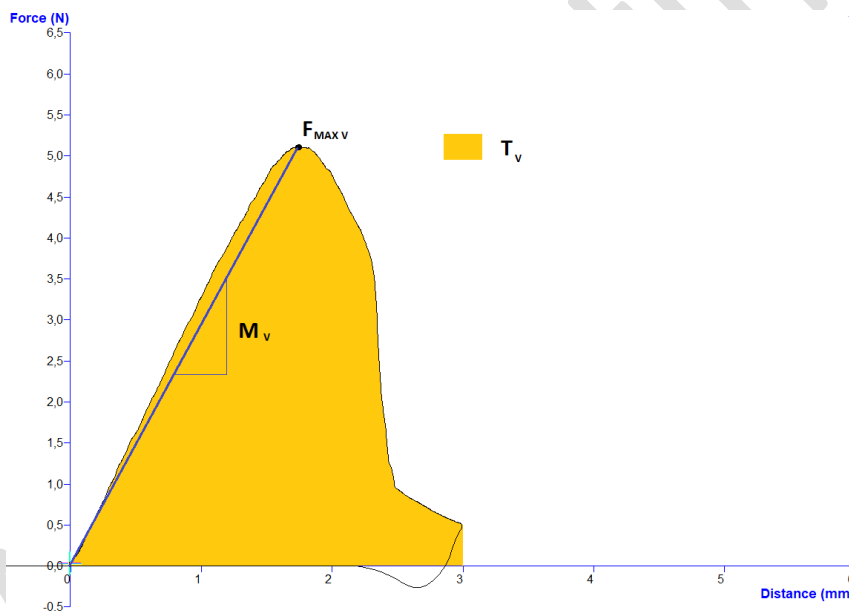
Az állományvizsgálóval a pasztillákat és táblakockákat fajtánként 17-17 ismétléssel mértem. A 14. és 15. ábrákon a mért és számolt paramétereket illusztráltam a szúrás (14. ábra) és vágás (15. ábra) esetében. A szúrásnál a maximális erőt ($F_{\text{MAX SZ}}$, N), a hozzá tartozó mereedséget (M_{SZ} , N/mm) és a penetrációhoz szükséges munkát, mint görbe alatti területet (T_{SZ} , Nmm) határoztam meg. A vágási teszt erő-deformáció görbéiből a maximális vágási erőt ($F_{\text{MAX V}}$, N), ehhez az erőhöz tartozó mereedséget (M_{V} , N/mm) és a penetrációhoz szükséges munkát, mint görbe alatti területet (T_{V} , Nmm) határoztam meg.



13. ábra TA-XTplus precíziós állományvizsgáló (saját fotó)



24. ábra Szűrés során meghatározott paraméterek



15. ábra Vágás során meghatározott paraméterek

Az állományvizsgálat mellett az olvadt csokoládékat MCR302 típusú reométerrel (Anton Paar, Graz, Ausztria) is vizsgáltam (16. ábra), melynek során a 4 olvasztási hőmérsékleten mértem a mintákat, típusonként 5-5 ismétléssel folyásgörbéket és viszkozitásgörbéket vettem fel az alábbi lépésekkel és beállításokkal:

- *minta rétegvastagsága:* 1 mm
- *hőmérséklet tartási idő 120 s:* az adott mérést csak abban az esetben kezdi el a program, ha $\pm 0,2^\circ\text{C}$ tűréshatáron belüli a beállított mérési hőmérséklet (32°C ; 36°C ; 40°C és 45°C)
- *folyásgörbe felvétele:* növekvő nyírási sebesség szakasza, ahol:

- a nyírási sebesség $\dot{\gamma} = 0 \dots 100 \text{ 1/s}$, a lépték lineárisan változik,
- az adatpontok rögzítése lineárisan csökkenő időközönként (kezdet 5 s, vége 1 s)
- 60 adatpont
- *viszkozitásgörbe felvétele*: állandó nyírási sebesség szakasza, ahol:
 - a nyírási sebesség $\dot{\gamma} = 100 \text{ 1/s}$,
 - konstans adatrögzítés, 3 s / adat
 - 60 adatpont

A reométeres mérés görbéiből meghatároztam:

- a folyásgörbén 50 1/s nyírási sebességnél a látszólagos viszkozitást ($\eta_{\text{látsz}}$, Pas)
- a viszkozitásgörbén az átlagos viszkozitást (η , Pas), a viszkozitás változását a szakaszon ($\Delta\eta$, Pas)



16. ábra MCR 302 oszcillációs reométer

4.4. Kiértékelési módszerek

Az eredmények kiértékelése során az állományvizsgálat szűrési és vágási görbéiből a mért és számolt paramétereket a TA-XTplus készülék Exponent nevű saját szoftverében készített makro segítségével nyertem ki, a látszólagos viszkozitás értékeket a reométer RheoCompass szoftverével határoztam meg, míg a statisztikai elemzéseket MS Excel 2019 szoftverrel, valamint PAST (PAleontological STatistics) programok segítségével végeztem.

Az állományvizsgálat eredményei alapján a szűrésnél és a vágásnál megnéztem, hogy van-e szignifikáns különbség a hat csoport között, majd táblázatokban összegeztem az eredményeket. Ehhez először normalitásvizsgálatot végeztem Shapiro-Wilk teszt

segítségével, majd Tukey tesztel megnéztem mely csoportok között áll fenn a szignifikáns különbség. Amennyiben $p < \alpha$ (0,05), a csoportok között szignifikáns különbség áll fent. A táblázatokban a „+” jelentése, hogy szignifikáns különbség van a csoportok között, a „-” pedig azt jelenti, hogy nincs szignifikáns különbség.

Ugyanilyen módszerrel a reometriás mérés eredményeire is megnéztem, hogy van-e szignifikáns különbség a hat csoport között. A látszólagos viszkozitás, a dinamikus viszkozitás változása, valamint a dinamikus viszkozitás értékekre egyaránt elvégeztem ezt a vizsgálatot.

Mezei Krisztina

5. Eredmények és értékelésük

5.1. A szilárd csokoládé állományjellemzői

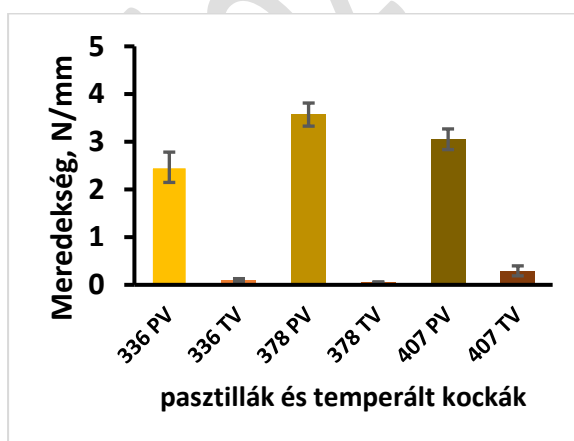
A szilárd csokoládé keménységének mérésére a SMS TA-XTplus precíziós állományvizsgálót használtam. A szűrési tesztnél és a vágási tesztnél is összehasonlítottam a pasztillákra és a temperált kockákra kapott eredményeket.

5.1.1. Vágási teszt

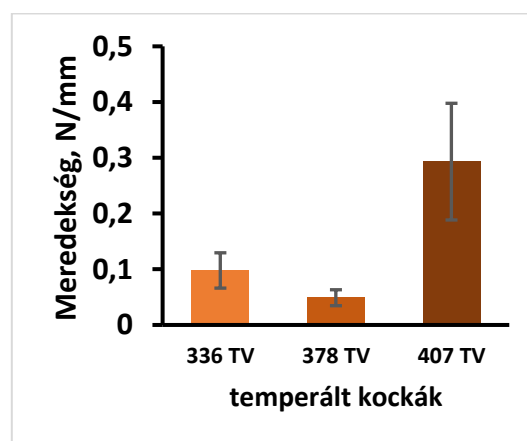
A meredekség, a maximális erő és a munka eredményeiből oszlopdiagramokat készítettem (17-22. ábrák). A temperált kockáknál kapott eredmények határozottan eltérnek a pasztillák eredményeitől. A temperált csokoládék jelentősen puhábbak voltak, kisebb erőérték figyelhető meg az esetükben. A pasztillák esetében az látható, hogy a 37,8% kakaó tartalmú csokoládé a legkeményebb, a 33,6%-os a legpuhább és a kettő között van a 40,7%-os csokoládé eredménye. A temperált kockák esetén teljesen más eredményt kaptam, mert a 37,8%-os csokoládénak vannak a legkisebb értékei. A 40,7%-os a legkeményebb, a 33,6%-os keménysége pedig a kettő között van.

A temperált kockáknál a 37,8% kakaótartalmú mintákra kaptam a legalacsonyabb meredekség, a maximális erő és a munka értékeket. Ezt követte a 33,6%, majd a 40,7%-os csokoládé.

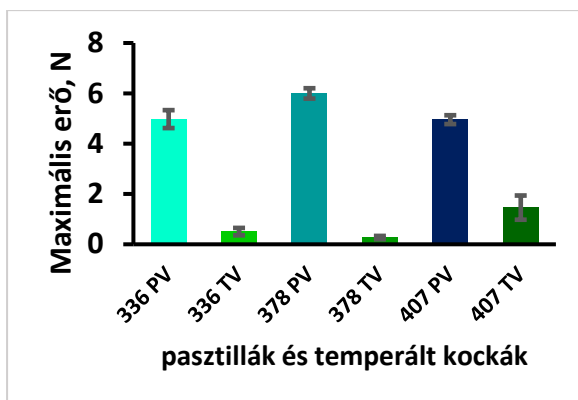
A pasztillák esetében mindhárom diagramon látszik, hogy a 37,8% kakaótartalom mellett voltak a legnagyobb értékek.



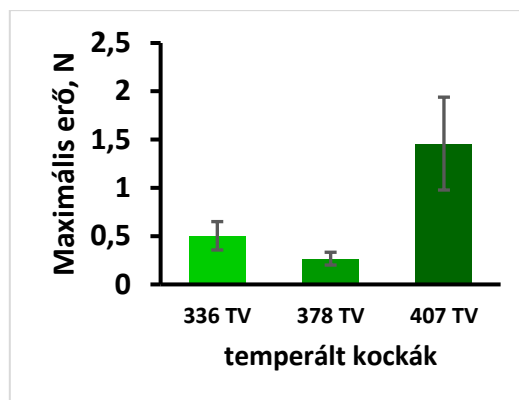
17. ábra: Pasztillák és temperált kockák meredeksége



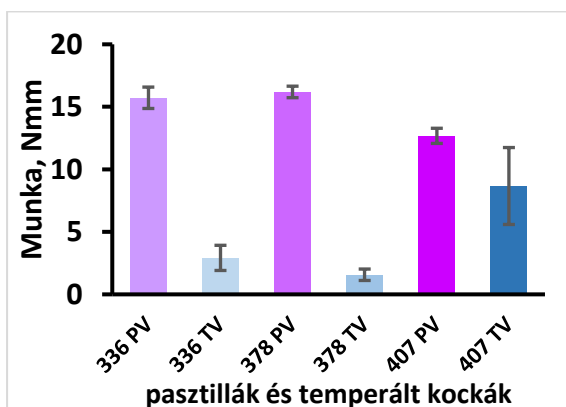
18. ábra: Temperált kockák meredeksége



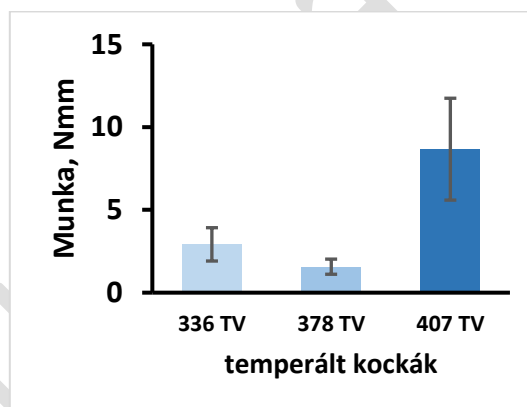
19. ábra: Pasztillák és temperált kockák meredeksége



20. ábra: Temperált kockák meredeksége



21. ábra: Pasztillák és temperált kockák meredeksége

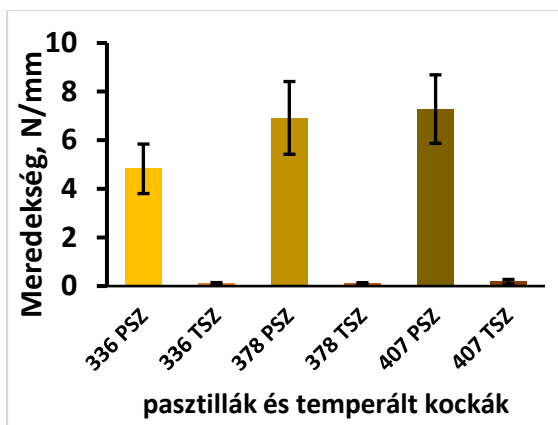


22. ábra: Temperált kockák meredeksége

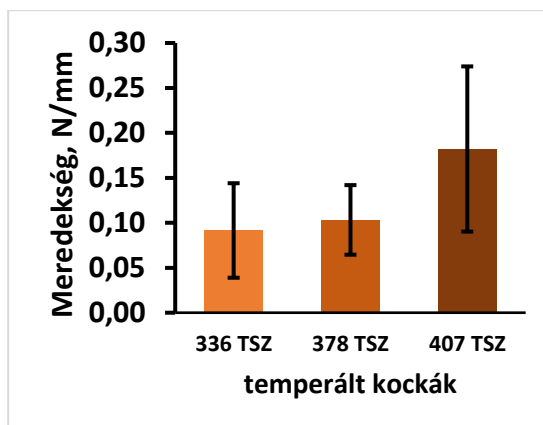
5.1.2. Szűrési teszt

A szűrési teszt eredményeit a 23-28. ábrák oszlopdiagramjain keresztül szeretném bemutatni (meredekség, a maximális erő, munka). Az eredményekből látszik, hogy a temperált kockákat jelentősen alacsonyabb értékek jellemzik a pasztillákhoz képest, tehát a temperált minták puhábbak voltak a pasztilláknál. Én úgy gondolom, hogy ennek az is lehet az oka, hogy nem tökéletesen temperáltam a csokoládét (alultemperáltam), így a temperált kockák sokkal puhábbak voltak, mint a pasztillák.

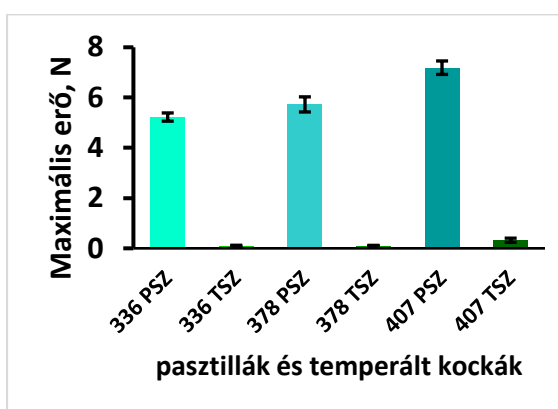
A kakaó tartalom növekedésével a meredekségben, a maximális erőben és a munkában is növekedés figyelhető meg a pasztillák és a temperált kockák esetében is.



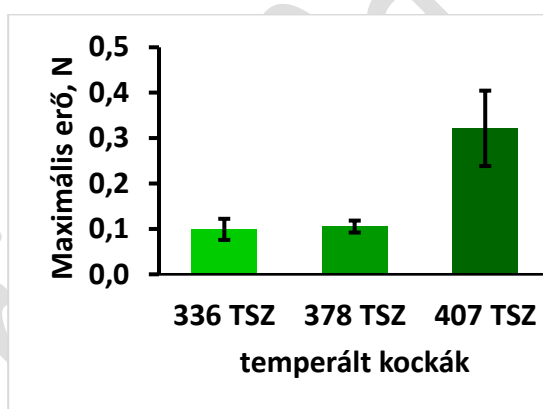
23. ábra: Pasztillák és temperált kockák merevedéksége



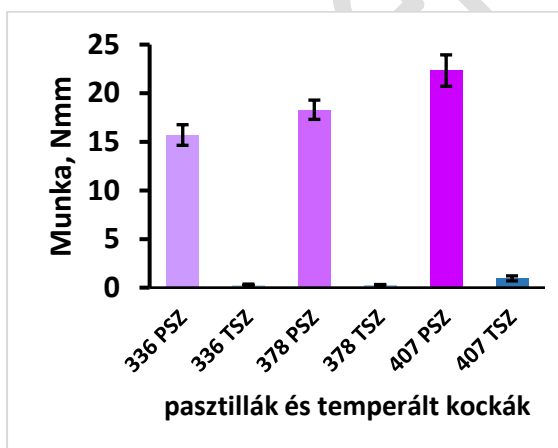
24. ábra: Temperált kockák merevedéksége



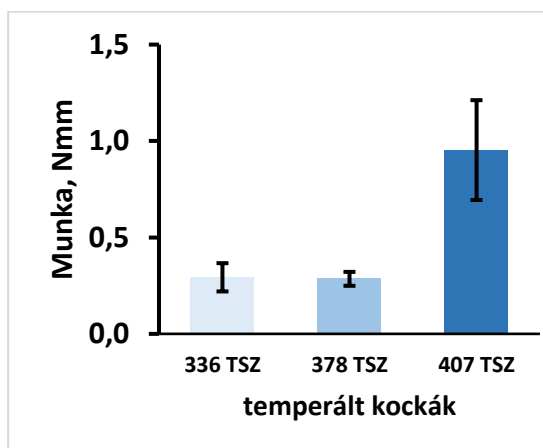
25. ábra: Pasztillák és temperált kockák merevedéksége



26. ábra: Temperált kockák merevedéksége



27. ábra: Pasztillák és temperált kockák merevedéksége



28. ábra: Temperált kockák merevedéksége

5.1.3. ANOVA eredmények a szilárd csokoládénál vizsgált paraméterekre

A vágási és a szűrési teszt mért értékeiből átlagot és szórást számoltam a meredekség, a maximális erő és a munka keretében is. Az átlag+szórás és átlag-szórás értékek segítségével pedig adatredukciót végeztem.

A normalitásvizsgálat elvégzése után Tukey teszt segítségével meghatároztam mely csoportok között van szignifikáns különbség, amelynek eredményét az alábbi táblázatokban összegeztem.

Amennyiben $p < \alpha$ (0,05), a csoportok között szignifikáns különbség áll fent. A táblázatokban a „+” jelöli a szignifikáns különbséget két csoport között, „-” esetén pedig nincs a csoportok között szignifikáns különbség.

Vágási teszt ANOVA

A vágás paramétereire elvégzett ANOVA teszt eredményeit a 3. táblázat mutatja be. Ez alapján elmondható, hogy a vágási görbe meredekségei között csupán 3 esetben nincs szignifikáns különbség: 336 T nem különül el a 378 T és 407 T mintáktól, valamint a 378 T a 407 T mintáktól. A maximális vágási erő esetében nem találtam szignifikáns különbséget a 336 T és 378 T, valamint a 336 P és 407 P minták között. A vágási munka esetében a 336 P és 378 P minták között, illetve a 336 T és 378 T minták között nem volt szignifikáns különbség.

3. táblázat A vágási görbék paramétereinek ANOVA eredménye az egyes mintacsoportokra

Meredekség							Maximális erő							Munka						
	336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T		336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T		336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T
336 P		+	+	+	+	+	336 P		+	+	+	-	+	336 P		+	-	+	+	+
336 T			+	-	+	-	336 T			+	-	+	+	336 T			+	-	+	+
378 P				+	+	+	378 P				+	+	+	378 P				+	+	+
378 T					+	-	378 T					+	+	378 T					+	+
407 P						+	407 P						+	407 P						+
407 T							407 T							407 T						

Szűrési teszt ANOVA

A vágási teszthez hasonlóan a szűrés paraméterekre is ANOVA tesztet végeztem, melynek eredményei a 4. táblázatban láthatóak. Az eredmények zömmel hasonlóak a vágási eredményekhez. A meredekség esetében látható, hogy a 336 T nem különül el szignifikánsan a 378 T és 407 T mintáktól, a 378 P a 407 P mintáktól és a 378 T a 407 T mintáktól. A maximális szűrési erő esetében a meredekséggel azonos az eredmény, azzal a kivétellel, hogy a maximális erő esetében szignifikáns különbséget találtam a 378 P és

407 P minták között. A szűrési munka paraméter eredménye viszont teljesen megegyezik a maximális erő eredményeivel.

4. táblázat A szűrési görbék paramétereinek ANOVA eredménye az egyes mintacsoportokra

Meredekség							Maximális erő							Munka							
	336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T		336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T		336 P	336 T	378 P	378 T	407 P	407 T	
336 P		+	+	+	+	+	336 P		+	+	+	+	+	336 P		+	+	+	+	+	+
336 T			+	-	+	-	336 T			+	-	+	-	336 T			+	-	+	-	-
378 P				+	-	+	378 P				+	+	+	378 P				+	+	+	+
378 T					+	-	378 T					+	-	378 T					+	-	-
407 P						+	407 P						+	407 P						+	+
407 T							407 T							407 T							

5.2. A csokoládémassza folyási jellemzői

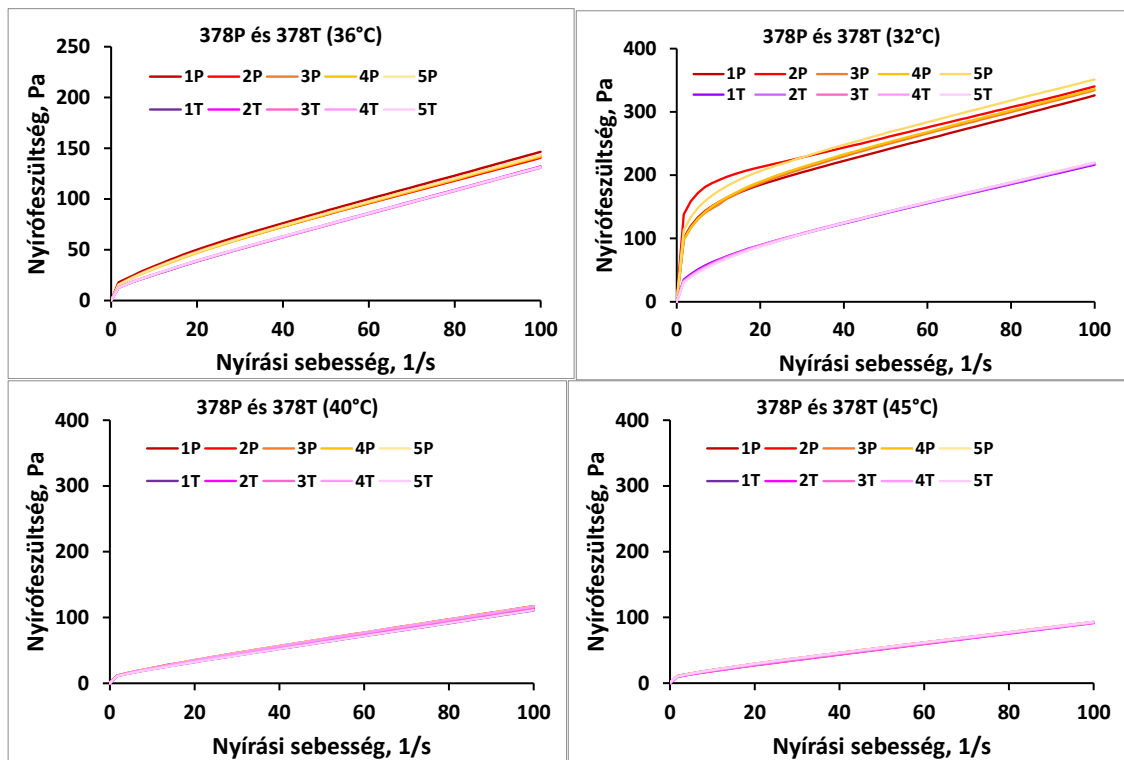
Mindegyik olvasztási hőmérsékleten (32°C, 36°C, 40°C, 45°C) folyásgörbékét és viszkozitásgörbékét vettem fel, majd közös diagramba tettem a pasztilla és a temperált kocka masszáinak görbéit összehasonlítás céljából. A látszólagos viszkozitás értékekből, illetve a viszkozitás értékekből oszlopdiagramot készítettem a különböző hőmérsékleteken. Végül kiszámoltam a viszkozitás változását és ezeket is oszlopdiagramon ábrázoltam.

5.2.1. Rotációs mérések

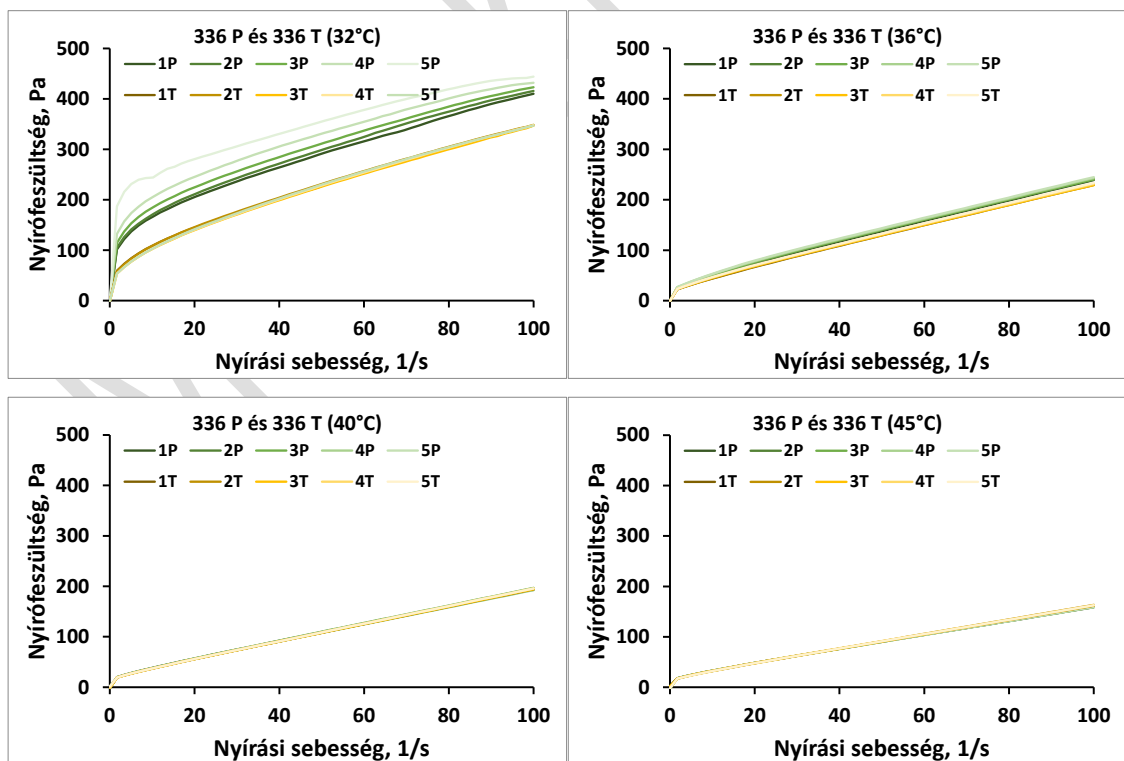
A rotációs mérések során felvettem a minták folyásgörbéit és viszkozitásgörbéit. A folyásgörbék alakja alapján összehasonlítottam a különböző kakaótartalmú mintákat. Ezt követően a viszkozitásgörbék adataiból átlagos viszkozitást számolva, valamint a viszkozitás változásának nagysága alapján szintén összehasonlítottam a mintákat.

Folyásgörbék

A folyásgörbéken jól látható a csokoládé minták pseudoplasztikus folyadékként viselkedtek. Az ilyen nem-Newtoni folyadékokra jellemző, hogy a nyírási sebeség növekedésével a viszkozitás csökken. A 29-31. diagramokon a 3 különböző kakaótartalmú minta pasztillaként felolvasztott masszáinak és a temperált masszáinak folyásgörbéi láthatóak a különböző hőmérsékleteken.



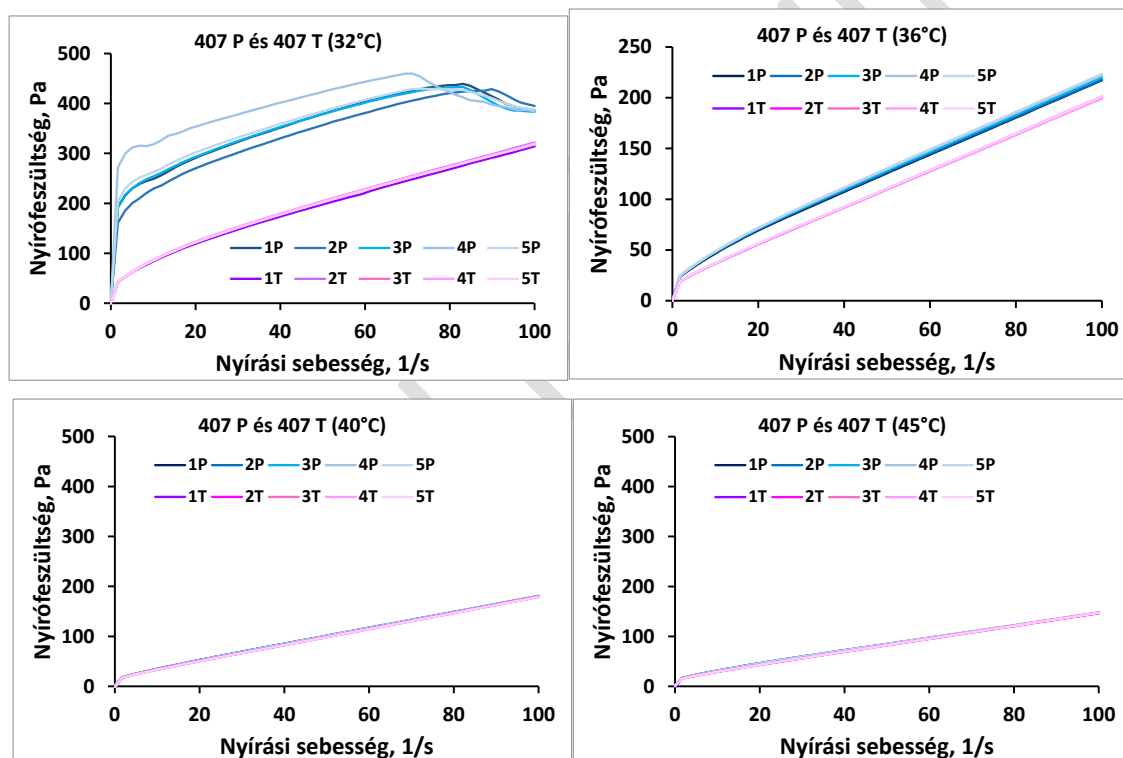
29. ábra A 37,8 %-os kakaótartalmú pasztilla és temperált minta masszájának folyásgörbéi 32°C; 36°C; 40°C és 45°C hőmérsékleten mérve



30. ábra A 33,6 %-os kakaótartalmú pasztilla és temperált minta masszájának folyásgörbéi 32°C, 36°C, 40°C és 45°C hőmérsékleten mérve

A 32°C és 36°C hőmérsékleten a temperált minták alacsonyabb viszkozitással rendelkeznek a pasztillákhoz képest. Ez a különbség a kakaótartalom növekedésével egyre inkább csökken, hiszen míg 32°C-on még jelentős eltérés van a pasztillák és a temperált csokoládék között 40°C-on és 45°C-on szinte azonos viszkozitás jellemzi a mintákat. Mindemellett elmondható az is, hogy a 33,6% kakaótartalom esetén kisebb eltérés van a pasztillák és a temperált kockák masszái között.

32°C és 36°C hőmérsékleteken minél nagyobb a kakaótartalom, annál nagyobb a pasztillák és a temperált minták folyásgörbéi közötti eltérés. Azonban 40°C-on és 45°C-on nem ez a jelenség látható, ugyanis ebben a két esetben a 37,8% kakaótartalmú mintáknál van a legnagyobb különbség, a másik kettő kakaótartalom esetében közel azonosak a kétféle minta folyásgörbéi.



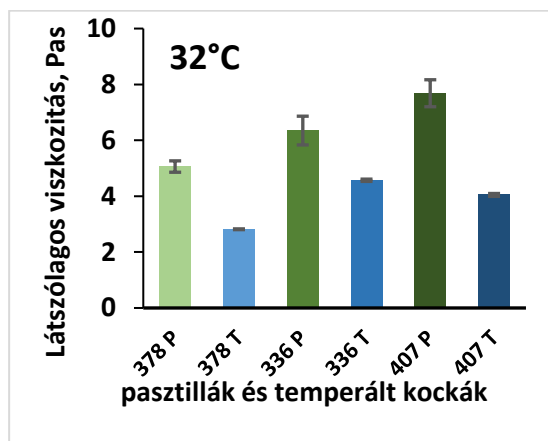
31. ábra A 40,7 %-os kakaótartalmú pasztilla és temperált minta masszáinak folyásgörbéi 32°C, 36°C, 40°C és 45°C hőmérsékleten mérve

Látszólagos viszkozitás

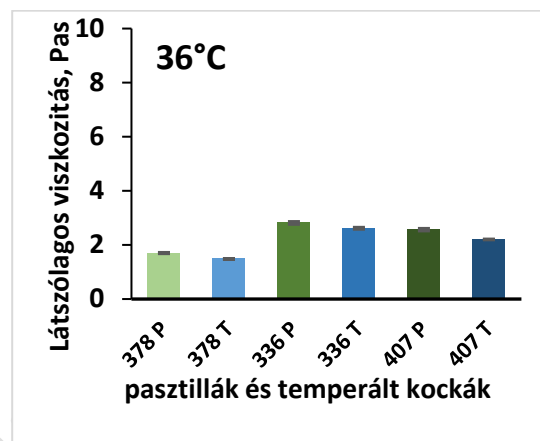
A 32-35. ábrák oszlopdiagramjain keresztül szeretném bemutatni a kapott látszólagos viszkozitás értékeket. A hőmérséklet emelkedésével a látszólagos viszkozitás csökken az összes minta esetében. A 32°C-on mért pasztillák kivételével alacsony szórás jellemzi a csokoládé mintákat. Minden hőmérsékleten elmondható, hogy a pasztillák magasabb látszólagos viszkozitással rendelkeznek, mint a temperált kockák masszái.

Azonban az is megállapítható, hogy a hőmérséklet emelkedésével ez a különbség kevésbé jelentős.

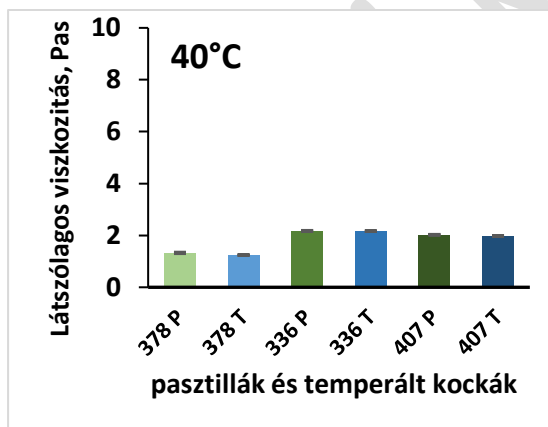
A 33,6% kakaótartalmú minta látszólagos viszkozitása a legmagasabb akár pasztilláról van szó, akár temperált kockáról. Ez alól egyetlen kivétel volt, még pedig 32°C hőmérsékleten mért pasztillák esetében, ugyanis ebben az esetben a kakaótartalom növekedésével emelkedett a látszólagos viszkozitás értéke.



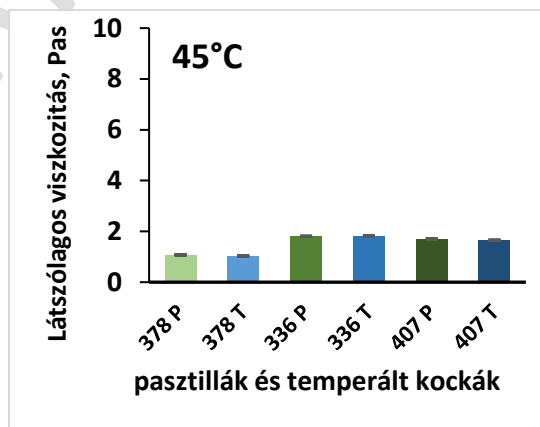
32. ábra: Minták látszólagos viszkozitása
32°C-on



33. ábra: Minták látszólagos viszkozitása
36°C-on



34. ábra: Minták látszólagos viszkozitása
40°C-on



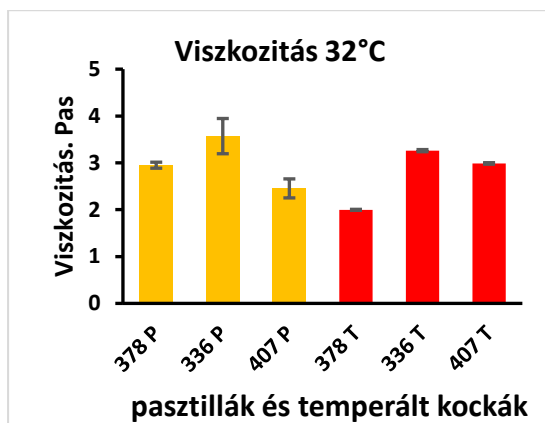
35. ábra: Minták látszólagos viszkozitása
45°C-on

Viszkozitásgörbék

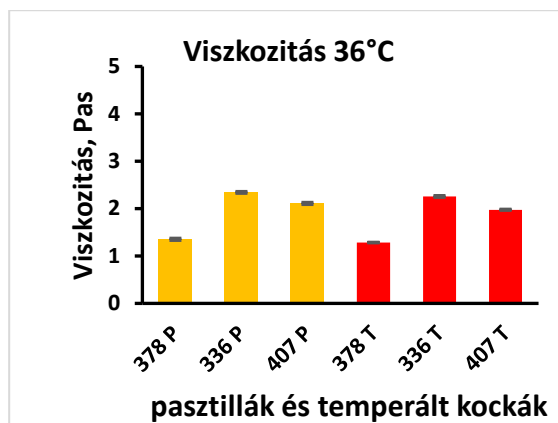
A 100 1/s állandó nyírási sebesség szakaszában felvett görbéken az látható, hogy a nyíróerő csökkenésével a dinamikai viszkozitás értéke is csökkent. Ez tixotrópia jelenségére utal, amikor állandó keverés hatására egyre könnyebben keverhető az anyag. Az ilyen anyagok nyírás vékonyodó anyagok.

A 36-39. ábrák oszlopdiagramjain láthatóak a különböző minták viszkozitása az egyes hőmérsékleteken. A legnagyobb viszkozitása a 336 P mintának volt. A hőmérséklet

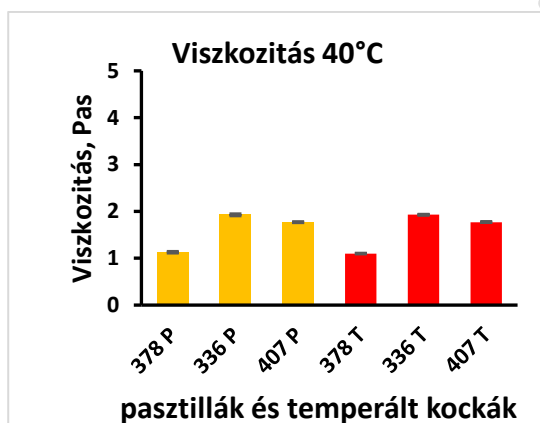
emelkedésével alacsonyabb viszkozitás értékek jellemzik a mintákat. Általánosságban a pasztillák masszájának viszkozitása azonos kakaótartalom mellett nagyobb volt a temperált kockák masszáihoz képest. Viszont a 32°C-on kapott eredményeknél a 40,7% kakaótartalmú minta esetében az ellenkezője tapasztalható. A mintákat alacsony szórás jellemzi, kizárólag 32°C-on a pasztilláknak volt kiemelkedőbb szórása.



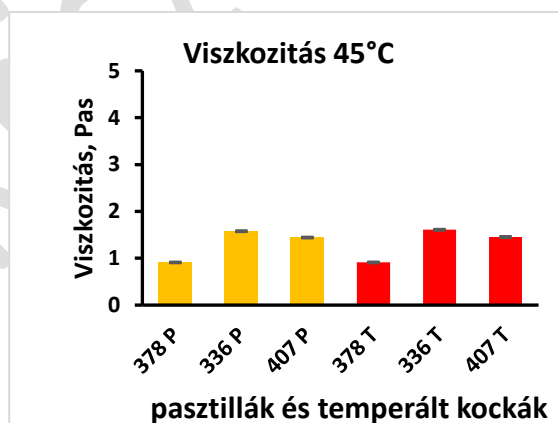
36. ábra: Minták viszkozitása 32°C-on



37. ábra: Minták viszkozitása 36°C-on



38. ábra: Minták viszkozitása 40°C-on

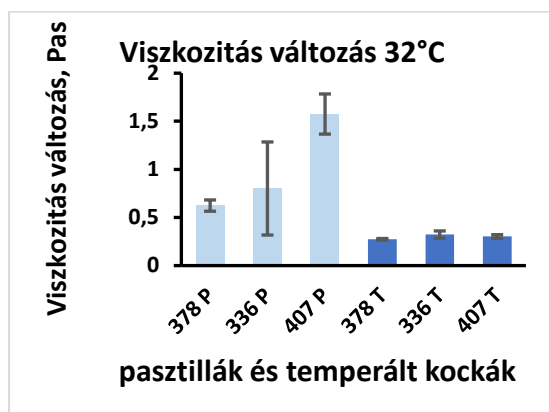


39. ábra: Minták viszkozitása 45°C-on

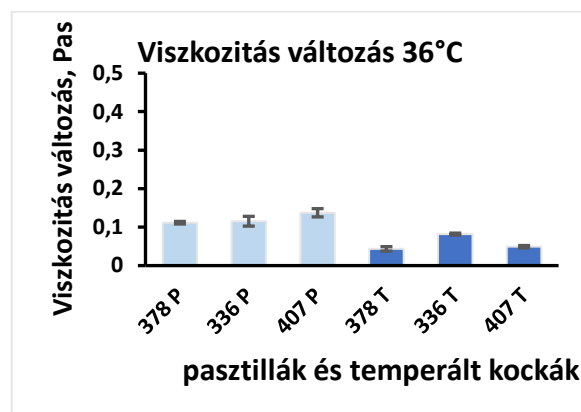
A viszkozitás változása (40-43. ábra) a pasztillák esetén jelentősebb mértékű volt. Különösen 32°C és 36°C hőmérsékleteken figyelhető meg nagy eltérés a viszkozitás változást tekintve a pasztillák és a temperált minták között. 32°C-on a pasztilláknál nagy szórás értékek is láthatóak. A legnagyobb szórás ezen a hőmérsékleten a 33,6% kakaótartalmú minta esetén van. A többi esetben a minták szórása közel azonos.

A hőmérséklet emelkedésével kisebb mértékű viszkozitás változás figyelhető meg, valamint kisebb különbség van a pasztillák és a temperált csokoládék között. A pasztillák között megállapítható, hogy a kakaótartalom növekedésével nagyobb viszkozitás változás jellemző a mintákra a 40°C-on kapott eredmények kivételével. A temperált kockák eredményeinél hasonló tapasztalható. Ebben az esetben a 36°C-on

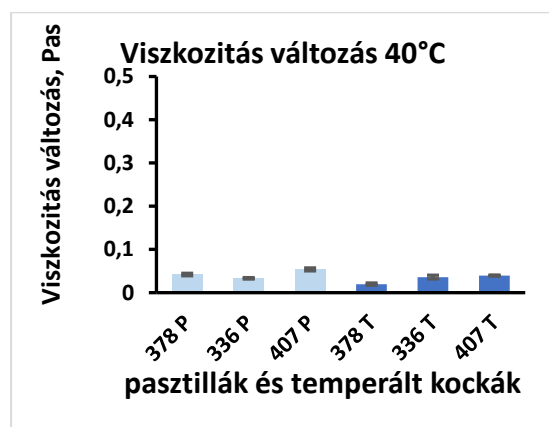
tapasztalt eredményeknél láthatunk eltérő viselkedést, itt a 336 T mintának változott a viszkozitása a legnagyobb mértékben.



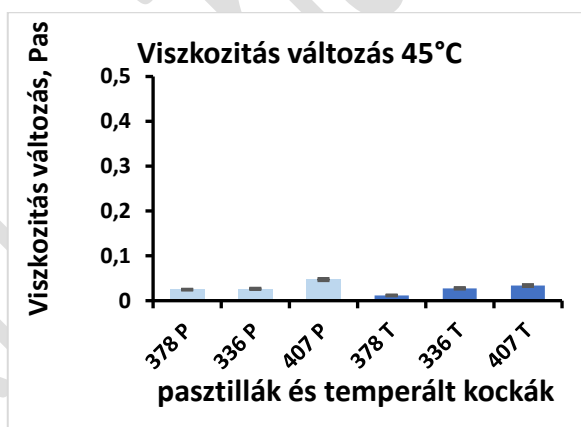
40. ábra: Viszkozitás változása 32°C-on



41. ábra: Viszkozitás változása 36°C-on



42. ábra: Viszkozitás változása 40°C-on



43. ábra: Viszkozitás változása 45°C-on

5.2.2. ANOVA eredmények a rotációs mérésnél vizsgált paraméterekre

A reometírás mérés eredményeinél az állományméréshez hasonlóan megnéztem a csoportok közötti esetleges szignifikáns különbséget négy hőmérsékleten a látszólagos viszkozitás, a dinamikai viszkozitás és a viszkozitás-változás paraméterekre. Ebben az esetben is táblázatokban összegeztem az eredményeket és ugyanúgy a „+”, illetve a „-” jelöléseket használtam („+” =van szignifikáns különbség, „-” =nincs szignifikáns különbség).

Látszólagos viszkozitás

A különböző hőmérsékleten mért látszólagos viszkozitás 50 1/s meghatározott értékeiről a varianciaanalízis eredményei alapján elmondható, hogy a hőmérséklet növekedésével egyre jobb eredményt kaptam, 45°C-on teljesen elkülönült egymástól a pasztilla és temperált massa mindhárom kakaótartalom esetében. A 32°C-on mért minták esetében csak a 378 P és 336 P, valamint a 336 T és 407 T minták nem különültek

el szignifikánsan, ez 36°C-on csak 336 T és 407 P minták, míg 40°C-on a 336 P és 336 T minták esetén volt igaz.

5. táblázat A látszólagos viszkozitás ANOVA eredménye az egyes mintacsoportokra

Látszólagos viszkozitás - 32°C						Látszólagos viszkozitás - 36°C					
378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		+	+	-	+	378 P		+	+	+	+
378 T			+	+	+	378 T			+	+	+
336 P				+	+	336 P				+	+
336 T					+	336 T				-	+
407 P					+	407 P					+
407 T						407 T					

Látszólagos viszkozitás - 40°C						Látszólagos viszkozitás - 45°C					
378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		+	+	+	+	378 P		+	+	+	+
378 T			+	+	+	378 T			+	+	+
336 P				-	+	336 P				+	+
336 T					+	336 T				+	+
407 P					+	407 P					+
407 T						407 T					

Dinamikai viszkozitás

Az állandó sebesség szakaszában rögzített dinamikai viszkozitás adatok 100 1/s nyírási sebesség mellett szintén majdnem teljes különbözőséget mutattak szignifikánsan mindegyik hőmérsékleten. A leggyengébb eredményt négy híján 32°C-on mért eredmények mutatták, ám itt nem a legnagyobb hőmérsékleten mért viszkozítások, hanem a 36°C-on mértek esetében mutattak a csoportok teljes szignifikáns elkülönülést.

6. táblázat A dinamikai viszkozitás ANOVA eredménye az egyes mintacsoportokra

Dinamikai viszkozitás - 32°C						Dinamikai viszkozitás - 36°C					
378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		+	+	-	+	378 P		+	+	+	+
378 T			+	+	+	378 T			+	+	+
336 P				-	+	336 P				+	+
336 T					+	336 T				+	+
407 P					+	407 P					+
407 T						407 T					

Dinamikai viszkozitás - 40°C						Dinamikai viszkozitás - 45°C					
378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		+	+	+	+	378 P		-	+	+	+
378 T			+	+	+	378 T			+	+	+
336 P				-	+	336 P				+	+
336 T					+	336 T				+	+
407 P					-	407 P					+
407 T						407 T					

Dinamikai viszkozitás változása

A dinamikai viszkozitás átlagos értéke mellett megnéztem, hogy a viszkozitásgörbe felvétele során a viszkozitás értékének változása mekkora volt. Megállapítottam, hogy a rotációs mérés paramétereit közül ez mutatta a leggyengébb szignifikáns elkülönülést. a legjobb eredményt a 45°C-on mért mintákkal értem el.

7. táblázat A dinamikai viszkozitás ANOVA eredménye az egyes mintacsoportokra

Dinamikai viszkozitás-változás - 32°C							Dinamikai viszkozitás-változás - 36°C						
	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T		378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		-	-	-	+	-	378 P		+	-	+	+	+
378 T			+	-	+	-	378 T			+	+	+	-
336 P				+	+	+	336 P				+	+	+
336 T					+	-	336 T					+	+
407 P						+	407 P						+
407 T							407 T						

Dinamikai viszkozitás-változás - 40°C							Dinamikai viszkozitás-változás - 45°C						
	378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T		378 P	378 T	336 P	336 T	407 P	407 T
378 P		+	+	+	+	-	378 P		+	-	+	+	+
378 T			+	+	+	+	378 T			+	+	+	+
336 P				-	+	+	336 P				-	+	+
336 T				+	-	-	336 T					+	+
407 P						+	407 P						+
407 T							407 T						

6. Összefoglalás

A szilárd csokoládé állományjellemzőinek vizsgálatára kétféle tesztet végeztem el, egy vágási és egy szűrési tesztet. A két tesztnél különböző eredményeket kaptam a meredekség, a maximális erő és a munka értékeit tekintve. A szűrési tesztnél kapott eredményekből az állapítható meg, hogy a kakaótartalom növekedésével mindhárom paraméter értéke emelkedik a pasztillák és a temperált kockák esetén egyaránt. A vágási tesztnél azonban ez nem mondható el, ugyanis ebben az esetben nem a kakaótartalom függvényében változtak a már említett paraméterek. Ugyanakkor mindkét teszt eredményei alapján megállapítható, hogy a pasztillákat lényegesen magasabb értékek jellemzik a temperált mintákhoz képest.

A varianciaanalízis eredményei alapján azt láthatjuk, hogy a vágási görbe meredekségei között 3 esetben nem volt szignifikáns különbség: 336 T nem különül el a 378 T és 407 T mintáktól, valamint a 378 T a 407 T mintáktól. A maximális erő esetében nem volt szignifikáns különbség a 336 T és 378 T, valamint a 336 P és 407 P minták között. A vágási munka esetében a 336 P és 378 P minták között, illetve a 336 T és 378 T minták között nem volt szignifikáns különbség. A szűrési teszt eredményei többnyire hasonlóak voltak a vágási eredményekhez. A szűrési görbe meredekségeit tekintve a 336 T nem különül el szignifikánsan a 378 T és 407 T mintáktól, a 378 P a 407 P mintáktól és a 378 T a 407 T mintáktól. A maximális erő esetében ezzel azonos eredményt kaptam, viszont ebben az esetben szignifikáns különbség volt a 378 P és a 407 P minták között. A szűrési munka eredménye a maximális erő eredményeivel megegyező volt.

A csokoládé massa folyási jellemzőit rotációs reometria alkalmazásával vizsgáltam. A folyásgörbék alakja alapján elmondható, hogy a csokoládé minták masszái nem-Newtoni, pszeudoplasztikus folyadékként viselkedtek, hiszen a nyírási sebesség növekedésével a viszkozitás csökkenése volt megfigyelhető.

A pasztillákat és a temperált mintákat összehasonlítva különbség látható a minták értékei között. A temperált csokoládé mintákra alacsonyabb viszkozitás jellemző, mint a pasztillákra. Ez a különbség 32°C-on volt a legjelentősebb, majd a hőmérséklet emelkedésével egyre inkább csökkent a pasztillák és a temperált minták közötti eltérés.

Mindegyik hőmérsékleten a pasztillákat magasabb látszólagos viszkozitás jellemzi a temperált kockákhoz képest. Azonban ebben az esetben is az alacsonyabb hőmérsékleten jelentősebb a különbség. 32°C és 36°C hőmérsékleteken minél nagyobb a

kakaótartalom, annál nagyobb a pasztillák és a temperált minták folyásgörbéi közötti eltérés.

A viszkozitásgörbékről megállapítható, hogy a 100 1/s állandó nyírási sebesség szakaszában a nyíróerő csökkenésével a dinamikus viszkozitás értékében is csökkenés ment végbe. Ezt a jelenséget tixotrópiának nevezzük, amikor állandó keverés következtében egyre könnyebben keverhető az anyag. Az ilyen anyagok nyírás vékonyodó anyagok.

Az eredményekből láthatjuk, hogy majdnem minden esetben a pasztillák masszájának viszkozitása volt a nagyobb. Ezenkívül az is jól látszik, hogy a legkisebb kakaótartalom esetén kaptuk a legnagyobb viszkozitás értékeket a pasztillák és a temperált kockák esetében is.

A viszkozitás változás a pasztillák esetében volt jelentősebb mértékű. Többnyire igaz, hogy a magasabb kakaótartalom mellett nagyobb viszkozitás változás ment végbe. Mindemelett az is megfigyelhető, hogy a magasabb hőmérsékleteken végzett méréseknél kisebb mértékben változott a minták viszkozitása.

A rotációs mérés paramétereire is elvégeztem a varianciaanalízist. Ez alapján a látszólagos viszkozitás értékeiről megállapítható, hogy a hőmérséklet emelkedésével egyre jobb eredményt kaptam és 45°C-on teljesen elkülönült egymástól a pasztilla és a temperált csokoládémassza mindhárom kakaótartalom esetén. A dinamikai viszkozitás értékek szintén majdnem teljesen elkülönültek minden hőmérsékleten. Ebben az esetben a 36°C-on mért minták mutattak teljes szignifikáns különbséget, a leggyengébb eredmény pedig a 32°C-on végzett mérésnél látható. A rotációs mérés paramétereinek közül a dinamikai viszkozitás változása esetében volt a leggyengébb szignifikáns elkülönülés, a legjobb eredményt pedig a 45°C-on mért mintákkal értem el.

7. Melléklet

Kódolás

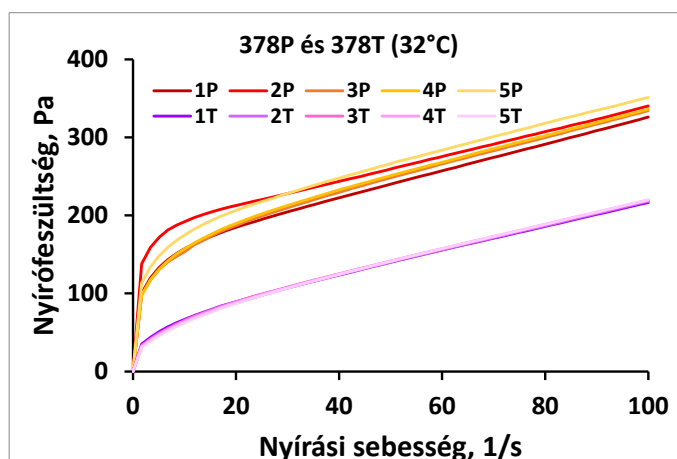
Állománymérés:

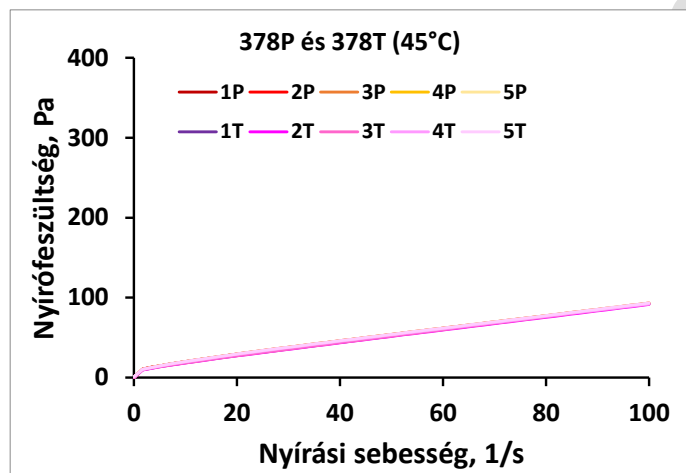
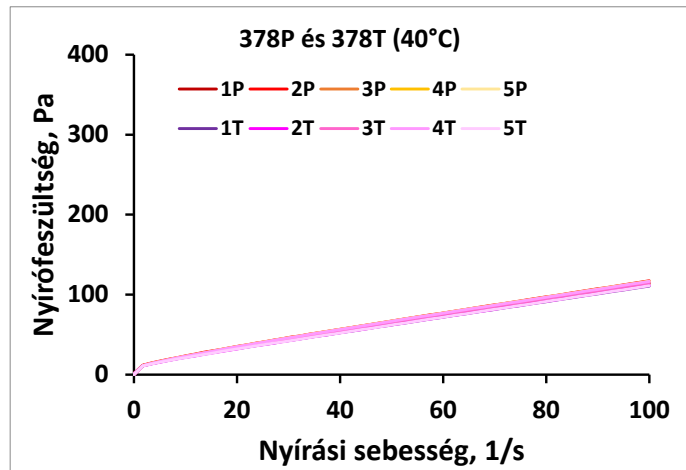
336 PSZ	- 33,6%-os kakaó tartalmú pasztilla szűrés
336 PV	- 33,6%-os kakaó tartalmú pasztilla vágás
336 TSZ	- 33,6%-os kakaó tartalmú temperált kocka szűrés
336 TV	- 33,6%-os kakaó tartalmú temperált kocka vágás
378 PSZ	- 37,8%-os kakaó tartalmú pasztilla szűrés
378 PV	- 37,8%-os kakaó tartalmú pasztilla vágás
378 TSZ	- 37,8%-os kakaó tartalmú temperált kocka szűrés
378 TV	- 37,8%-os kakaó tartalmú temperált kocka vágás
407 PSZ	- 40,7%-os kakaó tartalmú pasztilla szűrés
407 PV	- 40,7%-os kakaó tartalmú pasztilla vágás
407 TSZ	- 40,7%-os kakaó tartalmú temperált kocka szűrés
407 TV	- 40,7%-os kakaó tartalmú temperált kocka vágás

Reométeres mérés:

336 P	- 33,6%-os kakaó tartalmú pasztilla
336 T	- 33,6%-os kakaó tartalmú temperált kocka
378 P	- 37,8%-os kakaó tartalmú pasztilla
378 T	- 37,8%-os kakaó tartalmú temperált kocka
407 P	- 40,7%-os kakaó tartalmú pasztilla
407 T	- 40,7%-os kakaó tartalmú temperált kocka

Folyásgörbék





8. Felhasznált irodalom

1. Afoakwa , E. O., Paterson , A., Fowler , M. & Vieira , J., 2007. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, pp. 181-190.
2. Afoakwa , E. O., Paterson , A. & Fowler, M., 2007. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science and Technology* 18, pp. 290-298.
3. Afoakwa , E. O., Paterson , A., Fowler, M. & Vieira , J., 2008. Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering* 89 , pp. 128-136 .
4. Afoakwa, 2010. *Chocolate Science and Technology*. hely nélk.: ismeretlen szerző
5. Beckett , S. T., 2000. *The Science of Chocolate*. hely nélk.: ismeretlen szerző
6. Beckett , S. T., 2008. *The Science of Chocolate 2nd Edition*. hely nélk.: ismeretlen szerző
7. Biczó-Kabai , V., 2011. *KAKAÓVAJ-EGYENÉRTÉKŰ NÖVÉNYI ZSÍROK ÉS A TÁROLÁSI KÖRÜLMÉNYEK HATÁSA CSOKOLÁDÉ MODELLRENDSZEREK REOLÓGIAI ÉS ÉRZÉKSZERV JELLEMZŐIRE*. hely nélk.: ismeretlen szerző
8. Briggs , J. L. & Wang , T., 2004. Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, pp. 117-121.
9. Cherizol , R., Sain , M. & Tjong , J., 2015. *Scientific Research*. [Online] Available at: https://www.scirp.org/html/2-5500190_53584.htm
10. Devos, N., Reyman , D. & Sanchez-Cortes, S., 2021. Chocolate composition and its crystallization process: A multidisciplinary analysis. *Food Chemistry* 342, pp. 1-7.
11. Élelmiszerkönyv, M., 2009. A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2000/36 számú előírása az emberi fogyasztásra.
12. Fernandes , V. A., Müller , A. J. & Sandoval , A. J., 2012. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering* 116, pp. 97-108.

13. Figura , L. O. & Teixeira , A. A., 2007. *Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. hely nélk.:Springer.
14. Glicerina , V., Balestra , F., Dalla Rosa , M. & Romani , S., 2013. Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, pp. 173-179.
15. Glicerina , V., Balestra , F., Dalla Rosa , M. & Romani , S., 2014a Microstructural and Rheological Properties of White Chocolate During Processing. *Food Bioprocess Technol*, pp. 770-776 .
16. Glicerina , V., Dalla Rosa, M., Balestra , F. & Romani , S., 2014. Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering* 145, pp. 45-50.
17. Glicerina , V., Balestra , F., Dalla Rosa , M. & Romani , S., 2015. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, pp. 165-171.
18. Goncalves, E. V. & Lannes, S. C. d. S., 2010. Chocolate rheology. *Food Science and Technology* , pp. 845-851.
19. Graef , V. D., Depypere, F., Minnaert, M. & Dewettinck , K., 2011. Chocolate yield stress as measured by oscillatory rheology. *Food Research International* 44, pp. 2660-2665.
20. Internet, 2019. *Difference Between.com*. [Online]
Available at: <https://www.differencebetween.com/difference-between-newtonian-and-non-newtonian-fluids/#:~:text=The%20key%20difference%20between%20Newtonian%20and%20non%20Newtonian,due%20to%20the%20internal%20friction%20of%20the%20fluid>
21. Internet, dátum nélk. [Online]
Available at: <https://ladylavender.hu/a-rozsaszin-csokolade-rejtelvei-minden-amit-a-ruby-csokoladerol-tudni-lehet>
22. Karnjanolarn, R. & McCarthy, K. L., 2006. RHEOLOGY OF DIFFERENT FORMULATIONS OF MILK CHOCOLATE AND THE EFFECT ON COATING THICKNESS. *Journal of Texture Studies* 37, pp. 668-680.
23. Mattia , C. D. és mtsai., 2014. Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate. *Food Research International* 63, pp. 367-372.

24. Mezger , T. G., 2014. *The Rheology Handbook, 4th Edition*. Hanover: Vincentz Network.
25. Ostrowska-Ligeza, E. és mtsai., 2019. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta* 671 , pp. 60-69 .
26. Quinones-Munoz, T. és mtsai., 2011. Mixing and tempering effect on the rheological and particle size properties of dark chocolate coatings. *CyTA - Journal of Food*, pp. 109-113.
27. Sipos , P., 2015. *Hungarikumok és tájjellegű élelmiszerek előállítása*. hely nélk.:ismeretlen szerző
28. Sira , E. P., 2015. *Chocolate: Cocoa Products technology, rheology, styling, and nutrition*. hely nélk.:ismeretlen szerző
29. Talbot, G., 2012. - Chocolate and Cocoa Butter—Structure and Composition. In: hely nélk.:ismeretlen szerző, pp. 1-33.
30. Toker, O. S., Palabiyik , I. & Konar , N., 2019 . Chocolate quality and conching. *Trends in Food Science & Technology* 91 , pp. 446-453 .
31. Tran , t. & Rousseau , D., 2016. Influence of shear on fat crystallization. *Food Research International* 81, pp. 157-162.
32. Vásquez , C. és mtsai., 2019. The effect of composition on the rheological behavior of commercial chocolates. *LWT - Food Science and Technology* 111, pp. 744-750.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a két konzulensemnek, Dr. Soós Anitának és Dr. Kaszab Tímeának, a sok biztatásért és segítségért, amit a szakdolgozat készítése során nyújtottak.

Külön szeretném megköszönni Dr. Kaszab Tímeának a reológiai vizsgálatokban nyújtott rengeteg segítséget.

Mezei Krisztina

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Mezei Krisztina**
A Hallgató Neptun kódja: **AWN2HY**
A dolgozat címe: **Csokoládé reológiai vizsgálata**
A megjelenés éve: **2022**
A konzulens tanszék neve: **Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék**

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

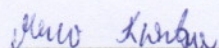
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Budapest, 2022. október 31.


Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Mezei Krisztina (név) (hallgató Neptun azonosítója: AWN2HY)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió¹ áttekinttem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

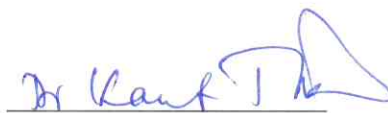
A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre
javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**³

Kelt: 2022 év 10 hó 27 nap



Belső konzulens
Dr. Soós Anita



Belső konzulens
Dr. Kaszab Tímea

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.