

SZAKDOLGOZAT

Sebe Anett

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszermérnök alapképzés

**Mikrohullámú kezelés–és hagyományos pasztörözés hatása a
gyümölcslevek tulajdonságaira**

Belső konzulens:	Dr. Szabó-Nótin Beatrix egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék
Készítette:	Sebe Anett

Budapest
2023

TARTALOM

1. BEVEZETÉS.....	1
2. CÉLKITŰZÉS.....	3
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
3.1. NARANCS (<i>CITRUS SINENSIS</i>)	4
3.1.1. A világ narancstermelése	4
3.1.2. Az Európai Unió narancsgazdasága	5
3.1.3. A narancsfeldolgozás.....	6
3.1.4. A narancs beltartalmi értékei	6
3.2. ALMA (<i>MALUS DOMESTICA</i>).....	6
3.2.1. A világ almatermelése	6
3.2.2. Alma termésmennyiség és termőterület Magyarországon	8
3.2.4. Alma beltartalmi értékei.....	9
3.3. POLIFENOLOK.....	9
3.3.1. polifenol vegyületek és élettani hatásuk	9
3.3.2. Alma átlagos összes polifenol tartalma	10
3.3.3. Narancslé átlagos összes polifenol tartalma	10
3.4. ANTIOXIDÁNS VEGYÜLETEK	11
3.4.1. Antioxidánsok szerepe	11
3.4.2. Alma- és narancslé antioxidáns kapacitása	11
3.5. GYÜMÖLCSLÉ SŰRÍTMÉNY GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA	11
3.4.1. Almalésűrítmény gyártástechnológia.....	12
3.4.2. Narancslésűrítmény gyártástechnológia.....	14
3.5. KERESKEDELMI FORGALOMBAN KAPHATÓ GYÜMÖLCS ALAPÚ ITALOK	14
3.5.1. A Magyar Élelmiszerkönyv gyümölcslevekre vonatkozó előírásai	14
3.5.2. Gyümölcslé fogalma	15
3.5.3. Gyümölcsnektár fogalma	16
3.5.4. Gyümölcscsital fogalma.....	16
3.6 HŐKEZELÉS	16
3.7. A MIKROHULLÁMÚ HŐKEZELÉS.....	19
3.7.1. Mikrohullám, mint elektromágneses sugárzás	19
3.7.2. Mikrohullám alkalmazása az élelmiszeriparban	19
3.7.3. A mikrohullám előnyei a hagyományos melegítési módszerekkel szemben	20
3.7.4. Gyümölcslevek mikrohullámú hőkezelése	21
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	23
4.1 KÍSÉRLETEK HELYSZÍNE.....	23
4.2. FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK.....	23
4.3. A MUNKA MENETE	23
4.3.1. Gyümölcslevek elkészítése.....	23
4.3.2. Hőkezelési folyamatok.....	23
4.4. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	24
4.4.1. Vízoldható szárazanyagtartalom meghatározása	24
4.4.2. A sűrűség meghatározása	25
4.4.3. pH mérés	26
4.4.4. Színmérés.....	26
4.4.5. A viszkozitás meghatározása	27
4.4.6. Összes polifenol-tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel	28
4.4.7. Antioxidáns kapacitás meghatározása FRAP módszer alapján	30

5. EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSE	32
5.1. A MINTÁK A TÁROLÁS SORÁN	32
5.2. HŐKEZELÉSEK MÉRTEZÉSE.....	33
5.3. VÍZOLDHATÓ SZÁRAZANYAGTARTALOM MEGHATÁROZÁSA.....	35
5.4. A SÚRÚSÉG MEGHATÁROZÁSA	36
5.5. PH MÉRÉS	37
5.6. SZÍNMÉRÉS	38
5.6.1. <i>L*, a* és b* értékek eredményei</i>	<i>38</i>
5.6.2. <i>Színkülönbségek eredményei.....</i>	<i>39</i>
5.7. A VISZKOZITÁS MEGHATÁROZÁSA	40
5.8. ÖSSZES POLIFENOL-TARTALOM EREDMÉNYEI.....	42
5.9. ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS EREDMÉNYEI	43
6. ÖSSZEFOGLALÁS	46

Sebe Anett szakdolgozat

1. Bevezetés

Az egészséges életmódhoz elengedhetetlen a megfelelő mennyiségű zöldség és gyümölcs fogyasztása. A mai világban egyre elterjedtebb ezen élelmiszerek nagyobb mennyiségben való fogyasztása. A WHO ajánlása szerint legalább 400 gramm zöldséget és gyümölcsöt kellene fogyasztanunk naponta a megfelelő mennyiségű rost beviteléhez, illetve, hogy a krónikus betegségek kockázatát csökkentsük. (internet 1.) Napjainkban népszerű lett a smoothie-k és frissen préselt gyümölcslevek fogyasztása, ami megfelelő összetevőkkel, fehérjével és szénhidrátokkal tápláló és egészséges reggeli, mindezen túl hosszú órákig eltelíti a szervezetet.

A kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcslevek tartósítási folyamaton mennek keresztül, ami minden esetben hőkezelés, amely egyik legelterjedtebb tartósítási módszer a gyümölcslevek gyártástechnológiája során. Elsősorban a célja az eltarthatóság növelése. Azonban ez a hőterhelés emellett egyéb változásokat is okozhat a préselt lé biológiai és beltartalmi értékeit illetően. Hőre bomló vitaminok mennyisége csökken, a színben is változások lépnek fel, ami főleg enzimatisz folyamatoknak köszönhetően következik be.

Az élelmiszeripar az utóbbi évtizedekben nagy érdeklődést mutat új tartósítási technológiák kifejlesztésében. Az új módszerek többnyire nem a hővel való kezelésre helyezik a hangsúlyt, ezzel magasabb minőségű terméket eredményezve. Ezek a technológiák a hagyományos pasztörözési és sterilizációs folyamatokhoz képest sokkal energiatakarékosabbnak és környezetbarátabbnak bizonyulnak. Azonban vannak olyan új irányzatok, amik szintén termikus változással járnak, ugyanakkor gazdaságosabbak, mint a már elterjedt hőkezelési megoldások. Az előbbi, nem termikus alapú módszerek között a legelterjedtebb fejlesztések a pulzáló elektromos mező alkalmazása, magas nyomás alatti kezelés, mikrohullámú kezelés. Az előbbi kezelés azt használja ki, hogy az élelmiszert erős elektromos térbe helyezve, a mikroorganizmusok jelentős mértékű inaktiválását eredményezi. Előnye, hogy mikrobiológiai stabilitást eredményez anélkül, hogy egyes nem kívánt elváltozások, mint például vitaminok bomlása, fehérjék denaturációja bekövetkezne. A magas nyomás alkalmazása 500 és 10000 bar között mikroorganizmusok inaktiválódását okozza. Ennek hátránya, hogy a vegetatív mikroorganizmusok pusztulását okozza, viszont a baktérium spórák ellen nem bizonyult hatásosnak. (Sinha et al, 2012.) A mikrohullámú kezelés termikus eljárás, amely a hagyományos pasztörözéssel szemben a hő magában az anyag belsejében keletkezik, és egyenletesen melegszik fel. Manapság többféle alkalmazási területe van már ennek az élelmiszeripar területén. Alkalmazzák mikrohullámú szárításként, illetve pasztörözés új

módszereként is. Ebben az esetben a mikrohullámú térben az elektromos tér erőt fejt ki a dielektromos anyagokra (az élelmiszerek dielektrikumnak tekinthetők), így generálva a hőt az anyagban, illetve Alkalmas mikroorganizmusok inaktiválására is. (László et al, 2005)

A dolgozatomban a mikrohullámú kezelés, mint új módszert hasonlítom össze a hagyományos hőkezeléssel. Azt vizsgálom, hogy végeredményben a mikrohullámmal kezelt minták minősége jobb lesz-e egyrészt érzékszervi szempontból, ami relatív, illetve tartalmi szempontból, értékes anyagok mennyiségét tekintve.

Sebe Anett szakdolgozat

2. Célkitűzés

A szakdolgozatomban elvégzett vizsgálatok célja különböző hőkezelési folyamaton átesett, frissen készített gyümölcslevek időbeli változásainak megfigyelése egyes beltartalmi értékek és fizikális tulajdonságok szempontjából. Azt vizsgáltam, hogy a mikrohullámmal kezelt gyümölcslevek érzékszervileg és beltartalmilag jobb minőségűek lettek-e, mint a hagyományos módon hőkezelt társaik. Az általam felhasznált gyümölcs alma és narancs volt. Ezekből a gyümölcsökből készült leveket háromféle módon pasztöröztem: pasztörkádban 80 °-on és 90 °C-on, illetve mikrohullámmal, 700 Watt teljesítményen, 2450 MHz frekvencián. A vizsgált paraméterek magukban foglalják a következőket: színjellemzők, vízdoldható szárazanyagtartalom, sűrűség, viszkozitás, összes polifenol tartalom és antocianin kapacitás mérése.

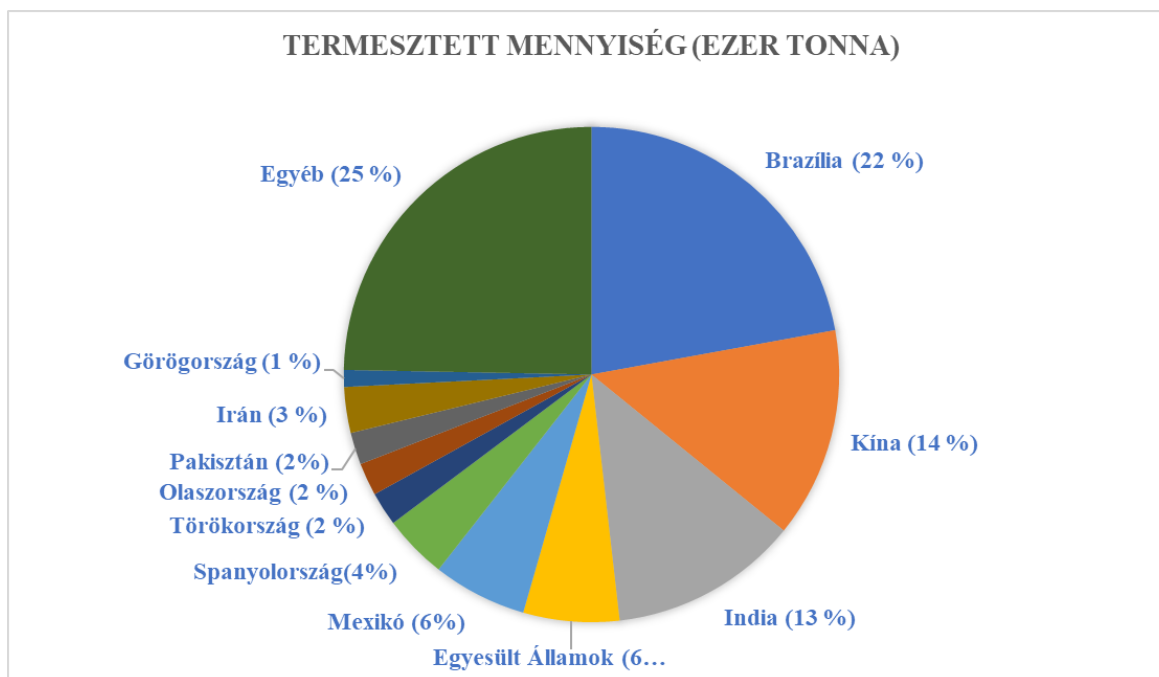
Tárolási kísérletet végeztem a gyümölcsleveken, hogy nyomon követhessem a fentebb említett paraméterek és beltartalmi értékek időbeli változásait. Ehhez hat hónapig tároltam őket összesen. Méréseket a 0. nap, 3. hónapnál és a 6. hónapnál végeztem. Így össze tudtam hasonlítani, hogy fél év alatt hogy befolyásolták a gyümölcslevek bizonyos tulajdonságait a különböző hőkezelési módszerek.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Narancs (*Citrus sinensis*)

3.1.1. A világ narancstermelése

A narancs alapú üdítőitalok a világon nagy népszerűségnek örvendenek. A nagy mennyiségű narancsot termelő országok a déli mediterrán éghajlaton találhatók, mivel azokon a területeken kedvezőek ehhez a termesztési körülmények. A citrusfélék általánosságban sok csapadékot és napsütést igényelnek, ehhez a szubtrópusi éghajlat a megfelelő, ahol az évi középhőmérséklet 10 és 20 °C között mozog (Morton, 1987). Az északibb területen fekvő országok időjárásuk miatt importra szorúlnak a gyümölcsből. Az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet a 2011 és 2019 között összegyűjtött éves narancstermelésre vonatkozó mennyiségeket országokra lebontva mutatja be. Ez alapján elmondható, hogy a legtöbb narancsot a világon Ázsiában termesztik, átlagosan 23-24 millió tonnányit évente. Ezen belül az ezt vezető országok Kína, India, Irán, Pakisztán, Törökország. A sorrendben következő kontinens Dél-Amerika évi átlagos 20 millió tonnával, aminek a 80 %-át Brazília adja, amely ország így ezzel a világ legnagyobb narancstermelője. Jelentős mennyiséggel járul hozzá a készlethez Afrika és az Egyesült Államok is, bár az utóbbi ez alatt a 9 év alatt már csak feleannyit termesztett ebből a citrusféléből. Közép-Amerika termésmennyiségének – ami évi átlagos 5,5 millió tonna – a nagy hányadát Mexikó teszi ki. Napjainkban ez a gyümölcs szinte minden országban megtalálható a boltok polcain, természetessé vált a fogyasztásuk olyan területeken is, amik teljesen alkalmatlanok ennek termesztésére. A legnagyobb exportőrök afrikai és európai országok. Afrika exportjának szinte az egészét Egyiptom és Dél-Afrika fedezi, amely 2018-ban közel 3,8 millió tonnát jelentett. Nem elhanyagolható mennyiséget visznek ki az Amerikai Egyesült Államokból sem, ám 2011 és 2019 között ez a mennyiség a termesztett mennyiséggel egyenes arányban csökkent. Annak ellenére, hogy Brazília áll a termesztés élén, csekély exporttal rendelkezik, Dél-Amerikán belül is csak a negyedik legnagyobb exportőr (Food and Agriculture Organization, 2020).



1. ábra A narancs termesztésének megoszlása a világ legnagyobb termelői országaiban. (FAO, 2021 adatai alapján saját szerkesztés)

3.1.2. Az Európai Unió narancsgazdasága

Az Európai Unió tagállamai 2018-ban összesen 6,5 millió tonna narancsot termeltek, aminek több, mint a felét, azaz 56 %-át Spanyolország adta. Az éghajlat kedvező körülményeket biztosít még Olaszországban és Görögországban is nagyobb mennyiségű termesztésre. Az előbbi 1,6 millió tonnával 24 %-át, utóbbi pedig 0,9 millió tonnával 14 %-át teszi ki az Unió termelésének. Az összes narancstermő terület 274000 ha, aminek a termeléssel arányosan a felét Spanyolország birtokolja. A világkereskedelem döntő része az EU tagországok között zajlik. 2018-ban közel 2,7 millió tonnát exportáltak a tagországok e déli gyümölcsből, körülbelül 1,9 milliárd euró értékben, amelynek a döntő hányada – 2,3 millió tonna – az Unió országok felé történt. Ezt nevezzük intra-EU exportnak. Hozzávetőleg 320000 tonna narancsot exportálnak nem uniós tagországoknak, aminek az 51 %-át Spanyolország biztosítja. Emellett az Európai Unió tagországai jelentős mennyiséget importálnak Európán kívülről is. Ugyanebben az évben nagy mennyiségű, 1,1 millió tonnát importáltak a citrusféléből, aminek mintegy $\frac{3}{4}$ -e Dél-Afrikából és Egyiptomból származott. Emellett a behozott gyümölcs maradék negyede Törökországból, Uruguay-ból és Argentínából származik. (Internet 2.)

3.1.3. A narancsfeldolgozás

A narancs egy kisebb hányadát friss, nyers fogyasztásra szánva értékesítik, nagyobb részét pedig feldolgozzák frissen préselt gyümölcslének, narancs alapú üdítőnek, vagy sűrítményeket állítanak elő belőle. Brazíliában és az Egyesült Államokban a magas termelt mennyiség és az aránylag alacsony export arra enged következtetni, hogy a gyümölcs legnagyobb részét feldolgozzák és ezeket a termékeket értékesítik a világpiacon. Brazília a világ narancslékészítmények exportjának 50-60 %-át birtokolta 2018-ig, az évek alatt viszont csökkenő trend figyelhető meg. (Jámbor és Czirkli, 2021)

3.1.4. A narancs beltartalmi értékei

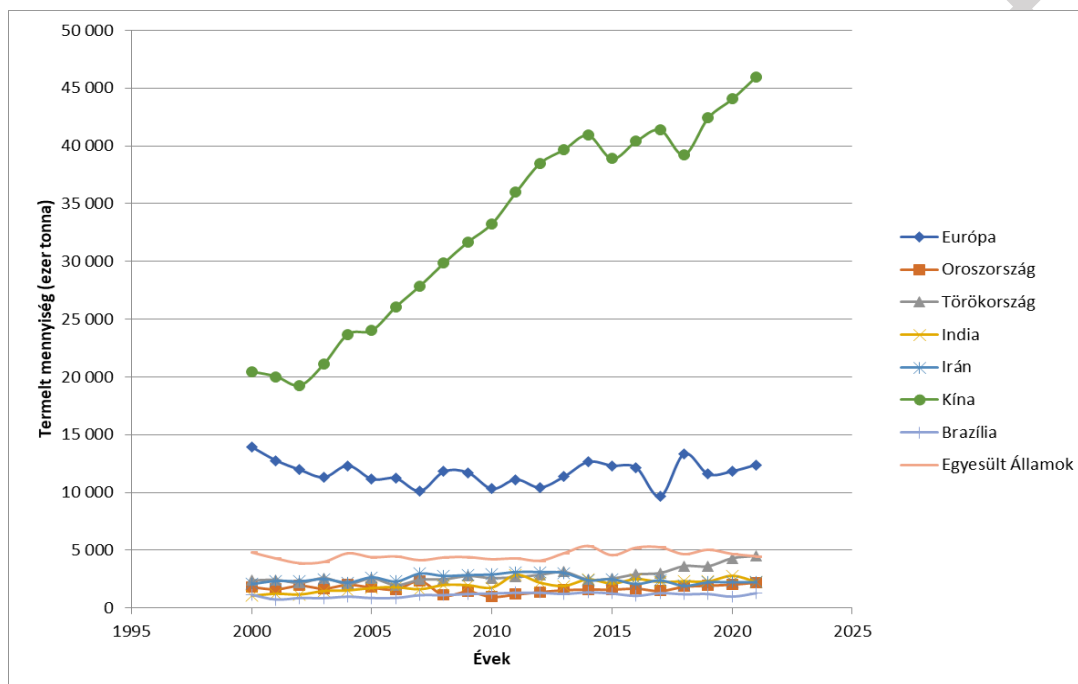
A narancs rendkívül közkedvelten fogyasztott gyümölcs a világon, ami kellemesen fanyar íze mellett számos jótékony hatással rendelkezik a szervezet számára. Elsősorban kiemelkedően magas C-vitamin tartalmáról ismert, amiből 100 gramm gyümölcs 50-60 mg-ot tartalmaz. Magyarországon az ajánlott napi beviteli mennyiség 90 mg, aminek több mint a felét fedezi 100 gramm elfogyasztott narancs. Elegendő mennyiségű fogyasztása erősíti az immunrendszert, antioxidáns hatású, illetve növeli a vas felszívódását is (Internet 3) Magas vitamin és ásványianyag tartalmának köszönhetően sokféle betegség esetén jótékony hatással rendelkezik. Hatékony például vérszegénység, étvágytalanság, érrendszeri problémák esetén, influenzából való mielőbbi felépülés elősegítésében. Emellett gazdag kalciumban illetve B6 vitaminban is. Magas rosttartalmának köszönhetően emésztést segítő hatású. Található még benne B1, B12 vitamin, folsav, magnézium és kálium is. Sárga színét többnyire a benne megtalálható egyik antioxidáns, a karotin adja. (Internet 4.)

3.2. Alma (*Malus domestica*)

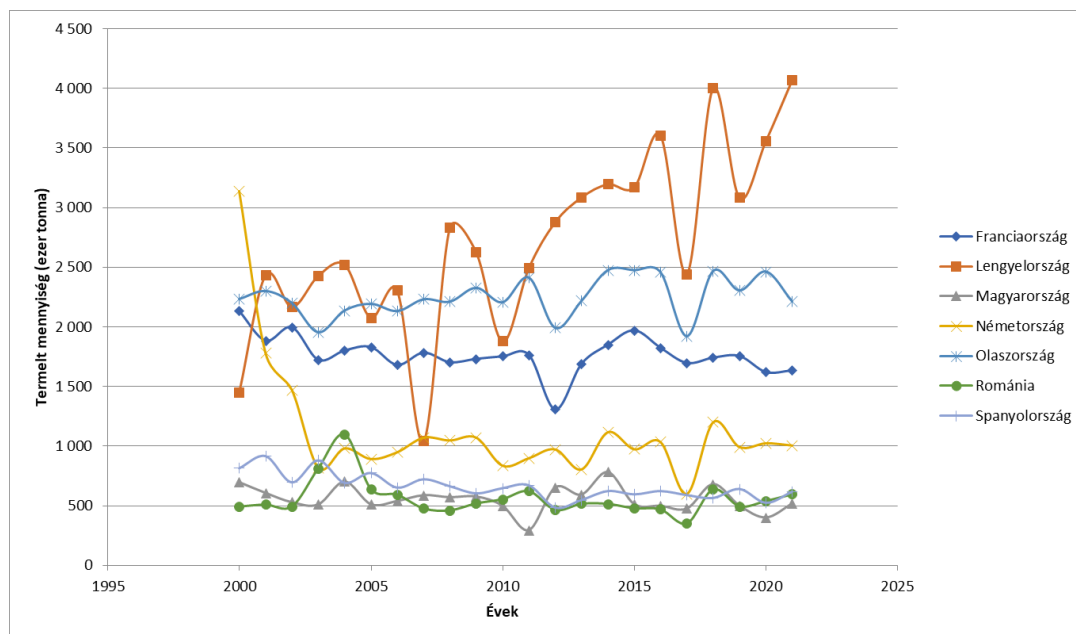
3.2.1. A világ almatermelése

A narancs mellett az alma is hasonlóképp nagy népszerűségnek örvend a világon, főleg a mérsékelt éghajlatú területeken termesztik őket, de világszerte fogyasztják. (Sinha et al., 2012) Az 2. ábra a világ legnagyobb almatermelő országainak termelésmennyiségének alakulását szemlélteti 2000 és 2021 között. Egyértelműen elmondható, hogy ebben az első helyen Kína áll, évente folyamatosan növekvő tendenciát mutatva. 2016 után már szinte az összes évben meghaladta a 40 millió tonna termés mennyiséget, ami többszöröse bármelyik másik ország által termelt tételnek. A második helyen áll az Egyesült Államok e tekintetben, ahol átlagosan évi 4-5 millió tonnányi almát termelnek. Európa összes országa évente 10 és 15 millió tonnányit

termel e gyümölcsből. Az Európán belüli országok almatermelésének megoszlását az 3. ábra mutatja be, amelyben a legnagyobb mennyiséget termelő országok adatait tüntettem fel. Az ábra alapján 2000 és 2011 között folyamatosan változó volt a termesztett mennyiség országonként, a rangsor folyamatosan változott. 2011 után egyértelműen Lengyelország vált Európa legnagyobb almatermesztő országává. Öt követi stabilan Olaszország évente 2 és 2,5 millió tonnányi mennyiséggel, majd 3. helyen áll Franciaország évente 1,5 és 2 millió tonna közötti termelt mennyiséggel. (Internet 5.)



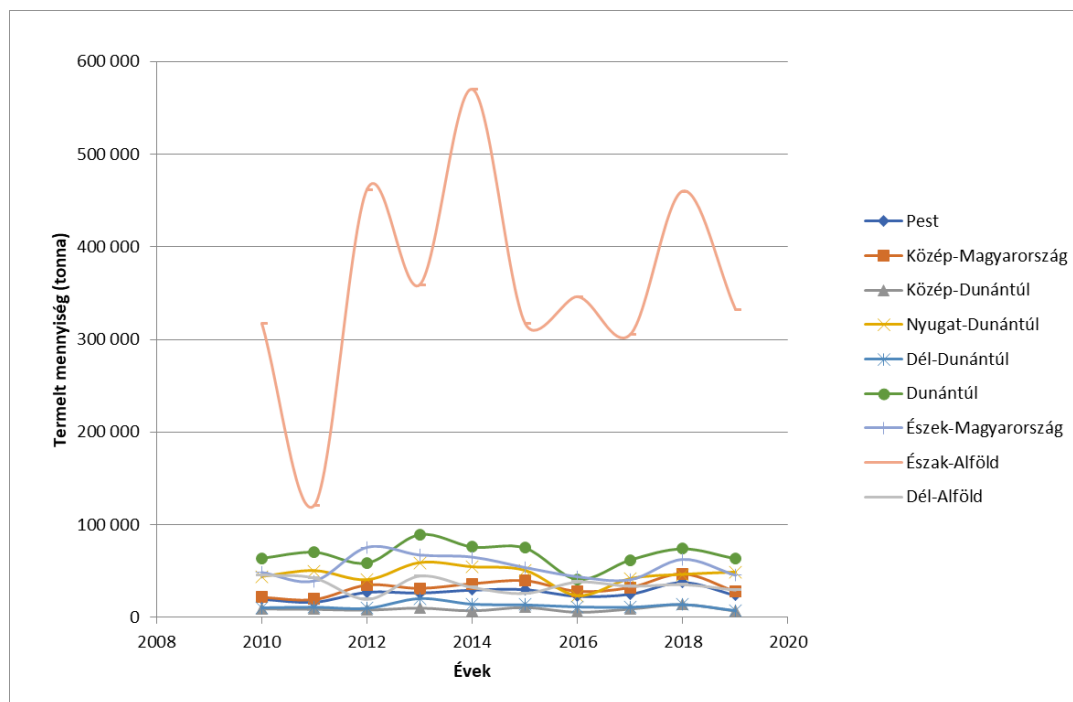
2. ábra Almatermesztés mennyiségi megoszlása a világ legnagyobb termelő országában és Európában 2000 és 2021 között. (Internet 5. adatai alapján saját szerkesztés))



3. ábra Almatermesztés mennyiségi megoszlása Európa legnagyobb termelő országaiban 2000 és 2021 között. (Internet 5. adatai alapján saját szerkesztés)

3.2.2. Alma termés mennyiség és termőterület Magyarországon

Országunkban a gyümölcsös terület nagysága 2019-ben 94,4 ezer ha volt. Az almatermelés szempontjából legjelentősebb terület Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, ami 2019-ben az összes betakarított alma 59 %-át tette ki (KSH). A Magyarországon termelt mennyiségek régiónkénti megoszlását ezen gyümölcsből a 4. ábra mutatja be. Egyértelműen megállapítható, hogy magasan az észak-alföldi régióban termesztik a legnagyobb mennyiségű almát, amibe a már említett Szabolcs-Szatmár-Bereg megye is beletartozik. A többi régióban 100000 tonna alatti a termelt tömeg. (Internet 6)



4. ábra Almatermesztés mennyiségi megoszlása Magyarországon 2010 és 2019 között. (Internet 6 adatai alapján saját szerkesztés)

3.2.4. Alma beltartalmi értékei

Az alma egy utóérő gyümölcs, amelyet a világon általánosan majdnem mindenhol termesztnek. A benne természetesen előforduló polifenolok és antioxidáns hatású vegyületek rendkívül jótékony hatással vannak az emberi szervezetre. A testünkben található biomolekulákra, mint például fehérjékre, DNS molekulákra védő hatást fejtenek ki az oxidatív stressz ellen. gazdag forrása egyes vitaminoknak és ásványi anyagoknak, emellett az összes rosttartalma körülbelül 2 %. Ásványi anyagok közül legnagyobb mennyiségben tartalmaz káliumot, ezen kívül található benne vas, magnézium, foszfor, nátrium, cink. (Sinha et al., 2012)

3.3. Polifenolok

3.3.1. polifenol vegyületek és élettani hatásuk

A polifenolok olyan kémiai vegyületek, melyek legalább egy, hat szénatomból álló aromás gyűrűt és hozzá kapcsolódó hidroxilcsoportot tartalmaznak. A „poli” jelző a fenolos csoportok többszámára utal. Kémiai értelemben megkülönböztetünk egymástól nem flavonoid és flavonoid fenolokat, illetve tanninokat. (Pók & B. Tóth, 2012) A gyümölcsökben általánosan megtalálható vegyületek ebbe a csoportba tartozóan például a flavonok, flavonolok, antocianinok, procianidok illetve fenolsavak. (Díaz-García, et al., 2013)

A gyümölcsökben és zöldségekben többnyire nagy mennyiségben megtalálható polifenolos vegyületek pozitív élettani hatásairól rengeteg kutatás készült már. Rákellenes hatásukat is bizonyították már. Le Marchand (2000) egyértelműen ellentétes összefüggést tapasztalt a kvercetin tartalmú élelmiszer és a tüdőrák kialakulásának hajlamában. Egy finn tanulmány 24 éven keresztül vizsgált 10000 nőt és férfit, aminek eredménye kimutatta inverz hatását a flavonoidok fogyasztásának és a tüdőrák kialakulásának. (Knekt et al. 1997) Egyéb élettani hatást illetően a szív- és érrendszeri betegségekkel szemben is jótékony hatással bírnak ezen vegyületek. A betegség kialakulási hajlama alma rendszeres fogyasztásával csökkenthető, amely az almában nagy mennyiségben található flavonoid vegyületeknek tudható be. (Boyer & Liu 2004)

3.3.2. Alma átlagos összes polifenol tartalma

Az alma rendkívül gazdag természetes polifenolokban és fitokemikáliákban, a piros héjú almák mérhető mennyiségű antocianint is tartalmaznak, amelyek mind pozitív hatással bírnak az emberi szervezetre. Szakirodalmi adat alapján az alma héjában található átlagos polifenol koncentráció 1323,6 mikrog GAE/g, a húsból pedig 429,6 mikrog GAE/g, a Folin-Ciocalteu módszert alkalmazva. A frissen préselt almalében található totális polifenol koncentráció átlagosan 63,84 és 163,35 mg GAE/l között változik. Ez a tartalom bizonyos idejű tárolás után 50,99 és 139,43 mg GAE/l-re csökkenhet. (Sinha et al., 2012)

Díaz-García és társai kutatásában (2013) azonban a boltokban kapható almalé összes polifenol tartalom vizsgálatának eredményeképp 114,212 mg GAE/ 100 ml koncentrációt kaptak.

3.3.3. Narancslé átlagos összes polifenol tartalma

Mahdavi és társai (2010) frissen préselt gyümölcsök levében található polifenol koncentrációját hasonlították össze a már boltokban kapható verzióikkal. Narancs esetében az előbbire eredményül 54,28 mg GAE/100 ml, azaz 542,8 mg/L koncentrációt kaptak. A kereskedelmi forgalomban kapható társainál 42,84 mg GAE/100 ml, azaz 428,4 mg/L koncentrációt mértek. Eredményül csökkenést tapasztaltak polifenol tartalom szempontjából, ami azonban kis mértékű volt, így következésképp a kereskedelmi forgalomban lévő 100 %-os gyümölcslevek jó forrásai az egészséget támogató bioaktív komponenseknek. Díaz-García et al. kutatásukban a bolti gyümölcsleveket vizsgálták HPLC technológia és az általam is használt Folin-Ciocalteu módszer segítségével polifenol tartalom szempontjából, aminek eredményeképp a narancslében 84,059 mg GAE/100 ml koncentrációt kaptak.

3.4. Antioxidáns vegyületek

3.4.1. Antioxidánsok szerepe

Az emberi szervezet számára az antioxidánsoknak kiemelt fontosságú szerepe van. Ezek olyan vegyületek, amelyek hatásmechanizmusuk révén gátolják az egyes egészségre káros folyamatok egészségromboló hatását. Ilyen például a szabad gyökök megkötése, amely azért fontos, mert a szervezetben felgyülemelő szabad gyökök olyan krónikus betegségek okozói, mint a daganatos megbetegedések, illetve szív- és érrendszeri problémák. Ezen felül ezek a vegyületek megakadályozzák a DNS és a sejtmembrán károsodását is. Legnagyobb mennyiségben zöldségekben és gyümölcsökben fordul elő, így az általam készített és vizsgált gyümölcslevekben ezért végeztem erre vonatkozó vizsgálatokat is. (internet 7)

Bizonyított, hogy a narancslé fenolos vegyületei egyértelmű összefüggésbe hozhatók az antioxidáns kapacitással. A polifenolok jelentősen hozzájárulnak a gyümölcslé antioxidáns tartalmához, ahhoz képest, hogy többségben aszkorbinsav alkotja azt. (Kelebek et al., 2009)

3.4.2. Alma- és narancslé antioxidáns kapacitása

Egy 2003-as kutatás többféle pasztörözésen átesett narancsleveket vizsgált antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom szempontjából, ahol azt is vizsgálták, hogy az antioxidáns vegyületeken belül mik és milyen arányban találhatóak meg. Minden narancslé esetében az jött ki eredményül, hogy ezen vegyületek legalább 99 %-át alkotja a C-vitamin. (Sánchez-Moreno, et al., 2003).

A zöldségek és a gyümölcsök bizonyítottan nagy mennyiségben tartalmaznak antioxidáns hatású bioaktív összetevőket. Ezek közül a legköztudottabb a C- és E-vitamin, illetve karotinoidok. Emellett szintén antioxidánsnak tekinthetők a már korábban említett polifenolok is. A narancslében a többi gyümölccsel szemben nagy mennyiségű karotinoid is megtalálható, amik az A-vitamin provitamin összetevői, és amelyek szerepet játszanak a rák, szív- és érrendszeri betegségek kialakulási arányának csökkentésében. (Sánchez-Moreno et al., 2003)

3.5. Gyümölcslé sűrítmény gyártástechnológia

A gyümölcsfeldolgozás során nyert levet préslének nevezik, amelyet egyrészt közvetlen használhatnak fel, esetlegesen további feldolgozási műveletekkel együtt, mint például derítés, vitaminok hozzáadása, másrészt sűrítéssel félkészterméket állítanak elő belőle. Az üzletek polcain ma már rendkívül sokféle gyümölcs alapú ital megtalálható, amelyeket külön csoportba is lehet osztani. Talán a legnépszerűbb kategóriák a piacon a derített, szűrt levek és a rostos

gyümölcs- és zöldséglevelek. Ezek mellett beszélhetünk még gyenge alkoholtartalmú gyümölcslevekről, mint például a „cider”-ek, derített és szűrt levek sűrítményeiről, gyümölcs alapú szörpökről, illetve egyéb italokról. Utóbbiak közé sorolhatóak a diétás, illetve munkahelyi védőitalok. (Barta et al. 2007)

Az iparban a gyümölcs alapanyagokból legnagyobb arányban szűrt sűrítményt, kisebb arányban rostokat és kolloid részeket tartalmazó sűrítményt állítanak elő. (Barta et al., 2007) A kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcs alapú italokat legtöbbször sűrítményből állítják elő. Ennek az az oka, hogy a gyümölcslégyártó cégek részben vagy egészben importból szerzik be a termékeikhez szükséges alapanyagokat, ami egyrészt a szállítás szempontjából sokkal gazdaságosabb amiatt, mert így a léből elvont vizet nem kell szállítani, sokkal nagyobb szárazanyag mennyiséget lehet ezáltal eljuttatni az üzemekbe.

Másrészt mikrobiológiai szempontból biztonságosabb félkészterméket eredményez. A besűrítés egy vízelvonásos tartósítási mód, amely esetben a cél az élelmiszer vízaktivitásának, azaz szabad, kötetlen víztartalmának lecsökkentése egy bizonyos mértékig. Ezzel csökkenthető a mikroorganizmusok szaporodási sebessége és a lappangási szakasz. Ez önmagában nem eredményez kereskedelmileg steril terméket. Vannak azonban olyan ozmofil mikroorganizmusok, amik nagy, 60 %-os cukorkoncentráció esetén is tudnak szaporodni. (Deák et al., 2006) A gyümölcsök cukortartalmát Brix-index-szel jelölik, amely azt hivatott jelezni, hogy 100 gramm lében mennyi szacharóz található. Ez az érték összefüggésben van a sűrűséggel is. Alma- és narancssűrítmény esetében ez az érték 70 feletti általában. (Kurmai, 2016)

3.4.1. Almalésűrítmény gyártástechnológia

Magyarországon a termesztett alma körülbelül 70-80 %-a feldolgozásra kerül, ami magasabb a Lengyelországban és Kínában feldolgozott aránynál. (Tóth-Kurmai, 2018)

A feldolgozás a nyersanyag mennyiségi és minőségi átvételével kezdődik. A beszállított nyers alma felhasználásig való tárolása rendszerint talajszinten, vagy az alatti süllyesztett tárolókban, bunkerekben történik. Ezek a módszerek hatalmas mennyiségű almát képesek tárolni. A tisztítás folyamata már azzal megkezdődik, hogy úsztatóvályúban az üzemen belülről szállítják az almát, ahol egy vízleválasztó után valamilyen mosóberendezésbe kerül, majd válogatás során az idegen anyagokat és romlott, felhasználásra alkalmatlan darabokat kiválogatják. A következő művelet a zúzás, melynek során a cél a sejtek feltárása, és mivel egy keményhúsú gyümölcsről van szó, általában almamarót használnak ehhez a folyamathoz. (Barta et al., 2007)

Az így kapott zúzalékban hirtelen megnő az enzimaktivitás, ami kedvezőtlen elváltozásokat okozhat. Egyik jellemző megnyilvánulása a barnulás ez esetben, a cél ennek elkerülése. Emiatt a préselés előtt zúzalékkezelést alkalmaznak. A művelet célja a káros enzimes folyamatok megakadályozása, illetve a kipréselhető lé mennyiségének növelése. Alma esetében enzimes kezelést alkalmaznak, melynek során pektin- és cellulózbontó enzimkészítményeket adnak a zúzalékhoz, amellyel meghatározott ideig kezelik. Ez az idő függ a kezelési hőmérséklettől, és az enzimkészítmény koncentrációjától. (Barta & Körmendy 2007)

A zúzalékkezelési idő letelte után a présbe kerül a gyümölcs. A lényerés folyamata során a cél a lé elválasztása a szilárd részekről. A visszamaradó alakos részeket nevezik törkölynak. Itt a sajtolással a már enzim- vagy termikus kezelés hatására sejtekből feltárt levet választják le a préselési nyomással. Ezután hőcserélőn keresztül pasztörözik a levet, és a későbbi felhasználásig hűtve tárolják. Ezen folyamat után kapott termék egy zavaros, nem áttetsző lé, amit a benne lévő kolloid és oldhatatlan anyagok tesznek átláthatatlanná. Ezért a szűrt sűrítmény előállításához ezt a préslevet tisztítási folyamatoknak kell alávetni. Ennek célja a későbbi zavarosodások és kiválások megakadályozása, illetve érzékszervi tulajdonságok javítása. A tisztítás művelete történhet kémiai, enzimes és fizikai módszerrel is. Az előbbi nevezik derítésnek, amely kolloidkémiai, elektrokémiai és fizikai-kémiai folyamatok lejátszódásának eredményeképp tisztul a lé. Az élelmiszeriparban erre a célra alkalmazott kémiai derítőszer közé tartozik a szén, bentonit és kovasav, amelyek adszorpciós úton kötik meg a zavarosodást okozó óriásmolekulákat. Enzimes derítés során a maradék pektin lebontása a fő cél. Fizikai tisztító műveletek közé tartozik a szűrés és centrifugálás. Az utóbbi módszernél a gyümölcslében levő szilárd részecskék centrifugális erő hatására ülepednek ki. ezzel inkább a nagyobb növényi részek távolíthatóak el a léből, alkalmazzák rostszegényítésre is. A szűrés során valamilyen perforált felületen kényszerítik át a levet, így az óriásmolekulák fennakadnak a szűrőfelületen. Többszörösen elvégezhető művelet, a pórusok méretének megválasztásával lehet befolyásolni a termék tisztaságát. (internet 8.)

A következő művelet a besűrítés, amihez a leggyakrabban használt mód a bepárlás, amit bepárló berendezések segítségével végeznek el. E művelet célja minél több víz eltávolítása forralással. A víz magas forráspontja miatt a folyamat során értékes illó komponensek vesznek el a termékből. Ezért alacsonyabb nyomás alkalmazásával, a termék értékes komponenseire nézve kíméletesebben végrehajtható a folyamat. Gazdaságossági cél még az arra való törekvés, hogy az elpárologtatás energia- és vízigénye a lehető legkisebb legyen. Mivel a sűrítendő nyersanyagok a folyamat során kémiai, reológiai, illetve termikus szempontból változóan

viselkednek, minden gyümölcs, vagy zöldség alapanyag esetében „személyre szabottan” kell végrehajtani ezt a műveletet. Egyes gyümölcsök esetében gyakran aroma-visszanyerőkkel szerelik fel a bepárló berendezéseket, mivel ezek a sűrítési folyamat elején a magas hőmérséklet hatására elillannak. (Barta et al. 2007)

A kapott sűrítmény egy félkésztermék, amit további felhasználásig tárolnak vagy értékesítenek. Ezalatt az idő alatt, a mikrobiológiai romlás elkerülése érdekében vagy fagyaszttva, többnyire hordókban tárolják a terméket, vagy megfelelő pasztörözéssel steril zsákokba töltik aszeptikus módon.

3.4.2. Narancslésűrítmény gyártástechnológia

A narancslevet természetes, szűretlen, azaz „cloudy” állapotában fogyasztják előszeretettel. A derítő, tisztító folyamatok hatására elveszne a gyümölcslé narancs jellege, erősen befolyásolná az ízt, illetve a megjelenését. A narancssűrítvány előállításának folyamata szinte teljesen megegyezik az almalésűrítványéval. Többnyire abban különbözik a két eljárás, hogy az előbbinek a gyártása során kimaradnak a létisztító műveletek. A narancs feldolgozása során a lé pasztörözése szempontjából a hőterhelés mértékét nem a mikroorganizmusok inaktiválásának mértéke szabja meg, hanem az enzim inaktiválás folyamata, ami magasabb hőmérsékletet igényel. A feldolgozás során a nyersanyag mosását áztatással kezdik, amelyben vegyszerek segítségével tisztítják a héjat a szennyeződésektől. Kefék használatával növelik a tisztítás hatékonyságát, majd ezt egy tiszta vizes öblítés követi. A fertőtlenítés megfelelősége egy kritikus pont, amit HACCP rendszer szerint ellenőrizni kell. A lényerés folyamatához narancspréseket használnak, amelyeknek számos fajtájuk használatos. Mindegyik eszköz valamilyen módon félbe, vagy több részre vágja a gyümölcsöt a folyamat elején. Ezek az eszközök tudják szabályozni a végtermékbe kerülő gyümölcshús, olaj mennyiségét. A magot és a gyümölcshúst centrifuga segítségével távolítják el a présleből. A gyümölcs olajtartalmát lehet szabályozni forró vízben 1-2 percig való áztatással is. A feldolgozás során fontos az olajtartalom minimalizálása, amelyet vákuumbepárlók segítségével érik el. Majd a besűrítés folyamata a fentebb említett almáéhoz hasonló. (Sinha et al, 2012)

3.5. Kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcs alapú italok

3.5.1. A Magyar Élelmiszerkönyv gyümölcslevekre vonatkozó előírásai

Az Európai Parlament és Tanács 178/2002/EK rendelete az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről szól. Ez tartalmazza az Európai Unió élelmiszerbiztonsági alapelveit. A

gyümölcs alapú italokra ez a rendelet komoly követelményeket ír elő, amelyeket a Magyar Élelmiszerkönyvben olvasható jogszabályok ismertetnek, azon belül a gyümölcslevekről és más hasonló, emberi fogyasztásra szánt termékekről az 1-3-2001/112 számú előírás szól. Az egyik legfontosabb szabály a termék elnevezésén alapul, amit legtöbbször a %-ban meghatározott gyümölcstartalom szab meg. A dokumentumban felsorolt termékfajták mindegyikére meghatározott elnevezés tartozik, amit a csomagoláson fel kell tüntetni.

A Magyar Élelmiszerkönyv ezen gyümölcslevekről szóló melléklete hat egységből áll, „A”-tól „F”-ig elnevezve az egyes részeket. A „B” részben történik a termékek nevének meghatározása általában gyümölcstartalom vagy előállítási mód alapján, és adott termékekre kötelezően azt a megnevezést kell használni. Az „A” részben a csomagoláson való bizonyos információk feltüntetésével kapcsolatban olvashatók szabályok, amikben a „B” részben felsorolt fogalmakra történik hivatkozás. (Magyar Élelmiszerkönyv, 1-3-2001/112)

3.5.2. Gyümölcslé fogalma

A Magyar Élelmiszerkönyv fentebb említett előírása a következőképp definiálja a gyümölcslé fogalmát: „Olyan erjeszhető, de nem erjesztett termék, amelyet a gyümölcs egészséges és érett, friss, hűtéssel vagy fagyasztással tartósított, egy vagy több gyümölcsfajta összekeverésével előállított, ehető részéből nyertek, amely rész jellegzetes színe, aromája és íze a termék előállításához felhasznált gyümölcsnek a levére jellemző. Az ugyanazon gyümölcsfajtából megfelelő fizikai eljárással kivont aroma, gyümölcspép és rostok a későbbiekben visszaadagolhatók a léhez.” Ezekhez a termékekhez nem adható hozzá cukor, sem adalékanyag, mint például tartósítószer, savanyúságot szabályzó anyag. (MÉ, 1-3-2001/112)

Ha a gyümölcslevet sűrítményből állítják elő, az erre vonatkozó fogalom a következő: „A 2. pontban meghatározott sűrített gyümölcslé olyan ivóvízzel történő hígítása útján készült termék, amely teljesíti az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló kormányrendeletben előírt kritériumokat.” (MÉ 1-3-2001/112) Itt kitér olyan kritériumokra is, hogy a termék vízzoldható szárazanyagtartalmának el kell érnie a megfelelő gyümölcsre vonatkozó, szintén ebben a dokumentumban rögzített minimális Brix-értéket. Előírás szerint ezen termékek előállítása során gyümölcspürével, gyümölcspüre-sűrítménnyel összekeverhetők. (MÉ 1-3-2001/112)

3.5.3. Gyümölcsnektár fogalma

Az Élelmiszerkönyv 1-3-2001/112 számú előírása szerint a gyümölcsnektár olyan erjeszthető, de nem erjesztett termék, amely a dokumentumban már korábban meghatározott termékekhez, pürékhez, sűrített gyümölcspürékhez víz, cukor illetve méz hozzáadásával készül. Ezen termékeknel szintén az ugyanazon gyümölcsfajtából kivont aroma, gyümölcspép és rostok visszaadagolhatóak a sűrített gyümölcsnektárhoz. Továbbá fontos megemlíteni a gyümölcsnektárok csökkentett cukortartalmáról szóló szabálypontot: „Az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag összetételre és egészségre vonatkozó állításokról szóló, 2006. december 20-i 1924/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet előírásainak betartása mellett a cukor hozzáadása nélkül vagy csökkentett energiatartalommal gyártott gyümölcsnektárok esetében a cukor részben vagy teljes egészében helyettesíthető édesítőszerrel az 1333/2008/EK rendeletnek megfelelően.” (MÉ 1-3-2001/112) A nektárok engedélyezett egyéb összetevői közé tartoznak a vitaminok, ásványi anyagok, a 1333/2008/EK rendelet által engedélyezett élelmiszer-adalékanyagok. Méz a végtermék tömegének 20 %-ig adagolható. A megfelelő savtartalom eléréséhez literenként maximum 3 gramm vízmentes citromsavban kifejezett citromlé, zöldcitromlé illetve ezek sűrítményei adhatóak. (MÉ 1-3-2001/112)

3.5.4. Gyümölcsital fogalma

A Magyar Élelmiszerkönyv nem tartalmaz a gyümölcsitalokra vonatkozóan külön előírásokat. Ezek a termékeknek általánosságban a gyümölcstartalma legalább 12 %. Tulajdonképp vízalapú, cukorral vagy édesítőszerrel édesített szénsavmentes italok. Összetevői között szerepelhetnek egyéb adalékanyagok, mint például savanyúságot szabályozó anyagok, tartósítószer, édesítőszer, színezékek. Ezeket a termékeket általánosan gyümölcsital megnevezéssel tüntetik fel a csomagoláson, és a „gyümölcs” szót többnyire helyettesíti a felhasznált gyümölcs/gyümölcsök neve.

3.6 Hőkezelés

A világon a megbetegedések okai között nagy arányban szerepel élelmiszermérgezés és élelmiszerfertőzés. A WHO adatai szerint évente körülbelül 600 millió élelmiszer alapú megbetegedést jelentenek be világszerte, amelyből megközelítőleg 420000 eset halálos kimenetelű. A fertőzések 30 %-a 5 éves kor alatti gyermekeknel jelentkezik, akik a még fejletlen immunrendszerük miatt nagyobb veszélynek vannak kitéve. Ezeket az élelmiszereken megjelenő mikroorganizmusok okozzák, amelyek között természetesen vannak megbetegedést nem okozók, viszont gyakoriak a patogének, és a halálos toxint termelők is. Az élelmiszer

fogyaszthatóságának alkalmatlanságát a megjelenő mikroorganizmusok egy bizonyos nagyságrendű számának elérése után tekintjük. (Internet 9)

Az élelmiszerek tartósító műveleteinek általános céljai közé tartozik a mikroorganizmusok szaporodásának gátlása, az élő sejtek elpusztítása, illetve némely faj által termelt toxin inaktiválása. Ez azért fontos, mert az élelmiszerek kiváló táptalajt biztosítanak a legtöbb mikroba számára, ahol a nekik kedvező környezeti tényezők hatására nagymértékű szaporodásnak indulnak. Az élelmiszeripar feladata ezen folyamatok lassítása, megszüntetése, megakadályozása, azaz az élelmiszerek tartósítása, fogyaszthatósági idejének növelése. A csak szaporodást gátló hatást sztatikus, és a sejteket is elpusztító tartósító hatást cíd hatásnak nevezik. Azt, hogy adott termékénél melyik eredményt kívánják elérni, függ a készítmény típusától, a hűtőlánc szükségességétől, a tervezett eltarthatósági idő hosszától. (Deák et al, 2006)

A legelterjedtebb és az élelmiszeripar által leggyakrabban használt tartósítási mód a hőkezelés, amely egy fizikai eljárás a mikroorganizmusok elpusztítására. E folyamaton belül kétféle eljárást alkalmaznak: pasztörözést és sterilizést. Az előbbi művelet célja a vegetatív mikroorganizmusok elpusztítása, vagy nagymértékű, legalább 6 nagyságrendű csökkentése. Ezt 100 °C alatti hőmérséklet alkalmazásával kívánják elérni. A sterilizés során a cél valamennyi vegetatív mikroorganizmus, a spórák baktériumok spórái és a termelt toxinok elpusztítása oly mértékben, hogy a termék biztonságos legyen emberi fogyasztásra megfelelően lezárt csomagolásban hosszabb idő után is. Ezen eljárás esetén az alkalmazott hőmérséklet 100 °C feletti, általában 105-130 °C közötti. Mindkét technika során a hőközlés vízzel telített gőztérben valósul meg. Mivel a sterilizés a víz forráspontja feletti hőmérsékleten történik, ezen eljárás túlnyomás alatt kell, hogy történjen. (Deák et al, 2006) Mindkét módszer megvalósítható folyamatos és szakaszos üzemben. Napjainkban azonban inkább folyamatos üzemű berendezésekre ruháznak be, amelyek gazdaságosabbak és modernebbek a másik módszernél. Pasztörözésnél pasztorkád, mint szakaszos és pasztóralagút, mint folyamatos üzemű berendezések az elterjedtek. A sterilizés mindkét fajta módszer esetében autoklávokban történik.

A hőkezelési műveletek méretezése során az egyik legfontosabb tényező, amit figyelembe kell venni, a mikroorganizmusok hőtűrése. A leghőtűrésebb képletek, amiket figyelembe kell venni a méretezéskor, a baktériumok endospórái. Kutatások alapján egészségügyi szempontból az emberre nézve legveszélyesebb, és leghőtűrésebb mikroorganizmus *Clostridium botulinum*,

amelynek egyes szerotípusai akár halálos kimenetelű ételmérgezést képesek okozni. Így az élelmiszerek hőkezelését ennek a baktériumnak az elpusztítására méretezik. Korábban ez a mikroorganizmus volt felelős a botulizmus, vagy más néven a kolbászmérgezés elterjedéséért. A *Clostridium botulinum* egy spórát termelő, anaerob baktérium, azaz oxigénmentes környezetben végez élettevékenységet és képes szaporodni. Toxin termelésére is képes, azonban ezek 80 °C-on pár perc után inaktiválódnak. Ellentétben az általa termelt spórákkal, amelyek hőre nézve igen ellenállóak. A toxin a szervezetben lévő perifériás idegvégződésekhez kapcsolódik és mint egy idegméregként működik. A betegség tünetei először nehézkes beszéd, látási zavarok, majd mozgásban való korlátozás, koordinátlanság jelentkezik, és legrosszabb esetben teljes bénulást okoz. (Deák et al, 2006)

A méretezéshez elengedhetetlen a mikroorganizmusok tulajdonságainak és élettani folyamatainak az ismerete. Meghatározó szempont az élelmiszerek kezdeti élőcsíra száma. A következőkben felsorolom azokat a tényezőket, amelyeket a megfelelő hőkezelési idő megválasztásához szükséges ismerni a mikroorganizmusok esetében: (Barta & Körmendy 2007)

- A 'D érték', vagy másnéven tizedelési idő az az időtartam, amely alatt adott hőmérsékleten az élőcsíraszám egy nagyságrendnyi csökkenését okozza.
- A pusztulási sebesség a tizedelési idő reciprokával egyenértékű tulajdonság.
- A z érték azt mutatja meg, hogy hány °C hőmérsékletemelkedés hatására csökken a D érték a tizedére.
- Q₁₀ érték: „Ugyanazon mikroorganizmus esetén 10 °C-kal különböző hőmérsékleteken mért tizedre csökkenési idő, vagy pusztulási sebesség hőmérsékleti koefficiense.” (Barta & Körmendy 2007)
- F₀ érték: Sterilizációs egyenérték, amely az adott hőkezelési folyamat eredményességét fejezi ki. Azt mutatja meg, hogy a termék hidegpontjában mért hőmérsékletek a z= 10 °C-os mikroorganizmusokra akkora pusztító hatást okozna, amely F₀ értékű 12,1 °C-on való tartással egyenértékű. Ezzel különböző hőkezelési folyamatok válnak összehasonlíthatóvá.
- 12 D elv: A kereskedelmi sterilitás eléréséhez nem elég 2 vagy 3 nagyságrendű pusztítást elérni. A teljes biztonság eléréséhez 12 nagyságrendnyi csökkenés a szükséges, ami a *Clostridium botulinum*-ra méretezett 121,1 °C-on 12*0,21, azaz 2,52 percnyi hőkezelés szükséges. (Barta & Körmendy 2007)

3.7. A mikrohullámú hőkezelés

3.7.1. Mikrohullám, mint elektromágneses sugárzás

A mikrohullámú sugárzás olyan elektromágneses sugárzás, amelynek hullámhossz tartománya 300 MHz és 300 GHz közé esik. Napjainkban már szinte minden háztartásban elterjedt élelmiszeripari alkalmazása, illetve az iparban is széleskörűen használják. (László, et al., 2005) Elve azon alapszik, hogy kihasználja az élelmiszerek dielektromos tulajdonságát, mivel döntő többségük dielektrikumnak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy a fentebb említett tartományban levő elektromos térben az élelmiszerben lévő bizonyos molekulák polarizálódnak. (Keszthelyi-et al., 1994) Ebben az elektromágneses térben a polarizáció a következőképp történik: maga az elektromos tér okozza a polarizációt az anyagban, és ez az állapot addig tart a dielektromos tulajdonságú anyagban, amíg az erőter meg nem szűnik. Ezt nevezik deformációs és relaxációs polarizációnak. (Bálint, Nedelykov & Hámori,1987)

Az élelmiszerek mikrohullámú kezelésére meghatározott frekvenciák 915, 2450, 5800 és 915 MHz, de a legelterjedtebb ezek közül a 2450 MHz alkalmazása, így én is ebben a tartományban végeztem a gyümölcslevek kezelését. (Venkatesh & Raghavan 2004) Az anyagban lévő mozgó töltések nem mozognak szabadon, és az emiatt létrejövő molekuláris súrlódási folyamatok csillapítási jelenséget okoznak. A mikrohullámú elektromos tér rezgésbe hozza ezeket a molekulákat, és ez az energia a molekuláris súrlódásnak köszönhetően hővé alakul. Ezt az anyag által elnyelt energiát nevezik dielektromos veszteségnek. (Keszthelyi-Szabó et al, 1994)

A mikrohullám hatására bekövetkező hőmérsékletemelkedés függ a kezelés időtartamától, a kezelt anyag nagyságától és térbeli elhelyezkedésétől. (László et al, 2005) Emellett szerepet játszik ebben még az anyag összetétele, nedvességtartalma, sótartalma illetve az összetevők dielektromos tulajdonsága is. (Szabó, 1994)

3.7.2. Mikrohullám alkalmazása az élelmiszeriparban

A mikrohullám élelmiszeriparban való alkalmazásának gondolata már a II. világháború idején felmerült. Az MIT Sugárzási Laboratóriumában létrehoztak egy olyan készüléket, amely élelmiszerre való használatra alkalmas volt. Ezután az 1960-as években Hollandiában használtak először folyamatos mikrohullámú eszközt. A mikrohullám élelmiszereken való alkalmazásának fő célja az eltarthatóság növelése, amely ezzel a technológiával kétféleképpen valósítható meg: mikroorganizmusok elpusztítása a termék vízaktivitásának lecsökkentésével, azaz szárítással, vagy a mikrohullám által generált magas hőmérséklet mikrobapusztító

hatásával. (László et al, 2005) Szakdolgozatomban az utóbbi, azaz a magas hőmérsékleten való pasztörözés kerül bemutatásra.

Sok kutatás foglalkozik a mikrohullám élelmiszerekben lévő mikroorganizmusokra kifejtett inaktíváló hatásával. A tanulmányok nagy része szilárd, többnyire állati húsokon tesztelte ennek sikerességét. Pozitív eredménnyel zárultak a vizsgálatok, a levont következtetés az volt, hogy a mikrohullámú kezelés felhasználható az élelmiszerek eltarthatóságának növelésére. A mikrohullámú pasztörözést már a 2000-es években is alkalmazták, ígéretes eredményeket kapva. Ez a módszer azért előnyösebb a hagyományos hőkezeléssel szemben, mert a rövidebb kezelési időnek köszönhetően ez élelmiszerek érzékeny összetevői kevésbé károsodnak, mint a hosszabb idejű kezelés alatt. A módszer sikerességét annak is köszönheti, hogy a lezárt csomagolásban lévő termék esetében is alkalmazható, ami elvéri a tartósítószer hozzáadásának szükségességét. Ezzel ellentétben a mikrohullámú sterilizálás nem terjedt el az élelmiszeriparban, mert az ehhez szükséges magasabb hőmérséklet és nyomás eléréséhez olyan nagy teljesítményű berendezés szükséges, ami túl drága és bonyolult működtetésű lenne. (László et al, 2005)

Azt, hogy az élelmiszerek milyen mértékben képesek elnyelni a mikrohullám által bocsátott sugárzást, több fizikai, termikus tényező is befolyásolja. A frekvenciák közül 915 és 2450 MHz, ami az élelmiszerek melegítésére legalkalmasabb. Ehhez a két frekvenciához tartozó hullámhossz: 0,328 és 0,122 m, és ez az a tartomány, ahol az anyagban azonnali melegedés jön létre az energia hatására a molekuláris súrlódásnak köszönhetően. A dielektrikus tulajdonságnak is nagy befolyása van a melegedés mértékét illetően. Ez határozza meg, hogy az anyagba hatoló elektromágneses energia hogyan reagál az élelmiszerrel. Meghatározó tényező még a nedvességtartalom, ami magát a dielektrikus tulajdonságot befolyásolja, a tömeg és a kezelési hőmérséklet is. Minél nagyobb a kezelendő anyag tömege, annál nagyobb teljesítményű sütőre van szükség. További befolyásoló tényező az élelmiszer alakja, geometriája, illetve hőfizikai adatai, mint például a konduktivitása, sűrűsége és hőkapacitása. (Rahman, 2007)

3.7.3. A mikrohullám előnyei a hagyományos melegítési módszerekkel szemben

A hagyományos módszereken alapuló technikák úgy érik el a termék felmelegedését, hogy egy hőközlő közeg adja át a hőt különböző hőátadási és konvekciós folyamatok eredményeképp. Ezzel szemben a mikrohullámú energiát, mint elektromágneses sugárzást elnyeli a kezelendő anyag, és a hő az anyag belsejében keletkezik. Így ez a sugárzás alakul át hőenergiává a

sugárzást elnyelő molekulák rezgésének és egymással való sűrűlődsének hatására. Így elmondható, hogy a mikrohullámú melegítés során az energiaátadás nem függ az anyag felszínéről a belsejébe való diffúziótól, aminek köszönhetően egyszerre képes az anyag belseje és felszíne is melegedni, mert a hő az anyagban termelődik. Ennek hatására csökkenthető a kezelési idő és összességében növelhető a minőség. (Venkatesh & Raghavan, 2004)

A már korábban említett, egyik legjelentősebb előnye a mikrohullám alkalmazásának a konvencionális hőkezeléssel szemben a kezelési idő és energia nagy mértékű csökkenése. Ezen kívül számos előny felsorolható még ezen technológia alkalmazásának javára. Mivel ez a művelet gyors hőmérsékletemelkedéssel jár, így a hőre érzékeny jellemzők, mint például egyes vitaminok, ásványi anyagok, illetve szín és érzékszervi jellemzők jobban megtarthatóak. Létrehozható vele ultragyors pasztörizáció is, ami jelentősen minimalizálja a tápanyagok és vitaminok hő hatására való elbomlását, azaz mennyiségük csökkenését. pdf: mikrohullámú pasztörözés és sterilizálás (Rahman, 2007)

3.7.4. Gyümölcslevek mikrohullámú hőkezelése

Számos kutatás folyik jelenleg is a témában a gyümölcslevek terén is, miszerint azt vizsgálják, hogy a mikrohullámú hőkezelés jobb minőségű terméket eredményez-e, mint a hagyományos pasztörözési módszer. Tanulmányozták már korábban is e téren az almaleveket (Canumir, Celis, de Bruijn & Vidal, 2002) és a narancsleveket (Tajchakavit & Ramaswamy, 1995). Egy 2022-es kutatás házi készítésű meggyleveket vizsgált, amelyeket különböző hőkezelési folyamatoknak vetettek alá: 70-75 °C-on való kezelés, 90-95 °C-on való főzés, illetve 2450 MHz-es, 400 W teljesítményű mikrohullámú kezelés. A vizsgált paraméterek többnyire megegyeztek az általam vizsgáltakkal. Eredményben azt kapták, hogy a fenolos anyagok mennyiségén kívül a többi paraméterben nem történt szignifikáns változás a különböző módszerek összehasonlítása során. Az összes fenoltartalom viszont a mikrohullámmal kezelt mintában mutatkozott a legmagasabbnak, ami majdnem háromszorosa volt a kontroll minta összes fenoltartalmának, amely a nyers minta volt. A hőkezelés hatására ugyanis további fenolos anyagok oldódnak ki a gyümölcs présleiből. Következésképpen azt vonták le, hogy emiatt, és az alacsonyabb HMF (hidroximetil-furfurol) képződés miatt valóban jobb minőségű terméket eredményez. (Yıldız, Gürel, Çağındı & Kayaardı 2022)

Narancslevet vizsgáltak már átfolyó jellegű pasztörözés során, egy teflonból készült csőrendszeren haladt át a lé, amit 2450 MHz frekvenciájú mikrohullámmal melegítettek 95 °C-ra. Az 570 W teljesítményű sugárzás 90 %-át elnyelte a termék, a kezelés 15-25 másodpercig

tartott, ezalatt szinte teljes enzim inaktiválást, illetve magas arányú baktériumpusztulást. Ez a hőkezelési folyamat nem okozott észrevehető változást a termék ízében, a friss, kezeletlen narancslé ízéhez képest. (Sinha et al., 2012)

Egy 2021-es tanulmány (Amaro & Tadini, 2021), amely mikrohullám alá vetett narancsleveket vizsgált pektin-metil-észteráz és aszkorbinsavtartalom alakulása szempontjából, eredményképp kapta, hogy a megfelelő enzim inaktiválása e kezelés hatására alacsony C-vitamin csökkenéssel járt, csupán 15 %-kal csökkent a mennyisége.

Egy 2010-es tanulmány citrus gyümölcsök törkölyén végzett vizsgálatokat mikrohullámmal annak érdekében, hogy milyen hatással van a polifenol és antioxidáns tartalmára vonatkozóan. Több teljesítményen (125, 250 és 500 W) és különböző ideig (5, 10, 15 perc) tartó kezelés alaján vizsgálták a törkölyt. Az összes polifenol tartalom a növekvő teljesítmény és kezelési időtartam alkalmazásának hatására egyre jobban csökkent. Eredményül a mikrohullámú kezelés minden esetben a csökkenését jelentette egyes fenolos vegyületek mennyiségének. A legmagasabb antioxidáns kapacitás értéket a 250 W-on 15 percig tartó kezelés után kapták, eredményül az antioxidáns aktivitás növekedését tapasztalták a vizsgálatok alatt. (Hayat et al, 2010)

4. Anyagok és módszerek

4.1 Kísérletek helyszíne

A gyümölcslevek készítését és a méréseimet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi Karán, a Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozó Technológiai Tanszék hallgatói laboratóriumában végeztem el.

4.2. Felhasznált alapanyagok

A kísérletekhez szükséges almalé előállításához kizárólag almát használtam, a narancslé elkészítéséhez pedig kizárólag narancsot. Mindkettő gyümölcs kereskedelmi fogalomból került beszerzésre.

4.3. A munka menete

4.3.1. Gyümölcslevek elkészítése

Az almákat folyó víz alatt való tisztítás után, hámozás nélkül felszeleteltem nagyobb, nagyjából egyenletes méterű darabokra, és ezután egy laboratóriumi gyümölcscentrifuga segítségével készítettem el a levet. A gép bekapcsolása után a fogadó garatba folyamatosan adagoltam az almát, az eszköz kiadagoló nyílásán távozott a lé, a szilárd növényi részek pedig felfogásra kerültek.

A felhasznált narancsokat meghámoztam és ügyeltem arra, hogy a húsos részt borító fehér szivacsos réteget, az albedot is minél nagyobb arányban eltávolítsam. Ezek után negyedeltem a narancsokat és az almával megegyező módon készítettem el a levet.

A kapott gyümölcslevek mindkét esetben rostosak lettek és egyéb kolloid részecskéket tartalmaztak, további tisztítási, szűrési műveleteket nem végeztem rajtuk.

4.3.2. Hőkezelési folyamatok

A mintákat 200 ml-es, csavaros lapkával rendelkező üvegekbe töltöttem. A hőkezelés előtt pH-mérést végeztem a friss lé esetében, amelynek eredményei a következők lettek:

- $\text{pH}_{\text{almalé}} = 3,0$
- $\text{pH}_{\text{narancslé}} = 2,3$

Mivel $\text{pH} = 4,5$ alatt a *Clostridium botulinum* nem képes szaporodni és toxint sem képezni, a mért adatok alapján megfelelő hőkezelést lehet elérni pasztörözéssel.

A 80 °C és 90°C-on való hőkezelést egy laboratóriumi pasztorkádában végeztem el. Ahhoz, hogy megfelelő hőterhelést kapjon a minta, de ne legyen túlhőkezelve, a megfelelő pasztörözési egyenérték elérése volt a cél. Ennek eléréséhez kilyukasztott lapkán keresztül hőmérőt juttattam az üvegekbe, ami egy Ellab nevű műszerhez volt csatlakoztatva. Ez a műszer percenként rögzítette a hőmérsékletet, és a beállított program szerint kiírta a hőmérsékletekhez tartozó pasztörözési egyenértéket. Emellett a hőközlő közeg – a víz – hőmérsékletét is folyamatosan rögzítette. A pasztörözést szakirodalmi adatok alapján addig folytattam, amíg az említett érték elérte a 20-40-t. (Deák et al, 1980)

1. táblázat A főbb konzervipari terméktípusok sterilizési egyenértéke (Deák et al, 1980)

Termékcsoport	pH	F0 (min)	P0 (min)
Savanyúságok	3,4-4,1	0,002-0,004	20-40
Erősen savas gyümölcsbefőttek	3,2-3,8	0,002-0,007	20-70
Paradicsomos készítmények	4,2-4,5	0,01-0,07	100-700
Közepesen savas befőttek	3,7-4,5	0,1-0,4	1000-4000
Közepesen savas főzelékek	4,0-4,5	0,1-2,0	-
Gyengén savas főzelékek	5,0-6,1	4-14	-
Készételek	4,5-6,5	5,30	-

A mikrohullámmal hőkezelt mintákat a szintén 200 ml-es üvegekben 700 Watt-os teljesítményű mikrohullámú sütőbe helyeztem egyesével. Percenként leállítottam a sütőt, és megmértem a hőmérsékleteket. 3 perc után mind az alma-, mind a narancslevek elérték a 90-95 °C-os hőmérsékletet.

4.4. Vizsgálati módszerek

4.4.1. Vízoldható szárazanyagtartalom meghatározása

A gyümölcslevek vízoldható szárazanyagtartalmát nagyrészt szénhidrátok alkotják. A mérés elméleti alapját képezi, hogy folyadékba jutó fénysugár megtörik, ha az vízben oldható szénhidrátokat tartalmaz. Azt a jelenséget használja ki a módszer, hogy ezen anyagok koncentrációja és a törésmutató lineárisan változik, a két paraméter között egyenes arányosság fedezhető fel. Mivel ez a törésmutató mérhető, a teljes visszaverődés határszöge alapján a

műszer meghatározza a minta vízdíszható szénhidrát-tartalma, azaz a cukorkoncentráció meghatározható.

Ezt a paramétert az ATAGO DBX-55 digitális refraktométer (5. ábra) segítségével határoztam meg. A mérés elején desztillált vízzel kalibráltam és nulláztam az eszközt, majd gyümölcsleveket felkavartam az alakos részek leülepedése miatt, és pár cseppet helyeztem a prizmára. Mindenképp három párhuzamost mértem, amelyekből átlagot és szórást számítottam.



5. ábra ATAGO DBX-55 digitális refraktométer (saját kép)

4.4.2. A sűrűség meghatározása

A levek sűrűségét Den-Di 2 típusú digitális sűrűségmérő készülék (6. ábra) segítségével határoztam meg. A folyamat első lépéseként szükséges volt kalibrálni a műszert vízre és a levegőre is. Minden mintából a kis szórás okán 2 párhuzamosat mértem.



6. ábra Den-Di 2 típusú sűrűségmérő

4.4.3. pH mérés

A minták pH értékeit a 'Precision Digital pH meter OP-208/1' típusú digitális, automatikus pH mérővel hajtottuk végre az MSZ 17590 szabványának megfelelően. A készülék mérésre szolgáló fém részét belehelyeztem a levekbe, majd körülbelül fél percig vártam, amíg beáll az állandó érték.

4.4.4. Színmérés

A gyümölcslevek színváltozásait a Konica Minolta Chroma Meter cr-400 típusú kézi színmérő segítségével követtem nyomon. Ez egy felületi digitális színmérő készülék, amely CIELab színrendszer koordináta alapján jelzi ki a minta színét. Ez egy olyan objektív mérési módszer, amelynek elméleti alapjait a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság által elfogadott szabványok tartalmazzák. A felületi színek méréséhez szükséges CIELab rendszereket 1976-ban dolgozták ki, amelyet én is használtam a mérés során. (Internet 10.)

Ez a rendszer már komplementer színpárok (vörös-zöld és sárga-kék) alapján analizálja a mérendő anyag színét. A CIELab rendszerben az L^* a világossági tényező, a^* a vörös-zöld hányados és a b^* a kék-sárga hányados. A minták közötti színinger különbséget, azaz a ΔE^* -ot matematikai számítás alapján lehet meghatározni, ami a színtérben elhelyezkedő két színpont térbeli távolsága. Ennek kiszámítása a Pitagorasz-tétel alapján lehetséges:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Lukács (1982) alapján meg lehet állapítani, hogy az összehasonlított minták színe között van-e látható különbség, és az milyen mértékű. Így tehát:

- $0 < \Delta E^* < 0,5$ - szabad szemmel nem érzékelhető
- $0,5 < \Delta E^* < 1,5$ - alig érzékelhető
- $1,5 < \Delta E^* < 3,0$ - észrevehető
- $3,0 < \Delta E^* < 6,0$ - jól látható
- $6,0 < \Delta E^*$ - nagy

A mérés során a Konica Minolta készüléket fehér háttérre kalibráltam. Amint ez befejeződött, a műanyag küvetákat feltöltöttem a mérendő gyümölcslevekkel és a fehér háttér elé helyeztem őket. Három párhuzamost mértem mindegyik minta esetében.



7. ábra Konica Minolta színmérő eszköz. (saját kép)

4.4.5. A viszkozitás meghatározása

A gyümölcsitalok folyásgörbéit Anton Paar Physica MCR51 (8. ábra) műszerrel vettem fel. A méréseket 20°C-on végeztem el, 2 párhuzamos méréssel, amelyeknek eredményét átlagoltam.

A folyásgörbe változói a deformáció sebessége és a nyírófeszültség, így a newtoni viszkozitással jellemzett közegeknél ez állandó meredekségű egyenes. A nyírósebesség növekvésével nő a viszkozitás is, ezért a felvett görbére illesztett lineáris a legkisebb négyzetek elvével a viszkozitás értéket mutatja meg, vagyis az $Y = ax + b$ egyenletből az „a” értéke lesz.



8. ábra Anton-Paar MCR 51 Physica rotációs és oszcillációs viszkoziméter.

4.4.6. Összes polifenol-tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

A gyümölcslevek összes polifenol tartalmának meghatározását a Folin-Ciocalteu reagenssel végeztem el, amely módszert Singleton és Rossi (1965) fejlesztette ki. Elméleti alapja szerint a mintában levő polifenolos anyagok metanol és Na_2CO_3 jelenlétében reagálnak a reagensben található foszformolibdénsav és foszforvolfrámsav elegyével. A kémiai reakció kék elszíneződést eredményez, és spektrofotométer segítségével 750 nm-en mérhető az abszorbancia. A mért abszorbanciából, kalibrációs egyenes készítése után vissza lehet számolni az összes polifenol tartalmat. A kalibrációs sor elkészítéséhez ismert koncentrációjú galluszsav oldatot tettem a minta helyett az oldatokba. (Vázquez et al., 2015)

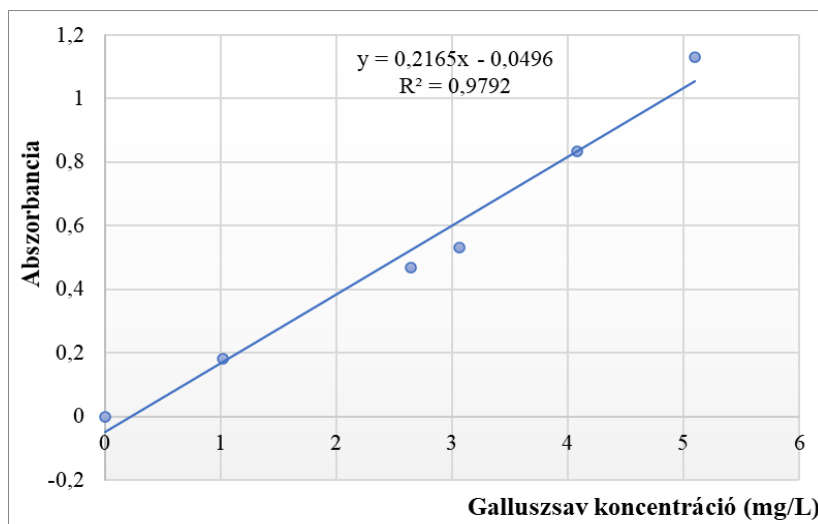
A kalibráció elvégzéséhez szükséges oldatok összeállítása a 2. táblázat alapján történt, amelyeket kémcsövekbe mértem automata pipetták segítségével. A méréshez Hitachi U-2900 spektrofotométert használtam.

2. táblázat: A polifenol koncentráció méréséhez szükséges kalibrációs sor.

	Folin (μl)	MeOH:DV (μl)	Galluszsav (μl)	Na_2CO_3 (μl) 1 perc után	μM	mg/L
1.	1250	250	-	1000	0	0
2.	1250	250	-	1000	0	0
3.	1250	200	50	1000	6	1,02
4.	1250	150	100	1000	12	2,64
5.	1250	100	150	1000	18	3,06
6.	1250	50	200	1000	24	4,08
7.	1250	-	250	1000	30	5,1

A 2. táblázat 1. és 2. oldata vakminta, amelyre nulláztam a spektrofotométert. Miután a Na_2CO_3 is belekerült az oldatokba, a kémcsöveket 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe helyeztem. A várakozási idő letelte után a kémcsövek tartalmát beletöltöttem a küvettákba és 760 nm-en mértem az abszorbanciájukat. A gyümölcslevekkel való mérés esetében a galluszsav helyett a minta került a kémcsövekbe.

A 9. ábrán látható a kalibrációs egyenes az egyenes egyenletével együtt, aminek segítségével ki tudom számolni a gyümölcslevek összes polifenol tartalmát.



9. ábra Összes polifenol tartalom meghatározásához szükséges kalibrációs egyenes

A kalibrációs egyenes egyenlete a következő:

$$y = 0,2165 x + 0,0496$$

A gyümölcslevekkel való mérés során először végeztem egy próbamérést, hogy a kapott szín abszorbanciája benne van-e a kalibrációs sor tartományában. Mivel arra az eredményre jutottam, hogy túl magas lett az abszorbancia, kétszeresen hígítottam mind az alma-, mind a narancsleveket.

Az összes polifenol tartalmat a meglévő és mért adatok alapján a következő képlet alapján számoltam ki minden minta esetében:

$$TPC = \frac{A}{tg\alpha} * \frac{V_{összes}}{V_{minta}} * H$$

ahol,

- TPC - Összes polifenol tartalom
- A - Abszorbancia
- $tg\alpha$ - A kalibrációs egyenes meredeksége
- $V_{összes}$ - A bemért végtérfogat=2500 μ L
- V_{minta} - A bemért minta térfogata
- H - A mérés során alkalmazott hígítás

4.4.7. Antioxidáns kapacitás meghatározása FRAP módszer alapján

E vizsgálat során a gyümölcslevekben található összes antioxidáns vegyület koncentrációját határoztam meg aszkorbinsavra vonatkoztatva, amit a FRAP módszer alapján végeztem el. A FRAP eljárás kidolgozása Benzie és Strain (1996) nevéhez fűződik, amely a vas redukálóképességét veszi alapul. A mintában található antioxidánsok a Fe^{3+} ionokat Fe^{2+} ionokká képesek redukálni. Így a redukált ionok tripiridil-tirazinnal kék színű komplexet alkotnak, amely folyamat lejátszódásához 3,6-os pH szükséges. Ez a kék szín 593 nm-en mérhető spektrofotométer segítségével.

Elkészítettem a mérés elvégzéséhez szükséges oldatokat:

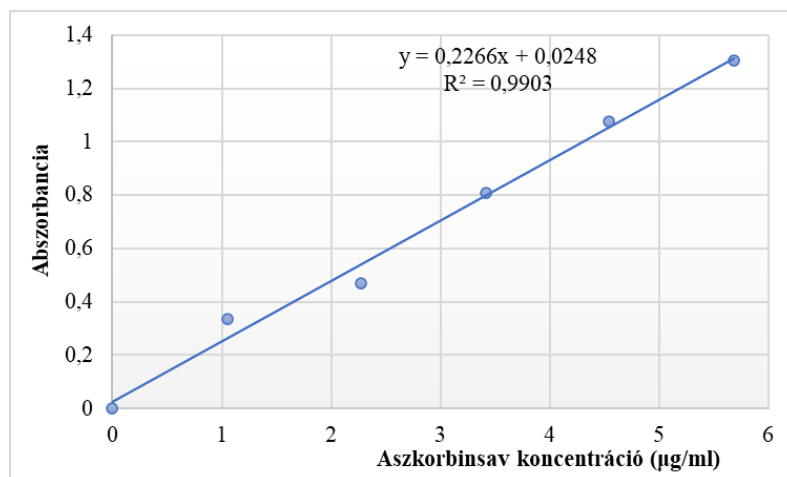
1. Acetát puffer oldat (pH=3,6) az alacsony pH biztosításához: A laboratóriumban már korábban elkészített 300 mM-os koncentrációjú puffer oldatot használtam a méréshez.
2. $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ oldat: Ehhez analitikai mérlegen 108 mg vas(III)-klorid port mértem ki és kevertem össze 20 ml desztillált vízzel.
3. Tirazin oldat (TPTZ): 62,46 mg tetrapiridil-tirazint mértem ki analitikai mérlegen, majd feloldottam 20 ml desztillált vízben, amelyhez hozzáadtam 67,2 μL tömény sósavat.

Összeállítottam a kalibrációs görbe felvételéhez szükséges mintasort, amelyet a 3. táblázat szemléltet. Arra kellett ügyelnem, hogy a mérendő oldatok mennyisége minden esetben 1550 μL legyen

3. táblázat: Antioxidáns kapacitás méréséhez szükséges kalibrációs mintasor

	FRAP reagens (μL)	Aszkorbinsav (μL)	Desztillált víz (μL)	Koncentráció ($\mu\text{g/ml}$)
1.	1500	-	50	0
2.	1500	-	50	0
3.	1500	10	40	1,056
4.	1500	20	30	2,272
5.	1500	30	20	3,416
6.	1500	40	10	4,544
7.	1500	50	-	5,688

A felvett kalibrációs egyenes a 10. ábrán látható.



10. ábra Antioxidáns kapacitás meghatározásához szükséges kalibrációs egyenes.

A kalibrációs egyenes egyenlete a következő:

$$y = 0,2266 x + 0,0248$$

Az antioxidáns kapacitást az alábbi képlet alapján számoltam ki:

$$FRAP = \frac{A - b}{tg\alpha} * \frac{V_{összes}}{V_{minta}} * H$$

ahol:

FRAP	- összes antioxidáns tartalom (µg/ml)
A	- a mért abszorbancia
b	- a kalibrációs egyenes meredeksége
tgα	- a kalibrációs egyenes meredeksége
V _{összes}	- az összes bemért térfogat (µl)
V _{minta}	- a bemért minta térfogata (µl)
H	- a mérés során alkalmazott hígítás

5. Eredmények és kiértékelése

5.1. A minták a tárolás során

A 11-14. ábrákon láthatóak a minták a 0., nap, 3. és a 6. hónap mérései során.



11. ábra A frissen elkészített nyers alma- és narancslé minta. (saját kép)



12. ábra Az elkészítés napján a 80 és 90 °C-on, hagyományos módon pasztörözött alma- és narancslé minták. (saját kép)



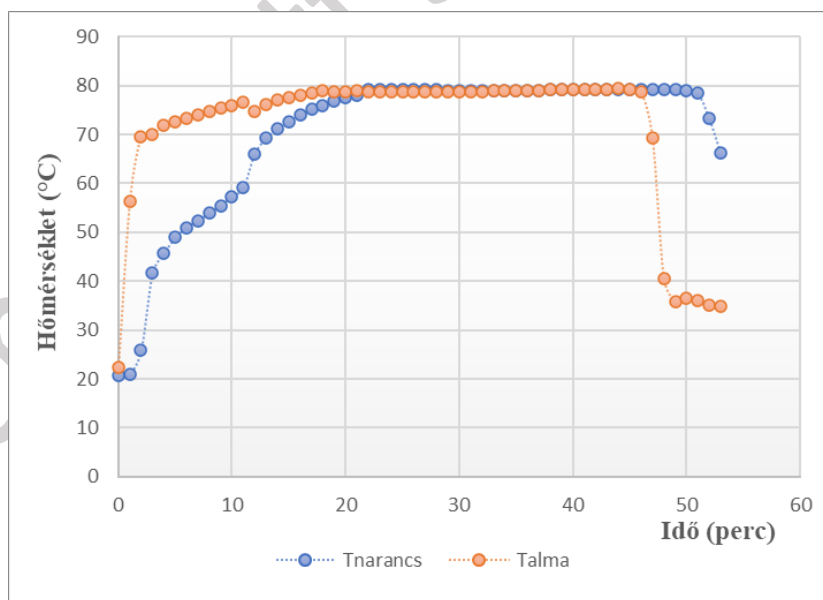
13. ábra A 80 és 90 °C-on hőkezelt alma- és narancslevek a 3. hónap mérései során. (saját kép)



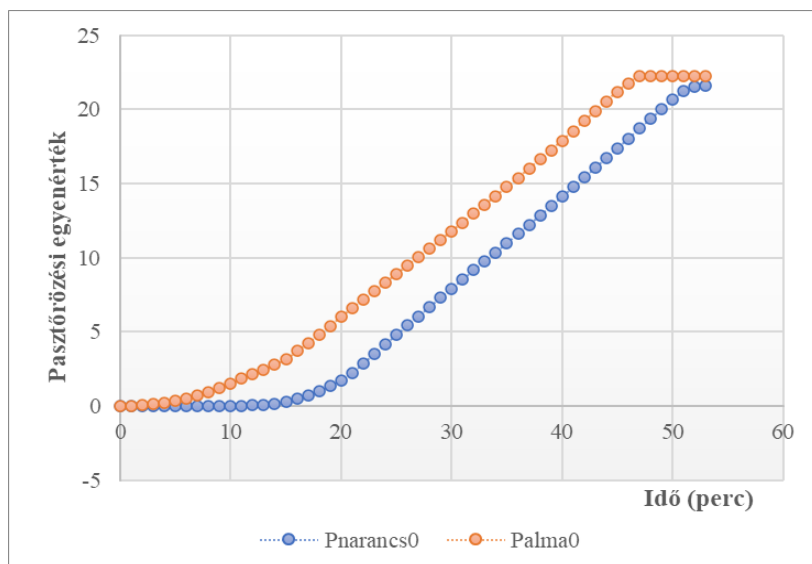
14. ábra A hagyományos és mikrohullámmal hőkezelt narancs- és almalevek a 6. hónap mérései során. (saját kép)

5.2. Hőkezelések méretezése

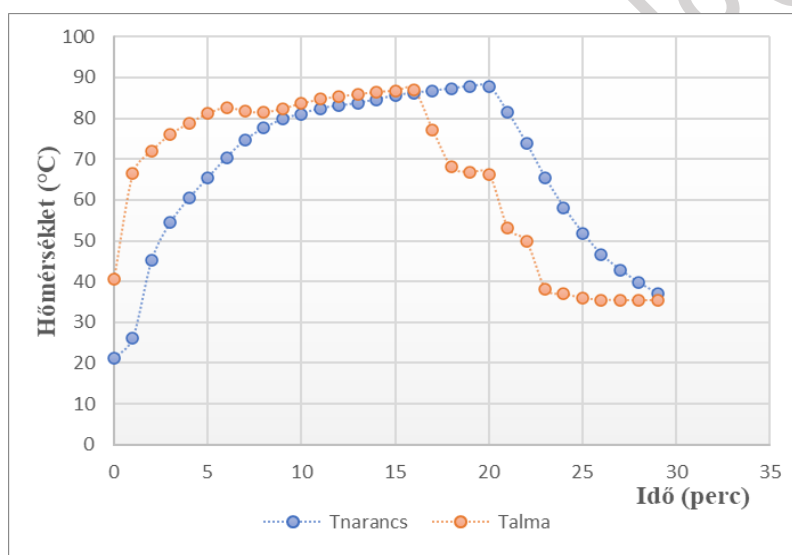
A hőkezelés méretezésének eredményeit az alábbi ábrákon mutatom be. A 80 °C-on kezelt gyümölcslevek hőpenetrációs görbét a 15. ábra szemlélteti, ahol az idő függvényében ábrázoltam a hidegpontban mért hőmérsékleteket. Ezen a hőmérsékleten való kezelés során a hőterhelés mértékét jelentő pasztörözés egyenértéket is ábrázoltam az idő függvényében (16. ábra). A 90 °C-on kezelt minták esetében a 17. ábra mutatja be a hőpenetrációs görbét, a 18. ábra pedig a pasztörözési értékgörbét.



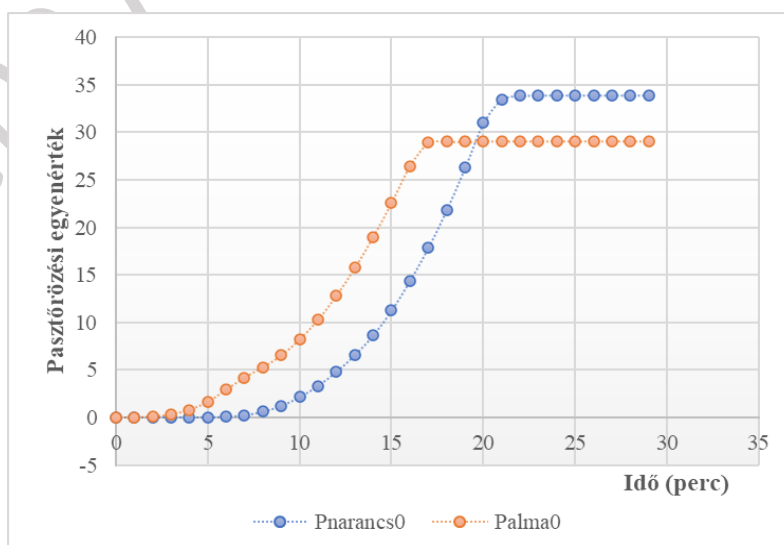
15. ábra 80 °C-on hőkezelt gyümölcslevek hőpenetrációs értékgörbéje.



16. ábra 80 °C-on hőkezelt minták pasztörözési értékgörbéje.



17. ábra 90 °C-on hőkezelt gyümölcslevek hőpenetrációs értékgörbéje.



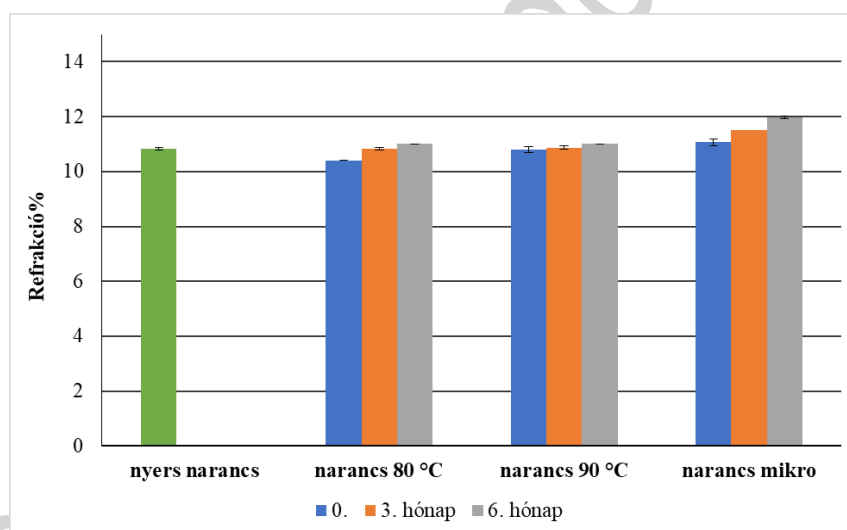
18. ábra 90 °C-on hőkezelt minták pasztörözési értékgörbéje.

Mindkét esetben elmondható, hogy az almából készült gyümölcslé gyorsabban melegedett, hamarabb elérte a megfelelő pasztörözési egyenértéket, mint a narancslé, így rövidebb kezelési idő volt szükséges az alma esetében. A 15. és 17. ábráról leolvasható, hogy mindkét gyümölcsből készített lé elérte a megfelelő pasztörözési egyenértéket.

A két hőmérsékleten való kezelést összehasonlítva (15. és 17. ábra) elmondható, hogy a 80 °C-os kezelés mindkét gyümölcs esetében hosszabb hőntartási időt igényelt, mint a 90 °C-os kezelés esetében. Utóbbinál sokkal kevesebb idő kellett a hőközlő közeg hőmérsékletének megközelítéséhez.

5.3. Vízoldható szárazanyagtartalom meghatározása

A korábban már említett készülék segítségével mértem meg a gyümölcslevek vízoldható szárazanyagtartalmát, a három párhuzamos mérés eredményeit átlagoltam és szórást számítottam belőlük, melynek eredményeit a narancs esetében a 19. ábra mutatja be.

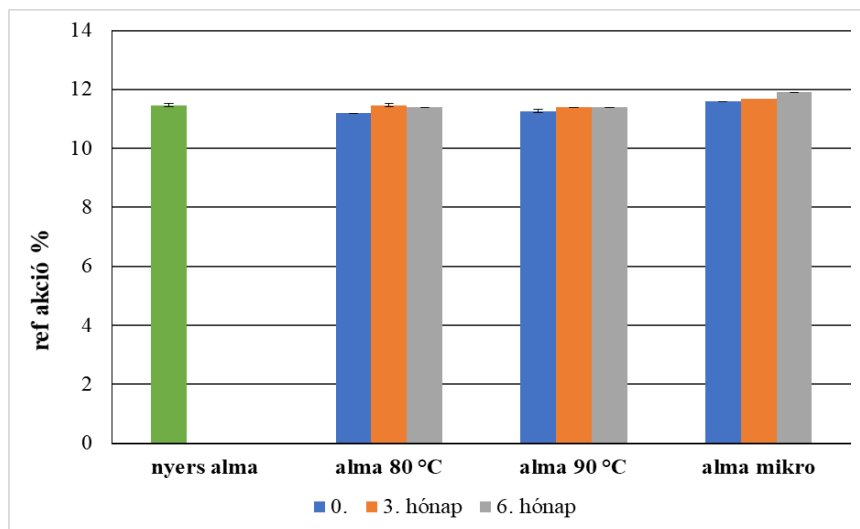


19. ábra A narancslevek vízoldható szárazanyagtartalma (%)

A 19. ábra alapján elmondható, hogy a narancslevek refrakció%-a mindhárom kezelésen átesett minta esetében növekvő tendencia figyelhető meg. A legnagyobb mértékben a mikrohullámmal kezelt narancslé vízoldható szárazanyagtartalma nőtt, 11,07 %-ról 11,97 %-ra. Ennél a mintánál mértem legnagyobb refrakció%-ot, már a 0. időpontban. Míg a másik két minta szárazanyagtartalma csökkent vagy stagnált, addig a mikrohullámmal kezelt mintáé magasabb lett a nyers mintához képest. A tárolási kísérlet végére a 80 és 90 °C-on kezelt narancslénél ugyanazt mértem, 11 %-ot.

Az almalevek mérési eredményeit a 20. ábra szemlélteti. Ezen minták refrakció eredményei alapján is elmondható, hogy a 0. mérési időponthoz képest mindegyik esetben emelkedést

tapasztaltam. Szintúgy, mint a narancs esetében, itt is a mikrohullámmal kezelt almalé szárazanyagtartalma lett a legmagasabb.



20. ábra Az almalevek vízoldható szárazanyagtartalma (%).

5.4. A sűrűség meghatározása

A narancslevek sűrűségmérésének eredményeit a 4. táblázat, az almalevek esetében a 5. táblázat mutatja be. A táblázatok alapján elmondható, egyik minta esetében sem vehető észre csökkenő vagy növekvő tendencia. A narancsleveknél mért sűrűség adatok alapján (4. táblázat) elmondható, hogy egyértelműen a mikrohullámmal kezelt minta volt a legsűrűbb mind a 6 hónap alatt. Ez a minta szinte ugyanolyan sűrűségű maradt a tárolási kísérlet végére is, csupán 0,0011 g/cm³-vel lett magasabb. Az idő előrehaladtával a 80 és 90 °C-on pasztörözött levek esetében a 3. hónap végére csökkenés figyelhető meg, majd a 6. hónap végére viszont növekedést tapasztaltam a sűrűségben.

Az almalevek sűrűségének vizsgálata során arra az eredményre jutottam, hogy a 6. hónap végére a mikrohullámmal kezelt mintán kívül a másik kettő almalé sűrűsége csökkent a 0. időpontban meghatározott értékhez képest, de egyik változás sem nagy mértékű.

4. táblázat A narancslevek sűrűségmérésének eredményei.

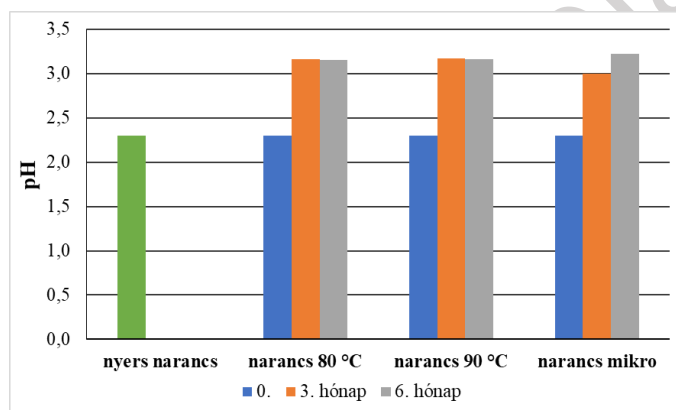
	0. időpont	3. hónap	6. hónap
Nyers narancs	1,0465	-	-
Narancs 80 °C	1,0454	1,0445	1,0454
Narancs 90 °C	1,0464	1,0440	1,0459
Narancs mikro	1,0490	1,0500	1,0501

5. táblázat Az almalevek sűrűségmérésének eredményei.

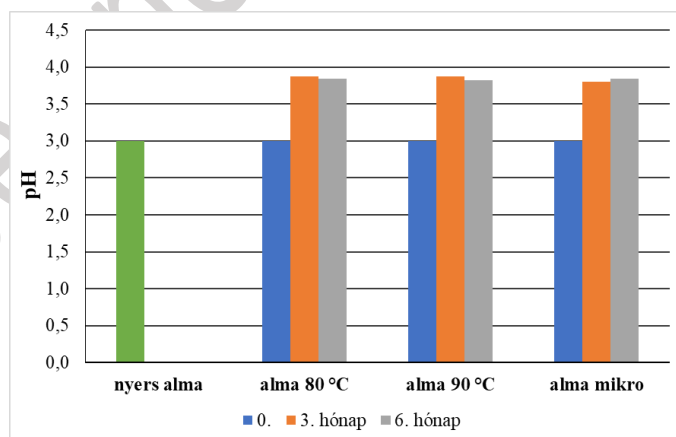
	0. időpont	3. hónap	6. hónap
Nyers alma	1,0484	-	-
Alma 80 °C	1,0470	1,0477	1,0468
Alma 90 °C	1,0479	1,0457	1,0466
Alma mikro	1,0482	1,0483	1,0485

5.5. pH mérés

A pH mérés eredményeit a 21. és 22. ábra szemlélteti. Mindkét gyümölcsle esetében egyértelmű, hogy a 0. időpontban mért értékek a legalacsonyabbak. A 3. hónap végére viszonylag nagy emelkedést tapasztaltam, viszont ez a 6. hónap végére már nem változott tovább nagy mértékben. Az levonható, hogy a mikrohullámú kezelésnek a pH érték alakulásában nincsen szerepe a hagyományos pasztörözéshez képest.



21. ábra A narancslevek pH értékei.

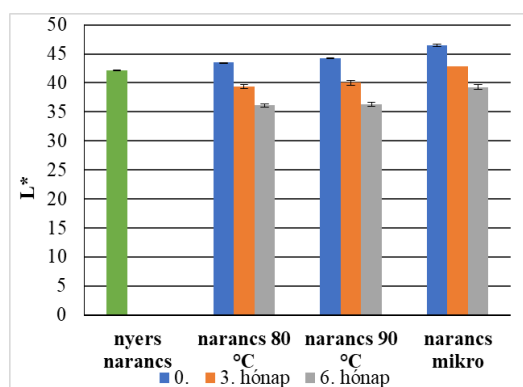


22. ábra Az almalevek pH értékei.

5.6. Színmérés

5.6.1. L^* , a^* és b^* értékek eredményei

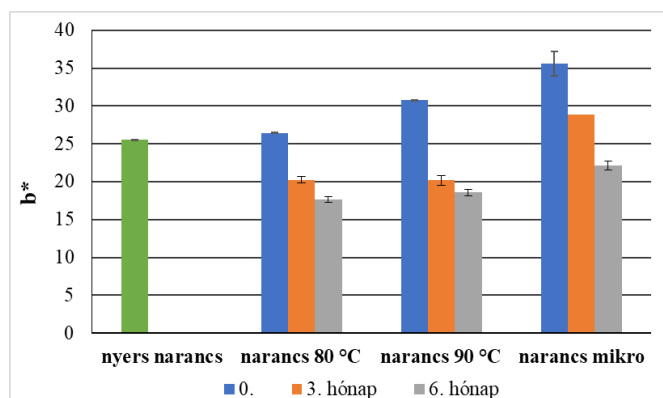
A narancslevek színmérésének eredményeit a 23. (L^*), 24. (a^*) és a 25. (b^*) ábra mutatja be. A világossági tényező változása a 23. ábráról olvasható le, miszerint mindhárom módszerrel hőkezelt minta egyre sötétebbé vált a tárolás ideje alatt. A csökkenés nagyjából azonos mértékű minden esetben, a mikrohullámmal kezelt narancslé színe maradt a legvilágosabb, a másik kettőé pedig szinte egyforma. Az a^* értékek esetében (24. ábra) nagyon erős változás figyelhető meg a 0. és a 3. hónap egymáshoz viszonyított adataiban. A nulladik időpontban mért narancslevek mindhárom esetben zöldes árnyalatú színt mutattak, mivel az a^* értéke negatív lett. A 6. hónapra mindhárom narancslé már a pirosas szín irányába tolódott el a zöldes helyett, azonban már a 3. és 6. hónap mérési adatai között sokkal kisebb volt a különbség, mint a 0. és 3. hónap eredményeiben. A b^* értékeiben (25. ábra) egyértelmű csökkenés figyelhető meg minden gyümölcsle mintánál a tárolási idő növekedésével. Mivel még a pozitív tartományban maradt az érték, ez azt jelenti, hogy a sárgás szín intenzitása csökkenni látszott, azonban a kék irányba messze nem ment át.



23. ábra A narancslevek L^* értékei.

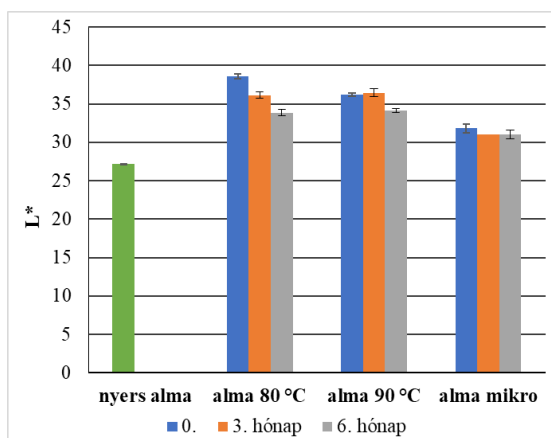


24. ábra A narancslevek a^* értékei.

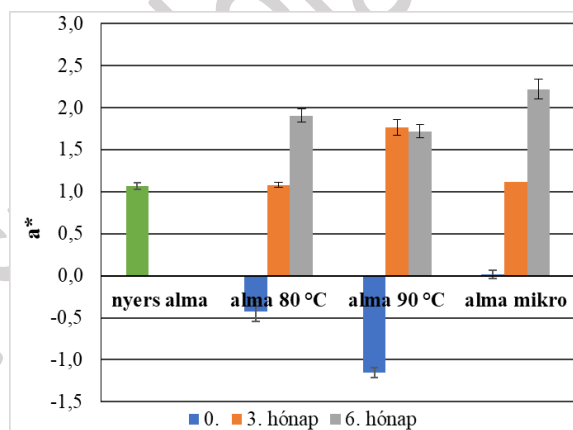


25. ábra A narancslevek b^* értékei.

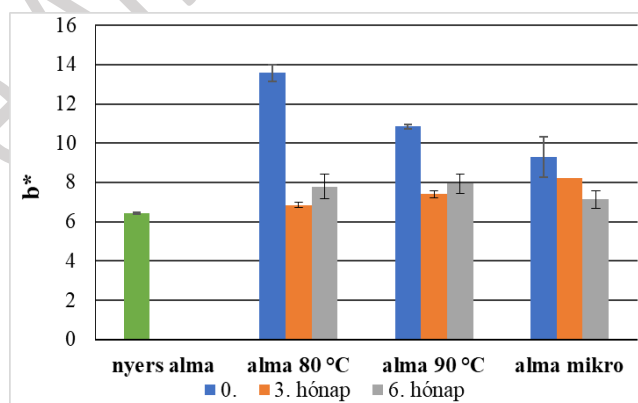
Az almalevek színmérésének eredményeit pedig a 26. (L*), 27.(a*) és a 28.(b*) ábra mutatja be. Ezek alapján elmondható, hogy bár mindegyik minta sötétedett a tárolás során, a mikrohullámmal kezelt almalé lett a legsötétebb a 6. hónap végére. A nyers mintához képest viszont az L* értékek (26. ábra) minden esetben magasabbak lettek, és a tárolási idő végére is világosabbak maradtak. Az a* tekintetében (27. ábra) elmondható, hogy a 0. időpont mérési adataiban egyedül a nyers minta mutatott pirosas irányba tolódó színt, a pasztörkádban kezelt minták színe a zöldes árnyalat irányába tolódott. A 6. hónap végére nagyjából azonos értékű volt az a*, egyértelműen a pirosas színárnyalat jelent meg az almalevekben. A b* eredményei (28. ábra) azt mutatják, hogy a nyers mintában a sárgás szín dominált a kék helyett, ami a hőkezelések után megnőtt mindegyik minta esetében, legnagyobb mértékben a 80 °C-on kezelt alma lett a legsárgásabb. A tárolási idő végére azonban mindhárom almalénél visszaesett ez az érték 6 és 8 közé, ami nem sokkal magasabb, mint amit a nyers minta esetén mértem.



26. ábra Az almalevek L* értékei.



27. ábra Az almalevek a* értékei.



28. ábra Az almalevek b* értékei.

5.6.2. Színkülönbségek eredményei

A színek összehasonlításának eredményeit, vagyis a színkülönbségeket a 7. táblázat szemlélteti. Színkóddal jelöltem a jobb átláthatóság kedvéért – a 6. táblázat alapján –, hogy az összehasonlított minták színei szabad szemmel való láthatóság szempontjából mennyire térnek

el egymástól. A hőkezeléseken átesett mintáknál a 0. időpontban mért színjellemzőket a nyers mintához képest hasonlítottam össze. A 3. hónap esetében az ugyanazon pasztörözési módszerrel kezelt levek színét hasonlítottam össze a 0. időpontban mértekkel. A 6. hónap mérési eredményeit pedig mind a 0. időpont, mind a 3. hónap eredményeivel hasonlítottam össze.

6. táblázat A szemmel érzékelhető színekülönbségek kódolása

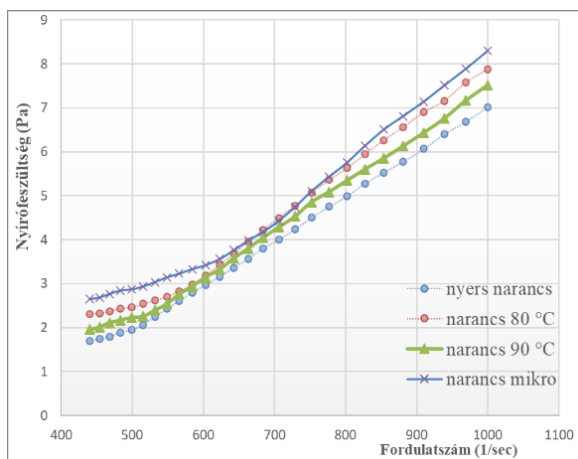
ΔE^*	Szemmel érzékelhető különbség
0–0,5	nem érzékelhető
0,5–1,5	alig érzékelhető
1,5–3,0	észrevehető
3,0–6,0	jól látható
6,0–12,0	nagy

7. táblázat A színekülönbségek mérésének eredményei

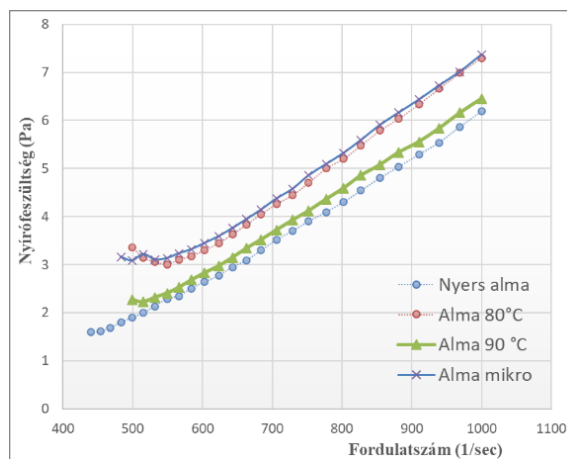
	0. nap	3. és 0. hónap	6. és 0. hónap	6. és 3. hónap
Narancs 80°C	1,60	8,44	12,23	4,18
Narancs 90 °C	5,64	11,88	15,38	4,36
Narancs mikro	10,94	7,97	15,95	7,98
Alma 80°C	13,57	7,33	7,84	2,61
Alma 90 °C	10,30	4,52	4,58	2,39
Alma mikro	5,61	1,78	3,21	1,53

5.7. A viszkozitás meghatározása

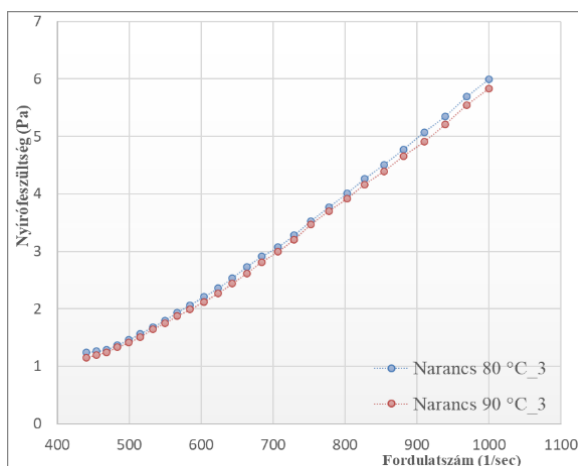
A viszkozitás vizsgálatát 20 °C-on végeztem el. Mindegyik minta esetében két párhuzamos mérést végeztem, amelyeket átlagoltam és így készítettem el a fordulatszám-nyírófeszültség diagramokat, azaz a folyásgörbéket. A viszkozitás értékeket az Excel segítségével határoztam meg úgy, hogy a folyásgörbékre egyenest illesztettem, majd ezen egyenes egyenletének a meredeksége adta meg a viszkozitást. Az azonos időpontban mért alma- narancslevek folyásgörbéit egy ábrába illesztettem be. A 0., 3. és 6. hónapban mért adatokból elkészített folyásgörbék a következő ábrákon láthatóak:



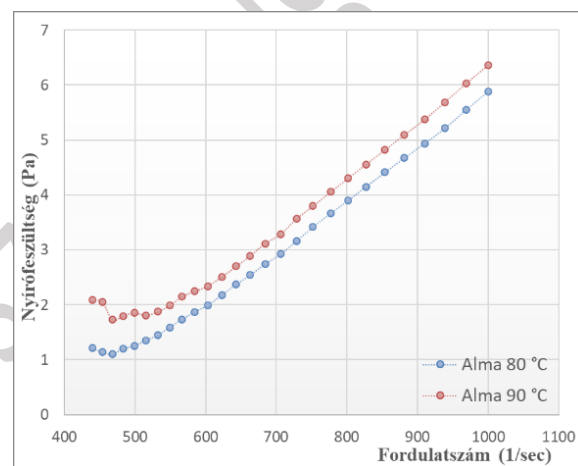
29. ábra A narancslevek folyásgörbéi a 0. időpontban mérve.



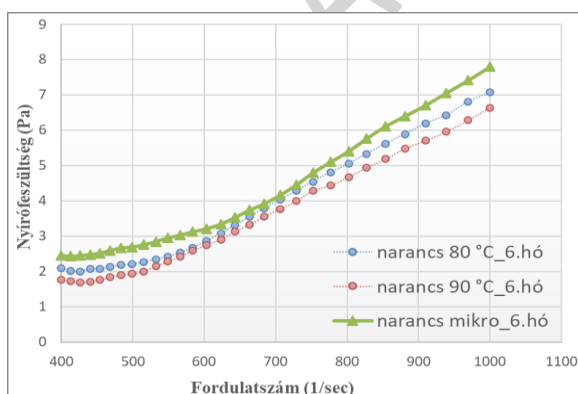
30. ábra Az almalevek folyásgörbéi a 0. időpontban mérve.



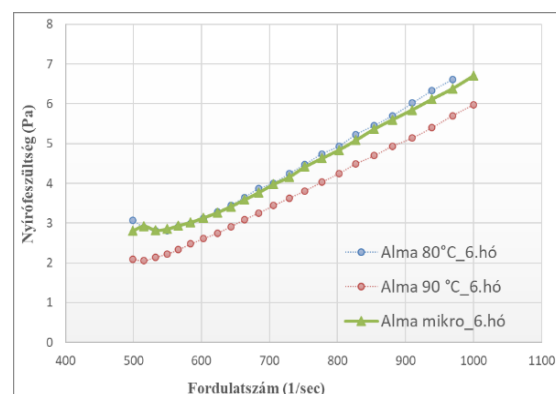
31. ábra A narancslevek folyásgörbéi a 3. hónapban mérve.



32. ábra Az almalevek folyásgörbéi a 3. hónapban mérve.



33. ábra A narancslevek folyásgörbéi a 6. hónapban mérve.



34. ábra Az almalevek folyásgörbéi a 6. hónapban mérve.

A minták viszkozitásainak időbeli alakulását a 8. (narancs) és a 9. (alma) táblázat szemlélteti.

8. táblázat A narancslevek viszkozitásértékei.

viszkozitás értékek (Pas)			
	0. nap	3. hónap	6. hónap
nyers narancs	0,0100	-	-
narancs 80 °C	0,0107	0,0087	0,009
narancs 90 °C	0,0103	0,0085	0,0087
narancs mikro	0,0104	0,0098	0,0092

9. táblázat Az almalevek viszkozitásértékei.

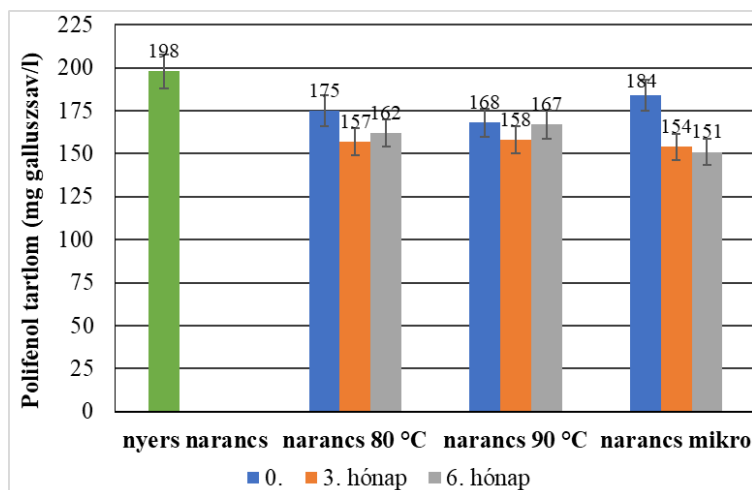
viszkozitás értékek (Pas)			
	0. hét	3. hónap	6. hónap
nyers alma	0,0083	-	-
alma 80°C	0,0089	0,0088	0,0085
alma 90 °C	0,0087	0,0085	0,0081
mikro alma	0,0087	0,0086	0,0082

Ezek alapján látszik, hogy a viszkozitás értékek elhanyagolható mértékben változtak, tehát sem a tárolási időtartam, se a hőkezelési módszer nem befolyásolta ezt.

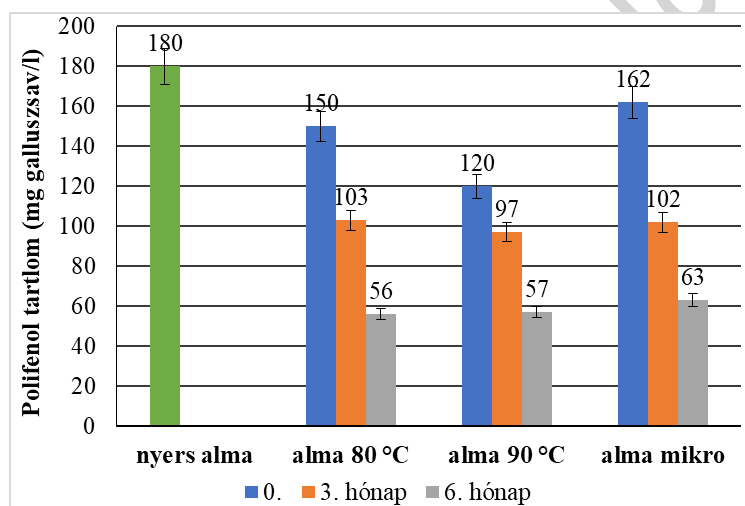
5.8. Összes polifenol-tartalom eredményei

A narancslevek polifenol tartalom mérésének eredményeit a 35. ábra mutatja be. Látható, hogy a nyers mintához képest mindhárom esetben csökkent az összes polifenol mennyisége, már rögtön a hőkezelések után. A tárolási idő alatt viszont nem csökkent nagy mennyiségben sem a 3., sem a 6. hónap után. A mikrohullámmal kezelt minta esetében lett a legkisebb ez az érték a 6. hónap végére, de kis mértékű az eltérés a hagyományos módon pasztörözött mintákkal szemben. Tehát elmondható, hogy a különböző hőkezelési módok szinte nem befolyásolták a polifenol koncentrációt.

Az almalevek esetében a 36. ábra szemlélteti a mérési eredményeket. Elmondható, hogy mindhárom hőkezelési mód esetében egyenletes csökkenő tendencia figyelhető meg. A 6. hónap végére nagyjából azonos szintre csökkent az almalevek összes polifenol koncentrációja, ami körülbelül 68 %-kal lett kevesebb a nyers mintában mért polifenol koncentrációnál.



35. ábra A narancslevek polifenol tartalma.



36. ábra Az almalevek polifenol tartalma.

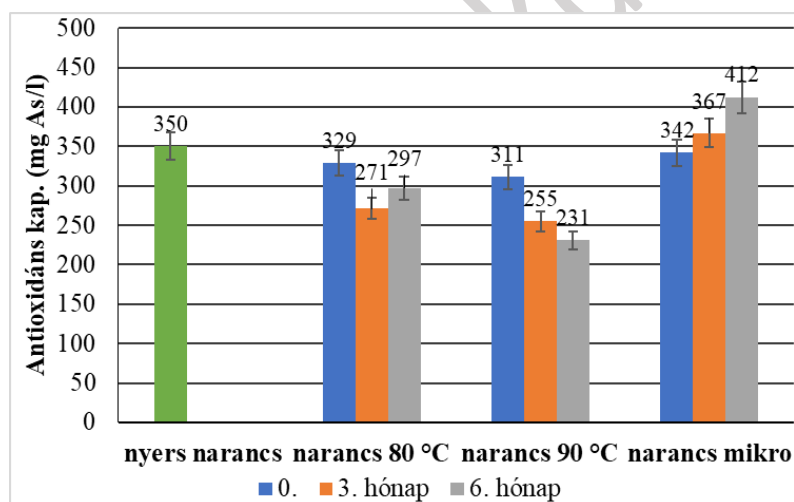
5.9. Antioxidáns kapacitás eredményei

A narancslevek antioxidáns kapacitás értékei a 37. ábrán láthatóak. A 80 é 90 °C-on pasztörözött minták esetében csökkenés figyelhető meg a tárolási idő előrehaladtával. Eredményül a 90 °C-on kezelt narancslé antioxidáns tartalma lett a legkisebb, 34 %-kal lett kevesebb, mint a nyers minta antioxidáns tartalma. Ez alapján elmondható, hogy a hosszabb ideig tartó, de 80 °C-os kezelés kíméletesebb volt e szempontból. A mikrohullámmal kezelt levek esetében meglepő módon ellentétes tendenciát tapasztaltam az előbbiekhöz képest. A 6. hónap végére a nyers mintánál 18 %-kal magasabb lett az antioxidáns kapacitás. Az ennél a mintánál tapasztalt növekedést alátámasztják Kim és munkatársai 2008-ban, valamint Hayat és munkatársai 2010-es tanulmányában mért eredményei. Kim et al. 2008-as kutatásában arról számoltak be, hogy a citrusz törköly antioxidáns aktivitása megnőtt elektronsugaras besugárzás

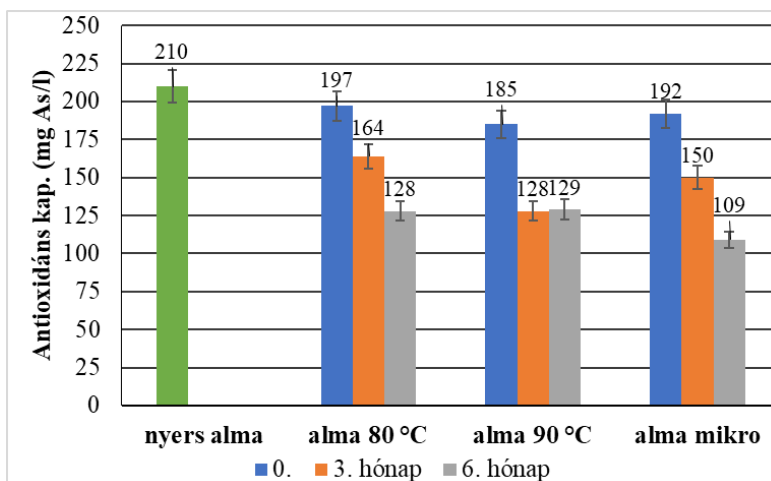
után. Hayat et al. 2010-ben szintén citrusz törkölyt kezelt mikrohullámmal, és szintén az antioxidáns tartalom növekedését figyelte meg. Többféle teljesítmény és kezelési idő közül 250 W-on 15 percig tartó kezelés eredményezte a legmagasabb értéket ebből a tulajdonságból, ami egy alacsonyabb teljesítmény és ötször annyi kezelési idő, mint amit én végeztem.

Tu és munkatársai hasonló eredményről számoltak be 2015-ben. Magyarázatuk szerint a mikrohullámú besugárzás a rendszerben redukzív vegyületeket hoz létre, amelyek hozzájárulnak a jelentősen megnövekedett redukáló erőhöz, vagyis az antioxidáns kapacitás növekedéséhez.

Az almalevek eredményeit tekintve (38. ábra) elmondható, hogy mindhárom esetben csökkenő tendencia figyelhető meg. A 6. hónap végére legkisebb értéket a mikrohullámmal kezelt almalevél esetében kaptam, ami 48 %-kal kevesebb, mint a nyers mintában mért antioxidáns kapacitás. A másik két levél esetében azonos eredményt kaptam, a nyers mintához képest 39 %-kal lett kisebb az antioxidáns tartalom.



37. ábra A narancslevek antioxidáns kapacitás értékei.



38. ábra Az almalevek antioxidáns kapacitás értékei.

6. Összefoglalás

Kutatómunkám során a fő cél a mikrohullámú és hagyományos hőkezelés hatásainak vizsgálata volt, amiket saját készítésű alma és narancs présleveken tettem meg. A kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcs alapú italok minden esetben hőkezelésen esnek át a tartósítás céljából, azonban ez a folyamat többnyire veszteséget okoz a gyümölcslé értékes, hőre érzékeny összetevőiben. Az utóbbi években elterjedtették váltak a kutatások új tartósítási módszerek irányában, amik kíméletesebbek és esetleg még gazdaságosabbak is, mint a hagyományos módszerek. Ilyen módszerek például a pulzáló elektromos mezőben, nagy nyomás alatt való kezelések, illetve a mikrohullámú kezelés. Dolgozatomban az utóbbit választottam, mint új módszert, és célom az volt, hogy kiderítsem, jobb minőségű terméket kapok-e, mint a hagyományos, pasztörkádban való kezelés során.

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az egészséges táplálkozás. Ennek egyik alapja a rendszeres zöldség- és gyümölcsfogyasztás, aminek egyik megoldása a kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcslevek, -nektárok, -italok, amik tartalmazhatnak hozzáadott vitaminokat és ásványi anyagokat is. A hővel való tartósítás minden esetben veszteséget okoz értékes anyagok tekintetében, ennek csökkentése érdekében a megfelelő hőmérséklet és kezelési idő kiválasztása fontos. Ezért is készítettem 80 és 90 °C-on pasztörözött mintákat is. A mért jellemzőket a nyers, hőkezelés nélküli mintával hasonlítottam össze, illetve a különböző módszereken átesett leveket egymással is összehasonlítottam a vizsgált jellemzők tekintetében.

A laboratóriumi gyümölcscentrifuga segítségével elkészített leveket 200 ml-es üvegekbe töltöttem, majd pasztörkádban egy Ellab nevű mérőeszközhöz csatlakoztatva pasztöröztem őket 80 és 90 °C-on. Ez az eszköz percenként rögzítette a hőközlő közeg, illetve a minták hőmérsékletét, így elkészítettem mindkét gyümölcslé esetében a hőpenetrációs, és pasztörözési érték görbét. A mikrohullámú kezelést 700 W teljesítményű mikrohullámú sütőben végeztem, percenként leállítva és mérve a hőmérsékleteket. Három perc alatt mind az alma-, mind a narancslé minták elérték a 90-95 °C-os hőmérsékletet, ami után sikeresnek tekintettem a pasztörözést.

A munkám során egyrészt két, táplálkozásbiológiai szempontból jelentős vegyületcsoport mennyiségének változását figyeltem meg: összes polifenol tartalom, illetve antioxidáns kapacitás. Másrészt vizsgáltam a gyümölcslevek viszkozitását, amit rotációs viszkoziméter segítségével és a folyásgörbék felvételével határoztam meg. Továbbá mértem még a vízdoldható szárazanyagtartalmat, sűrűséget, színt, illetve pH értékeket.

A sűrűség és a vízdoldható szárazanyagtartalom tekintetében mindkét gyümölcs esetében, egyik módszernél sem figyelhető meg nagy változás, illetve a mikrohullám sem befolyásolta más mértékben ezen tulajdonságokat.

A pH mérés eredményei alapján mindegyik 0. időpontban mért minta pH= 4,5 alatti volt, így ez határozta meg a pasztörözési paramétereket. A 3. hónap eltelte után pH emelkedést tapasztaltam mindhárom hőkezelési mód esetében. Következésképpen a mikrohullámú kezelés nem befolyásolta a pH alakulását a hagyományos pasztörözéssel szemben.

A színmérési eredményei alapján elmondható, hogy a narancslevek vizsgálata során az L^* értéke fokozatosan csökkent, nagyjából azonos mértékben mindhárom kezelési módszeren átesett mintánál, azaz egyre sötétebbek lettek. A kezdeti zöldes árnyalat az a^* értékeiben megmutatkozva a 6. hónap végére mindhárom lé esetében átment inkább a pirosas színárnyalat irányába, a 90 °C-on kezelt narancslé esetében lett a legmagasabb ez az érték. A b^* értékei azt mutatták, hogy a sárgás színárnyalat dominanciája megmaradt a 6. hónap végére is, azonban mindegyik minta esetében csökkent az érték. Véleményem szerint a mikrohullámmal hőkezelt narancslé színe lett a legszebb a fél év után, főleg amiatt, mert a narancsnál egyértelmű sárga szín ennél a mintánál maradt a legmagasabb, illetve kis mértékben ugyan, de az L^* értékei alapján ez maradt a legvilágosabb. Az almalevek színmérésének eredményei alapján elmondható, hogy az L^* értéke alapján a mikrohullámmal kezelt minta lett a legsötétebb a 6. hónap végére, nagy mértékű változás nem volt tapasztalható. Az a^* eredményei azt mutatják, hogy a nyers mintához képest a 6. hónap végére mindhárom almalé minta erősebb árnyalatú pirosas színű lett. A mikrohullámú mintánál kaptam a leginkább pirosas színt. A b^* értékei azt mutatják, hogy mindhárom minta hasonló sárgás színárnyalatot mutat, ami kis mértékben magasabb, mint a nyers minta esetében mért adat. Véleményem szerint a 80 °C-on kezelt almalé színe lett a legjobb a 6. hónap végére, mert az maradt a legvilágosabb, és az mutatta legnagyobb mértékű sárgás árnyalatot.

A színkülönbségek vizsgálata szempontjából nincs két olyan összehasonlított minta, ahol nem, vagy alig érzékelhető a különbség. A 0. és 6. hónap eredményeit tekintve mindegyik különbség jól látható, vagy nagy.

Az összes polifenol tartalom mérésének eredményei alapján, a narancslevek esetében mindegyik mintában csökkent a polifenol anyagok koncentrációja a nyers mintához képest. Csökkenő tendencia figyelhető meg a tárolási idő előrehaladtával. Ennek végére legkisebb koncentrációt a mikrohullámú minta tartalmazta. Az almalevek esetében nagyobb mértékű volt

a csökkenő tendencia, az eredmények mindhárom minta esetében szinte azonosak voltak a 6. hónap végére.

Az antioxidáns kapacitás mérési eredményei az almalevek esetében egyértelmű csökkenő tendenciát mutattak. A mikrohullámmal kezelt minta esetében lett a legkisebb ez az érték. A narancslevek vizsgálata során viszont a mikrohullámmal kezelt narancslé antioxidáns koncentrációja folyamatosan nőtt az idő előrehaladtával, a másik két mintával ellentétben. A 6. hónap végére a mikrohullámmal kezelt narancslé antioxidáns tartalma 18 %-kal lett magasabb, mint a nyers mintában mért koncentráció. Ezt az eredményt egyes szakirodalmak is alátámasztják. (Kim et al. 2008), (Hayat et al. 2010) Tu és munkatársai azzal magyarázták ezt a jelenséget, hogy a mikrohullámú elektromágneses sugárzás az anyagban redukív vegyületeket hoz létre, amelyek növelik a redukáló erőt, így az antioxidánstartalom növekedésében játszhatnak szerepet.

Az elvégzett munka és a vizsgálatok eredményei alapján véleményem szerint pozitív eredményt értem el az antioxidáns tartalom tekintetében. Tovább lehetne folytatni a kutatást nagyobb üzemben, más gyümölcsből készült levek esetében is, illetve a mikrohullámú kezelést többféle teljesítményen, illetve többféle kezelési ideig, hogy megfigyelhető legyen, melyik folyamat eredményezi a leginkább pozitív változást és a legkevesebb veszteséget.

IRODALMI JEGYZÉK

1. **Amaro, K. C., & Tadini, C. C. (2021).** The optimal time-temperature conditions for orange juice microwave– assisted pasteurization. *LWT*, 150, 111907. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111907>
2. **Bálint P., Nedelykov M. & Hámori T. (1987):** A mikrohullámú szárítás alkalmazása a kerámiaiparban. *Építőanyag*, 39 (3), p. 69
3. **Barta, J. (szerk.) (2007).** Növényi nyersanyagok hőközléses tartósító technológiái. *Mezőgazda Kiadó* Budapest. ISBN: 2399962466251
4. **Barta, J., & Körmendy, I. (2007).** Növényi nyersanyagok feldolgozástechnológiai műveletei. *Mezőgazda Kiadó* Budapest, ISBN: 978-963-286-397-9
5. **Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996).** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
6. **Boyer, J., & Liu, R. H. (2004).** Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, 3, 5, 1-15. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>
7. **Canumir, J. A., Celis, J. E., de Bruijn, J., & Vidal, L. V. (2002).** Pasteurisation of apple juice by using microwaves. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 35(5), 389–392. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0865>
8. **Deák T., Felföldi, J., Incze, K. (1980).** Konzerv-hús-és hűtőipari mikrobiológia. *Mezőgazdasági kiadó*, Budapest. ISBN: 2398999550674
9. **Deák, T., Kiskó, G., Maráz, A., & Mohácsiné, F. C. (2006).** Élelmiszer-mikrobiológia. *Mezőgazda kiadó*. Budapest. 110-137. o. ISBN: 2399992948215
10. **Díaz-García, M. C., Obón, J. M., Castellar, M. R., Collado, J., & Alacid, M. (2013).** Quantification by UHPLC of total individual polyphenols in fruit juices. *Food chemistry*, 138(2-3), 938-949. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.061>
11. **Kim, J.W., Lee, B. C., Lee, J.H., Nam, K. C., & Lee, S. C. (2008).** Effect of electron-beam irradiation on the antioxidant activity of extracts from Citrus unshiu pomaces. *Radiation Physics and Chemistry*, 77, 87–91
12. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021):** Citrus fruit fresh and processed Statistical Bulletin. *Citrus Fruit Statistical Compendium 2020*. Rome.
13. **Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., Zhong, F. & Zhang, J. (2010).** Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food chemistry*, 123(2), 423-429. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.060>

14. **Jámbor Attila, Czirkli Dorottya (2021):** Versenyképesség a nemzetközi narancskereskedelemében. *Gazdálkodás*. 65 (3): 256-274
15. **Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A., & Cabaroglu, T. (2009).** HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, 91(2), 187-192. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.10.008> (Kelebek, Selli, Canbas & Cabaroglu, 2009)
16. **Keszthelyi-Szabó, G., Rajkó, R., Kovács, E. T., Papp, G., & Hotya, L. (1994).** Mikrohullámú termikus kezelés hatása a szójabab minőségére. *Élelmiszeripari Főiskola Tudományos Közleményei*, 17, 12-22.
17. **Knekt, P., Järvinen, R., Seppänen, R., Heliövaara, M., Teppo, L., Pukkala, E., & Aromaa, A. (1997).** Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *American journal of epidemiology*, 146(3), 223-230. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009257>
18. **László Zs., Simon E., Hodúr C., Fenyvessy J. (2005):** A mikrohullámú technika alkalmazásának újabb lehetőségei az élelmiszer- és környezetiparban. *Agrártudományi Közlemények* 2005/18.
19. **Le Marchand, L., Murphy, S. P., Hankin, J. H., Wilkens, L. R., & Kolonel, L. N. (2000).** Intake of flavonoids and lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 92(2), 154-160. <https://doi.org/10.1093/jnci/92.2.154>
20. **Lukács, Gy. (1982).** Színmérés. *Műszaki Kiadó*, Budapest, 125–166. o., 341. o
21. **Magyar Élelmiszerkönyv.** 1-3-2001/112
22. **Mahdavi, R., Nikniaz, Z., Rafrat, M., & Jouyban, A. (2010).** Determination and comparison of total polyphenol and vitamin C contents of natural fresh and commercial fruit juices. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(10), 968-972., ISSN: 1680-5194
23. **Morton J. F. (1987):** Fruits of warm climates. J. F. Morton, Miami, ISBN: 0961018410
24. **Pók T. & B. Tóth Sz. (2012):** Borászat. *Szaktudás Kiadó Ház*, Eger, 35-38. ISBN: 978-963-575-034-4
25. **Rahman, M. S. (Ed.). (2007).** Handbook of food preservation, Second Edition. *CRC press*. p.693-694 ISBN 9781574446067
26. **S. Tajchakavit & H.S. Ramaswamy (1995)** Continuous-Flow Microwave Heating of Orange Juice: Evidence of Nonthermal Effects, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 30:3, 141-148, DOI: 10.1080/08327823.1995.11688270
27. **Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B., & Cano, M. P. (2003).** Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity

- of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 430-439. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1392>
28. **Singleton, V., & Rossi, J. (1965).** Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic – Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Ecology and Viticulture*, 16(3): 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
29. **Sinha, N. K., Sidhu, J., Barta, J., Wu, J., & Cano, M. P. (Eds.). (2012).** Handbook of fruits and fruit processing second edition. *John Wiley & Sons*, 500-502., 372-373, 494-499 ISBN:9780813808949
30. **Szabó, G. (1994):** A mikrohullámú melegítés hőtranszport modelljének kidolgozása dimenzióanalízissel. Élelmiszeripari Főiskola, *Tudományos Közlemények*, 17. 23-29.
31. **Tóth-Kurmai, V. (2018).** A magyar léalma-almasűrítmény termékpálya gazdasági elemzése. <http://hdl.handle.net/2437/254819>
32. **Tu, Z., Hu, Y., Wang, H., Huang, X., Xia, S. & Niu, P. (2015).** Microwave heating enhances antioxidant and emulsifying activities of ovalbumin glycated with glucose in solid-state. *Journal of Food Science technology*. 52(3): 1453-1461. doi: 10.1007/s13197-013-1120-x
33. **Vázquez, C. V., Rojas, M. G. V., Ramírez, C. A., Chávez-Servín, J. L., García-Gasca, T., Martínez, R. A. F., ... & de la Torre Carbot, K. (2015).** Total phenolic compounds in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin–Ciocalteu method. *Food Chemistry*, 176, 480-486. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.050>
34. **Venkatesh, M. S., & Raghavan, G. S. V. (2004).** An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. *Biosystems engineering*, 88(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.007>
35. **Viktória, K. (2016).** A piaci verseny és koncentráció az almasűrítmény világpiacán. *Agrártudományi Közlemények*, 69, 129-135.
36. **Yıldız, D., Gürel, D. B., Çağındı, Ö., & Kayaardı, S. (2022).** Heat treatment and microwave applications on homemade sour cherry juice: The effect on anthocyanin content and some physicochemical properties. *Current Plant Biology*, 29, 100242. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100242>

INTERNETES FORRÁSOK

1. Internet 1.:World Health Organization
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
2. Internet 2:Eurostat: narancskereskedelem
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200103-1>
3. Internet 3.:C-vitamin
<https://semmelweis.hu/hok/2019/03/22/c-vitamin/>
4. Internet 4.:Narancs beltartalmi értékei
<https://narancsinfo.hu/narancs-vitamin-es-asvanyi-anyag-tartalma/>
5. Internet 5: KSH: Az alma termelismennyisége
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0100.html
6. Internet 6: KSH: Gyümölcstermelés
https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn025b.html
7. Internet 7.:Antioxidáns vegyületek
<https://u-szeged.hu/oktatas/tudomany-innovacio/szabad-gyokok>
8. Internet 8.:Létisztítás sűrítmenygyártás során
<https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/food/technol/zoldseg/zoldseg1.html>
9. Internet 9: World Health Organization: élelmiszer eredetű megbetegedések
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
10. Internet 10.:Színmérés
https://www.szinkommunikacio.hu/12_07.htm

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Szabó-Nótin Beatrixnek, aki szakmai tanácsokkal és támpontokkal látott el, amellyel nagy mértékben hozzájárult a szakdolgozatom elkészítéséhez.

Szeretném megköszönni a Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológiai Tanszék valamennyi oktatójának az átadott tudást, és hogy helyet biztosítottak méréseim elvégzéséhez.

Továbbá külön köszönöm Komlós Gábornak a laboratóriumi méréseim során nyújtott segítségét.

Köszönöm szüleimnek, hogy az egyetemi tanulmányaim alatt folyamatos támogatással és odaadással hozzájárultak a szakdolgozatom elkészüléséhez.

NYILATKOZAT

Sebe Anett (hallgató Neptun azonosítója: YON5RU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

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

Kelt: 2023. év november hó 04. nap

Sebe Anett

belső konzulens

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Sebe Anett
A Hallgató Neptun kódja: YON5RU
A dolgozat címe: Mikrohullámú kezelés–és hagyományos pasztőrözés hatása a gyümölcslevek tulajdonságaira
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gyümölcs és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék

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

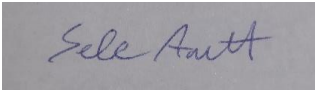
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év november hó 04. nap



Hallgató aláírása