

# Pulzáló elektromos térerővel kezelt citruslevek vizsgálata

Cserhalmi Zsuzsanna – Lechner Noémi – Sass Ágnes – Tóth Marianna

## ÖSSZEFOGLALÓ

A SZERZŐK PULZÁLÓ ELEKTROMOS TÉRERŐVEL KEZELT PINK GRAPEFRUITLÉ, CITROMLÉ, NARANCSLÉ ÉS MANDARINLÉ NÉHÁNY FIZIKAI ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGÁT, SZERVES SAV TARTALMÁT ÉS ILLÉKONY AROMA KOMPONENSEIT VIZSGÁLTÁK. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEIK ALAPJÁN MEGÁLLAPÍTOTTÁK, HOGY EZ AZ ÚJ TARTÓSÍTÁSI TECHNOLÓGIA A CITRUSLEVEK REFRAKCIÓ ÉS pH ÉRTÉKÉRE, VEZETŐKÉPESÉGÉRE, VISZKOZITÁSÁRA, SZÍNÉRE, NEM-ENZIMES BARNULÁSI INDEXÉRE (NEBI), HIDROXIMETIL-FURFUROL (HMF) TARTALMÁRA, SZERVES SAV TARTALMÁRA ÉS ILLÉKONY AROMA KOMPONENSÉRE CSAK MÉRSÉKELT HATÁST GYAKOROLT.

## INHALT

ES WURDE DIE REFRAKTION UND DER pH-WERT, DIE KONDUKTIVITÄT, DIE FARBE, DER NICHT-ENZYMATISCHE BRÄUNUNGSINDEX, DER ORGANISCHE SÄUREGEHALT

UND DIE FLÜCHTIGEN AROMASTOFFE VON DEM MIT PULSIERENDER HOCHSPANNUNGSFELDKRAFT BEHANDELTEM ROSA GRAPEFRUITSAFT, ZITRONENSAFT, ORANGENSAFT UND MANDARINENSAFT UNTERSUCHT. ES WURDE FESTGESTELLT, DASS DIESE TECHNOLOGIE NUR EINEN GERINGEN EINFLUSS AUF DIE OBEN GENANNTEN EIGENSCHAFTEN AUSÜBT.

## SUMMARY

THE AUTHORS EXAMINED THE REFRACTION AND pH-VALUES, CONDUCTIVITY, VISCOSITY, COLOUR, THE NON-ENZYMATIC BROWNING INDEX, ORGANIC ACID CONTENTS AS WELL AS THE VOLATILE AROMA COMPOUNDS OF PINK GRAPEFRUIT, LEMON, ORANGE AND TANGERINE JUICES TREATED WITH PULSED ELECTRIC FIELD. MODERATE INFLUENCE OF THIS TECHNOLOGY MADE ON THE ABOVE MENTIONED FEATURES WAS ESTABLISHED.

## Bevezetés

A nem hőkezelésen alapuló fizikai eljárások egyre inkább helyettesítik a termikus és a kémiai élelmiszerkezelési technológiai lépéseket. Így a pulzáló elektromos térerő (PEF) alkalmazása is egyre nagyobb figyelemre tesz szert. A PEF sokoldalú alkalmazhatósága (a technikát kezdetben csupán a géntechnológiában használták), a rövid kezelési idő, a kezelt anyag minimális felmelegedése a kezelési folyamat során, teszi a PEF technológiát oly vonzó jelöltté az élelmiszertartósítási ipar számára.

A PEF technológia azáltal alkalmas a folyékony halmazállapotú élelmiszerek pasztörözésére, hogy a sejtmembrán indukált összeomlása inaktíválja a mikroorganizmusokat (a kezelési paramétereiktől függően, kisebb-nagyobb mértékben) hő és kémiai hatások nélkül (Pothakamury és mtsai., 1995).

A technológia élelmiszeripari alkalmazásának elsődleges célja a mikroorganizmusok élettevékenységének csökkentése illetve teljes megszüntetése a nemkívánatos fizikai és kémiai változások nélkül. Sale és Hamilton (1967) számolt be elsőként a technológia ilyen célú alkalmazásáról. Munkájukban az élesztők sokkal érzékenyebbnak bizonyultak a PEF kezelésre, mint a vegetatív baktériumok és kimutatták, hogy a technológia a spórákat nem inaktíválja. A baktériumok közül a Gram negatívok érzékenyebbnak bizonyultak (Castro és mtsai., 1994, Quin és mtsai., 1998). A vizsgált mikroorganizmusok az exponenciális növekedési fázisban érzékenyebben reagáltak az elektromos térerő alkalmazására, mint a stacioner fázisban (Jakob és mtsai., 1981; Hülsheger és mtsai., 1983,

Pothakamury és mtsai., 1996). Számos tudományos munka bizonyítja a kezelési körülmények, így a térerő intenzitás, az impulzus szám, impulzus szélesség, alak, a kezelési hőmérséklet, a mikroorganizmusok típusa, szaporodási állapota, a kezelendő közeg elektromos tulajdonságai, stb. befolyásoló szerepét a mikroorganizmusok inaktíválásának mértékére (Pothakamury és mtsai., 1996; Alvarez és mtsai., 2000; Aronsson és mtsai., 2001; Cserhalmi és mtsai., 2002;).

A PEF technológia olyan biztonságos és tiszta technológia, amely azt a minimál kezelések egyik fontos képviselőjévé teszi. A technológia gyümölcsök és zöldségek préselés előtti kezelésére, a sejtek sejtfal áteresztőképességének, így a léhozam növelés céljából is sikeresen alkalmazható (Knorr és mtsai., 1994).

Tudományos közlemények számolnak be a gyümölcslevekbe beoltott mikroorganizmusok PEF technológiával történő inaktíválásáról, valamint a kezelt gyümölcslevek fizikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt hatásokról (Qin és mtsai., 1995; Evrendilek és mtsai., 1999, 2000; Jin és Zhang, 1999; Zhang és mtsai., 1994a, b; Qiu és mtsai., 1998; Cserhalmi és mtsai., 2002, 2003). Hosszabb eltarthatóságról számolnak be olyan PEF kezelt élelmiszeripari termékeknél, mint pl. narancslé (Yeom és mtsai., 2000), vörös áfonyalé (Jin és Zhang, 1999) és almalé (Evrendilek és mtsai., 2000) esetében. A friss narancslében előforduló élesztő- és penészgombák elpusztításához használt PEF technológia hatékonysága összehasonlítható egy 1 perces 90°C-os hőkezeléssel (Jia és mtsai., 1999). A PEF kezelt gyümölcslevek nem csak hosszabb ideig eltarthatók, de bebizonyosodott, hogy a hőkezelt ter-

mékekhez viszonyítva jobban megmarad az eredeti ízük, színük és C-vitamin tartalmuk (Jia és mtsai., 1999).

Az eddigi kutatási eredmények azt mutatják, hogy a pulzáló elektromos térerő technológia alkalmas lehet más élelmiszer tartósítási technológiák kiegészítésére vagy helyettesítésére.

Mindennek ellenére azt is figyelembe kell venni, hogy a PEF kezelt folyékony élelmiszerek friss jellegének és minőségének megőrzése a tárolás alatt a csomagolásnak és a tárolási körülményeknek is a függvénye (Ayhan és mtsai., 2001).

Az itt bemutatott és számos egyéb munkák ellenére a PEF kezelés körülményeinek a gyümölcslevek fizikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt hatása nem kellően tisztázott.

Munkánk során így célul tűztük ki a technológia pink grapefruitlé, citromlé, narancslé és mandarinlé refrakció és pH értékére, vezetőképességére, viszkozitására, színére, nem enzimés barnulási indexére, hidroximetil-furfurol, szerves sav tartalmára és illékony aroma komponenseire gyakorolt hatásának vizsgálatát.

## Anyagok és módszerek

### 1. Vizsgálati anyagok

Vizsgálatainkat a közeli piacon beszerzett friss pink grapefruit, citrom, narancs és mandarinból préselt levekkel végeztük. Laboratóriumi körülmények között BRAUN Citromatic 7 vario citruspréssel (BRAUN GmbH, Kronberg, Germany) előállított, szűrőpapíron (MN 6151/4) szűrt, desztillált vízzel az adott koncentrációra hígított nyers levekkel végeztük.

A pink grapefruitlevet 55%-ra, a citromlevet 20%-ra, a narancslevet 40%-ra

és a mandarinlevet 65%-ra hígítottuk. A hígítást a citruslé minták PEF kezelhetőség, vagyis a vezetőképességének csökkentése érdekében végeztük. A hígított citrusleveket a felhasználásig -20 °C-on tároltuk, majd a felhasználás előtt hűtőszekrényben (5 °C-on) felengedettük és a PEF kezelésig ott tartottuk (kb. 18 óra).

### 2. PEF kezelés

A PEF kezeléseket laboratóriumi méretű, átfolyós rendszerű OSU 4-B típusú berendezéssel végeztük 28 kV/cm térerő intenzitással 50 impulzust alkalmazva. A kezelési hőmérséklet minden esetben 34 °C alatt volt (Cserhalmi és mtsai., 2004).

### 3. Vizsgálati módszerek

A minták refrakcióját refraktométerrel (Zeiss, Jena, DDR), pH értéket OP-211/1 (Radelkis) pH-mérővel, vezetőképességet OK-104 típusú (Radelkis) konduktométerrel, viszkozitását Rheotest 2 típusú rotációs viszkoziméterrel, színét a teljes látható fénytartományban felvett spektrum alapján UV-160A típusú (Shimadzu, Japán) fotométerrel, valamint tristimulusos színértékek meghatározásával Chroma méterrel (CR 200, Minolta, Japán) mértük. A műszeres szín-mérésnél meghatározott világossági tényező (L\*), vörös (a\*) és sárga (b\*) színezet alapján meghatároztuk a minták színíngere különbségét (ΔE). A színíngere különbségi értékek és a vizuális megítélés között az alábbi kapcsolat van (Lukács, 1982):

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

ΔE	Szemmel észlelve a különbség
0–0,5	nem észrevehető
0,5–1,5	alig észrevehető
1,5–3,0	észrevehető
3,0–6,0	jól látható
6,0–12,0	nagy

A minták nem-enzimes barnulási indexét Birk és munkatársai (1998) által kidolgozott fotometriás módszerrel határoztuk meg. A citruslévek szerves sav tartalmát (almasav, citromsav, fűmársav és aszkorbinsav) HPLC-vel mértük Alliance Waters 2690 kromatográfias rendszerben diódasoros detektorral (Waters 996) reverz fázison. YMC ODS-AQ (250×4,6 mm I.D., S-5 μm) oszlopot (ABL & E-JASCO) használtunk. Az eluens (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2.75 g/L, pH: 2.8) átfolyási sebessége 0.7 mL/min volt. Az almasav, citromsav és fűmársav detektálása 412 nm-en, az aszkorbinsavé 242

1. táblázat

PEF kezelt és kontroll citruslévek fizikai és kémiai tulajdonságai

Minta	Kezelés	Brix° (%)	pH	Vezetőképesség (mS)	Viszkozitás (cP)	NEBI	HMF (mg/l)
Grapefruit	Konroll	5.10	3.05	1.23	1.36	0.11	0.49
	Kezelt	5.11	3.09	1.25	1.48	0.11	0.49
Citrom	Konroll	1.16	2.43	1.20	0.88	0.09	0.19
	Kezelt	1.00**	2.42	1.23	1.15*	0.10**	0.25
Narancs	Konroll	4.53	3.63	1.20	1.40	0.11	0.25
	Kezelt	4.30*	3.61	1.28	1.07**	0.11	0.22
Mandarin	Konroll	6.50	3.41	1.50	1.15	0.11	0.17
	Kezelt	6.00	3.43*	1.50	1.19	0.11	0.17

\*szignifikáns különbség p = 0.05%, \*\* p = 0.01%

2. táblázat

Citruslévek szerves sav tartalma

Minta	Kezelés	Almasav (g/l)	Citromsav (g/l)	Aszkorbinsav (mg/l)	Fűmársav (mg/l)
Narancs	Konroll	1,14±0,02	8,21±0,02	328,21±2,30	0,32±0,06
	Kezelt	1,11±0,03	8,05±0,03	318,41±10,8	0,29±0,02
Citrom	Konroll	2,56±0,09	55,62±1,07	313,51±0,75	0,18±0,01
	Kezelt	2,13±0,03	52,38±0,66	129,61***±44,9	0,12±0,02
Grapefruit	Konroll	0,25±0,01	11,91±0,15	362,31±3,10	0,11±0,01
	Kezelt	0,24±0,01	11,91±0,10	339,92±19,6	0,11±0,02
Mandarin	Konroll	0,69±0,03	7,15±0,04	157,82±2,70	0,20±0,02
	Kezelt	0,63±0,05	6,91±0,58	155,61±0,01	0,18±0,01

\*\*\* szignifikáns különbség p = 0.001%

nm-en történt. A mennyiségi analízishez a hígítási sor 0.01 g/L – 1.0 g/L között volt. A korrelációs koeficiens (R<sup>2</sup>) 0.9999, a reprodukálhatóság < ±3%, a relatív standard hiba < ±5% volt. Az illékony aroma komponensek mennyiségét szilárd fázisú mikroextrakciós mintaelőkészítéssel, gázkromatográfias-tömegspektrometriás (GC-MS) módszerrel határoztuk meg. Az aroma anyagok kinyerése és mérése blokktermosztátban kevertetés mellett 40 °C-on két órás egyensúlyozást követően mikroextrakciós készülékkel, PDMS (polidimetil-sziloxán) szállal a gőztérből vett mintából HP 5890 típusú gázkromatográfban HP 5971 tömegszelektív detektorral történt. Az alkalmazott oszlop RH-5 ms+ (30 m hossz, 0,25 m belső átmérő, 0,25 μm filmvastagság), a vívőgáz hélium volt. Az alkalmazott hőmérsékletprogram: 60 °C 1 perc, 10 °C/perc 100 °C-ig, 15 °C/perc 200 °C-ig, 8 perc véghőmérsékleten, splitless injektálás, 1 perc, detektor 260 °C. A vegyületek azonosítása számítógépes könyvtárkereséssel történt, Wiley 275 könyvtár felhasználásával.

A vizsgálatokat három párhuzamos méréssel végeztük, az eredményeket páros t-próbával és variancia analízissel értékeltük. A szignifikáns különbségeket p < 0,001–0,05 szinten határoztuk meg. A táblázatban feltüntetett eredmények a mérések átlag értékeit tartalmazzák.

### Eredmények és következtetések

A PEF kezelés hatását a citruslévek refrakció és pH-értékére, vezetőképességére, viszkozitására, nem-enzimes barnulási indexére (NEBI) és hidroximetil-furfurol (HMF) tartalmára az 1. táblázat mutatja. Eltekintve attól, hogy néhány esetben matematikailag szignifikáns volt a különbség a kezelt és a kontroll minták között, a mért tulajdonságok a kezelés hatására gyakorlatilag jelentős mértékben nem változtak.

A kezelt és kontroll minták szerves sav tartalmát a 2. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgált minták citrom-, alma- és fűmársav tartalma nem változott. Az aszkorbinsav a kezelés alatt relatív nagy stabilitást mutatott, a többi vizsgált szerves savhoz hasonlóan, kivéve a citromlében. Sharma és mtsai. (1998) 3–13% C-vitamin tartalom csökkenést tapasztaltak a kezelési idő növelésével párhuzamosan, fehérjével dúsított italokban és friss narancslében. Egy korábbi munkánkban (Cserhalmi és mtsai., 2003) a málnalé C-vitamin tartalma 11%-kal csökkent a PEF kezelés után. Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a szerves sav és a C-vitamin tartalom gyakorlatilag stabil volt a PEF kezelés alatt.

A 3. táblázat mutatja a citruslévek színértékeit (L, a és b) és a számított színíngere különbségeket (ΔE) CIELab színíngere mérő rendszerben. A néhány szignifikáns

3. táblázat

Citruslevek színértékei CIELab színínger mérő rendszerben

Minta	Kezelés	L	a	b	$\Delta E$
Narancs	Kontroll	14.48	-2.08	3.34	0.47
	Kezelt	14.73	-2.25**	3.70	
Citrom	Kontroll	6.66	0.45	-4.70	0.59
	Kezelt	7.10**	0.11**	4.51	
Grapefruit	Kontroll	16.42	0.16	-1.35	0.52
	Kezelt	16,12**	-0.01**	-1.74**	
Mandarin	Kontroll	22.16	1.74	6.14	2.44
	Kezelt	20.76***	2.09***	4.17***	

\*szignifikáns különbség  $p=0.05\%$ , \*\* $p=0.01\%$ , \*\*\* $p=0.001\%$

szín érték különbség ellenére szemmel nem látható vagy alig észrevehető különbségeket tapasztaltunk a kontroll és PEF kezelt narancs ( $\Delta E = 0.47$ ), citrom ( $\Delta E = 0.59$ ) és grapefruitlé ( $\Delta E = 0.52$ ) minták esetében. A mandarinlé esetében a kontroll és a kezelt minták között szemmel észrevehető ( $\Delta E = 2.44$ ) különbség volt. A PEF kezelt mandarinlé egy kicsit sötétebb volt a kontrollhoz képest.

A kontroll és kezelt minták abszorbancia spektruma közel azonos volt (1. ábra).

A narancslé jellemző illó aromakomponensei, mint az etil-butirát, a linalool, a dekanal és a valencén nem változtak jelentősen a kezelés során. A citromlé ese-

tében nem volt csökkenés a neral és a geranial mért mennyiségében. Az ismert rossz szagú aroma komponensek mennyisége ( $\alpha$ -terpineol és terpinen-4-ol) szintén nem változott. A grapefruitlé jellemző aroma komponense, a nootkaton, valamint a mandarinlé aromaanyagai a kezelés során károsodást nem szenvedtek.

A vizsgálati eredményeket összegezve megállapíthatjuk, hogy nem volt jelentős különbség a PEF kezelt és kezeletlen minták refrakció és pH értékében, vezetőképességében, viszkozitásában, NEBI és HMF tartalmában. A minták szerves sav tartalma gyakorlatilag nem változott. Többségében nem vagy alig látható kü-

lönbség volt a kezelt és kezeletlen minták színében. Valamennyi gyümölcsle esetében a kezelt és kezeletlen minták abszorbancia spektruma azonos lefutású volt. A legjelentősebb aroma komponensek mennyisége a kezelés eredményeként jelentősen nem károsodott.

Mindezeket egybevetve a néhány esetben a kezelt és kezeletlen minták között tapasztalt matematikailag szignifikáns különbségek ellenére a PEF technológia a citruslevek mérsékelt minőségi változását okozta csupán.

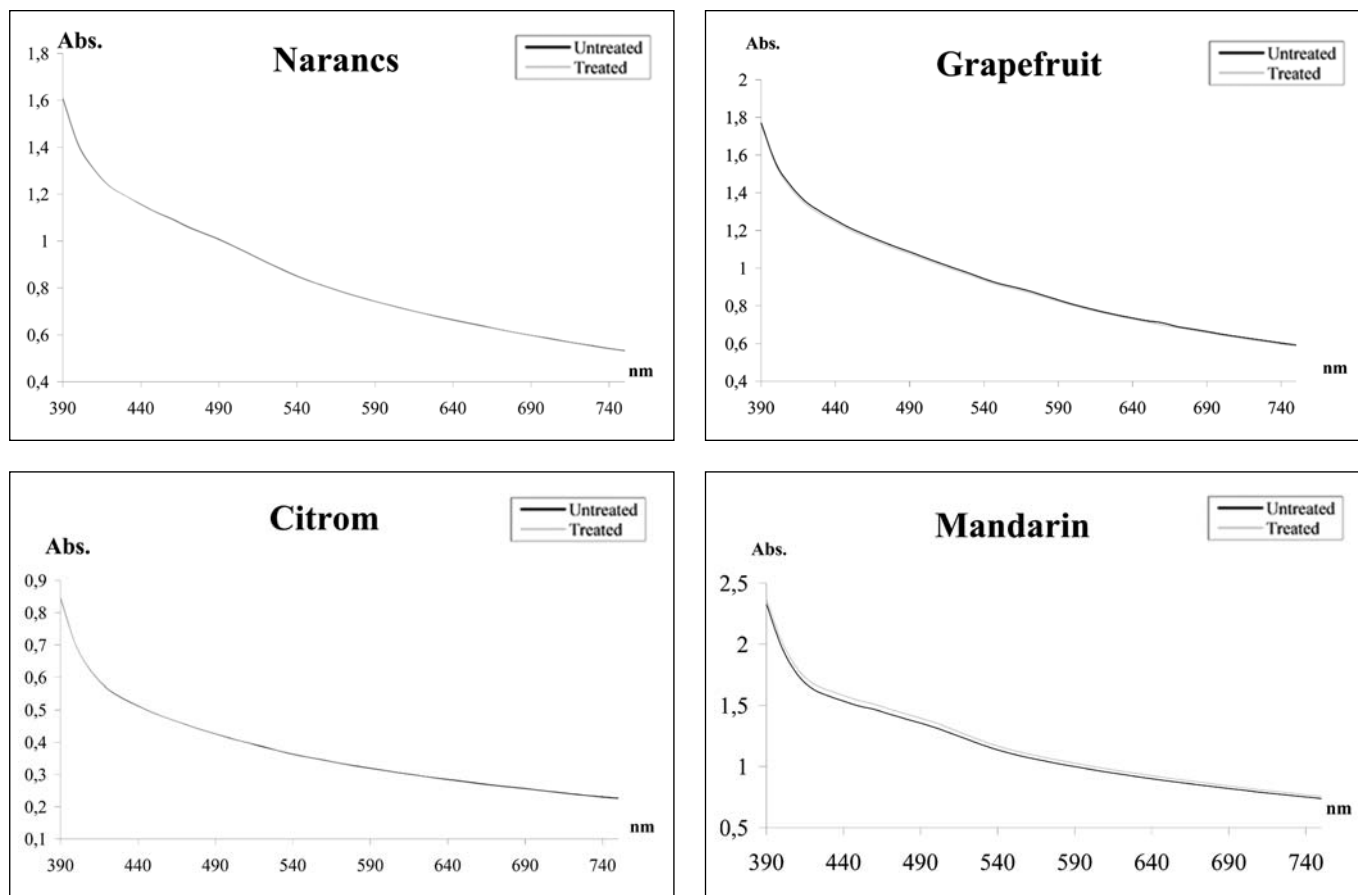
## Irodalom

A 27 db-ból álló irodalomjegyzék a szerzőknél megtekinthető.

## Köszönetnyilvánítás

A munka az OTKA T 032591 sz. téma keretében került kidolgozásra.

Szerző: Dr. Cserhalmi Zsuzsanna  
mb. főosztályvezető  
Lechner Noémi  
tudományos segédmunkatárs  
Dr. Sass Ágnes  
tudományos főmunkatárs  
Dr. Tóth Marianna  
tudományos főmunkatárs



1. ábra Kezelt és kontroll citruslevek abszorbancia spektruma