

ÚJ TÍPUSÚ FUNKCIONÁLIS SAVANYÚ TEJTERMÉKEK KIFEJLESZTÉSÉT MEGALAPOZÓ KUTATÁSOK

VARGA László

Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar,
Élelmiszer-tudományi Intézet, 9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15.-17.
E-mail: VargaL@mtk.nyme.hu

Összefoglalás

Kísérleteink során arra kerestük a választ, hogy különféle természetes eredetű anyagok milyen hatást gyakorolnak a joghurt és a probiotikus savanyú tejtermékek jellemző (termékazonos) mikroorganizmusainak savtermelésére, szaporodására és termékbeli túlélésére. Megállapítottuk, hogy a tejiparban használt főbb termofil starterkultúra-komponensek szaporodási sebessége és savtermelési aktivitása növelhető, továbbá életképességük tárolás alatti megőrzése biztosítható oligofruktóz, inulin, méz, ill. *Spirulina (Arthrospira) platensis*- és *Chlorella vulgaris*-biomassza felhasználásával. A savanyú tejtermékek előállítási idő-szükségletének lerövidítésével növelhető a termelékenység. A szaporodás és a savképzés stimulálásának, valamint a tárolás alatti túlélés javításának bifidobaktériumok esetében van kiemelt jelentősége, ugyanis ezek a fajok rendkívül lassan szaporodnak és savanyítanak tejben, savas közegben pedig nagyon gyorsan pusztulnak. Az említett bioaktív anyagok némelyike a késztermék táplálkozási és élvezeti értékét is javítja, sőt antifungális komponensei révén bizonyos fokú védelmet biztosít a terméket szennyező élesztő- és penészgombákkal szemben. A megvizsgált, biológiailag aktív anyagok felhasználásával új típusú funkcionális savanyú tejtermékek előállítására nyílik lehetőség.

1. BEVEZETÉS

A savanyú tejtermékeket a tejipari gyártmányok legértékesebbjei között tartjuk számon. Egy főre jutó fogyasztásukat illetően Magyarország ugyan elmarad az e területen élenjáró országoktól, azonban örvendetes tény, hogy a fogyasztási színvonal évek óta dinamikus emelkedést mutat. A savanyú tejtermékek fogyasztásának intenzív növekedése világjelenség, amelynek háttérében az áll, hogy a vásárlók felismerték e készítmények táplálkozásbiológiai és élvezeti értékét. A savanyú tejtermékek előnyös tulajdonságai döntően a szintenyészeteket alkotó hasznos mikroorganizmusok nagyszámú jelenlétére, valamint a tej összetételének kedvező irányú megváltozására vezethetők vissza.

A savanyú tejtermékek klasszikus változatát a joghurt képviseli, amely két tejsavbaktérium-faj, a *Streptococcus thermophilus* és a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* szintenyészetének felhasználásával készül. A fejlett tejgazdasággal rendelkező országokban azonban az utóbbi időben előtérbe került a probiotikus hatású élőflóra, valamint a prebiotikumok jelentősége.

A probiotikumok olyan mikroorganizmusok (jellemzően tejsavbaktériumok, ill. bifidobaktériumok), amelyeket ha a táplálékkal elfogyasztunk, bizonyos számban képesek túlélni a gyomron és a vékonybélben való áthaladást, majd a vastagbélben elszaporodva előnyös élettani hatást váltanak ki. A probiotikumok – számos egyéb jótéteményük mellett – a bélmikroflórában bekövetkező egyensúlyzavar okozta emésztőszervi rendellenességek megelőzésében játszanak jelentős szerepet (Varga, 2001; Szakály, 2004).

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

A prebiotikumok a probiotikumok táplálékai. Legismertebb reprezentánsaik a diétás rostként funkcionáló oligo- és poliszaharidok, pl. az oligofruktóz vagy az inulin (Niness, 1999). Jelentőségük abban rejlik, hogy az emésztőcsatorna felső szakaszában egyáltalán nem hidrolizálódnak, csak a vastagbélben bomlanak le monoszaharid építőegységeikre. Szelektíven hatnak a bélmikroflórára, lehetővé teszik, hogy egyfelől a vastagbélbe jutott bifidobaktériumok (probiotikumok) ott elszaporodjanak és jelentős részarányt (akár 70-80%-ot) érjenek el, másfelől a káros bélbaktériumok számbelileg visszaszoruljanak. A prebiotikumok tehát olyan élelmiszerek, ill. élelmiszer-kiegészítők, amelyek elősegítik a kedvező összetételű bélmikroflóra kialakulását (Varga, 2001; Szakály, 2004).

Szinbiotikumokról akkor beszélünk, ha a pro- és prebiotikumokat együtt alkalmazzuk, és így az előbbieken leírt kedvező hatások fokozottan (szinergista módon) jelentkeznek. A szinbiotikumokat tartalmazó élelmiszereket a funkcionális termékek közé soroljuk. A funkcionális élelmiszerek a fő tápanyagok mellett valamilyen olyan komponenst is tartalmaznak megfelelő mennyiségben, amely biológiai aktivitása révén kedvező fiziológiai hatást fejt ki, ill. szerepe van bizonyos civilizációs betegségek (pl. vastagbélrák) megelőzésében. A probiotikus színtenyészetekkel előállított tejtermékek világszerte vezető gyártmányok a funkcionális élelmiszerek között (Varga, 2001; Szakály, 2004).

A tejtermékek gyártása során leggyakrabban alkalmazott édesítő anyag a szacharóz. Noha történtek próbálkozások a méz tejipari célú felhasználására, savanyú tejtermékek előállításához mégsem használják elterjedten. Az utóbbi évek egészségtudatos táplálkozási irányzatai azonban az élelmiszer-adalékok felhasználása területén is éreztették hatásukat, aminek következtében az édesítőszeresek közül kiemelt figyelem irányult a mézre, mint természetes eredetű édesítő anyagra. A méz jelentős mennyiségű fruktózt és glükózt, továbbá kisebb mennyiségű maltózt, szacharózt és különféle oligoszaharidokat tartalmaz (Chick és mtsai, 2001; Ustunol és Gandhi, 2001).

A mikroalgák tejtermékek gyártásához történő felhasználása az élelmiszer-tudományi kutatások egészen új, perspektivikus területét jelenti. Bár a rendszertanilag a cianobaktériumok közé tartozó prokarióta *Spirulina* és a zöldalgákhoz sorolt eukarióta *Chlorella* mikroalgák fogyasztásának számos országban komoly hagyományai vannak, tejipari alkalmazásukra történő utalás szinte egyáltalán nem található sem a hazai, sem a nemzetközi szakirodalomban. A tej és a tejtermékek mikroalga biomasszával történő komplettálása többek között azért bír jelentőséggel, mert ezáltal a növényi és állati eredetű komponensek egymást kiegészítő hatása jól érvényesül.

Kísérleteink során arra kerestük a választ, hogy különféle természetes eredetű anyagok (oligofruktóz, inulin, akácméz, szárított *Spirulina*- és *Chlorella*-biomassza) milyen hatást gyakorolnak "hagyományos" és probiotikus savanyú tejtermékek jellemző (termékazonos) mikroorganizmusainak savtermelésére, szaporodási sebességére és termékbeli túlélésére; ezáltal új típusú funkcionális tejtermékek kidolgozásának elvi és gyakorlati megalapozását kívántuk megvalósítani.

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1. Oligofruktóz és inulin hatásának vizsgálata

Az alapanyag 8×1 liter 3,6% zsírtartalmú tej volt, amelyhez a szárazanyag-tartalom növelése érdekében 1-1% sovány tejpórt adtunk. A 90°C-on 10 percig végzett hőkezelés előtt 1,0, 3,0 és 5,0%-nyi (w/v) mennyiséget kevertünk be 3×1 liter tejbe a Raftilose® P95 (Orafti, Tienen, Belgium) márkanevű, 93% feletti oligofruktóz-tartalmú termékből és ugyanilyen mennyiségeket további 3×1 liternyi tejtételbe a Raftiline® GR (Orafti) márkanevű, 90% feletti

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

inulin-tartalmú termékből. A megmaradt egységek (2×1 liter) töltötték be a kontroll szerepét, ezekhez nem adagoltunk oligofruktózt, ill. inulint.

A fenti módon előkészített alapanyag-tejeket a hőkezelést követően 40°C-ra hűtöttük vissza és beoltottuk ABT-5 jelű, fagyasztva szárított DVS kultúrával (Chr. Hansen, Hørsholm, Dánia). Az inkubálás 37°C-on történt 6 órán keresztül, 4,5-4,6-es pH eléréséig. Ezután gyors, jeges vizes hűtés következett 15°C-ra. Mind a nyolc terméktételből 21-21 egységnyi adagoltunk ki 50 ml-es, steril, jól zárható centrifugacsövekbe (Sarstedt, Nümbrecht, Németország). Egy napos, 8°C-os előhűtést követően a mintákat hűtőszekrénybe helyeztük és 4°C-on tároltuk, majd 0, 7, 14, 21, 28, 35 és 42 nap elteltével 3-3 egységet elővettünk és meghatároztuk a termékspecifikus (*S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* spp.), ill. nemkívánatos mikroorganizmusok (élesztő- és penészgombák, kóliformok, *Escherichia coli*) élősejt-számait.

A mikrobiológiai vizsgálatokkal párhuzamosan megmértük a tárolt termékek pH-értékét és savfokát is abból a célból, hogy az utósavanyodás mértékére vonatkozóan összehasonlító adatok álljanak rendelkezésre. A kísérleteket három ismétléssel végeztük.

Az oligofruktóz és az inulin különféle termékparaméterekre (élősejt-számok, pH, savfok, ill. termelt tejsav-mennyiség) gyakorolt hatását a STATISTICA 8.0 adatelemző programcsomag (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) *t*-próbájának segítségével vizsgáltuk, 95%-os szignifikancia szinten.

2.2. Akácméz hatásának vizsgálata

2.2.1. Joghurt

Az alapanyag 4×1 liter, instant sovány tejporból visszaállított, 12% szárazanyag-tartalmú tej volt. Ezt 90°C-on 10 percig hőkezeltük, majd 45°C-ra történő hűtését követően 1-1 literéhez hozzáadtunk 1,0, 3,0 és 5,0%-nyi (w/v) akácmézet. A negyedik egység tej (1 L) töltötte be a kontroll szerepét, ehhez nem adagoltunk mézet.

Az előkészített kontroll és mézes tejet beoltottuk YC-350 jelzésű, alacsony viszkozitású, közepes ízerősségű terméket eredményező, fagyasztva szárított DVS joghurtkultúrával (Chr. Hansen). Az inkubálás 42,5°C-on történt 3,5 órán keresztül, 4,5-4,6-es pH eléréséig. Ezután gyors, jeges vizes hűtés következett 15°C-ra. Mind a négy termékből 21 egységnyi adagoltunk ki 50 ml-es, steril, jól zárható centrifugacsövekbe (Sarstedt). Egy napos, 8°C-os előhűtést követően a mintákat hűtőszekrénybe helyeztük és 4°C-on tároltuk, majd 0, 7, 14, 21, 28, 35 és 42 napos korban 3-3 egységet elővettünk és meghatároztuk a termékspecifikus (*S. thermophilus* és *L. bulgaricus*), ill. nemkívánatos mikroorganizmusok (élesztő- és penészgombák, kóliformok, *E. coli*) élősejt-számait. A mikrobiológiai vizsgálatokkal egyidőben megmértük a tárolt termékek pH-értékét is. A kísérleteket két ismétléssel végeztük.

2.2.2. Probiotikus (ABT típusú) savanyú tejtermék

Alapanyagként 4 liter ultraszűrtörözött, homogénezett, 1,5% zsírtartalmú tejet használtunk, melynek 3×1 literéhez hozzáadtunk 2,5%, 5,0%, ill. 10,0% (w/v) akácmézet. A negyedik egység (1 L) töltötte be a kontroll szerepét, ehhez nem adagoltunk mézet. Az így előkészített tejtételeket beoltottuk ABT-5 elnevezésű fagyasztva szárított DVS kultúrával (Chr. Hansen). A beoltott alapanyagtejek inkubálása 37°C-on történt 6 órán keresztül, 4,5-4,6-es pH-érték eléréséig. Ezután gyors, jeges vizes hűtés következett 15°C-ra. Mind a négy termékből 15 egységnyi adagoltunk ki 50 ml-es, steril, jól zárható centrifugacsövekbe (Sarstedt). Egy napos, 8°C-os előhűtést követően a mintákat hűtőszekrénybe helyeztük és

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

4°C-on tároltuk, majd 0, 7, 14, 21 és 28 nap elteltével elővettünk 3-3 egységet, és meghatároztuk a termékazonos mikroorganizmusok (*S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium* spp.) élősejt-számait. Minden egyes vizsgálati időpontban megmértük 3-3 párhuzamos minta pH-értékét is. Kísérleteinket két ismétléssel végeztük.

2.2.3. Statisztikai elemzés

A mézadagolásnak az élősejt-számokra és a pH-értékre gyakorolt hatását a STATISTICA 8.0 számítógépes adatelemző programcsomag (StatSoft) felhasználásával végeztük el az általános lineáris modell szerint. Az átlagértékek közötti eltérések szignifikáns, ill. nem szignifikáns voltát a Duncan-féle többszörös összehasonlító vizsgálat segítségével állapítottuk meg, 95%-os valószínűségi szinten (StatSoft).

2.3. Mikroalgák hatásának vizsgálata

2.3.1. *Spirulina platensis* mikroelem-akkumuláló képessége

A *Spirulina (Arthrospira) platensis*-t kálium-jodidot (KI), cink-kloridot ($ZnCl_2$) vagy nátrium-szelenitet ($Na_2SeO_3 \cdot 5H_2O$) tartalmazó tápközegekben tenyésztettük 8 napon keresztül. A KI-ot és a $Na_2SeO_3 \cdot 5H_2O$ -et egyenként 0,03 mg/L és 30 mg/L közötti 11-11 koncentrációban vizsgáltuk, a $ZnCl_2$ -ot pedig 0,3 és 10 mg/L közötti 6 koncentrációban. Ezt követően meghatároztuk a *Spirulina*-szárazanyagban a jód-, cink- és szelén-akkumuláció szintjét. A jódtartalom méréséhez gázkromatográfot és elektronbefogásos detektort (GC/ECD), a cinkmeghatározáshoz induktív csatolású plazmaégős atomemissziós spektrométert (ICP), a szelénméréshez pedig ICP-t és hidridképzéses technikát alkalmaztunk.

2.3.2. *Spirulina platensis* hatása tejipari starterkultúrák savtermelésére és szaporodási sebességére

A modell tej-tápközegben végzett vizsgálatokhoz felhasznált alapanyag ultraszűrtörözött tej volt, amelyet a beszerzést követően mélyfagyasztottunk és -75°C-on tároltuk, hogy az időben elhúzódó kísérletsorozatokhoz ugyanabból a gyártási tételből származó tej alapanyag álljon rendelkezésre, és így az eredmények összehasonlíthatóak legyenek. A starterkultúra-törzseket (*S. thermophilus* CH-1, *L. bulgaricus* CH-2, *L. acidophilus* La-5, *Bifidobacterium lactis* Bb-12) a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft., Mosonmagyaróvár bocsátotta rendelkezésünkre. A *Spirulina* biomassza Németországból, a Bergholz-Rehbrücke-i Gabonakutató Intézetből származott; 94% szárazanyag-tartalmú, mintegy 60% fehérjetartalmú termék volt, amely dúsított formában tartalmazott még kálium-jodidot, cink-kloridot és nátrium-szelenitet. A terméket 3 g/L mennyiségben adagoltuk a tejhez, mert egy korábbi munkánk (Springer és mtsai, 1998) eredményei alapján ez volt a már hatékony és gazdaságossági, ill. érzékszervi szempontból még tolerálható biomassza-koncentráció. Kísérleteink során a jód, a cink és a szelén mellett víz- és zsírolható vitaminok, ill. nitrogéntartalmú anyagok tisztatenyészetek savtermelésére gyakorolt hatását külön-külön is teszteltük.

Tisztatenyészetek esetében az inokulum-mennyiség 1% volt, kivéve a *B. lactis*-t, melynél 6%. Keveréktenyészetek esetében az egyes törzsek alkalmazott mennyiségét 0,1% és 6,0% között választottuk meg. A savtermelést óránkénti pH-mérés útján, a szaporodást pedig élősejt-szám meghatározással követtük nyomon. A matematikai-statisztikai értékelést a STATISTICA 4.5 (StatSoft) és a MicroCal Origin 3.0 (MicroCal Software, Inc., Northampton, MA, USA) számítógépes programok segítségével végeztük.

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

2.3.3. Terméktárolási kísérletek

A modell tej-tápközegben végzett alapozó jellegű vizsgálatok után tárolási kísérletekre került sor. Az ezekhez szükséges *Spirulina*-tartalmú és kontroll joghurtokat, ill. probiotikus savanyú tejtermékeket a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. mosonmagyaróvári modellüzemében állítottuk elő. Az alapanyagtejet homogénezését úgy végeztük, hogy megfeleljen a savanyú tejkészítményekre a szakirodalomban leírt kívánalmaknak ($d < 0,6 \mu\text{m}$, k -érték: $-$). A hőkezelés 90°C -on 5 percig tartott. Az alkalmazott joghurtkultúrát (FYE-43) és ABT-4 probiotikus kultúrát (Chr. Hansen) ugyancsak a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézettől kaptuk. A mikroalgás joghurt esetében a szárított *S. platensis* biomassza bekeverésére akkor került sor, amikor a termék pH-ja elérte az 5,2-es értéket. A gyártástechnológia ezt követően a hagyományos savanyú tejtermékeknél megszokottak szerint zajlott. A minták felét 15°C -on, másik felét pedig 4°C -on tároltuk és adott időközönként meghatároztuk a termékspecifikus, ill. nemkívánatos mikrobák számát. A matematikai-statisztikai értékelést a STATISTICA 4.5 (StatSoft) és a MicroCal Origin 3.0 (MicroCal) számítógépes programok segítségével végeztük.

2.3.4. Mikroalgák hatása fermentált takarmányokban alkalmazott probiotikumokra

Az alapanyagokat 96% szárazanyag-tartalmú sovány tejporból és desztillált vízből állítottuk elő úgy, hogy 12%, 18%, 24% és 30% szárazanyag-tartalmú "tejeket" kapjunk, amelyeket ezt követően 90°C -on 10 percig hőkezeltünk, majd 32°C -ra visszahűtöttünk. A kísérleteinkhez felhasznált *S. platensis* és *Chlorella vulgaris* biomassza Németországból, a Bergholz-Rehbrücke-i Gabonakutató Intézetből származott. A mikroalga portermékeket 3 g/L koncentrációban alkalmaztuk. A fagyaszttva szárított *Lactobacillus plantarum* és *Enterococcus faecium* startertörzseket a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Karának Takarmányozástani Tanszéke bocsátotta rendelkezésünkre. A kísérletek megkezdése előtt a törzseket két alkalommal, 24 óra hosszát előszaporítottuk az alábbiak szerint: a *L. plantarum*-ot MRS táplevesben és MRS agaron (Merck KGaA, Darmstadt, Németország) 30°C -on, az *E. faecium*-ot pedig TSB táplevesben és SB agaron (Merck) 37°C -on.

A hőkezelt, majd inkubációs hőfok közelébe visszahűtött vizsgálati (mikroalgával kiegészített) és kontroll alapanyagokat beoltottuk 1%-nyi *L. plantarum* vagy *E. faecium* színtenyézzel, és rendre 30°C -on, ill. 37°C -on inkubáltuk őket. A fermentáció folyamán minden egyes vizsgálati időpontban megmértük 3-3 párhuzamos minta pH-értékét. Hasonlóképpen végeztünk lemezöntéses élősejt-szám meghatározásokat is. Kísérleteinket két ismétléssel hajtottuk végre. A mikroalga biomasszákat *L. plantarum* és *E. faecium* fermentáció alatti szaporodására és savtermelésére gyakorolt hatását a STATISTICA 6.1 adatelemző programcsomag (StatSoft) t -próbájának segítségével vizsgáltuk, 95%-os szignifikancia szinten.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. Oligofruktóz és inulin hatásának vizsgálata (Varga és mtsai, 2003, 2006)

Se az oligofruktóz-, se az inulin-adagolásnak nem volt szignifikáns hatása ($P > 0,05$) a kokkus alakú starter baktériumokra a fermentáció, valamint az azt követő 42 napos tárolási idő alatt. A *S. thermophilus* volt a tárolás kezdetén legjelentősebb számban jelenlévő és a tárolás végén legnagyobb részarányban megmaradó kultúrakomponens. A *S. thermophilus*-szám mindvégig, önmagában véve is több mint másfél nagyságrenddel meghaladta a Magyar

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

Élelmiszerkönyv által savanyú tejtermékektől megkövetelt, grammonkénti tízmilliós (10^7), kultúrából származó tejsavbaktérium értéket (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004).

A *L. acidophilus* kiindulási csíraszama mintegy másfél nagyságrenddel alacsonyabbnak mutatkozott, mint a *S. thermophilus*-é. A kezdeti stagnálás után itt is lassú, egyenletes csökkenés következett be, és az oligofruktóznak, ill. az inulinnak ebben az esetben sem volt szignifikáns hatása ($P > 0,05$) a laktobacillusok élősejt-szám változására. Ez a megállapítás összhangban van Bozanic és mtsai (2001) vizsgálati eredményeivel, miszerint az inulin nem serkenti a *L. acidophilus* La-5 szaporodási sebességét és nem javítja ugyanennek a törzsnek 5°C -os, 28 napos tárolás alatti túlélését savanyú tejtermékekben.

A bifidobaktériumok kezdeti élősejt-száma némileg elmaradt a táplálkozás-élettani szempontból kívánatosnak tartott 10^6 cfu/g értéktől. Elmondható továbbá, hogy a savas kémhatású közeg jelentősen pusztítóbb hatást gyakorolt a tárolás során a bifidobaktériumokra, mint a két tejsavbaktérium fajra. Ez egyébként várható is volt, ugyanis a *Bifidobacterium* fajok nem kedvelik a kis pH-értékű (5,0 alatti) közegeket (Scardovi, 1986; Biavati és mtsai, 2000). Viszont, eltérően a tejsavbaktériumoknál tapasztaltaktól, az oligofruktóz adagolása szignifikánsan ($P < 0,05$) késleltette a bifidobaktériumok pusztulását (**1. táblázat**). 1%-nyi oligofruktóz jelenléte csak a tárolási időszak második felében okozott szignifikánsan nagyobb ($P < 0,05$) *Bifidobacterium* spp. élősejt-számokat, legalább 3%-nyi oligofruktóz alkalmazása esetén azonban már a tárolási idő elejétől fogva megmutatkozott a jótékony hatás. Az inulin ilyen jellegű jótéteményei mérsékeltebbek voltak, mert csak 5%-nyi mennyiségben, és csupán a tárolás 4. hetétől kezdődően késleltette szignifikánsan ($P < 0,05$) a bifidobaktériumok termékbeli pusztulását. Ezek az eredmények alátámasztják Shin és mtsainak (2000) azt a megállapítását, hogy a *Bifidobacterium* spp. szaporodását és termékbeli életképességét az oligofruktóz jelentősebb mértékben stimulálja, mint az inulin, és hogy ez a serkentőképeségbeli különbség minden bizonnyal a két fruktán-féleség polimerizációs fokának eltérése (oligofruktóz: <10 , inulin: >10) vezethető vissza.

1. táblázat: *Bifidobacterium* spp. élősejt-számának alakulása kontroll és oligofruktóz-tartalmú ABT-típusú savanyú tejtermékekben 4°C -os tárolás során

Idő (nap)	Kontroll		oligofruktóz-tartalmú termék					
	Log_{10} cfu/g*	%	1,0%		3,0%		5,0%	
	Log_{10} cfu/g*	%	Log_{10} cfu/g*	%	Log_{10} cfu/g*	%	Log_{10} cfu/g*	%
0	$5,50 \pm 0,12$	100,0	$5,58 \pm 0,07$	100,0	$5,65 \pm 0,08$	100,0	$5,84 \pm 0,08$	100,0
7	$5,39 \pm 0,10$	77,6	$5,48 \pm 0,13$	79,4	$5,57 \pm 0,04$	83,2	$5,79 \pm 0,13$	89,1
14	$5,24 \pm 0,08$	55,0	$5,35 \pm 0,11$	58,9	$5,47 \pm 0,10$	66,1	$5,73 \pm 0,18$	77,6
21	$5,01 \pm 0,10$	32,4	$5,16 \pm 0,04$	38,0	$5,35 \pm 0,14$	50,1	$5,66 \pm 0,11$	66,1
28	$4,52 \pm 0,08$	10,5	$4,77 \pm 0,10$	15,5	$5,20 \pm 0,13$	35,5	$5,59 \pm 0,07$	56,2
35	$4,28 \pm 0,12$	6,0	$4,59 \pm 0,15$	10,2	$5,07 \pm 0,05$	26,3	$5,50 \pm 0,18$	45,7
42	$4,04 \pm 0,11$	3,5	$4,39 \pm 0,07$	6,5	$4,91 \pm 0,19$	18,2	$5,38 \pm 0,08$	34,7

* Mindegyik adat kilenc vizsgálati eredmény (3 párhuzamos \times 3 ismétlés) átlag \pm szórás értékét jelöli.

Az ugyanabban a sorban szereplő, **félkövér**en szedett számok azt jelzik, hogy az adott log_{10} cfu/g-átlagérték szignifikánsan ($P < 0,05$) eltér a kontrolltól.

Az élesztő- és penészgombák, ill. a kóliform baktériumok valamint az *E. coli* kimutatására végzett vizsgálatok minden minta esetében, minden vizsgálati időpontban negatív eredményt ($<10^1$ cfu/g, ill. $<0,3$ MPN/g) adtak. A pH-értékek és mért savfok-értékből számított termelt tejsavmennyiség-adatok arról tanúskodtak, hogy a 4°C -os tárolási hőmérséklet megakadályozta az utósavanyodás bekövetkezését.

3.2. Akácméz hatásának vizsgálata

3.2.1. Joghurt (Varga, 2006)

Az akácméz-adagolásnak nem volt szignifikáns hatása ($P > 0,05$) sem a kokkusz, sem a pálca alakú starter baktériumok élősejt-számaira a 42 napos tárolási idő alatt. A *S. thermophilus* bizonyult a tárolás kezdetén nagyobb számban jelenlévő, a *L. bulgaricus* pedig a tárolás végén (önmagához képest) nagyobb részarányban megmaradó kultúrakomponensnek. Ez utóbbi jelenség a laktobacilluszok jobb savtűrő képességéből adódott. Ennek ellenére, a kokkuszok száma mindig nagyobb volt a pálcákénál, így a kokkusz–pálca arányra minden egyes vizsgálati időpontban 1-nél nagyobb értéket kaptunk, bár az eredmények meglehetősen széles skálán mozogtak, hiszen a kiegyenlített állapotot tükröző 1,1-től a csaknem fél nagyságrendnyi kokkusz túlsúlyt jelző 4,6-ig terjedtek. Említést érdemel még, hogy a *S. thermophilus*- és a *L. bulgaricus*-szám mindvégig, önmagában véve is meghaladta a Magyar Élelmiszerkönyv által savanyú tejtermékektől megkövetelt, grammonkénti tízmillió (10^7), kultúrából származó tejsavbaktérium értéket (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004), tehát a termékek e tekintetben messzemenően megfeleltek a jogszabályi előírásoknak.

A szennyező (indikátor) mikroorganizmusok, tehát az élesztő- és penészgombák, ill. a kóliform baktériumok valamint az *E. coli* kimutatására végzett vizsgálatok minden minta esetében, minden vizsgálati időpontban negatív eredményt ($< 10^1$ cfu/g, ill. $< 0,3$ MPN/g) hoztak. Ez azt bizonyítja, hogy a laboratóriumi körülmények között végrehajtott termékgyártás higiéniai színvonala megfelelő volt.

A joghurtok tárolás során mért pH-értékei arról tanúskodnak, hogy noha a 4°C-os tárolási hőmérséklet nem teljesen akadályozta meg az utósavanyodás bekövetkezését, mértékében nem mutatkozott szignifikáns különbség ($P > 0,05$) az egyes termékek között.

3.2.2. Probiotikus (ABT típusú) savanyú tejtermék (Süle és Varga, 2009)

A *S. thermophilus* grammonkénti élősejt-száma a termékgyártás végére, ill. a tárolási idő kezdetére igen nagy értéket (8,87-8,92 \log_{10} cfu/g) ért el az ABT-típusú savanyú tejtermékekben. A 28 napos tárolás során lassú, nem számottevő csökkenés következett be a sztreptokokkuszok élősejt-számában, a kontroll termékben éppúgy, mint az akácmézet tartalmazó vizsgálati mintákban. A mézadagolásnak nem volt szignifikáns hatása ($P > 0,05$) a kokkusz alakú starter baktériumokra sem a fermentáció, sem azt követően a 28 napos tárolási idő alatt.

A *L. acidophilus* kiindulási csíraszámja több mint egy nagyságrenddel alacsonyabbnak mutatkozott, mint a *S. thermophilus*-é, mindazonáltal a két faj (törzs) élősejt-szám változásainak tendenciája nagymértékű hasonlóságot mutatott. Ebben az esetben is lassú csökkenés volt tapasztalható, de a tárolási idő végére a *L. acidophilus*-szám még így is jóval a Magyar Élelmiszerkönyv által savanyú tejtermékektől megkövetelt 10^7 cfu/g érték felett maradt (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004) mind a kontroll, mind az akácmézet tartalmazó mintákban. A termékhez adagolt különböző mézmenyiségeknek ez esetben sem volt szignifikáns hatásuk a laktobacilluszok élősejt-szám változásaira ($P > 0,05$). Ez a megállapítás összhangban van a nemzetközi szakirodalom e kérdéskörre vonatkozó állításaival, hiszen pl. Chick és mtsai (2001) arról számoltak be, hogy 5%-nyi mézmenyiség – tejben – nem serkentette szignifikáns mértékben ($P > 0,05$) a *L. acidophilus* és a *S. thermophilus* szaporodását, ill. életképességét.

A bifidobaktériumok kezdeti élősejt-száma jelentősen meghaladta a táplálkozás-élettani szempontból kívánatosnak tartott minimális értéket, viszont a savas kémhatású közeg pusztítóbb hatást gyakorolt rájuk a tárolás során, mint a két tejsavbaktérium-fajra. A

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

bifidobaktériumok élősejt-száma a kontroll termékben a tárolási idő végére az eredetihez képest tizedére csökkent. A mézet tartalmazó mintákban az élősejt-szám csökkenés kisebb mértékű volt. Általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb mennyiségben tartalmazta a termék az akácmézet, annál kisebb bifidobaktérium élősejt-szám csökkenés volt megfigyelhető. A tejsavbaktériumoknál tapasztaltaktól eltérően, legalább 5%-nyi méz adagolása szignifikánsan ($P < 0,05$) késleltette a bifidobaktériumok pusztulását, ugyanakkor viszont ehhez képest már nem járt további előnnyel a mézmennyiség növelése (**2. táblázat**).

2. táblázat: *Bifidobacterium* spp. élősejt-számának alakulása kontroll és mézes ABT-típusú savanyú tejtermékekben 4°C-os tárolás során

Tárolási idő (nap)	Kontroll		akácmézet tartalmazó termék					
			2,5% (w/v)		5,0% (w/v)		10,0% (w/v)	
	Log ₁₀ cfu/g*	%	Log ₁₀ cfu/g*	%	Log ₁₀ cfu/g*	%	Log ₁₀ cfu/g*	%
0	8,68 ± 0,08 ^a	100	8,71 ± 0,12 ^a	100	8,81 ± 0,08 ^a	100	8,80 ± 0,12 ^a	100
7	8,56 ± 0,11 ^a	77,1	8,60 ± 0,07 ^a	78,4	8,73 ± 0,02 ^b	83,1	8,74 ± 0,04 ^b	87,3
14	8,43 ± 0,11 ^a	56,3	8,48 ± 0,06 ^a	58,8	8,63 ± 0,06 ^b	66,2	8,68 ± 0,05 ^b	76,2
21	8,18 ± 0,14 ^a	31,3	8,30 ± 0,08 ^a	39,2	8,53 ± 0,09 ^b	52,3	8,59 ± 0,09 ^b	61,9
28	7,70 ± 0,13 ^a	10,4	7,91 ± 0,06 ^b	16,1	8,38 ± 0,13 ^c	36,9	8,45 ± 0,10 ^c	44,4

* Mindegyik adat hat vizsgálati eredmény (3 párhuzamos × 2 ismétlés) átlag ± szórás értékét jelöli.

^{a,b,c} Az ugyanabban a sorban szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ($P < 0,05$).

A méz – oligoszacharid tartalmának köszönhetően – az egyéb édesítőszerkehez (szacharóz, fruktóz, glükóz) képest szignifikánsan ($P < 0,05$) javítja a bifidobaktériumok tárolás alatti túlélését (Ustunol és Gandhi, 2001), és ugyanolyan hatást gyakorol ezekre a probiotikus baktériumokra, mint a prebiotikumként ismert frukto- és galakto-oligoszacharidok, valamint az inulin (Kajiwara és mtsai, 2002).

A mézadagolás nem befolyásolta szignifikánsan ($P > 0,05$) az alapanyag-tejek savanyodását, ezért a kontroll, ill. a mézet tartalmazó minták pH-értéke csekély eltérést mutatott a tárolási kísérlet kezdetén. A kapott eredmények azt bizonyították, hogy a 4°C-os hőmérséklet nagyrészt megakadályozta az utósavanyodás bekövetkezését, hiszen a 4 hetes tárolás alatt csak kis mértékben csökkent a probiotikus savanyú tejtermékek pH-értéke.

3.3. Mikroalgák hatásának vizsgálata

3.3.1. *Spirulina platensis* mikroelem-akkumuláló képessége (Varga és mtsai, 2005)

A *S. platensis* 1 kg szárazanyagra vonatkoztatott maximális jódfelvétele 450 mg volt. Ezt akkor tapasztaltuk, amikor a tápközeg KI-tartalmát 30 mg/L-re állítottuk be (**1. ábra**). Legjelentősebb (370-szeres) jódfeldúsulást viszont a legkisebb, 0,03 mg/L-es KI koncentrációnál mértünk (**2. ábra**).

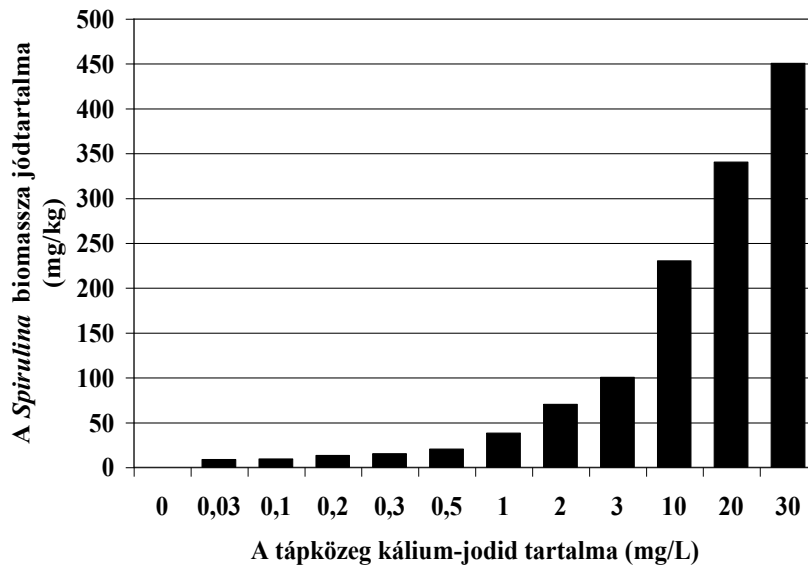
Amennyiben a ZnCl₂ a legnagyobb vizsgált mennyiségben (10 mg/L) volt jelen, a *Spirulina*-szárazanyag kilogrammonként közel 100 mg cinket tartalmazott; ez mintegy 20-szoros dúsulásnak felelt meg. Ebben az esetben is a tápközeg legkisebb ZnCl₂-tartalma (0,3 mg/L) eredményezte a legnagyobb mértékű (47-szeres) cinkkoncentrációt.

A 30 mg/L Na₂SeO₃·5H₂O-et tartalmazó tápközegben tenyésztett *S. platensis* biomasszájának szeléntartalmát 330 mg/kg-nak találtuk. A másik két mikroelemhez hasonlóan ezúttal is a legalacsonyabb Na₂SeO₃·5H₂O koncentráció (0,03 mg/L) okozott legjelentősebb (58-szoros) szelén-feldúsulást a *Spirulina*-szárazanyagban.

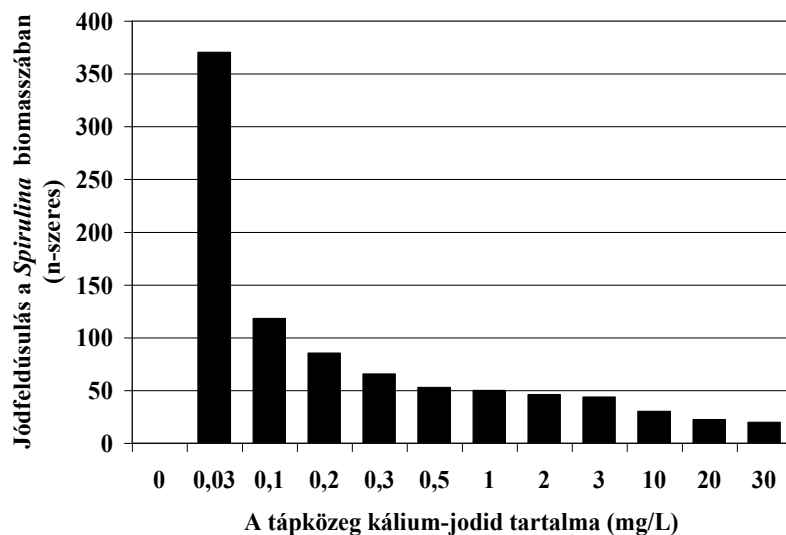
Megállapítható, hogy a *Spirulina platensis* mikroelem-tartalma nagymértékben függött a tenyésztésére használt tápoldat mikroelem-koncentrációjától. A sejtjeikben jódot, cinket és szelént feldúsítani képes cianobaktériumok nagyon alkalmasak emberi fogyasztás céljára, mert

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

így a nyomelemek szerves, ill. komplex kötésben lesznek jelen, ezáltal felszívódásuk jelentősen javul, kevésbé lesznek toxikusak és mindezeket a jótékony hatásokat még tovább fokozzák a *Spirulina*-ban található fehérjék, vitaminok és egyéb bioaktív anyagok.



1. ábra: *Spirulina platensis* biomasszák jódtartalma, a cianobaktériumok kálium-jodid tartalmú tápközegekben történő 8 napos tenyésztését követően (n = 3)



2. ábra: Jódfeldúsulás *Spirulina platensis* biomasszában, a cianobaktériumok kálium-jodid tartalmú tápközegekben történő 8 napos tenyésztését követően (n = 3)

3.3.2. *Spirulina platensis* hatása tejipari starterkultúrák savtermelésére és szaporodási sebességére

3.3.2.1. A *Spirulina platensis* biomassza és néhány komponensének hatása tejipari starterkultúrák tisztatenyészteteinek savtermelésére (Varga és mtsai, 1999a)

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

A *Spirulina* biomassza adagolása mind a négy vizsgált törzs (*S. thermophilus* CH-1, *L. bulgaricus* CH-2, *L. acidophilus* La-5, *B. lactis* Bb-12) esetében szignifikáns ($P < 0,05$), bár eltérő mértékű, savtermelő aktivitás-növekedést eredményezett.

A *S. platensis* biomassza a fermentáció 2. és 5. órája között szignifikánsan serkentette ($P < 0,05$) a *S. thermophilus* savtermelését. Ez a serkentés kisebb részben a mikroelemek, nagyobb részben a nitrogéntartalmú anyagok jelenlétének volt tulajdonítható. A C-, A- és E-vitaminok – amelyek a *Spirulina*-ban jelentős mennyiségben fordulnak elő – ugyancsak számottevő pH-csökkenést eredményeztek.

A cianobaktérium biomassza intenzívebben stimulálta a vizsgált *L. bulgaricus*-törzs savtermelő aktivitását, mint a *S. thermophilus*-ét. A fő fermentációs szakaszban tapasztalt savtermelési aktivitás-növekedés a nitrogéntartalmú komponensek (pepton, adenin, hipoxantin) additív hatásának volt tulajdonítható. Az egyébként mérsékelt savanyító törzs savtűrő képessége is lényegesen javult, amiben a fermentáció csillapodási szakaszában még a C-vitamin addicionálódó aktivitásnövelő hatása is szerepet játszott. Kis mértékű, de szignifikáns ($P < 0,05$) tejsavtermelő aktivitás-csökkenés volt viszont megfigyelhető a szervesetlen formában jelen levő szelén adalék hatására.

A *S. platensis* biomassza a *L. acidophilus* vizsgált törzsének savtermelését is szignifikánsan ($P < 0,05$) serkentette. Legjelentősebb aktivitás-növekedést a nitrogéntartalmú anyagok (elsősorban a pepton) valamint a C-vitamin okozott. A szelénadagolás gátló hatása *L. acidophilus* estében is megmutatkozott. Megállapítható, hogy a szabad gyök fogó vegyületek közül csak az elsődleges gyök fogó C-vitamin serkentett, a többi (A-, E-vitamin, szelén) gátló hatást eredményezett. A B-vitaminkomplex tejhez adott komponensei hatásának eredményeként szintén némi aktivitáscsökkenés volt tapasztalható.

Noha a *B. lactis* a *L. acidophilus*-tól eltérő anyagcsere-típusú mikroorganizmus, a vizsgált tápkomponensek jelentős része hasonló tendenciájú hatásokat eredményezett e két faj esetében. Lényeges különbség viszont, hogy az adenin és a hipoxantin a savképzést nem, vagy kedvezőtlenül befolyásolta. A pepton és az adenin együttes alkalmazása esetén az adenin minimális gátló hatása csekély mértékű, de szignifikáns aktivitás-növelésre módosult. A cianobaktérium biomasszájának *B. lactis* savtermelő aktivitására gyakorolt nagyon erős pozitív hatását az általunk vizsgált adalékkomponensek eredőjeként nem magyarázhatjuk. A pepton kifejezett serkentő hatása mellett a *Spirulina* biomassza egyéb, igen hatékony aktivitásnövelő komponenssel (komponensekkel) is rendelkezett.

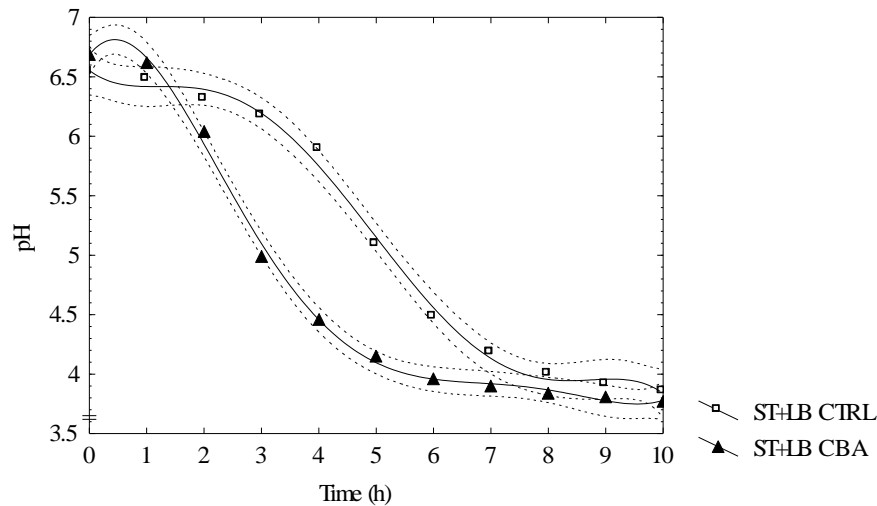
3.3.2.2. A *Spirulina platensis* biomassza hatása tejipari starterkultúrák keveréktenyészetek savtermelésére valamint a keveréktenyészeteket alkotó törzsek szaporodási mutatóira (Varga és mtsai, 1999b)

A *Spirulina* biomassza törzskombinációkra gyakorolt hatása csak részben volt magyarázható a tisztatenyészeteknél tapasztaltakkal, ugyanis ebben az esetben különféle módosító tényezők is érvényesültek.

A *S. thermophilus* (0,5%) és *L. bulgaricus* (0,5%) alkotta keverékkultúra tejsavtermelése a *Spirulina* adalék hatására a fermentáció első három órájában a kontrollhoz képest több mint négyszeres volt (**3. ábra**). A fokozott savtermelés a cianobaktérium biomassza által a *L. bulgaricus* szaporodási sebességére gyakorolt stimuláló hatás következtében állt elő. Ennek eredményeként a fermentáció 3. órájára a *L. bulgaricus* kultúrakomponens élősejt-szám növekménye átlagosan \log_{10} 0,67 volt a *Spirulina* biomasszával dúsított tejben, míg a kontroll esetében csupán 0,40. Az átlag-sejtszámok, ill. a szaporodási sebesség számítások alapján megállapítható, hogy a *S. platensis* biomassza adalék nem befolyásolta a *S. thermophilus* starterkomponens szaporodását e modellkísérlet során.

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

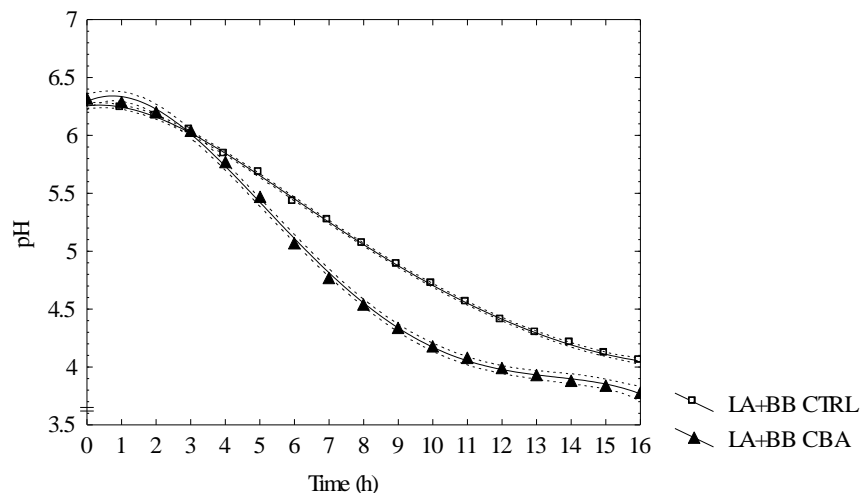
A 0,1% *S. thermophilus* és 1,0% *L. acidophilus* kultúrával inokulált kontroll tej pH-csökkenése a fermentáció 5. órájáig gyakorlatilag azonos volt a *Spirulina* adalékkal dúsított tejben mért értékekkel. A 6. és 10. óra közötti időintervallumban fokozódott a savtermelés, mégpedig a cianobaktériumos mintákban 2-2,5-szer akkora mértékben, mint a kontroll mintákban. Ez annak tudható be, hogy mind a *S. thermophilus*, mind a *L. acidophilus* első tíz órára vonatkozó szaporodási átlagsebessége és – ennek megfelelően – átlagos élősejt-szám növekménye nagyobb volt a *S. platensis*-szel dúsított tejben, mint a kontrollban.



3. ábra: 3 g/L-nyi *Spirulina platensis* cianobaktérium (CBA) biomassza hatása *Streptococcus thermophilus* CH-1 (ST) és *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CH-2 (LB) kevert tenyészetének savtermelésére tejben (CTRL: kontroll)

Az eddigiektől eltérően, a *S. thermophilus* (0,1%) – *B. lactis* (6,0%) kultúrakombináció esetében a *Spirulina* adalék a törzseknek sem a fermentációs aktivitását, sem a szaporodási sebességét nem befolyásolta ($P > 0,05$).

A *L. acidophilus* (1,0%) – *B. lactis* (6,0%) keverékkultúra savtermelő aktivitására vonatkozóan – a *Spirulina* biomasszával dúsított tejben és a kontrollban is – hasonló eredményeket kaptunk, mint *S. thermophilus* és *L. acidophilus* szinkrontenyészetével (4. ábra). A cianobaktérium biomassza mindkét kísérletsorozatban stimulálta a *L. acidophilus*-törzs szaporodását. A savtermelés serkentésének hátterében ezúttal is az állt, hogy a *S. platensis* biomassza megnövelte mindkét kultúrakomponens első tíz órára vonatkozó szaporodási átlagsebességét.



4. ábra: 3 g/L-nyi *Spirulina platensis* cianobaktérium (CBA) biomassza hatása *Lactobacillus acidophilus* La-5 (LA) és *Bifidobacterium lactis* Bb-12 (BB) kevert tenyészetének savtermelésére tejben (CTRL: kontroll)

A *S. thermophilus* (0,1%) – *L. acidophilus* (1,0%) – *B. lactis* (6,0%) törzskombinációval készített cianobaktériumos és kontroll minták pH-csökkenési görbéi között minimális különbség mutatkozott. A *B. lactis* savtermelő aktivitása elmaradt a másik két kultúra-komponensétől, ezért nem feltűnő, hogy ugyanakkor az egyes vizsgált időintervallumokra vonatkozó szaporodási átlagsebességei (átlagos élősejt-szám növekményei) szignifikánsan nagyobb ($P < 0,05$) értékeket mutattak a cianobaktérium biomasszával dúsított mintákban, mint a kontrollokban. A *S. platensis* biomassza ugyancsak szignifikánsan serkentette ($P < 0,05$) a *L. acidophilus*-törzs szaporodását, a *S. thermophilus*-ra viszont nem volt hatással ($P > 0,05$).

Megállapítható, hogy a *Spirulina* biomassza nagyobb mértékben serkentette a pálcika alakú mikroorganizmusokat, mint a kokkuszoikat, utóbbiakra pedig aszerint hatott, hogy azokat milyen pálcikával párosítottuk, vagyis a *S. platensis* biomassza hatását a keverékkultúrát alkotó törzsek közötti kölcsönhatások is befolyásolták.

3.3.3. Terméktárolási kísérletek

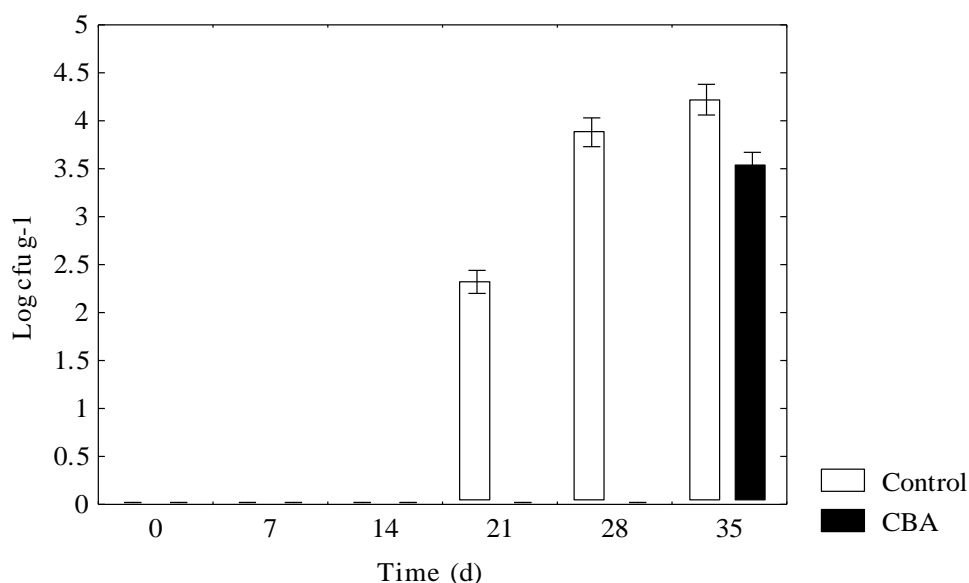
3.3.3.1. Joghurt (Varga és Szigeti, 1998)

A termékspecifikus mikroorganizmusok száma a tárolási idő során mindvégig meghaladta a grammonkénti 10^8 értéket, úgy a *S. platensis* kiegészítéssel készült, mint a kontroll joghurtokban, függetlenül a tárolási hőmérséklettől. 4°C-os tárolás esetén a termékspecifikus összes élősejt-szám szignifikánsan nagyobb ($P < 0,05$) volt a *Spirulina*-tartalmú mintákban, mint a kontrollokban. A 15°C-os tárolási hőmérséklet jelentős utósavanyodást eredményezett a kontroll- és a cianobaktériumos joghurtban is, ezzel szemben a 4°C-on tárolt minták pH-ja 4,0 felett maradt mindvégig.

Az élesztő- és penészgombák száma 15°C-on a tárolás 6. napjára elérte a 10^1 cfu/g nagyságrendet, majd a 15. napon 10^5 cfu/g értékre emelkedett. E tekintetben nem mutatkozott szignifikáns különbség ($P > 0,05$) a cianobaktériumos és a kontroll minták között. 4°C-on viszont, egy hónapos tárolást követően, a *Spirulina*-tartalmú joghurt szignifikánsan kevesebb ($P < 0,05$) élesztőt és penészt tartalmazott, mint a kontroll joghurt (5. ábra). Ez arra engedett

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

következtetni, hogy a *S. platensis* biomassza élesztőgomba- és penészgomba-gátló anyago(ka)t tartalmazott.



5. ábra: 3 g/L-nyi *Spirulina platensis* biomasszát tartalmazó (■), ill. kontroll (□) joghurtok élesztőgomba- és penészgomba-számának változása 4°C-os tárolás során

Enterokokkusok vagy kóliform baktériumok nem voltak kimutathatóak egyetlen mintából sem. A megfelelő körülmények között tárolt *Spirulina*-tartalmú joghurtra hagyományos gyártástechnológia esetén is egy hónapos minőség-megőrzési időtartam volt jellemző.

3.3.3.2. Probiotikus (ABT típusú) savanyú tejtermék (Varga és mtsai, 2002)

Tárolás 15°C-os hőmérsékleten

A **3. táblázat** a fermentált ABT tejek probiotikus mikroorganizmusainak 15°C-os tárolás során bekövetkezett élősejt-szám változásait szemlélteti.

3. táblázat: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* és *Bifidobacterium* spp. élősejt-számainak* alakulása *Spirulina*-val kiegészített, ill. kontroll savanyú tejtermékek 15°C-os tárolása során

Tárolási idő (nap)	<i>Streptococcus thermophilus</i>		<i>Lactobacillus acidophilus</i>		<i>Bifidobacterium</i> spp.	
	<i>Spirulina</i>	Kontroll	<i>Spirulina</i>	Kontroll	<i>Spirulina</i>	Kontroll
0	9,17 ± 0,10 ^a	9,03 ± 0,06 ^b	7,38 ± 0,07 ^a	7,11 ± 0,08 ^b	6,36 ± 0,08 ^a	6,19 ± 0,09 ^b
3	9,45 ± 0,15 ^a	9,26 ± 0,18 ^b	7,49 ± 0,07 ^a	7,27 ± 0,17 ^b	5,95 ± 0,12 ^a	5,64 ± 0,15 ^b
6	9,35 ± 0,12 ^a	9,15 ± 0,11 ^b	7,35 ± 0,08 ^a	7,20 ± 0,14 ^b	5,65 ± 0,09 ^a	5,36 ± 0,14 ^b
9	9,30 ± 0,13 ^a	9,02 ± 0,03 ^b	7,34 ± 0,12 ^a	7,19 ± 0,15 ^b	5,41 ± 0,12 ^a	5,17 ± 0,03 ^b
12	9,28 ± 0,11 ^a	9,06 ± 0,14 ^b	7,39 ± 0,19 ^a	7,18 ± 0,13 ^b	5,37 ± 0,04 ^a	5,22 ± 0,07 ^b
15	9,23 ± 0,13 ^a	9,05 ± 0,11 ^b	7,32 ± 0,11 ^a	7,15 ± 0,13 ^b	5,31 ± 0,08 ^a	5,15 ± 0,03 ^b
18	9,27 ± 0,08 ^a	8,99 ± 0,15 ^b	7,30 ± 0,06 ^a	7,09 ± 0,16 ^b	5,33 ± 0,14 ^a	5,13 ± 0,08 ^b

* Mindegyik adat 9 vizsgálati eredmény (3 párhuzamos × 3 ismétlés) log₁₀ cfu/g átlag ± szórás értékét jelöli.

^{a,b} Az ugyanabban a sorban szereplő eltérő betűjelzésű átlag-párok szignifikánsan különböznek egymástól ($P < 0,05$).

A *S. thermophilus* grammonkénti száma a termékgyártás végére, ill. a tárolási idő kezdetére 10⁹ cfu-nál nagyobb volt. A *S. platensis* biomasszával dúsított vizsgálati mintákban nagyobb értéket mértünk már a kiindulási időpontban is, ami a cianobaktérium biomassza

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

kokkus alakú starterkomponensekre gyakorolt serkentő hatását bizonyítja. A *S. thermophilus*-szám az első vizsgálati időpontban (3. nap) némi növekedést mutatott úgy a kontrollokban, mint a vizsgálati mintákban, majd lassú, nem számottevő csökkenés következett be, aminek eredményeként a *S. thermophilus* a 15°C-os tárolás 18. napján még mindig 10^9 cfu/g nagyságrendben volt jelen. A kokkusok cianobaktériumos mintákban tapasztalt kezdeti fölénye a tárolás végéig tovább növekedett, és ez a különbség az utolsó vizsgálati időpontban mintegy $0,3 \log_{10}$ nagyságrendet tett ki.

A *L. acidophilus* 15°C-os tárolás alatti élősejt-szám változásának tendenciája nagymértékű hasonlóságot mutatott a *S. thermophilus*-éval. Meg kell azonban jegyezni, hogy a kiindulási csíraszám ez esetben két nagyságrenddel kisebb volt. A kezdeti növekedés után itt is lassú, egyenletes csökkenés következett, a *Spirulina*-tartalmú minták élősejt-szám fölényével jellemezve, de a *L. acidophilus*-szám a tárolás során mindvégig, önmagában véve is meghaladta a Codex Alimentarius Hungaricus (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004) által savanyú tejtermékektől megkövetelt 10^7 cfu/g értéket.

A bifidobaktériumok kezdeti élősejt-száma 10^6 cfu/g feletti volt, a savas közeg azonban szignifikánsan pusztítóbb ($P < 0,05$) hatással bírt a tárolás során a bifidobaktériumokra, mint a tejsavbaktériumokra. Figyelemre méltó, hogy az első 9 nap alatt a bifidobaktériumok 90%-a elpusztult, a második 9 napban viszont gyakorlatilag nem volt tapasztalható további, számottevő csökkenés. A *S. platensis* biomassza jelenléte a tárolási idő végén $0,2$ nagyságrenddel nagyobb bifidobaktérium számot biztosított a kontroll termékhez képest.

Az élesztők és penészek, ill. a kóliform baktériumok valamint az *E. coli* kimutatására végzett vizsgálatok minden minta esetében, minden vizsgálati időpontban negatív eredményt ($<10^0$ cfu/g ill. $<0,3$ MPN/g) hoztak. Ez a tény a kísérleti gyártás kitűnő higiéniai színvonalára engedett következtetni, így viszont nem mutatkozhatott meg a *Spirulina* biomassza esetleges mikrobagátló hatása ABT termék esetében úgy, mint joghurt vonatkozásában.

Tárolás 4°C-os hőmérsékleten

A 4. táblázat a probiotikus savanyú tejtermékek starterbaktériumainak 4°C-os hőmérsékletű tárolás során bekövetkezett élősejt-szám változásait mutatja.

4. táblázat: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* és *Bifidobacterium* spp. élősejt-számainak* alakulása *Spirulina*-val kiegészített, ill. kontroll savanyú tejtermékek 4°C-os tárolása során

Tárolási idő (nap)	<i>Streptococcus thermophilus</i>		<i>Lactobacillus acidophilus</i>		<i>Bifidobacterium</i> spp.	
	<i>Spirulina</i>	Kontroll	<i>Spirulina</i>	Kontroll	<i>Spirulina</i>	Kontroll
0	$9,17 \pm 0,10^a$	$9,03 \pm 0,06^b$	$7,38 \pm 0,07^a$	$7,11 \pm 0,08^b$	$6,36 \pm 0,08^a$	$6,19 \pm 0,09^b$
7	$9,28 \pm 0,06^a$	$9,12 \pm 0,16^b$	$7,48 \pm 0,08^a$	$7,25 \pm 0,11^b$	$6,42 \pm 0,06^a$	$6,30 \pm 0,06^b$
14	$9,21 \pm 0,12^a$	$9,13 \pm 0,08^a$	$7,42 \pm 0,10^a$	$7,28 \pm 0,11^b$	$6,34 \pm 0,03^a$	$6,17 \pm 0,08^b$
21	$9,21 \pm 0,12^a$	$9,11 \pm 0,03^b$	$7,40 \pm 0,11^a$	$7,25 \pm 0,13^b$	$5,88 \pm 0,05^a$	$5,82 \pm 0,06^b$
28	$9,11 \pm 0,07^a$	$9,01 \pm 0,06^b$	$7,38 \pm 0,15^a$	$7,20 \pm 0,09^b$	$5,91 \pm 0,09^a$	$5,73 \pm 0,10^b$
35	$9,05 \pm 0,18^a$	$8,85 \pm 0,14^b$	$7,35 \pm 0,07^a$	$7,01 \pm 0,14^b$	$5,23 \pm 0,09^a$	$5,07 \pm 0,03^b$
42	$8,86 \pm 0,16^a$	$8,64 \pm 0,18^b$	$7,31 \pm 0,13^a$	$7,00 \pm 0,17^b$	$4,86 \pm 0,05^a$	$4,69 \pm 0,08^b$

* Mindegyik adat 9 vizsgálati eredmény (3 párhuzamos \times 3 ismétlés) \log_{10} cfu/g átlag \pm szórás értékét jelöli.

^{a,b} Az ugyanabban a sorban szereplő eltérő betűjelzésű átlag-párok szignifikánsan különböznek egymástól ($P < 0,05$).

A *S. thermophilus* élősejt-száma a hűtőszekrényben történő tárolás első 4 hetében állandó, magas szinten ($>10^9$ cfu/g) maradt, ezt követően azonban csökkenés volt megfigyelhető, mégpedig a kontroll termékben jelentősebb mértékű, mint a *Spirulina*-kiegészítéssel készült termékben. A tárolás 6. hetének végén a cianobaktériumos mintákban

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In Tudományos Előadások 2010, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

grammonként 0,2 nagyságrenddel több *S. thermophilus* volt, mint a kontrollokban, igaz, száma még ez utóbbiakban is messze meghaladta a 10^8 cfu/g szintet.

A *L. acidophilus* tárolás alatti élősejt-szám változása 4°C-on is hasonló jellegű volt, mint a *S. thermophilus*-é. A kezdeti növekedést az első hónapban itt is lassú, alig észrevehető csökkenés (stagnálás) követte. A 28. nap után a kontroll mintákban több mint 0,2 nagyságrenddel csökkent a *L. acidophilus* élősejt-száma, míg a *Spirulina*-tartalmú mintákban ennél kisebb mértékben. A *L. acidophilus*-szám a 42 napos tárolás során mindvégig elérte a megkívánt 10^7 cfu/g szintet. A cianobaktériumos minták fölénye ebben az esetben is megmutatkozott.

A 15°C-os tárolásnál tapasztaltaktól eltérően, 4°C-on a bifidobaktériumok kezdeti élősejt-száma 14 napig állandó magas szinten ($>10^6$ cfu/g) maradt. Az ezt követő 1 hónapban viszont annál szembetűnőbb volt a csökkenés, hiszen összesen 1,5 nagyságrendet tett ki, és különösen jelentősnek mutatkozott a 28. és a 35. nap között. E tekintetben egyébként nem mutatkozott különbség a *Spirulina*-tartalmú minták és a kontrollok között, azaz a *S. platensis*-szel dúsított termékben mindvégig több élő bifidobaktérium volt jelen, mint a kontroll ABT termékben. A tárolási hőmérséklet fontos szerepe itt is megmutatkozott, mert a 4°C-on tárolt minták még 28 napon is tartalmaztak annyi bifidobaktériumot, mint a 15°C-on tároltak 3 napos korban.

A sarjadzó- és fonalgombák, ill. a kóliformok valamint az *E. coli* jelenlétére vonatkozóan ugyanaz mondható el, mint ami 15°C-on is jellemző volt: a vizsgálatok minden egyes időpontban negatív eredményt ($<10^0$ cfu/g, $<0,3$ MPN/g) hoztak.

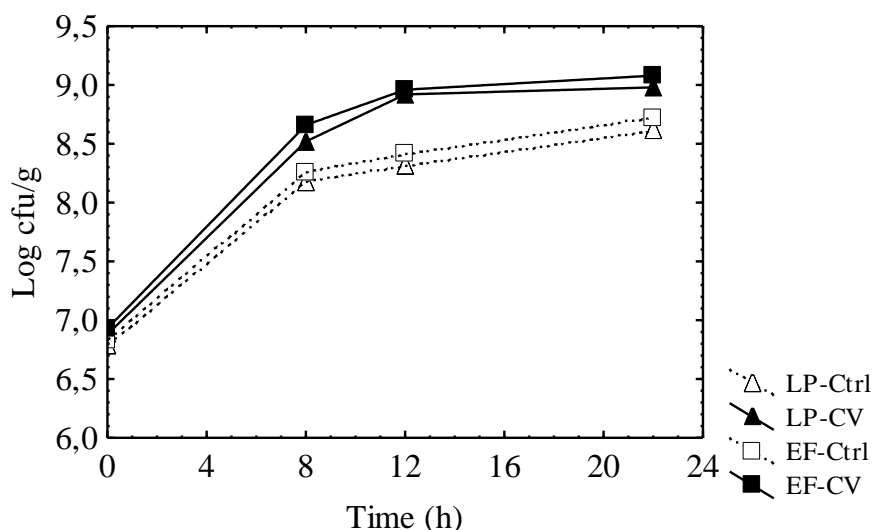
3.3.4. Mikroalgák hatása fermentált takarmányokban alkalmazott probiotikumokra (Gyenis és mtsai, 2005)

A *S. platensis* és a *C. vulgaris* szárított biomasszájának adagolása is szignifikáns mértékben ($P < 0,05$) serkentette a *L. plantarum*, ill. az *E. faecium* savtermelő aktivitását és szaporodási sebességét az összes alkalmazott (12-30% szárazanyag-tartalmú) tej-tápközegben.

A kísérleteinkben használt *E. faecium* törzs megfelelő savtermelő képességgel rendelkezett, hiszen a kontroll tejek pH-ját 5,06-5,15-ra vitte le a 37°C-on, 22 órán keresztül végzett fermentáció során; a *Chlorella* biomassza jelenléte pedig hasonló körülmények között még annál is nagyobb mértékű savtermelésre készítette ezt az *E. faecium* törzset (pH: 3,92-4,49), mint amelyet Giraffa és mtsai (1993), ill. Suzzi és mtsai (2000) a lényegesen jobb savtermelő fajnak tartott *E. faecalis*-szal kapcsolatban közöltek.

A *L. plantarum* általunk alkalmazott törzse valamivel gyengébb savtermelőnek bizonyult, mint az *E. faecium*-é, hiszen a 30°C-on, 22 órán át tartó fermentáció során a kontroll tejminták pH-ja 5,15-5,34-ra, a *Spirulinával* kiegészítetteké pedig 4,62-5,10-ra csökkent. Mindazonáltal, az *E. faecium*-nál elmondottakhoz hasonlóan, a szárított mikroalga biomassza ebben az esetben is szignifikánsan serkentette ($P < 0,05$) a tejsavtermelő baktériumfajt (*L. plantarum*) a fermentáció teljes időtartama alatt.

A **6. ábra** a 0,3%-os koncentrációban alkalmazott *C. vulgaris* biomassza által *E. faecium*, ill. *L. plantarum* szaporodási sebességére gyakorolt hatást szemlélteti. Látható, hogy a porított mikroalga-termék mindkét tejsavbaktérium faj vizsgált törzsének szaporodását szignifikánsan serkentette ($P < 0,05$) a fermentáció 8. és 23. órája között.



6. ábra: 3 g/L-nyi *Chlorella vulgaris* biomassza (CV) hatása *Lactobacillus plantarum* (LP), ill. *Enterococcus faecium* (EF) savtermelésére tejben (Ctrl: kontroll)

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A tejipari starterkultúra-komponensek szaporodási sebessége és savtermelése növelhető, továbbá életképességük tárolás alatti megőrzése biztosítható oligofruktóz, inulin, méz, ill. *Spirulina*- és *Chlorella*-biomassza felhasználásával. A savanyú tejtermékek előállításához szükséges időszükségletének lerövidítésével nő a termelékenység. A szaporodás és a savképzés stimulálásának, valamint a tárolás alatti túlélés javításának bifidobaktériumok esetében van kiemelt jelentősége, ugyanis ezek a fajok rendkívül lassan szaporodnak és savanyítanak tej tápközegben. Az említett anyagok némelyike a késztermék táplálkozási és élvezeti értékét is javítja, sőt: antifungális anyagai révén bizonyos fokú védelmet biztosít a terméket szennyező élesztő- és penészgombákkal szemben. A kísérleteink során tesztelt bioaktív anyagok felhasználásával új típusú funkcionális savanyú tejtermékek előállítására nyílik lehetőség.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- (1) Biavati, B., Vescovo, M., Torriani, S., Bottazzi, V. (2000) Bifidobacteria: history, ecology, physiology and applications. *Annals of Microbiology* **50**, 117-131.
- (2) Bozanic, R., Rogelj, I., Tratnik, L.J. (2001) Fermented acidophilus goat's milk supplemented with inulin: comparison with cow's milk. *Milchwissenschaft* **56**, 618-622.
- (3) Chick, H., Shin, H.S., Ustunol, Z. (2001) Growth and acid production by lactic acid bacteria and bifidobacteria grown in skim milk containing honey. *Journal of Food Science* **66**, 478-481.
- (4) Giraffa, G., Gatti, M., Carminati, D., Neviani, E. (1993) Biochemical and metabolic characteristics of strains belonging to *Enterococcus* genus isolated from dairy products. *Proceedings of the Congress on Biotechnology and Molecular Biology of Lactic Acid Bacteria for the Improvement of Foods and Feeds Quality*, Naples, February 23-24.
- (5) Gyenis, B., Szigeti, J., Molnár, N., Varga, L. (2005) Use of dried microalgal biomasses to stimulate acid production and growth of *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium* in milk. *Acta Agraria Kaposváriensis* **9**, 53-59.
- (6) Kajiwara, S., Gandhi, H., Ustunol, Z. (2002) Effect of honey on the growth of and acid production by human intestinal *Bifidobacterium* spp.: an in vitro comparison with commercial oligosaccharides and inulin. *Journal of Food Protection* **65**, 214-218.
- (7) Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság (2004) Savanyú tejtermékek. In: *Magyar Élelmiszerkönyv – 2-51/03 Tej és tejtermékek*. Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, Budapest, 21-24.
- (8) Niness, K.R. (1999) Inulin and oligofruktóz: what are they? *Journal of Nutrition* **129**, 1402S-1406S.
- (9) Scardovi, V. (1986) Genus *Bifidobacterium*. In: Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E., Holt, J.G. (eds) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2. Williams and Wilkins, Baltimore, MD,

Varga, L. (2010) Új típusú funkcionális savanyú tejtermékek kifejlesztését megalapozó kutatások. In *Tudományos Előadások 2010*, szerk.: Fenyvesi, O. pp. 47–73. Magyar Tudományos Akadémia, Veszprémi Területi Bizottság: Veszprém. [ISSN 1785-8763]

- 1418-1434.
- (10) Shin, H.S., Lee, J.H., Pestka, J.J., Ustunol, Z. (2000) Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp in skim milk containing oligosaccharides and inulin. *Journal of Food Science* **65**, 884-887.
 - (11) Springer, M., Pulz, O., Szigeti, J., Ördög, V., Varga, L. (1998) Verfahren zur Herstellung von biologisch hochwertigen Sauermilcherzeugnissen. IGV Institut für Getreideverarbeitung GmbH, assignee. *European Patent* No. DE 196 54 614 A 1.
 - (12) Suzzi, G., Lombardi, A., Lanorte, M.T., Caruso, M., Andrighetto, C., Gardini, F. (2000) Characterization of autochthonous enterococci isolated from Semicotto Caprino cheese, a traditional cheese produced in Southern Italy. *Journal of Applied Microbiology* **89**, 267-274.
 - (13) Süle, J., Varga, L. (2009) Méz hatása egy probiotikus savanyú tejtermék mikrobiótájának alakulására. *Tejgazdaság* **69** (1), 17-22.
 - (14) Szakály S. (2004) A probiotikumokkal kapcsolatos alapismeretek. In: Szakály, S. (szerk.) *Probiotikumok és Humánegészség: Vissza a Természethez!* Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, Mosonmagyaróvár, 4-17.
 - (15) Ustunol, Z., Gandhi, H. (2001) Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp. in honey-sweetened skim milk. *Journal of Food Protection* **64**, 1775-1779.
 - (16) Varga L. (2001) A probiotikus savanyú tejkészítmények szerepe táplálkozásunkban. *Agrár Elit Magazin – Unikum* **1** (4), 20-20.
 - (17) Varga, L. (2006) Effect of acacia (*Robinia pseudo-acacia* L.) honey on the characteristic microflora of yogurt during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology* **108**, 272-275.
 - (18) Varga, L., Molnár, N., Szigeti, J. (2005) The potential of *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* to accumulate trace elements, and its dietary implications. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, 53-60.
 - (19) Varga, L., Szigeti, J. (1998) Microbial changes in natural and algal yoghurts during storage. *Acta Alimentaria* **27**, 127-135.
 - (20) Varga, L., Szigeti, J., Csengeri, É. (2003) Effect of oligofructose on the microflora of an ABT-type fermented milk during refrigerated storage. *Milchwissenschaft* **58**, 55-58.
 - (21) Varga, L., Szigeti, J., Gyenis, B. (2006) Influence of chicory inulin on the survival of microbiota of a probiotic fermented milk during refrigerated storage. *Annals of Microbiology* **56**, 139-141.
 - (22) Varga, L., Szigeti, J., Kovács, R., Földes, T., Buti, S. (2002) Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. *Journal of Dairy Science* **85**, 1031-1038.
 - (23) Varga, L., Szigeti, J., Ördög, V. (1999a) Effect of a *Spirulina platensis* biomass and that of its active components on single strains of dairy starter cultures. *Milchwissenschaft* **54**, 187-190.
 - (24) Varga, L., Szigeti, J., Ördög, V. (1999b) Effect of a *Spirulina platensis* biomass enriched with trace elements on combinations of starter culture strains employed in the dairy industry. *Milchwissenschaft* **54**, 247-248.