

Új borfajták erjesztésének lehetősége genetikailag módosított, ízlés szerint „megtervezett” borélesztő-változatokkal

Tárgyszavak: borkészítés; borélesztő; indítótenyészet; mutagenézis; hibridizálás; transzformálás; géntechnika.

A világgazdaság jelenlegi és a következő egy-két évtizedben végbemelő, sőt gyorsuló változásait nem kerülhetik el a még oly régi, hagyományos szektorok sem, mint a borászat. Hogy ezekkel szembenézhesen, számos híres bortermelő régió és ország elemzi a bor üzletág globális trendjeit, vetíti előre forgatókönyveit, de igyekszik technológiai újításokat és a fogyasztási preferenciákat esetleg irányító stratégiákat is tervezni.

Bár a szőlő termelésének és a szőlőből bor erjesztésének alapelvei 7000 év óta változatlanok, magának a bornak az imázsa igen nagy változásnak volt és van kitéve. A 17. század elejéig a bort az egyetlen raktározható egészséges itálnak tekintették, ma első osztályú, mérsékelt fogyasztva életstílust meghatározó itallá lépett előre. E minősítés a bort a piaci húzó- és a műszaki toló-lököerők nagy feszültségű terébe helyezi, amelyben a tradíciónak együtt kell élnie az innovációval, hogy az eredmény kielégítse mind a bortermelőket, mind a fogyasztók elvárásait.

Fogyasztás és termelés viszonya

A termelő természetesen állandó megbízható profitra törekszik, a fogyasztónál mindinkább előtérbe kerülnek az egészség és a környezet szempontjai, de mellettük „testre szabott”, kedvező minőség/ár viszonyt felmutató borfajták iránti igény. A termelőre emiatt nagy nyomás nehezedik, amit súlyosbít két nemzetközi irányzat:

- a világ fogyasztása alkoholos italokból „leszálló ágba” került,
- a bortermelés viszont évről-évre nő, főként az ún. új világ számos országában.

Ezek a többé-kevésbé új, nagy bortermelő (Argentína, Ausztrália, Chile, Dél-Afrika, Kalifornia, Kanada, Új-Zéland) a világtermelésnek már kb. 20%-át adják, a vezető európaiak (Franciaország, Németország, Olaszország, Portugália és Spanyolország) több mint 50%-a mellett.

A világon mintegy 8 M hektáron termelt 27 Mrd liter bor évi kb. 5000 M literrel több, mint amennyit a piac fel tud venni. A fölösleg évente az össztermelés 15 és 20%-a között ingadozik, és elsősorban tömegbor kategóriából áll, jelezve, hogy a fogyasztó már inkább a jó, a kiváló minőségű, sőt különleges borok felé fordul. Ez azt is jelenti, hogy a fölöslegeket nem lehet többé pusztán termelési problémának tekinteni, a fejlődés iránya új koncepciót, „menedzselést” kíván.

A borászat szabályai mára akkora átalakuláson mentek keresztül, hogy az arculatára adó és az árakra is érzékeny borpiacon a minőséget mint az ügyfél és a fogyasztó fenntartható elégedettségét kell definiálni, amit csak az egész ágazatot átható innovációs kultúrával lehet megvalósítani. Olyan biotechnikai innovációkra van igény, amelyek összhangban vannak a műszaki, piaci, kulturális, társadalmi, környezeti tényezőkkel, anélkül azonban, hogy megfosztanák a borkészítés ősi művészetét titokzatos romantikus vonzásától. Ezen a ponton pedig fel kell ismerni – az egyes csoportok részéről világszerte megnyilvánuló elutasítás ellenére – a géntechnika, azaz a genetikailag célzottan módosított borélesztő óriási lehetőségeit a jövő borászatában.

Az erjedés folyamata

A szőlőlé spontán erjedésében a fűtőkön természetes körülmények között élő különböző élesztőgombák egymást váltva vesznek részt:

- a folyamatot *Kloeckera*, *Hanseniaspora* és *Candida* fajok indítják el,
- a középső szakasz uralkodó fajai: *Metschnikowia*, *Pichia*,
- végül amikor az etanolkoncentráció elérte a 3–4%-ot, az alkoholtűrő *Saccharomyces cerevisiae* törzsei veszik át a „vezetést” és fejezik be az erjesztést, így ez az általános „borélesztőként” ismert gomba.

Az ilyen módon spontán lezajló erjedés rendszerint testes, zamatos bort ad, de sokáig tart és kimenetele számos tényező befolyásának van kitéve. Ma már csak kis borászatok elégszenek meg vele, amelyek elfogadják évjárataik nagy különbségeit, ill. egyébként is szőlőfajtaik változatosságára építenek.

A megbízható és állandó minőségre törekvő, korszerű borászatok *S. cerevisiae* kiválasztott törzseiből álló indítókultúrát használnak. Ezeknek a szárított, de aktív kultúráknak a feladata – elsődleges funkciójukon, ti. azon felül, hogy katalizálják a szőlőben levő cukrok (glükóz és fruktóz) gyors és tökéletes átalakulását etanollá – kellően kombinálva és bizonyos irányokban optimált speciális sajátságokkal gazdagíthatják a bor zamatát és aromáját. Erre irányul a borélesztők nemesítése, ma már kísérleti szinten, a géntechnika eszközeivel is.

Indítókultúrák fejlesztése és elemzése

A *S. cerevisiae* laboratóriumban tenyésztett törzseinek többsége haploid vagy diploid (egy fél vagy teljes kromoszómakészlettel rendelkező) sejt, az

ipari borélesztők túlnyomórészt diploidok vagy aneuploidok, esetenként poliploidok („kibővített”, ill. nagyszámú készlettel rendelkezők). A *S. cerevisiae* genom teljes nukleotidszekvenciája fel van tárva. A viszonylag kisméretű, ~13 000 kb-os élesztőgenom 16, 200 és 2200 kb közötti hosszúságú lineáris kromoszómát és 6000 gént tartalmaz.

Az élesztőtörzsek elemzésére és módosítására több hagyományos és molekuláris genetikai eljárás ismeretes. A genom feltérképezése mikromanipulátor segítségével történt. Újabban kifejlesztettek egy technológiát, amellyel közvetlen kapcsolatot lehet létesíteni az élesztő genomja és transzkriptómája között.

A genomszekvencia ismeretében nagy sűrűségű oligonukleotid rendszereket terveztek és szintetizáltak, amelyek alkalmasak az erjesztés körülményei között tenyésztett élesztőben csaknem valamennyi gén expressziós szintjének monitoringjára. Ha pedig sikerül megfejteni mind a 6000 gén funkcióját, az így előállt proteom (a kódolt fehérjék összessége) kibontja a borélesztő teljes összetett anyagcseréjét „metabolomját”.

Mindezek az információk növelik azon szokásos módszerek (1. táblázat) specifikusságát, amelyekkel sajátos fajtájú és stílusú borok előállításához válogatják és genetikailag megtervezik az indítótörzset. A ma használatos kiválasztó és módosító eljárások ugyanis nagy genomszakasz vagy teljes genom rekombinálásán vagy átrendezésén alapulnak, így nem elég speciálisak a borélesztő ellenőrzött módosításához és esetleg csak a törzs egyes tulajdonságait javítják, mások negatív befolyásolása mellett. Egyetlen előnyük, hogy az eredményül kapott termékek nem esnek a GMO-kra (genetically modified organisms = genetikailag módosított szervezetek) vonatkozó szigorú törvények hatálya alá és nem övezi őket társadalmi bizalmatlanság. Viszont kétségtelenül a géntechnika az egyetlen megbízható módszer új jellemzők bevitelére és nem kívánatos jegyek kiiktatására meglevő kedvező tulajdonságok megváltoztatása nélkül.

A borélesztő módosításának céljai

Élesztőtörzsek kifejlesztésének általános céljai

- gazdaságosabb bortermelés és
- a borminőség javítása,

ezen belül

- javítandó az erjesztés lefolyása és
- a műveletek hatékonysága,
- megakadályozandó a bor mikrobiális megromlása, továbbá
- egészségesebb és
- még ízesebb, aromásabb borokat kell készíteni.

Új borélesztő törzsek kifejlesztésének eljárásai

Eljárás	Az eljárás rövid leírása	Alkalmazás a borászatban
Variáns kiválasztása	Az összes borélesztő populációkban spontán mutációval képződött természetes genetikai változatokból való válogatás egyszerű és közvetlen módszere.	Megfelelő válogató módszerre van szükség, mert kevés a jelentős mutáció. A javulás nem „drámai”, de a módszert évtizedekig használták élesztőtörzsek nemesítésére.
Mutagenézis	Mutációk gyakoriságának növelése mutagénnel leginkább haploid törzsekben, diploidokban és poliploidokban kisebb hatás.	Mutagének használata irányított törzsfajlesztésre korlátozódott, de a géntechnika előtt használták új variánsok izolálására.
Hibridizálás	A fajtán belül hibridizáláshoz spóráképző diploidokra, egyedi haploid aszkospórák kiemelésére, majd ellentétes haploid sejtek párosítására van szükség, amelyekből új heterozigóta diploid képződik. Az ivaros reprodukció nélküli hibridizálás formái: <ul style="list-style-type: none"> – spórasejt-párosítás, – erőltetett párosítás olyan törzseknél, amelyekben nem jelenik meg ilyen típus, – citoplazmaelemek bevitele az élesztőbe sejtmag nélkül, – közvetlen szferoplaszt-fúzió. 	A leghatékonyabb hagyományos módszer tulajdonságok javítására és kombinálására. Számos hibrid élesztő van jelenleg a piacon. A citoplazmában lokalizált genetikai jegyek bevitele. Pl. diploid és haploid törzs fúziójával triploid létrehozása
Transzformálás	Rekombináns DNS-technika és génmanipulálás	A transzformálás bármely létező borélesztő specifikus jellemzőinek precíz változtatának lehetőségét kínálja. Lévén a kapott törzs GMO, az eljárást még nem alkalmazzák a jelenlegi borélesztőkre.

Az erjesztési teljesítmény javítása

A bor erjedése gyakran hevesebb a kelléténél – ezen a hőmérséklet csökkentésével lehet javítani – olykor túl lassú, vagy véget ér mielőtt teljesen lezajlott volna. Az erjesztési anomáliák okozta veszteségek

- a fermentortérfogat elégtelen kihasználásának (habzás és illékony anyagok képződése miatt),
- a bor megromlásának (a védő hatású CO₂ gyenge képződési üteme miatt) és
- a megmaradó nagy cukorkoncentrációnak tulajdoníthatók, és mindezek az élesztő sajátságaira vezethetők vissza.

Az élesztő erjesztési teljesítményét javítja

- a fokozott stressztűrés,
- nagyobb cukor- és nitrogénfelvétel és jobb felszívódás,
- kisebb érzékenység etanol és más metabolitok iránt,
- ellenállás szulfitnak, nehézfémeknek és agrárvegyeszeknek,
- csökkent habképzés.

A *S. cerevisiae* jobb túlélését adalékokkal (szterinek, trehalóz glükogén stb.) fokozzák. Ezért törekszenek olyan törzsek létrehozására, amelyek képesek felhalmozni ezeket a vegyületeket, bár hatásmechanizmusuk és ennek génirányítása nincs teljesen tisztázva.

A gyenge erjesztőtulajdonság fő oka a must nagy szén- és ehhez képest csekély nitrogénkoncentrációjának kiegyensúlyozatlansága. Elsőrendű feladatként kell tehát elérni a szőlő cukortartalmának lehetőleg teljes hasznosítását a korlátozott nitrogénellátás feltétele mellett.

Gondot okozhat az is, hogy a borélesztők a fruktóznál „jobban szeretik” a glükózt, az el nem erjedt fruktóz pedig árt a bor minőségének. Ennek elkerülésére a cukor foszforilálásával kísérleteznek, amihez hexokinázokat, glükokinázokat és hexóz-transzportereket kódoló géneket ültetnek az élesztőbe. Egy másik program a *S. cerevisiae* nitrogénfelhasználó képességének a kibővítésére irányul, nevezetesen a mustban nagy mennyiségben jelenlevő, de a spontán erjedés folyamatából kimaradó prolin hasznosításával.

Az erjedés menetén javítani lehet az élesztő ellenállásának fokozásával

- a mérgező mikrobiális anyagcseretermékekkel (etanol, ecetsav közepes szénlánc-hosszúságú zsírsavak) és
- zimocinokkal (maga az élesztő által termelt „gyilkos toxinokkal”)

szemben. Pl. bizonyos génexpressziók módosítása megnöveli szterinek felgyülemlését és a sejthártya ATP-áz aktivitását, és ezáltal az etanolrezisztenciát. Beépíthetők a borélesztőbe a toxinokat semlegesítő zimocinpeptidek génjei is.

A műveleti hatékonyság javítása

A borkészítéshez nélkülözhetetlen műveletek:

- a derítés (adszorbensek hozzáadása, majd ülepités vagy leválasztás) és
- a tisztítás (ülepités, centrifugálás, szűrés).

E hátrányok mérséklésére szolgálnak az egyre nagyobb számban adagolt kereskedelmi forgalomban levő drága enzimek (proteázok, pektinázok,

glukanázok, xilanázok és arabinofuranozidázok). Mivel ezek a készítmények sem mentesek nemkívánt mellékhatásoktól, olyan borélesztőket állítottak elő, amelyek fehérje- és cukorbontó enzimeket választanak ki, megszabadítva már a mustot a zavarosságot okozó fehérjéktől és a szűrőt eltömő poliszacharidoktól.

A különféle derítő és tisztítóműveletek hivatottak az élesztő eltávolítására is az erjesztőhordó vagy -tartály folyadékfázisából. Ezt a pelyhesítő (flokkuláló) gének segítik elő némileg tehermentesítve és javítva az utólagos kezeléseket. Az élesztő pelyhesítése különösen fontos a palackban erjesztett habzóbor (pezsgő) készítésénél, amennyiben a szabályozott pelyhesedés megindulása az erjedés megfelelő időpontjában egyszerűsítheti a költséges eljárást.

A bor romlását okozó mikroorganizmusok biológiai visszaszorítása

Mikrobák ellenőrizetlen elszaporodása a bor erjedése előtt, közben és utána megváltoztatja a végtermék összetételét, és ezzel valamennyi érzékszervi tulajdonságát (a láthatókkal együtt). Védekezni elsősorban a higiéniai szabályok betartásával lehet, de a romlást okozó mikrobák ellen kémiai tartósítószerket (kén-dioxidot, benzooesavat, fumársavat, dimetil-dikarbonátot) is használnak. Ezek sem tesznek azonban jót a bor minőségének éppúgy, mint a fogyasztói bizalomnak.

Ezért mindinkább terjed a biológiai tartósítás

- az erjedés folyamán az élesztő által termelt kén-dioxiddal és hidrogénperoxiddal,
- antimikrobiális enzimekkel (lizozim, kitinázok, endoglukanázok) és
- peptidek (zimocinok és bakteriocinok)

adagolásával.

A helyzet e téren mindenben hasonló a fehérje- és cukorbontáshoz: a tisztított enzim- (és bakteriocin-) készítmények drágák és helyettesíthetők az erjesztés indítóanyagait alkotó élesztőtörzseknek antimikrobiális enzimek és peptidek expressziója irányában végrehajtott genetikai módosítása útján. Erre a célra

- a tojásfehérje lizozimjét,
- a *Pediococcus acidilactici* pediocinjét és
- a *Leuconostoc carnosum* leukocinjét

kódoló gének váltak be.

Sikeres volt borélesztőben

- egy gombaölő élesztő kitinázt és
- exoglukanázt

kódoló gén expressziója is.

Zimocid törzsek konstruálásának fő módszere

- a *S. cerevisiae* mikovirális (gombavírus) gyilkos toxin-(K/K2 kettős „killer”), determinánsaiból és
- más élesztők (*Hanseniaspora*, *Kluyveromyces*, *Pichia*) zimocint kódoló génjeiből

álló kombináció bevitele borélesztőbe. Az ideális megoldás azonban minden ezen antimikrobiális aktivitások beépítése volna ugyanazon borélesztőbe, megakadályozva a bor romlását okozó minden,

- baktériumok (*Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*),
- élesztőgombák (*Zygosaccharomyces*) és
- penészek (*Aspergillus*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Trichoderma*)

által fertőződést.

A bor mint egészséges ital javítása

A mértékletes borfogyasztás társadalmilag hasznos, enyhíti a stresszhatásokat és csökkenti a koszorúérpanaszok megjelenésének valószínűségét. A bor fő egészségvédő komponensei (maga az alkohol mellett):

- fenolvegyületek,
- reszveratrol és
- szalicilsav,

de kimutattak benne nemkívánatos vegyületeket is, így

- vélhető rákkeltőket (pl. etil-karbamát),
- idegmérgeket (pl. biogén aminok) és
- asztmát keltő tartósítószeret (pl. szulfitek).

Új borélesztőtörzsek kifejlesztésekor az egészséget érintő szempontokra maximális figyelmet fordítva törekedni kell a korszerű borfogyasztás

- jótékony hatásának fokozására, reszveratrol és karnitin termelésével, ugyanakkor
- veszélyeinek minimálására, etil-karbamát és biogén aminok eltávolításával, valamint az alkoholkoncentráció csökkentésével.

Erjedés közben reszveratrol termelése terén haladást jelent az E-ligáz és egy sztilbén-szintáz génjének expressziója, egy borélesztő-változatban. A kifejlesztéshez közel állnak ezen kívül olyan baktériumölő élesztők, amelyek

- nem kívánt baktériumokra mérgező anyagokat, bakteriocineket termelnek,
- arginázgén-hiányosak (ez a gén gátolja az etil-karbamát prekursorának, a karbamidnak a szintézisét), vagy
- karbamidbontó ureázgént tartalmaznak.

Az érzékszervi minőség javítása

A borászat számos javítható és javítandó tényezője közül a legfontosabbak mégis a bor un. organoleptikus, vagyis az érzékelhető tulajdonságok: íz,

szag, látvány. A borok végtelen számú ízváltozata több száz vegyület közötti kölcsönhatások bonyolult, tökéletesen nemlineáris rendszeréből ered. A jó bor „bukéja” az ízkomponensek és a metabolitok kiegyensúlyozott viszonyának köszönhető, tehát

- a muskotályszőlők zamatát adó terpének és
- a fűszerű fanyar ízt meghatározó alkoxi-pirozinok kivételével

nem egyetlen vegyületnek vagy vegyületcsoportnak tulajdonítható.

Érthető és indokolt a törekvés olyan borélesztők előállítására, amelyek speciális minőségi jegyeket hordozó borrá erjesztik a mustot. Az elmúlt évtized élesztő-géntechnikája jelentős eredményeket hozott

- szín- és aromafelszabadító enzimeket (pektinázokat, glükózidázokat, glukánázokat és arabinofuranozidázokat), valamint
- észtermódosító enzimeket (alkoholacetyl-transzferázokat, észterázokat és izoamil-acetátot hidrolizáló enzimet)

termelő változatok megtervezésében és megvalósításában.

További, genetikai módosítással nyert speciális borélesztők

- a borban optimált glicerinkoncentrációt állítanak be három gén túlexpressziójával és az acetaldehid-dehidrogenáz génjének egyidejű kihagyásával,
- kozmaolajokat (pl. izobutil- és izoamil-alkoholt) állítanak elő,
- fenolsavakat termelnek a fenil-akrilsav-dekarboxiláz élesztőgén módosított expressziójával, valamint a bakteriális p-kumarinsav-dekarboxiláz és a fenolsav-dekarboxiláz gének expressziójával.

Ugyancsak a rekombináns technika alkalmazásával jutottak el olyan borélesztő-változatokhoz, amelyek

- *Schizosaccharomyces pombe*- és tejsavbaktérium-gének kombinációjának beültetése után alkalmasak a bor savasságának biológiai szabályozására, továbbá
 - különböző génekkel módosítva, a maleinsavat
 - alkohollá (maloetanolos erjedés), ill.
 - tejsavvá (malolaktikus erjedés)

alakítják át.

A maloetanolos borélesztő jól használható a hűvösebb éghajlatú bortermelő vidékek alacsony pH-jú termékeinek javítására, a malolaktikus variáns pedig a legjobb megoldás a melegebb vidékek magas pH-jú boraira. Ez utóbbiak esetében több tejsav termelődését erjedés közben a *Lactobacillus casei* laktikodehidrogenáz génjének a malolaktikus élesztőbe való beépítésével lehet elérni.

Következtetések, kitekintés

Borélesztőtörzsek tervszerű felépítése a géntechnika eszközeivel kétségtelenül segíthet a borászatnak szembenéznie a 21. század műszaki és fo-

gyasztói kihívásaival, de a számtalan tudományos, gazdasági, biztonsági, törvényes, etikai és marketingoldali felvetés és fenntartás miatt ezideig sehol sem használtak rekombináns borélesztőt agrárüzemi méretben. Az első „úttörő borgazdaság transzgenikus élesztővel” erjesztett bor piacra dobásával ma még alighanem „kereskedelmi öngyilkosságot” követne el. Hosszabb távon azonban a borászat éppen fennmaradása érdekében nem mondhat le a rekombináns DNS-technika kínálta lehetőségekről egy olyan korszakban, amelynek trendje félreismerhetetlenül új igényt tükröző termékek felé mutat.

(Dr. Boros Tiborné)

Pretorius, I. S.; Bauer, F. F.: Meeting the consumer challenge through genetically customized wine-yeast strains. = Trends in Biotechnology, 20. k. 10. sz. 2002. p. 426–432.

Dequin, S.: The potential of genetic engineering for improving brewing, wine-making and baking yeast. = Applied Microbiology and Biotechnology, 56. k. 7. sz. 2001. p. 577–588.

Lilly, M.: The effect of increased yeast alcohol acetyltransferase activity on the sensorial quality of wine and brandy. = Applied Environmental Microbiology, 66. k. 8. sz. 2000. p. 744–753.

HÍR

Új kihívás előtt az élelmiszer-alapanyagokat termelők és feldolgozók

A fejlett országokban az élelmiszer-minőség és a hosszabb minőségmegőrzési idő az 1950-es évek elején került az érdeklődés középpontjába. A fordulat annak köszönhetően következett be, hogy a jól irányított nemzeti mezőgazdasági politika következtében ezek az országok élelmiszerből önellátókká váltak. Ugyanezen idő alatt jelentek meg a nagy mennyiségben olcsón előállított műtrágyák, valamint felgyorsult a növényvédő szerekkel és élelmiszer tartósítással kapcsolatos fejlesztő munka.

A 90-es végétől új kihívásokkal kell az élelmiszer-előállítóknak szembe nézni. Ezek között az angliai Campden&Chorleywood Food Research Association legújabb felmérése szerint első helyen az élelmiszer és egészség összefüggései szerepelnek. A tanulmányból az is kiderült, hogy az élelmiszerekkel kapcsolatos információk főleg azokból a tv-hirdetésekből származtak, amelyeket független, megbízható szakmai testületek is megerősítettek. A szakmailag alátámasztott állításoknak elsősorban a kenyérrrel, gabonafélékkel és joghurttal kapcsolatban adtak hitelt a vásárlók, ami tojás és sajt esetében már nem volt elmondható. A zöldség és gyümölcsfélék kedvező hatását elfogadják a fogyasztók, de a hatás mibenléte még nem tisztázott. A fogyasztók

egyres csoportjai igen tudatosan vásárolnak. Ezek között vannak olyan vásárlók, akik a műtrágyát veszélyesnek tartják, és időnként fel-felcsap az élelmiszerek növényvédőszer-tartalma körüli riadalom is.

Az igazság kedvéért szólni kell azokról az erőfeszítésekről, amelyeket a mezőgazdaság tett a növénytermesztés területén. Sokat javult a vegyszerkezelési fegyelem és az alkalmazás szakszerűbbé vált. A téma fontosságára tekintettel az élelmiszer-biztonságért felelős WHO szakember véleménye szerint a jövőben a termelők, fogyasztók és az élelmiszer-biztonság képviselőinek bevonásával kockázatelemzést kell végezni. Az együttműködésnek ezzel a formájával nagyban csökkenthető a kockázat, és megteremthető a gyors, pontos információáramlás a piaci szereplők között. A különböző veszélykombinációk megismerése megkönnyítheti a legfrissebb adatok eljuttatását a piac valamennyi résztvevőjéhez, és a lehető legrövidebb időn belül lehetővé válik a szükséges intézkedések meghozatala.

A fogyasztók fokozódó érdeklődése a vegyszermentes élelmiszerek iránt magával hozta a szerves gazdálkodásból származó élelmiszerek iránti igény fokozódását. Az élelmiszer alapanyag előállítók körében folyamatosan emelkedik a szerves gazdálkodást folytatók száma. Ennek a termesztési módnak fő jellemzője, hogy lemond mindenféle vegyszer alkalmazásáról. Az ipar ennek hatására komoly erőket összpontosít a különböző biológiai ellenőrzési módszerek kidolgozására és alkalmazására. A fejlesztésben kiemelt figyelmet szentelnek a növényi kártevők és természetes ellenségeik jobb megismerésének, valamint ezek feltérképezésének a különböző adottságú földrajzi területeken alkalmazott mezőgazdasági rendszerekben. A szakemberek széles körű vizsgálatokat folytatnak a növényi kultúrákkal, kártevőkkel és ezek természetes ellenségeivel.

A fenntartható élelmiszer-termelés feltétele olyan élelmiszerek előállítása, amelyek megfelelnek a fogyasztói elvárásnak és szükségletnek, ugyanakkor összhangban állnak azokkal a tényezőkkel, amelyek a mezőgazdasági termelést befolyásolják. A piaci igények és elvárások időről időre változnak, amit még a helyi adottságok is módosítanak. A nemzetközi kereskedelemnek a kártevőkre és egészségügyi vizsgálatokra vonatkozó jogi előírásokat is be kell tartani. A bonyolult és folyamatosan változó követelményeknek a jól kidolgozott és egységes szempontok szerint összeállított minőségbiztosítási rendszerekkel lehet eredményesen eleget tenni.

2002-ben az élelmiszerlánc résztvevőinek rendezett szakmai tanácskozásokon az élelmiszer-biztonsághoz kapcsolódó témakörök szerepeltek első helyen. A globális szinten fenntartható mezőgazdasági fejlődés kulcsa a termelékenység növelése és a dokumentálható élelmiszer-biztonság.

(Chemistry and Industry, 2002. 16. sz. aug. 19. p. 17–18.)