

AZ EMÉSZTÉST ELŐSEGÍTŐ MÁTRIX: Bromelain és papain a testépítői gyakorlatban

Kiss Gergely Pharm. D.

Semmelweis Egyetem, Orvosi Biokémiai Intézet

Budapest, 2011. október 28.

Testépítési táplálékkiegészítőket forgalmazó cégek fehérje formuláinak csomagolásán az alábbi kifejezések olvashatók: „Aminogen™”, „GaspariZyme™”, „Emésztést elősegítő mátrix”. Bár e hangzatos nevek mögött rejlik, a címben is szereplő enzimek neveit általában még megadja a gyártó, további alapvető tudnivalókat már nem tüntet fel. Színes körítés és hatásvadász leírások helyettesítik az érdemi tájékoztatást, a bromelaintól és papaintól várt emésztést segítő hatás pedig – amely ráadásul számos esetben nem is feltétlenül szükséges – elmarad. A fogyasztó a megfelelő tájékoztatás hiányában hagyja magát becsapni. Vajon felmerülnek-e benne az alábbi kérdések: Mik azok az enzimek? Mit érdemes tudni a bromelainról és a papainról? Hogyan jellemezhető ezeknek az enzimeknek a hatásossága és miképpen lehet úgy felhasználni ezeket, hogy biztonságosan és hatékonyan betöltsék eredeti rendeltetésüket? Az alábbiakban az olvasó ezekre a kérdésekre kaphat választ annak érdekében, hogy a szükséges információ birtokában képes legyen eldönteni egy adott termékről, hogy a benne lévő „emésztést elősegítő mátrix” valóban képes-e tenni a dolgát, vagy csak az eladások növelése végett tüntették fel a nevét a csomagoláson.

AZ ENZIMEK ÉS AZ ENZIMAKTIVITÁS

Az élő szervezet körülményei között (testhőmérsékleten, légköri nyomáson) az emberi testen belül lezajló kémiai reakciók önmagukban rendkívül lassan mennének csak végbe, meggyorsításukhoz ezért katalízisre¹ van szükség. A katalízist enzimeknek nevezett fehérjék végzik, amelyek lerövidítik a kémiai anyagok átalakulásához szükséges időt [1]. Az enzimek vizes közegben működnek, a dehidrált (víztelenített) enzim minden esetben inaktív.

Az enzimek azon tulajdonságát, hogy az általuk katalizált kémiai reakció(k) sebességét képesek jelentősen felgyorsítani, az aktivitással jellemezhetjük. Ez lényegében reakciósebességet jelent, vagyis azt, hogy a jelen lévő enzimmennyiség szigorúan meghatározott feltételek és pontosan ismert szubsztrátkoncentráció² mellett, időegység alatt mennyi szubsztrát átalakulását, ill. mennyi termék képződését katalizálja [1]. Az enzimaktivitás értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy az enzim meghatározott környezeti feltételek mellett (pl. pH,

hőmérséklet, fémionok jelenléte vagy hiánya) működik. Az enzimek aktivitása egy bizonyos pH-tartományban általában optimumot mutat, de vannak olyan enzimek is, melyek jól működnek meglehetősen széles pH-tartományban is, amelyben a szerkezetük még nem sérül. A hőmérséklet emelése minden kémiai reakció sebességét fokozza, a fehérjék azonban az élettani értéknél magasabb hőmérsékleten olyan változásokon mennek keresztül, melyek következtében katalitikus aktivitásuk megszűnik. Ezért az enzimek aktivitásának hőmérsékleti optimuma is van. A katalízis folyamatát befolyásolhatják az oldatban jelen lévő ionok is.

BROMELAIN

A bromelain az ananásznövényből (*Ananas comosus* (L.) Merr.) kinyerhető proteolitikus aktivitású (fehérjét hasító) enzimek gyűjtőneve. Megkülönböztetik a gyümölcsből, ill. a szárból származó bromelaint, de az összes kereskedelmi forgalomban kapható bromelain forrása a növény szára [2]. A proteázokon kívül a bromelainban még peroxidáz, savas foszfatáz, számos proteáz inhibitor és szervesen kötött kalcium is van

¹ katalízis: Folyamat, amely során egy anyag úgy gyorsít fel egy kémiai reakciót, hogy önmaga közben nem használódik el.

² szubsztrát: Anyag, amelynek átalakulását az adott enzim felgyorsítja.

[3]. A bromelain széles körben alkalmazott fehérjeemésztést segítő táplálékkiegészítő, de ezen kívül számos egyéb felhasználási területe is van, úgymint: gyulladáscsökkentés, szövetregenerálás, tumorterápia, vérhígítás, toxinsemlegesítés, bőrgyógyászati problémák kezelése, nyákdoldás, húspuhítás [3, 4].

A bromelain proteázai a cisztein proteázok családjába tartoznak, azaz szabad szulfhiril-csoport található az enzimek aktív centrumában³. Ebből az következik, hogy a teljes enzimaktivitás eléréséhez a proteázokat redukív oldatban kell inkubálni. Az erre a célra használt ún. aktivációs oldatok pufferelt⁴ (pl. Tris) közegben ciszteint, merkaptotetanolt és EDTA-t tartalmaznak. Ezek az anyagok redukálják⁵ az aktív centrumban lévő szulfhiril-csoportokat, így aktiválva magát az enzimet [5]. Mindezekből következik, hogy a bromelain igen érzékeny a nehézfém-szennyezésre (Hg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+}) és a levegő oxigénjére is, hiszen ezek az ágensek komplexet képeznek, illetve oxidálják a katalízis szempontjából elengedhetetlen szulfhiril-csoportokat.

A bromelain katalitikus aktivitásának pH optimuma függ a szubsztráttól (jelen esetben ez az adott fehérjét jelenti, amit az enzim hasít) és a körülvevő oldat jellemzőitől is. Általánosságban elmondható, hogy a kémhatás optimuma pH 4,5-5,5 között van és az enzim pH 3-6 között stabil. A működés szempontjából kedvező hőmérséklet tartomány: 35-45°C [6], amely maximálisan 50°C-ig növelhető, ha az alkalmazás időtartama nem haladja meg a 4 órát [7]. 60°C fölött az enzim gyorsan inaktiválódik [6].

Nagy mennyiségű kristálycukor (répacukor, szacharóz) jelenlétében a hőmérséklet emelése mellett a bromelain szerkezete destabilizálódik és az enzim inaktiválódása felgyorsul [8]. Bár a jelenség vizsgálatát a tömegnövelő keverékekben jellemzőnél jóval nagyobb cukorkoncentráció (34,2 g/100 ml) mellett végezték és ezekben a termékekben diszacharid (szacharóz) helyett oligoszacharid (maltodextrin) található, bizonyos mértékű destabilizáló hatás mégis valószínűsíthető.

PAPAIN

A papain a dinnyefa (*Carica papaya L.*) leveléből és éretlen terméséből kinyert, szárított és tisztított tejnedv. Szintén több enzim keveréke, melyek proteolitikus, ill. szénhidrát- és gyenge zsírbontó aktivitással rendelkeznek [9, 10]. Mint a bromelain, a papain is a fehérje emésztés elősegítésén kívül számos további területen használatos: sebtisztítás, toxinsemlegesítés, féregtelenítés, gyomorfekély kezelése, húspuhítás, sejttenyésztési és fogorvosi alkalmazások [11, 12].

A tisztított papaya tejnedv proteáz tartalmáért maga a papain* enzim mindössze 10%-ban felelős. A fennmaradó hányadot további két – szintén szerin proteáz – enzim adja: a kimopapain (75%) és a papaya proteáz D (15%). Kis mennyiségben egyéb hidrolitikus aktivitású alkotók is megtalálhatóak a tejnedvben [5]. Mint az irodalomban általában, a továbbiakban a papain megnevezés a fenti három proteáz keverékére utal.

A papain proteázai szintén a cisztein proteázok családjába tartoznak, így a bromelainnál leírtak ezeknél az enzimmél is érvényesek.

A papain működése szempontjából az optimális hőmérséklet tartomány: 40-60°C. 65°C fölött az enzim gyorsan elveszíti proteolitikus aktivitását. A katalitikus aktivitás maximuma a szubsztráttól függően pH 4-7 között van [13]. A papain* és a papaya proteáz D enzimek savas környezetben igen instabilak: pH 2,8 alatt még szobahőmérsékleten is visszafordíthatatlanul inaktiválódnak. Ellenben a kimopapain – ami papain háromnegyedét teszi ki – pH 2-es kémhatáson is kielégítően stabil marad [5, 14]. Ez lehet a magyarázata annak, hogy a szájon át alkalmazott papain proteolitikus aktivitása részben túléli a gyomor savas környezetét, és kimutatható marad a vékonybélben, ahol az elfogyasztott fehérje – melynek megemésztését kívánja a fogyasztó elősegíteni a papainnal – felszívódása történik [15].

A C-vitamin a papain enzim erős, kompetitív inhibitora: a gátlás K_d értéke 2,9 μM [16].

³ *aktív centrum*: Az enzimnek az a része, ahol a katalizált reakció végbemegy.

⁴ *puffer(olddat)*: Állandó kémhatást (pH-t) biztosító oldat.

⁵ *redukció*: Az oxidációval ellentétes folyamat; az oxigén elvonása egy anyagtól, ill. hidrogénfelvétel.

Ez azt jelenti, hogy adott enzimmennyiség mellett (1,6 mg/ml) 0,5 mg/ml C-vitamin a papain aktivitását a felére csökkenti.

A BROMELAIN ÉS PAPAINE AKTIVITÁSÁNAK MÉRÉSE ÉS STANDARDIZÁLÁSA

Az enzimek aktivitásának jellemzésére számos módszer, ill. mértékegység áll rendelkezésre a szakirodalomban. Ez a bőség sajnos nagyon megnehezíti a tájékozódni vágyók dolgát. Mit jelentenek a rövidítések? Hogyan kell értelmezni azokat? Melyik számérték jelent megfelelő minőséget? Ezek és számos további kérdés merülhet fel az érdeklődőkben egy termék címkéjét vagy adatlapját böngészve. Ezért alább egy rövid áttekintés következik a testépítői gyakorlatban felmerülő, a fenti két enzim aktivitásával kapcsolatos fogalmakról.

Az aktivitást jellemző módszerek és mértékegységek lehetnek hivatalosak és nem hivatalosak. Hivatalos mértékegységnek tekinthetők a pontosan definiált, szakmai forrásokból származó (pl. *USP*: hatályos Amerikai Gyógyszerkönyv, *FIP*: Nemzetközi Gyógyszerészeti Szövetség) leírások [5, 17, 18], nem hivatalosak pedig a szakmai és leginkább a mindennapi gyakorlatban használt, de kevésbé egzakt módon definiált eljárások és egységek. Az utóbbira példák az alábbi mértékegységek: zselatinemésztési egység (GDU/g), kazeinemésztési egység (CDU/mg), tejelválasztási egység (MCU/mg). 2.000 MCU/mg aktivitású bromelain 1.200-1.500 GDU/g enzimaktivitással egyenértékű, és ez az érték a minőségileg elvárt minimum [9, 19]. Bár papainra is használják ugyanezeket a mutatókat, sem az átváltásra, sem a minőségi elvárásokra vonatkozóan nincs egyértelmű adat. Ezen meghatározások hátránya, hogy nem megbízható a mérési eljárás, nem ismert a viszonyítási alap, nem egyértelmű, mit mutat a szám valójában. Mégis a legnagyobb gond, hogy gyakran hiányos a mértékegység használata: vagy csak az aktivitás van feltüntetve (pl. GDU), vagy csak az enzimmennyiség (mg), ami félrevezető lehet. Nem mindegy, hogy a termékben lévő adott mennyiségű enzim 2.000 vagy csak 200 GDU aktivitással

rendelkezik-e! Fordítva is feltehető ugyanez a kérdés: vajon a csomagoláson feltüntetett 2.000 GDU a teljes enzimmennyiségre vagy per mg enzimre vonatkozik?

Mindezekkel szemben a hivatalos szakmai meghatározások és az azokhoz tartozó mértékegységek egyértelmű és megbízható információval szolgálnak az adott enzimről. Az *USP* egység az Amerikai Gyógyszerkönyv szerinti [17], a *FIP* egység pedig a Nemzetközi Gyógyszerészeti Szövetség által megadott mértékegység [5, 18]. Az utóbbinak a gyakorlatban egy variánsa terjedt el: jelölése U (unit), mint egység. Az *USP* és *FIP* egységek megkülönböztetésére azért van szükség, mert bár mind a két forrás pontosan definiálja a méréshez használt anyagokat, a mérési körülményeket, a mérés menetét és az összehasonlítás alapjául szolgáló enzimpreparátumot is, más-más eljárást adnak meg az enzimaktivitás jellemzésére. A pontos leírásokból adódóan viszont az átváltás lényegesen megbízhatóbb. Itt kell megjegyezni, hogy amíg jelenleg csak a papain hivatalos az Amerikai Gyógyszerkönyvben (6.000 *USP* egység/mg a minőségileg elvárt minimum*), addig a *FIP*-nek mindkét enzimre vonatkozóan léteznek előírásai [5, 18]. A kereskedelmi forgalomban általában elérhető aktivitás értékeket és a lehetséges átváltásokat az **1. táblázat** [20-22] mutatja:

BROMELAIN	
5,0 <i>FIP</i> egység/mg \approx 2.500 GDU/g \approx 1.560 CDU/mg	
4,0 <i>FIP</i> egység/mg \approx 2.000 GDU/g \approx 1.250 CDU/mg	
3,2 <i>FIP</i> egység/mg \approx 1.600 GDU/g \approx 1.000 CDU/mg	
2,4 <i>FIP</i> egység/mg \approx 1.200 GDU/g \approx 750 CDU/mg	
PAPAINE	
1 <i>FIP</i> egység \approx 10.000-13.000 <i>USP</i> egység	
Papain BPC ⁶ 3 - 4.000 <i>USP</i> egység/mg	Sigma Papain P3250 0,5-2 U/mg
*Papain 1 x <i>USP</i> \geq 6.000 <i>USP</i> egység/mg	Sigma Papain P3375 1,5-10 U/mg
Papain 5 x <i>USP</i> \geq 30.000 <i>USP</i> egység/mg	Sigma Papain P4762 \geq 10 U/mg
Papain koncentrátum \geq 40.000 <i>USP</i> egység/mg	Sigma Papain P3125 16-40 U/mg

1. táblázat. A kereskedelemben elérhető enzimpreparátumok és aktivitásaik.

⁶BPC: Bulk Pharmaceutical Chemical, nagy mennyiségben előállított gyógyszeripari (közti)termék.

Hogyan értelmezhetőek az *USP* és *FIP* egységek? Az Amerikai Gyógyszerkönyv egy olyan eljárást javasol a papain aktivitásának mérésére, ahol szigorúan definiált környezetben, adott ideig az enzim kazeint bont olyan kisméretű peptidekig⁷, melyek már nem csaphatók ki az oldatból egy speciális reagens segítségével. Ezután az emésztetlen csapadékot eltávolítva, az oldatban maradt részt meghatározva a kapott adatokból az aktivitás egyértelműen megadható. A *FIP* által javasolt eljárás szintén szigorúan definiált környezetben, de más módon méri, hogy az enzim mennyi mesterséges szubsztátot hasít adott idő lefolyása alatt. A bromelainaktivitás *FIP* szerinti mérése az *USP* papain mérés alapelvét alkalmazza; *USP* előírat jelenleg nincs. Ebből az következik, hogy a bromelainra és a papainra vonatkozó *FIP* egységek nem összehasonlíthatók, tehát csak a számértékek alapján nem jelenthető ki, melyik enzim aktivitása nagyobb. Elméletben viszont megadható, hogy adott mennyiségű enzim adott mennyiségű fehérjét mennyi idő alatt bont le, ha a körülmények legalábbis megközelítik az előírásban szereplőket. Mindazonáltal figyelembe kell venni, hogy bármennyire széles szubsztát-specifitással rendelkeznek is ezek a növényi proteázok – a fehérjelánc számos különböző kötéséből többfelét is hasítani képesek –, adott (peptid)kötéseket preferálnak, másokat viszont nem bontanak fel. Az enzimet tableta formájában, étkezés közben/után bevéve ennek nincs jelentősége, hiszen ilyenkor a fehérjelánc lebontása több különböző (saját és kívülről bevitt), egymás szubsztát specificitását kiegészítő enzim munkájának eredménye, a kapott tri-, dipeptideket és aminosavakat pedig a vékonybél már képes felszívni. Ha viszont az ember arra kíváncsi, hogy egy enzimentartalmú fehérjekészítmény egy adagjához vizet hozzáadva mennyi idő szükséges ahhoz, hogy a keverőpohárban a proteáz lebontsa a fehérjét, akkor a számítások már csak közelítő értékek megadására lesznek alkalmasak, hiszen nem ismert a készítményben lévő preferált, elhasítható peptidkötések száma. Mégis, egy ilyen számítás – még ha csak hozzávetőlegesen adja is meg a hatás eléréséhez szükséges időt – nagyon szemléletesen mutatja be, mennyi minden szükséges egy enzim

megfelelő működéséhez és igen meglepő végeredménnyel szolgál.

PAPAIN AKTIVITÁS BEMUTATÁSA PÉLDASZÁMÍTÁSON KERESZTÜL

Tegyük fel, hogy az általunk vizsgált képzeletbeli termék egy 90%-os tejsavó-fehérje izolátum (WPI) adagonként 25 mg papainnal (aktivitás = 0,5-10 U/mg, lásd **1. táblázat**). Egy adagja 40 g. Ebben az adagban tehát 36 g fehérje van. A tejsavó-fehérje izolátum összetételét a **2. táblázat** [23] mutatja:

Arány (%)	Fehérje-frakció	Molekulatömeg (kDa)	Felépítő aminosavak száma (db)
76,8	β-laktoglobulin	18,4	162
10,5	α-laktalbumin	14,2	123
3,5	marha szérum albumin	66,8	585
Súlyozott átlagérték			
		19,78	174

2. táblázat. A tejsavó-fehérje izolátum összetétele.

A táblázatban szereplő értékek % arány-súlyozott átlagát véve definiálhatunk egy olyan, a valóságban nem létező WPI molekulát, amely molekulatömege és aminosav száma kielégítően jellemzi a tejsavó-fehérje izolátumot felépítő fehérjék összességét. Az átlagos aminosav szám 174, és mivel a fehérjék lineáris szerkezetűek, ez pontosan 173 peptidkötést jelent. A WPI átlagos molekulatömege 19,78 kDa, azaz 19.780 g/mol⁸. 36 g WPI tehát 0,0018 mol = 1,8 mmol. 1 mol WPI molekula 173 mol peptidkötést tartalmaz, ez 36 g WPI esetén 315 mmol peptidkötést jelent. Definíció szerint [5, 22] 1 U egység úgy értelmezhető, mint az 1 mg enzim által, adott körülmények között, 1 perc alatt hasított peptidkötések száma, μmol-ban kifejezve. Mivel a definícióban megadott körülményekhez (O₂-mentes környezet, pH 6.2, 25°C, aktiváló pufferoldat) képest a keverőpohárban fennálló kevésbé ideálisak az enzimműködés szempontjából, a kapott számértéknél hosszabb idő tekinthető csak reálisnak. Tehát, ha 1 mg 1 U egység aktivitású papain

⁷ *peptid*: A fehérjék polipeptid molekulák. A peptidek és fehérjék között az a különbség, hogy a peptidek rövidek, míg a fehérjék hosszúak.
⁸ *mol*: 1 mol anyagban 6*10²³ darab részecske található, mely pontosan az Avogadro-szám nagysága.

1 perc alatt 1 μmol peptidkötést bont, akkor 25 mg 0,5 U/mg aktivitású papain a keverőpohárban lévő fehérjeláncokat 144 perc alatt, a 10 U/mg aktivitású papain pedig 7,2 perc alatt fogja fele hosszúságúra hasítani. A fehérjelánc kettébontásakor feltételezzük, hogy a papain a láncot legalább egy helyen képes elvágni. Negyedelésnél három ilyen helyet feltételezünk, és így tovább. Minél kisebb részekre vágjuk a számításokban a fehérjeláncot, annál kevésbé fogunk releváns eredményt kapni, hiszen nem vesszük figyelembe, hogy az enzim nem minden peptidkötés hasítására alkalmas. Mégis – csak az enzimaktivitás szemléltetése céljából –, ha feltételezzük, hogy lehetséges papain által minden peptidkötés lebontása, 25 mg 10 U/mg aktivitású papainnal is pontosan 21 óráig tartana, amíg a 36 g WPI teljesen aminosavakra bomlana, a definícióban meghatározott körülmények között.

A BROMELAIN ÉS A PAPAINE ALKALMAZÁSA A TESTÉPÍTŐI GYAKORLATBAN

Egyvalamit feltétlenül le kell szögezni: az emésztőrendszer arra lett tervezve, hogy megemészsze a bevitt táplálékot, és ezt a funkcióját normális körülmények között maradéktalanul képes ellátni. Normálistól eltérő körülménynek számít pl. egy hasnyálmirigy-elégtelenség, melyben a hasnyálmirigy képtelen elegendő mennyiségű emésztőenzimet termelni és/vagy a bélbe juttatni. Ilyenkor indokoltá válik valamilyen emésztést segítő készítmény alkalmazása, amely átveszi az emésztőrendszer kiesett funkcióit [3, 4, 9]. Szintén normálistól eltérő körülménynek tekinthető egy testépítői étrend a magas (2-3 g/testtömeg kg) fehérjebevitel miatt, ám közel sem indokolja olyan nyomatékosan az enzimbevitelt, mint egy betegség. Ennek két oka van. Egyrészt az emésztőrendszer képes megbirkózni nagyobb mennyiségű táplálékkal is, másrészt akármekkora aminosav mennyiség felszívása egyszerűen nem lehetséges, mert a belek szállítórendszerei telíthetők, a felesleg pedig a bélben marad, ozmotikus aktivitásánál fogva vizet szív vissza és végső soron hasmenéshez vezet. Érdemesebb tehát a bevinni kívánt fehérjemennyiséget ésszerű adagokra (20-30 g) osztani és több részletben elfogyasztani. Mindezek

mellett bromelian, ill. papain hozzáadása a fehérje formulához persze segítheti annak tökéletesebb lebontását, és az enzimeket a megfelelő módon alkalmazva azok akár hozzá is járulhatnak a felszívódó aminosav mennyiség növeléséhez, bár ilyen jellegű, szakmailag is megbízható kutatásokat eddig nem végeztek.

Miképpen lehet tehát úgy felhasználni ezeket az enzimeket, hogy biztonságosan és hatékonyan betöltsék eredeti funkciójukat? Ehhez az itt leírtak gyakorlati alkalmazására van szükség. Először is olyan terméket kell(ene) vásárolni, melynek gyártója a megfelelő mennyiségű és minőségű enzimet keveri a fehérjéhez, ezt a vonatkozó dokumentációval (pl. minőségi bizonylat) igazolni tudja és ezt az információt a csomagoláson kielégítően fel is tünteti. Sokatmondó tény, hogy jelenleg ilyen termék nem létezik a piacon. A felhasználás során a fogyasztó célja, hogy az enzimek abba a környezeti optimumba kerüljenek, ahol hatásukat kifejteni képesek. Ezen a ponton számos nehézség merül fel: a 100%-os enzimaktivitás és a komplett előemésztés eleve kizárt, hiszen a korábban leírt működési feltételek a mindennapi gyakorlatban nem valósíthatóak meg. Megközelítésük azért megoldható, és a cél elérése érdekében – ami az emésztés segítése, nem a helyettesítése – ennyi elég is. A felszívásra gyakorolt előnyös hatás természetesen továbbra sem biztos. A keverőpohárban, vízben feloldott formulában az enzim azonnal aktiválódik. Ügyelni kell arra, hogy a por semmiképpen ne kerüljön a légutakba, mert ezek az enzimek erős allergének, tehát az erre érzékeny egyéneknél allergiás reakciót válthatnak ki. A folyamatos érintkezés – ami a belégzést és nem a lenyelést jelenti – 50%-os valószínűséggel érzékenyít ilyen jellegű allergiás reakcióra [3]. Ezért kell kerülni az adagolás során szálló por belégzését. Oldásnál, rázogató helyett ajánlott inkább keverni az oldatot, hiszen rázogató közben a buborékképződés miatt megnövelt felületen érintkezik a folyadék és a levegő, annak oxigénje pedig inaktíválja az enzimet. Az oldáshoz használt vizet 40-50°C-ra felmelegítve biztosíthatjuk az enzimek hőmérsékleti optimumát, de ennél melegebb közegben (> 65°C) az enzimek végérvényesen tönkremennek. Miután a por teljesen feloldódott a vízben, az oldatot érdemes „pihentetni” 15-30 percig, hiszen a számolás tanulsága szerint az

enzimeknek időre van szüksége a hatás kifejtéséhez, még akkor is, ha ott 25°C, itt pedig 50°C-on működnek. Ha nem vár a fogyasztó, és rögtön megissza az oldatot, az enzimek bekerülve a gyomorba nem csak annak alacsony kémhatása (pH 1-2) miatt, hanem a benne található savas proteázoknak köszönhetően is fokozatosan elveszítik aktivitásukat. Az inaktíválódás nem teljes ugyan, de jelentős. A gyógyszerészeti gyakorlatban ennek a problémának a kiküszöbölésére speciális bevonattal látják el az enzimeket tartalmazó tablettákat. Ezek megvédik a gyomor savas környezetétől az enzimeket, így azok sértetlenül juthatnak el a bélbe, ahol a környezet működésük szempontjából már optimálisnak tekinthető. Ez a megoldás azonban a táplálékkiegészítők piacán jelenleg nem elérhető, így aki valóban működésre szeretné bírni az „emésztést elősegítő mátrixot”, annak megoldásként marad a „pihentetés”.

KONKLÚZIÓ

A leírtak értelmében belátható, hogy manapság inkább marketingcélokat szolgálnak a táplálékkiegészítő fehérje formulákba kevert növényi proteázok, hiszen a legtöbb esetben vagy nincsenek megnevezve az előemésztő keverékek fantázianevei mögött rejlő enzimek és azok arányai; ha mégis, a mennyiség nem mindig szerepel a csomagoláson; a hozzáadott enzimek aktivitásai pedig egyetlen fehérje formulán sincsenek feltüntetve. Ezen információ hiányában lehetetlen megmondani, hogy a hozzáadott enzimeknek van-e számottevő hatása, és ha igen, mekkora. Még ha „pihenteti” is a lelkes fogyasztó a feloldott terméket, akkor sem lehet biztos benne, hogy adott várakozási idő eltelte után történt-e érdemi változás a keverőpohárban, vagy sem. Természetesen így az sem jelenthető ki, hogy az enzimek mekkora hányada fejt ki tényleges proteolitikus aktivitást, mielőtt a gyomor ellenséges környezete végérvényesen működésképtelenné teszi azokat.

Szomorú belátni, hogy a misztikus „emésztést elősegítő mátrix” valójában csak egy reklámfogás, de amíg a fogyasztói oldalról nem jelenik meg a kereslet valóban működő előemésztő megoldások iránt, addig semmi nem fogja a gyártókat ennek a ma még nem

létező termékpalettának a legyártására sarkallni. Más kérdés, hogy van-e egyáltalán értelme ezeknek a termékeknek? Könnyen belátható ugyanis, hogy egy ilyen fehérje formulával, a megfelelő bonyolult műveletsort elvégezve (1. Edzés előtt gondos keverés, körültekintő melegítés, 2. edzés alatt „pihentetés” állandó hőmérsékleten, 3. edzés után hűtés, vagy a fehérjeital elfogyasztása melegen.) megvalósítható ugyan az előemésztés, a felszívódó aminosavak arányának ily módon történő javítása azonban már korántsem garantált.

IRODALOM

1. Stryer L: **Biochemistry**: W.H. Freeman & Company; 1995.
2. Rowan AD, Buttle DJ, Barrett AJ: **The cysteine proteinases of the pineapple plant**. *Biochem J* 1990, **266**(3):869-875.
3. Gregory S, Kelly ND: **Bromelain: A Literature Review and Discussion of its Therapeutic Applications**. *Alternative Medicine Review* 1996, **1**(4):243-257.
4. Bitange Nipa Tochi ZW, Shi - Ying Xu, Wenbin Zhang: **Therapeutic Application of Pineapple Protease (Bromelain): A Review**. *Pakistan Journal of Nutrition* 2008, **7**(4):513-520.
5. Lauwers A, Scharpé S: **Pharmaceutical Enzymes**, vol. 84. New York: Marcel Dekker, Inc.; 1997.
6. Stellmach B: **Bestimmungsmethoden Enzyme für Pharmazie, Lebensmittelchemie, Technik, Biochemie, Biologie, Medizin**: Steinkopff; 1988.
7. Godfrey T, Reichelt J: **Industrial enzymology: the application of enzymes in industry**: Macmillan Publishers Ltd., Surrey (U.K.); 1983.
8. Habib S, Khan MA, Younus H: **Thermal destabilization of stem bromelain by trehalose**. *Protein J* 2007, **26**(2):117-124.
9. Mario Roxas ND: **The Role of Enzyme Supplementation in Digestive Disorders**. *Alternative Medicine Review* 2008, **13**(4):307-314.
10. Sharma M, Sharma V, Panda AK, Majumdar DK: **Enteric microsphere formulations of papain for oral delivery**. *Yakugaku Zasshi* 2011, **131**(5):697-709.
11. Lopes MC, Mascarini RC, da Silva BM, Florio FM, Basting RT: **Effect of a papain-based gel for chemomechanical caries removal on dentin shear bond strength**. *J Dent Child (Chic)* 2007, **74**(2):93-97.
12. Salas CE, Gomes MT, Hernandez M, Lopes MT: **Plant cysteine proteinases: evaluation of the pharmacological activity**. *Phytochemistry* 2008, **69**(12):2263-2269.
13. Skelton GS: **Papaya proteinases. I. Temperature-and pH-stability curves**. *Enzymologia* 1968, **35**(5):270-274.
14. Ruth A: **[14] Papain**. In: *Methods in Enzymology*. Edited by Gertrude E. Perlmann LL, vol. Volume 19: Academic Press; 1970: 226-244.
15. Arnold A, Schmitz JR, Blumberg H: **DEMONSTRATION OF THE IN VIVO ACTIVITY OF PAPAINE**. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1951, **54**(2):273-276.
16. Skelton GS: **Papaya proteinases. II. Effect of ascorbic acid on proteolytic activity**. *Enzymologia* 1968, **35**(5):275-278.
17. FDA: **U.S. Pharmacopeia - National Formulary**, 34 edn; 2011.
18. **International Commission on Pharmaceutical Enzymes - FIP**
[<http://www.ugent.be/fw/en/research/pharmaceutics/biofys/activities/fip/commission>]
19. **Bromelain**
[<http://www.foodingredientsonline.com/article.mvc/Enzyme-Development-Corporation-0001>]
20. **Data Sheet - Bromelain**
[<http://www.biozym.de/datasheets/bromelain.php>]
21. **Data Sheet - Papain**
[<http://www.biozym.de/datasheets/papain.php>]
22. **Papain** [<http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzyme-explorer/analytical-enzymes/papain.html>]
23. **BiPRO Whey Protein Isolate**
[<http://www.daviscofoods.com/BiPRO/index.cfm#charac>]