

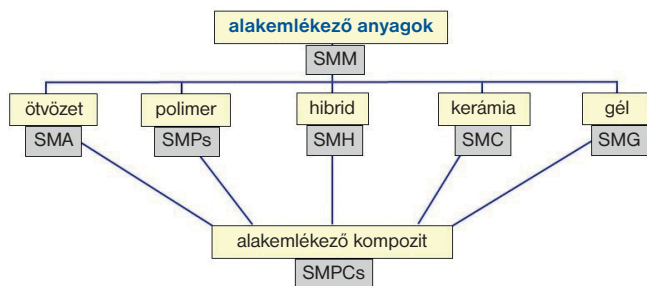


Kutasi Csaba

Formamemóriás anyagok, alakemlékező intelligens textíliák

A formamemóriás anyagok speciális összetételű ötvözetek, polimerek és egyéb változatok lehetnek. A hőmérséklet változásával vagy külső mechanikai behatásra az ilyen anyag deformálódik, illetve visszaáll az eredeti alakjára. Az alakmemóriás ötvözeteket számos területen használják, többek között az orvosi biológiai, robotikai, autóiipari és repülőgépipari alkalmazások jellemzőek. Az alakmemóriás polimerek képesek érzékelni és reagálni több külső ingerre. A formamemóriás ruházati és lakástextil-felhasználások is széleskörűek.

Az alakemlékező, formamemóriás intelligens anyagok (1. ábra) a deformáció aktiváláskor és külső inger hatására képesek megjegyezni és helyreállítani a programozott formát. Az ilyen alkalmazások többek között megfelelő ötvözetből, illetve polimerből állnak, ugyanakkor hibrid, kerámia- és gélváltozatuk is ismert. Először 1932-ben Arne Olander fedezte fel az alakmemória-hatást egy arany- és kadmiumtartalmú ötvözetben. Vernon

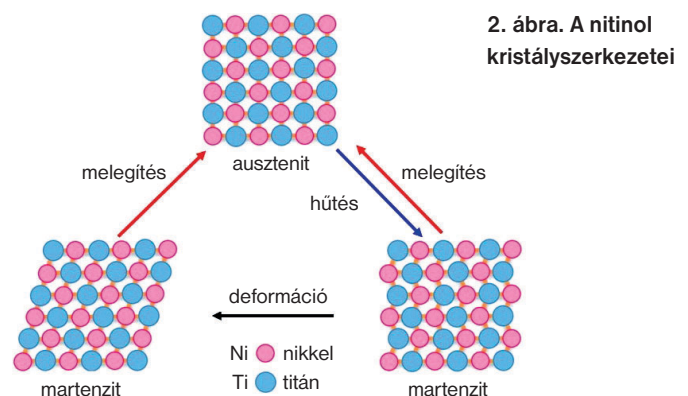


1. ábra. Az alakemlékező anyagok csoportosítása

volt az első, aki 1941-ben bevezette az alakmemória kifejezést. A memóriaeffektus alapjelenségéről később Kurdjumov és Khandros (1949), majd Chang és Read (1951) széles körben beszámolt. 1960 körül a nikkel- és titán-összetételű ötvözetet találta alkalmasnak William J. Buehler és Frederick E. Wang az Egyesült Államok haditengerészeti laboratóriumában. Az előzmény az volt, Buehler egy olyan rakétaorr kifejlesztésén munkálkodott, amely hővel és ütéssel szemben időálló, és az 55% nikkel-, 45% titán-összetételű (NiTi) ötvözet felelt meg a feltételeknek. A Frederick E. Wang közreműködésével továbbfejlesztett anyagot nitinolnak (a mozaikszó eredete: Nickel Titan–Naval Ordnance Laboratory) nevezték.

Alakmemóriás ötvözetek és felhasználásuk

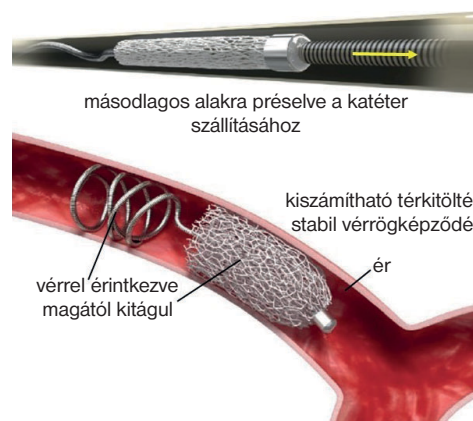
Az alakmemóriás ötvözetek olyan fémekből épülnek fel, amelyek két egyedi tulajdonságot mutatnak. A hőmérséklet változásával vagy külső mechanikai behatásra az anyag deformálódik vagy visszaáll az eredeti alakjára. A szuperplaszticitás állapotában az



2. ábra. A nitinol kristályszerkezetei

anyag nagy visszanyerhetőséggel jellemezhető. Több ilyen ötvözetfajta ismert, azonban továbbra is a NiTi jelenleg a leggyakrabban használt változat. Az aktiválási hőmérséklet alatt az ötvözet könnyen deformálódik, az aktiválási hőmérsékleten az ötvözet sokkal merevebbé válik, erő kifejtéssel visszatér egy korábbi formájához. A NiTi alacsony hőmérsékletű fázisát martenzitek, a magas hőmérsékletűt ausztenitek nevezik (az ausztenit az alakemlékező anyag erősebb fázisa). Az alakítás kritikus hőmérséklete fölé hevített ausztenit vissza fog térni az eredeti martenzit formára. Megjegyzendő, hogy egyutas és kétutas alakmemória is ismert. Az egyutas változatnál az anyag maradékalakítását követően, ha hő éri, ismét visszanyeri az alakítás előtti formáját. A kétutas alakmemória esetében viszont az anyag különböző hőmérsékleten más-más alakzatot vesz fel (2. ábra).

Az alakmemóriás ötvözeteket számos területen használják, többek között a robotikai, autó- és repülőgépipari és orvosi biológiai (pl. ortopédia, neurológia, kardiológia és intervenciós radiológia; protézisek, sztentek, az ín csontozat való rögzítéséhez implantátumok stb.) alkalmazások jellemzők. Például az érembolizációban előnyösen beépíthető orvosi biológiai eszköz progresszív gyógyulást biztosít. Az alakemlékező implantátumot másodlagos

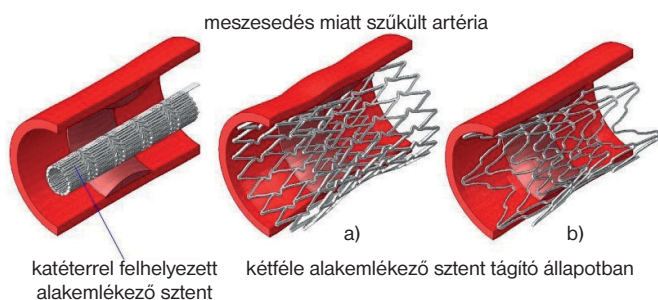


3. ábra. Példa az alakemlékező orvosi eszközre



alakra préselve lehet katéterrel bejuttatni az érbe. A vérrrel érintkezve a tágult, nagyobb térfogatú eszköz hatékonyan képes kitölteni az ér üreges részét, miközben kis, sugárirányú erővel fejt ki nyomást az érfalra, és megakadályozza a vérrög vándorlását (3. ábra).

A sztent hálós szerkezetű, általában fémből készült csőszerű eszköz, amely az érben elhelyezve a szűkületnél, illetve az elzáródásnál biztosítja a megfelelő mértékű vérszállítást. A katéteres vizsgálat során akár azonnal beültethető az elváltozás helyén. Az érfalba stabilan rögzített sztent nem képes elmozdulni, ugyanakkor ki sem vehető. Ma már léteznek olyan polimeranyagú sztentek is, amelyek néhány hónap után felszívódnak, amikor ez a gyógy mód elegendő (4. ábra).



4. ábra. Pszeudoelasztikus nitinolsztent lerakódás miatt szűkült artéria modelljében

A speciális, biológiailag lebomló, alakmemóriájú polimerből készült *sebészeti varratok* melegítésre (testhő) az ideiglenes formából 20 másodperc alatt felveszik eredeti alakjukat.

A robotikával kapcsolatos fejlesztések például biológiai ihletésű és humanoid megoldásokra irányulnak, amelyeket olyan problémák esetében használnak, amelyek kihívást jelentenek az ember számára. Ezek akár víz alatt, levegőben és szárazföldön képesek releváns információkat szolgáltatni a nehezen hozzáférhető környezetekből (így pl. a szitakötő tizenhárom szabadságfokát biztosítva manőverezhet minden irányban az alakmemóriás anyagú elemekkel).

Az autóiparban számos helyen alkalmazzák az alakmemlekező eszközöket, például modern járművek tükrrendszerében, illetve minden olyan helyen, ahol az üzemi hőmérséklet-tartomány és az átalakulási hőmérséklet igényének megfelelően erre mód nyílik.



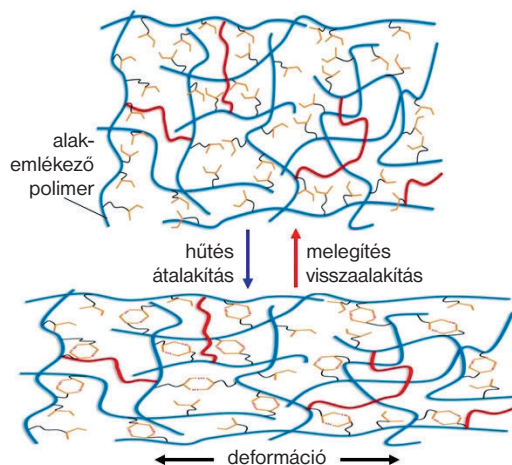
5. ábra. Változó geometriájú borítódíom – részben belülről – a sugárhajtómű hátsó részén

A repülésben, például a változó geometriájú borítódíomot a sugárhajtómű hátsó részén (ez képes minimalizálni a zajt a felszállás során), valamint a hidraulikus vezetéksatlakozásban használnak (5. ábra).

Alakmemóriás polimerek és felhasználásuk

Az alakmemlekező képességű polimereket az ötvenes évek után fedezték fel, először Franciaországban, és a Nippon Zeon Co. 1984-ben forgalmazta Japánban.

Az alakmemóriás polimerek képesek érzékelni és reagálni több külső ingerre, nemcsak a hőmérsékletre, hanem egyes vegyszerekre, pH-változásra és fényre. Ezek a polimerek különböző rugalmassággal rendelkeznek, amely akár a kemény üvegtől a puha gumióig terjedhet. Ilyen például a polinorbornén, transz-poliizoprén, sztirol-butadién kopolimer, kristályos polietilén, néhány blokk-kopolimer, etilén-vinil-acetát kopolimer, szegmentált poliuretán stb. Az alakmemóriás polimerek két polimer komponensből állnak, az egyiknek magasabb az olvadáspontja a másikénál (6. ábra).



6. ábra. Alakmemlekező polimer és átalakulása

Alakmemlekező szál

A polietilén térhálósítása régebbi eljárás, *gamma-sugárzással* is kiválthat. Ennek során a gamma-fotonok felszakítják a láncmolekulák közötti hidrogénkötéseket, az így kialakult szabad gyökök pedig egymással kapcsolódnak. A térhálós polietilén a kristályolvadási hőmérsékleten alakmemlekezést mutat. A kristályos részek megolvadásakor a felszabaduló belső feszültségek biztosítják a programozott alakra az eredeti alakra való visszaalakulást, ugyanakkor a térháló-kötéspontok meggátolják a polimer ömledékké válását.

A kutatási vizsgálatok szerint a mechanikai tulajdonságok a besugárzás hatására változóan alakulnak. Előfordulhat a húzószilárdság növekedése és a szakadási nyúlás csökkenése, vagy akár mind a húzószilárdság, mind a szakadási nyúlás csökkenése. Az optimális térhálós polimer szálak alkalmazása megkönnyítheti az *önerősített kompozitok* előállítását, amelyek alakmemlekező textíliák, *orvostechnikai eszközök* alapanyagát képezhetik.

A hazai kutatás-fejlesztés során a szálak alapanyaga az extrúziós bevonatoláshoz kifejlesztett polietilén volt. A 250 °C-os szálképzést követően a gamma-sugárzást ⁶⁰Co-as izotóppal végezték, az alakmemlekezési és relaxációs képességet dinamikus mechanikai analizátoron vizsgálták. A szálakat a modellkísérlet során 100 °C-ra melegítették, rövid ideig hőn tartották, ezután 5%-os nyújtást alkalmaztak rajtuk. Ezt nyújtott állapotban 30 °C-ra való visszahűtés követte. Az alakmemlekezési jelenséget kedvezőtlenül befolyásoló belső feszültségek visszaalakulását relaxációs vizsgálatokkal figyelték. A kutatási tapasztalatok szerint az előállított térhálós polietilén szálak alakmemlekező tulajdonsága bizonyítást

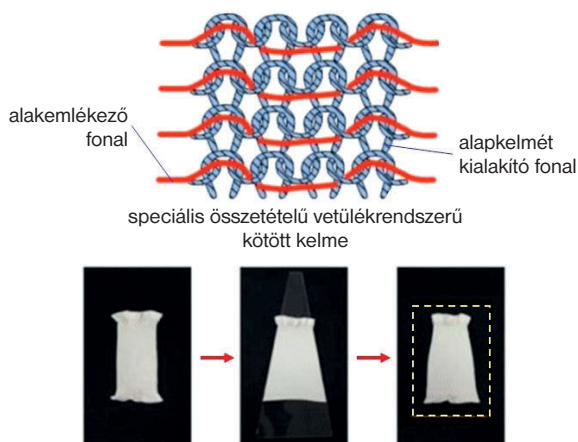


nyert. A kristályolvadási hőmérsékleten megőrzik az alakjukat és részben a merevségüket is.

Formamemóriás ruházati és lakástextil-alkalmazások

Az alakmemóriás polimerek szintén képesek rögzíteni az ideiglenesen programozott alakot, és külső ingerek hatására helyreállítani az eredeti formát. Ezt a képességet az *intelligens textíliák* fejlesztésére úgy is alkalmazzák, hogy ilyen részeket építenek be a kelmébe. A hőre, fényre, pH-változásra, mágneses energiára, elektromos tér hatására és nedvességre reagáló anyagokkal ellátott textíliákban intelligens tulajdonságok fokozására, elérésére van mód (egyedi esztétikai megjelenés, a környezeti feltételek szélsőséges változásai elleni védelem stb.). Az alakemlékező anyagok a textilipari alkalmazásával a hő- és nedvességszint változásaira való reagálás is elérhető.

Olyan kompressziós ruhadarabok létrehozására is alkalmasak, amelyek kezdetben bő szabásúak és könnyen felvehetők, de később összehúzódhatnak, és szorosan illeszkednek viselőjét (7. ábra).



7. ábra. Az alakemlékező kelméből készült termék önmagát testre szabja

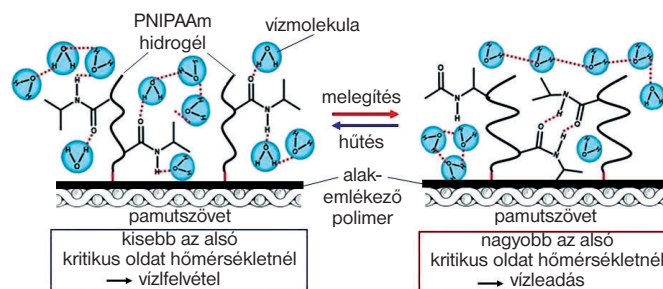
Az alakemlékező anyag által hő- és nedvességszabályozó *intelligens légáteresztő* ruha keresett komfortos termék, a vízgőz-áteresztő képességet az emberi test hőmérsékletével szabályozza. A formamemóriás anyagok molekuláris szabad térfogata jelentősen megnövekszik, ha a testhőmérséklet meghaladja az üvegesedési hőmérsékletet. Így a vízgőz és a hő átadása az izzadságon keresztül megvalósulva kényelmes öltözképet biztosít. A molekuláris szabad térfogat csökken, ha a testhőmérséklet az alakemlékező anyag üvegesedési hőmérséklete alá kerül, korlátozva a hővesztést és a nedvesség távozását. Rétegfelvitelt és laminálást is használnak a formamemóriás anyag textilbe juttatásához, a kelmeképzés során alkalmazott egyedi képességű fonal bevitelle mellett. A hőre reagáló *hidrogélek* beépítése is előfordul az intelligens hő- és nedvességkezelés érdekében. Pamutszövetek esetében többfalú szén nanocsöveket tartalmazó alakemlékező anyagot is felhasználnak kis mennyiségben, így UV-védelem is megvalósul. A formamemóriás membrán víz- és szélálló, igény szerint légáteresztő. Működése a termikus rezgésekre vezethető vissza, amelyeket a polimer láncok Brown-mozgása hoz létre. Alakemlékező poliuretán fóliát is kifejlesztettek, ami a ruharétegek közé laminálható. Amennyiben a ruházat külső rétegének hőmérséklete számottevően csökken, akkor a ruharétegek közötti légrés szélesebbé válik (növelve a hőszigetelő képességet).

A formamóriás anyaggal kezelt – egyébként gyűrődésre hajlamos – pamutszövetek *gyűrődésfeloldódó* képességgel rendelkeznek, miután a szálak felépítő láncmolekulák közötti hidrogénkötések nem szakadnak fel az alakváltoztató erők hatására. Így reaktív műgyanták alkalmazása nélkül elérhető a kedvező használati tulajdonság. A pamutkelmék mellett a gyapjúszoövetek *méretállandósíthatók*, mert a bevonat a pikkelyes szálfületet lezárja, így elkerülhető a káros nemezelődés (8. ábra).



8. ábra. Pamutszövet gyűrődésmentesítése funkcionálisított hidrogélel

Az *intelligens nedvesíthetőség* is lényeges kritérium a ruházati termékeknek. A poli-N-izopropil-akrilamid (pl. PNIPAAm) – mint hidrogél – hőmérsékletre érzékeny térhálós polimer, amely vízben oldódik. Ugyanakkor, ha az oldatot a zavarosodási pontja fölé melegítik, az oldható hidratált állapotból oldhatatlan dehidratált állapotba kerül. Tekintve, hogy az emberi test hőmérsékletéhez közeli hőmérsékleten (32–34 °C-on) dehidratálódik, lehetővé teszi a hőmérséklet-érzékeny higroszkópos textíliák előállítását. A PNIPAAm hidrogél-bevonatú szövetek reverzibilis (megfordítható) duzzadást/zsugorodást (hidratáció/kiszáradás) és jó vízgőz-áteresztő képességet mutatnak. Magasabb hőmérsékleten bekövetkezik a gél zsugorodása a hidrofób kölcsönhatások következtében. Ha a pamutszövet hidrofíl felületét ilyen polimer réteggel fedik be, akkor képes a nedves környezetből az alsó kritikus oldat hőmérséklet alatti vizet elnyelni, illetve hőmérséklet-változás hatására felszabadítani. A bevonatos pamutszövet hőmérséklettől függő reverzibilis és ismételhető változást mutat a nedvesíthetőségben (9. ábra).



9. ábra. Pamutszövet intelligens nedvesedőképeségének elérése alakemlékező kikészítő segédanyaggal

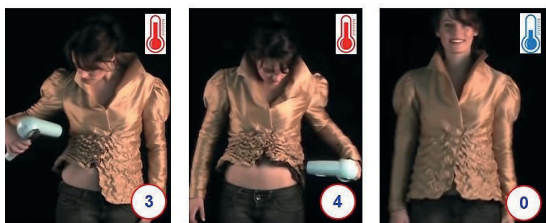
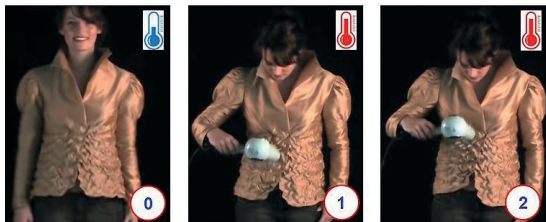
További számos textilipari alkalmazás ismert. Az *intelligens ablakfüggönyök* előállításához is alkalmazható az alakemlékező fonalak beszövése. A szerkezet nagyobb fény esetén zártabbá válik. Az alakmemóriás anyagok a *divattervezés*nél is hasznosíthatók. A textilanyagba beépített vékony formamemóriás huzal a hőmérséklet növekedésével deformálódik, így például az ebből készített a szoknya felemelkedik és a textílalapú művirág bezáródik. A *melltartók* kosárrészének alsó felében elhelyezett formázó fémíveinél a szuperelasztikus nitinolötvözet alkalmazása jobb kényelmet nyújt, mint a hagyományos acélanyagúak. Az alakemlékező ingujjak megrövidülnek, ha a hőmérséklet emelkedik (10. ábra).



KITEKINTÉS



10. ábra. Alakemlékező képességű textíliák a divattervezésben



Kifejlesztettek olyan párnát, amely a nyak és a váll testhőmérsékletének megfelelően alakítja a formát, miután a formamemóriás habok biztosítják a test kényelmét. A védőruházatoknál az alakemlékező funkcionális felület hőmérsékletének növekedésével kitágulva növeli a belső légréteget: az ilyen öltözék fokozottabban védi a tűzoltót az égési sérülésektől.

Új generációs űrruházatot is kifejlesztettek alakemlékező anyagok alkalmazásával. Ennek lényege az aktív kompressziós öltözék, amely a hő hatására összehúzódik, közvetlenül követve az alakformát, jól illeszkedve a viselő testéhez. A klasszikus szka-fanderekkel az űrhajós lényegében egy gázgömbben van, amely minimális létfontosságú nyomást fejt ki a légüres térben. Az új fejlesztésű ruházat kényelmesebb és könnyebb, nagyobb mozgásszabadságot biztosít. Az új technológiát katonai és sportruházatokra is igyekeznek kiterjeszteni.

IRODALOM

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Shape-memory_alloy
- [2] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=134>
- [3] http://www.pt.bme.hu/publikaciok/1374_open_04%20Tat%C3%A1r%20Bal%C3%A1zs.pdf
- [4] <https://www.intechopen.com/chapters/56078>
- [5] <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Shape-Memory+Applications+in+Textile+Design>
- [6] <https://www.technocrazed.com/biosuit-a-revolutionary-skin-tight-space-suit-for-astronauts-to-move-easily>

Braun Tibor

dr.braun.tibor@gmail.com

Az ételek érzékelésének tudományos alapjai

Neurogasztronómia

Előszó

Nem titkolom, hogy a gasztronómia egyik kedvenc területe tudományos ismeretterjesztési tevékenységemnek. Számos bemutatott írtam erről a Magyar Kémikusok Lapjában (*Gasztronómiai íz-, illat és zamatpárosítások molekuláris háttere és lehetőségei, A gasztronómia gyémántja, Gasztromazochizmus, mikrobiális gasztronómia, Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia, Szemlélynyek a sajt készítés gasztronómiájából, Umami az ízfokozó ötödik alapíz, Gioacchino Rossini gasztronómiája*). [1–7] Jelen dolgozatban a neurogasztronómiát szeretném bemutatni többek közt azért, mert az interdiszciplinaritást bizonyítja.

Bevezetés

A világ észleléséhez minden érzékünk, az íz-, illat-, tapintásérzékünk, a látás és a hallás, sőt azok integrálása is szükséges. Az említett az érzékek nem egyénileg hatnak, és így hozzásegítenek bennünket az étkezés értelmezéséhez.

Az étkezés a sokérzékes tapasztalatszerzés egyik lefontosabbika. Étkezéskor különböző érzéki hatások jönnek létre, és azok befo-



lyásolják az ételek érzékelését és ízét. [8] Egy borfajta fogyasztásának észlelésekor a bor a színével, viszkozitásával, az igénybe vett edénnyel, sőt, a kitöltött bor kitöltési hangjával érzékelendő. A kiválasztás után, illetve ivás közben az érzékek továbbra is információt nyújtanak a bor ízéről és aromájáról. Minden étel új tapasztalatot jelent. Annak ellenére, hogy a gasztronómia jelenléte sokérzéki észlelésként mindig fontos volt, az, amiről itt beszámolunk, aránylag újkeletű ismeretnek számít.

Ez részben annak a következménye, hogy jobban megismerték, hogyan integrálja az agy a különböző érzékektől kapott információt. [9] A kezdeti vizsgálatok bonyolult agyi folyamatokat tanulmányoztak, beleértve az étkezés és ivás közbeni tapasztalatszerzést is. Az idegkutatók remélik, hogy megtalálják a közös jellemzőket azokról a folyamatokról, amelyek egyénről egyénre érzékelhetők az agyban.

Az étel és az ital felismerését számos tényező befolyásolja. Meglehetősen nehéz megérteni, hogy az egyéni jellemzők más-más egyénknél nagyon eltérőek. Érzékszervi észlelés mellett számos más szubjektív tényező, például az érzelmek és az emlékek is fontos szerepet kaphatnak az étkezési tapasztalatszerzésben.