

## *Peroxidáz enzim paramágneses szeparációja*

**Összefoglalás:** A cikkben a peroxidáz enzim mágneses szuszceptibilitásának mérését és lehetséges paramágneses szeparációját mutatjuk be. Előzetes vizsgálataink alapján a vízzel kevert peroxidáz enzim rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal.

**Kulcsszavak:** Peroxidáz enzim; mágneses szuszceptibilitás; paramágneses szeparáció.

### Elméleti háttér

Ha homogén mágneses térbe valamilyen anyagot helyezünk, akkor abban valamilyen mágneses tulajdonságok lépnek fel. Ferromágneses anyagokban a mágneses térrel azonos irányban (de ellentétes értelemben) mágneses dipólusok formálódnak, és jelentősen módosítják az eredő mágneses teret.

Ha a sorban elhelyezkedő dipólusok póluserőssége „p”, „l” a távolság a „sorba” kapcsolt pólusok két végpontja között (a homogén mágneses térbe behelyezett test vastagsága a tér irányában), akkor a  $V = Al$  térfogatú hasáb kialakuló mágneses momentuma

$$m=pl.$$

Ha

$$M=p/A$$

az anyag (hasáb) véglapjainak felületegységre vonatkozó mágneses mennyiség, akkor

$$m=pl=MAI=MV.$$

Vektorilag

$$\mathbf{m}=\mathbf{MV},$$

\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: kiss.endre@uniduna.hu

\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: muhammed-.kanaan93@hotmail.com

\*\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: koroknail@uniduna.hu

\*\*\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: szabonejuhasz.ildiko@uniduna.hu

Ahol az  $\mathbf{M}$  vektor az  $\mathbf{I}$  vektor irányába mutat.  $\mathbf{M}$  vektor a térfogategységre vonatkoztatott mágneses momentum

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}$$

a mágneses polarizáció (mágnesezettség) amelyet az anyag belsejében levő  $\mathbf{H}$  mágneses térerősséggel az alábbi egyenlet kapcsol össze

$$\vec{M} = \chi \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}.$$

Itt

a mágneses szuszceptibilitás,

 $\chi$ 

a vákuum mágneses permeabilitása.

 $\mu_0$ 

A teljes mágneses permeabilitás és a mágneses szuszceptibilitás kapcsolata:

$$\mu = 1 + \chi .$$

A permeabilitás és a szuszceptibilitás látszólag alig különbözik egymástól, azonban a diamágneses anyagok és a paramágneses anyagok mágneses szuszceptibilitása előjelben különbözik, a diamágneses anyagoké negatív, a paramágneses anyagoké pozitív érték. A víz értéke negatív, azaz diamágneses anyag, azaz heme nélkül a peroxidáz enzim valószínűleg diamágneses tulajdonságokat mutatna a kísérő víz miatt. A peroxidáz enzimmel kapcsolatban nincsenek olyan kristálytani adataink, amelyek a vasatom kristálytani környezetére vonatkoznának, a mágneses szuszceptibilitás, egyáltalán a mágnesesség, nem elsősorban vegyület- illetve összetételfüggő, hanem kristálytani tulajdonság, így csak saját méréseinkre hagyatkozhatunk. Egy néhány tized százalékosnak tekinthető oldatban az érték a víz diamágneses negatív értékét kompenzálja, annál kicsit pozitívabb, a mintegy 10%-os oldat (régí peroxidáz enzimből kivált  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) esetében  $10 \times 10^{-5}$ -ös értéket mértünk.

## A mágneses szuszeptibilitás mérése

A vízzel kevert peroxidáz enzim, amellyel jelenleg rendelkezünk, előzetes mérési eredményeink alapján rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal, ahogy fentebb már említettük egy híg „oldatos” variációban kompenzálja a víz diamágneses szuszeptibilitását. A jelenség leírását az alábbiakban adjuk meg.

A vizsgálatsorozat célja, hogy ezen paramágneses tulajdonságok segítségével koncentrálni tudjuk a peroxidáz enzimet a vízhordozóban anélkül, hogy ultracentrifugálni, vagy más eljárással kezelni legyen szükséges. Bizonyos paramágneses tulajdonságokkal rendelkező anyagokat már sikeresen szétválasztottunk paramágneses szeparátor segítségével erősen inhomogén mágneses tér segítségével. Ennek a szerkezetnek a megtervezéséhez szükséges a különböző peroxidázenzim-tartalmú közbenső termékek paramágneses tulajdonságainak ismerete, amelyre a legcélszerűbb a paramágneses szuszeptibilitások meghatározása. Ennek a mérésnek a lebonyolításhoz szükséges egy változtatható egyenáramú elektromágnes, lehetőleg koncentrált mágneses mezővel. A vizsgálandó anyagot az elektromágnes pólusai közé helyezzük, és a bekapcsolt mágneses tér hatására fellépő erőt mérjük alkalmas szerkezettel. Az erő mérésére egy mérleget célszerű használni, amelyet mi egy kiszolgált felhajtóerő-mérő készülékkel oldottunk meg. A mérendő folyadékot egy 3 mm belső, és 5 mm külső átmérőjű, alul lezárt üvegcsőbe helyeztük, és a csövet a mérlegre akasztottuk. A csőbe először desztillált vizet helyeztünk, és a mérleget kiegyensúlyoztuk mágneses tér nélkül. Ezután a mágneses teret bekapcsoltuk, és az elmozdulást megjegyeztük. Ezzel megkaptuk a referencia értéket. Ezután a csőbe azonos mennyiségű peroxidázenzim-tartalmú folyadékot helyeztünk, és a mérleg elmozdulását feljegyeztük. A mágneses indukciót is tudjuk mérni fluxusmérő segítségével. A peroxidázenzim-tartalmú folyadékot a nyers torma peroxidázenzim-tartalmú részének eltávolításával, mintegy 1–3 mm nagyságú részekre való feldarabolásával, azok nagyteljesítményű mixerrel való pépesítésével (az átlagos részecskeméret 0,2 és 0,3 mm) állítottuk elő. A pépet gyümölcsprésbe helyeztük és a kifolyt folyadékot 10 000 ford/min fordulatszám mellett centrifugáltuk 10 percig 2 ml-es adagokban. A küvettában megmaradt folyadékot vizsgáltuk a mágneses szuszeptibilitás meghatározásához.

## A szuszeptibilitás meghatározása

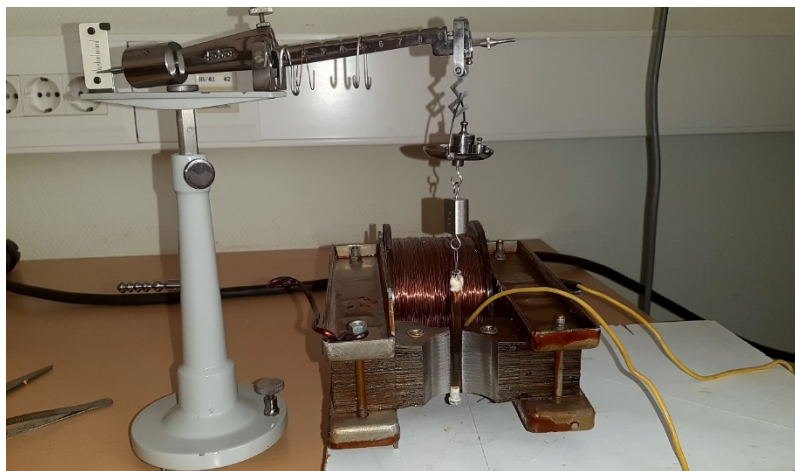
A mágneses szuszeptibilitás meghatározásához szükség van egy szabályozható elektromágnesre, amelynek gerjesztését egy 2000 menetes, 0,5 mm átmérőjű rézhuzalból tekercseltünk.

*1. ábra. Az elektromágnes nagy indukciójú részének kialakítása*



A mágneses kör nem teljesen zárt, értelemszerűen szükség van egy légrésre, amibe a szuszeptibilitás mérésére behelyezhetjük a mérendő közeget, illetve az azt tartalmazó küvettát, vagy csövet. A légrés szélessége 6 mm, amibe egy 5 mm átmérőjű mintatartó küvettá befér.

2. ábra. A mérőrendszer és a kivetta elhelyezkedése

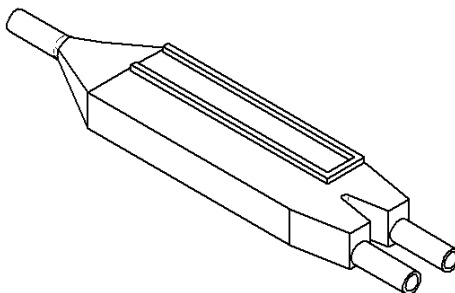


A mérőrendszer oldalnézetben jól mutatja a küvettát és a mágneset. Az is jól látszik, hogy a mágnes hat a kivetta felfüggesztésére. Saválló anyagokat alkalmaztunk, azonban a mágneses vonzóerő nem küszöbölhető ki teljesen, tehát ez nem is cél, hanem a mérést elvégeztük üres küvettával is, és később a kivetta hatását kiküszöböltük.

### Az eredmények hasznosítása a peroxidáz enzim paramágneses szeparációja

Az eredmények alapján elkészítettünk egy olyan szerkezetet, amelyben a peroxidáz enzim-tartalmú folyadék egy téglalap keresztmetszetű csatornában áramlik, amely csatornának egy bemenő nyílása van, amelyen a szeparálandó folyadékot bevezetjük. A csatorna két kimenő vezetékkel bír, amelyek a csatorna két oldalán helyezkednek el 3. ábra.

3. ábra. A mérési modell

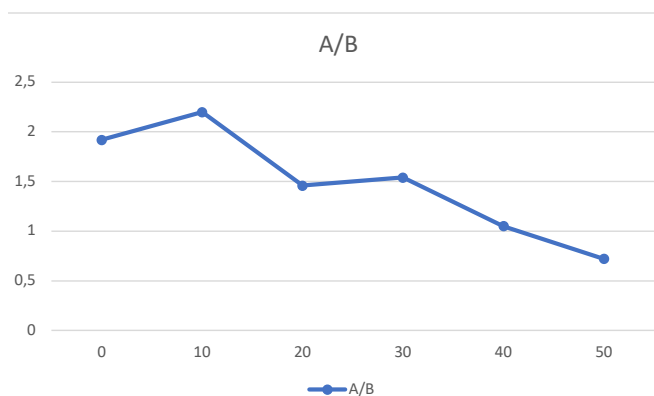


A csatornát úgy helyezük el, hogy annak egyik felében az elektromágnes teljes mágneses mezeje megjelenjen (ez a mágneses mező mintegy 5 mm széles. A csatorna másik fele teljesen kívül esik a mágneses mezőn. A csatorna két fele között a mágneses mező inhomogenitása jelentős, azaz a peroxidáz tartalmú folyadék főleg a mágneses tér felé, a víz pedig alapvetően a ritka mágneses mező irányában lép ki a csatornából. A modell segítségével elvégeztünk számos szeparálási kísérletet.

Az eredmények azt mutatták, hogy a két folyadék mennyiségének hányadosa a 4. ábra szerint függött a gerjesztő villamos feszültségtől.

Az eredmények azt mutatják, hogy az elválasztás egyszeri átfolyás esetében 27–28%-os.

4. ábra. Az elválasztás és a gerjesztő feszültség összefüggése. A függőleges tengelyen a mágneses térben átfolyó és azon kívül átfolyó folyadékmennyiség hányadosa, a vízszintes tengelyen a gerjesztő feszültség



## Összefoglalás

A cikkben bemutattuk, hogy a vízzel kevert peroxidáz enzim előzetes mérési eredményeink alapján rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal, ahogy az előzőekben részleteztük, kompenzálja a víz diamágneses szuszceptibilitását. Bemutattuk a jelenséget és a szuszceptipilitás-mérés leírását, valamint a szuszceptipilitás meghatározásának módszerét. A kapott eredmények alapján elkészítettünk egy olyan szerkezetet, amelyben a peroxidázenzim-tartalmú folyadék egy téglalap keresztmetszetű csatornában áramlik és amely csatorna két kimenő vezetékkel bír. A csatornát úgy helyeztük el, hogy annak egyik felében az elektromágnes teljes mágneses mezeje megjelenik, míg a csatorna másik fele ezen teljesen kívül esik. A csatorna két fele között a mágneses mező inhomogenitása jelentős, azaz a peroxidáz tartalmú folyadék főleg a mágneses tér felé, a víz pedig alapvetően a ritka mágneses mező irányában lép ki a csatornából. A modell segítségével elvégeztünk számos szeparálási kísérletet és kimutattuk, hogy az elválasztás egyszeri átfolyás esetében 27–28%-os.

