Стручни критички осврт

Светлана С. Поповић, *Uticaj tipa promotora turbulencije na unapređenje membranske filtracije proteina mleka*. Докторска дисертација. Нови Сад: Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, 2011, 16 предстрана без броја + 104 стр. (основни текст на штампаним странама 1–94, закључак од стр. 90; литература на стр. 95–101, прилог од стр. 102). Ментор проф. др Миодраг Текић; комисија: С. Милановић, М. Текић, Ђ. Ватаи (Gyula Vatai). Отворени приступ: НаРДуС.

I Предмет, грађа и мерило

Дисертација узима за предмет једно од трајних питања мембранске микрофилтрације у прехрамбеном инжењерству: како повећати флукс пермеата, а да се то повећање не плати сразмерним падом притиска и потрошњом енергије. Одговор који рад испитује јесте уградња статичких промотора турбуленције у цевну керамичку мембрану, и то не једне геометрије него три — уврнутих трака, хеликоидног Keniks миксера и миксера у облику сечива (Koflo) — упоређених с радом без промотора при истом протоку, истом (процењеном) Рејнолдсовом броју и истом губитку хидрауличке снаге. Оквир је постављен уравнотежено већ у полазишту: рад инсистира на томе да се повећање флукса вреднује заједно с ценом коју оно има у паду притиска и енергији, па се промотор не оцењује самим тим што подиже флукс.

Пре свега осталог ваља изрећи мерило, изричито и без изузетка. Рукопис је пред комисијом био у марту 2011. године (комисију је Наставно-научно веће Технолошког факултета именовало 11. марта 2011, а PDF рада по метаподацима потиче од 17. марта 2011); реферат комисије датиран је мартом 2011. Рад се стога овде мери искључиво према литератури, стандардима, прописима и знању који су постојали и били доступни пре тог тренутка. Ништа настало касније није мерило: ни доцнија издања техничких стандарда, ни прописи донети после тог дана. То правило важи и за списак литературе овог осврта — свака његова јединица објављена је пре марта 2011, изузев саме дисертације и реферата комисије, и уз изричиту назнаку тамо где извор служи за чињеницу која се временом не мења.

Наводи из дисертације преузети су дословно, у наводницима, у писму у коме је рад написан (латиница), с бројем штампане стране у загради. Датум одбране није уписан ни у раду, ни у реферату, ни на страници НаРДуС-а, што је природна последица тога што је прегледани примерак настао пре саме одбране, па се то не узима на терет рада. Реферат комисије доступан је само као машински очитан скен, у коме је

ћирилица прочитана као латинични знакови, па се одатле поуздано преносе само датуми, имена, бројеви и библиографски подаци, а оцене комисије преносе се препричано, не под наводницима.

II Шта рад доноси

Осврт је дужан да почне оним што дисертација јесте, јер је то и највећи део онога што она вреди.

Прво, рад доноси систематско, у једном огледу изведено поређење трију геометрија промотора турбуленције на истој мембрани и при упоредивим условима. То поређење није ослоњено на једну основицу: поред истог протока и процењеног Рејнолдсовог броја, промотори се пореде и при истом губитку хидрауличке снаге — „Neka ispitivanja su izvedena pri istom gubitku hidrauličke snage podešavanjem protoka i pada pritiska.“ (стр. 41). Три независне основице поређења раздвајају допринос саме хидродинамике од доприноса голог повећања протока и чине поређење промотора уређајски отпорним и онда када процена Рејнолдсовог броја носи несигурност.

Друго, рад уводи у мембранску микрофилтрацију миксер у облику сечива (Koflo), за који сам наводи да у литератури није обрађен: „Literaturni podaci o ovom tipu miksera su praktično nedostupni i do sada nisu publikovani naučni radovi o njihovoj primeni“ (стр. 63). То је самосталан допринос који проширује скуп испитаних геометрија изван онога што литература покрива, и на њему почива и оцена доприноса у реферату комисије.

Треће, рад је методолошки пажљив у оним тачкама у којима се експериментална мембранска студија најлакше поткрада. Стање мембране између огледа везано је за мерљив, унапред задат критеријум уз детаљан троетапни поступак чишћења — „Membrana je smatrana čistom ukoliko se regeneriše više od 90 % fluksa vode nekorišćene membrane.“ (стр. 40) — што обезбеђује упоредивост узастопних експеримената. Енергетско поређење има смислену основицу — исти остварени флукс у комерцијално важном опсегу: „izvršeno poređenje pri istom ostvarenom fluksu opsega od 40 do 100“ (стр. 81) $L\ m^{-2}\ h^{-1}$. Сировина је сопствено окарактерисана — „dinamički prečnik čestica u mleku iznosi 176,0 ± 9,0 nm“ (стр. 38) — и та величина повезана је с величином пора мембране (100 nm), чиме је физички образложен избор мембране и тумачење површинског прљања.

Четврто, рад показује научну уздржаност баш на местима на којима је прецизни израз тежак. Рејнолдсов број у присуству уметка изричито је означен као процена, а не приказан као тачна вредност — „Re broja zapravo procene, jer je sistem složene geometrije i precizno izračunavanje Re broja je veoma komplikovano.“ (стр. 37) — а рад сам упућује на најпоузданију основицу поређења: „egzaktne vrednosti Re brojeva za

promotore nisu dostupne te bi najkorektnije bilo poređenje pri istim radnim uslovima, protoku i TMP.“ (стр. 59). Тиме ауторка унапред калибрише снагу закључака изведених при истом Рејнолдсовом броју.

Пето, прегледни део носи јасне синтезе које воде ка експерименту. Дефиниција којом преглед отвара сажета је и тачна — „Membranska filtracija predstavlja razdvajanje multikomponentne fluidne smeše pomoću polupropustljive membrane.“ (стр. 3) — а закључак прегледа о положају уметка непосредно мотивише избор геометрија у огледу: „Generalno se može zaključiti da centralno postavljeni umetci imaju bolji učinak od onih postavljenih na zidu membrane“ (стр. 21). Образложење зашто су баш статички промотори погодни везује техничку предност с економском: „Statički promotori turbulencije imaju prednost u odnosu na dinamičke“ (стр. 23), што је оквир целе тезе.

Најзад, потребно је поштено рећи и оно што надилази појединачне вредности: где год су се тврдње рада могле сравнити с изворним подацима — бројчани резултати табела, приписивање литературних података изворима, спецификације апаратуре и сировине — у највећем делу су се показале тачним и интерно доследним. Та поузданост фактографске основе није споредна околност: она је оно што уопште омогућава да се о раду расправља овако детаљно.

III Циљ, полазна претпоставка и метод

Циљ истраживања јасно је постављен и претежно доследно спроведен: испитати утицај типа геометрије и карактеристичне димензије промотора на флукс, пад притиска, прљање и потрошњу енергије, при рециркулацији и при концентрисању. Три од четири најављена правца изведена су у целости.

Једна најављена ставка циља, међутим, није изведена, и то не као формалност. Циљ изричито обећава мембране различите величине пора — „Ispitivanja će biti izvedena primenom cevnih keramičkih membrana istih geometrijskih karakteristika, ali različite veličine pora.“ (стр. 31) — док је цео оглед вођен на једној мембрани: „Aktivna površina membrane je iznosila 46,2 cm2, dok je srednja veličina pora 0,1 μm.“ (стр. 33). Најављена променљива тиме није уведена. Домет тог пропуста ваља, ипак, одмерити поштено: носећи предмет тезе је поређење типова промотора при истој мембрани, што је спроведено у целости, а мембрана од 100 nm јесте образложено погодна за микрофилтрацију протеина млека. Реч је, дакле, о неоствареном под-циљу који сужава обим потврде и природно је предмет даљег рада, а не о погрешном уопштавању измереног. Пожељно би било да формулација циља буде сужена на оно што је изведено.

Рад нема формално издвојену хипотезу; једина полазна претпоставка постављена је општије него што закључак касније „потврђује“. На почетку стоји да се „pošlo se od pretpostavke da promotori različitih geometrijskih oblika uzrokuju različita polja strujanja

i padove pritiska u membrani pri istoj“ cross-flow брзини (стр. 30), а закључак као потврђену наводи ужу, конкретизовану тврдњу: „Rezultati istraživanja su potvrdili polaznu pretpostavku, definisanu ciljem istraživanja, da helikoidna putanja strujanja kod uvrnutih traka obezbeđuje najintenzivnije odnošenje istaloženog materijala sa površine membrane uz najmanji pad pritiska odnosno gubitak energije.“ (стр. 92). Мерљиво језгро претпоставке — да геометрија промотора мења флукс и пад притиска и да промотори штеде енергију при истом флуксу — недвосмислено је потврђено мерењима; исказ о хеликоидној путањи је његова интерпретативна конкретизација, у складу с литературом, а не претпоставка изричито постављена на почетку. Изричито издвојена, нумерисана хипотеза олакшала би читаоцу да упореди закључке с полазиштем; њен изостанак не дира садржину налаза, али слаби строгост саме речи „потврђено“.

Метод почива на неколико узастопних корака обраде — прорачун стварне брзине и Рејнолдсовог броја преко литературних корекционих фактора, модел хидрауличких отпора у низу и енергетско мерило изведено из пада притиска — који се појединачно оцењују у одељку V. Овде треба нагласити једно ограничење домета које рад дели с већином лабораторијских студија ове врсте: оглед је вођен на једном цевном модулу дужине 0,25 m, с једном мембраном и једним хомогенизованим комерцијалним млеком, до запреминског степена концентрисања VCF = 2. Апсолутне вредности — пад притиска, уштеде, неуниформност флукса — не преносе се праволинијски на дуже, вишеканалне индустријске модуле; рад то и сам зна и на више места упозорава — „neophodno je pažljivo izvršiti odabir geometrije i radnih uslova kako bi se našao kompromis između veličine fluksa i potencijalno visokog pada pritiska duž membrane“ (стр. 58). Релативни поредак промотора остаје носећи налаз, али домет уопштавања треба држати ужим него што сугерише сама формулација наслова.

IV Апаратура, материјал и мерни поступак

Апаратура, мембрана, промотори, поступак чишћења и све једначине обраде описани су довољно да се оглед понови — то је уредна страна експерименталног дела. Замерке које следе тичу се приказа сировине, мерне несигурности и потпуности података, не самог извођења.

Прва погађа приказ састава сировине. Рад преноси декларацију произвођача — „Sastav obranog mleka dat od strane proizvođača dat je u tabeli 4.2.“ (стр. 38) — али су вредности у тој табели физички немогуће за течно млеко: лактоза 75,0 %, пепео 7,6 %, сува материја 97,7 %, а збир појединачних компоненти (88,6 %) не даје наведену суву материју. Реч је о очигледној омашци при преношењу декларације (декадни зарез или јединице). Тежину замерке ваља поштено сузити: ниједна од погрешних

ставки не улази ни у један прорачун, а једине вредности релевантне за тумачење пропуштања протеина — укупни протеини и маст — реалне су. Табелу, ипак, треба исправити.

Друга се тиче мерне несигурности. Поновљивост је исказана збирно — „Sva merenja su izvođena dva ili više puta i računate su srednje vredosti pri čemu je zapaženo dobro slaganje rezultata. Standardna devijacija nije bila veća od 6%.“ (стр. 33) — али расипање по појединачној тачки (интервали грешке) није приказано ни на сликама ни у табелама, нити је наведен буџет мерне несигурности. Мерило те врсте има име: међународни водич за исказивање мерне несигурности тражи да се уз резултат мерења дају процена и придружена стандардна несигурност с јединицама, а за компоненте типа A и број степени слободе (JCGM 100:2008, т. 7.2.1 и 4.2.6); појмове прецизности и услова поновљивости одређује међународни речник метрологије (JCGM 200:2008, т. 2.15 и 2.20), а оквир тачност–истинитост–прецизност ISO 5725-1:1994 (т. 0.1). Мерено тим мерилом, два понављања дају свега један степен слободе, а „σ ≤ 6 %“ без приказаних интервала није потпун исказ несигурности. За носеће налазе — повећања флукса реда 200–650 % — то није одлучна замерка, јер таква стандардна девијација не доводи у питање закључак. Она погађа искључиво финије разлике међу промоторима (појединачни отпори повратног и неповратног прљања, пропуштање и селективност при VCF = 2), где су разлике реда мерне несигурности; тамо закључке треба узети с одговарајућом резервом.

Треће, мерне и аналитичке методе примењене су без позивања на нормиране методе: азот по Кјелдалу (за пропуштање протеина и селективност) наведен је без референце на стандард, иако је право писано мерило те методе ISO 8968-1 | IDF 20-1:2001; расподела величине честица мерена је ласерском дифракцијом без навода стандардне методе (ISO 13320:2009), при чему измерена вредност (~0,176 μm) лежи при доњој граници применљивости те технике, што приказ чини осетљивијим него што рад признаје. Уз то, вредности физичких својстава млека везане су уз температуру огледа с извесном непрецизношћу: густина обраног млека наведена уз 50 °C (1035 kg m^{-3}) виша је него што приручничка литература даје за обрано млеко на 50 °C, око 1018–1022 kg m^{-3} (Walstra, Wouters и Geurts, 2006), али је преузета из цитираног извора и улази у Рејнолдсов број линеарно, с ефектом од око један проценат, па не мења класификацију режима. Најзад, сирова мерења (маса пермеата у времену, услови сваког појединачног огледа) нису табелисана, па провера спрам примарних података није могућа; за налазе те величине то се не узима за одлучнуману, али би прилог с примарним подацима осетно појачао проверљивост.

V Обрада резултата: једначине, Рејнолдсов број и енергетска мерила

Обрада је физички смислена, а неколико замерки које следе тичу се записа једначина, статуса Рејнолдсовог броја и природе енергетског мерила — не самог прорачуна, чији нумерички исходи стоје.

Терминолошки, величина означена са S дефинисана је исправно и доследно, али носи погрешан назив. Рад је уводи као „Selektivost membrane (S) predstavlja sposobnost membrane da razdvaja različite komponenate, i u direktnoj je vezi sa koeficijentom propuštanja:“ (стр. 4), при чему је S = C_p/C_F. Та величина је, по IUPAC-овој терминологији мембранских процеса (Koros, Ma, Shimidzu, 1996), коефицијент пропуштања (трансмисије), док је селективност изражена фактором задржавања R = 1 − C_p/C_F. Рад је транспарентан јер S изричито везује за пропуштање, па непрецизан назив не води погрешном рачуну; али назив остаје терминолошки лабав и преноси се у поглавље 5. Истом ознаком S рад се, уз то, служи и у другом значењу — „Bitnu karakteristiku membrane predstavlja i selektivnost (S) tj. odnos sadržaj proteina surutke i kazeina u permeatu“ (стр. 88) — што је требало терминолошки разликовати.

Рејнолдсов број у присуству промотора почива на литературним корекционим факторима и ауторка га изричито назива проценом (стр. 37, 59). Закључци исказани при истом Рејнолдсовом броју и тумачење о интензитету турбуленције стога носе ту ограду. Она је, међутим, транспарентно наведена, а носећа поређења ослоњена су и на исти проток и на исти губитак снаге, па налази о повећању флукса и уштеди енергије не зависе од апсолутне тачности Рејнолдсовог броја.

Енергетско мерило изведено је из хидрауличке снаге (производ протока и пада притиска кроз модул) по запремини пермеата, без степена корисности пумпе и без пада притиска у остатку апаратуре. Апсолутне уштеде (50–75 %, 30–65 %, 20–70 %) стога се односе на хидрауличку, а не на електричну енергију, па исказе о енергетски исплативој примени треба тако и читати. За релативна поређења промотора при истом оствареном флуксу и на истом уређају степен корисности пумпе делује слично на све случајеве и приближно се скраћује, те недостатак не мења поредак промотора; реч је о методолошкој огради на апсолутну раван, не о грешци у релативним закључцима.

Најзад, у запису двеју једначина обраде поткрале су се грешке које ваља исправити, али које не дирају нумеричке резултате. У једначини за фактор продужења хеликоидне путање (4.4) одштампан је минус уместо плуса, што за позитивно r даје вредност мању од јединице, супротно и самом тексту (који каже да је путања дужа за тај фактор) и суседним изразима с плусом; радна једначина која улази у прорачун стварне брзине и Рејнолдсовог броја користи исправан облик, па су резултати

нетакнути. У једначини за релативну потрошњу енергије (4.13) у имениоцу је одштампан флукс уместо енергије, чиме је израз, за разлику од аналогних једначина (4.9) и (4.11) које деле разликом истоврсне величине, димензионо неусклађен; да је рачунато по таквом изразу, резултат не би био проценат, а вредности уштеда у табелама 5.6–5.9 (реда 20–75 %) одговарају једино изразу с енергијом у имениоцу. Обе су, дакле, омашке у слогу једначине.

VI Резултати: флукс, пад притиска, прљање, енергија и селективност

Носећи резултати добро су поткрепљени сопственим мерењима и интерно доследни, а закључак их сажима тачно: „Izvođenje procesa primenom promotora je energetski isplativije“ (стр. 91) у односу на рад без промотора, за све испитиване типове. Замерке које следе тичу се појединих превисоко заокружених исказа и приказа финих разлика, не носеће тезе.

Квантификовани резултати за флукс исказани су доследно у резимеу и закључку — „ostvarena su povećanja fluksa i od 200 do 600“ % за уврнуте траке и „takođe obezbeđuju povećanje fluksa od 200 do 650“ % за Koflo миксере (стр. 90). Насупрот томе, једна квалитативна реченица у уводном приказу резултата прецењује горњу границу за траке: „od tri do devet puta u zavisnosti od karakteristične dimenzije uvrnute trake“ (стр. 49). Поуздани, квантификовани флукс за траке иде до око 600 % (то јест до око шест до седам пута), док повећање од око девет пута припада Keniks миксеру, а не траци. Реч је о лабавом квалитативном исказу; носећи бројчани налаз (200–600 %) тачно је и доследно изнет на другим местима.

Слично, доње границе енергетских уштеда у закључку заокругљене су нешто ниже него у поглављу с резултатима. Закључак наводи „Primenom UT1,0 moguće su uštede energije u rasponu od 50 do 75“ % (стр. 91), док поглавље 5.4 за UT1,0 даје „najefikasnijom se pokazala UT1,0 sa uštedama od 54 do 75“ % (стр. 81); закључак даље наводи „Uštede energije u slučaju primene Keniks miksera su od 30 do 65“ % (стр. 91), а поглавље 5.4 „Keniks mikser doprinosi smanjenju potrošnje energije i to od 35 do 65“ % (стр. 82). Одступања су реда неколико процентних поена и потичу од заокруживања очитаних вредности; горње границе и поредак промотора нису доведени у питање, али доње границе у закључку и у телу рада треба ускладити.

Фине разлике међу промоторима (оцене типа нешто мањи отпори или за нијансу ефикаснији) тумаче се без приказаног расипања уз слике, па се формално не види прелазе ли мерну несигурност; доследност тренда кроз цео опсег протока указује да су разлике систематске, а рангирање најбоље траке ослоњено је и на далеко веће и отпорније разлике у паду притиска и потрошњи енергије, не на те нијансе. У истом реду је и питање скалабилности: повољна пројекција ка дужим и вишеканалним

мембранама дата је условно, а рад сам упозорава да је пад притиска мерен на кратком модулу — „apsolutni pad pritiska kroz membanu veličine 0,25 m“ (стр. 47) — те би при већим димензијама био неповољнији; тај исказ треба читати као хипотезу, а не као показан налаз.

Механизам повећања флукса и смањења прљања (хеликоидне струјнице, вртложни Рејнолдсов број, радијално мешање, сударање струја) тумачи се посредно, из измерених флукса, пада притиска и отпора и из литературних слика поља струјања, а не из непосредног мерења поља струјања у мембрани. Утолико је механизам образложена интерпретација, а не измерен налаз — што сам рад признаје разликовањем носећег од споредног: „Pojave radijalnog mešanja ili sudaranja struja mogu se smatrati sporednim“ појавама (стр. 92). Измерени исходи (највеће повећање флукса и најмањи пад притиска код уврнутих трака) сами по себи стоје и потврђују постојање ефекта; непосредно мерење поља струјања у цевној мембрани с уметком технички је веома тешко и изван обима теме.

Најслабије поткрепљени део резултата — пропуштање протеина и селективност при концентрисању до VCF = 2 — почива на једној серији Кјелдалових анализа, без исказаног понављања баш тих анализа. Ту, међутим, рад не гради јак закључак, него отворено бележи изостанак правилности: „Pravilnost propuštanja u zavisnosti od geometrije primenjenog promotora nije uočena.“ (стр. 89). Управо зато се тај део не преувеличава — што је вредно — али остаје примедба да ниједан исказ о концентрисању, пропуштању ни селективности није унет у закључак, иако је тај правац најављен циљем и изведен у поглављу 5.5; и сам налаз да правилност није уочена заслужио би реченицу у закључку ради потпуности у односу на циљ.

VII Приказ литературе и технике

Преглед досадашњих истраживања покрива уску област (микрофилтрација обраног млека, промотори турбуленције, прљање) репрезентативно и с актуелном литературом, и његове синтезе воде ка експерименту (в. одељак II). Замерке су ситне и претежно се тичу појединачних тврдњи и приписивања извора.

Уводна датација примене мембранских процеса у индустрији млека лабава је и дата без цитата на месту исказа: „u industriji mleka datira iz sredine 20. veka“ (стр. 1); прецизније, практична технологија с притиском као погоном датира од око 1960, а зрела примена у млекарству од раних 1970-их — што рад на другом месту и сам наводи. У истом реду је и историјска неусаглашеност оквира унутар прегледа (примена већ 25 година, развој од 1960. и табеларни преглед од 1970), коју је требало ускладити као различита раздобља исте појаве. Тврдња да керамичке мембране „keramičke membrane koje u industriji mleka sve više zamenjuju polimerne“ (стр. 27) прецењује стварно стање, у коме полимерне (спирално намотане) мембране остају

доминантне по инсталираној површини; исказ треба читати као квалитативни тренд, тим пре што рад сам наводи да микрофилтрација има мању инсталирану површину од ултрафилтрације.

Опсег средњег пречника пора приписан ултрафилтрацији уско је постављен у доњој граници: „ultrafiltracione membrane sa srednjim prečnikom pora 0,05-0,1“ μm (стр. 3). По IUPAC-овој терминологији мембранских процеса (Koros, Ma, Shimidzu, 1996), ултрафилтрација одваја честице мање од 0,1 μm и веће од око 2 nm, па је доња граница од 0,05 μm ужа од доње границе коју та препорука наводи; реч је о преузетом, квалитативном разграничењу микрофилтрације и ултрафилтрације које не дира резултате, будући да је радна мембрана микрофилтрациона (100 nm). Ситна је, али стварна и грана индустрије погрешно именована у прегледу метода регенерације: наводи се да произвођач керамичких филтера снабдева уређаје „koji se koriste u mlinarskoj industriji“ (стр. 12), док је реч о филтерима за рударство и минералну прераду (вероватно превод mining → mlinarska); садржинско језгро исказа (индустријски керамички филтери с периодичним ултразвучним чишћењем) остаје тачно. Уз то, регистровано трговачко име керамичких мембрана погрешно је написано (уметнуто слово), а слика поља струјања Koflo миксера и њен опис дати су као квалитативан, геометријски приказ без засебног цитата — што су формални пропусти прегледног дела, док носећи закључак о већем паду притиска Koflo миксера почива на измереним падовима притиска у поглављу 5, а не на тим сликама.

VIII Једначине, слике, табеле и језик

Формална страна рада место је на коме је он био најмање брижљив, мада ни ту не у мери која дира садржину.

Нумерација једначина води се по двема шемама — простим бројевима у прегледу литературе и по-поглављно у експерименталном делу — што отежава једнозначно позивање, иако је унутар поглавља 4 нумерација уредна и потпуна. Јединица специфичне потрошње енергије у заглављима трију табела (5.6–5.8) словослагачки је уписана као kWh m^{-2} уместо kWh m^{-3}, док све остале инстанце у раду (осе слика, листа ознака, димензија једначине обраде) доследно дају kWh m^{-3}, а бројчане вредности су тачне читане по m^3 пермеата. Скраћеница NTP употребљена је у два значења — као ознака референтног рада без промотора у резултатима и као број елемената промотора турбуленције у листи ознака — што је требало раздвојити, иако је из контекста („NTP način rada“) значење у резултатима увек јасно. У носећој табели с карактеристикама промотора (4.1) ознаке нису усклађене с остатком рада (енглеска скраћеница уместо српске за уврнуту траку; ознака Koflo миксера противречи сопственој вредности карактеристичне димензије у истој табели), док су све димензионе вредности у њој тачне и доследне. Овоме треба додати неколико

изолованих грешака у сликама и табелама: погрешан унакрсни позив на слику, неусаглашену ознаку у легенди, изостанак ознаке једне ординате, штампарску вредност „2.3“ уместо 23 у једној ћелији табеле 5.1 и једну рачунски неусаглашену ћелију табеле 5.8 (ред при флуксу 100 L m^{-2} h^{-1}, где наведени проценат уштеде не следи из наведених вредности енергије). Свака од тих грешака је изолована и не помера ниједан носећи резултат, али све заједно траже уредничку исправку.

Језички, кроз рад је присутан осетан број словних и куцних омашки које не мењају значење (типа *predstavljauju*, *tavisi*, *tubulencije*, *stujnica*, *orjentacija*, удвојене речи и слично), уз наизменичну транскрипцију страних назива и мешање децималног зареза и тачке на сликама. Реч је о недостатку лектуре који не дира садржину, али би доследна редакција осетно подигла углађеност текста.

IX Научни апарат

Научни апарат уредан је у покривености: свака библиографска јединица цитирана је бар једном, свако позивање има своју јединицу, стил цитирања је доследан и нема злоупотребе посредног цитирања. Замерке су формалне, али их треба отклонити.

Прва је стварна несавршеност пописа: четири пара јединица описују исти рад под два броја, па списак од 86 навода заправо описује 82 дела, а код једног пара једна од двеју наведених година је нетачна. Дупликате треба спојити и позивања ускладити. Уз то, поједине јединице су непотпуне: три јединице немају наслов рада (а једна ни свеску ни стране), а један запис је синтаксно оштећен (без затворене заграде и године); неке су непотпуне зато што су у тренутку предаје биле у штампи, што је оправдан разлог, али је коначни запис остао недовршен. Иста имена јављају се у више облика (с квачицама и без њих, с акцентом и без њега), што отежава азбучно сврставање и препознавање истог аутора.

Друга је формална и систематска: четири интернет извора наведена су као голе адресе насловних страна произвођача, без наслова, године и датума приступа. По међународним смерницама за библиографске референце (ISO 690:2010) тражи се потпуност и доследност података, а приручник стила хемијске струке изричито тражи датум приступа за онлајн изворе (ACS Style Guide, 3. изд., 2006). Замерку ваља, ипак, поставити мером: ти извори су тек допунска идентификација комерцијалних промотора, а не носиоци резултата.

Треће, у званичном делу рада има формалних омашки које не дирају садржину, али их треба исправити: наслов се јавља у више облика (у кључној документацијској информацији изостаје реч „unapređenje“ коју корице носе), у имену ментора у српском потпису кључне документацијске информације изостало је слово, у

садржају је један поднаслов погрешно откуцан и најављен је јединствен списак слика и табела иако постоје два одвојена, а прилозне слике нумерисане су недоследно.

Питање удела сопствених и групних извора (око седамнаест процената јединица потиче од уже истраживачке групе, четири рада су сопствена) овде се не води као мана: удео је очекиван за уско поље у ком је група ментора међу носиоцима методе промотора турбуленције, а уградња сопствених објављених чланака у дисертацију изричито је право аутора по задржаним ауторским правима издавача (Elsevier, „Authors' Rights", стање 12. 1. 2010) — што иде у прилог формалне уредности. Вреди, ради прегледности, једино експлицирати који одељци проистичу из ког објављеног рада (они се у тексту цитирају као обичне референце), и допунити посредно ослањање на једну докторску тезу (за физичка својства млека и модел отпора) изворним радовима.

X Однос рада и реферата комисије

Реферат комисије, датиран у марту 2011, оцењује да су резултати актуелни, приказани прецизно и понављани најмање два пута, да рад доноси самосталан допринос поређењем промотора хеликоидне геометрије с миксером у облику сечива (Koflo), што дотад није било изведено, и да су радови ауторке из тезе објављени у три врхунска међународна часописа (М21) и једном међународном часопису (М23). Формални подаци реферата поклапају се са стањем у раду и с кључном документацијском информацијом (104 стране, 40 слика, 16 табела, 86 навода), а категорије радова одговарају прописаним мерилима вредновања научноистраживачких резултата („Службени гласник РС", бр. 38/2008), по којима је М21 врхунски међународни часопис (8 поена) а М23 међународни часопис (3 поена). Оцена самосталног доприноса поткрепљена је и самим текстом (стр. 63), а извођење рада из четири објављена рада у меродавним часописима јака је потврда његове зрелости.

Оцене реферата, међутим, ваља у неколико тачака ставити уз стање у тексту. Прво, оцена да су резултати понављани и прецизно приказани стоји за број понављања, али не покрива изостанак приказаног расипања по тачки, због чега се за финије разлике не види прелазе ли мерну несигурност (в. одељак IV). Друго, закључна оцена да недостаци нису уочени превише је оптимистична: из самог рада проверљиво се виде формалне и методолошке слабости о којима је овде реч — неиспуњена најава мембрана различите величине пора, неусклађене доње границе уштеда у закључку, механизам струјања изнет као утврђен без мерења поља струјања, енергетско мерило без степена корисности пумпе и изостанак приказаног расипања. Ниједна од њих не обара носеће резултате, али их је требало забележити.

Најзад, тамо где реферат исказе о примени приближава мембранској филтрацији уопште, домет ваља држати ужим — на испитану мембрану, млеко и модул — него што сама формулација сугерише.

XI Шта остаје

Кад се све сабере, добија се оцена коју вреди изрећи у једном комаду, без ублажавања и без претеривања.

Дисертација Светлане Поповић солидан је и добро изведен експериментални рад који мембранском сепарационом инжењерству доноси систематско поређење трију геометрија промотора турбуленције у микрофилтрацији протеина млека, изведено на истој мембрани и при више независних основица поређења (исти проток, исти процењени Рејнолдсов број, исти губитак хидрауличке снаге), и то с уверљивим носећим налазом: сви испитивани промотори повећавају флукс вишеструко (200–650 %) уз рад при двоструко до троструко мањим протоцима, а при истом оствареном флуксу троше мање хидрауличке енергије од рада без промотора. Уз то доноси и самосталан допринос — прву примену миксера у облику сечива (Koflo) као промотора турбуленције у мембранској филтрацији — и методолошку пажњу која се огледа у мерљивом критеријуму стања мембране, смисленој основици енергетског поређења и отвореном означавању граница онога што је процењено, а не измерено. Фактографска основа рада, тамо где се могла сравнити с изворним подацима, у највећем делу држи.

Слабости су, по оцени овог осврта, четвороструке, и ниједна не руши носеће тезе рада. Прва је обим потврде: један изричито најављен под-циљ — мембране различите величине пора — није изведен, па закључци важе за испитану мембрану од 100 nm, једно млеко и један кратак модул, а домет уопштавања треба држати у тим границама. Друга је извештавање о несигурности: приказано је како је мерено, али не и с колико прецизности је процењено — без интервала грешке и буџета мерне несигурности (JCGM 100:2008; JCGM 200:2008; ISO 5725-1:1994) — што за велика повећања флукса не смета, али слаби закључке грађене на финим разликама (појединачни отпори прљања, селективност при VCF = 2). Трећа је статус механизма: хеликоидна путања и судараље струја изнети су као носеће објашњење, а поље струјања није мерено; рад то делом сам ограђује, али би ту границу требало доследно наглашавати, а закључак допунити исказом о концентрисању и селективности који је сада изостао. Четврта је редакцијска и апаратска: неусклађене доње границе уштеда у закључку, две омашке у запису једначина (4.4) и (4.13), нетачна табела састава сировине, дупли и непотпуни библиографски записи, погрешна јединица у три заглавља табела и осетан број лекторских грешака.

Изнад свега тога стоји једна правилност која иде у прилог раду: провере и приказ измерених величина изведени су брижљивије него сажимање и заокруживање у закључку, па је највећи део онога што треба поправити већ негде у раду тачно урађено — само на погрешном месту, недоследно спроведено или превисоко заокружено.

За евентуално монографско издање или наставак истраживања најплодније би, по оцени овог осврта, биле следеће измене. Прво, спровести најављено варирање величине пора (изводљиво на истом уређају) или сузити формулацију циља на оно што је изведено, и домет закључака везати за испитану мембрану, млеко и модул. Друго, уз мерене величине приказати расипање (интервале грешке) и буџет мерне несигурности, а сирова мерења дати у прилогу, чиме би финије разлике међу промоторима добиле проверљиву тежину. Треће, механизам струјања доследно означити као интерпретацију (или га поткрепити мерењем, односно симулацијом поља струјања), а закључак допунити исказом о концентрисању, пропуштању и селективности. Четврто, ускладити доње границе уштеда у закључку с телом рада, исправити записе једначина (4.4) и (4.13) и табелу састава сировине, ујединачити ознаке (укључујући јединицу специфичне енергије и назив величине пропуштања према IUPAC-у, Koros и сар., 1996), и уредити научни апарат (спајање дупликата, допуна непотпуних јединица, датуми приступа онлајн изворима по ISO 690:2010 и ACS-приручнику 2006).

Уз ту врсту редакције — која у највећем делу не тражи ново истраживање него доследно спровођење и уредно исказивање онога што је рад већ измерио — ова дисертација остаје вредан и употребљив прилог, чији би носећи налаз о енергетски исплативој примени промотора турбуленције и прва примена Koflo миксера имали шта да кажу и стручном читаоцу изван уже теме.

Литература

Предмет осврта

Поповић, Светлана С. *Uticaj tipa promotora turbulencije na unapređenje membranske filtracije proteina mleka* [докторска дисертација]. Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, 2011. (НаРДуС.)

Реферат Комисије о оцени докторске дисертације мр Светлане С. Поповић, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, март 2011.

Терминологија, величине и јединице

Koros, W. J.; Ma, Y. H.; Shimidzu, T. „Terminology for membranes and membrane processes (IUPAC Recommendations 1996)“. *Pure and Applied Chemistry* 68(7) (1996) 1479–1489.

Мерна несигурност и поновљивост

JCGM 100:2008. *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. BIPM/JCGM, 2008.

JCGM 200:2008. *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, 3rd ed. BIPM/JCGM, 2008.

ISO 5725-1:1994. *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions*. Geneva: ISO, 1994.

Аналитичке методе и мембранска струка

ISO 8968-1 | IDF 20-1:2001. *Milk — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl method*. Geneva: ISO / Brussels: IDF, 2001.

ISO 13320:2009. *Particle size analysis — Laser diffraction methods*. Geneva: ISO, 2009.

Walstra, P.; Wouters, J. T. M.; Geurts, T. J. *Dairy Science and Technology*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

Научни апарат и цитирање

ISO 690:2010. *Information and documentation — Guidelines for bibliographic references and citations to information resources*. Geneva: ISO, 2010.

Coghill, A. M.; Garson, L. R. (eds.). *The ACS Style Guide: Effective Communication of Scientific Information*, 3rd ed. Washington/Oxford: ACS/Oxford University Press, 2006.

Elsevier. „Authors' Rights / Copyright“, стање 12. 1. 2010 (архивски снимак, web.archive.org).

Прописи (у верзији важећој у марту 2011)

Правилник о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, „Службени гласник РС“ бр. 38/2008.