

MJEŠALICE U MLJEKARSKOJ INDUSTRIJI

Darko ŠKRINJAR, dipl. inž., RO »Dukat«, OOUR Mljekara Zagreb

Uvod

Od samog početka dobivanja sirovog mlijeka, odmah nakon mužnje pa sve do obrade, prerade i punjenja mlijeka kao i raznih mlječnih proizvoda u ambalažu, susrećemo se sa primjenom raznih vrsta mješalica.

Mješalice se upotrebljavaju u svim područjima mljekarske prerade, kao i u mljekarama svih tipova i modela.

Gospodarsko značenje, uloga kao i primjena mješalica od naročitog je značaja, no vrlo često se mješalicama ne poklanja dovoljno pažnje, te se iste ne koriste svrsishodno, racionalno i djelotvorno.

Ekonomičnost, proizvodnost, rentabilnost, dohodovnost kao i akumulativnost dobrim dijelom ovisi od pravilne primjene mješalica u svim dijelovima i područjima mljekarske privrede — od staje do gotovog proizvoda.

Međutim u praksi vrlo često nailazimo na pogrešnu primjenu raznih vrsta mješalica, koje svojim nepravilnim radom proizvode znatne materijalne gubitke. Smanjuju izdašnost (rendement), povećavaju kalo, uzrokuju slabu kakovuću proizvoda, skraćuju vrijeme upotrebe gotovog proizvoda, uzrokuju pogrešne laboratorijske analize, dovode u zabludu proizvodne i odgovorne osobe, uzrok su lošoj standardizaciji i tipizaciji mlijeka i raznih mlječnih proizvoda.

Upotreba mješalica

Cjelokupna mljekarska privreda nezamisliva je bez upotrebe mješalica raznih tipova, modela i izvedba. Mješalica mora osigurati dobro miješanje cjelokupne tekućine u posudi.

Mješalice se upotrebljavaju za miješanje, gibanje, strujanje, otapanje, miksanje, emulgiranje, prilikom zagrijavanja, hlađenja, punjenja, standardizacije, tipizacije skladištenja mlijeka i raznovrsnih mlječnih proizvoda.

Primjenjuju se kod miješanja tekućina sa tekućinom ili tekućina sa krutim tvarima u svrhu otapanja, emulgiranja, razdijeljivanja, miksanja, gibanja, zagrijavanja, hlađenja, prilikom provođenja raznih tehničko-tehnoloških zahvata, ovisno od tehnološkog postupka pojedinog proizvoda.

Ovi postupci mogu uslijediti istodobno ili jedan iza drugog.

Kao primjer zahvati miješanja mogu služiti za spriječavanje izdvajanja mlječne masti u mlijeku, za miješanje vrhnja sa raznim postotcima masti, miješanje obranog mlijeka i vrhnja, miješanje vrhnja sa raznim postotcima masti sa svježim sirom, miješanje maslaca sa medom ili margarinom, svježeg sira sa raznim voćem, nadalje za jednakomjerno hlađenje ili zagrijavanje, za miješanje mlijeka i šećera, mlijeka sa raznim ostalim dodacima (kakao prah, čokoladni prah, stabilizatori, želatina, puding, razne vrste voća i sirupa, voćne paste, arome, vitamini, bjelančevine, jestive boje itd.).

Nadalje, mješalice upotrebljavamo u kompresorskim stanicama za optimalno miješanje rashladne vode i u CIP sistemima za miješanje sredstava za

automatsko protočno pranje raznih tehnoloških linija sa lužinama, kiselinama, hladnom i toplom vodom. Posebne vrste i tipove mješalica primjenjujemo također kod uređaja i raznih sistema pri odvođenju kao i u regulaciji otpadnih voda iz mljekarske privrede.

Optimalno rješenje raznih zahtjeva za miješanje na raznim mjestima u mljekarskoj privredi slijedi jedino uz primjenu suvremenih znanstvenih dostignuća iz raznih znanstvenih područja.

Izvedba mješalica

Mješalica se sastoji iz motora, osovine i propelera.

Konstrukcija mješalica izvedena je tako, da je dio osovine smješten izravno u motoru. Rotor elektromotora ima dio sa cilindričnim i konusnim kućištem i služi za prijem osovine.

Navedena konstrukcija ima slijedeće prednosti:

a) Visina se može izvesti naročito nisko, jer nije potrebno posebno priključenje osovine,

b) osovina se može iz motora mješalice odstraniti u svako doba.

Elektromotori mješalice moraju biti impregnirani, te se mora spriječiti i onemogućiti iscurenje ulja ili masti iz motora u mlijeko ili razne mlječne proizvode koji se miješaju.

Od kako je E. C. Bingham postavio temelje i osnove reologiji, ta znanost kao dio fizike naglo se razvila. Područje reologije obuhvaća Hookeova čvrsta tijela kao i Newtonove tekućine.

Na osnovu tehničko-tehnoloških zahtjeva u proizvodnji mlijeka i raznih mlječnih proizvoda određuje se: način izvedbe mješalice, kapacitet, broj okretaja, dubina, oblik propelera, oblik posude, optimalna veličina posude.

Tehnika miješanja

Kod miješanja tekućih živežnih namirnica, specijalno mlijeka i raznih mlječnih proizvoda, mora se obratiti posebna pažnja kako ne bi nastala nikakva oštećenja istih.

Uvođenjem zraka u sredstvo miješanja, povezano je sa slabijim ili jačim stvaranjem pjene. Osim toga uvođenje zraka dovodi do nepoželjnih kemijskih procesa, što se rezultira u proizvodnim procesima, kao i u kakvoći gotovih proizvoda i njihovih održivosti unutar deklariranog roka upotrebe.

Uvođenje zraka u sredstva miješanja zbog toga u svakom slučaju moramo spriječiti, jer nam donosi loše rezultate i neželjene posljedice.

Promjeni strukture tijekom miješanja mora se obratiti posebna pažnja. Zbog toga je određivanje optimalnog modela i tipa mješalice od naročite važnosti.

Određivanje modela mješalica postavlja kao preduvjet određeno poznavanje tehnologije određenog proizvoda. Moraju biti točno poznati svi tehničko-tehnološki zahvati, od izlaznih materijala pojedinih komponenata koje se miješaju do gotovog proizvoda, kako bi se odredio optimalan model mješalice.

Viskozitet

Promatramo li dvije paralelne ploče sa površinom A i razmakom y, koji kao posljedica sile F sa nekom brzinom v biva pomicala jedna prema drugoj, tom pokretanju nasuprot stoji protusila F, koja je to veća što je veći viskozitet koji se nalazi u supstanci odnosno tekućini koja se nalazi između ploča.

Odnos F kroz A nazivamo potisni napon, $T = \frac{F}{A}$

Odnos v kroz y označava se kao nosiva brzina, $D = \frac{v}{y}$

Potisni napon raste proporcionalno prema nosivoj brzini i prema viskozitetu.
 $T = D \times n$

Veličina viskoziteta je: $n = \frac{T}{D}$ n = označava se kao dinamički viskozitet (Pa . s)

Viskozitet je ovisan od temperature i tlaka.

Viskozitet određujemo viskozimetrima koji mogu biti: protočni, na principu kugle, po Engleru i rotacioni.

Održavanje tekućeg stanje može biti: idealno viskozno, pseudoplastično, plastično, dilatantsko, tiksotropsko i ireverzibilno.

Posude za miješanje

U mljekarskoj privredi koriste se posude raznih vrsta položaja, oblika, te položaja i oblika dna.

Količina i vrsta proizvoda, koji se miješaju kao i način izvedbe miješanja, određuju dimenzije, vrstu, oblik i položaj posude, kao i samu izvedbu.

Kod miješanja rijetkih tekućina, oblik posude nije toliko značajan, ako promjer tanka prema visini (dužini) ne odstupa više od 1 : 3.

Naročitu pozornost potrebno je obratiti na oblik kao i izvedbu dna ili podnice posude. Oblik posude biva to odlučniji faktor što je tekućina viskozija.

Potrebno je obratiti pažnju na viskozitet kao i održavanje sredstva koje se miješa u posudi u tekućem stanju, a u točno određenim temperaturnim uslovima. Daljnje odrednice i komponente za određivanje veličine i oblika posude jesu pogonski tlak u posudi i agresija sredstva koje se miješa.

Vrsta posuda može biti otvorena ili zatvorena. **Oblik:** četvrtast ili okrugli. **Položaj:** stojeći ili ležeći. **Dno ili podnica:** ravno, koso, središnje konično, ekscentrično konično, presvođeno prema van, presvođeno prema unutra, presvođeno koso unutra, polukugla, te poklopno dno. **Otvor:** poklopac iz jednog dijela, poklopac iz dva dijela, poklopac posebne izvedbe, poklopac s utezima, otvor odozgora, otvor sa strane, na plaštu. **Plašt:** jedan bez izolacije, dvostruki sa izolacijom ili za mogućnost grijanja ili hlađenja, zazidan. **Noge:** betonske, kose čelične, ploče, kalote, ovješene na čvrstu podlogu.

Za svaki tehnološki postupak određen je i optimalan oblik i veličina posude, kao i izbor mješalica, a koji daje u tom slučaju i optimalne tehničko-tehnološke rezultate.

Mješalice

Na osnovu viskoziteta, kao i zahtjeva određenog tehnološkog procesa na djelovanje i učinak miješanja, kao i mogućeg oštećenja sredstva koje se miješa, određuju se tipovi mješalica i kapaciteti istih.

Potrebno je odrediti oblik kao i promjer propelera, a za optimalan broj okretaja propelera mješalice nužno je primijeniti načelno slijedeće: za guste tekućine upotrebljava se mješalica sa malim brojem okretaja, za rijetke mješalica sa većim brojem okretaja.

Visok broj okretaja uzrokuje za vrijeme rada propelera »tromb« iznad propelera. Zbog toga potrebno je, da je broj okretaja kao i izvedba elementa za miješanje — propelera, kao i njegov položaj u posudi izveden tako da se spriječi stvaranje »tromba« ili da se stvara minimalno.

Danas se u mljekarama upotrebljavaju posude u veličinama od 200 litara pa sve do 300.000 litara koje se svakako moraju opremiti mješalicama. Pri tom je od velike važnosti određivanje odgovarajućeg tipa mješalica, odnosno promjera, oblika, kao i broj okretaja propelera.

Promjeri propelera moraju biti prilikom izračunavanja u pravilnom odnosu sa odmakom od dna posude, a time se pronalazi i potrebna dužina i položaj mješalice.

Odmah između propelera i podnice u normalnim slučajevima je jednak polovici promjera propelera.

Prilikom miješanja potrebno je miješati ne samo potpuno napunjene posude, nego i djelomično napunjene, kao i u vrijeme pražnjenja istih, odnosno za vrijeme punjenja u ambalažu ili pretakanja sadržaja iz jedne posude u drugu.

Sama konstrukcija mješalice treba biti tako izvedena da je propeler što je moguće niže, odnosno bliže podnici posude.

Miješanje se izvodi od površine prema dnu, kao i od površine prema suprotno ležećem plaštu posude. Propeler i osovina mješalice trebaju biti tako izvedeni, da uslijed strujanja cjelokupne tekućine bude u što kraćem vremenu promješana. Kod stojećih oblika posuda osovina je izvedena ekscentrično, kod pravokutnih posuda izvedena je u blizini mjesta istakanja.

Kod stojećih oblika posuda osovina treba biti uronjena u tekućinu ispod kuta od oko 15°. Uslijed toga dolazi uz okomito strujanje još jedno slabije horizontalno pokretanje tekućine.

Prije određivanja kuta uranjanja potrebno je prethodno isti točno izračunati na osnovu podataka (oblik posude, veličina posude, oblik dna, visina posude, izolacija i sl.), jer je kut uranjanja različit.

Prilikom montaže mješalica potrebno je znati koje sredstvo se miješa, optimalnu dubinu uranjanja, odmak od plašta, kut uranjanja, način priključka, dužinu mješalice, promjer osovine, izvedba motora, oblik i veličina propelera, broj okretaja propelera, vrijeme rada mješalice u 24 sata.

Izračunavanje učinka miješanja po Bücheu

Za izračunavanje učinka miješanja vrijedi formula po Bücheu:

$$N = 7,17 \times 10^8 \times C \times n^3 \times d^5 \times y$$

N = učinak u KW

n = broj okretaja mješalice u minutama

d = promjer propelera u m
y = gustoća (kg · m⁻³)
ν = kinematička viskoznost m² · s⁻¹
C = otpor

Vrijednost otpora C je funkcija od

$$Re = \frac{n \times d^2}{\nu} \qquad Fr = \frac{n^2 \times d}{g}$$

i od geometrijskog odnosa propelera, oblika i veličine posude kao i vrste ugradnje.

Za svaki geometrijski odnos i vrijednost za Re i Fr mjeri se više uzoraka, geometrijskih slučajeva i oblika, te se unaprijed izračunava djelotvornost i učinak mješanja za svaki određen slučaj posebno.

Na osnovu toga dolazi se do tabela i dijagrama, uz čiju pomoć se može odrediti veličina i oblik propelera, vrsta ugradnje, broj okretaja, viskozitet, gustoća odnosno izračunava se djelotvornost i učinak miješanja.

Mjerenje strujanja

Primjenjuje se razne izvedbe i ugradnje mješalica, koje imaju razne zadatke, često vrlo oprečne. Jedan od zadataka mješalica je sprječavanje odjeljivanja mlječne masti prema površini. Međutim svaki proizvod ima svoje specifične uslove, te se prema tome mora primijeniti i odgovarajuće miješanje. Ono što je optimalno za punomasno mlijeko, ne odgovara npr. za miješanje mekog sira ili slatkog vrhnja itd.

Da se odnosi koji nastaju u posudi mogu kontrolirati, izvode se mjerenja na raznim razinama i točkama u posudi. Brzina strujanja mjeri se pomoću specijalnog uređaja za mjerenje, kojim se brzina i pravci strujanja prenose preko potencijometra na aparate gdje se i očitavaju rezultati.

Dobivene vrijednosti unose se u tabele posebno za svaku vrstu mjerenja. Tako se dolazi do brojnih podataka o strujanju tekućina raznih vrsta na raznim mjestima u raznim posudama, duplikatorima, tankovima i silosima.

Podaci o strujanjima oko propelera, osovine, pravcima strujanja, brzinama, oblicima, srednjim vrijednostima, brzinama u sekundi, služe za izračunavanje optimalne primjene određenih tipova mješalica, a u svrhu postizanja optimalnih rezultata u tehnološkom postupku obrade i prerade mlijeka kao i raznih mlječnih proizvoda.

Podaci potrebni za izvedbu i montažu odgovarajućih mješalica

Kod narudžbe posuda, tankova, silosa ili mješalica moraju biti poznati određeni podaci, kako bi na osnovu istih proizvođač, tvrtka koja proizvodi mljekarsku opremu, mogla izračunati, dimenzionirati i projektirati optimalnu izvedbu. Dobrim projektom i izvedbom opreme, kao i ispravnom montažom određenog i odgovarajućeg tipa motora, osovine i propelera, zagarantirano je, da će u određeno vrijeme nastupiti i biti izvršeno i zadovoljavajuće miješanje, odnosno tehnološki zadatak.

Proizvođač opreme, posude odnosno mješalice osigurava i garantira, uz punu odgovornost i optimalno izvršenje tehnološkog zadatka.

Podaci potrebni proizvođaču za mješalicu:

1. Naziv R.O. ili OOUR-a;
2. Mjesto ugradnje — tehnološka linija, odjel, radna jedinica;
3. Prezime i ime odgovorne osobe;
4. Sredstva koja se miješaju: naziv pojedinog sredstva, °C, postotak dodavanja pojedinog sredstva, gustoća ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), viskozitet ($\text{Pa} \cdot \text{s}$);
5. Gotov proizvod: gustoća ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), viskozitet ($\text{Pa} \cdot \text{s}$);
6. Količina sredstva koja se miješaju — maksimum: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Količina sredstva koja se miješaju — minimum: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
7. Zadaća mješalice: miješanje, tučenje, otapanje, dispergiranje, emulgiranje, suspenziranje, pomicanje;
8. Intenzitet rada: slabo, jako, srednje;
9. Vrijeme rada mješalice: kratkotrajno ... minuta, povremeno svakih ... minuta ili sati ..., trajno — stalno 8 sati dnevno ili 24 sata neprekidno.
10. Podaci o posudi u kojoj se miješa: cilindrična, četverouglasta (dužina, širina, visina-dubina), stojeća, ležeća, nalazi se pod tlakom (Pa), nije pod tlakom, radi pod vakuumom ... (Pa), mješalica treba raditi samo kada je posuda puna na razini od m^3 ..., mješalica treba raditi i kod razine tekućine m^3 ..., kod pražnjenja posude (najniža razina tekućine ... mm).

Skica posude sa položajem iste u tehnološkoj liniji, sa oznakom priključaka, otvora. Oblik podnice, sadržaj litara.

11. Ugradnja mješalice: sa klemama, stacionirana sa prirubnicom sa stativom, sa ovjeskom na zidu, sa ovjeskom na stropu, sa pomičnim stativom ili na tračnicama, odozgo, sa strane, na otvorenu ili zatvorenu posudu, sa strane ili odozgo.
12. Kakvoća materijala: navesti željeni materijal.
13. Motor: stupanj zaštite — sa zaštitom od vlage, otporan na tlakove, pogonski napon ... (V).

Na temelju dobivenih podataka proizvođač mješalica određuje: Način ugradnje mješalice u posudu, vrstu i tip mješalice (motora, osovine, propelera), broj okretaja, dužinu osovine, promjer osovine, vrstu propelera, promjer krilca propelera, napon, frekvencu, učinak, broj mješalica, kut ugradnje, mjesto ugradnje, odmak od podnice.

U slučajevima kada je tvrtka proizvođač posude i proizvođač mješalice, tada je dostatno znati i imati potrebne podatke o proizvodu odnosno tehnološkom toku.

Vrste miješanja raznih proizvoda u mljekarskoj privredi

Razni proizvodi u mljekarskoj preradi, počevši od proizvodnje mlijeka, sakupljanja, dopreme, skladištenja, obrade i prerade, na osnovu zahtjeva sirovine, odnosno tehničko-tehnološkog toka, koriste i razne posude, a također i razne mješalice tijekom svoje pripreme, obrade i prerade.

Za sve vrijedi isto pravilo, isti oblik i veličina posuda, isti smještaj, vrsta, oblik i promjer propelera, broj okretaja, montaža, te isto djelovanje mješalice na sadržaj, odnosno njegovo oštećenje.

Svaki proizvod zahtijeva specifičnu izvedbu posude i mješalice. Što odgovara za punomasno mlijeko, ne odgovara za slatko vrhnje. Što je optimalno rješenje za proizvodnju pudinga, ne odgovara za proizvodnju mekog sira itd. Pravilno miješanje osigurava dobru kakvoću kao i uzimanje vjerodostojnog provjerenog uzorka za laboratorijsku analizu.

Proizvodnja raznih proizvoda u suvremenoj mljekarskoj industriji zahtijeva bezuvjetnu primjenu optimalnih konstrukcijskih izvedba kako posuda, tankova, duplikatora, silosa za obradu i preradu, tako i odgovarajućih mješalica. Samo odgovarajuća primjena osigurava proizvodnju proizvoda prvorazredne kakvoće.

Zaključak

Mljekarska privreda sa svojim obimnim i raznolikim proizvodnim programom koristi posude, duplikatore, tankove i silose raznih veličina i oblika.

Sirovo mlijeko doprema se danas autocisternama do 30 m³ a skladišti u silosima kapaciteta 300 m³. Svaka tehnološka linija, odnosno posuda zahtijeva određen tip mješalice, koja osigurava optimalno miješanje i tok pojedinog tehnološkog procesa.

Nepravilno projektirana ili montirana mješalica dovodi do znatnih materijalnih gubitaka, kao i šteta u proizvodnji.

Nepravilan postupak sa dopremljenim sirovim mlijekom, dovodi do nepravilnog uzimanja prosječnog uzorka, a time i do pogrešne analize što dovodi do pogrešnog obračuna. Pogrešan rad mješalica u silosima sirovog mlijeka, dovodi do loše tipizacije pasteriziranog mlijeka, kao i loše standardizacije raznih mlječnih proizvoda.

Isto tako pogrešno dimenzionirana i ugrađena mješalica npr. kod tanka sa slatkim vrhnjem dovodi do stvaranja pjene ili tučenog vrhnja. Kod proizvodnje čokoladnog mlijeka mješalica dovodi do taloženja čokolade i kakao mlijeka u tankovima prije, kao i za vrijeme punjenja, a što dovodi do neujednačene kakvoće gotovog proizvoda. Loša primjena mješalice općenito dovodi do pogoršanja fizikalnog, kemijskog, bakteriološkog i organoleptičkog kvaliteta. Uvozom razne mljekarske opreme i tehnoloških linija, dosta se zanemarila mogućnost postojanja vrlo ozbiljnih i mnogih konstrukcijskih grešaka, a koje čine proizvođači mljekarske opreme u svijetu, kao i u nas.

Jedan od utjecajnih faktora konstrukcijskih grešaka je i krivo i pogrešno projektirana, izvedena i montirana mješalica u raznim posudama, tankovima i silosima u mljekarskoj privredi SR Hrvatske. Samo odgovarajuća posuda uz odgovarajući tip mješalice daje rezultate, koji odgovaraju zahtjevima moderne tehnologije. Moramo proizvoditi ekonomično, racionalno i rentabilno, a to je moguće samo uz svakodnevnu primjenu suvremenih znanstvenih dostignuća u svim dijelovima mljekarske privrede.

Literatura

- BUNDESANSTALT FÜR MILCHFORSCHUNG, KIEL (1981): Unveröffentlichte Manuskripte, Kiel.
MÜLLER (1974): Turbo Mischer, München.
STELZER (1970): Rührwerke in Molkereibetrieben, Warburg.