

16.

Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem
AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE

16th Scientific Conference **CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL ENGINEERING**

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

Institut za poljoprivrednu tehniku
Poljoprivredni fakultet, Beograd

14.12.2012.



www.dpt.agrif.bg.ac.rs

SKUP SU PODRŽALI:

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

Privredna komora Srbije
Privredna komora Beograda

Almex d.o.o Pančevo
Imlek d.o.o Beograd
Amazonen-Werke, predstavništvo – Novi Sad
FPM Agromehanika a.d. – Boljevac
MasFerg Agro d.o.o. Novi Sad
Aleksandar inženjering d.o.o. Novi Sad
Milšped grupa – Novi Beograd
Livona d.o.o. Beograd
Milurović Komerc, Ugrinovci
ITN d.o.o. Beograd
Linzer Agro Trade d.o.o. Beograd
Tikkurila Zorka doo – Šabac
Zeleni hit d.o.o. Beograd
Majevica Holding a.d., Bačka Palanka
Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd
KMB Fluid Control System, Vršac
AgroGas d.o.o. Beograd
Jugometal d.o.o. Svilajnac
Coing d.o.o. Novi Sad
Rondo d.o.o. Novi Sad
AgriCons T.E.C. Beograd
AgroArt d.o.o. Stara Pazova
eCon E&T d.o.o. Subotica

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

Izdavač:

Univerzitet u Beogradu
Poljoprivredni fakultet

Za izdavača:

Prof. dr Milica Petrović
Poljoprivredni fakultet, Beograd

Tehnička priprema:

Null Images
Novi Beograd

Urednik:

Dr Miloš Pajić
Poljoprivredni fakultet, Beograd

Štampa:

Interklima-grafika doo
Vrnjačka Banja

Tiraž:

300 primeraka

CIP - Каталогизacija у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

631.3(082)

631.17(082)

НАУЧНО стручни скуп са међународним учешћем
Актуелни проблеми механизације пољопривреде
(16 ; 2012 ; Београд)

Zbornik radova = Proceedings / 16. Naučno stručni skup
sa međunarodnim učešćem Aktuelni problemi mehanizacije
poljoprivrede, Zemun-Beograd, 14.12.2012. godine = 16th
Scientific Conference Current Problems and Tendecies in
Agricultural Engineering ; [organizatori] Univerzitet u
Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu
tehniku [i] Zadružni savez Srbije ; [urednik Miloš Pajić].
- Beograd : Poljoprivredni fakultet, 2012 (Vrnjačka Banja
: Interklima-grafika). - 244 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 300. - Napomene i bibliografske reference
uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7834-168-7

1. Пољопривредни факултет (Београд).

Институт за пољопривредну технику

а) Пољопривредне машине - Зборници б)

Пољопривреда - Механизација - Зборници

COBISS.SR-ID 195329036

**UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
INSTITUT ZA POLJOPRIVREDNU TEHNIKU**

ZADRUŽNI SAVEZ SRBIJE

16. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem
AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE

*16th Scientific Conference
CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL ENGINEERING*

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS

ISBN 978-86-7834-168-7

UDK 631 (059)

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6
Zemun – Beograd, Republika Srbija
14.12.2012. godine

Programski odbor:

dr Mićo Oljača, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija) - Predsednik
dr Dušan Radivojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija) - Podpredsednik
dr Mirko Urošević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Goran Topisirović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Đukan Vukić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Milena Jelić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Steva Božić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Zoran Mileusnić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Rade Radojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Milovan Živković, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Rajko Miodragović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Aleksandra Dimitrijević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Miloš Pajić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Mirko Babić, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Lazar Savin, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)
dr Zoran Dumanović, Institut za kukuruz «Zemun polje», Beograd (Srbija)
dr László Magó, Hungarian Institute of Agricultural Engineering, Gödöllő (Mađarska)
dr Robert Jerončić, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Vlada Republike Slovenije (Slovenija)
dr Velibor Spalević, Univerzitet u Podgorici, Biotehnički fakultet (Crna Gora)
dr Zoran Dimitrovski, Univerzitet "Goce Delčev", Poljoprivredni fakultet, Štip (Makedonija)
dr Danijel Jug, Sveučilište "Josipa Jurja Strossmayera" u Osijeku, Poljoprivredni fakultet (Hrvatska)
dr Selim Škaljić, Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredni fakultet (Bosna i Hercegovina)
dr Nicolay Mihailov, Univerzitet of Rousse, Faculty of Electrical Engineering (Bugarska)
dr Stavros Vougioukas, Aristotle University of Thessaloniki (Grčka)
mr Marjan Dolenšek, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto (Slovenija)

Organizacioni odbor:

dr Miloš Pajić - Predsednik
dr Mićo Oljača - Sekretar
dr Dušan Radivojević
dr Goran Topisirović
dr Đukan Vukić
dr Milena Jelić
dr Mirko Urošević
dr Steva Božić
dr Zoran Mileusnić
dr Rade Radojević
dr Milovan Živković
dr Rajko Miodragović
dr Aleksandra Dimitrijević
dr Vesna Pajić
M.Sc Kosta Gligorević
M.Sc Dušan Radojičić
M.Sc Milan Dražić
M.Sc Ivan Zlatanović

Organizaciju Skupa je pomogao Zadružni Savez Srbije

Sadržaj

REZULTATI ISPITIVANJA UTICAJA SABIJANJA ZEMLJIŠTA NA PRINOS OZIME PŠENICE	7
PRIMENA RAZLIČITIH TEHNOLOŠKIH PROCESA U DORADI SEMENA CRVENE DETELINE.....	14
EFEKTI MEHANIZOVANOG NAČINA APLIKACIJE TEČNOG STARTNOG ĐUBRIVA U PROIZVODNJI KUKURUZA.....	23
TEHNOLOŠKI PARAMETRI BRIKETIRANJA BIOMASE MISKANTUSA	30
NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI BEOGRADA	37
OPTIMIZACIJA HIDRAULIČNOG PODIZAČA TRAKTORA IMR- a.....	44
HAOTIČNI MODEL RASTA PROFITA U PROIZVODNJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA.....	49
EFEKTI PRIMENE TIFON UREĐAJA U NAVODNJAVANJU KUKURUZA (<i>Zea mays L.</i>)	53
UTICAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I SADRŽAJ GLAVNIH ELEMENATA ISHRANE U ZEMLJIŠTU POD KUKURZOM.....	60
TRŽIŠTE POLJOPRIVREDNIH MAŠINA U EVROPSKOJ UNIJI I MAĐARSKOJ – AKTUELNA SITUACIJA I TRENDovi U PERIODU 2011. - 2012. GODINA	69
PROIZVODNJA I SKLADIŠTENJE KROMPIRA ZA FRESH MARKET	77
ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD	84
ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA.....	92
FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA	100
SNAGE STATORA I ROTORA ASINHRONOG GENERATORA SA DVOSTRANIM NAPAJANJEM PRIMENJENOG U VETROELEKTRANAMA.....	113
MODELI NAPREDNE PLASTENIČKE PROIZVODNJE PAPIRIKE	119
EFEKTI PRODUŽENOG DEJSTVA PRIMENE MELIORATIVNOG SISTEMA OBRADJE ZEMLJIŠTA TEŠKOG MEHANIČKOG SASTAVA U PROIZVODNJI RATARSKIH KULTURA	131
STANJE, PERSPEKTIVE I ZNAČAJ NAVODNJAVANJA OBRADIVOG POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA U SRBIJI.....	138
MOGUĆNOSTI, ZNAČAJ I EFEKTI PREČIŠĆAVANJA STAJSKOG VAZDUHA.....	147
OPTIMIRANJE TRAKTORSKIH SISTEMA SA ASPEKTA OPTEREĆENJA LJUDSKOG OPERATORA.....	156
UTICAJ KARAKTERISTIKA TERENA NA OSCILACIJE TRAKTORA.....	163
EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AKUMULACIJE TOPLOTE U AKUMULATORU TOPLOTE PRIMENOM FAZNOPROMENLJIVOG MATERIJALA	174
EKONOMSKI OPRAVDAN IZNOS ULAGANJA U KUPOVINU UNIVERZALNOG ŽITNOG KOMBAINA NA PORODIČNIM GAZDINSTVIMA	180
RAZVOJ NOVIH TIPOVA KOČIONIH KOMANDNIH VENTILA ZA TRAKTORSKE PRIKOLICE.....	188
RASPODELA PRAŠINE U VAZDUHU STAJA ZA DRŽANJE KRAVA	195
TEHNIČKI PARAMETRI VENTILATORA OROŠIVAČA I KVALITET ZAŠTITE VINOGRADA.....	205
UTICAJ KVALITETA NAPONA NA ENERGETSKU EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI.....	212
ENERGETSKI POTENCIJAL PRODUKATA REZIDBE VOĆARSKIH I VINOGRADARSKIH ZASADA SRBIJE.....	220
PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE	227
TIPOVI, KLASIFIKACIJA I SELEKCIJA SUŠARA U AGROINDUSTRIJI.....	234

PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE

Ivan Zlatanović*

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun*

Sažetak: Proteklih godina je u Republici Srbiji održan veliki broj konferencija, savetovanja i okruglih stolova na temu implementacije energetski efikasnih tehnologija. Usvojeni su zaključci da Republika Srbija, osim Zakona o Energetici, nema propratnih propisa koji bi regulisali projektovanje i izgradnju centara za sušenje, skladištenje i doradu poljoprivrednih proizvoda. Sušenje je jedna od osnovnih tehnoloških operacija u industriji prerade hrane. Skrenuta je pažnja na izuzetno veliki utrošak energije na postrojenjima za sušenje. Neka od predloženih rešenja su racionalizacija potrošnje energije na postojećim postrojenjima i usvajanje novih ekonomičnijih postrojenja baziranih na novim tehnologijama. Ovim radom učinjen je jedan osvrt na dostupnu literaturu i istraživanja velikog broja internacionalnih autora koji se bave naprednim tehnologijama sušenja, unapređenjem energetske efikasnosti sistema sušenja kao i ekološkim aspektima sušenja u cilju obezbeđenja održivog razvoja.

Ključne reči: *sušenje, savremene tehnologije, eksergija, efikasnost, ekologija.*

APPLICATION OF MODERN DRYING TECHNOLOGY IN THE FOOD PROCESSING INDUSTRY

Ivan Zlatanović

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agriculture engineering,
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

Abstract: Large number of conferences, seminars and roundtables on the topic of implementation of energy efficient technologies, took place in the Republic of Serbia, in a past few years. It was concluded that the Republic of Serbia has no accompanying regulations, except for Energy Law, that would regulate the design and construction of centers for drying, storage and processing of agricultural products. Drying is one of the major technological operations in the food processing industry. Attention was drawn to a very large consumption of energy on drying units. Some of the proposed solutions are the rationalization of energy consumption in existing plants and adoption of new cost-effective systems based on new technologies. This paper will provide a review of available publications of many international researchers that deals with advanced drying technologies, energy efficiency improvement of drying systems and environmental aspects of drying in order to ensure sustainable development.

Key words: *drying, modern technology, exergy, efficiency, ecology.*

* Kontakt autor. E-mail: ivan@agrif.bg.ac.rs

UVOD

Usvajanje i masovnija primena ekoloških (eng. „*eco-friendly*“) tehnologija sušenja je sporo usled više faktora, a kratkoročna isplativost i trenutna profitabilnost su često glavni razlozi. Istraživanja u oblasti sušenja se moraju fokusirati upravo na rešavanje ovih problema i demonstrirati mogućnosti primene alternativnih tehnologija u cilju edukacije proizvođača i korisnika sistema za sušenje.

Ovim radom se čini osvrt na literaturu i istraživanja u cilju promocije savremenih tehnologija sušenja koje su često dobijene kombinacijom postojećih tehnologija. Upotreba novih tehnologija obećava ekonomski i ekološki benefit i veliki broj istraživanja se bavi njihovom primenom u sistemima sušenja, međutim, do njihove masovnije upotrebe u Republici Srbiji na farmama i u industriji još uvek nije došlo uprkos uložnim naporima i promovisanju.

MATERIJAL I METODE RADA

Pregled literature je izvršen prema nekoliko kriterijuma kojima se objedinjuju i analiziraju publikacije, a to su razmatranja:

- 1) kombinovanih tehnologija sušenja;
- 2) postignutog kvaliteta osušenog proizvoda;
- 3) energetske efikasnosti procesa sušenja;
- 4) ekoloških aspekata sušenja.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA Kombinovane tehnologije sušenja

Krajem dvadesetog veka javljaju se različite metode sušenja za dobijanje proizvoda vrhunskog kvaliteta, kod kojih je potrošnja energije usled različitih poboljšanja procesa prenosa mase i energije, svedena na minimum.

Prema procesu sušenja opisanom u [1], dominiraju dve faze: 1. faza zamrzavanje, 2. faza kontaktno (konduktivno) sušenje u vakuumu. Kao rezultat ovakvog procesa navodi se da je proizvod veoma dobrog izgleda i njegov kapacitet rehidracije je uporediv sa kapacitetima sublimacijom osušenog materijala. Tehnologijom [2] koja kombinuje simultano osmotsko i konvektivno sušenje grožđa, koje se postiže u fluidizovanom sloju šećera i griza, sa predtretmanom potapanja u etil-oleat, vreme trajanja procesa sušenja se prepolovalo. U pojedinim publikacijama [3], posmatra se kombinovan proces sušenja u odnosu na potrošnju energije i postignut kvalitet osušenog proizvoda.

Korišćenje mikrotalasa za grejanje materijala u sistemima sušenja poslednjih godina postaje popularno. Mogućnost selektivnog grejanja mikrotalasa u kombinaciji sa pneumatskim transportom materijala koji se suši, korišćenjem prinudnog strujanja vazduha, koristi se za različite vrste proizvoda, na primer: sušenje šargarepe u tankom sloju [4] ili sušenje krompira u kriškama [5]. Kvalitet proizvoda sušenih mikrotalasila se poboljšava ukoliko se kombinuje sa osmotskim sušenjem [6]. Takođe, neka od istraživanja pokazuju da kombinacija mikrotalasnog sušenja i sušenja u vakuumu daje dobre rezultate prilikom sušenja voća [7], sušenja brusnice [8, 9] i sušenja graška [10].

Kvalitet osušenog proizvoda

Prema nekim istraživanjima [3], bez obzira na to što se među prerađenom hranom smatraju kao proizvodi sa nižim kvalitetom, osušeni prehrambeni proizvodi sve više dobijaju na popularnosti. To potvrđuje i konstantan rast tržišta sušene hrane. Analizirajući međusobni uticaj sušenja na kvalitet finalnog proizvoda [11], koncept kvaliteta je prilično složen u sektoru prehrambene industrije. Optimizacijom procesa sušenja prehrambenih

proizvoda [12] primećuje se da je koncept kvaliteta osušenog proizvoda često različit za potrošača i za industriju.

U literaturi se kvalitet finalnog proizvoda često povezuje sa onim osobinama koje su prihvatljive potrošačima. Tako je, na primer, rehidracija najviše istraživani parametar kvaliteta, pored boje i skupljanja [13]. Brojni autori [13-18] razmatraju kinetiku sušenja pojedinih namirnica, utvrđuju razne faktore koji utiču na promenu kvaliteta i bave se kontrolom parametara radi postizanja željenog kvaliteta finalnog proizvoda, na primer: parametar promene boje kao jedan od bitnih faktora kvaliteta [13], skupljanja (kontrakcije) proizvoda tokom sušenja [19-21] ili promene u teksturi i fizičkoj strukturi sušenog materijala i utvrđuje njihov uticaj na rekonstrukciju i rehidraciju, kao i na organoleptičke karakteristike kao što je osećaj u ustima [22]. U istraživanjima [23] koja obrađuje problematiku sušenja voća i povrća, vrši se podvrgavanje voća i povrća različitim podtretmanima (potapanje u alkalne rastvore, beljenje, i slično) radi poboljšanja i održavanja njihovih karakteristika prilikom sušenja. Za očuvanje boje osušenog proizvoda koristi se tretman sumpor-dioksidom. Sumpor-dioksid i sulfiti deluju kao inhibitori aktivnosti enzima i sprečavaju promenu boje. Vezu između parametara sušenja i promene kvaliteta proizvoda moguće je opisati i posebnim metodama [24, 25].

Osobine koje bitno utiču na kvalitet, mogu se svrstati u nekoliko grupa [24]:

- 1) Strukturne osobine (*gustina, poroznost, veličina pora, specifična zapremina, ...*)
- 2) Optičke osobine (*boja, izgled, ...*)
- 3) Mehaničke osobine (*otpornost na pritisak i istezanje, ...*)
- 4) Termička svojstva (*staklasto, kristalno ili gumeno stanje proizvoda, ...*)
- 5) Čulne osobine (*miris, ukus, aroma, ...*)
- 6) Nutritivna svojstva (*vitamini, proteini, ...*)
- 7) Rehidracione osobine (*stepen rehidracije, kapacitet rehidracije, ...*)

Karakteristike kvaliteta su pod uticajem mnogobrojnih faktora koji se javljaju tokom sušenja, ali sve one su na kraju povezane sa temperaturom sušenja i dinamikom uklanjanja vlage iz materijala. Jedinstveni zaključak, izveden razmatranjem publikacija prethodno pomenutih autora, jeste da dovedena toplota i vreme izlaganja proizvoda na povišenoj temperaturi i toplom vazduhu prilikom sušenja, utiču na nutritivni kvalitet prehrambenih proizvoda. On pokazuje postojanje velikih hemijskih promena koje se dešavaju tokom sušenja, kao što su dobijanje braon boje, oksidacija lipida i gubitak originalnih prirodnih boja. Takođe, proces sušenja utiče i na rehidraciju, rastvorljivost, izgled teksture i gubitak arome. Povišene temperature sušenja i perioda izlaganja materijala utiču na njegovu hranljivost, sadržaj vitamina i proteina, kao mikrobiološka strukturu materijala. Pokazano je da postoji primetan gubitak vitamina C i vitamina A tokom sušenja. Takođe, gubitak prirodnih pigmenata kao što su karotenoidi, hlorofil i ksantofil je povezan sa promenom boje sušenog voća i povrća. Iako je promena boje ponekad povezana sa neželjenim hemijskim promenama koje se dešavaju u materijalu, pravi problem je u (ne)prihvatanju od strane konzumera. Očuvanje ovih pigmenata tokom dehidracije je veoma važno uglavnom da bi proizvod bio atraktivan i prihvatljiv za potrošače.

Efikasnost procesa sušenja. Eksnergija

Eksnergija predstavlja rad koji je dostupan u gasovitom, tečnom i čvrstom materijalu, kao rezultat njegovog neravnoteženog stanja u odnosu na neko referentno stanje. Što je sistem udaljeniji od stanja ravnoteže, to je veći rad koji se iz njega može dobiti. Koncept eksnergije proizilazi iz Drugog zakona termodinamike i o njegovom smislu govorili su razni autori [26-36].

U pristupu razmatranja pojma eksergije postoji manji nedostatak [31]. Naime, prema Drugom zakonu termodinamike sistem teži stanju ravnoteže koje je u neku ruku stanju haosa, a obzirom na to da je takvo stanje haosa teško opisati jasnim uslovima i definicijama, pravila za opisivanje eksergije (koja je dostupna iz bilo kog izvora) mogu biti razvijena uz pomoć raznih pojava (struja, magnetno polje, difuzioni tok, hemijski potencijali, inercija, gravitacija itd.). Međutim, u savremenim eksergetskim analizama gravitacija i inercija se obično zanemaruju.

Pojedini autori [37, 38] predlažu uvođenje sistema nomenklature i simbola za eksergetsku analizu. Razvijanje eksplicitne jednačine eksergije i energije bila bi korisna u suočavanju sa pojavama kao što su prenos i unutrašnja konverzija energije [39]. Ovakvo razmatranje je zasnovano na proceni rada koji je dostupan na različitim mestima u sistemu, na osnovu čega identifikuje potencijalne gubitke. Raspoloživ rad se izračunava na osnovu konačne reference o odvodnoj toploti. Osnovni postupak za sprovođenje eksergetske analize sistema je prvo utvrđivanje vrednosti eksergije na stacionarnom stanju tačaka u sistemu, a potom i uzroka eksergetske promene u procesu koji se javlja među tačkama u sistemu. Opšte jednačine eksergije mogu biti formirane kao zbir svih eksergija koje doprinose raspoloživom radu u datoj tački.

Uobičajen je pristup u eksergetskoj analizi koji se sreće u literaturi jeste da se u analiziranom sistemu identifikuju svi elementi koji doprinose povećanju raspoloživog rada, dok su gubici eksergije u sistemu generisani kroz nepovratnost odgovarajućih procesa, prouzrokovanu neidealnim performansama u realnim uslovima [35].

Izdvajaju se tri načina formulisanja eksergetske efikasnosti [35]:

- 1) Jednostavna efikasnost
(predstavlja odnos ukupne izlazne eksergije i ulazne eksergije);
- 2) Racionalna efikasnost
(predstavlja odnos željene izlazne eksergije i upotrebljene eksergije);
- 3) Efikasnost eksergije u tranzitu
(isključuje netransformisane eksergetske oblike iz jednostavne efikasnosti).

Eksergetskom analizom možemo upoređivati realne performanse u odnosu na one u kojima ne postoji ili postoji malo potrebne pogonske sile procesa, tj da je eksergetski gubitak veći onda kada je veća i pogonska sila procesa [40]. Do sličnih zapažanja se dolazi i kod sistema u prehrambenoj industriji [41, 42]. Teoretski gledano, jedini neizbežni gubitak kod sušare sa toplotnom pumpom jeste onaj koji se javlja usled vlaženja vazduha u komori sušare [43]. Ovo je u potpunoj suprotnosti sa konvencionalnim sušarama kod kojih grejanje samog procesa predstavlja gubitak. Neizbežni gubici su u uskoj vezi sa termodinamičkim gubicima u sušari sa toplotnom pumpom, a autor primećuje da se dobrim dizajnom sušare ovi gubici mogu značajno umanjiti. Eksergetska analiza sušenja pomoću toplotne pumpe može se sprovesti na nivou fizičkih i hemijskih procesa u sistemu [44]. U ovakvim analizama je često upotrebljavan termin "eksergetska promena mešanja" za adijabatski proces zasićenja vazduha u komori za sušenje. Eksergetsku analizu procesa sušenja je poželjno uraditi prilikom razmatranja sušenja na višim temperaturama [45].

Ekološki aspekti sušenja

U industrijski razvijenim zemljama, gde je svest o zaštiti životne sredine na višem nivou, specijalnim protokolima se uređuje proizvodnja i primena odgovarajuće tehnologije sušenja uzimajući u obzir različite uticajne faktore još u ranim fazama projektovanja instalacije za sušenje.

Tako, na primer, Agencija za zaštitu životne sredine SAD, *US EPA* (skraćeno od eng. *United States Environmental Protection Agency*), zahteva da se pri dizajniranju sistema sušenja posebno obrati pažnja na:

- 1) karakteristike materijala koji se suši,
- 2) kontrolu produkcije prašine i čestica prilikom sušenja,
- 3) skladištenje osušenog proizvoda,
- 4) kontrolu vlage i temperature u materijalu radi sprečavanja bakteriološke neispravnosti,
- 5) položaj sistema sušenja u odnosu na kanalizacione sisteme,
- 6) kapacitete sistema i infrastrukture na koju se povezuje,
- 7) prikupljanje i skladištenje otpadnog materijala,
- 8) energetske efikasnosti postrojenja,
- 9) bezbednosne rizike i zaštitu na radu.

Međutim, veoma mali broj naučnika i istraživača, koji istražuju oblast sušenja, pokušava da pojam sušenja sagleda u jednom globalnom kontekstu međusobne intenzivne interakcije ovog procesa i okolne sredine. Primena ekološki odgovarajućih tehnologije u energetske inženjeringu, naročito u oblasti sušenja, može uticati na smanjenje nepovratnosti i povećanja entropije. Retki su autori koji posmatraju energetske, eksergetske i ekološke aspekte procesa sušenja iz jedne globalne industrijske perspektive [36]. Korišćenje biogasa, zemnog gasa, otpadnog gasa kod turbina i toplote čvrstih produkata sagorevanja kod direktnog sušenja, kao i pregrejane vodene pare i otpadne tople vode kod indirektnog načina sušenja, sve češće su predmet istraživanja [46]. Takođe, u novije vreme se razmatraju pravljenje i korišćenje različitih peleta od biomase i njihovo korišćenje u sistemima sušenja kao energenta [47].

ZAKLJUČAK

Većina publikacija vezanih za sušenje imaju jedan zajednički zaključak, a to je da je sušenje jedna od energetske najintenzivnijih operacija u procesnoj industriji.

U odsustvu univerzalnog okvira za utvrđivanje efikasnosti sušenja, eksergetska analiza se čini kao pogodna tehnika. Međutim, eksergetska analiza samo ukazuje na potencijal ili mogućnosti unapređenja procesa rada, ali ne može navesti da li je, ili nije, moguće ostvariti poboljšanje ili koliko bi ono bilo ekonomski racionalno.

O kvalitetu finalnog proizvoda konačan sud imaju potrošači u vidu potražnje, čime se podstiče konkurentnost među proizvođačima, koji su time prisiljeni da vode računa o ekonomičnijem poslovanju i proizvodnji sa jedne strane, a da odgovarajućim kvalitetom sirovine i adekvatnom opremom za preradu obezbede kvalitet sa druge strane.

LITERATURA

- [1] Kompany, E., Allaf, K., Bouvier, J.M., Guigon, P., Maureaux, A. 1991. A new drying method of fruits and vegetables - quality improvement of the final product. *In: Drying 91*, Mujumdar, A.S. and I. Filkova, eds., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 499-506.
- [2] Grabowski, S., Mujumdar, A.S., Ramaswamy, H.S., Strumillo, C. 1994. Osmo-convective drying of grapes in a fluidized bed of sugar and semolina. *In: Drying 94 - Proceedings of the 9th International Drying Symposium*, Gold Coast, Australia, 921-928.
- [3] Strumillo, C., Adamiec, J. 1996. Energy and quality aspects of food drying. *Drying Tech*, 14(2): 423-448.
- [4] Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S., Raghavan, G.S.V. 1995. Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *J. Food Engng.*, 25: 283-293.
- [5] Al-Duri, B., McIntyre, S. 1991. Comparison of drying kinetics of foods using a fan assisted convection oven, a microwave oven and a combined microwave/convection oven. *J. Food Engng.*, 15:139-155.