



UDK: 631.536

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

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 energetske efikasne tehnologije. Usvojeni su zaključci da Republika Srbija, osim Zakona o Energetici, nema prateći propis 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.*

UVOD

Usvajanje i masovna 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

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

masovnije upotrebe u Republici Srbiji na farmama i u industriji još uvek nije došlo uprkos ulozenim 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 prepolovilo. 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 mikrotalasima 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 pigmenta 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 pigmenta tokom dehidracije je veoma važno uglavnom da bi proizvod bio atraktivan i prihvatljiv za potrošače.

Efikasnost procesa sušenja. Eksergija

Eksergija 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

eksergije 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 energetskom inženjstvu, 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 energetski 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.
- [6] Venkatachalapathy, K. 1998. *Combined osmotic and microwave drying of strawberries and blueberries*. Ph.D. Thesis, Dept. of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Montreal, Canada.
- [7] Drouzas, A.E., Schubert, H. 1996. Microwave a lication in vacuum drying of fruits. *J. Food Engng.*, 28:203-209.
- [8] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries I: Energy use and efficiency. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 121-143.
- [9] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries II: Quality evaluation. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 145-156.
- [10] Cohen, J.S., Ayoub, J.A., Yang, T.C. 1992. A comparison of conventional and microwave augmented freeze-drying of peas. *In: Drying 92 - Proceedings of the 8th Int. Drying Symp.*, Montreal, Canada, 585-594.
- [11] Bimbenet, J.J., Lebert, A. 1992. Food drying and quality interactions. *In: Drying 92 - Proceedings of the 8th International Drying Symposium*, Montreal, Canada, 42-57.
- [12] Banga, J.R., Singh, R.P. 1994. Optimization of air drying of foods. *J. Food Eng.*, 23:189-211.
- [13] Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J. Food Eng.*, 49:311-319.
- [14] Saravacos, G.D. 1993. Technological developments in fruit and vegetable dehydration. *In: Food Flavor, Ingredients and Composition*, Charalambous, G. ed., Elsevier Science Publishers, New York, 389-404.
- [15] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1998. Effect of drying method on physical properties of dehydrated products. *Drying '98 -Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS '98)*, Halkidiki, Greece, A: 809-816.
- [16] Krokida, M.K., Tsami, E., Maroulis, Z.B. 1998. Kinetics of colour changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Tech.*, 16: 667-685.
- [17] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Saravacos, G.D. 2001. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 36: 53-59.
- [18] Abbott, J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- [19] Lozano, J.E., Rotstein, E., Urbicain, M.J. 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs at changing moisture contents. *J. Food Sci.*, 48(5): 1497-1502, 1553.

- [20] Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1994. Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. *Drying Tech.*, 12(7): 1653-1666.
- [21] Sjöholm, I., Gekas, V. 1995. A le shrinkage upon drying. *J. Food Engng.*, 25: 123-130.
- [22] Pendlington, S., Ward, J.P. 1965. Histological examination of some air dried and freeze dried vegetables. *Proc. 1st International Congress of Food Science and Technology*, 4: 55-65.
- [23] Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Industrial Drying*, 3ed, Marcel Dekker, Inc., NY.
- [24] Krokida, M., Maroulis, Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 61-106.
- [25] Senadeera, W., Bhandari, B., Young, G., Wijesinghe, B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 149-166.
- [26] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 1: availability. *J. Mech. Engng. Sci.*, 16(3): 160-173.
- [27] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 2: irreversibility. *J. Mech. Engng. Sci.*, 16(4): 258-267.
- [28] Soma, J. 1983. Exergy and productivity. *Energy Engng.*, 80(2): 9-18, 1974.
- [29] McCauley, J.F. 1983. A simplification of the second law of thermodynamics. *Energy Engng.*, 80(3): 51-65,
- [30] OToole, F., McGovern, J.A. 1990. Some concepts and conceptual devices for exergy analysis. *J. Mech. Engng. Sci. - Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 24: 329-340,
- [31] McGovern, J.A. 1990. Exergy analysis - a different perspective on energy Part 1: the concept of exergy. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: Journal of Power and Energy*, 204: 253-268.
- [32] Moran, M.J., Sciubba, E. 1994. Exergy analysis: principles and practice. *Trans. ASME - J. Engng. for Gas Turbines and Power*, 116: 285-290,
- [33] Brodyansky, V.M., Sorin, M.V., Le Goff, P. 1994. *The Efficiency of Industrial Processes: Exergy Analysis and Optimization*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- [34] Cornelissen, R.L. 1997. *Thermodynamics and Sustainable Development - The use of Exergy Analysis and the reduction of Irreversibility*. Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands.
- [35] Dincer, I. 2000. Energetic, exergetic and environmental aspects of drying systems. *Proceedings of the 12th Int. Drying Symp. (IDS 2000)*, Leeuwenhorst, The Netherlands, Aug 28-31, 2000 (CD-ROM), Paper #18.
- [36] Dincer, I., Cengel, Y.A. 2001. Energy, entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering. *Entropy*, 3:116-149.
- [37] Kestin, J. 1980. Availability: the concept and associated terminology. *Energy*, 5: 679-692.
- [38] Kotas, T.J., Mayhew, Y.R., Raichura, R.C. 1995. Nomenclature for exergy analysis. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: J. Power and Energy*, 209: 275-280,
- [39] Dunbar, W.R., N. Lior, Gaggioli, R.A. 1992. The component equations of energy and exergy. *Trans. ASME - J. Energy Res. Tech.*, 114:75-83.
- [40] Feng, X., Zhu, X.X., Zheng, J.P. 1996. A practical exergy method for system analysis. *Proceedings of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 96*, Washington, D.C., 2068-2071.
- [41] Rotstein, E. 1983. The exergy balance: A diagnostic tool for energy optimization. *J. Food Sci.*, 48: 945-950,
- [42] Larson, D.L., Cortez, L.A.B. 1995. Exergy analysis: essential to effective energy management. *Trans. ASAE*, 38(4): 1173-1178.

- [43] Carrington, C.G., Baines, P.G. 1988. Second law limits in convective heat pump driers. *Intl. J. Energy Res.*, 12:481-494.
- [44] Ying, Y., Canren, L. 1993. The exergetic analysis of heat pump drying system. *Proc. 28th InterSociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 93*, Atlanta, GA, I: 913-917.
- [45] Topic, R. 1995. Mathematical model for exergy analysis of drying plants. *Drying Tech.*, 13(1&2): 437-445.
- [46] Moss, L., Sapienza, F. 2005. Presented at *Managing Biosolids: A Toolbox for Texas*, hosted by the Water Environment Association of Texas, Austin, Texas.
- [47] Dolak, I., Murthy, S., Bauer, T. 2001. Impact of Upstream Processes on Heat-drying Technology. In *Proceedings of the Water Environment Federation, American Water Works Association and California Water Environment Association Specialty Conference, Biosolids 2001*: Building Public Su ort. Arlington, VA: Water Environment Federation,

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.*

Datum prijema rukopisa: 10.10.2012.
Paper submitted:
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 16.10.2012.
Paper revised:
Datum prihvatanja rada: 21.10.2012.
Paper accepted: