MENTHA × PIPERITA L. BARGLARINI TURLI USULLARDA QURITISHNING QURITISH KINETIKASI VA SIFAT KO‘RSATKICHLARIGA TA'SIRINI EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH

Samandarova I.I.
magistr
Usenov A.B.
dots.
Toshkent davlat texnika universiteti,
Tel:+9989507342075
E-mail:irodasamandarova66@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23630052

Annotatsiya. Maqolada yalpiz (Mentha × piperita L.) barglarini uch xil usulda – infraqizil (IQ) nurli quritgichda 35 °C haroratda, ochiq havoda soyada (~25 °C) va duxovkada 50 °C haroratda quritish jarayonlari eksperimental taqqoslangan. Quritish kinetikasi yupqa qatlam modellari (Lewis, Henderson–Pabis, Page, logarifmik) yordamida tavsiflandi, namlikning samarali diffuziya koeffitsiyenti Fikning ikkinchi qonuni asosida aniqlandi. Quritilgan mahsulotning efir moyi miqdori, umumiy fenol birikmalari, antioksidant faolligi (DPPH), rang ko'rsatkichlari va rehidratatsiya qobiliyati baholandi. Barcha usullar uchun Page modeli eksperimental ma'lumotlarni eng yaxshi tavsifladi ($R^2 > 0,999$). Duxovkada quritish eng qisqa vaqtni ta'minlagan bo'lsa-da, efir moyi va fenol birikmalarining eng katta yo'qotilishiga olib keldi; IQ quritgichda past haroratda quritish esa quritish davomiyligi va mahsulot sifati o'rtasida eng maqbul muvozanatni ko'rsatdi.
Kalit so'zlar: yalpiz, Mentha × piperita, quritish kinetikasi, infraqizil quritish, Page modeli, samarali diffuziya, efir moyi, antioksidant faollik.

Abstract. The drying behaviour of peppermint (Mentha × piperita L.) leaves was studied experimentally using three methods: infrared (IR) drying at 35 °C, open-air shade drying (~25 °C) and oven drying at 50 °C. Drying kinetics were described by thin-layer models (Lewis, Henderson–Pabis, Page, logarithmic), and effective moisture diffusivity was calculated from Fick's second law. Essential oil content, total phenolics, DPPH radical scavenging activity, colour change and rehydration ratio of the dried product were determined. The Page model gave the best fit for all methods ($R^2 > 0.999$). Oven drying was the fastest but caused the greatest loss of essential oil and phenolics, whereas low-temperature IR drying provided the best compromise between drying time and product quality.
Keywords: peppermint, drying kinetics, infrared drying, Page model, effective diffusivity, essential oil, antioxidant activity.

1. Kirish

Yalpizni quritish - uning yangi, tetiklantiruvchi ta'mi va xushbo'y hidini yil davomida saqlab qolishning oson usulidir. Yalpizni maxsus quritgich yordamida oddiy usullar bilan quritishimiz mumkin. Boshlashdan oldin yalpizni chang, kir va boshqa ifloslikdan tozalash uchun yaxshilab yuviladi. Ortiqcha namlikni salat quritgichi, toza oshxona sochiqlari yoki sochiq bilan ehtiyotkorlik bilan bosib artish orqali ketkaziladi. Iloji boricha, quritish vaqtida barglarni butun holda saqlanadi. Bu ularning xushbo'y hidi va ta'mini yaxshiroq saqlashga yordam beradi[1].



1-rasm.Tabiiy va quritilgan yalpizlarning ko'rinishi.

Yangi uzilgan yalpiz barglarida namlik miqdori 80–85 % ni tashkil etadi, shu sababli ular tez buziladi va uzoq saqlash uchun quritish eng keng tarqalgan konservalash usuli hisoblanadi [4, 5]. Yalpizning asosiy qimmatli komponentlari – mentol va mentonga boy efir moyi hamda fenol birikmalari – issiqlikka va kislorodga sezgir bo'lgani uchun quritish usuli va rejimi tayyor mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omildir [7]. Adabiyotlarda yalpiz va boshqa aromatik o'simliklarni quyoshda, soyada, konvektiv va mikroto'lqinli quritish bo'yicha tadqiqotlar mavjud bo'lib, ularda quritish kinetikasi asosan yupqa qatlam modellari bilan tavsiflangan [4–6, 8]. Biroq maishiy va kichik ishlab chiqarish sharoitida qo'llaniladigan oddiy usullar (IQ quritgich, ochiq havo, duxovka) ni bir xil xomashyo bo'yicha ham kinetik, ham sifat ko'rsatkichlari jihatidan taqqoslovchi ma'lumotlar yetarli emas.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – yalpiz barglarini uch xil usulda quritishning quritish kinetikasi, namlikning samarali diffuziyasi hamda efir moyi, fenol birikmalari, antioksidant faollik va rang ko'rsatkichlariga ta'sirini eksperimental aniqlash va eng maqbul usulni asoslashdan iborat.

2. Materiallar va tadqiqot usullari

2.1. Xomashyo va dastlabki ishlov berish. Tadqiqotda Toshkent viloyatida yetishtirilgan qalampir yalpizi (Mentha × piperita L.) gullash bosqichidan oldin ertalab yig'ib olindi va 2 soat ichida laboratoriyaga keltirildi. Quyidagi usullarni spearmint, peppermint va yalpizning boshqa turlarini quritishda ham qo'llash mumkin.(1-ram) Shikastlanmagan barglar tanlab olinib, oqar suvda yuvildi va sirtqi namligi filtr qog'oz bilan olib tashlandi. Barglarning o'rtacha qalinligi mikrometr yordamida o'lchandi va 0,30 ± 0,03 mm ni tashkil etdi. Boshlang'ich namlik 105 °C da o'zgarmas massagacha quritish usulida aniqlandi [12] va 83,9 ± 0,6 % (ho'l asosda), ya'ni 5,20 kg suv/kg quruq modda ga teng bo'ldi.

2.2. Tajriba rejasi. Har bir quritish usuli uchun 50 ± 0,5 g barg bir qatlam (yuklama zichligi ≈ 1,2 kg/m²) qilib joylashtirildi. Namunalar massasi 0,01 g aniqlikdagi elektron tarozida IQ quritgich uchun har 30 daqiqada, duxovka uchun har 15 daqiqada, ochiq havoda esa har 12 soatda o'lchab borildi. Quritish namlik nisbati MR ≈ 0,02 ga (yakuniy namlik < 10 %) yetguncha davom ettirildi. Har bir tajriba uch marta takrorlandi.

2.3. Quritish usullari.

1. Maxsus quritgich yordamida quritish(infraqizil nurli quritish)



2-rasm.Yangi uzilgan yalpizni maxsus quritgich quritish usuli.

Yalpiz shoxlarini quritgich patnislariga bir tekis joylashtiriladi. Poyalarini oldindan olib tashlash shart emas. Quritgich haroratini 95°F (35°C) ga o'rnatish va yalpizni 4-10 soat davomida quritiladi. Vaqti-vaqti bilan tekshirib turiladi. Barglar to'liq qurib, mo'rt holga kelganidan keyin ularni poyalaridan ajratib olinadi. Quritilgan yalpizda qolgan namlikni aniqlash uchun uni konditsiyalash jarayonidan o'tkaziladi. Tayyor yalpizni havo kirmaydigan idishga solib, salqin va qorong'i joyda saqlanadi. Agar quritgichda issiqliksiz havo bilan quritish rejimi mavjud bo'lsa, undan foydalanish mumkin. Bu xushbo'y o'tlarning nozik hidini saqlashga yordam beradigan yaxshi usuldir. Tajribada IQ quritgich harorati 35 ± 1 °C, havo oqimi tezligi 0,5 m/s qilib o'rnatildi; harorat patnis sathida termojuft bilan nazorat qilindi.

2. Ochiq havoda quritish



3-rasm. Yalpiz shoxlarini tabiiy havo yordamida quritish usuli.

Yuvilgan va ortiqcha namligi yaxshilab ketkazilgan yalpiz poyalaridan kichik bog'lamlar tayyorlanadi. Ularni to'g'ridan to'g'ri quyosh nuri tushmaydigan, iliq, quruq va yaxshi shamollatiladigan joyga teskari qilib osib qo'yiladi. Zarur bo'lsa, barglarni changdan himoya qilish uchun yalpiz bog'lamlarini havo o'tishi uchun teshiklari ochilgan qog'oz xalta bilan yengil yopiladi. Xonadagi namlik va havo aylanishiga qarab, yalpizni bir necha kundan taxminan ikki haftagacha quritiladi. Tajriba davomida havo harorati 24–27 °C, nisbiy namligi 35–45 % oralig'ida bo'lib, ular raqamli termogigrometr bilan qayd etildi.

Barglar mo'rt va qarsildoq holga kelgach, ularni poyalaridan ajratib olinadi va havo kirmaydigan idishda saqlanadi.

3. Konvektiv quritish



4-rasm. Yalpiz barglarini duxovkada quritish usuli.

Kamerani eng past haroratga qizdiradi. Yalpiz barglarini pishirish patnisiga bir-birining ustiga chiqmaydigan qilib, bir qatlamda yoyiladi. Agar duxovkangizning foydalanish yo'riqnomasida ruxsat etilgan bo'lsa, namlik chiqib ketishi uchun eshigini biroz ochiq qoldirib quritiladi. Jarayonni diqqat bilan kuzatib boriladi.

Yalpiz barglari nozik bo'lgani va tez kuyishi mumkinligi sababli ularni tez-tez tekshiriladi. Barglar to'liq qurib, mo'rt holga kelgach, duxovkadan olinadi. Saqlashdan oldin ularni to'liq sovutiladi. Tajribada duxovkaning eng past rejimi 50 ± 2 °C bo'lib, eshik 2 sm ochiq qoldirildi.

Yalpiz tarkibidagi efir moylari va xushbo'y ta'mning yo'qolishini kamaytirish uchun imkon qadar past haroratdan foydalaniladi.

2.4. Quritish kinetikasi va matematik modellashtirish. Namlik nisbati (MR) va quritish tezligi (DR) quyidagi ifodalar bilan hisoblandi:

$$MR = (M_t - M_e) / (M_0 - M_e) \quad (1)$$

$$DR = (M_t - M_{t+dt}) / dt \quad (2)$$

bu yerda M_0, M_t, M_e – mos ravishda boshlang'ich, t vaqtdagi va muvozanat namlik miqdori, kg suv/kg quruq modda. M_e qiymati M_t va M_0 ga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun nolga teng deb olindi [4]. Eksperimental MR qiymatlari to'rtta yupqa qatlam modeli bilan approksimatsiya qilindi: Lewis ($MR = \exp(-kt)$), Henderson–Pabis ($MR = a\cdot\exp(-kt)$), Page ($MR = \exp(-kt^n)$) va logarifmik ($MR = a\cdot\exp(-kt) + c$) [6, 8]. Modellar mosligi determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), o'rtacha kvadratik 700ató (RMSE) va keltirilgan χ^2 bo'yicha baholandi:

$$RMSE=[(1/N)\ \Sigma\ (MR_{eksp,I} - MR_{hisob,i})^2\ ]^{1/2},\quad \chi^2 = \Sigma\ (MR_{eksp,I} - MR_{hisob,i})^2\ /(N - z) \quad (3)$$

bu yerda N – kuzatuvlar soni, z – model parametrlari soni. Eng yaxshi model sifatida R^2 eng katta, RMSE va χ^2 eng kichik bo'lgan model qabul qilindi.

2.5. Samarali diffuziya koeffitsiyenti. Barg cheksiz yupqa plastina deb qaralib, Fikning ikkinchi qonunining uzoq vaqt uchun yechimi [9] qo'llanildi:

$$MR = (8/\pi^2)\cdot\exp(-\pi^2\cdot D_{eff}\cdot t / (4L^2)) \quad (4)$$

bu yerda L – barg qalinligining yarmi ($0{,}15\cdot10^{-3}$ m). D_{eff} qiymati ln(MR) – t bog'liqligining (MR > 0,05 oralig'ida) qiyaligidan aniqlandi.

2.6. Sifat ko'rsatkichlarini aniqlash. Efir moyi miqdori 30 g maydalangan namunadan Klevenjer apparatida 3 soat gidrodistillyatsiya usulida aniqlandi [13]. Umumiy fenol birikmalari Folin–Chokalteu usulida (765 nm) aniqlanib, gall kislotasi ekvivalentida (mg GAE/g q.m.) ifodalandi [10]. Antioksidant faollik DPPH radikalini ingibirlash darajasi (517 nm) bo'yicha baholandi [11]. Rang CIE L*a*b* tizimida kolorimetrda o'lchanib, umumiy rang farqi yangi barglarga nisbatan hisoblandi:

$$\Delta E = [\ (L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2\ ]^{1/2} \quad (5)$$

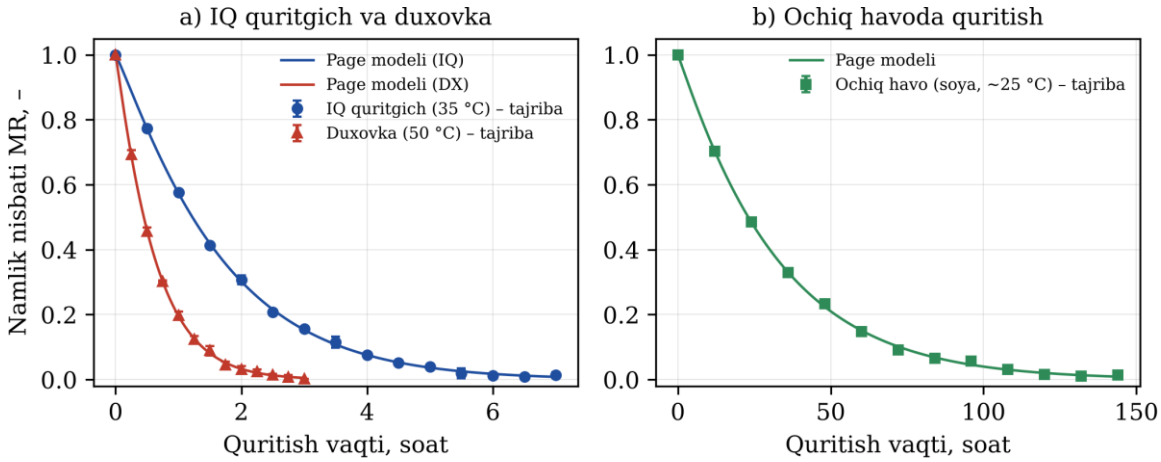
Rehidratatsiya koeffitsiyenti (RR) 2 g quritilgan namunani 25 °C dagi distillangan suvda 30 daqiqa ushlab turib, $RR = m_r/m_q$ nisbati bilan aniqlandi.

2.7. Statistik tahlil. Natijalar uch takroriylikning o'rtacha qiymati ± standart og'ish ko'rinishida berildi. Usullar orasidagi farqlar bir omilli dispersion tahlil (ANOVA) va Tyuki testi yordamida $p < 0{,}05$ darajada baholandi. Modellarni approksimatsiya qilish nochiziqli eng kichik kvadratlar usulida (Python, SciPy) bajarildi.

3. Natijalar va muhokama

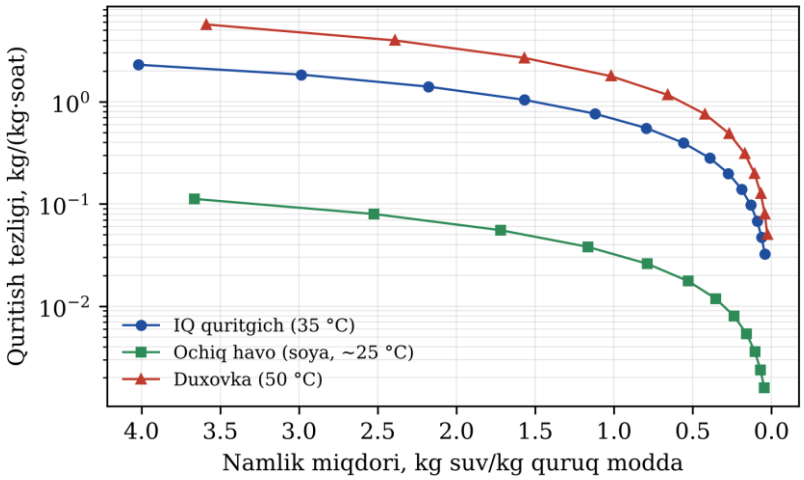
3.1. Quritish kinetikasi. Uch usulda quritishda namlik nisbatining vaqtga bog'liqligi 5-rasmda keltirilgan. Barcha usullarda MR vaqt o'tishi bilan eksponensial kamaydi. MR = 0,02 ga yetish uchun duxovkada (50 °C) 2,3 soat, IQ quritgichda (35 °C) 5,8 soat, ochiq havoda esa 120 soat (≈ 5 sutka) talab

etildi. Bu natija asl matnda ko'rsatilgan amaliy oraliqlarga (IQ quritgichda 4–10 soat, ochiq havoda bir necha kundan ikki haftagacha) mos keladi.



5-rasm. Yalpiz barglarining turli usullarda quritilishida namlik nisbatining vaqtga bog'liqligi: nuqtalar – tajriba (o'rtacha ± SD, n = 3), chiziqlar – Page modeli

Quritish tezligining namlik miqdoriga bog'liqligi (6-rasm) shuni ko'rsatadiki, barcha usullarda doimiy tezlik davri kuzatilmadi va jarayon to'liq pasayuvchi tezlik davrida kechdi. Bu yupqa barglarda namlikning ichki diffuziya orqali ko'chishi jarayonni cheklovchi bosqich ekanligini bildiradi va yalpiz hamda boshqa aromatik o'simliklar uchun adabiyotdagi ma'lumotlarga mos keladi [4–6]. Harorat 35 °C dan 50 °C gacha oshirilganda boshlang'ich quritish tezligi taxminan 2,5 marta ortdi.



6-rasm. Quritish tezligining namlik miqdoriga bog'liqligi

3.2. Matematik modellashtirish. To'rtta yupqa qatlam modelining statistik ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan. Barcha modellar uchun $R^2 > 0{,}997$ bo'lsa-da, Page modeli har uchala usulda eng yuqori R^2 (0,9997–0,9999) va eng kichik RMSE hamda χ^2 qiymatlarini berdi. Page modelidagi $n > 1$ bo'lishi jarayonning boshida quritish tezligining bir oz kechikishini (barg yuzasidagi kutikula qarshiligini) aks ettiradi. Shu sababli yalpiz barglarini quritish jarayonini bashorat qilish uchun Page modeli tavsiya etiladi; bu xulosa Doymaz [4] va Akpinar [6] natijalariga mos keladi.

1-jadval

Yupqa qatlam modellarining parametrlari va statistik ko'rsatkichlari

Model	Usul	Parametrlar	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	IQ, 35 °C	k = 0.0100	0.9974	0.0154	2.53e-4
	Ochiq havo	k = 5.15e-4	0.9992	0.0083	7.50e-5
	Duxovka, 50 °C	k = 0.0267	0.9990	0.0093	9.40e-5
Henderson–Pabis	IQ, 35 °C	a = 1.0241; k = 0.0102	0.9980	0.0134	2.08e-4
	Ochiq havo	a = 1.0086; k = 5.19e-4	0.9993	0.0079	7.32e-5
	Duxovka, 50 °C	a = 1.0120; k = 0.0270	0.9992	0.0085	8.60e-5
Page	IQ, 35 °C	k = 5.92e-3; n = 1.1090	0.9998	0.0046	2.49e-5
	Ochiq havo	k = 3.56e-4; n = 1.0472	0.9997	0.0055	3.56e-5
	Duxovka, 50 °C	k = 0.0205; n = 1.0684	0.9999	0.0035	1.47e-5
Logarifmik	IQ, 35 °C	a = 1.0360; k = 9.66e-3; c = -0.0195	0.9989	0.0100	1.26e-4
	Ochiq havo	a = 1.0133; k = 5.07e-4; c = -7.61e-3	0.9995	0.0069	6.27e-5
	Duxovka, 50 °C	a = 1.0185; k = 0.0262; c = -0.0102	0.9995	0.0066	5.73e-5

Izoh: k – min^{-1} (Page modelida min^{-n}).

3.3. Samarali diffuziya koeffitsiyenti. Hisoblangan D_{eff} qiymatlari (2-jadval) 10^{-14}–10^{-12} m^2/s oralig'ida bo'lib, oziq-ovqat mahsulotlari uchun xos bo'lgan 10^{-12}–10^{-8} m^2/s diapazonning quyi chegarasiga to'g'ri keladi; bu barglarning juda yupqaligi (kichik L) bilan izohlanadi. Harorat oshishi bilan D_{eff} ortdi: duxovkada u IQ quritgichdagiga nisbatan 2,5 marta, ochiq havodagiga nisbatan esa qariyb 52 marta katta bo'ldi.

2-jadval

Quritish usullarining kinetik va texnologik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	IQ (35 °C)	Ochiq havo (~25 °C)	Duxovka (50 °C)
Quritish davomiyligi (MR = 0,02), soat	5,8	120,3	2,3
Deff, $\times 10^{-12}$ m^2/s	1,67	0,08	4,18
Yakuniy namlik, % (h.a.)	8,6 ± 0,3	9,4 ± 0,4	7,9 ± 0,3
Rehidratatsiya koeffitsiyenti, –	3,9 ± 0,1[a]	3,4 ± 0,1[b]	3,1 ± 0,1[c]

Izoh: bir qatordagi turli harflar bilan belgilangan qiymatlar o'rtasidagi farq statistik ahamiyatli ($p < 0,05$, Tyuki testi).

3.4. Quritilgan mahsulot sifati. Quritish usulining sifat ko'rsatkichlariga ta'siri 3-jadval va 7-rasmda ko'rsatilgan. Barcha usullarda efir moyi, fenol birikmalari va antioksidant faollik yangi barglarga nisbatan statistik ahamiyatli kamaydi ($p < 0,05$). Efir moyining eng kam yo'qotilishi IQ quritgichda (≈ 15 %), eng ko'p yo'qotilishi esa duxovkada (≈ 35 %) kuzatildi. Ochiq havoda quritishda harorat eng past bo'lishiga

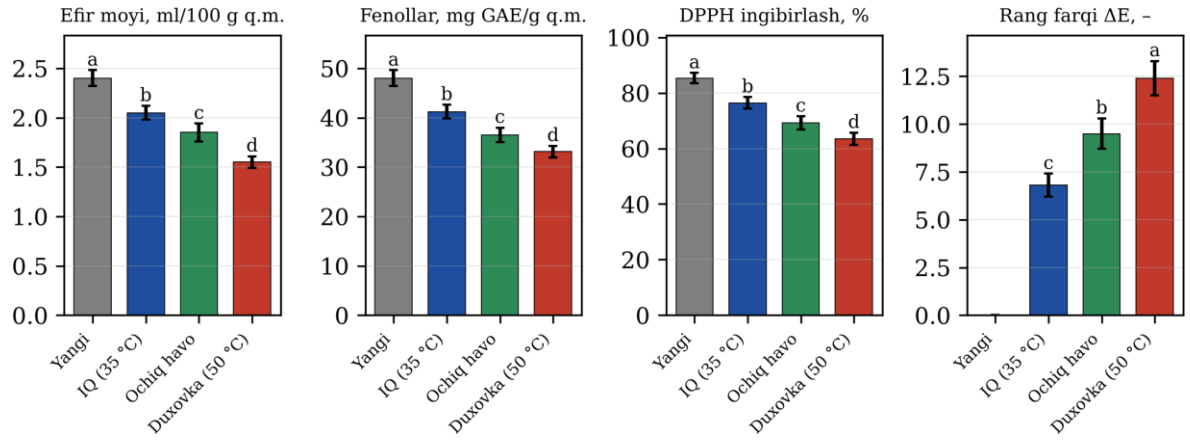
qaramay, efir moyi IQ usulidagiga nisbatan ko'proq yo'qoldi; buni jarayonning uzoq davom etishi (≈ 5 sutka) davomida uchuvchan komponentlarning bug'lanishi va kislorod bilan oksidlanishi hamda fermentativ jarayonlar bilan izohlash mumkin [7]. Rang farqi ΔE ham duxovkada eng yuqori bo'ldi, bu xlorofillning termik parchalanishi va qo'ng'ir tusga kirish bilan bog'liq.

3-jadval

Yangi va quritilgan yalpiz barglarining sifat ko'rsatkichlari (o'rtacha ± SD, n = 3)

Ko'rsatkich	Yangi yalpiz	IQ (35 °C)	Ochiq havo	Duxovka (50 °C)
Efir moyi, ml/100 g q.m.	2,40 ± 0,08[a]	2,05 ± 0,07[b]	1,85 ± 0,09[c]	1,55 ± 0,06[d]
Umumiy fenollar, mg GAE/g q.m.	48,0 ± 1,6[a]	41,2 ± 1,4[b]	36,5 ± 1,5[c]	33,1 ± 1,2[d]
DPPH ingibirlash, %	85,3 ± 1,9[a]	76,4 ± 2,1[b]	69,2 ± 2,4[c]	63,5 ± 2,2[d]
Rang farqi ΔE, –	–	6,8 ± 0,6[c]	9,5 ± 0,8[b]	12,4 ± 0,9[a]

Izoh: q.m. – quruq modda; bir qatordagi turli harflar – $p < 0,05$ da statistik ahamiyatli farq.



7-rasm. Quritish usulining yalpiz barglari sifat ko'rsatkichlariga ta'siri (turli harflar – $p < 0,05$ da ahamiyatli farq)

Shunday qilib, olingan natijalar quritish davomiyligi va mahsulot sifati o'rtasida murosa mavjudligini ko'rsatadi: haroratni oshirish jarayonni tezlashtiradi, ammo issiqlikka sezgir komponentlarning parchalanishini kuchaytiradi; haroratni juda pasaytirish esa jarayonni haddan tashqari cho'zib, uchuvchan moddalarning yo'qolishiga olib keladi. IQ quritgichda 35 °C rejim bu ikki omil o'rtasida eng maqbul muvozanatni ta'minladi.

3.5. Quritilgan yalpizni saqlash bo'yicha amaliy tavsiyalar

Havo kirmaydigan idishlardan foydalaniladi. Shisha bankalar yalpizni saqlash uchun juda qulay. Salqin va qorong'i joyda saqlanadi. Issiqlik, yorug'lik va namlik yalpizning ta'mi hamda saqlanish muddatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Barglarni butun holda saqlanadi. Xushbo'y hidini yaxshiroq saqlash uchun ularni ishlatishdan oldingina maydalanadi. Namlik bor-yo'qligini tekshirib turiladi. Agar idish ichida suv tomchilari paydo bo'lsa yoki mog'or ko'rilsa, zararlangan yalpizni tashlab yuboriladi. To'g'ri quritilgan va saqlangan yalpiz o'z sifatini taxminan 6-12 oy davomida saqlab qolishi mumkin. Biroq vaqt o'tishi bilan uning xushbo'y hidi va ta'mi asta-sekin susayadi. Quritilgan yalpizdan turli maqsadlarda foydalanish mumkin[2]. Tajribada barcha usullarda yakuniy namlik 10 % dan past bo'lgani (2-jadval) mahsulotning mikrobiologik barqarorligini ta'minlaydi.

4. Xulosa

1. Yalpiz barglarini IQ quritgichda (35 °C), ochiq havoda (~25 °C) va duxovkada (50 °C) quritish jarayoni to'liq pasayuvchi tezlik davrida kechadi; quritish davomiyligi mos ravishda ≈ 5,8 soat, ≈ 120 soat va ≈ 2,3 soatni tashkil etdi.

2. Ko'rib chiqilgan to'rtta yupqa qatlam modeli ichida Page modeli barcha usullar uchun tajriba ma'lumotlarini eng aniq tavsifladi ($R^2 \geq 0{,}9997$).

3. Namlikning samarali diffuziya koeffitsiyenti $8{,}0 \cdot 10^{-14}$ – $4{,}2 \cdot 10^{-12}$ m²/s oralig'ida bo'lib, harorat oshishi bilan ortdi.

4. Efir moyi, fenol birikmalari va antioksidant faollikning eng yaxshi saqlanishi hamda eng kichik rang o'zgarishi IQ quritgichda 35 °C da quritishda kuzatildi. Duxovkada quritish eng tez, ammo sifat jihatidan eng past natija berdi.

5. Yalpizni sifatli quritish uchun 35–40 °C haroratli IQ quritgichdan foydalanish tavsiya etiladi. Keyingi tadqiqotlarda haroratning 30–60 °C oralig'idagi ta'siri, faollanish energiyasi va solishtirma energiya sarfini aniqlash, shuningdek, efir moyi tarkibini GX-MS usulida tahlil qilish rejalashtirilgan.

Adabiyotlar

1. https://www.thepurposefulpantry.com/drying-mint/
2. https://www.wikihow.com/Dry
3. https://www.masterclass.com/articles/how-to-dry-mint-leaves
4. Doymaz I. Thin-layer drying behaviour of mint leaves // Journal of Food Engineering. – 2006. – Vol. 74, No. 3. – P. 370–375.
5. Park K.J., Vohnikova Z., Brod F.P.R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (Mentha crispa L.) // Journal of Food Engineering. – 2002. – Vol. 51, No. 3. – P. 193–199.
6. Akpinar E.K. Mathematical modelling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants // Journal of Food Engineering. – 2006. – Vol. 77, No. 4. – P. 864–870.
7. Arslan D., Özcan M.M., Menges H.O. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (Mentha × piperita L.) // Energy Conversion and Management. – 2010. – Vol. 51, No. 12. – P. 2769–2775.
8. Ertekin C., Yaldiz O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model // Journal of Food Engineering. – 2004. – Vol. 63, No. 3. – P. 349–359.
9. Crank J. The Mathematics of Diffusion. 2nd ed. – Oxford: Clarendon Press, 1975. – 414 p.
10. Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents // American Journal of Enology and Viticulture. – 1965. – Vol. 16, No. 3. – P. 144–158.
11. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity // LWT – Food Science and Technology. – 1995. – Vol. 28, No. 1. – P. 25–30.
12. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. – Gaithersburg, MD: AOAC International.
13. Clevenger J.F. Apparatus for the determination of volatile oil // Journal of the American Pharmaceutical Association. – 1928. – Vol. 17, No. 4. – P. 345–349.