

UO'K: 664.8.047:635.35

BROKKOLI NAVLARIDAN OLINGAN KUKUNLARDA BIOAKTIV KOMPONENTLARNING SAQLANISH BARQARORLIGI VA SIFAT KO'RSATKICHLARINING O'ZGARISHI

Nurmatov Sherzod Shakarbayevich 

Samarqand agroinnovatsiyalar va tadqiqotlar instituti tayanch doktoranti

e-mail: nurmatovsherzod1988@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada turli brokkoli duragaylaridan maqbul quritish texnologiyasi asosida olingan kukunlarning 12 oylik saqlash davrida fizik-kimyoviy sifat ko'rsatkichlari va bioaktiv komponentlarining barqarorligi baholandi. Namunalar 55°C harorat, infraqizil nurlanish va 1,5 m/s havo oqimi tezligida quritilib, saqlash davomida namlik, suv faolligi (*aw*), rang, askorbin kislota, fenolik birikmalar, flavonoidlar, xlorofill va antioksidant faollik o'zgarishlari aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, **Naxos F1** eng yuqori saqlanish barqarorligini namoyon etib, 12 oydan keyin askorbin kislotaning 83,2%, fenolik birikmalarning 88,7%, flavonoidlarning 87,9%, xlorofillning 83,5% va antioksidant faollikning 89,0% qismi saqlanib qoldi. Suv faolligi 0,33, umumiy rang farqi esa $\Delta E = 3,91$ ni tashkil etdi. **Agassi F1** ham yuqori barqarorlik ko'rsatdi. Natijalar brokkoli kukunining uzoq muddatli saqlanish xususiyatlari duragayga bog'liqligini hamda Naxos F1 va Agassi F1 yuqori sifatli kukun ishlab chiqarish uchun istiqbolli ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: brokkoli, brokkoli kukuni, duragay, saqlash barqarorligi, bioaktiv komponentlar, askorbin kislota, fenolik birikmalar, xlorofill, antioksidant faollik.

STORAGE STABILITY OF BIOACTIVE COMPONENTS AND CHANGES IN QUALITY INDICATORS OF POWDERS OBTAINED FROM DIFFERENT BROCCOLI CULTIVARS

Abstract. This study evaluated the stability of physicochemical quality attributes and bioactive components of powders obtained from different broccoli hybrids using an optimized drying technology during 12 months of storage. The samples were dried at 55°C using infrared radiation combined with an air velocity of 1.5 m/s. Changes in moisture content, water activity (*aw*), color, ascorbic acid, phenolic compounds, flavonoids, chlorophyll, and antioxidant activity were evaluated during storage. **Naxos F1** demonstrated the highest storage stability, retaining 83.2% of ascorbic acid, 88.7% of phenolic compounds, 87.9% of flavonoids, 83.5% of chlorophyll, and 89.0% of antioxidant activity after 12 months. Water activity remained at 0.33, while the total color difference was $\Delta E = 3.91$. **Agassi F1** also showed high storage stability. The results indicate that the long-term stability of broccoli powder is influenced by hybrid characteristics and suggest that Naxos F1 and Agassi F1 are promising raw materials for the production of high-quality broccoli powder.

Keywords: broccoli, broccoli powder, hybrid, storage stability, bioactive components, ascorbic acid, phenolic compounds, chlorophyll, antioxidant activity.

СТАБИЛЬНОСТЬ СОХРАНЕНИЯ БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ БРОККОЛИ

Аннотация. В статье оценена стабильность физико-химических показателей качества и биологически активных компонентов порошков, полученных из различных гибридов брокколи с применением оптимального режима сушки, в течение 12 месяцев хранения. Образцы высушивали при температуре 55°C с использованием инфракрасного излучения и скорости воздушного потока 1,5 м/с. В процессе хранения определяли изменения

влажности, активности воды (a_w), цвета, содержания аскорбиновой кислоты, фенольных соединений, флавоноидов, хлорофилла и антиоксидантной активности. Наибольшую стабильность при хранении продемонстрировал гибрид **Naxos F1**: через 12 месяцев сохранилось 83,2% аскорбиновой кислоты, 88,7% фенольных соединений, 87,9% флавоноидов, 83,5% хлорофилла и 89,0% антиоксидантной активности. Активность воды составила 0,33, а общее изменение цвета — $\Delta E = 3,91$. Высокая стабильность также отмечена у **Agassi F1**. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии гибридных особенностей на длительную сохраняемость порошка брокколи и перспективности **Naxos F1** и **Agassi F1** для производства высококачественного порошка.

Ключевые слова: брокколи, порошок брокколи, гибрид, стабильность при хранении, биоактивные компоненты, аскорбиновая кислота, фенольные соединения, хлорофилл, антиоксидантная активность.

KIRISH

Brokkoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) yuqori oziqaviy va biologik qiymatga ega sabzavot ekinlaridan biri bo'lib, uning tarkibida askorbin kislota, fenolik birikmalar, flavonoidlar, xlorofill pigmentlari, karotinoidlar, glyukozinolatlari va boshqa biologik faol moddalar mavjud. Ushbu komponentlar brokkolining antioksidant va funksional xususiyatlarini belgilab, undan biologik qiymati yuqori bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish imkoniyatini yaratadi [3, 6].

Brokkolining yuqori namligi va yig'im-terimdan keyingi faol fiziologik jarayonlari uning yangi holdagi saqlanish muddatini cheklaydi. Saqlash davomida namlik yo'qotilishi, xlorofill degradatsiyasi, rangning o'zgarishi va biologik faol moddalar miqdorining kamayishi mahsulot sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin [9]. Shu sababli brokkolini qayta ishlash va uning tarkibidagi qimmatli komponentlarni imkon qadar saqlab qoladigan texnologiyalarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy vazifalardan hisoblanadi.

Brokkolini quritish va kukun holiga keltirish mahsulot namligini kamaytirish, mikrobiologik va fermentativ jarayonlarni sekinlashtirish, saqlash muddatini uzaytirish hamda undan yil davomida foydalanish imkonini beradi. Mahalliy tadqiqotlarda ham brokkolini quritishga tayyorlash va quritish jarayonida mahsulot sifatini saqlash masalalari o'rganilgan [1]. Quritilgan brokkoli tarkibida flavonoid birikmalarning mavjudligi instrumental tahlil usullari yordamida tasdiqlangan [2].

Biroq quritish jarayonining texnologik parametrlari bioaktiv komponentlarning saqlanish darajasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Harorat, quritish davomiyligi va issiqlik uzatish usulining o'zgarishi askorbin kislota, fenolik birikmalar, pigmentlar va boshqa termolabil komponentlarning miqdoriga ta'sir qilishi mumkin [3, 4]. Turli quritish usullarini qiyosiy o'rganish natijalari ham qayta ishlash sharoiti brokkolining fitokimyoviy tarkibi va antioksidant faolligini belgilovchi muhim omil ekanligini ko'rsatadi [5, 7].

So'nggi tadqiqotlarda brokkoli va uning ikkilamchi xomashyolaridan quritilgan kukunlar olishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bunday kukunlarda fenolik birikmalar, flavonoidlar va boshqa funksional komponentlarning mavjudligi ularni oziq-ovqat mahsulotlarini biologik boyitishda istiqbolli ingredient sifatida qo'llash imkonini beradi [6, 10]. Shu bilan birga, yuqori sifatli kukun olish uning bioaktiv qiymatini butun saqlash davri davomida o'zgarmas holda saqlanishini anglatmaydi.

Quritilgan o'simlik mahsulotlarida saqlash davomida oksidlanish va boshqa fizik-kimyoviy jarayonlar davom etadi. Ularning intensivligi mahsulot namligi, suv faolligi, kislorod va yorug'lik ta'siri, qadoqlash xususiyatlari hamda saqlash davomiyligiga bog'liq. Natijada askorbin kislota, fenolik birikmalar, flavonoidlar va pigmentlarning kamayishi

mahsulotning antioksidant faolligi va organoleptik xususiyatlariga ta'sir qilishi mumkin [3, 9].

Brokkoli kukunining uzoq muddatli barqarorligini baholashda namlik va suv faolligi (aw) muhim fizik ko'rsatkichlar hisoblanadi. Shu bilan birga, tabiiy yashil rangning saqlanishi mahsulotning iste'mol xususiyatlarini tavsiflaydi. Xlorofillning degradatsiyasi natijasida yashil rang intensivligining kamayishi yuzaga kelganligi sababli rang ko'rsatkichlarini xlorofill miqdorining o'zgarishi bilan birgalikda baholash mahsulot sifatini yanada to'liq tavsiflash imkonini beradi [9].

Brokkoli xomashyosining genotipik xususiyatlari ham qayta ishlashdan keyingi mahsulot sifatiga ta'sir qilishi mumkin. Turli duragaylar boshlang'ich bioaktiv moddalar miqdori va ularning texnologik ta'sirlarga chidamliligi bilan farqlanishi sababli, bir xil quritish va saqlash sharoitida olingan kukunlarning sifat barqarorligi ham turlicha bo'lishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, Agassi F1, Ironman F1, Atlantis F1, Heraklion F1, Naxos F1, Marathon F1 va Tiburon F1 duragaylaridan olingan kukunlarni bir xil sharoitda qiyosiy o'rganish uzoq muddat saqlashga mos xomashyoni aniqlash imkonini beradi.

Avvalgi tajribalar natijasida brokkoli kukuni ishlab chiqarish uchun 55°C harorat, infraqizil nurlanish va 1,5 m/s havo oqimi tezligining kombinatsiyasi maqbul quritish rejimi sifatida aniqlangan. Mazkur texnologiyada olingan kukunlarning keyingi saqlash jarayonida bioaktiv komponentlari va fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari barqarorligini baholash ishlab chiqilgan texnologiyaning samaradorligini to'liqroq asoslash uchun zarur.

Tadqiqotning maqsadi — maqbul quritish texnologiyasi asosida Agassi F1, Ironman F1, Atlantis F1, Heraklion F1, Naxos F1, Marathon F1 va Tiburon F1 brokkoli duragaylaridan olingan kukunlarning 12 oylik saqlash davrida fizik-kimyoviy sifat ko'rsatkichlari, rang barqarorligi va bioaktiv komponentlarining o'zgarishini qiyosiy baholash hamda uzoq muddatli saqlashga eng barqaror duragaylarni aniqlashdan iborat.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot obyekti sifatida Agassi F1, Ironman F1, Atlantis F1, Heraklion F1, Naxos F1, Marathon F1 va Tiburon F1 brokkoli duragaylari tanlandi. Tajribalarda bir xil yetilish darajasidagi, mexanik shikastlanmagan va tashqi sifat ko'rsatkichlari bo'yicha talabga javob beradigan brokkoli boshlari ishlatildi. Duragaylar o'rtasidagi farqlarni obyektiv baholash maqsadida barcha namunalar bir xil texnologik sharoitda qayta ishlandi.

Brokkoli kukunini tayyorlash. Brokkoli boshlari saralandi, yuvildi va gul to'plamlari 20–30 mm o'lchamdagi fraksiyalarga ajratildi. Tayyorlangan xomashyo dastlabki texnologik ishlovdan o'tkazilgandan so'ng quritishga yuborildi.

Quritishda avvalgi tadqiqotlar asosida maqbul deb aniqlangan 55°C harorat, infraqizil nurlanish va 1,5 m/s havo oqimi tezligi kombinatsiyasidan foydalanildi. Quritish namunalarda barqaror yakuniy namlik hosil bo'lgunga qadar davom ettirildi. Quritilgan mahsulot xona haroratigacha sovutilib, laboratoriya maydalagichida maydalandi va 0,5 mm elakdan o'tkazildi.

Shunday qilib, barcha duragaylar uchun quritish va maydalash parametrlari bir xil saqlanib, tajribada asosiy o'zgaruvchi omillar sifatida duragay xususiyati va saqlash davomiyligi qabul qilindi.

Saqlash tajribasini tashkil etish. Tayyor brokkoli kukunlari namlik, kislorod va yorug'lik ta'sirini cheklovchi germetik qadoqlarga joylashtirildi. Namunalar quruq va yorug'likdan himoyalangan sharoitda 12 oy davomida saqlandi.

Mahsulot sifatidagi o'zgarishlarni aniqlash uchun tahlillar saqlash boshlanishida hamda 3, 6, 9 va 12 oy o'tgandan keyin amalga oshirildi. Saqlash boshlanishidagi ko'rsatkichlar (0 oy) nazorat qiymati sifatida qabul qilindi.

1-jadval.

Brokkoli kukunini saqlash bo'yicha tajriba sxemasi

Tajriba bosqichi	Saqlash muddati, oy	Baholanadigan asosiy ko'rsatkichlar
S0	0	Boshlang'ich sifat va bioaktiv komponentlar
S3	3	Namlik, aw, rang, bioaktiv komponentlar
S6	6	Namlik, aw, rang, bioaktiv komponentlar
S9	9	Namlik, aw, rang, bioaktiv komponentlar
S12	12	Yakuniy sifat, bioaktiv komponentlar va saqlanish darajasi

Ushbu tajriba sxemasi barcha yettita brokkoli duragayi uchun bir xil qo'llanildi. Har bir duragay va saqlash muddati bo'yicha laboratoriya tahlillari uch takrorlikda bajarildi.

Fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarni aniqlash. Brokkoli kukunining saqlanish barqarorligini baholash uchun namlik miqdori va suv faolligi (aw) aniqlandi. Mazkur ko'rsatkichlarning saqlash davridagi o'zgarishi mahsulotning fizik holati va tashqi muhit namligiga nisbatan barqarorligini baholash mezonini sifatida qabul qilindi.

Mahsulot rangining o'zgarishi CIELAB tizimida baholanib, L^* — yorug'lik darajasi, a^* — yashil-qizil rang koordinatasi va b^* — ko'k-sariq rang koordinatasi aniqlandi. Saqlash davridagi umumiy rang farqi (ΔE) boshlang'ich namuna ko'rsatkichlariga nisbatan quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$\Delta E = \sqrt{[(L^*_t - L^*_o)^2 + (a^*_t - a^*_o)^2 + (b^*_t - b^*_o)^2]}$$

bu yerda L^*_o , a^*_o va b^*_o — saqlash boshlanishidagi, L^*_t , a^*_t va b^*_t esa tegishli saqlash muddatidagi rang ko'rsatkichlaridir.

Bioaktiv komponentlarni baholash. Brokkoli kukunining biologik qiymati va uning saqlash davridagi o'zgarishini baholash uchun askorbin kislota, umumiy fenolik birikmalar, flavonoidlar, umumiy xlorofill va antioksidant faollik ko'rsatkichlari aniqlandi.

Har bir bioaktiv komponentning saqlanish darajasi boshlang'ich miqdoriga nisbatan foiz hisobida quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$R = (C_t / C_0) \times 100$$

bu yerda R — bioaktiv komponentning saqlanish darajasi, %; C_0 — komponentning saqlash boshlanishidagi miqdori; C_t — tegishli saqlash muddatidagi miqdori.

Mazkur yondashuv duragaylarning boshlang'ich kimyoviy tarkibi turlicha bo'lgan sharoitda ham ularning bioaktiv komponentlarni saqlab qolish xususiyatlarini o'zaro qiyoslash imkonini berdi.

Statistik tahlil. Tajriba natijalari o'rtacha qiymat va standart og'ish ($M \pm SD$) ko'rinishida ifodalandi. Duragay xususiyati, saqlash davomiyligi hamda ularning o'zaro ta'sirini baholash uchun ikki omilli dispersiya tahlili (two-way ANOVA) qo'llanildi. Variantlar o'rtasidagi farqlar $p < 0,05$ bo'lganda statistik jihatdan ishonchli deb qabul qilindi.

Shuningdek, xlorofill miqdori bilan rang o'zgarishi hamda fenolik birikmalar va flavonoidlarning saqlanish darajasi bilan antioksidant faollik o'rtasidagi bog'liqlikni baholash uchun korrelyatsion tahlildan foydalanildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Brokkoli kukunining saqlash jarayonida namlik va suv faolligining o'zgarishi. Brokkoli kukunining uzoq muddatli saqlanish barqarorligini baholashda namlik miqdori va suv faolligi muhim fizik-kimyoviy ko'rsatkichlar hisoblanadi. Mahsulot namligining ortishi kukunning gigroskopik xususiyatlarini kuchaytirishi, zarrachalarning yopishishi va bo'laklanishiga olib kelishi, shuningdek oksidlanish va boshqa kimyoviy jarayonlarning jadallashishiga sharoit yaratishi mumkin. +

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Maqbul quritish rejimida olingan brokkoli kukunlarining boshlang'ich namligi duragaylarga qarab 6,6–6,9% oralig'ida, suv faolligi (aw) esa 0,29–0,31 chegarasida bo'ldi. Saqlash davomiyligining ortishi bilan barcha namunalarda namlik va suv faolligining bosqichma-bosqich oshishi kuzatildi. Biroq ushbu o'zgarishlarning intensivligi duragaylar bo'yicha bir xil bo'lmadi.

2-jadval.

Turli brokkoli duragaylaridan olingan kukunlarning saqlash davomida namligi va suv faolligi (aw) o'zgarishi (2025 й).

Brokkoli duragayi	Saqlash muddati, oy	Namlik, %	Suv faolligi (aw)
Agassi F1	0	6,7 ± 0,2	0,30 ± 0,01
	3	6,9 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	6	7,1 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	9	7,3 ± 0,2	0,33 ± 0,01
	12	7,6 ± 0,2	0,34 ± 0,01
Ironman F1	0	6,8 ± 0,2	0,30 ± 0,01
	3	7,0 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	6	7,2 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	9	7,5 ± 0,2	0,34 ± 0,01
	12	7,8 ± 0,3	0,35 ± 0,01
Atlantis F1	0	6,9 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	3	7,1 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	6	7,4 ± 0,2	0,33 ± 0,01
	9	7,7 ± 0,3	0,35 ± 0,01
	12	8,0 ± 0,3	0,37 ± 0,01
Heraklion F1	0	6,7 ± 0,2	0,30 ± 0,01
	3	6,9 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	6	7,1 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	9	7,4 ± 0,2	0,33 ± 0,01
	12	7,7 ± 0,2	0,35 ± 0,01
Naxos F1	0	6,6 ± 0,2	0,29 ± 0,01
	3	6,8 ± 0,2	0,30 ± 0,01
	6	7,0 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	9	7,2 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	12	7,4 ± 0,2	0,33 ± 0,01
Marathon F1	0	6,8 ± 0,2	0,30 ± 0,01
	3	7,0 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	6	7,3 ± 0,2	0,33 ± 0,01
	9	7,6 ± 0,2	0,34 ± 0,01
	12	7,9 ± 0,3	0,36 ± 0,01
Tiburón F1	0	6,9 ± 0,2	0,31 ± 0,01
	3	7,1 ± 0,2	0,32 ± 0,01
	6	7,3 ± 0,2	0,33 ± 0,01
	9	7,6 ± 0,2	0,35 ± 0,01
	12	7,9 ± 0,3	0,36 ± 0,01

Saqlashning dastlabki uch oyida barcha namunalarda namlik miqdori atigi 0,2 foiz punktga, aw ko'rsatkichi esa 0,01 birlikka oshdi. Bu davrda duragaylar o'rtasidagi farqlar katta bo'lmaganligi mahsulotlarning dastlabki saqlash barqarorligi yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Olti oylik saqlashdan keyin duragaylar o'rtasidagi farqlar aniqroq namoyon bo'ldi. Naxos F1 kukunida namlik 7,0% va aw 0,31 darajasida saqlangan bo'lsa, Agassi F1 hamda Heraklion F1 namunalarida namlik 7,1%, aw esa 0,32 ni tashkil etdi. Shu davrda Atlantis F1 namunasida namlik 7,4% gacha, aw esa 0,33 gacha oshdi.

Saqlashning 12-oyi yakunida eng past namlik Naxos F1 namunasida qayd etilib, 7,4% ni tashkil etdi. Bu boshlang'ich 6,6% ko'rsatkichga nisbatan 0,8 foiz punktga oshganligini anglatadi. Mazkur duragayda suv faolligi ham tajriba variantlari orasida eng past — 0,33 darajasida saqlanib qoldi.

Agassi F1 namunasida 12 oydan keyin namlik 7,6%, aw 0,34 bo'lib, Naxos F1 dan keyingi eng yaxshi natijalardan biri qayd etildi. Heraklion F1 va Ironman F1 namunalarida yakuniy namlik mos ravishda 7,7 va 7,8%, suv faolligi esa har ikkala holatda 0,35 ni tashkil etdi.

Marathon F1 va Tiburon F1 duragaylarida saqlash yakunida namlik 7,9%, aw 0,36 ga yetdi. Eng yuqori namlik va suv faolligi Atlantis F1 namunasida aniqlanib, mos ravishda 8,0% va 0,37 ni tashkil etdi.

Shunday qilib, 12 oylik saqlash davomida namlik miqdorining umumiy ortishi duragaylarga qarab 0,8–1,1 foiz punkt, suv faolligining oshishi esa 0,04–0,06 birlik oralig'ida bo'ldi. Naxos F1 namlik va suv faolligining eng past yakuniy qiymatlari bilan tavsiflanib, fizik barqarorligi bo'yicha boshqa duragaylardan ustunlik qildi. Agassi F1 va Heraklion F1 namunalarida ham nisbatan yuqori saqlanish barqarorligi kuzatildi.

Barcha duragaylarda 12 oylik saqlash yakunida aw qiymatining 0,37 dan oshmaganligi muhim natija hisoblanadi. Bu tanlangan quritish rejimi va germetik qadoqlash sharoitida brokkoli kukunlarining fizik holati uzoq muddat davomida barqaror saqlanishini ko'rsatadi. 2-жадвалнинг ўзи ҳам айнан 7 та дурагай ва 0–12 ойлик динамика асосида шакллланган.

Shunga qaramay, 12 oylik saqlash yakunida barcha namunalarda aw qiymatining 0,37 dan oshmaganligi kukunning fizik barqarorligi yuqori darajada saqlanganligini ko'rsatadi. Bu esa tanlangan quritish rejimi va germetik qadoqlash sharoiti brokkoli kukunini uzoq muddat saqlash uchun qulay sharoit yaratganligini ko'rsatadi.

Bioaktiv komponentlarning saqlash davridagi o'zgarishi. Brokkoli kukunining funksional qiymatini belgilovchi asosiy omillardan biri bioaktiv komponentlarning uzoq muddatli saqlash davomida barqarorligidir. Tadqiqot natijalari barcha duragaylarda saqlash muddati uzayishi bilan askorbin kislota, fenolik birikmalar, flavonoidlar, xlorofill va antioksidant faollikning bosqichma-bosqich kamayishini ko'rsatdi. Biroq kamayish intensivligi duragayning biologik xususiyatlariga sezilarli darajada bog'liq bo'ldi.

Saqlashning dastlabki uch oyida bioaktiv komponentlarning yo'qotilishi nisbatan kam bo'ldi. Barcha duragaylarda o'rganilgan ko'rsatkichlarning asosiy qismi boshlang'ich miqdorning 94% dan yuqori darajasida saqlanib qoldi. Eng yuqori barqarorlik Naxos F1 namunasida kuzatilib, vitamin C ning 96,5%, fenolik birikmalarning 97,8%, flavonoidlarning 97,3%, xlorofillning 96,5% va antioksidant faollikning 97,9% qismi saqlanib qoldi.

Olti oylik saqlashdan so'ng duragaylar o'rtasidagi farqlar yanada aniq namoyon bo'ldi. Naxos F1 namunasida vitamin C ning 92,5%, fenolik birikmalarning 95,2%, flavonoidlarning 94,6%, xlorofillning 92,6% va antioksidant faollikning 95,3% qismi saqlangan bo'lsa, Agassi F1 ham ushbu ko'rsatkichlar bo'yicha unga yaqin natijalarni namoyon etdi.

Saqlash muddati 9 oyga yetganda bioaktiv moddalarning kamayish sur'ati kuchaydi. Shunga qaramay, Naxos F1 namunasida fenolik birikmalar 91,9%, flavonoidlar 91,2% va antioksidant faollik 92,1% darajasida saqlanib qoldi. Agassi F1 da ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 91,3; 90,5 va 91,5% ni tashkil etdi.

3-jadval.

Saqlash davomida brokkoli kukunidagi asosiy bioaktiv komponentlarning saqlanish darajasi, %

Duragay	Oy	Vitamin C	Fenolik birikmalar	Flavonoidlar	Xlorofill	Antioksidant faollik
Agassi F1	3	96,0	97,4	96,9	96,0	97,5
	6	91,8	94,7	94,0	92,0	94,8
	9	87,0	91,3	90,5	87,5	91,5
	12	82,1	88,0	87,1	82,7	88,3
Ironman F1	3	95,3	97,0	96,4	95,4	97,1
	6	90,5	93,9	93,0	90,8	94,0
	9	85,1	90,0	88,9	85,3	90,2
	12	79,4	85,9	84,6	79,7	85,8
Atlantis F1	3	94,4	96,5	95,8	94,5	96,6
	6	88,8	92,3	91,5	88,9	92,6
	9	82,6	87,6	86,3	82,5	87,9
	12	75,9	82,9	81,5	76,1	83,2
Heraklion F1	3	95,6	97,2	96,6	95,7	97,3
	6	91,0	94,2	93,5	91,3	94,4
	9	85,8	90,5	89,6	86,1	90,7
	12	80,2	86,5	85,3	80,8	86,6
Naxos F1	3	96,5	97,8	97,3	96,5	97,9
	6	92,5	95,2	94,6	92,6	95,3
	9	87,9	91,9	91,2	88,1	92,1
	12	83,2	88,7	87,9	83,5	89,0
Marathon F1	3	94,9	96,8	96,1	95,0	96,9
	6	89,7	93,3	92,4	89,9	93,5
	9	83,9	88,8	87,6	84,1	89,1
	12	77,6	84,4	82,9	77,9	84,7
Tiburon F1	3	94,7	96,6	96,0	94,8	96,8
	6	89,2	92,8	91,9	89,4	93,1
	9	83,2	88,1	86,9	83,4	88,5
	12	76,8	83,7	82,3	77,1	84,0

Duragaylar o'rtasidagi eng katta farqlar 12 oylik saqlash yakunida qayd etildi. Naxos F1 namunasida askorbin kislotaning 83,2%, umumiy fenolik birikmalarning 88,7%, flavonoidlarning 87,9%, xlorofillning 83,5% va antioksidant faollikning 89,0% qismi saqlanib qoldi. Ushbu qiymatlar barcha o'rganilgan duragaylar orasida eng yuqori natijalarni tashkil etdi.

Naxos F1 ga eng yaqin natija Agassi F1 namunasida kuzatildi. Unda 12 oydan keyin vitamin C ning 82,1%, fenolik birikmalarning 88,0%, flavonoidlarning 87,1%, xlorofillning 82,7% va antioksidant faollikning 88,3% qismi saqlanib qoldi.

Heraklion F1 va Ironman F1 duragaylari oraliq o'rinni egalladi. Atlantis F1, Marathon F1 va Tiburon F1 namunalarida esa bioaktiv komponentlarning yo'qotilishi nisbatan yuqori bo'ldi. Xususan, Tiburon F1 da 12 oy yakunida vitamin C ning 76,8%, xlorofillning 77,1% qismi saqlangan bo'lsa, Atlantis F1 da ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 75,9 va 76,1% ni tashkil etdi.

Umuman, askorbin kislota va xlorofill saqlash sharoitlariga nisbatan eng sezgir komponentlar ekanligi aniqlandi. Fenolik birikmalar va flavonoidlarning kamayish sur'ati nisbatan past bo'lib, antioksidant faollik dinamikasi ushbu birikmalarning saqlanish darajasi bilan yaqin bog'liqlikni namoyon etdi.

Olingan natijalar brokkoli kukunining bioaktiv qiymatini uzoq muddat saqlashda duragay omili muhim texnologik ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Ayniqsa, Naxos F1 va Agassi F1 duragaylaridan olingan kukunlar bioaktiv komponentlarning yuqori retention darajasi bilan ajralib turdi.

Brokkoli kukunining saqlash jarayonida rang ko'rsatkichlarining o'zgarishi. Brokkoli kukunining rangi mahsulotning organoleptik sifati va pigmentlar barqarorligini tavsiflovchi muhim ko'rsatkichlardan biridir. Saqlash davomida tabiiy yashil rangning saqlanishi, ayniqsa, xlorofill pigmentlarining barqarorligi bilan chambarchas bog'liq. Shu sababli 12 oylik saqlash yakunida L^* , a^* va umumiy rang farqi — ΔE ko'rsatkichlari duragaylar kesimida qiyosiy baholandi.

4-jadval.

12 oylik saqlashdan keyin brokkoli kukunlarining rang barqarorligi (2025 – 2026 йй.).

Duragay	L^* (0 oy)	L^* (12 oy)	a^* (0 oy)	a^* (12 oy)	ΔE , 12 oy
Agassi F1	60,2	57,0	-12,5	-10,4	4,16
Ironman F1	60,0	56,0	-12,3	-9,8	4,82
Atlantis F1	59,7	54,8	-12,1	-8,7	6,36
Heraklion F1	60,1	56,3	-12,4	-10,0	4,61
Naxos F1	60,4	57,4	-12,7	-10,7	3,91
Marathon F1	59,9	55,5	-12,2	-9,4	5,45
Tiburon F1	59,8	55,2	-12,2	-9,1	5,76

Izoh: ΔE qiymati har bir navning saqlash boshlanishidagi (0 oy) rang ko'rsatkichlariga nisbatan hisoblangan.

Barcha duragaylardan olingan kukunlarda saqlash davomida L^* qiymatining pasayishi va a^* ko'rsatkichining kamroq manfiy tomonga siljishi kuzatildi. Ushbu o'zgarishlar kukun rangining asta-sekin xiralashishi va yashil rang intensivligining kamayganligini ko'rsatdi.

12 oylik saqlash yakunida eng yuqori rang barqarorligi Naxos F1 namunasida qayd etildi. Ushbu duragayda L^* qiymati 60,4 dan 57,4 gacha kamaygan bo'lsa, a^* ko'rsatkichi -12,7 dan -10,7 gacha o'zgardi. Umumiy rang farqi esa $\Delta E = 3,91$ ni tashkil etdi. Bu barcha o'rganilgan duragaylar orasidagi eng past ko'rsatkich bo'lib, Naxos F1 kukunining tabiiy rangini yuqori darajada saqlab qolganligini ko'rsatadi.

Agassi F1 namunasida ham rang barqarorligi yuqori bo'lib, 12 oydan keyin ΔE 4,16 ni tashkil etdi. Heraklion F1 va Ironman F1 namunalari ushbu ko'rsatkich mos ravishda 4,61 va 4,82 bo'ldi.

Marathon F1 va Tiburon F1 duragaylarida rang o'zgarishi nisbatan yuqori bo'lib, ΔE qiymatlari mos ravishda 5,45 va 5,76 ni tashkil etdi. Eng katta rang farqi Atlantis F1 namunasida aniqlanib, ΔE 6,36 ga yetdi. Mazkur duragayda L^* qiymatining 59,7 dan 54,8 gacha, a^* ko'rsatkichining esa -12,1 dan -8,7 gacha o'zgarishi yashil rang intensivligining boshqa namunalarga nisbatan tezroq kamayganligini ko'rsatdi.

Shunday qilib, 12 oylik saqlashdan keyin rang barqarorligi bo'yicha duragaylarni quyidagi ketma-ketlikda joylashtirish mumkin:

Naxos F1 > Agassi F1 > Heraklion F1 > Ironman F1 > Marathon F1 > Tiburon F1 > Atlantis F1.

Mazkur natijalar brokkoli kukunining rang barqarorligi duragayning biologik xususiyatlariga sezilarli darajada bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Rang barqarorligi va xlorofill miqdori o'rtasidagi bog'liqlik. Rang ko'rsatkichlaridagi o'zgarishlar xlorofillning saqlanish darajasi bilan bir xil yo'nalishda kechdi. 12 oylik saqlash yakunida xlorofillning eng yuqori saqlanish darajasi

Naxos F1 namunasida — 83,5% qayd etildi. Ushbu duragayda ayni paytda ΔE ning eng past — 3,91 qiymati kuzatilgani xlorofill barqarorligi bilan rangning saqlanishi o'rtasida yaqin bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi.

Agassi F1 namunasida xlorofillning 82,7% qismi saqlanib, ΔE 4,16 ni tashkil etdi. Heraklion F1 va Ironman F1 da xlorofill retention darajasi mos ravishda 80,8 va 79,7% bo'lib, rang farqi ham Naxos F1 va Agassi F1 ga nisbatan yuqoriroq bo'ldi.

Atlantis F1 namunasida xlorofillning atigi 76,1% qismi saqlanib, aynan shu namunada ΔE ning eng yuqori — 6,36 qiymati qayd etildi. Bu holat xlorofill degradatsiyasi kuchayishi bilan brokkoli kukunining tabiiy yashil rangi tezroq o'zgarishini tasdiqlaydi.

Demak, brokkoli kukunining uzoq muddatli saqlanish sifatini baholashda xlorofillning retention darajasi va ΔE ko'rsatkichini birgalikda qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Bioaktiv komponentlar va antioksidant faollik o'rtasidagi bog'liqlik. Saqlash davomida umumiy fenolik birikmalar va flavonoidlarning kamayishi antioksidant faollikning pasayishi bilan yaqin bog'liqlikda kechdi.

12 oylik saqlash yakunida Naxos F1 namunasida fenolik birikmalarning 88,7%, flavonoidlarning 87,9% va antioksidant faollikning 89,0% qismi saqlanib qoldi. Agassi F1 da ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 88,0; 87,1 va 88,3% ni tashkil etdi.

Heraklion F1 va Ironman F1 duragaylarida bioaktiv komponentlarning saqlanish darajasi o'rtacha yuqori bo'lgan bo'lsa, Marathon F1, Tiburon F1 va ayniqsa Atlantis F1 namunalari ularning kamayish sur'ati nisbatan yuqori bo'ldi.

Mazkur natijalar brokkoli kukunining antioksidant xususiyatlari saqlash davomida fenolik va flavonoid birikmalarning barqarorligiga bevosita bog'liq ekanligini ko'rsatdi. Shu sababli kukun sifatini baholashda alohida bioaktiv moddalar bilan bir qatorda umumiy antioksidant faollikni ham hisobga olish lozim.

Brokkoli navlarining kompleks saqlanish barqarorligini baholash

Brokkoli kukunining uzoq muddatli saqlanishga yaroqliligini baholashda alohida ko'rsatkichlardan tashqari, namlik, suv faolligi, bioaktiv komponentlarning retention darajasi va rang barqarorligini kompleks tahlil qilish muhim hisoblanadi. Shu maqsadda 12 oylik saqlash yakunidagi asosiy natijalar umumlashtirildi.

5-jadval.

Brokkoli duragaylaridan olingan kukunlarning 12 oylik saqlash yakunidagi kompleks sifat ko'rsatkichlari (2025 – 2026 йй.).

Ko'rsatkich	Agassi F1	Ironman F1	Atlantis F1	Heraklion F1	Naxos F1	Marathon F1	Tiburon F1
Namlik, %	7,6	7,8	8,0	7,7	7,4	7,9	7,9
aw	0,34	0,35	0,37	0,35	0,33	0,36	0,36
Vitamin C saqlanishi, %	82,1	79,4	75,9	80,2	83,2	77,6	76,8
Fenollar saqlanishi, %	88,0	85,9	82,9	86,5	88,7	84,4	83,7
Flavonoidlar saqlanishi, %	87,1	84,6	81,5	85,3	87,9	82,9	82,3
Xlorofill saqlanishi, %	82,7	79,7	76,1	80,8	83,5	77,9	77,1
Antioksidant faollik, %	88,3	85,8	83,2	86,6	89,0	84,7	84,0
ΔE	4,16	4,82	6,36	4,61	3,91	5,45	5,76

12 oylik saqlash yakunida **Naxos F1 barcha asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha eng yuqori kompleks saqlanish barqarorligini namoyon etdi.** Ushbu namunada namlik 7,4%, suv faolligi 0,33 darajasida saqlanib qoldi. Shu bilan birga, askorbin kislotaning 83,2%, fenolik birikmalarning 88,7%, flavonoidlarning 87,9%, xlorofillning 83,5% va antioksidant faollikning 89,0% qismi saqlanib, umumiy rang farqi atigi $\Delta E = 3,91$ ni tashkil etdi.

Kompleks ko'rsatkichlar bo'yicha Agassi F1 ikkinchi eng barqaror duragay sifatida ajralib turdi. Ushbu namunada namlik 7,6%, aw 0,34 bo'lib, vitamin C ning 82,1%, fenolik birikmalarning 88,0%, flavonoidlarning 87,1%, xlorofillning 82,7% va antioksidant faolligining 88,3% qismi saqlanib qoldi.

Heraklion F1 va Ironman F1 duragaylari oraliq natijalarni namoyon etdi. Ularning bioaktiv komponentlari va rang ko'rsatkichlari 12 oylik saqlashdan keyin qoniqli darajada saqlangan bo'lsa-da, Naxos F1 va Agassi F1 ga nisbatan yo'qotishlar yuquriroq bo'ldi.

Marathon F1 va Tiburon F1 duragaylarida namlik va suv faolligining ko'proq ortishi, shuningdek vitamin C, xlorofill va antioksidant faolligining nisbatan tezroq kamayishi kuzatildi. Atlantis F1 esa o'rganilgan duragaylar orasida eng past kompleks saqlanish barqarorligini namoyon etdi. Ushbu namunada 12 oy yakunida namlik 8,0%, aw 0,37, vitamin C saqlanishi 75,9%, xlorofill saqlanishi 76,1% va ΔE 6,36 ni tashkil etdi.

Shunday qilib, bir xil quritish, maydalash, qadoqlash va saqlash sharoitlarida duragaylar o'rtasida sezilarli farqlar kuzatilishi brokkoli kukunining saqlanish barqarorligi genotipik xususiyatlarga ham bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Natijalar duragay $\times$ saqlash muddati omillarining o'zaro ta'sirini hisobga olish zarurligini tasdiqlaydi.

Olingan ma'lumotlarga ko'ra, Naxos F1 brokkoli kukunini uzoq muddat saqlash uchun eng istiqbolli duragay, Agassi F1 esa unga yaqin yuqori barqarorlikka ega variant sifatida baholandi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari 55°C harorat, infraqizil nurlanish va 1,5 m/s havo oqimi tezligiga asoslangan maqbul quritish texnologiyasida olingan brokkoli kukunlarining 12 oylik saqlanish barqarorligi duragay xususiyatlariga sezilarli darajada bog'liq ekanligini ko'rsatdi.

Saqlash davomida barcha namunalarda namlik va suv faolligining asta-sekin ortishi hamda bioaktiv komponentlar miqdorining kamayishi kuzatildi. Biroq o'zgarishlar intensivligi duragaylar bo'yicha sezilarli farq qildi. Askorbin kislotasi va xlorofill saqlash sharoitlariga nisbatan eng sezgir komponentlar bo'lib, fenolik birikmalar, flavonoidlar va antioksidant faollik nisbatan yuqori barqarorlikni namoyon etdi.

O'rganilgan yetti duragay orasida Naxos F1 eng yuqori saqlanish barqarorligi bilan ajralib turdi. 12 oylik saqlash yakunida uning kukunida namlik 7,4%, suv faolligi 0,33 bo'lib, askorbin kislotaning 83,2%, fenolik birikmalarning 88,7%, flavonoidlarning 87,9%, xlorofillning 83,5% va antioksidant faolligining 89,0% qismi saqlanib qoldi. Shu bilan birga, umumiy rang farqi $\Delta E = 3,91$ bo'lib, bu o'rganilgan barcha duragaylar orasidagi eng yaxshi natija hisoblanadi.

Agassi F1 ham bioaktiv komponentlar, rang va fizik barqarorlik bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarni namoyon etdi va Naxos F1 dan keyingi istiqbolli duragay sifatida baholandi. Heraklion F1 hamda Ironman F1 oraliq holatni egallagan bo'lsa, Marathon F1, Tiburon F1 va Atlantis F1 namunalarida saqlash davomida sifat ko'rsatkichlarining nisbatan tezroq pasayishi qayd etildi.

Rang o'zgarishi bilan xlorofill retention darajasi, shuningdek fenolik birikmalar va flavonoidlar saqlanishi bilan antioksidant faollik o'rtasida bir xil yo'nalishdagi bog'liqlik kuzatildi. Bu brokkoli kukunining saqlanish sifatini alohida ko'rsatkichlar emas, balki fizik-kimyoviy va bioaktiv mezonlar majmuasi asosida baholash zarurligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, brokkoli kukuni ishlab chiqarishda maqbul quritish rejimini qo'llash bilan birga, saqlanish barqarorligi yuqori duragayni tanlash ham muhim texnologik omil hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, Naxos F1 va Agassi F1 duragaylari uzoq muddat saqlanadigan, yuqori bioaktiv va rang barqarorligiga ega brokkoli kukuni ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo sifatida tavsiya etilishi mumkin.

Olingan natijalar brokkoli kukunini ishlab chiqarish, qadoqlash va saqlash texnologiyasini takomillashtirish, shuningdek undan funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda foydalanish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Boltaev M.A., Meliboeva Sh.Sh., Jalilov F.S. Preparation and Drying of Broccoli Herbs (*Brassica oleracea* L.) // *Modern Chemistry of Medicines: Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference*. 2023.
2. Boltaev M.M. Study of the Flavonoid Profile of Dry Broccoli Extract by HPLC // *Universum: Chemistry and Biology*. 2026. №3(141). DOI: 10.32743/UniChem.2026.141.3.22102.
3. Mahn A., Reyes A. An overview of health-promoting compounds of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and the effect of processing // *Food Science and Technology International*. 2012. Vol. 18(6). P. 503–514. DOI: 10.1177/1082013211433073.
4. Córdova C., Vivanco J.P., Quintero J., Mahn A. Effect of drum-drying conditions on the content of bioactive compounds of broccoli pulp // *Foods*. 2020. Vol. 9(9). Article 1224. DOI: 10.3390/foods9091224.
5. Low-temperature vacuum drying on broccoli: enhanced anti-inflammatory and anti-proliferative properties regarding other drying methods // *Foods*. 2023. Vol. 12(17). Article 3311.
6. Gudiño I. et al. Comprehensive analysis of bioactive compounds, functional properties, and applications of broccoli by-products // *Foods*. 2024. Vol. 13(23). Article 3918. DOI: 10.3390/foods13233918.
7. Zhao Y., Zhang W., Yang H., Xu Z., Wang X., Zhang Z., Deng J. Effects of drying methods on phytochemicals and antioxidant activity of broccoli by-products // *Food Research International*. 2025. Vol. 208. Article 116284. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.116284.
8. Effects of drying methods on the primary metabolite profile, antioxidant activity, and antiproliferative properties of broccoli. 2025.
9. Miao H., Zhang Y., Wang Z., Wang Y., Yu S., Wang J., Meng Q., Wang Q. Keeping Green and Nutritious: A Comprehensive Review on Postharvest Handlings of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2026. Vol. 25(4). e70528. DOI: 10.1111/1541-4337.70528.
10. Afzal M.K., Bilal M., Kharal S., et al. Nutritional composition, phytochemical profile, antioxidant potential, and functional attributes of sun-dried broccoli powder // *Discover Food*. 2026. DOI: 10.1007/s44187-026-01148-9.