DOI:10.26104/IVK.2019.45.557

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 6, 2019

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

Бөдөшов А.У.

ТӨӨ БУУРЧАК ДАНДАРЫНЫН ЧЫЛОО ПРОЦЕССИН ИЗИЛДӨӨДӨ ПЕЛЕГ МОДЕЛИН КОЛДОНУУ

Бодошов А.У.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ПЕЛЕГ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ В ЗЕРНАХ ФАСОЛИ ВО ВРЕМЯ ЗАМАЧИВАНИЯ

A.U. Bodoshov

APPLICATION OF PELEG MODEL TO STUDY WATER ABSORPTION IN STRING BEANS DURING SOAKING

УДК: 676.017.66:635.652.2:664.2.031.4

Макалада жергиликтүү төө буурчак дандарын чылоо процессинин узактыгын Пелег моделдөө ыкмасы менен аныктоо боюнча изилдөө жүргүзүлдү. Адабий талдоодо Пелег моделинен тышкары Беккер, Ушанов жана Усубова моделдери тууралуу маалыматтар каралды. Изилдөөнүн натыйжасында жергиликтүү 15 сорт төө буурчак дандары үчүн K_1 жана K_2 турактуулары аныкталды. Бул турактуулардын жардамы менен ар бир сорт төө буурчак үчүн дандын баштапкы нымдуулугун билүү менен канча убакыт аралыгында дан керектүү көлөмдөгү сууну сиңирүүсүн алдын ала эсептеп аныктоого болот. Тажрыйбалык жана моделдөө жолдору менен аныкталган өлчөөлөрдүн ортосундагы ката айырмачылыгы орточо 7,8% ды түздү. Эң чоң ката айырмачылыгы Сахарный сорт төө буурчак дандарында болсо 17,09%, эң төмөн көрсөткүч Кара төө буурчак дандарында 0,86% болду. Пелег моделдин практикалык жыйынтыктар менен шайкештиги салыштырылып, Пелег модели төө буурчак дандарын чылап көптүрүү процессин алдын ала эсептөөчү, так жана туура модель катары колдонууга сунушталды.

Негизги сөздөр: *төө буурчак, чылап көптүрүү, Пелег модели, K_1 жана K_2 турактуулары, чылоо узактыгы, моделдөө, баштапкы нымдуулук, сорт, сиңирилген суу.*

В статье были проведены исследования по применению модели Пелег для изучения водопоглощения в зернах фасоли во время замачивания. В литературном обзоре кроме модели Пелег были рассмотрены модели Беккера, Ушанова и Усубовой. По результатам исследования бы определены основные постоянные K_1 и K_2 для 15 местных сортов фасоли. Используя начальную влажность зерен и постоянные K_1 и K_2 можно с помощью моделирования заранее определить продолжительность замачивание для каждого сорта фасоли. Среднеарифметическая разница результатов моделирования и лабораторных исследований составила 7,8%. Наибольшая разница результатов моделирования и практики выявлено у сорта Сахарный, которое составило 17,09%, а наименьшая разница составила 0,86% у образца фасоли сорта Черная фасоль. По результатам сравнения показателей моделирования и практических исследований Пелеговская модель была рекомендована к применению.

Ключевые слова: *зерна фасоли, замачивание, Пелеговская модель, постоянные K_1 и K_2, продолжительность замачивания, моделирование, начальная влажность, сорт, поглощенная вода.*

In the article studies were conducted on the application of the Peleg model to study the water absorption in the beans of beans during the soaking. In the literature review except Peleg model were considered models of Becker, Ushanov and Usubova. According to the research the main constants K_1 and K_2 are determined for 15 local varieties of beans. Using the initial moisture content of the grains and the constants K_1 and K_2 it is possible to determine the duration of soaking for each type of bean using in modeling. The average difference of the results of modeling and laboratory research was 7.8%. The big difference in the results of modeling and practice was found in the Saharniy variety string beans, which was 17.09% respectively. The smallest difference was 0.86% in the sample of the Black Bean variety. According to the results of the comparison of indicators / values of modeling and practical research Peleg model was recommended for use.

Key words: *beans grains, soaking, Peleg Model, constants K_1 and K_2, soaking time, modelling, initial humidity,variety, absorbed water .*

Жергиликтүү төө буурчак дандарынын чылоо/ көптүрүү процесстери дандардын баштапкы массасы 2 эсе көбөйүшү же дан катуулугунун жумшаргандыгы менен өлчөнүп аныкталат. Төө буурчак дандарынын суу жутуу динамикасы боюнча жасалган илимий эмгектерде көпчүлүк төө буурчак сорттору мындай абалга 10-12 саат чылоодо келгендиги белгилүү [1]. Дандарды чылоону так белгилүү убакытын аныктоодо математикалык моделдөөнү колдонуу дагы эффективдүү бир ыкма экендиги талашсыз. Адабий

DOI:10.26104/IVK.2019.45.557

маалыматтарга таянсак, төө буурчак дандарын чылоо процессин изилдөө боюнча Беккер, Ушанов жана Усубова, Пелег ж.б. моделдер бар [2-4].

Беккер модели буудай, жүгөрү, буурчак ж.б дандарды чылоодо кеңири колдонулган модель болуп саналат. Беккер моделин мүнөздөөчү формула (1) төмөндө берилген:

$$D = \frac{\alpha_b \sqrt{\pi}}{\left[2(m_s - m_0)\left(\frac{s}{\vartheta}\right)\right]^2} \quad (1)$$

Мында, **D** – суунун дан ичинде таралуу коэффициенти б.а. суу өткөрүмдүүлүк, $\mathbf{m_0}$ – төө буурчак данынын баштапкы нымдуулугу, $\mathbf{m_s}$ – дандын белгилүү бетиндеги нымдуулук, **s/v** – дандын беттик аянтынын дандын көлөмүнө болгон катышы, $\boldsymbol{\alpha_b}$- дандын көбүү график сызыгынан табылуучу коэффициент [2]. Беккер моделин колдонууда изилденүүчү дандар үчүн дандын беттик аянты, көлөмү, баштапкы нымдуулук сыяктуу чоңдуктар кошумча аныкталыш керек.

Ушанов С.В., Усубова Е.З. өздөрүнүн «**Сакса**» сортундагы төө буурчак дандарынын сууда чылоодо дандын көбүү динамикасын изилдешип, көбүү процессинин математикалык функциясын формула (2) де көрсөтүшкөн.

$$Y(t) = Y_0 \ \text{ эгер } t \le \tau$$

$$Y(t) = Y_0 + \Delta Y\left(1 - e^{-k(t-\tau)}\right), \text{ эгер } t > \tau \quad (2)$$

Мында, **Y(t)** – белгилүү бир убакыт ичиндеги көпкөн төө буурчак данынын массасы, г; $\mathbf{Y_0}$ – дандын баштапкы массасы, г; **t** – дандын көбүү убактысы, саат; **k** – төө буурчак данынын көбүү ылдамдык коэффициенти, 1/саат; **τ** – дандын көбүү учурундагы сууну сиңирбөө узактыгы, саат [3].

Жогорудагы моделдердин ичинен Пелег модели ***Phaseolus vulgaris L.*** төө буурчак дандырынын чылоодо, суу адсорбция динамикасын изилдөөдө абдан кеңири колдонулган, эларалык илимий изилдөө деңгээлде таанымал моделдердин бири болуп саналат. Бул модель боюнча көптөгөн эмгектер белгилүү [5, 6].

Моделдин негизи үлгүнүн баштапкы нымдуулугун билүү менен белгилүү убакыт аралыгында сиңирилген сууну алдын ала эсептөө жолу менен аныктоого болот. Пелег модели формула (3) тө көрсөтүлгөн.

$$M = M_0 \pm \frac{t}{K_1 + K_2 t} \quad (3)$$

Мында, **M** – белгилүү бир t убакыттагы төө буурчак данынын адсорбцияланган суу, %; $\mathbf{M_0}$ – төө буурчак данынын баштапкы нымдуулугу, %; t – төө буурчак дандарын чылоо убактысы, саат; $\mathbf{K_1}$ – Пелег ылдамдык турактуусу, саат $\%^{-1}$; $\mathbf{K_2}$ – Пелег көлөмдүк/кубаттуулук турактуусу, $\%^{-1}$. Теңдеменин оң жагындакы ***t/M-M₀*** катыш менен *t* чылоо узактыгы ортосундагы катыштан Пелег турактууларын формула (4) аркылуу табылат.

$$\frac{t}{M - M_0} = K_1 + K_2 t \quad (4)$$

Бул коэффициенттердин жардамы менен төө буурчак данынын сууну бир учурда тез же тескерисинче узак мөөнөт ичинде көп көлөмдө, бирок жай сиңирүүсүн билүүгө болот [7].

Пелег моделинин теңдемеси колдонууга абдан жөнөкөй, баштапкы үлгүнүн нымдуулугу менен тиешелүү коэффициенттердин манисин билүү менен керектүү үлгүлөр үчүн жетишээрлик сууда чылоо узактыгын аныктоого мүмкүн.

Бул изилдөөдө Пелег модели жергиликтүү 15 сорт төө буурчак дандарынын чылоо процессинде сууну сиңирүү динамикасын моделдөөдө колдонулду. Алгач төө буурчак дандарынын баштапкы нымдулуктары аныкталып, ар кандай убакыт аралыктарындагы дандардын нымдуулуктары өлчөндү. Бул көрсөткүчтөрдү колдонуу менен ар бир төө буурчак сорту үчүн Пелег моделиндеги K_1, K_2 турактуулары жана алынган график сызыгынын корреляция коэффициенттери дагы эсептелинди. Алынган көрсөткүчтөр 1-таблицада берилди.

Таблица 1

Изилденген төө буурчак дандарынын Пелег модели боюнча алынган K_1, K_2 турактуулары жана R^2 корреляция коэффициенти

№	Төө буурчак сорттору	K_1	K_2	R^2
1.	Лопатка	0,883	0,716	0,971
2.	Китаянка	1,444	0,415	0,964
3.	Сахарный	0,047	0,006	0,925
4.	Ташкентский	1,258	0,422	0,989
5.	Элита	1,150	0,424	0,992
6.	Кара төө буурчак	0,299	0,935	0,999
7.	Боксер	2,071	0,543	0,949
8.	Пестрый	1,427	0,431	0,979
9.	Дичка	0,646	0,828	0,996
10.	Мотоциклист	1,981	0,418	0,961
11.	Рябой	1,604	0,433	0,979
12.	Скороспелка	2,241	0,400	0,929
13.	Королевский	1,516	0,402	0,986
14.	Юбка	1,347	0,418	0,987
15.	Гусиные лапки	1,909	0,517	0,974

Таблица 1 де көрүнүп тургандай изилденген төө буурчак дандарынын ичинен 12 сорт төө буурчак дан үлгүлөрүнүн K_1 коэффициенти K_2 коэффициентине салаштырмалуу жогору чыккан. Бул сорт төө буурчак дандары чылоо процессинде сууну абдан тез сиңиришет б.а. сууну сиңирүү ылдамдыгы жогору. Ал эми

DOI:10.26104/IVK.2019.45.557

Лопатка, Кара буурчак жана Дичка сорт дандарын чылоодо, бул дан үлгүлөрү керектүү көлөмдөгү сууну салыштырмалуу узак мөөнөт аралыгында сиңиришет деген жыйынтыктар алынды.

Чылоодо дандар белгилүү массадагы сууну сиңирүү менен көбүшүп, кандайдыр бир убакыттын өтүшү менен көбүү процесси дагы токтойт. Бул процесстин узактыгын аныктоодо Пелег модели алдын ала эсептөөчү жакшы ыкма болуп саналат. Таблица 1 де берилген Пелег K_1, K_2 турактууларын жана формула (3) тү колдонуп, изилдөө жумушундагы 15 сорт төө буурчак дандарынын чылоо процессиндеги жетишээрлик көлөмдөгү сууну сиңирүүгө канча убакыт керектелгендиги аныкталды.

Мында, Пелег моделинин жардамы менен аныкталган **$M_{модель}$.** деп шарттуу белгиленген белгилүү бир t убакыттагы төө буурчак данынын адсорбцияланган суу, %. эсептелинген. Тажрыйбалык жол менен аныкталган дан адсорбциялаган суу, % **$M_{таж.}$** өлчөнгөн. Моделдөөнүн жана тажрыйбалык жол менен аныкталган **$M_{модель}$-$M_{таж.}$** салыштырылып, 2-таблицада берилди.

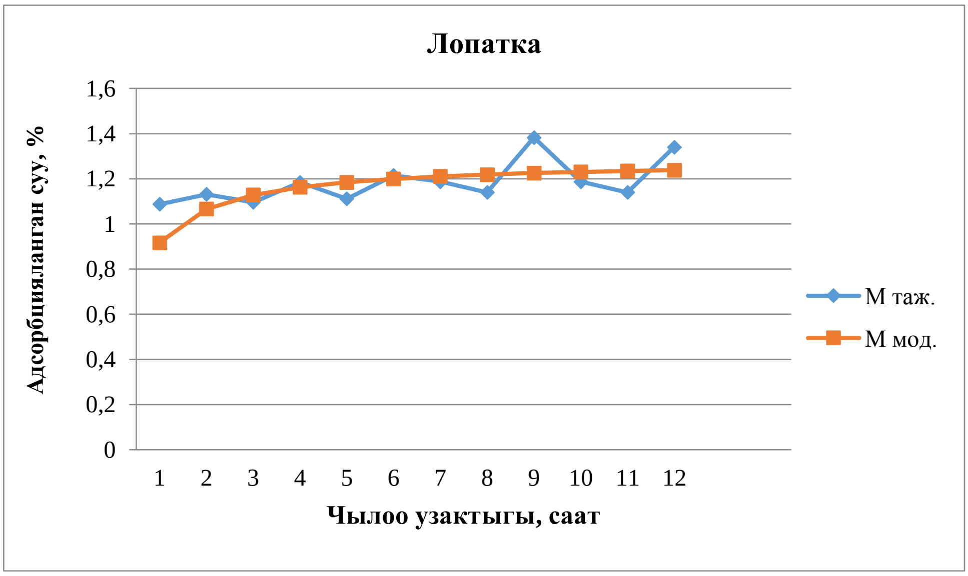
Мында, Лопатка, Дичка жана Кара төө буурчак сорт дандарынын ката айырмачылыктары төмөн чыкканынын себеби да, бул төө буурчак дандарынын бөлмө шарттарында сууну начар сиңиришип, массадагы өзгөрүү кескин түрдө өзгөрбөгөндүгү менен түшүндүрүлөт. Ал эми тескерисинче, Сахарный сорт төө буурчак дандарында эң чоң ката айырмачылыгынын болуусу, бул дан үлгүлөрүнүн сууну сиңирүүсү биз токтоткон чекиттен андан ары улантылышы менен байланышкан. Изилдөөдө көпчүлүк төө буурчак дандары үчүн аныкталган туруктуу масса көрсөткүчтөр менен Пелег модели аркылуу табылган жыйынтыктар ортосундагы ката айырмачылыгы салыштырмалуу аз.

Таблица 2

Тажрыйбалык ($M_{таж.}$) жана Пелег модель боюнча эсептелинген ($M_{мод.}$), %

№	Төө буурчак сорттору	$M_{таж.}$	$M_{мод.}$	$E_{ката}$, %
1.	Лопатка	1,340	1,281	4,69
2.	Китаянка	2,262	2,494	9,23
3.	Сахарный	1,307	1,576	17,09
4.	Ташкентский	2,252	2,461	8,54
5.	Элита	2,259	2,444	7,79
6.	Кара төө буурчак	1,150	1,157	0,86
7.	Боксер	1,775	1,925	7,77
8.	Пестрый	2,170	2,402	9,54
9.	Дичка	1,215	1,222	0,56
10.	Мотоциклист	2,120	2,475	14,17
11.	Рябая	2,181	2,395	9,16
12.	Скороспелка	2,291	2,583	11,24
13.	Королевский	2,318	2,571	9,73
14.	Юбка	2,268	2,48	8,47
15.	Гусиные лапки	1,867	2,016	6,93

Пелег модели төө буурчак дандарынын чылап көптүрүүсүн туура, так аныктай ала турган модел деген жыйынтыктар алынган. Моделдөө жолу жана тажрыйбалык жол менен алынган көрсөткүчтөрдүн жакындыгын 1-сүрөттө Лопатка төө буурчак данынын мисалында көрсөтүлгөн.

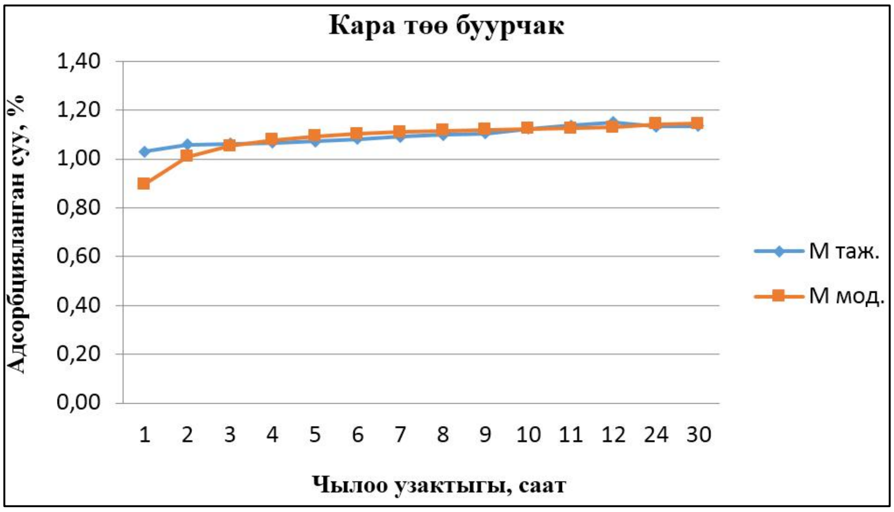


1-сүрөт. Лопатка төө буурчак дандарынын сууда чылоодо **$M_{модель}$-$M_{таж.}$** чондуктарын чагылдырган график.

DOI:10.26104/IVK.2019.45.557

1-сүрөттө көрсөтүлгөндөй Лопатка төө буурчак дандарын чылоодогу каалаган убакыт аралыгында дан адсорбциялаган суунун массасын/көлөмүн билүүгө болот. Мисалга: 15 сааттан кийин 200 г Лопатка төө буурчак дандарын чылоодо адсорбциялаган суунун массасын аныктоо үчүн K_1 = 0,883 жана K_2 = 0,716 турактууларын колдонсок, анда дандардын баштапкы массасы 58,65% га жогорулап, 310,73 граммды, анын ичинен адсорбцияланган суу 110,73 граммды түзөт.

Бир өңчөй түстөгү Кара төө буурчак дандарынын Пелег моделинин жардамы жана тажрыйбалык аныкталган **М** адсорбцияланган суу, % көрсөткүчтөрүнүн салыштырылышы 2-сүрөттө чагылдырылган.

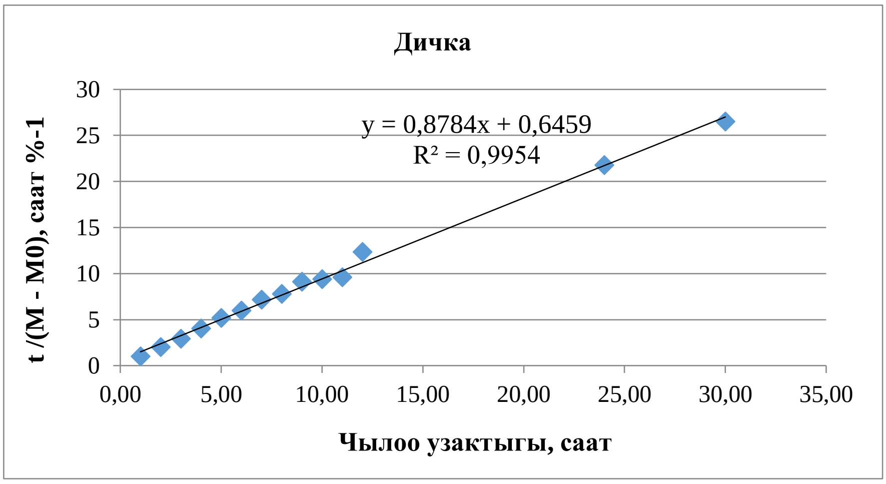


2-сүрөт. Кара төө буурчак дандарынын сууда чылоодо $\mathbf{M}_{модель}$-$\mathbf{M}_{таж.}$ чоңдуктарын чагылдырган график.

Мында Кара төө буурчак сортундагы дан үлгүлөр сууну кубаттуу адсорбциялашат, бирок бул үчүн көп убакыт керектелгендиги аныкталган. Бир өңчөй түстүү Ташкентский төө буурчак дан үлгүлөрүндө тескерисинче, K_1 коэффициентинин мааниси K_2 ге караганда жогору болгондуктан бул сорт төө буурчак дандары сууну тез сиңире тургандыгын билсек болот.

Түс өзгөчөлүгү боюнча **Чарала** төө буурчак дандарынан Дичка төө буурчак дан үлгүлөрү физикалык касиети (данынын катуулугу) менен өзгөчөлөнүп турушат. Дичка дандарын бөлмө шартында 12 саат аралыгында чылоодо бул дандар начар көбүшүп, керектүү суунун массасын алган эмес. Ушанов С.В. жана Усубова Е.З. модели боюнча дагы карап салыштырганыбызда, баштапкы дан массасынын болгону 17% га өзгөргөндүгү аныкталган.

Пелег моделинин жардамын менен Дичка төө буурчак дандарынын сууда чылоодогу K_1, K_2 турактууларын аныктоо үчүн тургузулган график 3-сүрөттө чагылдырган.



3-сүрөт. Дичка дандарынын Пелег моделин негизинде алынган графиги.

DOI:10.26104/IVK.2019.45.557

Мында, Дичка төө буурчак дандарынын сууда чылоодо K_1=0,646 жана K_2=0,878 экендигин таблица 1 ден көрсөк болот. Сууну тез адсорбциялого тиешелүү K_1 турактуусу K_2 ге караганда кичинекей болгондуктан, 12 саат аралыгында чылоодо дагы дандар тиешелүү 2 эселенген массага жеткен эмес. Бул типтеги төө буурчак дандарын чылоодо K_1 турактуусун ылдамдыгын жогорулатуу же тескерисинче K_2 турактуусун төмөндөтүү керектелет.

Пелег моделин төө буурчак дандарынын чылап көптүрүүсүн туура, так аныктай ала турган модель катары колдонуу сунушталат. Моделдөөдө K_1 жана K_2 турактууларын туура анализдөө менен ар бир сорт төө буурчак дандарынын чылоо процессинин узактыгын алдын ала эсептеп, тиешелүү чылоо ыкмаларын иштеп чыгууга болот.

Адабияттар:

1. Бодошов А.У. Исследование водопоглотительной способности зерен фасоли местных сортов. / Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №6. - Бишкек, 2014. - С. 35-39.
2. Afolabi T.J., Agarry S.E., Tunde-Akintunde T.Y., Modelling the Water Absorption Characteristics of Different Maize (Zea Mays L.) Types during Soaking, 25 (2014): ISSN 2224-7467, ISSN 2225-0913 (Online).
3. Ушанов С.В., Усубова Е.З. Изучение динамики набухания семян фасоли сорта “Сакса” (Phaseolus vulgaris L.), Биология, Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, 2011.
4. Бодошов А.У. Определение продолжительности варки местных сортов фасоли методом пенетрации. / Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №1. - Бишкек, 2018. - С. 23-26.
5. Peleg, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. Journal of Food science 53: 1216-1219. 1988.
6. Abu-Ghannam, N., & McKenna, B. (1997a). The application of Peleg’s equation to model water absorption during the soaking of redkidney beans (Phaseolus vulgaris L.). Journal of Food Engineering, 32, 391-401.
7. Mahir Turhan, Sedat Sayar, Sundaram Gunasekaran, Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking, Journal of Food science (53) (2002): 153-159.

Рецензент: к.хим.н., доцент Усубалиева А.М.