

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ цветоустойчивости элайнеров к пищевым красителям

Н.А.Соколович

• д.м.н., профессор, зав. кафедрой
стоматологии Медицинского института,
ФГБОУ ВО СПбГУ
Адрес: 199034, Санкт-Петербург,
Университетская набережная, д. 7/9
Тел.: +7 (812) 363-66-36
E-mail: lun_nat@mail.ru
ORCID 0000-0003-4545-2994

А.А.Саунина

• ассистент кафедры стоматологии
Медицинского института,
ФГБОУ ВО СПбГУ
Адрес: 199034, Санкт-Петербург,
Университетская набережная, д. 7/9
Тел.: +7 (812) 363-66-36
E-mail: saunina@yandex.ru
ORCID 0000-0002-0328-2248

О.С.Донская

• к.м.н., ассистент кафедры пропедевтики
стоматологических заболеваний,
ФГБОУ ВО "Первый Санкт-Петербургский
государственный медицинский университет
им. акад. И.П.Павлова" МЗ РФ
Адрес: 197022, Санкт-Петербург,
ул. Льва Толстого, д. 6-8
Тел.: +7 (812) 338-64-07
E-mail: Olia.kafedra.psz@yandex.ru
ORCID 0000-0002-3477-2987

Е.И.Бердникова

• к.м.н., ассистент кафедры пропедевтики,
ФГБОУ ВО "Первый Санкт-Петербургский
государственный медицинский университет
им. акад. И.П.Павлова" МЗ РФ
Адрес: 197022, Санкт-Петербург,
ул. Льва Толстого, д. 6-8
Тел.: +7 (812) 338-64-07
E-mail: berdnikova.ekaterina.81@mail.ru
ORCID: 0009-0006-1842-0320

Н.А.Огрин

• к.м.н., доцент кафедры ортопедической
стоматологии, ФГБОУ ВО СПбГУ
Адрес: 199034, Санкт-Петербург,
Университетская набережная, д. 7/9
Тел.: +7 (812) 363-66-36
E-mail: ogrina.natalya@yandex.ru
ORCID 0000-0002-5049-5668

Резюме. Ортодонтическое лечение на элайнерах получает всё большую распространённость в виду высокой эстетичности, отсутствия металлических элементов и комфорта. С эстетической точки зрения цветовая стабильность и прозрачность элайнеров должны сохраняться в течение двухнедельного периода ортодонтического лечения. Однако пациенты недостаточно соблюдают рекомендации ношения съёмных ортодонтических аппаратов.

Цель исследования: оценить и сравнить стабильность цвета и структуры двух типов элайнеров, подвергнутых воздействию пищевых красителей in vitro.

Материалы и методы исследования: 14 прозрачных элайнеров отечественного производителя Star Smile и 14 прозрачных элайнеров зарубежного производителя были погружены в 6 растворов ("Кока-кола", "Фанта", "Спрайт", кофе, энергетик, вода). После 14-дневной экспозиции был выполнен фотопротокол для визуальной оценки изменений и проведено электронно-микроскопическое исследование поверхности элайнеров с помощью СЭМ TESCAN VEGA3 (Чехия).

Результаты: после экспозиции в сахаросодержащих напитках не было выявлено значительных различий в цветоустойчивости элайнеров Star Smile и зарубежного производителя. Однако по результатам электронной сканирующей микроскопии было обнаружено нарушение структуры поверхности элайнера зарубежного производителя после экспозиции в сахаросодержащих напитках (многочисленные трещины, выемки и углубления). В свою очередь, структура поверхности элайнера Star Smile не претерпела выраженных изменений.

Заключение: российские элайнеры Star Smile проявляют большую химическую и механическую устойчивость к воздействию сахаросодержащих напитков, что сохраняет высокую эффективность лечения и позволяет достичь желаемый эстетический результат. Тем не менее важно мотивировать пациентов на отказ приема напитков с пониженным pH во время ношения элайнеров, чтобы избежать декальцификации эмали.

Ключевые слова: элайнеры, ортодонтическое лечение, каппы, съёмная аппаратура.
Comparative features of the color fastness of aligners to food coloring (N.A.Sokolovich, A.A.Saunina, O.S.Donskaya, E.I.Berdnikova, N.A.Ogrina).

Summary. Orthodontic treatment with aligners is becoming increasingly common due to its high aesthetics, absence of metal elements and comfort. From an aesthetic point of view, the color stability and clarity of the aligners should be maintained throughout the two-week orthodontic treatment period. However, patients do not sufficiently comply with the recommendations of wearing removable orthodontic appliances.

Purpose of the study: evaluate and compare the color and structure stability of two types of aligners exposed to food coloring in vitro.

Materials and methods of research: 14 transparent aligners from the domestic manufacturer Star Smile and 14 transparent aligners from a foreign manufacturer were immersed in 6 solutions (Coca-Cola, Fanta, Sprite, coffee, energy drink, water). After a 14-day exposure, a photo protocol was performed to visually assess the changes and an electron microscopic examination of the surface of the aligners was carried out using a TESCAN VEGA3 SEM (Czech Republic).

Results: after exposure to sugar-containing drinks, there were no significant differences in the color fastness of Star Smile aligners and those of a foreign manufacturer. However, according to the results of electron scanning microscopy, a violation of the surface structure of the aligner from a foreign manufacturer was discovered after exposure to sugar-containing drinks (numerous cracks, grooves and depressions). In turn, the surface structure of the Star Smile aligner has not undergone significant changes.

Conclusion: Star Smile aligners exhibit greater chemical and mechanical resistance to the effects

of sugar-containing drinks, which maintains high treatment efficiency and allows you to achieve the desired aesthetic result. However, it is important to encourage patients not to drink low-pH drinks while wearing aligners to avoid enamel decalcification.

Key words: aligners, orthodontic treatment, mouth guards, removable equipment.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития ортодонтии всё большее число пациентов выбирают элайнеры в качестве инструмента перемещения зубов как альтернативу традиционной брекет-системе. Среди преимуществ ортодонтического лечения на элайнерах можно выделить удобство и эстетичность, отсутствие металлических элементов, что уменьшает вероятность аллергических реакций, а также возможность поддержания хорошей гигиены полости рта. Так, в ранее проведенном нами исследовании было установлено, что ортодонтическое лечение на съёмной аппаратуре сопровождается в меньшей степени ухудшением показателей гигиены полости рта и изменением параметров микробиоты [1].

В настоящее время для изготовления элайнеров используются различные термопластичные материалы, такие как: поливинилхлорид, полиуретан, полиэтилентерефталат, полиэтилен, терефталатгликоль [2]. Проведено большое число исследований по изучению физических свойств элайнеров и биомеханики перемещения зубов с помощью данной съёмной ортодонтической аппаратуры. Ранее нами было установлено, что элайнеры за счет торкового наклона опорной группы зубов реализуют трансверзальное расширение зубного ряда на $2,8 \pm 1,7$ мм в области премоляров и $3,7 \pm 2,3$ мм в области моляров [3].

Среди параметров, влияющих на клиническую эффективность элайнеров, ключевую роль играет материал, из которого они изготовлены. Выделяют следующие основные физические и механические требования к материалу изготовления: высокая эластичность и упругость, низкая жесткость, хорошая формемость, биосовместимость, устойчивость к стиранию, прозрачность [4].

С эстетической точки зрения цветовая стабильность и прозрачность элайнеров должны сохраняться в течение двухнедельного периода ортодонтического лечения. Однако на стабильность цвета стоматологических материалов часто влияют различные факторы, такие как ультрафиолетовое облучение, окрашивание пищевыми красителями и ополаскивателями для полости рта [5]. Так, исследования показали, что эластомерные лигатуры на основе полиуретана абсорбируют пищевые красители в полости рта [6]. Кроме того, в исследовании Malkiewicz и соавт. (2022) было установлено, что эстетические брекеты наравне с композиционными реставрационными материалами склонны к изменению цвета при постоянном контакте с пищевыми красителями [7].

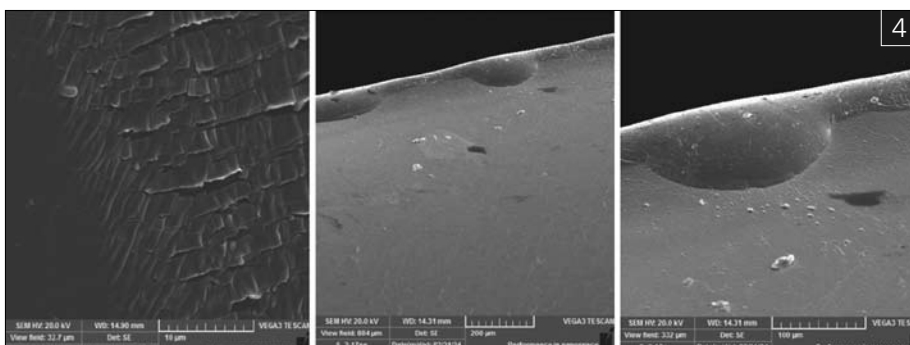
Безусловно, во время ортодонтического лечения рекомендуется снимать элайнеры перед приемом пищи. Однако исследования показали, что пациенты недостаточно хорошо соблюдают рекомендации ношения съёмных ортодонтических аппаратов [8]. По данным Liu и соавт. (2016), около 50% пациентов не снимают элайнеры во время приема пищи и употребления напитков [2].



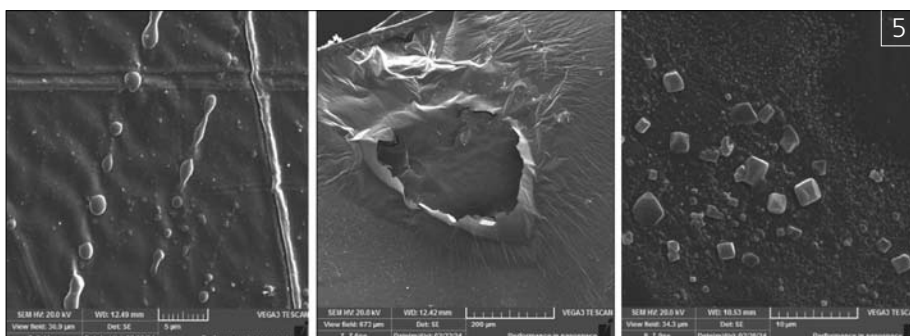
■Рис. 1. Оценка цветостойкости поверхности элайнера после 14-дневной экспозиции: А - в Sprite; В - в энергетике; С - в кофе



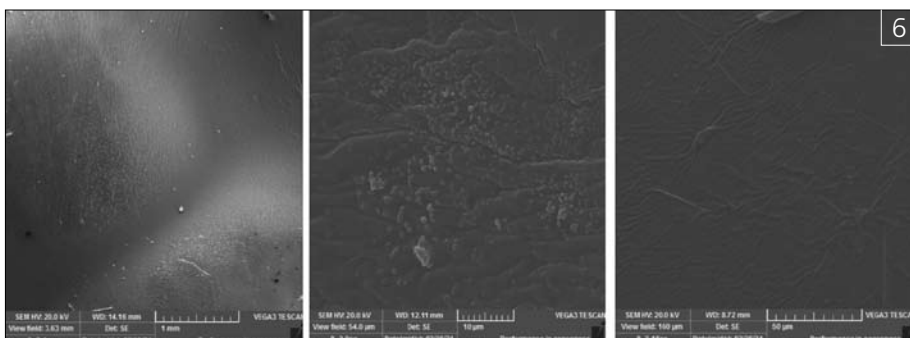
■Рис. 3. Изменение цвета поверхности элайнера после экспозиции в черном кофе: А - зарубежный элайнер; Б - элайнер Star Smile



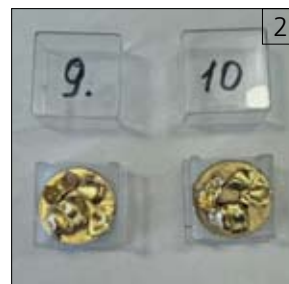
■Рис. 4. Морфология поверхности зарубежного элайнера после экспозиции в энергетическом напитке



■Рис. 5. Кристаллы и микроорганизмы на поверхности зарубежного элайнера после экспозиции в энергетическом напитке



■Рис. 6. Морфология поверхности отечественного элайнера Star Smile после экспозиции в энергетическом напитке



■Рис. 2. Исследуемые образцы поверхности элайнера после напыления золотом

Следовательно, воздействие окрашивающих веществ в полости рта на элайнеры неизбежно, особенно когда пациенты употребляют напитки, не вынимая элайнеры из полости рта. Каждый элайнер находится в полости рта 22 часа в сутки на протяжении 14 дней. У пациентов, не соблюдающих рекомендации, пигменты красителей могут накапливаться и приводить к изменению цвета материалов элайнеров. Следовательно, прозрачные каппы могут стать менее эстетически привлекательными даже во время двухнедельного лечения, и это является клинической проблемой.

Таким образом, существует необходимость исследовать стабильность цвета и структуры широко используемых типов элайнеров, чтобы улучшить клинические рекомендации и мотивировать пациентов на их соблюдение. Кроме того, в отечественной литературе отсутствуют исследования по изучению стабильности прозрачности и структуры элайнеров.

Цель исследования: оценить и сравнить стабильность цвета и структуры двух типов элайнеров, подвергающихся воздействию пищевых красителей *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

14 прозрачных элайнеров отечественного производителя Star Smile и 14 прозрачных элайнеров зарубежного производителя были погружены в 6 растворов («Кока-кола», «Фанта», «Спрайт», кофе, энергетик, вода). После 14-дневной экспозиции все элайнеры промывали дистиллированной водой в течение 5 минут и сушили воздухом. После этого был выполнен фотопрокол при одинаковых условиях освещения и единых параметрах фотоаппарата Canon80D с макрообъективом и биполярной вспышкой для оценки визуальных изменений (рис. 1). Затем для сравнения морфологических изменений поверхности элайнера образцы материала элайнера (2 × 2 мм) в области центрального реза и первого моляра подвергались электронно-микроскопическому исследованию с помощью СЭМ TESCAN VEGA3 (Чехия). Исследуемые образцы помещались на предметный столик на карбоновый электропроводящий скотч и напылялись золотом (рис. 2). Толщина напыляемого слоя составляет порядка 250 Å. Параметры сканирования: ускоряющее напряжение — 20 kV, рабочее расстояние — 6-13 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Визуальная оценка изменения цвета на основании данных фотопрокола не показала существенных различий цветостойкости материала элайнеров зарубежного и отечественного производителей. Изменения цвета не были зафиксированы после экспозиции в таких напитках, как «Кока-кола», «Фанта», «Спрайт», энергетик. Однако изменение цвета обоих типов элайнеров было выявлено после экспозиции в черном кофе (рис. 3).

В свою очередь, результаты сканирующей электронной микроскопии показали различные

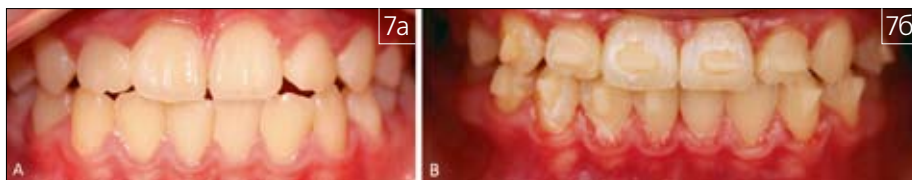


Рис. 7. Изменение состояния эмали в результате регулярного приема сахаросодержащих напитков в элайнерах Star Smile. А - до начала ортодонтического лечения. Тенденция к резцово дизокклюзии, тесное положение передней группы зубов на нижней челюсти, смещение центральной линии на нижней челюсти. В - через 8 месяцев от начала ортодонтического лечения на элайнерах Star Smile. Нормализация глубины резцового перекрытия, устранение тесного положения зубов на нижней челюсти, нормализация эстетического центра. Белые кариозные пятна на фоне постоянного приема энергетических напитков в элайнерах

изменения структуры поверхности двух типов материалов элайнеров после 14-дневной экспозиции. Более выраженные изменения наблюдались после экспозиции в энергетическом напитке.

Морфология поверхности зарубежного элайнера претерпела выраженные структурные изменения после 14-дневной экспозиции в энергетическом напитке: появились множественные трещины, выемки, кратерообразные впадины (рис. 4).

Образование дополнительных ретенционных пунктов на поверхности элайнера создало благоприятные условия для пролиферации микроорганизмов внутри элайнера и роста кристаллов (рис. 5).

В отличие от зарубежных элайнеров, элайнеры российского производителя Star Smile продемонстрировали высокую устойчивость к воздействию сахаросодержащих напитков. Во всех образцах элайнеров Star Smile после 14-дневной экспозиции не было выявлено нарушений целостности структуры и морфологии поверхности элайнера (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Визуальная оценка стабильности цвета с помощью фотопротокола показала, что все типы элайнеров не изменили цвет после 14-дневной экспозиции в таких сахаросодержащих напитках, как «Кока-кола», «Фанта», «Спрайт», энергетик, вода. Однако после 14-дневной экспозиции в кофе было выявлено изменение цвета поверхности зарубежного и отечественного элайнеров. Таким образом, во время употребления кофе пациентам рекомендовано снимать элайнеры для сохранения их прозрачности в течение всего срока ношения.

Различные исследования направлены на изучение стабильности цвета и прозрачности элайнеров при воздействии красителей и слюны [2, 9]. Исследованными материалами были: многослойный термопластичный полиуретан с интегрированным эластомером, сополиэстер, полиуретан и др. С увеличением времени до 7 дней все элайнеры, погруженные в кофе или черный чай, значительно изменяли цвет, что согласуется с полученными нами данными.

Важно отметить, что в полости рта элайнеры подвергаются воздействию ротовой жидкости, ферментов слюны и колебаний температуры, которые со временем оказывают влияние на физические свойства ортодонтической аппаратуры. Кроме того, на элайнеры постоянно воздействует механическая нагрузка в результате функциональной активности жевательных мышц и мускулатуры языка [10].

Ортодонты всегда рекомендуют пациентам снимать элайнеры во время приема пищи или напитков (кроме воды). Однако зачастую многие пациенты игнорируют рекомендации врачей, что ведет к изменению не только цвета элайнеров. После приема горячего напитка температура полости рта может подняться до 57 °С, и возвращение к исходной температуре может занять

несколько минут. Такое повышение температуры может повлиять на механические свойства материала изготовления [11].

В результате электронной сканирующей микроскопии поверхности элайнеров нами было выявлено, что энергетические напитки существенно нарушают структуру зарубежного элайнера. Отечественные элайнеры Star Smile продемонстрировали большую химическую устойчивость к воздействию сахаросодержащего напитка, что сохраняет их высокую клиническую эффективность даже при отсутствии достаточной комплаентности со стороны пациента.

Тем не менее важно указать, что употребление сахаросодержащих напитков в элайнерах негативно влияет на состояние эмали в связи с низким значением pH (рис. 7).

Большинство сахаросодержащих напитков содержит в своём составе фосфорную и лимонную, а также винную, яблочную и другие органические кислоты, которые способны хелатировать кальций твердых тканей зуба. Особую популярность в последнее время приобретают диетические напитки с меньшим уровнем содержания сахара. Однако в исследовании von Fraunhofer и соавт. (2006) не было установлено значительных различий между степенью растворения эмали под действием обычных и диетических напитков одного и того же производителя [12].

Кроме того, чрезмерное употребление энергетических напитков с высоким содержанием сахара и низким pH сопровождается формированием эрозии эмали, деминерализации дентина и развитием гиперчувствительности зубов. Установлено, что, кроме неблагоприятного воздействия на твердые ткани зубов, энергетические напитки также нарушают целостность реставрационного материала, вызывают его дисколорацию [13].

Исходя из вышесказанного следует, что пациентам, находящимся на этапе ортодонтического лечения, следует рекомендовать: минимизацию употребления легкоферментируемых углеводов, сахаросодержащих и энергетических напитков; использование трубочек для питья; добавление в рацион питания молока и молочных продуктов; ополаскивание полости рта водой, очищение зубов после приёма пищи с целью нейтрализации кислотной среды. Во время приема пищи и сахаросодержащих напитков необходимо снимать элайнеры во избежание изменения цветовых и морфологических характеристик поверхности съёмной ортодонтической аппаратуры.

Выводы

Российские элайнеры Star Smile проявляют большую химическую и механическую устойчивость к воздействию сахаросодержащих напитков, что сохраняет высокую эффективность лечения и позволяет достичь желаемый эстетический результат. Тем не менее важно мотивировать пациентов на отказ приема напитков с пониженным pH во время ношения элайнеров, чтобы избежать декальцинации эмали.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Влияние ортодонтического лечения на состояние твердых тканей зубов, профилактика развития осложнений / Н.А.Соколович, Е.А.Олейник, Д.А.Кузьмина и др. // Медицинский альянс. - 2021. - Т. 9, № 2. - С. 56-62 [Vliyaniye ortodonticheskogo lecheniya na sostoyaniye tverdykh tkaney zubov, profilaktika razvitiya oslozhneniy / N.A.Sokolovich, E.A.Olejnik, D.A.Kuz'mina i dr. // Medicinskij al'jans. - 2021. - T. 9, No 2. - S. 56-62].
2. Liu CL, Sun WT, Liao W, Lu WX, Li QW, Jeong Y, Liu J, Zhao ZH. Colour stabilities of three types of orthodontic clear aligners exposed to staining agents. Int. J. Oral Sci. 2016 Dec 16;8(4):246-253. doi: 10.1038/ijos.2016.25. PMID: 27660048; PMCID: PMC5168413.
3. Эффективность изменения трансверсальных параметров зубного ряда с помощью системы элайнеров Star Smile / Н.А.Соколович, А.А.Саунина, Ф.С.Синкевич, А.А.Лунёв // Институт Стоматологии. - 2023. - № 2 (99). - С. 24-25 [Effektivnost' izmeneniya transversal'nyh parametrov zubnogo ryada s pomoshch'yu sistemy elajnerov Star Smile / N.A.Sokolovich, A.A.Saunina, F.S.Sinkevich, A.A.Lunyov // Institut Stomatologii. - 2023. - № 2 (99). - S. 24-25].
4. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent. J. 2017; 62 (Suppl.1):58-62.
5. Malkiewicz, K. & Gladowska, M. (2011). Influence of food dyes on colour changes of composite materials designed for conservative dentistry and prosthodontics. Dental and Medical Problems. 48. 173-179.
6. Silva, Vanessa & de Lima, Eduardo & Dias, Caroline & Osorio, Leandro. (2016). Analysis of the Influence of Food Colorings in Esthetic Orthodontic Elastomeric Ligatures. The Open Dentistry Journal. 10. 516. 10.2174/1874210601610010516.
7. Malkiewicz, K.; Jastrzebska, A.; Janas-Naze, A.; Boryczko, W.; Bartczak, J. Assessment of the Susceptibility of Aesthetic Orthodontic Brackets to Discoloration. Coatings 2022, 12, 1080. https://doi.org/10.3390/coatings12081080
8. Tsomos G, Ludwig B, Grossen J et al. Objective assessment of patient compliance with removable orthodontic appliances: a cross-sectional cohort study. Angle Orthod. 2014; 84 (1): 56-61. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar].
9. Daniele, Valeria & Macera, Ludovico & Taglieri, Giuliana & Spera, Loredana & Marzo, Giuseppe & Quinzi, Vincenzo. (2021). Color Stability, Chemical-Physical and Optical Features of the Most Common PETG and PU Based Orthodontic Aligners for Clear Aligner Therapy. Polymers. 14. 1-18. 10.3390/polym14010014.
10. Bucci R, Rongo R, Levatè C, Michelotti A, Barone S, Razonale AV, D'Antò V. Thickness of orthodontic clear aligners after thermoforming and after 10 days of intraoral exposure: a prospective clinical study. Prog. Orthod. 2019 Sep 9;20(1):36. doi: 10.1186/s40510-019-0289-6. PMID: 31495908; PMCID: PMC6732265.
11. Iijima H, Fukutani N, Aoyama T, Fukumoto T, Uritani D, Kameda E, Ota K, Kuroki H, Matsuda S. Clinical Phenotype Classifications Based on Static Varus Alignment and Varus Thrust in Japanese Patients With Medial Knee Osteoarthritis. Arthritis Rheumatol. 2015 Sep;67(9):2354-62. doi: 10.1002/art.39224. PMID: 26017348; PMCID: PMC5049626.
12. von Fraunhofer, Joseph & Rogers, Matthew. (2006). Dissolution of dental enamel in soft drinks. General dentistry. - 52. - 308-12.
13. Erdemir U, Yildiz E, Saygi G, Inan Altay N, Eren Mert M, Yucel T. Effects of energy and sports drinks on tooth structures and restorative materials. World J Stomatol 2016; 5(1): 1-7 Available from: URL: http://www.wjgnet.com/2218-6263/full/v5/i1/1.htm DOI: http://dx.doi.org/10.5321/wjs.v5.i1.1.