

Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, продлению жизни людей, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации их к окружающей среде. Вместе с тем в последнее десятилетие состояние здоровья населения характеризуется негативными тенденциями. Продолжительность жизни населения в России значительно меньше, чем в большинстве развитых стран и странах СНГ. Увеличение сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний в определенной степени связано с питанием. У большинства населения России выявлены нарушения полноценного питания, обусловленные как недостаточным потреблением пищевых веществ, в первую очередь витаминов, макро- и микроэлементов, полноценных белков, так и нерациональным их соотношением [1]. БАД являются источниками незаменимых пищевых веществ, микронутриентов, про- и пребиотических природных компонентов, которые восполняют их дефицит в соответствии с физиологическими потребностями организма, способствуют ассимиляции (усвоению) пищи, обеспечивают нормальное состояние пищеварительной системы, регулируют неспецифическую резистентность организма при высоких физических и психоэмоциональных нагрузках, воздействии неблагоприятных экологических факторов, при беременности и лактации, приеме антибиотиков и других состояниях [2]. Хром усиливает процессы обмена углеводистых соединений, улучшает сердечно - сосудистую и нервную системы человека, применяется при лечении сахарного диабета, повышает иммунитет организма [3]. В настоящее время в фармацевтической и пищевой промышленности при создании монопрепаратов, содержащих макро- и микроэлементы, все большее предпочтение, несмотря на удорожание продукции, отдается соединениям металлов с органическими ингредиентами (органические кислоты, аминокислоты, витамины), поскольку при поступлении металлов в виде подобных соединений по сравнению с неорганическими солями значительно увеличивается их биодоступность, уменьшается токсичность и, соответственно, количество противопоказаний и побочных эффектов. Кроме того, органические соли металлов и металлолигандные комплексы в большей степени соответствуют физиологическим механизмам усвоения и транспорта макро- и микроэлементов в организме, обладают дополнительными полезными свойствами [4]. Аспарагиновая (аминоянтарная) кислота (АК) является наиболее доступной из выпускаемых промышленностью аминокислот. В исследованиях использовалась DL - аспарагиновая кислота по ТУ 6-09-5406-88 марки "чда" (массовая доля основного вещества не менее 99,5 %) или по ТУ 6-09-1133-78 марки "ч" (массовая доля основного вещества не менее 99,0 %). Из солей хрома наиболее подходящим и доступным оказался хром (III) уксуснокислый (ацетат хрома), который соответствовал требованиям ТУ 6-09-5380-88 марки "ч". Вид

реакции получения аспарагината хрома из вышеуказанных компонентов приведён ниже: МАК = 0,133 кг/моль;  $M(\text{Ac-t})_3\text{Cr} = 0,229$  кг/моль;  $M_{\text{Ac-t Cr}} = 0,466$  кг/моль; МУК = 0,060 кг/моль;  $M\text{H}_2\text{O} = 0,018$  кг/моль. Стехиометрическое соотношение компонентов АК:ацетат хрома (III) равно 3:1. Теоретический (максимально возможный) выход аспарагината хрома составляет 0,234 кг, что соответствует ~ 1,2 массовой части целевого продукта на 1 массовую часть исходной АК. Реакция является экзотермической, протекает с уменьшением объёма, поэтому, с точки зрения химического равновесия, понижение температуры и повышение давления будет способствовать протеканию реакции. В то же время, вследствие плохой растворимости АК в воде при нормальных условиях, наоборот, следует увеличивать температуру реакционной смеси, что с одной стороны будет смещать равновесие реакции в сторону исходных компонентов, а с другой стороны - увеличивать растворимость АК, тем самым увеличивая скорость и полноту протекания реакции. В процессе реакции получения аспарагината хрома образуется побочный продукт - уксусная кислота (УК), концентрация которой влияет на полноту прохождения реакции. В связи с этим представляется целесообразным использовать модуль вода : АК не менее 10. Исследования по установлению оптимальных параметров процесса получения аспарагината хрома проводили на лабораторной установке (рис.1), состоящей из реактора объёмом 3 л из нержавеющей металла с мешалкой. Обогрев обеспечивался водяной баней. Для установления оптимальных условий процесса эксперименты проводили в интервале температур  $55 \div 95$  °С с различным временем выдержки реакционной смеси в интервале  $6,0 \div 7,5$  ч. Подбор оптимальной температуры реакции и времени выдержки реакционной смеси проводили, используя навески ацетата хрома массой 0,114, 0,120 и 0,130 кг при фиксированном количестве АК 0,200 кг. Порядок проведения реакции. В реактор заливали 2,0 л дистиллированной воды. В неё же дозировали расчётное количество АК (0,200 кг). Содержимое реактора нагревалось на водяной бане до заданной температуры ( $55 \div 95$  °С) и выдерживалось при перемешивании  $25 \div 30$  мин. В течение этого времени происходило растворение АК. После выдержки в суспензию дозировались небольшими порциями расчётное количество ацетата хрома. После окончания дозировки при той же температуре и перемешивании задавалась выдержка реакционной массы ( $6,0 \div 7,5$  ч). Процесс контролировался по окраске маточного раствора, которая изменялась с насыщенно зелёного до фиолетового, что говорило о полноте протекания реакции. После окончания реакции маточный раствор охлаждался до комнатной температуры. Выделение аспарагината хрома из маточного раствора проводилось путём прокапывания последнего в этиловый спирт в течение 1 ч при постоянном перемешивании. После этого маточный раствор выдерживался в течение 2 ч, так же при постоянном перемешивании. Далее суспензия фильтровалась на вакуум-воронке, заправленной бумажным фильтром средней пористости. Твёрдая фаза

промывалась этанолом, выгружалась из воронки и подсушивалась в тонком слое ( $1 \div 2$  см) в вытяжном шкафу при комнатной температуре в течение 24 ч при периодическом перемешивании. Затем подсушенный продукт помещался на металлические поддоны (толщина слоя не более 2-х см) и сушился в сушильном шкафу при температуре  $90 \div 95$  °C в течение 6 ч при периодическом перемешивании. Результаты экспериментов, усреднённые из 5 параллельных опытов, представлены на рис. 2  $\div$  4. Анализируя вышеприведённые зависимости, можно сказать, что оптимальными условиями для протекания процесса являются температура  $T = 95$  °C и время выдержки  $\tau = 7,0$  ч, так как при этих значениях параметров во всех случаях наблюдался максимальный выход целевого продукта (аспарагината хрома). Следует также отметить, что с целью уточнения результатов для полученных оптимальных массово-температурных параметров (навеска ацетата хрома 0,130 кг,  $T = 95$  °C) проводилось дальнейшее увеличение времени выдержки реакционной массы до 9 ч. При этом полученные результаты свидетельствуют о неизменности значения выхода аспарагината хрома (83 % по массе), что подтверждает вывод о полноте протекания реакции. Дальнейшее увеличение навески ацетата хрома (с 0,130 кг до 0,170 кг) привело к незначительному увеличению выхода аспарагината хрома до уровня 84 %, начиная с навески 0,150 кг. Рис. 1 - Схема лабораторной установки (реактор 3 л): 1 - электроплитка; 2 - мешалка; 3 - водяная баня; 4 - воронка; 5 - ЛАТР; 6 - термометр; 7 - трехгорлая колба; 8 - прокладка; 9 - колба Бунзена; 10 - вакуум-воронка Бюхнера; 11 - этиловый спирт; 12 - плоскодонная колба; 13 - капельница с раствором аспарагината хрома. Рис. 2 - Зависимость выхода аспарагината хрома от температуры и времени выдержки при навеске ацетата хрома 0,114 кг. Рис. 3 - Зависимость выхода аспарагината хрома от температуры и времени выдержки при навеске ацетата хрома 0,120 кг. Рис. 4 - Зависимость выхода аспарагината хрома от температуры и времени выдержки при навеске ацетата хрома 0,130 кг. Для характеристики оптимальности подбора навесок исходных компонентов предлагается оперировать значением коэффициента  $K$ , который определяется как соотношение масс, взятых для реакции ацетата хрома и АК. Исходя из сказанного оптимальное значение данного коэффициента  $K_{opt.} = 0,75$  ( $0,150 / 0,200$ ). Результаты и их обсуждение. Таким образом, анализируя все вышеизложенное, можно сказать, что оптимальными условиями для проведения процесса получения аспарагината хрома с использованием ацетата хрома (III) являются: температура реакции  $T = 95$  °C; время выдержки реакционной массы  $\tau = 7,0$  часов; массовое соотношение компонентов ацетат хрома (III) / АК равно 0,75. При соблюдении данных условий проведения процесса достигается максимальный выход аспарагината хрома 83 % по массе от теоретически возможного.